

## 6. DGUV Fachgespräch Ergonomie

– Zusammenfassung der Vorträge vom  
2./3. November 2016 –



## **Impressum**

Herausgeber: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e. V. (DGUV)  
Glinkastr. 40  
10117 Berlin  
Telefon: 030 288763800  
Telefax: 030 288763808  
Internet: [www.dguv.de](http://www.dguv.de)  
E-Mail: [info@dguv.de](mailto:info@dguv.de)

– November 2017 –

Bearbeitet von: Rolf Ellegast

Layout und Gestaltung: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e. V. (DGUV)

ISBN: 978-3-86423-201-5

## Kurzfassung

### 6. DGUV-Fachgespräch Ergonomie

Am 2. und 3. November 2016 fand in Sankt Augustin das 6. Fachgespräch Ergonomie statt. Es richtet sich an die Ergonomie- und Präventionsfachleute der Unfallversicherungsträger. Themenschwerpunkte waren „Kampagne, GDA“, „Gestaltung von Arbeiten 4.0: Zukunft und aktuelle Aktivitäten“, „Mensch-Maschine-Interaktion/Wearables“, „Prävention arbeitsbezogener Muskel-Skelett-Erkrankungen“ sowie „Ergonomische Arbeitsgestaltung und Demografie“. In diesem DGUV Report sind die Vorträge der Veranstaltung zusammengestellt.

## Abstract

### 6<sup>th</sup> DGUV Ergonomics Talks

The 6<sup>th</sup> Ergonomics Talks were held in Sankt Augustin on 2 and 3 November 2016. The Ergonomics Talks are intended for the ergonomics and prevention experts of the German Social Accident Insurance Institutions. Key topics were „Campaign, GDA“, „Structuring of Work 4.0: the future and current activities“, „Human-machine interaction/wearables“, „Prevention of work-related musculoskeletal diseases“, and „Ergonomic structuring of work and demographics“. The papers presented at the event are compiled in this DGUV Report.

## Résumé

### 6<sup>e</sup> colloque professionnel de la DGUV sur l'ergonomie

Les 2 et 3 novembre 2016 s'est déroulé à Sankt Augustin le 6<sup>e</sup> colloque professionnel dédié à l'ergonomie, qui s'adresse aux ergonomistes et préventeurs au sein des organismes d'assurance Accidents. Les grands thèmes abordés ont été : "Campagne, Stratégie commune en santé et sécurité au travail (GDA)", "La conception du travail 4.0 : avenir et activités actuelles", "Interaction/wearables homme-machine", "Prévention des troubles musculo-squelettiques dus au travail" et "Conception ergonomique du travail et démographie". Ce rapport de la DGUV contient les exposés du colloque.

## Resumen

### 6. Discusión de expertos DGUV sobre ergonomía

Los días 2 y 3 de noviembre de 2016 tuvo lugar en Sankt Augustin la 6<sup>a</sup> Discusión de Expertos sobre Ergonomía. El evento está dirigido a especialistas de ergonomía y prevención de las entidades aseguradoras de accidentes. Los temas centrales fueron "Campaña, estrategia alemana de protección laboral GDA", "Configuración de las tareas 4.0: el futuro y las actividades actuales", "Interacción entre el hombre y la máquina/wearables", "Prevención de enfermedades músculo-esqueléticas relacionadas con el trabajo" así como "Configuración ergonómica del trabajo y demografía". En este informe de la DGUV están compiladas las ponencias del evento.

# Inhaltsverzeichnis

	Seite
<b>Vorwort .....</b>	<b>7</b>
<b>Präventionskampagne „Denk an mich. Dein Rücken“, Gemeinsame Deutsche Arbeitsschutzstrategie (GDA) .....</b>	<b>9</b>
Evaluation der Präventionskampagne „Denk an mich. Dein Rücken“: Ergebnisse des Prä-Post-Vergleichs <i>Marlen Rahnfeld, Anna-Maria Hessenmöller, Annekatri Wetzstein</i> .....	11
IFA-Erfahrungsbericht zur Präventionskampagne „Denk an mich. Dein Rücken“ <i>Dirk Ditchen, Ingo Hermanns, Rainer Lietz, Christoph Schiefer, Markus Post, Mark Brütting, Ulrich Glitsch, Ulrike Hoehne-Hückstädt, Britta Weber, Michaela Eul, Rolf Ellegast</i> .....	15
MSE-Prävention umsetzen – abgestimmte Ansätze des GDA AP MSE <i>Dirk Römer</i> .....	21
Seminarmodul Gesundheitskompetenz „Gelebte Gesundheit am Arbeitsplatz – auf das WIE kommt es an“ <i>Gudrun Wagner, Susan Freiberg</i> .....	25
<b>Gestaltung von Arbeiten 4.0: Zukunft und aktuelle Aktivitäten .....</b>	<b>29</b>
Arbeitswelt im Wandel – Arbeiten 4.0 Veranstaltungsbericht zu der Veranstaltung: Die Zukunft der Arbeit Sicherheit und Gesundheit im 4.0-Zeitalter – Arbeit, Verkehr, Bildung <i>Thomas Fietz</i> .....	31
Büroarbeit an Doppelbildschirmen – Auswirkungen auf Mensch und Leistung <i>Mark Brütting, Dirk Ditchen, Rolf Ellegast, Peter Schäfer, Jens Petersen</i> .....	37
Nutzung dynamischer Arbeitsstationen in der betrieblichen Büropraxis – Vorstellung der „Active Workplace“-Studie <i>Vera Schellewald, Britta Weber, Rolf Ellegast</i> .....	43
In virtueller Realität bereits heute den Arbeitsschutz von morgen beurteilen <i>Peter Nickel, Rolf Kergel, Markus Janning, Thilo Wachholz, Eugen Pröger, Andy Lungfiel</i> .....	49
Der Einfluss von Datenbrillen auf die ergonomische Belastung an einem Kommissionierarbeitsplatz: Eine Pilotstudie <i>Daniel Friemert, Rolf Ellegast, Ulrich Hartmann</i> .....	53
<b>Mensch-Maschine-Interaktion/Wearables .....</b>	<b>59</b>
Einführung in die Anforderungen und ein gelungenes Beispiel für die Umsetzung einer ergonomischen Lösung zur Mensch-Maschine-Interaktion <i>Peter Frener, Klaus-Dieter Wendt</i> .....	61
Pilotstudie zum Trainings- und Transfereffekt kognitiver Spiele <i>Nadine Richter, Hanna Zieschang</i> .....	73
Messung der physischen Aktivität mit Wearables <i>Britta Weber, Rolf Ellegast, Vera Schellewald, Anika Weber, Markus Röhrig, Daniel Friemert, Ulrich Hartmann</i> .....	79

<b>Prävention arbeitsbezogener Muskel-Skelett-Erkrankungen .....</b>	<b>85</b>
Gefährdungsbeurteilung physischer Belastungen – neue Ansätze im Projekt MEGAPHYS <i>Dirk Ditchen, Hansjürgen Gebhardt, Bernd Hartmann, Ingo Hermanns, Matthias Jäger, Claus Jordan, André Klußmann, Karlheinz Schaub, Marianne Schust, Andrea Sinn-Behrendt, Britta Weber, Felix Brandstädt und die MEGAPHYS-Projektgruppe .....</i>	87
Manuelles Handhaben von Luftfrachtcontainern mit Lastgewichten bis zu 6,8 Tonnen auf Rollerdecks von Flughäfen <i>Gabriele Winter, Karlheinz Schaub, Knut Berg, Werner Diedrich .....</i>	93
Körperliche Belastung von Rettungskräften beim Treppentransport von Patienten <i>Christoph Schiefer, Kristina Brandt, Friedhelm Göbel, Ingo Hermanns, Dirk Ditchen .....</i>	99
„Protect your back“ – Interdisziplinäre Entwicklung und Implementierung eines Aktionstages zur Rückengesundheit an Rettungsdienstschulen <i>Yvonne Kupske, Daniel Schinke, Claus Backhaus .....</i>	103
Belastungen des Hüftgelenks bei beruflichen Tätigkeiten <i>Ulrich Glitsch, Patrick Varady, Peter Augat, Dirk Ditchen .....</i>	109
Messung physischer Aktivität an Fahrerarbeitsplätzen <i>Claus Backhaus, Karl-Heinz Jubit, Ingo Hermanns, Anja Marckwardt .....</i>	117
Untersuchungen zur Rückenbelastung von Polizisten beim Tragen von Körperschutzausrüstungen (KSA) <i>Markus Post, Dirk Ditchen .....</i>	121
Fit gegen das Stolpern – Projektstudie der HFUK Nord <i>Jens-Oliver Mohr .....</i>	125
<b>Ergonomische Arbeitsgestaltung und Demografie.....</b>	<b>129</b>
Aktualisierte Informationen zur Softwareergonomie in der DGUV Information 215-450 <i>Christian Richter, Mathias Krüger, Peter Nickel .....</i>	131
Der Wegweiser Berufsumstieg und seine Weiterentwicklungsmöglichkeiten <i>Hanna Zieschang .....</i>	135
Ergonomische Gestaltung in Kindertageseinrichtungen – Projekt MusterKita <i>Bodo Köhmstedt .....</i>	141
Maschinenergonomie – Beispiele guter Praxis in einem Webportal <i>Corrado Mattiuzzo.....</i>	145
<b>Anschriften der Vortragenden, Autorinnen und Autoren.....</b>	<b>147</b>
<b>Programm des Fachgesprächs .....</b>	<b>151</b>

## Vorwort

Rolf Ellegast<sup>1</sup>, Hanna Zieschang<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA), Sankt Augustin

<sup>2</sup>Institut für Arbeit und Gesundheit der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IAG), Dresden

Das DGUV Fachgespräch Ergonomie ist eine regelmäßige Fachveranstaltungsreihe, die alle drei Jahre im Wechsel von den DGUV Forschungseinrichtungen IFA und IAG organisiert wird. Es richtet sich an die Präventionsexpertinnen und -experten der Unfallversicherungsträger, die sich hier untereinander fachlich austauschen können sowie aktuelle Informationen über die Aktivitäten der DGUV-Institute zu den Themen Ergonomie und Arbeitswissenschaft erhalten. Am 2. und 3. November 2016 fand das Fachgespräch Ergonomie zum sechsten Mal statt und wurde maßgeblich vom IFA in Sankt Augustin vorbereitet, organisiert und dort auch durchgeführt.

Im Vorfeld der Veranstaltung wurden die Unfallversicherungsträger um Nennung der für ihre Präventionsarbeit jeweils prioritären Themen gebeten. Dabei zeichnete sich ab, dass allen Unfallversicherungsträgern – vor dem Hintergrund der vom Bundesministerium für Arbeit und Soziales (BMAS) in den Jahren 2015 und 2016 durchgeführten bundesweiten Kampagne zum Thema „Arbeiten 4.0“ – insbesondere Themen zur Zukunft und Digitalisierung der Arbeitswelt wichtig sind. Entsprechend wurden ins Programm des Fachgesprächs zwei Themenblöcke zur Gestaltung von Arbeiten 4.0, Mensch-Maschine-Interaktion und dem Einsatz von Wearables in der Arbeitswelt aufgenommen. Vorträge hierzu behandelten u. a. die Zukunft von Büro- und Bildschirmarbeitsplätzen, den Einsatz von Datenbrillen und anderen Wearables in der betrieblichen Praxis, den Einsatz von virtuellen Realitäts(VR)-Anwendungen zur konzipierenden Gestaltung von Arbeitsprozessen und den Einsatz von Assistenzsystemen.

Ein weiterer traditionell wichtiger Themenblock für die Unfallversicherungsträger ist die Prävention arbeitsbezogener Muskel-Skelett-Erkrankungen (MSE). Immer noch ist der Anteil an Arbeitsunfähigkeitstagen, die auf Muskel-Skelett-Beschwerden und -Erkrankungen zurückzuführen sind, hoch – und auch im Berufskrankheiten-Geschehen spielen diese Erkrankungen eine wichtige Rolle. Neben einigen konkreten Praxisbeispielen aus der Präventionsarbeit der Unfallversicherungsträger, wie z. B. der Optimierung manueller Lastenhandhabung in der Lagerlogistik oder im Rettungsdienst, wurden auch Erkenntnisse zur Prävention von Bewegungsmangel, z. B. an Fahrerarbeitsplätzen, präsentiert. Zusätzlich wurden in einem separaten Vortragsblock die Ergebnisse der 2015 abgeschlossenen DGUV-Präventionskampagne „Denk an mich. Dein Rücken“ und des laufenden Arbeitspaketes MSE der Gemeinsamen Deutschen Arbeitsschutzstrategie (GDA) diskutiert.

Der Trend der zunehmend älter werdenden Belegschaften in Unternehmen hält nach wie vor an. Die Arbeitsgestaltung vor dem Hintergrund der demografischen Entwicklung bleibt also weiterhin ein wichtiges Thema für die betriebliche Praxis und wurde entsprechend in einem weiteren Themenblock aufgegriffen. Sowohl die Institute der DGUV als auch die Ergonomiefachleute der Unfallversicherungsträger beraten Betriebe

bei der ergonomischen Arbeitsgestaltung für ältere genauso wie für jüngere Beschäftigte, sodass ein gesundes Arbeiten für das gesamte Arbeitsleben möglich sein kann. Unter dem Thema „Arbeiten 4.0“ mit der zunehmenden Digitalisierung von Arbeitsprozessen wird diese Beratung in Zukunft verstärkt Aspekte der kognitiven Ergonomie in den Blick nehmen müssen. Darüber hinaus widmete sich ein Vortrag den Weiterbildungsmöglichkeiten und Handlungsempfehlungen für einen Berufsumstieg, falls präventive Maßnahmen an ihre Grenzen stoßen.

In den Vortragspausen des Fachgesprächs Ergonomie konnten die Teilnehmenden in der parallelen Exponate- und Poster-Ausstellung einige ergonomische Hilfsmittel und Konzepte ausprobieren und hierüber mit Fachleuten diskutieren. So umfasste die Ausstellung VR- und Eyetracker-Anwendungen, Exoskelette, Wearables und Biofeedbacksysteme, Konzepte neuer ergonomischer Seminarmodule, Software für kognitive Trainings, einen Fahr Simulator und konkrete Präventionsmaßnahmen zur Bewegungsförderung.

In diesem Report sind die Beiträge des 6. Fachgesprächs Ergonomie zusammengestellt. Wir danken an dieser Stelle allen Teilnehmerinnen und Teilnehmern des Fachgesprächs für ihre Beiträge und den interessanten Erfahrungsaustausch.



**Präventionskampagne „Denk an mich.  
Dein Rücken“, Gemeinsame Deutsche  
Arbeitsschutzstrategie (GDA)**

---



# Evaluation der Präventionskampagne „Denk an mich. Dein Rücken“: Ergebnisse des Prä-Post-Vergleichs

Marlen Rahnfeld, Anna-Maria Hessenmöller, Annekatriin Wetzstein

Institut für Arbeit und Gesundheit der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IAG), Dresden

## Kurzfassung

Die Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV) und ihre Mitglieder, die Berufsgenossenschaften und Unfallkassen, führten gemeinsam mit der Sozialversicherung für Landwirtschaft, Forsten und Gartenbau (SVLFG) und der Knappschaft in den Jahren von 2013 bis 2015 unter dem Titel „Denk an mich. Dein Rücken“ eine Präventionskampagne zum Thema Rückengesundheit durch. Mit der Kampagne sollte das Bewusstsein dafür geschärft werden, was Arbeitgeber und Versicherte tun können, um arbeitsbezogene Rückenbelastungen zu reduzieren. Die Präventionskampagne bestand aus einer gemeinsamen Dachkampagne aller beteiligten Institutionen sowie aus zielgruppenspezifischen Kampagnen einzelner Träger der gesetzlichen Unfallversicherung, der SVLFG und der Knappschaft. Um die Wirksamkeit zu ermitteln, wurde die Kampagne auf der Basis eines mehrere Ebenen umfassenden Wirkungsmodells evaluiert. Unter anderem hat hier das Institut für Arbeit und Gesundheit der DGUV (IAG) standardisierte, schriftliche Befragungen von Unternehmensleitungen und Beschäftigten in Form einer Prä- und einer Postmessung durchgeführt. Ziel war es, mögliche Veränderungen und Entwicklungen aufgrund durchgeführter Maßnahmen im Rahmen der Kampagne festzustellen. Das methodische Vorgehen und einige Ergebnisse werden in diesem Beitrag vorgestellt.

## 1 Hintergrund

Mit Ablauf des Jahres 2015 ist die Präventionskampagne „Denk an mich. Dein Rücken“ von Berufsgenossenschaften und Unfallkassen, der Sozialversicherung für Landwirtschaft, Forsten und Gartenbau (SVLFG) sowie der Knappschaft zu Ende gegangen. Mit der dreijährigen Kampagne sollte das Bewusstsein dafür geschärft werden, was Arbeitgeber und Versicherte tun können, um arbeitsbezogene Rückenbelastungen zu reduzieren. Die Präventionskampagne bestand aus einer gemeinsamen Dachkampagne aller beteiligten Institutionen sowie aus zielgruppenspezifischen Kampagnen einzelner Träger.

### 1.1 Ziele der Kampagne

Die Kernbotschaft der Kampagne lautete „Das richtige Maß an Belastung hält den Rücken gesund.“ Generelles Ziel war die Reduktion arbeitsbezogener Rückenbelastungen. Dies sollte durch die folgenden Präventionsziele erreicht werden [1]:

- Erhöhung der Anzahl der Betriebe mit ergonomisch optimierten Arbeitsplätzen, -stätten und -abläufen, auch unter Berücksichtigung des Aspekts der altersgerechten Arbeitsplätze,

- Erhöhung der Anzahl und Qualität der Gefährdungsbeurteilungen zu physischen und psychischen Belastungen mit Schwerpunkt Rücken,
- Erhöhung der Anzahl der Betriebe, die arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen nach dem Grundsatz G46 durchführen,
- Erhöhung der Präventionskultur in Betrieben und Schulen, z. B. durch Verbesserung der Arbeitsorganisation, der Führungskompetenz, Einführung von Elementen des Gesundheitsmanagements,
- Erhöhung der Anzahl von Versicherten, die (betrieblich geförderte) Präventionsangebote mit Bezug auf Rückenbelastungen oder -beschwerden wahrnehmen,
- Erhöhung der individuellen Gesundheitskompetenz der Versicherten (Wissen, Einstellung, Verhalten, subjektives Wohlbefinden ...),
- Ableitung konkreter Präventionsprodukte aus arbeitswissenschaftlichen und arbeitsmedizinischen Forschungserkenntnissen und Anwendung in der betrieblichen und schulischen Praxis,
- Erhöhung der Anzahl von Schulen mit einem geeigneten Konzept „Gesunde Schule“.

### 1.2 Evaluation der Kampagne

Um ihre Wirksamkeit zu ermitteln, wurde die Kampagne auf der Basis eines mehrere Ebenen umfassenden Wirkungsmodells evaluiert [2] (Abbildung 1). Darin wird berücksichtigt, dass die Wirkung von Kampagnen stufenweise zustande kommt, wobei die Wirkung auf einer Ebene die Weichen für die nächsthöhere Ebene stellt. Neu hinzugekommen im Vergleich zur Evaluation der Kampagne „Risiko Raus“ war die Konzeptevaluation (Ebene 0). Diese Ebene ist allen Evaluationsebenen vorgeschaltet, da hier ermittelt wird, inwiefern bereits vor Beginn der Kampagne Voraussetzungen für die Wirkung bei den Zielgruppen geschaffen sind. Auf den Ebenen 1 und 2 wird untersucht, ob die Kampagne in den Betrieben und in der Öffentlichkeit präsent ist. Dazu werden alle Kampagnenaktivitäten aufgelistet, die von den Trägern der Kampagne und der DGUV durchgeführt werden. Eine Medienanalyse dokumentiert zudem alle Beiträge in den verschiedenen Medien, Zeitungen, Zeitschriften sowie Online-Beiträge etc. Diese Untersuchungen sind wichtig, um die Frage zu beantworten, ob die Zielgruppen die Botschaften theoretisch überhaupt wahrnehmen. Um Aussagen zur Wahrnehmung, Akzeptanz und Bewertung der Kampagne durch die Zielgruppen (Ebene 3) sowie Veränderungen in den Verhältnissen im Betrieb

und im Verhalten der Zielgruppen zu erfassen (Ebenen 4 und 5), wurde bereits zu Kampagnenbeginn im Jahr 2012 der Ist-Zustand in den Betrieben hinsichtlich bereits bestehender Maßnahmen zur Prävention von Rückenbelastungen erhoben (Prämessung) [3]. Zum Ende der Kampagne fand im Herbst 2015 eine Nachher-

Messung (Postmessung) statt, was einen Prä-Post-Vergleich ermöglichte, auf den in diesem Beitrag näher eingegangen werden soll. Mit den letzten drei Ebenen 6 bis 8 des Modells werden eher formale Aspekte betrachtet oder Handlungsempfehlungen festgeschrieben.

Abbildung 1:  
Ebenenmodell der Kampagnenevaluation



## 2 Methodisches Vorgehen

Die Befragungen zur Prä- und Postmessung richteten sich jeweils an Unternehmerinnen und Unternehmer sowie an Führungskräfte einerseits und an Beschäftigte andererseits. Die Erhebungen erfolgten mittels Online-Umfrage, klassisch als Papierfragebogen oder in Kombination beider Methoden mit Unterstützung von 13 Unfallversicherungsträgern, die die Fragebögen direkt an ihre Mitgliedsbetriebe verteilt oder versandt haben.

Zum Einsatz kam jeweils ein Fragebogen zu verschiedenen Themen, wie die Bedeutung des Themas Rückenbelastungen bei der Arbeit und vorhandene betriebliche Maßnahmen zu deren Prävention. Die Fragen zu beiden Erhebungszeitpunkten waren zu einem großen Teil identisch, sodass mögliche Veränderungen vor und nach der Kampagne untersucht werden konnten.

Bei der Postmessung wurden zusätzliche Fragen gestellt, u. a. inwieweit die befragte Person von der Kampagne gehört hat, welche Kampagneninhalte bekannt sind und inwiefern die Kampagne dazu bewegt hat, mehr über das Thema nachzudenken, mit anderen darüber zu sprechen sowie Maßnahmen anzustoßen.

Insgesamt haben sich 1 525 Unternehmensleitungen und Führungskräfte sowie 2 596 Beschäftigte an der Prämessung und 1 346 Unternehmensleitungen und Führungskräfte sowie 1 770 Beschäftigte an der Postmessung beteiligt.

## 3 Ergebnisse

Jeweils mehr als die Hälfte der befragten Unternehmerinnen und Unternehmer bzw. Führungskräfte und der Beschäftigten hat von der Kampagne gehört, insbesondere durch die Berufsgenossenschaft oder Unfallkasse oder die Fachkraft für Arbeitssicherheit und am häufigsten per Flyer/Broschüre, Zeitung/Zeitschrift, Poster oder das Internet.

Zwischen 68 und 83 % der Unternehmen bzw. Führungskräfte gaben an, durch die Informationen „etwas“ bis „sehr viel“ Neues erfahren zu haben über die Ursachen und Möglichkeiten der Prävention von Rückenbeschwerden (Abbildung 2). Ähnlich sah es bei den Beschäftigten aus.

Die Kampagne hat zwischen 77 bis 87 % der Unternehmensleitungen und Führungskräfte gelegentlich bis sehr oft dazu bewegt, Maßnahmen zur Prävention von Rückenbelastungen anzustoßen, bei der Arbeit Belastungen des Rückens gezielt zu vermeiden, mit anderen über das Thema zu sprechen und zu diskutieren sowie über das Thema Rückenbelastungen nachzudenken (Abbildung 3). Bei den Beschäftigten lagen diese Angaben etwas darunter: Hier waren es zwischen 66 und 87 %.

Die Ergebnisse der Postmessung lassen an vielen Stellen Verbesserungen im Vergleich zur Prämessung erkennbar werden, insbesondere beim gesundheitsförderlichen Führungsverhalten, der ergonomischen Gestaltung von Arbeitsplätzen (Abbildung 4) sowie der Sensibilisierung der Beschäftigten für ein rückenschonendes Verhalten und die gesundheitsgerechte Benutzung von Arbeitsmitteln. Auch sind die Themen körperliche Belastungen

des Rückens, psychische Belastungen und altersgerechte Arbeitsplatzgestaltung häufiger Bestandteil von Gefährdungsbe-

urteilung, Unterweisungen sowie innerbetrieblichen Qualifizierungsmaßnahmen als vor der Kampagne.

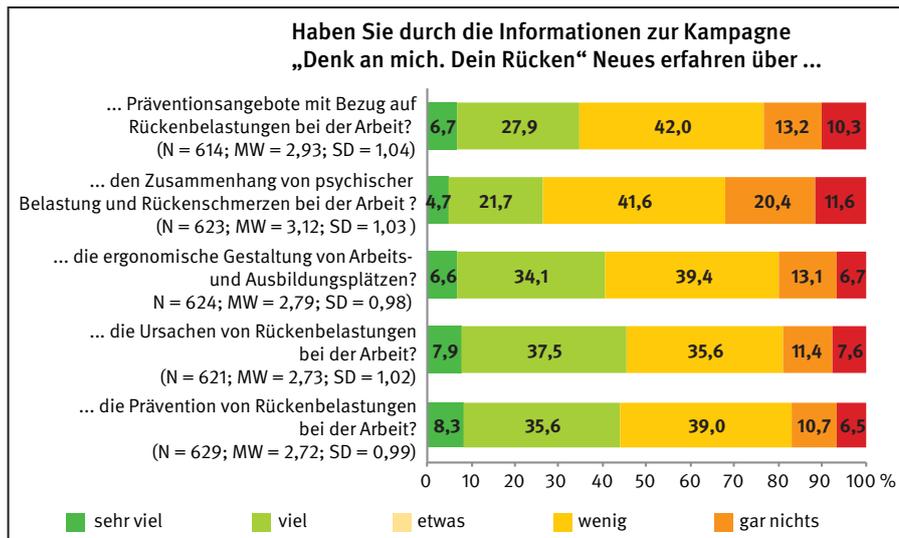


Abbildung 2: Zuwachs an Wissen durch die Kampagne „Denk an mich. Dein Rücken“ (Befragung der Unternehmensleitungen/Führungskräfte); MW: Mittelwert, SD: Standardabweichung, N: Anzahl der Teilnehmenden

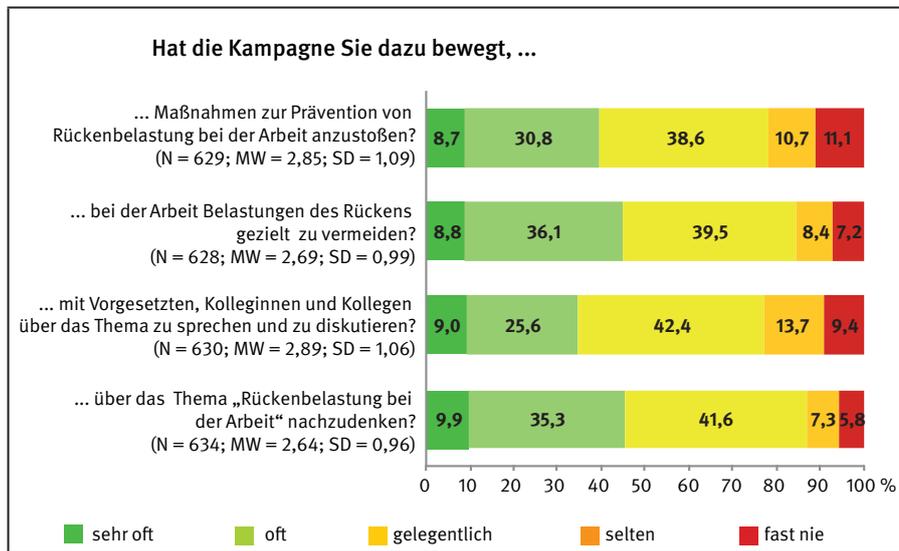


Abbildung 3: Auswirkungen der Kampagne „Denk an mich. Dein Rücken“; Befragung der Unternehmensleitungen/Führungskräfte

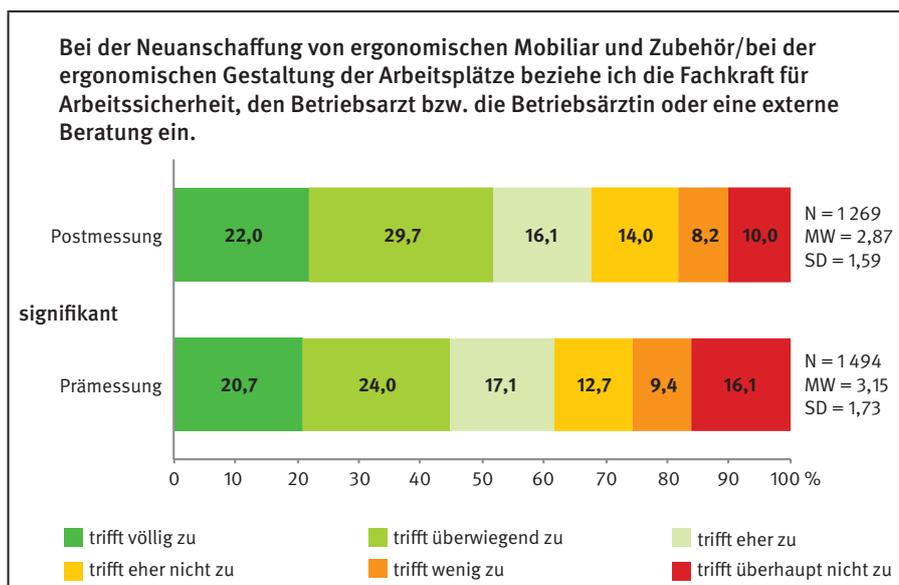


Abbildung 4: Verbesserte Beratung bei der ergonomischen Arbeitsplatzgestaltung; Befragung der Unternehmensleitungen/Führungskräfte

## 4 Fazit

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass viele Ergebnisse in die gewünschte Richtung zeigen und an vielen Stellen Verbesserungen zwischen Prä- und Postmessung deutlich wurden. Allerdings waren die gefundenen Unterschiede nicht sehr groß. Es kann nicht abschließend davon ausgegangen werden, dass die Effekte ausschließlich auf die Kampagne zurückzuführen sind. In Kürze erscheint ein IAG-Report mit einem Überblick über die gesamte Evaluation der Präventionskampagne „Denk an mich. Dein Rücken“, in dem weitere Ergebnisse dargestellt sind.

## Literatur

- [1] Fachkonzept für die Präventionskampagne 2013/2014. Hrsg.: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Berlin 2010
- [2] *Taşkan-Karamürsel, E.; Wetzstein, A.; Chilvers, C.; Wittig, K.; Friedl, W.; Kohstall, T.*: Evaluation von Präventionskampagnen. Die Teile analysieren, das Ganze besser sehen: Effekte von Kampagnen der Unfallversicherung messen. IAG-Report 1/2011. Hrsg.: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Berlin 2011. [www.dguv.de/iag](http://www.dguv.de/iag), Webcode: d13378
- [3] *Hessenmöller, A.; Rogosky, E.*: „Denk an mich. Dein Rücken.“ Eine Befragung zu Rückengesundheit und Präventionskultur in Unternehmen. IAG-Report 1/2014. Hrsg.: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Berlin 2014. [www.dguv.de/iag](http://www.dguv.de/iag), Webcode: d13378

# IFA-Erfahrungsbericht zur Präventionskampagne „Denk an mich. Dein Rücken“

Dirk Ditschen, Ingo Hermanns, Rainer Lietz, Christoph Schiefer, Markus Post, Mark Brütting, Ulrich Glitsch, Ulrike Hoehne-Hückstädt, Britta Weber, Michaela Eul, Rolf Ellegast

Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA), Sankt Augustin

## Kurzfassung

Das IFA unterstützte die Präventionskampagne „Denk an mich. Dein Rücken“ durch unterschiedliche Aktivitäten mit dem Ziel, fachliche Expertise und praxisnahe Beispiele zur Prävention arbeitsbedingter Belastungen des Rückens und der Gelenke beizusteuern. Neben der fachlichen Beratung und Konzeptionierung der Kampagne zählte die inhaltliche Entwicklung eines Webportals für Unternehmer und Fachkräfte für Arbeitssicherheit zu den Aufgaben des Instituts. Hier konnten Nutzer gezielt Informationen zu fachlichen Grundlagen, zur Gefährdungsbeurteilung und spezifische Präventionsempfehlungen abrufen. Zur praxisnahen Visualisierung von Rückenbelastungen und der damit einhergehenden Sensibilisierung der Zielgruppen entwickelten die IFA-Fachleute zwei Techniksyste, die während der Kampagnenlaufzeit als Veranstaltungsmodule kostenlos ausgeliehen werden konnten: den CUELA-Rückenmonitor (CUELA: Computerunterstützte Erfassung und Langzeit-Analyse von Belastungen des Muskel-Skelett-Systems) samt Belastungsparcours sowie das CUELA-Feedback-System. Beide Module wurden häufig und erfolgreich eingesetzt, was durch die Ergebnisse der Kampagnenevaluierung bestätigt werden konnte. Aufgrund der hohen Nachfrage sind sowohl das Webportal als auch die beiden Veranstaltungsmodule auch nach Ende der Kampagne weiterhin im Einsatz.

## 1 Einleitung

Berufsgenossenschaften und Unfallkassen, die Sozialversicherung für Landwirtschaft, Forsten und Gartenbau (SVLFG) sowie die Knappschaft führten in den Jahren 2013 bis 2015 gemeinsam die Präventionskampagne „Denk an mich. Dein Rücken“ durch [1]. Ziel dieser Kampagne war die Verringerung arbeitsbedingter Muskel-Skelett-Belastungen, insbesondere des Rückens, wobei der Fokus sowohl auf Überforderung durch schwere körperliche Arbeiten als auch auf Unterforderung etwa durch Bewegungsmangel am Sitzarbeitsplatz lag. Die Ergonomie-Fachleute des Instituts für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA) waren von Anfang an in die Konzeption, Durchführung und Auswertung der Kampagne eingebunden und unterstützten das Kampagnenteam auf verschiedenen Ebenen, die im Folgenden kurz dargestellt werden.

## 2 Aufgaben der IFA-Ergonomie in der Kampagne

Das IFA war an einer Reihe von Aktivitäten rund um die Präventionskampagne beteiligt, sei es in Öffentlichkeitsarbeit, infrastruktureller Unterstützung, Werkstattarbeiten oder Ähnliches. Im Folgenden soll ausschließlich über die Aktivitäten berichtet werden, die sowohl an der fachlichen Konzeption als auch

der konkreten Umsetzung einzelner Kampagneninhalte zu tun hatten.

### 2.1 Fachliche Beratung und Konzeption

Bereits im Vorfeld der Kampagne konnten unter der Federführung des IFA in der Diskussion mit nationalen und internationalen Fachleuten geeignete Ziele, Inhalte und Evaluierungsansätze verhaltens- und verhältnisspezifischer Präventionsmaßnahmen zur Verringerung von Muskel-Skelett-Belastungen in der Arbeitswelt eruiert werden [2]. Die Ergebnisse dieser Diskussionen flossen folgerichtig in die Entwicklung eines Fachkonzepts zur wissenschaftlichen Untermauerung der Ziele und Inhalte der geplanten Präventionskampagne ein [3]. Die wichtigsten Inhalte aus diesem Konzept wurden in konzentrierter Form als „Zahlen, Daten, Fakten“-Sheet den Kampagnenträgern als Hintergrundinformationen zur Verfügung gestellt [4].

Daran anknüpfend wurde eine permanente und enge fachliche Begleitung der Kampagne gefordert, die u. a. durch die Arbeit einer entsprechenden Arbeitsgruppe „Forschung“ gewährleistet war, in der das IFA neben der Mitarbeit in der Arbeitsgruppe „Evaluation“ und im Kampagnen-Steuerungskreis maßgeblich beteiligt war.

Die fachliche Unterstützung des Kampagnenteams und der Kampagnenträger bestand darüber hinaus insbesondere in der Aufarbeitung geeigneter Fachinformationen in Form eines „Standard-Vortrags“, der je nach Anwendungszweck und Zielgruppe modifiziert werden konnte. Teilweise unterstützte das IFA die Unfallversicherungsträger (UVT) auch direkt durch Beiträge auf Auftaktveranstaltungen, Schulungen, Messen oder in UVT-eigenen Medien während der gesamten Laufzeit der Kampagne.

### 2.2 Konzeption eines Webportals („Unternehmerportal“)

Eines der wichtigsten Instrumente moderner Präventionskampagnen stellt die Ansprache der Zielgruppe über das Internet dar. Unter dem Dach des Kampagnenportals [www.deinruecken.de](http://www.deinruecken.de) sollten deshalb anwenderspezifische Portale für unterschiedliche Zielgruppen wie Beschäftigte, Arbeitgeber oder Mediziner angeboten werden. Das IFA arbeitete hier insbesondere an der Konzeption eines Webportals für Unternehmer und Fachkräfte für Arbeitssicherheit mit, das sich konkret an den Bedürfnissen kleiner und mittlerer Unternehmen (KMU) orientierte, das Unternehmerportal (Abbildung 1). Das Portal bietet neben einer allgemeinen Einführung zu arbeitsbedingten Muskel-Skelett-Erkrankungen (MSE) Informationen zu den Themen Gefährdungsbeurteilung physischer Belastungen („Gefährdungen erkennen“), geeignete Präventionsmaßnahmen sowie technische Hilfsmittel zur Vermeidung von arbeitsbedingten Muskel-

Skelett-Belastungen („Belastungen verringern“). Abgerundet werden die Präventionshilfen durch eine Zusammenstellung von Beispielen guter Praxis aus der Forschungsarbeit des IFA.

Um auf das vielfältige und zielgruppenorientierte Angebot der UVT zum Thema „Prävention von Muskel-Skelett-Belastungen“ hinzuweisen und den Zugang zu diesem Angebot zu erleichtern,

ist im Unternehmerportal eine Datenbank branchen- und belastungsspezifischer UVT-Informationen zum Kampagnenthema hinterlegt. Mithilfe einer Suchmaske kann man mehr als 200 unterschiedliche Medien aus über elf Branchen und 14 verschiedenen Themenbereichen durchsuchen, um eine passende Präventionsempfehlung zu finden.



Abbildung 1:  
Einstieg ins Webportal für Unternehmer und Fachkräfte für Arbeitssicherheit („Unternehmerportal“) auf der Internetseite [www.deinruecken.de](http://www.deinruecken.de)

## 2.3 Entwicklung und Support von Veranstaltungsmodulen

Der fachtheoretische Input des IFA wurde durch die Entwicklung geeigneter Veranstaltungsmodule ergänzt, die während der Laufzeit der Kampagne von den Trägern und ihren versicherten Unternehmen zum Praxiseinsatz ausgeliehen werden konnten. Das IFA entwickelte und produzierte zwei Module, den CUELA-Rücken-Monitor [5] und das CUELA-Feedback-System [6], die im Folgenden beschrieben werden.

### 2.3.1 CUELA-Rücken-Monitor

Der CUELA-Rücken-Monitor ist eine Weiterentwicklung des ursprünglichen CUELA-Messsystems [7], mit dessen Hilfe sich Rückenbelastungen in verschiedenen Körperhaltungen oder beim Handhaben von Lasten direkt anschaulich auf einem Monitor darstellen lassen. Es handelt sich dabei in erster Linie um eine mit (Inertial-)Sensoren bestückte Jacke, die schnell an- und abgelegt werden kann. Mithilfe eines entsprechenden biomechanischen Modells können parallel am Monitor die bei den Bewegungen bzw. Lastenhandhabungen der Versuchspersonen entstehenden lumbalen Bandscheiben-Druckkräfte abgeschätzt und mithilfe eines Ampelschemas bewertet werden (Abbildung 2, links).

In Verbindung mit einem Belastungsparcours („Rückenparcours“) können beispielhaft Situationen aus dem Alltag wie das Entladen des Kofferraums nachgestellt und präventive Maßnahmen direkt auf ihre Auswirkung auf den Rücken hin visualisiert werden (Abbildung 2, rechts). Ziel des CUELA-Rücken-Monitors ist somit eine praxisnahe Sensibilisierung für rückengerechtes Arbeiten, die etwa auf Messen, Schulungen oder Gesundheitstagen erfolgen kann.

### 2.3.2 CUELA-Feedback-System

Beim CUELA-Feedback-System handelt es sich um eine einzelne Sensoreinheit, die mithilfe eines Gurtes auf dem Rücken getragen wird und kontinuierlich den Grad der Rumpfvorneigung misst (Abbildung 3, links). Beim Überschreiten gewisser (ungünstiger) Rumpfvorneigungen wird ein akustisches und/oder vibrierendes Signal erzeugt, das daran erinnert, auf eine rückengerechte Körperhaltung zu achten. Da moderne Smartphones die entsprechende Sensorik bereits enthalten und weit verbreitet sind, wurde das System während der Kampagne zu einer entsprechenden Smartphone-Lösung weiterentwickelt (Abbildung 3, rechts). Beide Versionen sind batteriebetrieben und somit kabellos, sie können etwa bei Schulungen zu rückengerechtem Arbeiten direkt am Arbeitsplatz sehr einfach eingesetzt werden.

Abbildung 2:  
 Proband mit CUELA-Rücken-Monitor, Visualisierung der Körperhaltung und Abschätzung der Rückenbelastung (links),  
 Veranstaltungsmodul CUELA-Rückenparcours (rechts)

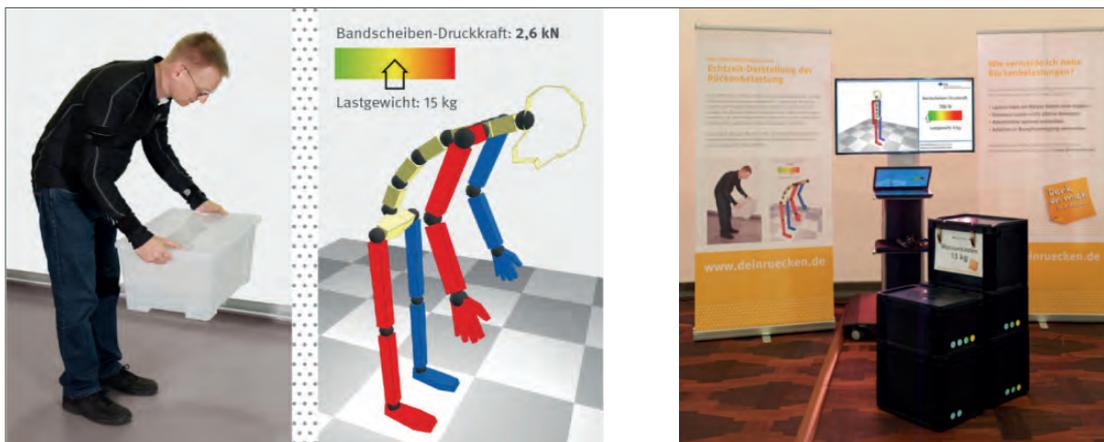


Abbildung 3:  
 Proband mit CUELA-Feedback-System in zwei Versionen: Einzelsensor-Variante (links), Smartphone-Variante (rechts)



### 3 Verleih der Veranstaltungsmodule

Der Verleih des CUELA-Rückenparcours erfolgte über die Kampagnenhomepage sowie einen Dienstleister und begann im ersten Kampagnenjahr mit zwei Komplettsystemen (ein Komplettsystem besteht aus zwei Sensorjacken in unterschiedlichen Größen sowie Zubehör). Der Bestand wurde in den Folgejahren aufgrund der hohen Nachfrage auf vier Komplettsysteme aufgestockt. Dabei lag der Fokus des Verleihs in erster Linie auf Einzelveranstaltungen, sodass die Ausleihdauer samt An- und Rücktransport in der Regel eine Woche betrug. Insgesamt gingen im Rahmen der Kampagne 316 Ausleihanfragen zum CUELA-Rückenparcours ein, die in 254 Fällen bedient werden konnten. Er ist damit das am häufigsten angefragte und verliehene Veranstaltungsmodul der Kampagne.

Aufgrund der großen Nachfrage der Veranstaltungsmodule wurde ihr Verleih auch 2016, im ersten Jahr nach dem offiziellen Ende der Präventionskampagne, fortgesetzt. Während dieses Jahres kamen weitere 86 Ausleihen des CUELA-Rückenparcours dazu.

Neben den Verleihsystemen produzierte das IFA zusätzliche Systeme, sodass insgesamt acht UVT direkt mit dem CUELA-Rücken-Monitor versorgt werden konnten.

Der Verleih der CUELA-Feedback-Systeme startete 2014 mit zwei Sets aus vier Einzelsensor-Systemen, die ab Mitte 2015 durch

drei Sets der Smartphone-Variante ersetzt wurden. Da das CUELA-Feedback-System zu Schulungszwecken am Arbeitsplatz eingesetzt werden konnte, war eine Ausleihdauer von bis zu vier Wochen möglich. Insgesamt gab es 62 Ausleihanfragen zu diesem Modul, von denen bis zum Ende der Kampagnenlaufzeit 38 bedient werden konnten.

Neben der Entwicklung und Herstellung der beiden genannten Veranstaltungsmodule gehörten auch Konzeption und Durchführung der Anwenderschulungen zu den Aufgaben des IFA. Insgesamt wurden während der Laufzeit der Kampagne ca. 300 Personen in der Anwendung des CUELA-Rücken-Monitors geschult.

### 4 Bewertung der Veranstaltungsmodule durch die Nutzer

Im Rahmen der kampagnenbegleitenden Evaluation wurden unterschiedliche Zielgruppen zum Einsatz der einzelnen Kampagnenmedien befragt. Im Folgenden sollen exemplarisch einige Ergebnisse der nach der Kampagne durchgeführten Befragungen (Postmessungen [8]) dargestellt werden. Dabei liegt der Fokus sowohl auf der Bekanntheit als auch der eingeschätzten Wirksamkeit der einzelnen Aktivitäten.

Von den über 800 befragten Beschäftigten gaben ca. 20 % an, von den entlehbaren Veranstaltungsmodulen gehört zu haben. Im Vergleich dazu kannten etwa 3 % den entsprechenden Facebook-Auftritt („Deutschland bewegt Herbert“) und ca. 73 % die

Kampagnenposter (Abbildung 4, links). Von den 186 Beschäftigten, die die Veranstaltungsmodule kannten, vergaben ca. 74 % die Schulnoten 1 oder 2 für die Wirksamkeit dieses Mediums, das somit etwa vergleichbar mit den Postern, Kurzfilmen und der Homepage ist, während dem Facebook-Auftritt von ca. 46 % der Befragten, die ihn kannten (N = 46), in dieser Kategorie die Schulnote 1 oder 2 zugesprochen wurde (Abbildung 4, rechts).

von denen wiederum etwa 80 % die Wirksamkeit der Module mit der Schulnote 1 oder 2 einstufen (Abbildung 5).

Eine vom IFA selbst im Rahmen des XX. Weltkongress für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit 2014 speziell zum CUELA-Rückenmonitor durchgeführte Befragung der Besucher am Messestand in Frankfurt am Main kam zu dem Ergebnis, dass ca. 92 % das Modul als hilfreich („stimme voll zu“) bzw. 8 % als teilweise hilfreich („stimme eher zu“) einschätzen (N = 48). Als sinnvolle Einsatzzwecke wurden in absteigender Reihenfolge genannt: Schulung, Gefährdungsbeurteilung, Ausbildung, Gesundheitstag, Messe.

Zu ähnlichen Ergebnissen gelangten die entsprechenden Abfragen bei 559 Unternehmerinnen und Unternehmern, von denen 13,2 % (N = 73) angaben, die Veranstaltungsmodule zu kennen,

Abbildung 4: Ergebnisse der Mitarbeiterbefragung im Rahmen der Kampagnenevaluation (Postmessung) zu Bekanntheit (oben) und Wirksamkeit (unten) verschiedener Kampagnenmedien (Quelle: [8])

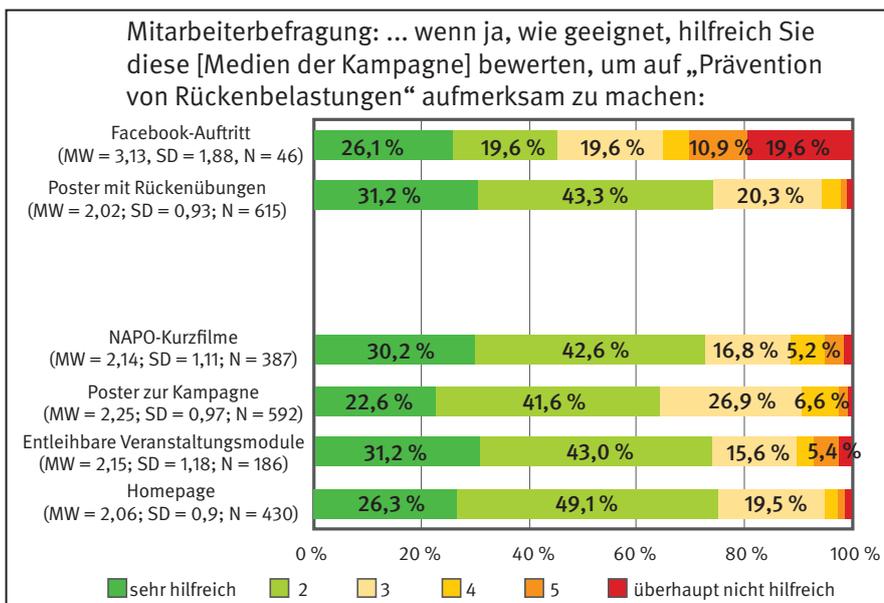
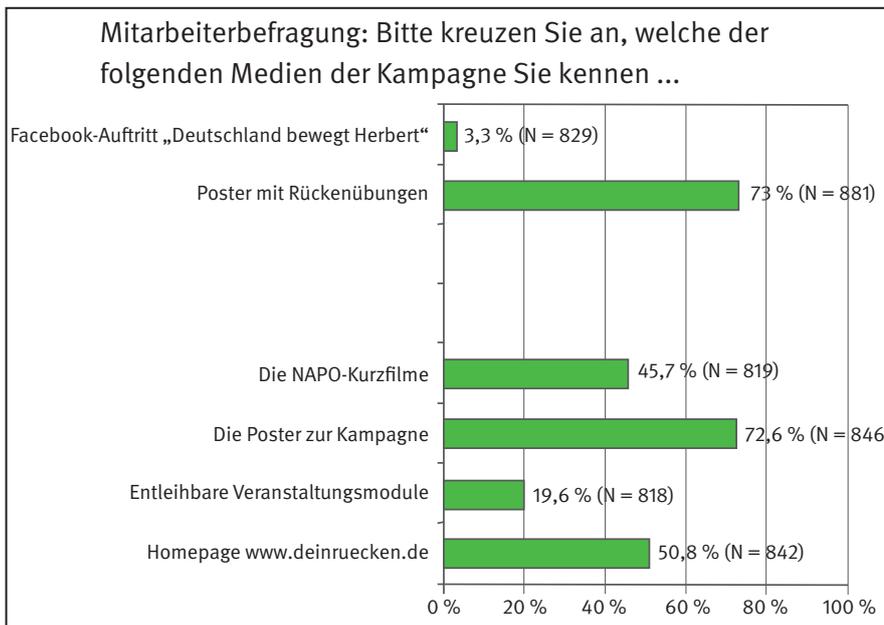
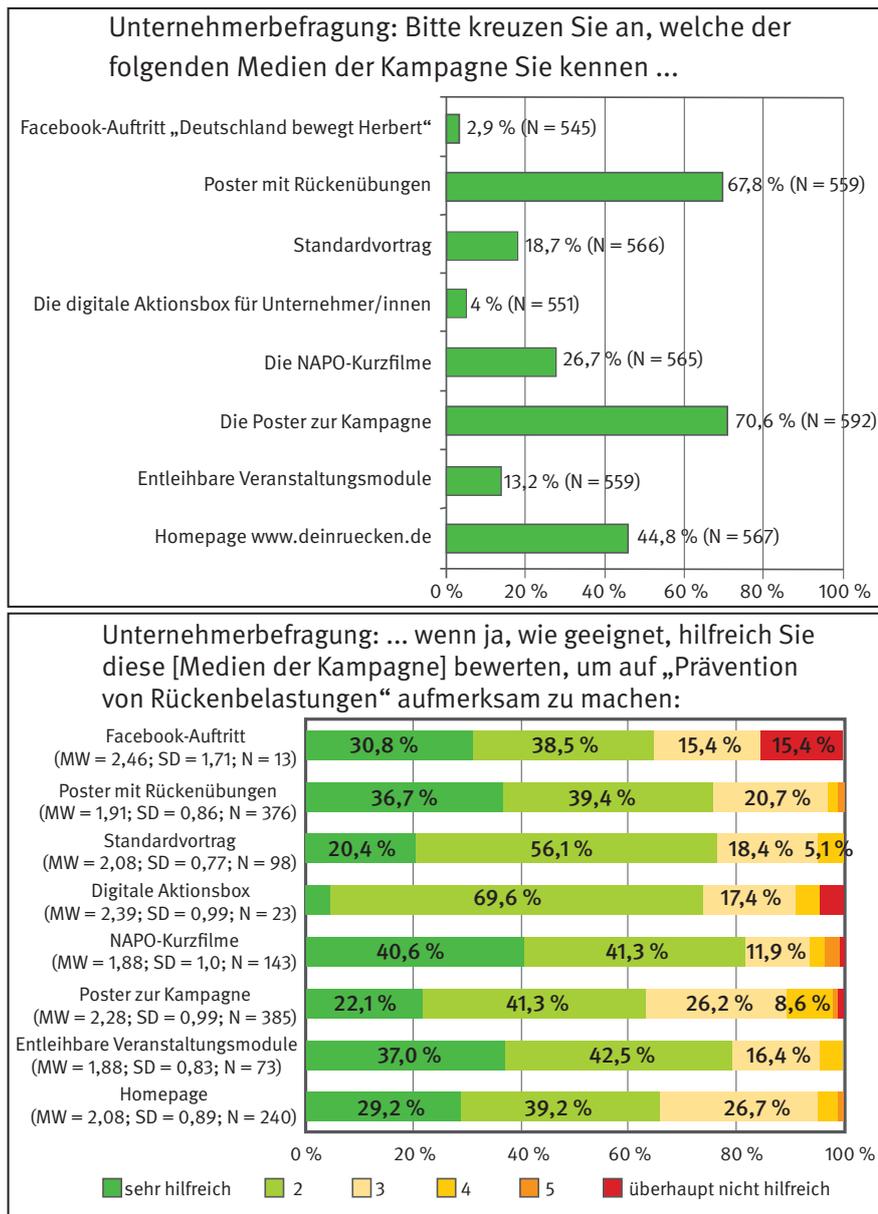


Abbildung 5:  
 Ergebnisse der Unternehmerbefragung im Rahmen der Kampagnenevaluation (Postmessung) zu  
 Bekanntheit (oben) und Wirksamkeit (unten) verschiedener Kampagnenmedien (Quelle: [8])



## 5 Diskussion und Ausblick

Insgesamt sind die beschriebenen Aktivitäten des IFA im Rahmen der Präventionskampagne „Denk an mich. Dein Rücken“ als sehr positiv zu werten, da sie durch fachliche Informationen sowie praxisnahe Beispiele und Exponate das Angebot der Kampagne sinnvoll ergänzten und somit beitrugen, die Kampagnenziele zu erreichen. Diese Einschätzung spiegelt sich auch in den Befragungsergebnissen von Beschäftigten, Unternehmerinnen und Unternehmern wider. Die Ergebnisse der Evaluation der einzelnen Kampagnenmedien sind weiterhin hilfreich für die Planung zukünftiger Präventionskampagnen, da hier Bekanntheit und Wirksamkeit der Medien in ein vernünftiges Verhältnis zu Aufwand und Kosten zu bringen sind.

Auch nach Abschluss der Kampagne „Denk an mich. Dein Rücken“ können die Informationen des „Unternehmer-Portals“ der Kampagnenhomepage durch die Verzahnung der Kampagne

mit dem Arbeitsprogramm „Prävention macht stark – auch Deinen Rücken“ der Gemeinsamen Deutschen Arbeitsschutzstrategie (GDA) weiter genutzt werden. Dieses Arbeitsprogramm läuft bis 2018 und ist im Portal [www.gdabewegt.de](http://www.gdabewegt.de) erreichbar.

Aufgrund der großen Nachfrage ist derzeit geplant, den Verleih der Veranstaltungsmodule CUELA-Rückenparcours und CUELA-Feedback-System über das Kampagnenende hinaus durch einen Dienstleister fortsetzen zu lassen. Nähere Informationen hierzu finden sich unter [www.deinruecken.de](http://www.deinruecken.de).

### Literatur

- [1] Präventionskampagne „Denk an mich. Dein Rücken“. Begleitheft zur Abschlussdokumentation. Hrsg.: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Berlin. [www.dguv.de](http://www.dguv.de), Webcode: d98649 (Stand 05/2017)

- [2] Literatur-Report über berufsbedingte muskulo-skelettale Erkrankungen zur MSE-Konferenz am 16./17. Oktober 2009 in Dresden. Hrsg.: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Berlin. [www.dguv.de](http://www.dguv.de), Webcode: d109836 (Stand 05/2017)
- [3] Fachkonzept für die Präventionskampagne 2013/2014. Hrsg.: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Berlin. [www.dguv.de](http://www.dguv.de), Webcode: d98649 (Stand 05/2017)
- [4] Präventionskampagne „Denk an mich. Dein Rücken“. Zahlen, Daten, Fakten. Hrsg.: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Berlin. [www.dguv.de](http://www.dguv.de), Webcode: d98649 (Stand 05/2017)
- [5] *Ditthen, D.*: „Denk an mich. Dein Rücken“ – Entwicklung des CUELA-Rückenmonitors. In: Aus der Arbeit des IFA 0343. Ausg. 4/2013. Hrsg.: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Berlin 2013. [www.dguv.de/ifa](http://www.dguv.de/ifa), Webcode: d7629
- [6] *Lietz, R.*: CUELA-Feedback: Körperhaltungs-Check mit dem Smartphone. In: Aus der Arbeit des IFA 0376. Ausg. 6/2016. Hrsg.: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Berlin 2016. [www.dguv.de/ifa](http://www.dguv.de/ifa), Webcode: d7629
- [7] *Ellegast, R. P.*: Personengebundenes Messsystem zur automatisierten Erfassung von Wirbelsäulenbelastungen bei beruflichen Tätigkeiten. BIA-Report 5/98. Hrsg.: Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften, Sankt Augustin 1998. [www.dguv.de/ifa](http://www.dguv.de/ifa), Webcode: d6633
- [8] Präventionskampagne „Denk an mich. Dein Rücken“: Abschluss der Evaluation. IAG-Report (in Vorbereitung). Hrsg.: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Berlin

# MSE-Prävention umsetzen – abgestimmte Ansätze des GDA AP MSE

Dirk Römer

Berufsgenossenschaft für Gesundheitsdienst und Wohlfahrtspflege (BGW), Hamburg

## 1 Einleitung

Das Arbeitsprogramm Muskel-Skelett-Erkrankungen (AP MSE) der Gemeinsamen Deutschen Arbeitsschutzstrategie (GDA) hat sich zum Ziel gesetzt, arbeitsbedingte Gesundheitsgefährdungen und Erkrankungen des Muskel-Skelett-Systems zu verringern. Unfallversicherungsträger und Arbeitsschutzbehörden haben im Arbeitsprogramm durch Betriebsbesichtigungen den systematischen Arbeitsschutz mit Bezug zu Muskel-Skelett-Erkrankungen (MSE) analysiert und gestärkt. Ergänzend haben sie neue gemeinsame Präventionsangebote zusammen mit dem Bund und verschiedenen Kooperationspartnern aus Krankenversicherung, Sozialpartnern, Fachverbänden von Präventions- und Arbeitsschutzexperten und der Arbeitsmedizin entwickelt.

Im Entwicklungsprozess wurde insbesondere folgende Frage diskutiert: Mit welchen grundlegenden Prinzipien und Wirkweisen kann Prävention im Kontext Muskel-Skelett-System vorangetrieben werden? Welche Wege müssen wir gehen, um den seit Jahren erkannten Sockel an Erkrankungsfällen zu verringern?

## 2 Belastungsschwerpunkte

Im Zentrum dieser Diskussion standen die Fragen nach der Rolle von schwerer Arbeit für das Erkrankungsgeschehen, die Möglichkeiten und Grenzen der Verhaltens- und Verhältnisprävention sowie der Begriff der Gesundheitskompetenz als möglichem Gradmesser für erfolgreiches Vorgehen.

Der gemeinsame fachliche Diskurs machte deutlich, dass trotz der hohen Technisierung von Arbeit und des immer größer werdenden Problems der Bewegungsarmut, eine wichtige Zielrichtung der programmatischen Prävention von MSE weiter durch schwere Arbeit charakterisiert wird. Hierzu wird beispielsweise auf eine Studie von *Liebers et al.* [1] verwiesen (Abbildung 1).

Die Autoren konnten nachweisen, dass die Prävalenz von Arbeitsunfähigkeitszeiten in den einfachen manuellen Berufen, insbesondere bei Männern, signifikant ist. Die Aussage „Schwere Arbeit führt noch immer zu einer hohen Zahl von Arbeitsunfähigkeiten“ lässt sich daraus ableiten. Neben den Trägeraktivitäten zum Themenfeld MSE, das in der Breite in der Produktdatenbank MSE auf [gdabewegt.de](http://gdabewegt.de) hinterlegt wird, gibt es weiteren Bedarf zur Unterstützung der Gefährdungsbeurteilung physischer Belastungen.

Im Projekt MEGAPHYS, einem Kooperationsprojekt der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) und der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (DGUV), werden Instrumente zur Beurteilung von Gefährdungen durch unterschiedliche Belastungen erarbeitet. Im Fokus stehen beispielsweise Belastungen durch Heben und Tragen bzw. Ziehen und Schieben von Lasten oder durch manuelle Arbeitsprozesse, durch Arbeiten mit starken Kräften oder Belastungen bei Mischarbeiten. Als Begleitprojekt ist MEGAPHYS in das GDA-Arbeitsprogramm MSE eingebunden.

Das Projekt erarbeitet in Form eines Stufenkonzepts (Abbildung 2) „Methodenpakete“ für alle Ebenen der Gefährdungsbeurteilung physischer Belastungen und wendet sich mit seinen Instrumenten insbesondere an betriebliche Praktiker, Ergonomieexperten oder Wissenschaftler.

Die Entwicklung und Evaluierung der Methodenpakete fußen auf umfangreichen Datenerhebungen an Arbeitsplätzen in unterschiedlichen Branchen. Somit werden bestehende Lücken im Bewertungsverfahren und den Bewertungsmaßstäben physischer Belastungen geschlossen. Gleichzeitig werden die Grundlagen für die Ableitung angemessener Präventionsmaßnahmen zur Reduzierung physischer Belastungen bereitgestellt.

Männer	Ø	Frauen	Ø
EMB Einfache manuelle Berufe	2,45	EMB Einfache manuelle Berufe	2,31
EDI Einfach Dienste	2,02	EDI Einfach Dienste	1,76
QMB Qualifizierte manuelle Berufe	1,96	QMB Qualifizierte manuelle Berufe	1,74
AGR Agrarberufe	1,94	AGR Agrarberufe	1,37
QDI Qualifizierte Dienste	1,48	QDI Qualifizierte Dienste	1,35
EVB Einfache kaufmännische und Verwaltungsberufe	1,31	EVB Einfache kaufmännische und Verwaltungsberufe	1,19

Abbildung 1:  
Standardmorbiditätsrisiko verschiedener Berufe nach *Liebers et al.* [1]

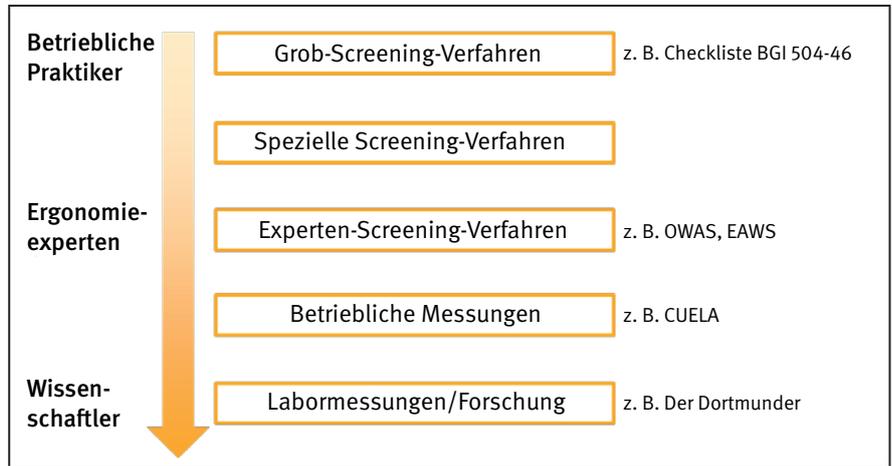


Abbildung 2: Stufenkonzept von MEGAPYHS [2]

### 3 Betriebliche Entwicklungswege

Offen bleiben aus Sicht der Prävention die Fragen: Wenn denn nun seit Jahren die Träger mit abgestimmten Produkten [3], nah an den Branchen, Prävention zur Verringerung der physischen Belastungen betrieben haben und die Unternehmen, Hand in Hand mit dem technologischen Fortschritt, diese Maßnahmen zur Prävention vorangebracht und umgesetzt haben, warum sind dann noch so viele Erkrankungen durch Überlastungen erkennbar und welche Maßnahmen benötigt es dann noch, um dieses Maß an Erkrankungen zu verringern?

Zum einen bietet sich als Feld zur Entwicklung von Prävention in Bezug auf MSE die Stärkung der betrieblichen Hebel an, deren Einsatz eine Entwicklung hin zu einer organisationalen Gesundheitskompetenz [4] im Betrieb ermöglichen: Als Erfolgsfaktoren in der Umsetzung von Präventionsmaßnahmen sind zunächst der grundsätzliche Wille der Unternehmensführung, die Einbindung aller Führungsebenen und die Partizipation der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, und wo sinnvoll und dienlich, die weitere

Unterstützung interner bzw. externer Fachleute anzuführen. Das systematische Vorgehen in der Umsetzung, wie z. B. im Rahmen eines kontinuierlichen Verbesserungsprozesses oftmals umgesetzt, ist ein weiterer entscheidender Faktor. Damit sind die Erfolgsfaktoren so etwas wie die Grundmauern verhältnispräventiver Maßnahmen und bereiten den Weg hin zu einer betrieblichen Präventionskultur.

Dennoch stellte sich für das Arbeitsprogramm MSE bei all den guten betrieblichen Ansätzen die Frage, warum das hohe Präventionsengagement noch nicht die gewünschten Erfolge einbringt.

Ein möglicher Ansatz ist die Erweiterung der Verhältnisprävention um die Stärkung der Verhaltensprävention. Das TOP-Modell der Prävention betont hier bislang vor allem die Nachrangigkeit der personengebundenen Maßnahmen. Dieser in der UV-Trägerlandschaft fest verankerte Leitgedanke wurde in den letzten Jahren vermehrt durch Behavior-Based-Safety-Modelle (BBS) erweitert (Abbildung 3).

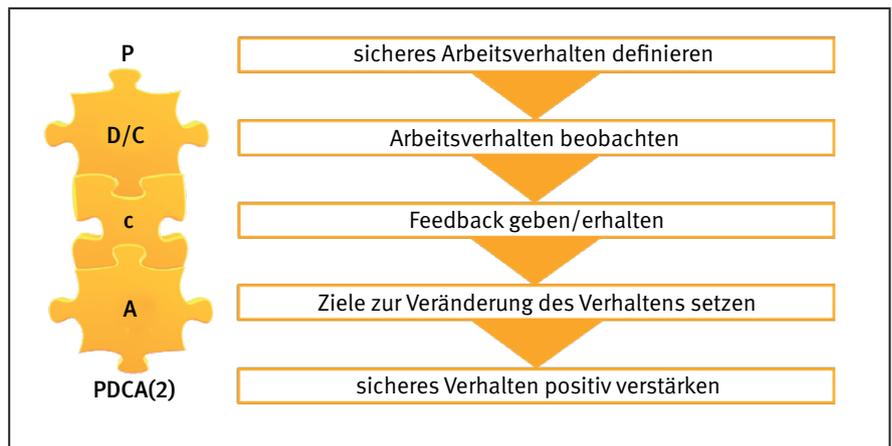


Abbildung 3: BBS-Modell

Die hier zum Tragen kommenden edukativen und compliance-orientierten Ansätze zeigen immer dann gute Wirkung, wenn der Ansatz des positiven und negativen Feedbacks aufgrund eines klaren Kausalzusammenhangs zwischen Gefahr und Arbeit, verbunden mit zeitlichem und wahrnehmbarem Bezug, anwendbar ist. Bei physischen Belastungen ist dieses im Wesentlichen auf Fremdwirksamkeit beruhende Prinzip von Belohnung und Sanktion nur begrenzt einsetzbar. Hohe Latenzzeiten für den Fall eines negativen Outcomes sowie eine sehr individuelle, für

Beschäftigte nicht immer erkennbare Belastungs- und Beanspruchungskausalkette sind für BBS-Ansätze hemmend.

Gibt es erweiterte Ansätze auf der Ebene einer betrieblichen ganzheitlichen Intervention, mit denen die Vermeidung arbeitsbedingter MSE weiter vorangebracht werden kann?

Vor diesem Hintergrund ist die Frage der Kombination aus verhaltens- und verhältnispräventiven Maßnahmen im Rahmen des

GDA-Arbeitsprogramms MSE in die Richtung einer selbstwirksamen Wahrnehmung von Eigenverantwortung als die bisherigen Maßnahmen ergänzende Aufgabe diskutiert worden. Das Ergebnis findet Niederschlag in dem Konzept des Seminarmoduls des GDA AP MSE sowie in den Prinzipien der „Guten Praxis“ des Arbeitsprogramms.

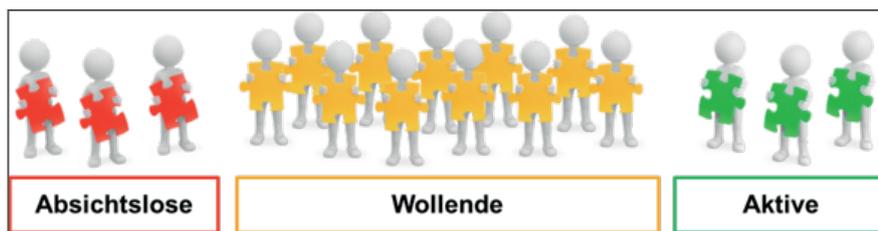
#### 4 Personenbezogene Entwicklungswege

Der im GDA AP MSE verfolgte Ansatz greift den Begriff der individuellen Gesundheitskompetenz auf – also die Fähigkeit des Einzelnen, im täglichen Leben (hier: in der Arbeitswelt) Entscheidungen zu treffen, die sich positiv auf die Gesundheit auswirken [5]. Das GDA-Arbeitsprogramm MSE stellt diesen Ansatz bewusst vor den Hintergrund der organisationalen Gesundheitskompetenz im Betrieb, die wesentlich durch o. g. Erfolgsfaktoren unterstützt wird, und nimmt somit in den neu entwickelten Präventionsangeboten gezielt den einzelnen Menschen im Kontext seines Arbeitsumfeldes und der dort etablierten verhältnispräventiven Maßnahmen in den Blick. Bei der Förderung der Gesundheitskompetenz des/der Einzelnen geht es im GDA AP MSE also um das „Verhalten in der Verhältnisprävention“.

In der praktischen betrieblichen Umsetzung dieses Ansatzes ist besonders die individuelle Ausgangslage der Beschäftigten zu berücksichtigen. Sie verfügen in der Regel über unterschiedlich stark ausgeprägte Gesundheitskompetenz. Das heißt, es wird Unterschiede in der Bereitschaft und Fähigkeit der einzelnen Beschäftigten geben, sich in den spezifischen Umsetzungsmaßnahmen zurecht zu finden oder diese aktiv zu gestalten. Sollte die Frage beantwortet werden: Wie stehen die Beschäftigten bei der Gestaltung von Präventionsmaßnahmen zu der Frage der Nutzung von Hilfsmitteln zur Prävention von MSE (z. B. Liftern), dann gibt es beispielsweise in Anlehnung an das HAPA-Modell [6] drei Gruppen, die differenziert angesprochen werden sollten (Abbildung 4).

Zum einen die „Absichtslosen“, deren Vorstellung und Wissen über die Notwendigkeit einer Nutzung noch nicht vorhanden sind, zum anderen die der „Wollenden“, die durchaus die Notwendigkeit erkennen, aber aufgrund verschiedener Hemmnisse nicht in der Lage sind, diese Maßnahme nachhaltig anzuwenden oder umzusetzen, und letztlich die „Aktiven“, die vorhandene Maßnahmen sachgerecht nutzen und umsetzen. Präventionsmaßnahmen und die Art, wie sie den Beschäftigten vermittelt werden, müssen diese unterschiedlichen Standpunkte der Beschäftigten berücksichtigen, um erfolgreich zu sein.

Abbildung 4:  
Unterteilung der Zielgruppe in drei Zielcluster



#### 5 Fazit

Die Prävention von Muskel-Skelett-Erkrankungen wird durch das GDA AP MSE zusammenfassend als abgestimmtes Maßnahmenbündel von Verhältnis- und Verhaltensprävention in den Betrieben betrachtet, dessen Erfolg sowohl auf einer sachgerechten Maßnahmengestaltung als auch der Beachtung wichtiger Umsetzungsprinzipien beruht. Dieser Ansatz führt zu einer Präventionskultur vor dem Hintergrund organisationaler und individueller Gesundheitskompetenz.

#### Literatur

- [1] *Liebers, F.; Brendler, C.; Latza, U.*: Alters- und berufsgruppenabhängige Unterschiede in der Arbeitsunfähigkeit durch häufige Muskel-Skelett-Erkrankungen. Bundesgesundheitsbl. Gesundheitsforsch. Gesundheitsschutz 56 (2013), S. 367-380. [www.baua.de/DE/Angebote/Publikationen/Aufsaezte/artikel38.pdf](http://www.baua.de/DE/Angebote/Publikationen/Aufsaezte/artikel38.pdf)
- [2] *Ellegast, R. P.*: Quantifizierung physischer Belastungen am Arbeitsplatz. Zbl. Arbeitsmed. 60 (2010) Nr. 11, S. 386-389
- [3] [www.gdabewegt.de](http://www.gdabewegt.de): Produktdatenbank des GDA AP MSE mit mehr als 400 Produkten
- [4] Barmer GEK Gesundheitsreport (2010): Unter organisationaler Gesundheitskompetenz versteht man die Fähigkeit und die Potenziale eines Betriebs/einer Organisation, durch systematisches Management der Bedingungen und Ressourcen die Gesundheit der Beschäftigten zu erhalten und zu fördern.
- [5] *Kickbusch, I.*: Gesundheitskompetenz. News Public Health Schweiz (2006) Nr. 3, S. 10. [www-old.public-health.ch/logicio/client/publichealth/file/PHS\\_Newsletter\\_2006\\_3.pdf](http://www-old.public-health.ch/logicio/client/publichealth/file/PHS_Newsletter_2006_3.pdf)
- [6] *Schwarzer, R.*: The Health Action Process Approach (HAPA). [userpage.fu-berlin.de/health/hapa.htm](http://userpage.fu-berlin.de/health/hapa.htm)



# Seminarmodul Gesundheitskompetenz

## „Gelebte Gesundheit am Arbeitsplatz – auf das WIE kommt es an“

Gudrun Wagner<sup>1</sup>, Susan Freiberg<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Berufsgenossenschaft Holz und Metall (BGHM), Dortmund

<sup>2</sup> Institut für Arbeit und Gesundheit der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IAG), Dresden

### Kurzfassung

In den Unternehmen wird viel getan, um die Beschäftigten vor Muskel-Skelett-Erkrankungen zu schützen. Doch oft werden die ergonomischen Hilfsmittel nicht genutzt, die neuen Arbeitsabläufe nicht umgesetzt und gewohnte Verhaltensweisen bleiben bestehen. Wesentlich für den Erfolg und die Nutzung von Präventionsmaßnahmen ist, dass die Beschäftigten davon überzeugt sind. Das Seminarmodul der Gemeinsamen Deutschen Arbeitsschutzstrategie vermittelt notwendige Grundlagen und Rahmenbedingungen, die helfen sollen, Einstellungen, Bewusstsein und Verhalten der Beschäftigten zu verstehen und zu beeinflussen. Dozentinnen und Dozenten mit Berufserfahrung zu Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit können dieses Modul nutzen. Es kann sowohl als Ergänzung von Lehrveranstaltungen als auch als eigenständiges Modul genutzt werden. Dafür stehen umfangreiche Materialien zur Verfügung.

### 1 Das Seminarmodul im Überblick

Was müssen Führungskräfte beachten, damit sie und ihre Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter sich gesundheitsgerecht im Betrieb verhalten und die angebotenen Präventionsmaßnahmen nutzen – und das nicht erst, wenn die ersten Anzeichen von Muskel-Skelett-Erkrankungen (MSE) bereits auftreten? Dieses neue Seminarangebot, das im Rahmen des Arbeitsprogramms MSE der Gemeinsamen Deutschen Arbeitsschutzstrategie (GDA) entwickelt wurde, ist als Ergänzung bereits vorhandener Seminare der Träger gedacht. Hierbei geht es vordergründig nicht um die Vermittlung von Grundlagenwissen, Vorführung von technischen Hilfen, Informationen zum gesundheitsgerechten Handeln oder Unterweisung von Beschäftigten. Der Fokus liegt in der Vorstellung der „weichen“, letztendlich aber entscheidenden Faktoren wie Einstellungsänderung, Verhaltensmuster und Gruppendynamiken und dem Umgang damit. Auf der Basis verschiedener verhaltenspsychologischer Modelle werden Verhaltensweisen und die gegebenenfalls fehlende Veränderungsbereitschaft erklärt. Darüber hinaus werden praxistaugliche Lösungsansätze diskutiert, die zur Veränderung motivieren. Im Seminarmodul wird sowohl die Verhältnis- als auch die Verhaltensprävention berücksichtigt, wobei der Schwerpunkt darin liegt, das Verhalten in der Verhältnisprävention positiv zu verändern. Die Verantwortung der Unternehmerinnen und Unternehmer für ihre Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, aber auch die Eigenverantwortung jedes einzelnen Beschäftigten ist hier entscheidend. Ein wichtiger Aspekt ist dabei das Zusammenspiel von betrieblicher und individueller Gesundheitskompetenz, das im Seminarmodul thematisiert wird.

### 1.1 Ziele des Seminarmoduls

Die Teilnehmerinnen und Teilnehmer

- kennen Erfolgsfaktoren der Gesundheitskompetenz im Unternehmen,
- sind sensibilisiert, diese in der betrieblichen Umsetzung zu beachten,
- verstehen, warum vorhandene Unterstützungsangebote nicht nachhaltig genutzt werden,
- nutzen dieses Wissen für die Umsetzung konkreter Lösungswege,
- kennen die Erfolgskriterien der Beispiele guter Praxis und können diese auf eigene Maßnahmen übertragen,
- sind über unterstützende Institutionen mit MSE-Kompetenz und -Angeboten informiert,
- kennen die grundlegenden gesetzlichen Vorgaben zu Muskel-Skelett-Erkrankungen.

### 1.2 Zielgruppen und Lehrinhalte

Das Seminarmodul richtet sich vorwiegend an Unternehmerinnen und Unternehmer, Führungskräfte, betriebliche Akteure im Bereich Arbeit und Gesundheit sowie außerbetriebliche Präventionsexpertinnen und -experten.

Das Seminarmodul baut auf Grundlagenwissen auf. Empfehlenswert ist es deshalb, dass die Teilnehmerinnen und Teilnehmer bereits gesetzliche Vorgaben im Hinblick auf Muskel-Skelett-Erkrankungen kennen, über Grundlagenwissen im Zusammenhang mit Muskel-Skelett-Erkrankungen verfügen (Gefährdungen des Muskel-Skelett-Systems, Vorbeugung von entsprechenden Erkrankungen usw.) und Kompetenzen in gesundheitsorientierter Führung aufweisen.

Lehrinhalte des Seminarmoduls sind:

- Vertiefung des Verständnisses zur Gesundheitskompetenz und Reflexion von positiven und negativen Einflussfaktoren anhand von praktischen Beispielen,
- Erkenntnis, dass das Handeln im Betrieb überwiegend durch nicht sichtbare Aspekte der Unternehmenskultur beeinflusst wird,

- Reflexion der Schwierigkeiten eines Veränderungsprozesses anhand eines Beispiels,
- Verständnis, wie Motivation zu gesundem Verhalten entsteht und wie unterschiedlich Menschen sie ausbilden,
- Kenntnisse über wesentliche Erfolgsfaktoren und unterstützende Institutionen,
- Ideen und Umsetzungsansätze für die eigene Praxis.
- Powerpoint-Foliensatz mit Notizen,
- Leitfaden mit Ablaufplan und diversen Erläuterungen,
- Flipchart- und Metaplanentwürfe mit Beschreibung,
- Praxisbeispiel (Film),
- Beschreibung der eingesetzten Methoden und theoretischen Hintergründe,

### 1.3 Struktur und Nutzung des Seminarmoduls

Das Seminarmodul besteht aus vier Lehreinheiten à 45 Minuten. Es bietet sich als ideale Ergänzung von Fachseminaren und anderen Veranstaltungen an, kann aber auch als eigenständiges Seminar oder als Workshop angeboten werden.

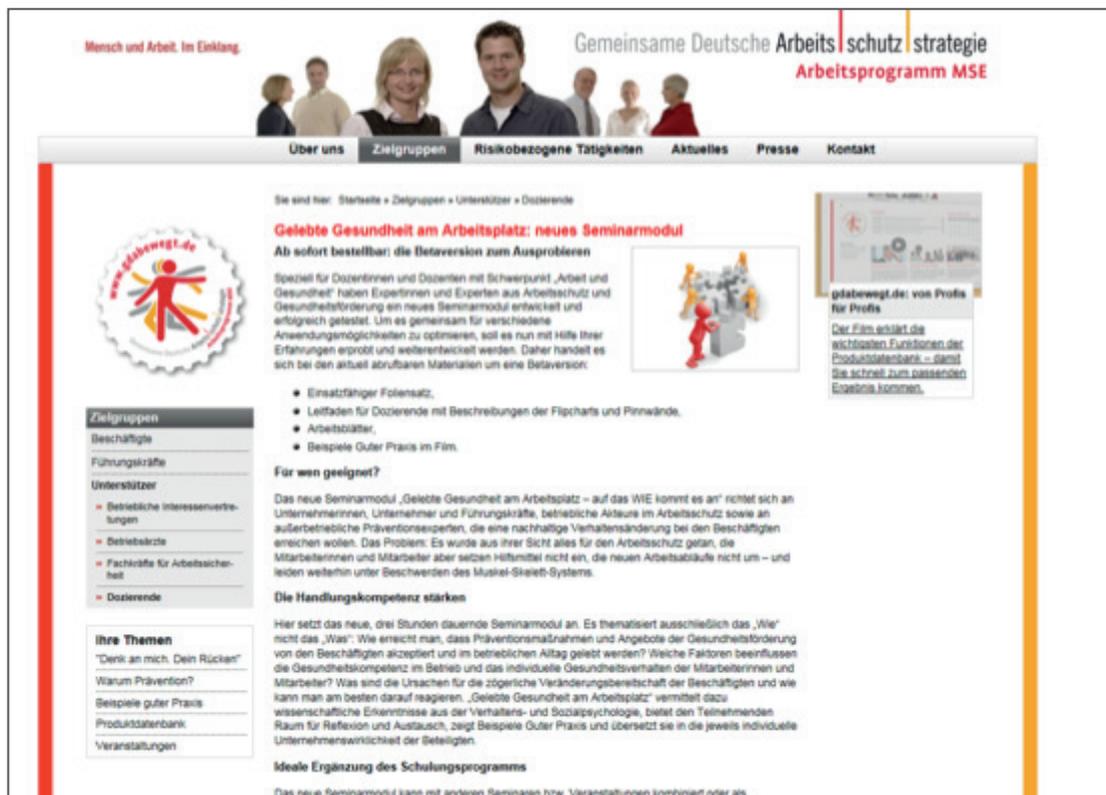
Das Seminarmodul „Gelebte Gesundheit am Arbeitsplatz – Auf das WIE kommt es an“ ist interaktiv aufbereitet und kann von Dozentinnen und Dozenten genutzt werden, die bereits in der Erwachsenenbildung und speziell im Bereich Arbeit und Gesundheit tätig sind. Darüber hinaus sind mehrjährige betriebliche Erfahrungen mit Bezug zum Thema und vertiefte Kenntnisse hinsichtlich der Prävention und Gesundheitsförderung von Muskel-Skelett-Erkrankungen zweckmäßig. Die Bereitschaft, sich in Vorbereitung des Moduls mit dem theoretischen Hintergrund der Inhalte und dessen Anwendung zu befassen, wird vorausgesetzt. Zur Vorbereitung und Durchführung des Seminarmoduls werden umfassende Unterlagen zur Verfügung gestellt. Dazu gehören folgende Materialien:

- Beschreibung der Moderationsmaterialien,
- Checkliste Gesundheitskompetenz,
- Arbeitsblatt Praxis-Transfer,
- Anleitung für aktive Pause,
- Kurzbefragung.

Die Unterlagen zum Seminarmodul „Gelebte Gesundheit am Arbeitsplatz – auf das WIE kommt es an“ können unter der Internetadresse [www.gdabewegt.de/seminarmodul](http://www.gdabewegt.de/seminarmodul) angefordert werden (Abbildung).

Das Bestellformular sowie die Nutzungsbedingungen stehen auf dieser Webseite zum Herunterladen bereit. Die Bitte um Rückmeldung der Dozentinnen und Dozenten über die gemachten Erfahrungen sowie Anregungen zu den angebotenen Materialien dienen der Optimierung des Seminarmoduls.

Abbildung:  
Webseite zum Seminarmodul (Ausschnitt)



## 2 Zusammenfassung und Ausblick

Das Seminarmodul „Gelebte Gesundheit am Arbeitsplatz – Auf das WIE kommt es an“ richtet sich an alle Unternehmerinnen und Unternehmer, Führungskräfte, betriebliche Akteure im Bereich Arbeit und Gesundheit sowie außerbetriebliche Präventionsfachleute, die eine nachhaltige Verhaltensänderung in Hinblick auf die Vorbeugung von Muskel-Skelett-Erkrankungen bei ihren Beschäftigten bewirken wollen.

Das Seminarmodul der Gemeinsamen Deutschen Arbeitsschutzstrategie wurde von einem Expertenteam bestehend aus Vertreterinnen und Vertretern von Unfallversicherungsträgern, und Krankenkassen, der Arbeitnehmer- und Arbeitgebervertretung sowie unter weiterer fachlicher Beratung entwickelt.

Es kann von qualifizierten Dozentinnen und Dozenten, die sich in der Prävention und Gesundheitsförderung von Muskel-Skelett-Erkrankungen engagieren, genutzt werden. Dafür sind umfangreiche Materialien abrufbar. Derzeit wird diskutiert, ob eine Qualifizierung der Dozentinnen und Dozenten, die das Seminarmodul nutzen möchten, angeboten wird.

Die Pilotierung des Seminarmoduls wurde erfolgreich abgeschlossen. Inzwischen befindet es sich in der Erprobungsphase. Entsprechend den Rückmeldungen der Trainerinnen und Trainer, die das Seminarmodul in ihren Veranstaltungen nutzen, werden Anpassungen vorgenommen.



# **Gestaltung von Arbeiten 4.0: Zukunft und aktuelle Aktivitäten**

---



# Arbeitswelt im Wandel – Arbeiten 4.0

## Veranstaltungsbericht zu der Veranstaltung: Die Zukunft der Arbeit Sicherheit und Gesundheit im 4.0-Zeitalter – Arbeit, Verkehr, Bildung

Thomas Fietz

Institut für Arbeit und Gesundheit der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IAG), Dresden  
 Alle Abbildungen (Graphic Recording) von Martin Cambeis

### Kurzfassung

Am 11. und 12. Oktober 2016 fand am IAG eine Veranstaltung mit dem Titel „Die Zukunft der Arbeit – Sicherheit und Gesundheit im 4.0-Zeitalter – Arbeit, Verkehr, Bildung“ statt. Das Thema der Veranstaltung war, einen Blick in die digitale Zukunft zu wagen und dabei besonders die Aspekte Arbeit, Bildung und Verkehr zu betrachten. Dieser Beitrag fasst die Ergebnisse der Veranstaltung kommentierend zusammen und zeigt, dass die Digitalisierung der Arbeitswelt einen deutlichen Einfluss auf das Thema Ergonomie hat.

### 1 Was bedeutet eigentlich 4.0-Zeitalter?

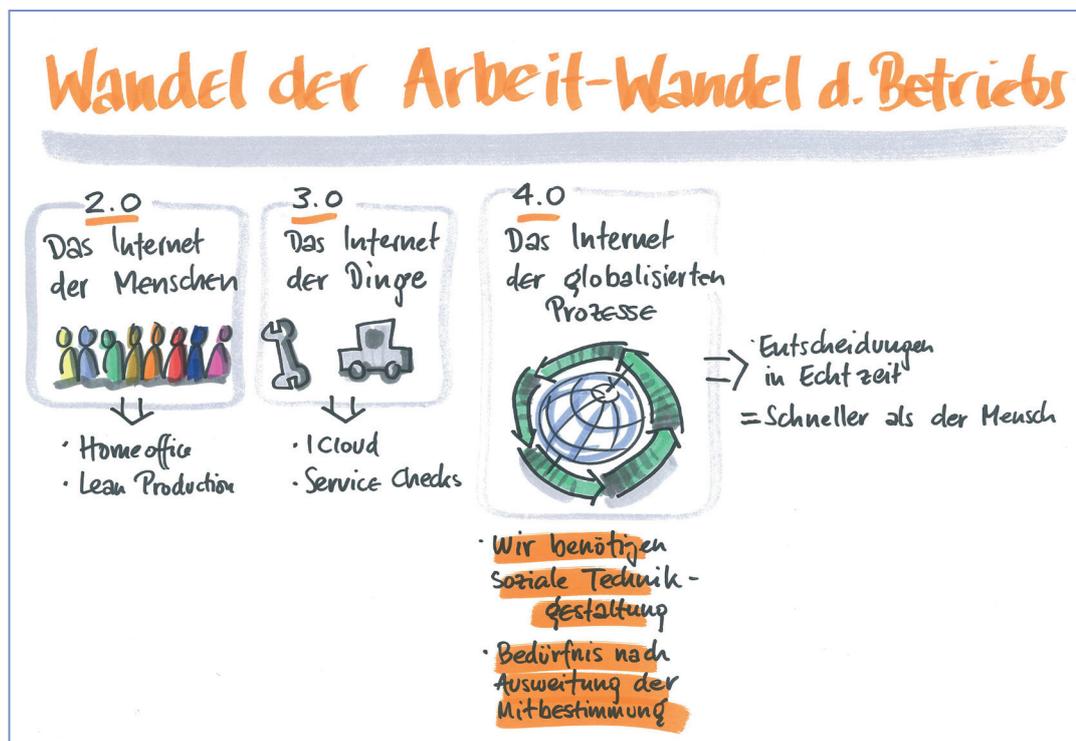
Die Begriffe orientieren sich an der technischen Entwicklung im Allgemeinen und der Entwicklung digitaler Technologie im Besonderen. Viele Menschen befinden sich noch im 1.0-Zeitalter oder möchten gerne dorthin zurück – und einige leben schon im 4.0-Zeitalter. Zwischen den einzelnen Entwicklungen verlaufen die Grenzen fließend. Da die Wenigsten wissen, was eigentlich

mit den einzelnen digitalen Entwicklungsphasen gemeint ist, werden hier Beispiele genannt (Abbildung 1):

- 1.0: Computer wird Arbeitsgerät für breite Massen der Erwerbstätigen
- 2.0: Digitaler Arbeitsplatz, alternierende Telearbeit, mobiles Arbeiten, Home-Office, Social-Web, E-Mail, E-Learning ...
- 3.0: Internet der Dinge, Cloud, Assistenz, Humanoide Robotik, Wearables, 3D, Smart Factory, Echtzeit, Social Media, Big Data, Crowd ...
- 4.0: Kollaborierende Roboter, cyberphysische Systeme (CPS), Matrix Production, Worklogging, Automatisierung des virtuellen Raumes, CPS-gesteuerte Wertschöpfungsketten ...

Nicht alle Begriffe werden gleich eingeordnet und schon gar nicht gleich verstanden. Viel entscheidender ist daher die Frage, was nun die eigentliche neue Qualität des 4.0-Zeitalters ist.

Abbildung 1:  
Digitale Entwicklung



## 2 Was ändert sich?

Die Zusammenarbeit von Mensch und echtzeitautonomen System stellt eine der Schlüsselherausforderung dar. Immer dann, wenn Arbeitsvorgänge auf sogenannte „autonome Systeme“ (z. B. CPS) übertragen werden, beginnt die 4.0-Welt. Mit dem Wandel in der technischen Entwicklung ist ein Wandel der Arbeit verbunden, der sich in den nächsten Jahren beschleunigen wird. Diesen Wandel sicher und gesund zu gestalten, ist eine gesamtgesellschaftliche Herausforderung.

## 3 Mehr selbstständige Erwerbstätige

In den Vereinigten Staaten entsteht eine wachsende „Workforce“ von aktuell 40 % sogenannter Freelancer. In Deutschland ist diese Zahl sogenannter Soloselbstständiger mit 4,5 Mio. (ca. 11 %) zwar noch wesentlich kleiner, aber die Dynamik der Veränderungen ist vergleichsweise ähnlich groß. In zehn Jahren (2002 bis 2012) stieg die Zahl um 15,5 % [1].

Ernüchternd ist dabei die Zahl derjenigen, die manuelle Arbeit verrichten (53 %). Selbst diejenigen, die Arbeit mit digitalen Medien leisten, erledigen oft sehr einfache Routinetätigkeiten. Die Chancen der flexiblen (Arbeits-)Lebensgestaltung stehen bei vielen Erwerbstätigen im Mittelpunkt. Die Möglichkeiten der Flexibilisierung sind jedoch im Rahmen der Digitalisierung der Arbeit sehr unterschiedlich. Der Rahmen, den die Arbeit aufgrund von zeitlichen Zwängen und Zeitverschiebung vorgibt, wie er z. B. durch die Globalisierung verursacht wird, wirkt oft eher einschränkend. Es entstehen weltweit vor allem viele kleine und schlecht bezahlte sogenannte Microjobs. Aufgaben wie Bewertungen oder Texte im Akkord verfassen, sind zwar mehr oder weniger frei von Zeit und Raum zu erledigen, aber nicht frei von einem enormen finanziellen Druck. Zudem ist nicht geklärt, wie an diesen Arbeitsplätzen ergonomische Mindestanforderungen umgesetzt und eingehalten werden können.

Die Folgen dieser Entwicklung für die steigende Zahl der Crowdworker sind nicht immer und sofort spürbar und erfahrbar. Die Effekte sind nicht eindeutig, sondern widersprüchlich. Dies mag eine Ursache dafür sein, dass viele Akteure kaum einen Grund sehen zu handeln. Es wird jedoch immer wichtiger, dass Erwerbstätige mehr denn je in der Lage sein sollten, Sicherheits- und Gesundheitsaspekte der Arbeit richtig einzuschätzen und im Sinne von Gesundheitskompetenz eigenverantwortlich und richtig zu handeln.

Dabei greifen bisherige Mechanismen der Regulierung nicht bruchlos und allein der Wunsch nach einer Aktualisierung bestehender Regelungen wird nicht genügen. Vor diesem Hintergrund ist eine zentrale Frage der Prävention, wie eine Gefährdungsbeurteilung in Zukunft durchgeführt werden kann. Wir werden uns in vielen Bereichen über völlig neue gesetzliche und gesellschaftliche Rahmenbedingungen Gedanken machen müssen.

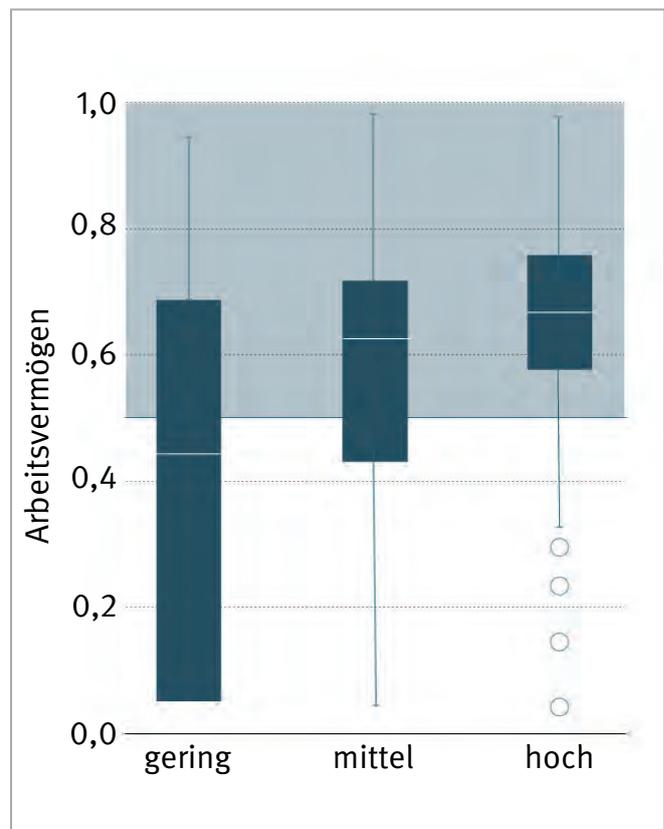
Bei der Strategie im Umgang mit dieser dynamischen Entwicklung ist es wichtig, dass die Einführung von Techniken und Gestaltung der Möglichkeiten nicht nacheinander oder gar unabhängig voneinander stattfinden sollte. Klug wäre es hingegen, wenn wir Gestaltungsprinzipien und -optionen in die Technik

einbauen und dabei Nutzungsoptionen ermöglichen. Vieles in diesem komplexen Prozess ist dabei unvorhersehbar.

## 4 Bildung und Qualifizierung

Die meisten von uns bewältigen heute schon Wandel, Komplexität und Unwägbarkeiten im täglichen Arbeitsleben. In Abbildung 2 wird gezeigt, wie der Arbeitsvermögen(AV)-Index (die dynamische Fähigkeit, Erfahrungen zu machen und jederzeit in Anschlag zu bringen, wenn komplexe Arbeitssituationen dies erfordern [2]) versucht, auf der Basis von Indikatoren der BIBB/BAuA-Erwerbstätigenbefragung von 2012 die Komplexität, Unwägbarkeiten und den subjektivierenden Umgang näherungsweise abzubilden.

Abbildung 2:  
Arbeitsvermögen von Erwerbstätigen



„Insgesamt weisen die Tätigkeiten von 71,2 % aller befragten Erwerbstätigen einen AV-Index von über 0,50 auf. Die Mehrheit der Beschäftigten in Deutschland hat demnach informelle Fähigkeiten im Umgang mit Unwägbarkeiten und Komplexität entwickelt, kann also situativ handeln, auch wenn nicht alle Informationen für dieses Handeln zur Verfügung stehen. Diese Fähigkeit finden wir also mit einem überdurchschnittlichen AV-Indexwert bei einem Großteil der Erwerbstätigen“ [3].

Die meisten Erwerbstätigen haben (mindestens) eine duale berufliche Qualifikation. Fast alle bewältigen ständigen Wandel und gehen mit Unwägbarkeiten und Komplexität um. Das ist ein großes Potenzial, um Arbeit und Gesellschaft 4.0 partizipativ zu gestalten und dabei Lösungen zu finden, die nachhaltig Wettbewerbsvorteile sichern.

Bildung ist eine zentrale Stellschraube, um den Wandel zu gestalten (Abbildung 3). Produktionsintegriertes Lernen gehört zu den wichtigen Instrumenten, um Systemkompetenz, Verständnis für Prozesse und angrenzende Fachdisziplinen sowie Entscheidungsfähigkeit auszubilden. Dazu müssen technische Geräte (z. B. Wearables), die den Lernenden an jedem Ort unter-

stützen, ergonomisch gestaltet werden. An Schulen und in der Aus- und Weiterbildung sollte angstfrei und zielorientiert mit den digitalen Möglichkeiten umgegangen werden. Das Lehrpersonal muss sich sicher in der digitalen Welt bewegen und Medienkompetenz sowie rechtssicheres Handeln vermitteln können.



Abbildung 3:  
Kompetenzmanagement 4.0

## 5 Den Wandel gestalten

Die zentrale Frage ist: Welches Potenzial haben wir heute zur Gestaltung verschiedener parallel stattfindender Entwicklungen? Wir sollten bei der Vielfalt an Megatrends, die wiederum eine Vielfalt an Chancen und Herausforderungen darstellt, die Trends trotz hoher Komplexität im Zusammenhang denken. Der digitale Wandel wird insbesondere die Aspekte Demografie und Diversity beeinflussen. Digitalisierung stellt für die meisten zwar eine Herausforderung dar, bietet aber auch Chancen und kann Barrieren beseitigen, wie z. B. den Zugang zu Informationen, Bildung und Hilfsangeboten.

Ergonomische Probleme können vielfach beseitigt werden, da viele Aufgaben, die mit hohen Belastungen verbunden sind, von Maschinen übernommen werden können. Andere Probleme können durch z. B. fehlende und einseitige Belastung entstehen.

## 6 Führung

Auch die damit verbundenen Anforderungen an Führung bieten Möglichkeiten besserer Partizipation. Dies bringt zum einen die Chancen besserer Motivation und Vernetzung, birgt aber auch die Gefahr, dass in manchen Situationen Führung und Verantwortung anonym bleiben oder ganz fehlen.

Eine einfache, aber wichtige Botschaft ist: Wir müssen lernen, mit wachsender Komplexität umzugehen. Mehr (technische) Möglichkeiten zwingen uns zu mehr Entscheidungen. Diese Freiheit ist sicher positiv, aber sie ist auch mit einer Zunahme an Verantwortung verbunden. Verantwortung wird in vielen Bereichen völlig neu definiert und verteilt werden müssen. Dazu Beispiele:

- Ein Pilot wird in Zukunft nur noch eingreifen und ein Flugzeug selbst steuern, wenn Unvorhergesehenes eintritt. Wenn aber die Technik 100-mal gut funktioniert, was passiert dann, wenn beim Piloten durch diese Routine die Aufmerksamkeit dann nachlässt, wenn er selber eingreifen muss?
- Wie können wir Beschäftigten im Homeoffice gerecht werden? Es geht dabei nicht allein darum, dass ein Arbeitsplatz ergonomisch eingerichtet ist, sondern auch unter anderem darum, in welchem sozialen und wirtschaftlichen Umfeld die Erwerbstätigen arbeiten.
- Können wir Soloselbstständige sich selbst überlassen? Wie erhalten Freelancer einen wirksamen Zugang zu Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz?

## 7 Wandel in den verschiedenen Arbeitswelten

Wir sind mitten im Wandel. Was bedeutet dies für die Praxis der Erwerbstätigen? Hier muss sicherlich unterschieden werden zwischen Produktion, Handwerk und Dienstleistungen. Wir müssen die Menschen daher dort abholen, wo sie sind. Bei Kleinen und Mittleren Unternehmen bedeutet Arbeit 4.0 etwas anderes als bei Startups. Bei Handwerkern, wie z. B. einem Malerbetrieb, kann die Digitalisierung Verwaltungsaufgaben erleichtern (Abbildung 4). Denkbar sind aber auch Automaten, die einfache Arbeiten selbst ausführen. Da jedoch die meisten Handwerksarbeiten am Bau mit hochindividualisierten Tätigkeiten und Orten verbunden sind, wird in diesen Berufsgruppen die Digitalisierung nicht so einen großen Einfluss haben wie in anderen. Durch den hohen Anteil an körperlicher Arbeit haben Ergonomiefachleute hier noch einiges zu tun.



Abbildung 4:  
Digitalisierung in einem Malerbetrieb

Bei technikorientierten Startups ist die Situation ganz anders. Digitalisierung ist hier weniger im Bereich der Werkzeuge, sondern bei den Geschäftsmodellen zu finden (Abbildung 5). Dies ist verbunden mit einer anderen Auffassung von Arbeit als wir sie bisher als gesellschaftliche Norm verstehen:

- Arbeit ist anders organisiert.
- Arbeit hat einen anderen Stellenwert.
- Bei der Arbeit ist Freiheit ist oft wichtiger als Beschäftigungssicherheit.

Auch die ergonomischen Herausforderungen sind dementsprechend anderer Natur:

- weniger physische Belastungen,
- mehr psychische Belastungen,
- weniger Gefährdung durch physische Überbelastung als durch fehlende Belastung.

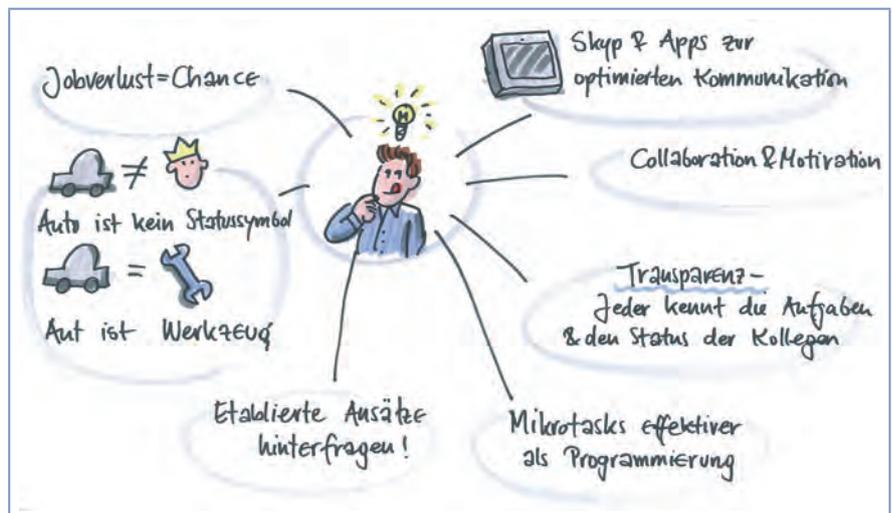


Abbildung 5:  
Digitalisierung in einem Start-Up-Unternehmen

## 8 Verkehr

Ein Sonderthema der Veranstaltung war die Digitalisierung im Verkehr. Sie beschreibt einen Weg für alle Verkehrsteilnehmer zu einem vernetzten, sicheren Miteinander. Dazu sind Assistenzsysteme notwendig, die herstellerübergreifend untereinander und mit der Verkehrsinfrastruktur kommunizieren. Nur so kann die Sicherheit für alle erhöht werden. Die Assistenzsysteme bieten die Chancen, dass für alle Verkehrsteilnehmer mehr Sicherheit entsteht und für den Kraftfahrer mehr Freiräume bzw. Bewegungsmöglichkeiten – da die Kraftfahrer durch die Assistenzsysteme nicht so starr an den Bedienelementen verharren müssen. Diese Frei- bzw. Bewegungsräume können ergonomisch sinnvoll gestaltet werden, damit die individuelle Gesundheit geschützt werden kann, aber auch die Sicherheit und Gesundheit aller anderen Verkehrsteilnehmer.

## 9 Ausblick

Was bedeutet das für die zukünftigen Aufgaben in der Prävention? Durch das Initiativpapier „Neue Formen der Arbeit – Neue Formen der Prävention“ liegt den Unfallversicherungsträgern ein guter Rahmen für eine Standortbestimmung vor. Wenn die Chancen dieser Entwicklung genutzt werden, können die Herausforderungen gemeistert werden. Wir sollten darauf hinwirken, dass Sicherheit und Gesundheit Teil des gesamtunternehmerischen Denkens werden (Abbildung 6). Ergonomie wird dann ein wichtiger Faktor dieser Entwicklung sein, da die Ergonomie das ganzheitliche Ziel verfolgt, das Wohlbefinden des Menschen und die Leistung des Gesamtsystems zu optimieren.

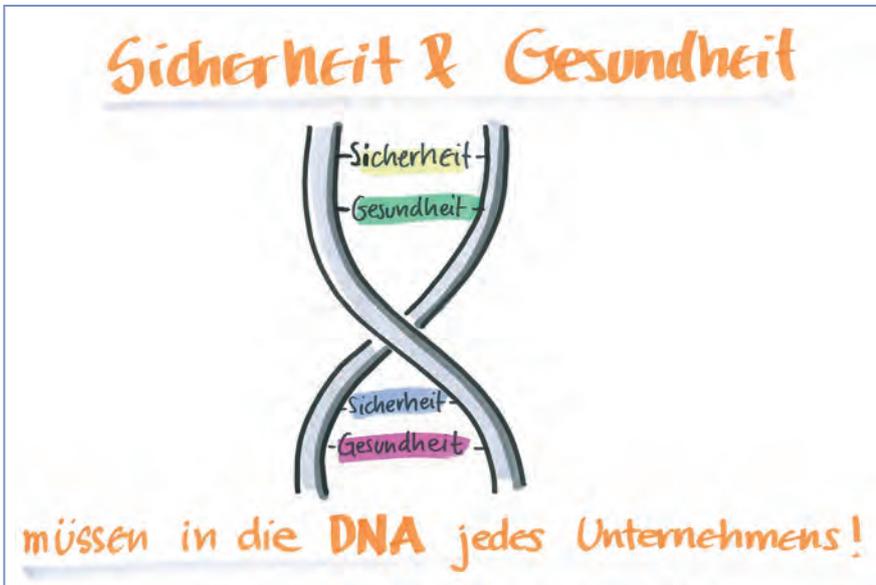


Abbildung 6: Sicherheit und Gesundheit müssen in die DNA jedes Unternehmens aufgenommen werden.

Eine wichtige anzustrebende Fähigkeit für alle Erwerbstätigen ist die Gesundheitskompetenz! Alle Erwerbstätigen sollten in der Lage sein, ihr Arbeitsumfeld hinsichtlich Sicherheit und Gesundheit, also auch hinsichtlich ergonomischer Eigenschaften, einzuschätzen und zu wissen, wie und wo man im Zweifelsfall Rat und Hilfe erhält. Wissen und Erfahrungen sollten dafür vernetzt und gebündelt werden und einfach verfügbar sein. Wir sollten uns dabei nicht auf Checklisten verlassen und nicht mit einfachen Lösungen zufriedengeben. Dies erfordert Komplexitätskompetenz:

„Das Nicht-Erwerben dieser (Schlüssel-)Kompetenz kann eine neue digitale Spaltung auslösen. Das Erlernen von Komplexitätskompetenz fördert die Qualität des Arbeitsvermögens der Beschäftigten, Selbstständigen und Erwerbssuchenden“ [4].

Mit der Vorstellung von Arbeit 4.0 verbindet sich vielfach die Angst vor dem Jobverlust und damit dem Ausschluss aus der Arbeitsgesellschaft. Andererseits gibt es auch die Hoffnung, dass Unfälle und Gesundheitsrisiken bei der Arbeit weitgehend beseitigt werden können. Maschinen nehmen uns dabei die schädigenden körperlichen Lasten ab (Abbildung 7).



Abbildung 7: Wie soll die Gesellschaft 4.0 aussehen?

Der Mensch hat mit dem technischen Fortschritt und dem Wissen um Ergonomie vieles im Arbeitsleben verbessert bzw. Gefährdungen verringert, die durch den Wandel der Arbeitssysteme entstehen. Meistens waren technische Erfindungen der Treiber dieser Entwicklung und häufig lief die Prävention und mit ihr die Ergonomie den Technikfolgen hinterher. Kultur der Prävention bedeutet, dass ergonomisches Denken prospektiv an den Anfang und nicht ans Ende von Arbeitsgestaltungspro-

zessen gehört. Dann denken wir nicht mehr retrospektiv über die Nöte und Grenzen unserer Arbeit, sondern prospektiv über die Bedürfnisse und Möglichkeiten. Wir sollten dafür noch komplexer und weitsichtiger planen und handeln.

## Literatur

- [1] *Mai, C.-M.; Marder-Puch, K.:* Selbstständigkeit in Deutschland. In: Statistisches Bundesamt (Hrsg.): Wirtschaft und Statistik, Wiesbaden 2013
  
- [2] *Pfeiffer, S.; Suphan, A.:* Der AV-Index. Lebendiges Arbeitsvermögen und Erfahrung als Ressourcen auf dem Weg zu Industrie 4.0. Working Paper 2015 #1 (draft v1.0 vom 13.04.2015), Universität Hohenheim, Fg. Soziologie.  
[www.sabine-pfeiffer.de/files/downloads/2015-Pfeiffer-Suphan-draft.pdf](http://www.sabine-pfeiffer.de/files/downloads/2015-Pfeiffer-Suphan-draft.pdf)
  
- [3] Zitat Welf Schröter aus dem Vortrag „Wandel der Arbeit-Wandel des Betriebes-Auswirkungen auf die Gesellschaft“ im Workshop

# Büroarbeit an Doppelbildschirmen – Auswirkungen auf Mensch und Leistung

Mark Brütting<sup>1</sup>, Dirk Ditschen<sup>1</sup>, Rolf Ellegast<sup>1</sup>, Peter Schäfer<sup>2</sup>, Jens Petersen<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA), Sankt Augustin

<sup>2</sup> Verwaltungs-Berufsgenossenschaft, Ludwigsburg

<sup>3</sup> Verwaltungs-Berufsgenossenschaft, Hamburg

## Kurzfassung

Der klassische 19“-Einzelbildschirm am Büroarbeitsplatz wird im Zuge allgemeiner Digitalisierung zunehmend durch mehrere und oder größere Bildschirme ersetzt. Die daraus resultierenden möglichen Auswirkungen auf die Bedienperson sind bisher aber nur wenig untersucht. Aus diesem Grund wurde in einer Laborstudie ein klassischer Einzel-Bildschirmarbeitsplatz mit zwei Varianten eines Doppel-Bildschirmarbeitsplatzes verglichen. Ziel der Untersuchungen war es, Hinweise auf mögliche Gefährdungen zu finden und daraus eventuell notwendige Erweiterungen bestehender Präventionsempfehlungen abzuleiten. In der vergleichenden Querschnittsstudie wurden Versuche mit zehn Versuchspersonen und drei standardisierten Bildschirmtätigkeiten durchgeführt. Zur Ermittlung physiologischer Parameter wurden Körperhaltung, -bewegung und -position, muskuläre Aktivität im Schulter-/Nackensbereich, Lidschlussfrequenz, Sehschärfe, Bildschirmabstand sowie das subjektive Empfinden der Versuchspersonen mithilfe verschiedener Messmethoden erfasst. Ergänzend fanden Untersuchungen zur qualitativen und quantitativen Leistung der Versuchspersonen statt. Die erzielten Leistungen und die Präferenzen der Versuchspersonen sprechen für die Verwendung einer Mehrbildschirm-Variante. Die Ergebnisse der messtechnischen Untersuchungen ergaben keine signifikanten Hinweise auf physiologisch limitierend wirkende Faktoren an den untersuchten Bildschirmarbeitsplätzen. Eine grundlegende Erweiterung der bestehenden Präventionsempfehlungen zur Bildschirmnutzung an Büroarbeitsplätzen erscheint damit nicht notwendig.

## 1 Hintergrund

Die zunehmende Digitalisierung der Arbeit hat zur Folge, dass der Anteil der Bildschirmarbeitsplätze weiterhin zunimmt. In Deutschland sind inzwischen mehr als die Hälfte aller Arbeitsplätze mit einem Bildschirm ausgestattet. Auf dem Weg zum „papierlosen Büro“ steigt zusätzlich der Bedarf an größeren nutzbaren Bildschirmoberflächen. Zur bisher verbreiteten klassischen Ausstattung eines Büroarbeitsplatzes gehörte meist ein Standard-19“-Monitor. Dieser wird immer häufiger durch mehrere gleichzeitig oder wechselnd genutzte größere Bildschirme ersetzt. Als Resultat entstehen „neue“ Bildschirmarbeitsplätze mit unterschiedlichen Bildschirmkonstellationen, deren physiologischer Einfluss auf die Beschäftigten bisher wenig untersucht wurden. Mit der Berücksichtigung der bereits bestehenden Empfehlungen zur Einrichtung und Gestaltung von Bildschirmarbeitsplätzen [1] wird die Einhaltung ergonomischer Arbeitsbedingungen zwar unterstützt, dennoch kann lange, ununterbrochene Bildschirmarbeit negative Auswirkungen auf Beschäftigte haben. Ungünstige Körperhaltungen, Bewegungsmangel, wenig

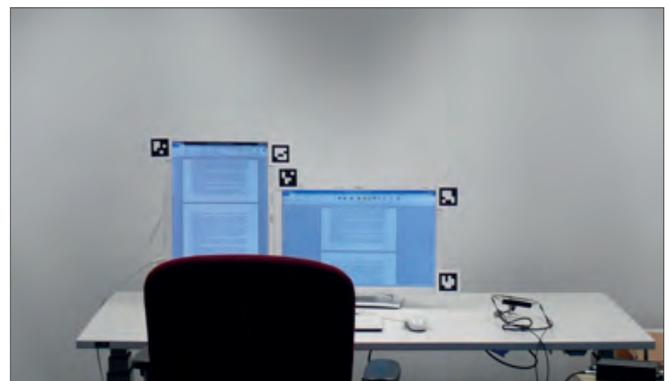
wechselnde Sehbereiche und weitere Faktoren können zu Symptomen wie Kopf- und Nackenschmerzen, verschwommener Sicht, gereizten Augen usw. führen [2 bis 4].

Auf Initiative der Verwaltungs-Berufsgenossenschaft (VBG) hat das Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA) diese Thematik in einer Laborstudie aufgegriffen. Verschiedene Bildschirmkonstellationen sollten in ihrer Wirkung auf die Bedienperson miteinander verglichen werden. Dabei wurden verschiedene Messverfahren und Methoden angewendet, die qualitative und quantitative Unterschiede der erzielten Leistungen, physiologische Unterschiede und Unterschiede der subjektiven Zufriedenheit der Versuchspersonen zeigen sollten. Ziel der Studie war es, solche Veränderungen und deren Umfang zu quantifizieren, um einen möglicherweise bestehenden Aktualisierungs- oder Modifizierungsbedarf bereits bestehender Empfehlungen zu Bildschirmarbeitsplätzen zu identifizieren.

## 2 Methodik

Die Untersuchungen fanden an einem standardisierten Büroarbeitsplatz [5; 6] mit drei verschiedenen Bildschirmkonstellationen statt: waagerechter 22“-Einzelbildschirm (W), zwei 22“-Bildschirme, jeweils in waagerechter Aufstellung (WW), zwei 22“-Bildschirme, einer in waagerechter und einer in senkrechter Aufstellung (WS), siehe Abbildung 1.

Abbildung 1:  
Büroarbeitsplatz im Labor mit Bildschirmkonstellation WS (waagrecht und senkrecht)



Als typische Tätigkeiten für die Arbeit an Bildschirmarbeitsplätzen wurden drei standardisierte Aufgaben festgelegt. Sie waren angelehnt an bereits früher im IFA durchgeführte Büroergonomie-Studien [7] und bestanden aus einer Lesetätigkeit (Vergleichen zweier Texte und Markieren gefundener Unterschiede), einer Schreibtätigkeit (Abschreiben eines Textes)

und einer Tabellen-/Datensortieraufgabe. Die Bearbeitungszeit war auf 45 Minuten je Aufgabe begrenzt. Jede Versuchsperson hat mit jeder Bildschirmkonstellation alle drei Aufgabentypen bearbeitet. Ein bestimmtes Arbeitspensum wurde dabei nicht vorgegeben, der Aufgabenumfang war aber so gewählt, dass eine vollständige Bearbeitung in der vorgegebenen Zeit nicht möglich war.

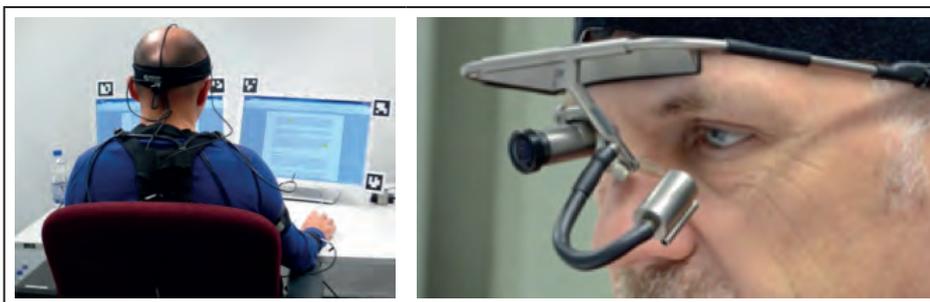
Die als relevant definierten physiologischen Parameter und die dazugehörigen Messsysteme sind in Tabelle 1 zusammenfassend dargestellt. Die Körperhaltung und Gelenkwinkel, insbe-

sondere Haltungen und Bewegungen des Kopfes, des Nackens und des Oberkörpers, wurden mit dem CUELA-Messsystem [8] (Abbildung 2, links) erfasst (CUELA: Computerunterstützte Erfassung und Langzeit-Analyse von Belastungen des Muskel-Skelett-Systems). Ein separater Bewegungssensor zeichnete die Bewegungen des Bürostuhls auf. Zur Kontrolle der Messdaten wurden die Versuchspersonen mit Videokameras aus verschiedenen Blickwinkeln gefilmt. Unterschiedliche Belastungen der Nackenmuskulatur wurden durch die Messung der elektrischen Aktivität der Trapezius-Muskeln (Oberflächen-Elektromyografie, EMG) dargestellt.

Tabelle 1:  
Erfasste Parameter und verwendete Messtechnik

Parameter	Messtechnik
Halstorsion/Kopffotation, Halskrümmung/Kopfneigung, Neigung der Brustwirbelsäule, Bürostuhl-Rotation	CUELA
Aktivität der Trapezius-Muskeln	Oberflächen-Elektromyografie (EMG)
Lidschlussfrequenz	Eye-Tracking
Sehschärfe (Visus)	Sehtest
Subjektive Bewertung der Arbeitsbelastung	Fragebogen (NASA-TLX)
Arbeitsleistung	Auswertung der Aufgabenbearbeitung

Abbildung 2:  
Proband mit Messsystem an Bildschirmkonstellation WW (links) und Eye-Tracking-System (rechts)



Die Frequenz der Lidschlüsse (Blinzler) kann Hinweise darauf geben, ob eine Person z. B. psychisch stark beansprucht ist oder etwas hoch konzentriert beobachtet. Je nach Aufgabe und aktuellem Befinden kann die Lidschlussfrequenz variieren und Hinweise auf die Belastung/Beanspruchung und den Grad der (physiologisch erforderlichen) Benetztheit der Augenoberfläche mit Tränenflüssigkeit liefern [9]. Mit einem Eye-Tracking-System (Abbildung 2, rechts) wurde daher die Lidschlussfrequenz aufgezeichnet. Eine weitere Möglichkeit, eventuelle Beeinträchtigungen des Sehvermögens durch die Nutzung mehrerer Bildschirme zu erkennen, stellt die Überprüfung der Sehschärfe (Visus) dar. Diese wurde standardisiert mithilfe des Landolt-Sehtests [10] vor und nach den Versuchen gemessen. Bei Fachärzten wird der Landolt-Sehtest üblicherweise mit Sehtestgeräten durchgeführt, er kann aber auch mit einem herkömmlichen Smartphone und einer hierfür entwickelten Software erfolgen [11]. Die subjektive Bewertung der Arbeitsbelastung wurde mit einem mehrdimensionalen NASA-TLX-Erhebungsbogen (Task Load Index) [12] abgefragt. Der NASA TLX ist ein Bewertungsverfahren, das auf den sechs Subskalen „geistige Anforderung“, „körperliche Anforderung“, „zeitliche Anforderung“, „Leistung“,

„Anstrengung“ und „Frustration“ basiert. Zusätzlich wurden die Versuchspersonen befragt, welche der vorgegebenen Bildschirmkonstellation als am geeignetsten bzw. angenehmsten für die Aufgabenbearbeitung erschien und für welche sie sich bei freier Auswahl entscheiden würden. Das Versuchspersonenkollektiv bestand aus zehn freiwilligen Personen (jeweils fünf Frauen und Männer im Alter von 23 bis 62 Jahren, Durchschnittsalter: 36,1 Jahre), die sich für die Teilnahme an der Versuchsreihe gemeldet hatten. Alle waren Rechtshänder mit mindestens 100 % Sehschärfe (teilweise durch Sehhilfe korrigiert).

### 3 Ergebnisse

Die Ergebnisse für Körperhaltungs- und Bewegungsdaten zeigten erwartungsgemäß ein zunehmendes Ausmaß der Kopffotationen mit zunehmender Bildschirmbreite, wobei der Bewegungsumfang mit Mittelwerten von 8 bis 20° relativ klein war. Er betrug in beide Richtungen deutlich unter 45° und kann somit aus physiologischer Sicht als unbedenklich eingestuft werden [13]. Die Unterschiede zwischen der Verwendung eines Einzelbildschirms und den beiden Doppelbildschirm-Varianten waren

für alle Aufgaben signifikant. Unterschiede hinsichtlich der Aufgabe waren nur bei der Verwendung von zwei Bildschirmen nachzuweisen. Bei dem Einzelbildschirm hatten die zu bearbeitenden Arbeitsaufgaben keine signifikanten Auswirkungen auf die ohnehin gering ausgeprägte Kopffrotation.

Die Kopffneigung lag bei allen Bildschirmkombinationen im leicht vorgeneigten Bereich, nur beim Textvergleich war unabhängig von der Bildschirmvariante im Mittel eine leichte Rückneigung zu verzeichnen. Textvergleich und Textabschreiben unterschieden sich hinsichtlich der Kopffneigung innerhalb einer Bildschirmkonstellation fast immer signifikant voneinander, während der Vergleich der verschiedenen Bildschirmkonstellationen in den meisten Fällen keine signifikanten Änderungen für diesen Faktor zeigte. Die Arbeitsaufgabe erscheint hier also ausschlaggebender als die Bildschirmvariante. Diese besondere Bedeutung der Arbeitsaufgabe auf die Körperwinkel wird auch durch Ergebnisse früherer Büroergonomie-Studien bestätigt [5; 6]. Die Rotationsbewegungen des Bürostuhls zeigten im Mittel nur sehr geringe Ausprägungen von meist deutlich weniger als 10°. Verglichen mit der Kopffrotation sind die Rotationen mit dem Bürostuhl nur etwa ein Drittel so groß, auch der Bewegungsumfang war entsprechend kleiner. Die gemessenen Bürostuhlrotationen unterschieden sich weder hinsichtlich der Aufgabe noch der verwendeten Bildschirmkonstellation signifikant voneinander.

Die Aktivität der Trapezius-Muskeln war deutlich ausgeprägt mit einem rechtsseitig höheren Aktivitätsniveau, erklärbar durch die Rechtshändigkeit der Versuchspersonen. Die bei der Aufgabebearbeitung erforderlichen Mausbewegungen und die Nutzung der Tastatur war bei den Aufgaben „Daten sortieren“ und „Text abschreiben“ durch höhere Werte als bei der Aufgabe „Text vergleichen“ charakterisiert. Die Bildschirmkonstellation dagegen scheint sich auf die Aktivität der Trapezius-Muskeln nicht oder nur kaum auszuwirken.

Für die Lidschlussfrequenz wurden Werte je nach Aufgabe und Bildschirmkonfiguration zwischen 0,5/min und 15,6/min aufgezeichnet. Diese liegen damit in einem Bereich, der für konzentriertes Arbeiten und Lesen als „normal“ angesehen werden kann [9; 14; 15]. Eine geringe Abnahme der Lidschlussrate bei der Bearbeitung der Aufgaben in der Reihenfolge vom „Text abschreiben“ über „Text sortieren“ bis zum „Text vergleichen“ ist

zwar zu verzeichnen, signifikant auf dem 5%-Niveau unterscheidet sich jedoch nur der Textvergleich von den anderen beiden Aufgaben. Hinsichtlich der verschiedenen Bildschirmkonstellationen waren keine signifikanten Unterschiede für die Lidschlussfrequenz feststellbar. Die Überprüfung der Sehschärfe vor und nach den Versuchsteilnahmen ergab mit der verwendeten Methode ebenfalls keine Indizien für einen Einfluss der jeweils verwendeten Bildschirmkonstellation. Auch unabhängig von der Bildschirmkonstellation wurden im Vorher-Nachher-Vergleich keine Unterschiede gefunden.

In der Belastungs- und Beanspruchungs-Befragung sind die Ergebnisse für alle Bildschirmvarianten überwiegend ähnlich. Auf einer Skala von 0 bis 100 erhielt die Gesamtbelastung jeweils Werte zwischen 44 (waagerechter und senkrechter Bildschirm) und 53 (Einzelbildschirm), diese Werte unterschieden sich nicht signifikant voneinander. Unter den Einzelparametern ist das Ergebnis für die „zeitliche Anforderung“ bei der Nutzung des Einzelbildschirms auffällig. Der empfundene Zeitdruck bzw. die Unzufriedenheit mit dem Verhältnis von Leistung zu Zeit bei der Aufgabebearbeitung schien bei dem Einzelbildschirm (46 Punktwerte) deutlich höher zu sein als bei den Doppelbildschirmen (33 bzw. 32 Punktwerte). Die eigene Einschätzung der erzielten Leistung war ebenfalls beim Einzelbildschirm am niedrigsten und bei den Doppelbildschirmen etwas höher. Auch die empfundene Frustration war bei der Nutzung des Einzelbildschirms etwas größer als bei den Doppelbildschirmen. Die Zufriedenheit mit der eigenen erbrachten Leistung stimmte aber größtenteils mit der bei der Aufgabebearbeitung tatsächlich erzielten Leistung überein. Dabei wurden mit dem Einzelbildschirm bei den Aufgaben „Text abschreiben“ und „Daten sortieren“ etwas geringere Leistungen als mit den beiden Varianten des Doppelbildschirms erzielt. Nur bei der Aufgabe „Text vergleichen“ zeigte die Nutzung des Einzelbildschirms leichte Vorteile im Arbeitspensum. Dieser quantitative Vorteil ging allerdings zulasten der Qualität, da bei der Verwendung des Einzelbildschirms prozentual mehr Fehler gemacht oder Unterschiede nicht erkannt wurden (Tabelle 2).

Bereits vor der Versuchsteilnahme nutzten 50 % der Versuchspersonen zwei Bildschirme an ihrem Arbeitsplatz. Im Anschluss an die Studienteilnahme gaben 80 % an, sich bei freier Wahl für die Variante mit zwei waagerechten Bildschirmen zu entscheiden.

Tabelle 2:

Leistungen bei der Aufgabebearbeitung: Mittelwerte und Standardabweichungen (in Klammern) an den unterschiedlichen Bildschirmvarianten (W = Einzelbildschirm, WW = zwei waagerechte Bildschirme, WS = waagerechter und senkrechter Bildschirm)

Aufgabe	Bildschirmvariante		
	W	WW	WS
Text abschreiben, Anzahl Worte	907 (229)	1 095 (328)	1 055 (297)
Text vergleichen, Anzahl Worte	3 255 (873)	2 879 (619)	2 995 (563)
Text vergleichen, erkannte Unterschiede in %	51 (17)	60 (23)	54 (15)
Daten sortieren, Anzahl Datensätze	171 (48)	199 (45)	209 (64)

## 4 Fazit

Zusammenfassend kann konstatiert werden, dass in Bezug auf Qualität und Quantität der erzielten Leistungen teilweise signifikante Unterschiede zugunsten der Doppelbildschirm-Varianten gefunden wurden. Auch die angegebenen Präferenzen der Versuchspersonen sprechen beim vorliegenden Versuchsdesign für die Verwendung von zwei Bildschirmen. Gemeinsam mit den Ergebnissen der physiologischen Untersuchungsparameter ergibt sich ein Bild (Tabelle 3), das nicht gegen die Verwendung von zwei nebeneinander aufgestellten Bildschirmen spricht.

Tabelle 3:

Vor- und Nachteile der untersuchten Bildschirm-Varianten;  
BWS = Brustwirbelsäule, 0 = kein eindeutiges Ergebnis/kein Unterschied/nicht bewertbarer Unterschied, + = möglicherweise vorteilhaft (nicht oder nur teilweise signifikant), ++ = deutlich vorteilhaft (signifikant)

Messparameter	W	WW	WS
Halstorsion/Kopffrotation	0	0	0
Halskrümmung/Kopfneigung	0	0	0
BWS-Neigung	0	0	0
Bürostuhl-Rotation	0	0	0
Aktivität der Trapezius-Muskeln	0	0	0
Lidschlussfrequenz	0	+	+
Sehschärfe (Visus)	0	0	0
Individuelle Präferenzen	0	++	+
Beanspruchung (NASA TLX)	0	+	+
Arbeitsleistung	0	+	+

Unter den in der Studie angewandten Versuchsbedingungen zeigte sich, dass die Verwendung einer bestimmten Bildschirmlösung nur geringe, meist nicht signifikante Auswirkungen auf die untersuchten physiologischen Parameter hat. Somit geben die nun vorliegenden Ergebnisse zunächst keinen Anlass, die bestehenden Empfehlungen zur Arbeit an Bildschirmarbeitsplätzen hinsichtlich der Verwendung von Doppelbildschirmen zu modifizieren.

Detailliertere Informationen zur Studie sind im IFA Report 5/2016 [16] verfügbar.

## Literatur

- [1] DGUV Information: Bildschirm- und Büroarbeitsplätze – Leitfaden für die Gestaltung (215-410, bisher BGI 650). Hrsg.: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Berlin 2015
- [2] *Blehm, C.; Vishnu, S.; Khattak, A.; Mitra, S.; Yee, R. W.*: Computer vision syndrome: A review. *Surv. Ophthalmol.* 50 (2005) Nr. 3, S. 253-262
- [3] *Beck, M.*: Becoming a Squinter Nation. *The Wall Street Journal*, August 17, 2010. [www.wsj.com/articles/SB10001424052748704868604575433361436276340](http://www.wsj.com/articles/SB10001424052748704868604575433361436276340) (Zugriff 11/2014)
- [4] *Chandrasekhara, R. S.; Low, C. K.; Lim, Y. P.; Low, L. L.; Mardina, F.; Nursaleha, M. P.*: Computer vision syndrome: a study of knowledge and practices in university students. *Nepal J. Ophthalmol.* 5 (2013) Nr. 10, S. 161-168
- [5] *Ellegast, R. P.; Keller, K.; Hamburger, R.; Berger, H.; Krause, F.; Groenesteijn, L.; Blok, M.; Vink, P.*: Ergonomische Untersuchung besonderer Büroarbeitsstühle. BGIA-Report 5/2008. Hrsg.: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV). BGIA – Institut für Arbeitsschutz, Sankt Augustin 2008. [www.dguv.de/ifa](http://www.dguv.de/ifa), Webcode: d18885
- [6] *Ellegast, R. P.; Kraft, K.; Groenesteijn, L.; Krause, F.; Berger, H.; Vink, P.*: Comparison of four specific dynamic office chairs with a conventional office chair: Impact upon muscle activation, physical activity and posture. *Appl. Ergon.* 43 (2012) Nr. 2, S. 296-307
- [7] *Botter, J.; Burford, E. M.; Commissaris, D.; Könemann, R.; Hiemstra-van Mastrigt, S.; Douwes, M.; Weber, B.; Ellegast, R. P.*: Untersuchung von dynamischen Büroarbeitsplätzen. IFA Report 4/2014. Hrsg.: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Berlin 2014. [www.dguv.de/ifa](http://www.dguv.de/ifa), Webcode: d972999
- [8] *Ellegast, R.; Hermanns, I.; Schiefer, C.*: Feldmesssystem CUELA zur Langzeiterfassung und -analyse von Bewegungen an Arbeitsplätzen. *Z. Arb. Wiss.* 2 (2010), S. 101-110
- [9] *Ziemssen, F.; Freudenthaler, N.; Regnery, K.; Schlote, T.*: Lidschlagaktivität während der Bildschirmarbeit, Teil 2: Reduzierter Lidschlag und therapeutische Ansätze. *Der Ophthalmologe* 102 (2005) Nr. 9, S. 895-901
- [10] DIN EN ISO 8596: Augenoptik – Sehschärfeprüfung – Das Normsehzeichen und seine Darbietung (10/2009). Beuth, Berlin 2009
- [11] *Conradi, J.; Alexander, T.*: Analysis of visual performance during the use of mobile devices while walking. In: *Engineering Psychology and Cognitive Ergonomics, 11th International Conference, EPCE 2014, HCI International 2014, Heraklion, Crete, Greece, June 22-27, 2014. Proceedings*, S. 133-142
- [12] *Hart, S. G.; Staveland, L. E.*: Development of NASA-TLX (Task Load Index): Results of empirical and theoretical research. In: *Hancock, P. A.; Meshkati, N.* (Hrsg.): *Human Mental Workload*. North Holland Press, Amsterdam, Niederlande 1988
- [13] ISO 11226: Ergonomics – Evaluation of static working postures (Ergonomie – Evaluierung von Körperhaltungen bei der Arbeit) (12.00). Beuth, Berlin 2000
- [14] *Bentivoglio, A. R.; Bressman, S. B.; Cassetta, E.; Carretta, D.; Tonali, P.; Albanese, A.*: Analysis of blink rate patterns in normal subjects. *Mov. Disord.* 12 (1997) Nr. 6, S. 1028-1034

- [15] *Doughty, M. J.*: Consideration of three types of spontaneous eyeblink activity in normal humans: During reading and video display terminal use, in primary gaze, and while in conversation. *Optom. Vis. Sci.* 78 (2001) Nr. 10, S. 712-725
- [16] *Brütting, M.; Ditchen, D.; Ellegast, R.; Petersen, J.; Schäfer, P.*: Nutzung von einem oder zwei Bildschirmen an Büroarbeitsplätzen – Auswirkungen auf physiologische Parameter und Leistung. IFA Report 5/2016. Hrsg.: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Berlin 2016. [www.dguv.de/ifa](http://www.dguv.de/ifa), Webcode: d1019115



# Nutzung dynamischer Arbeitsstationen in der betrieblichen Büropraxis – Vorstellung der „Active Workplace“-Studie

Vera Schellewald<sup>1</sup>, Britta Weber<sup>1</sup>, Rolf Ellegast<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA), Sankt Augustin

<sup>2</sup> RheinAhrCampus der Hochschule Koblenz (RAC), Remagen

## Kurzfassung

Das neuartige Konzept der dynamischen Arbeitsstationen bietet einen interessanten Ansatz zur Prävention möglicher negativer Gesundheitsfolgen durch langandauernde, sitzende Körperhaltungen während der Arbeit am Schreibtisch. Um die Eignung dieses Konzeptes als eine Alternative zum herkömmlichen Arbeitsplatz zu evaluieren, wurden physiologische und psychologische Kurzzeiteffekte der Nutzung zweier aktueller Modelle unter realen Umgebungsbedingungen untersucht. In Kooperation mit der Deutschen Sporthochschule Köln wurden Parameter wie die Herzfrequenz und der Energieumsatz bei Nutzung der Geräte sowie die Befindlichkeit und das subjektive Anstrengungsempfinden erfasst. Die Ergebnisse dieser Feldstudie „Active Workplace“ werden im Folgenden dargestellt und diskutiert.

## 1 Einleitung

Bewegungsarmes Verhalten am Arbeitsplatz – insbesondere langandauerndes Sitzen – wird zunehmend als eigenständiger gesundheitlicher Risikofaktor diskutiert. Es soll die Entstehung von Muskel-Skelett-Erkrankungen begünstigen [1] und zur Reduktion der muskulären Kraft- und Ausdauerfähigkeit [2] sowie der kardiovaskulären Fitness [3; 4] beitragen. Ebenso kann es zur Entwicklung des metabolischen Syndroms beitragen [5] und das Risiko der Entwicklung chronischer Krankheiten [6] erhöhen. Momentan betreffen diese möglichen Konsequenzen einer überwiegend sitzenden Tätigkeit 18 Millionen Menschen an Büroarbeitsplätzen in Deutschland. Da moderate bis intensive körperliche Aktivität nach der Arbeit nicht ausreichend erscheint, um die negativen Konsequenzen des Bewegungsmangels auszugleichen [7], stellt sich die Frage nach effektiven Maßnahmen zur Bewegungsförderung am Arbeitsplatz im Rahmen des betrieblichen Gesundheitsmanagements. Die Entwicklung solcher Maßnahmen geht in den letzten Jahren schnell voran; die Vielzahl von ihnen konzentriert sich jedoch auf die Veränderung des Verhaltens der Beschäftigten und eher selten findet sich ein Ansatz zur Veränderung der Arbeitsverhältnisse. Ein mögliches Problem der verhaltenspräventiven Ansätze liegt darin begründet, dass die Beschäftigten zur Ausführung der Bewegung ihren Arbeitsplatz verlassen und so ihre Arbeit unterbrechen müssen [8]. Durch den möglichen Verlust von Arbeitszeit könnte dieser Umstand einen höheren Druck auf die Beschäftigten und ihre Arbeitsweise ausüben, anstatt sie zu entlasten [9]. Demnach bildet die Integration bewegungsförderlicher Ansätze in die Arbeit am Schreibtisch eine interessante Möglichkeit, die auch Gegenstand wissenschaftlicher Forschung sein sollte.

Daher führte das Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA) in Kooperation mit der

Netherlands Organisation for Applied Scientific Research (TNO) im Jahre 2014 eine Laboruntersuchung zur Evaluation zweier Arten dynamischer Arbeitsstationen durch. Dieses neuartige Konzept verbindet die Schreibtischarbeit mit einer leichten physischen Aktivierung durch die Kombination von Schreibtischen und Geräten wie Laufbändern oder Pedalmaschinen, die eine elliptische Bewegung der Beine erfordern. Im Rahmen der Studie wurde der Treadmill Desk (Fa. LifeSpan) und die LifeBalance Station (Fa. RightAngle) hinsichtlich möglicher Effekte auf die Körperhaltungen und muskuläre Aktivität sowie den Einfluss auf die Arbeitsleistung bei der Ausführung verschiedener typischer Büro- und Bildschirmtätigkeiten untersucht. Außerdem wurde die subjektive Bewertung der Stationen auf ihre Praktikabilität und Ergonomie erfasst. Die Auswertungen ergaben, dass die Nutzung der dynamischen Stationen im Vergleich zum konventionellen Sitzen zu einer Erhöhung der körperlichen Aktivität beitragen kann. Das ergonomische Design und die Akzeptanz als alternativer Arbeitsplatz fielen jedoch eher negativ aus [10].

Neueste Entwicklungen auf dem Gebiet der dynamischen Arbeitsstationen sind handliche Geräte, die unter den Schreibtisch geschoben werden können. Aufgrund ihrer Neuartigkeit existieren nur wenig wissenschaftliche Arbeiten, die sich mit den physiologischen Effekten dieser Geräte befassen. Zudem gibt es keine Studien, die den Einsatz der Geräte in realen Büroumgebungen untersuchen. Daher wurde in Zusammenarbeit mit der Deutschen Sporthochschule Köln eine Feldstudie durchgeführt, in der drei neuartige Geräte evaluiert wurden.

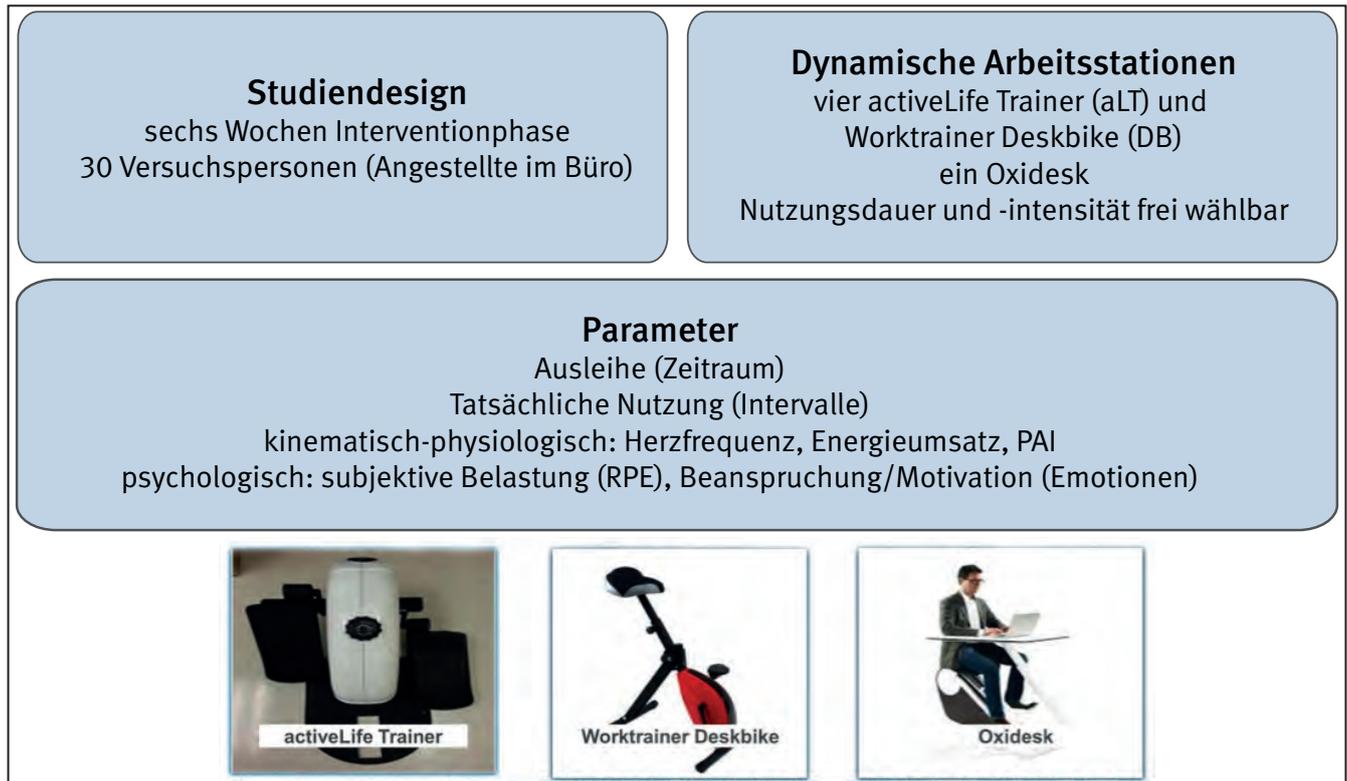
## 2 Die Feldstudie „Active Workplace“

Das Ziel dieser Studie war die Untersuchung drei verschiedener Typen von Stationen hinsichtlich ihrer Ausleihe und tatsächlichen Nutzung sowie möglicher kinematisch-physiologischer und psychologischer Kurzzeiteffekte beim Einsatz in einer realen Büroumgebung. Abbildung 1 zeigt die Komponenten des Untersuchungsdesigns im Detail. Es wurde untersucht, welche Art von physiologischer Aktivierung bei der Nutzung der Geräte auftritt, gemessen anhand der Herzfrequenz und des Energieumsatzes.

Zusätzlich wurde der Physical Activity Index (PAI) für ein kleines Subkollektiv ermittelt und als Indikator der physischen Aktivität ausgewertet. Der PAI berechnet sich aus der hochpass-gelassenen, gemittelten Vektorlänge eines 3D-Beschleunigungssignales und wird in Prozent der Erdbeschleunigungskonstante  $g$  angegeben [11]. Weiterhin wurde geprüft, ob es bei der Benutzung der verschiedenen dynamischen Arbeitsstationen Unterschiede gibt hinsichtlich dieser Werte sowie hinsichtlich psychologischer Parameter, wie dem subjektiven Belastungsempfinden und dem emotionalen Erleben.

Abbildung 1:

Untersuchungsdesign der Feldstudie „Active Workplace“, RPE: received perception of exertion



## 2.1 Versuchspersonen

Die Studie wurde in einer großen Telekommunikationsfirma in Deutschland durchgeführt. Eine Abteilung, bestehend aus 38 Personen, wurde zur Teilnahme eingeladen. Davon nahmen 30 freiwillig an der Untersuchung teil, 17 davon männlich und 13 weiblich. Das durchschnittliche Alter der Männer betrug 42,38 ( $\pm 11,1$ ) Jahre, die Frauen waren im Durchschnitt 43,83 ( $\pm 11,48$ ) Jahre alt. Der Body Mass Index (BMI) der männlichen Teilnehmer lag durchschnittlich bei 26,33 ( $\pm 4,89$ ), die weiblichen Teilnehmerinnen hatten einen durchschnittlichen BMI von 23,92 ( $\pm 4,9$ ).

## 2.2 Eingesetzte Messinstrumente

Insgesamt standen den Teilnehmenden der Studie vier Deskbikes der Fa. Worktrainer und vier activeLife Trainer der Fa. CC Lab sowie ein Oxidesk der Fa. Markant zur freien Verfügung. Die Deskbikes und activeLife Trainer konnten als mobile Unterstischgeräte für den eigenen Schreibtisch ausgeliehen werden. Der nicht mobile Oxidesk stand fest in einem separaten, verglasten Raum. Um die Ausleihe der einzelnen Geräte zu dokumentieren, wurde in Zusammenarbeit mit der dem RheinAhrCampus der Hochschule Koblenz ein spezielles System entwickelt. Jedes Gerät wurde nummeriert und einer Box zugewiesen, die einen Kartenleser sowie einen Mini-Computer zur Speicherung der Daten enthielt. Den Teilnehmenden wurde eine RFID-Chipkarte (RFID: radio-frequency identification) zugeteilt, die bei der Ausleihe eines Gerätes auf die dazugehörige Box gelegt werden musste. Bei Kontakt der Karte mit der Box wurde jede Minute ein Zeitstempel abgespeichert, bis die Karte bei Rückgabe des Gerätes wieder entfernt wurde. Die tatsächliche Nutzung der Geräte wurde anhand der Bewegung der Pedale gekennzeichnet

net und mithilfe von Fahrradsensoren der Fa. ROX erfasst. Die Box für den Oxidesk war auf dem integrierten Schreibtisch des Geräts befestigt.

Die physiologischen Kennwerte wurden individuell mithilfe des Activity Tracker „Fitbit Charge HR“ (Fitbit) erfasst. Das Fitnessarmband misst die Herzfrequenz pro Minute und errechnet den Umsatz an Kilokalorien pro Minute anhand der anthropometrischen Daten (wie Alter, Körpergröße, -gewicht) sowie der aktuellen Herzfrequenz. Zusätzlich erfasst es die Anzahl der Schritte pro Minute und zeigt diese Werte auf einem digitalen Display an. Um eine externe Motivation durch die Sichtbarkeit dieser Daten zu vermeiden, wurden die Displays der Armbänder abgeklebt. Die Berechnung des PAI beruhte auf den Beschleunigungsdaten der Accelerometer der Fa. Axivity, die bei den Versuchspersonen des Subkollektivs mithilfe von medizinischen Klettbindern am Oberschenkel fixiert wurden. Die kinematisch-physiologischen Daten wurden über den gesamten Studienzeitraum von sechs Wochen hinweg erfasst, die Accelerometer wurden insgesamt zwei Wochen getragen.

Zur Evaluation der psychologischen Kurzeffekte wurde eine Skala zur Erfassung der negativen und positiven Aktivierung (arousal) sowie der Valenz eingesetzt, bestehend aus Abbildungen (Emoticons) verschiedener Gesichtsausdrücke [12]. Zudem wurde die subjektive Anstrengung der Nutzung mithilfe der RPE (Rated Perceived Exertion)-Skala nach *Borg* erfasst [13]. Diese Messinstrumente wurden auf Tablets installiert und randomisiert ausgewählten Nutzern eine Woche lang zur Verfügung gestellt. Alle eingesetzten Messinstrumente sind zusammengefasst in Abbildung 2 dargestellt.

Abbildung 2:  
Eingesetzte Messinstrumente der Feldstudie „Active Workplace“

	<b>Ausleihe der dynamischen Arbeitsstation:</b> RFID-Karten		<b>Nutzungsdauern/ Laufzeiterfassung:</b> Sigma-ROX-Sensoren
	<b>Kinematisch-physiologische Daten:</b> FitBit Charge HR Axivity AX3 Accelerometer		
 <b>Psychologische Daten:</b> BORG-Skala/RPE (Rated Perceived Exertion) arousal/valence (aktuelle Stimmung/Befinden)			

### 3 Ergebnisse

Die physiologischen Parameter Herzfrequenz und Energieumsatz wurden über den Gesamtinterventionszeitraum von sechs Wochen erhoben. Da zum Zeitpunkt des Fachgesprächs Ergonomie die Auswertung dieser Parameter noch andauerte, wurden zur Abbildung erster Erkenntnisse Referenzwerte aus Laborstudien herangezogen. Auch die detaillierten Ergebnisse der psychologischen Parameter werden aufgrund laufender Auswertungen in dieser Arbeit nicht dargestellt. Zur Veranschaulichung der Berechnungen der PAI-Werte wird exemplarisch ein Tagesverlauf eines Probanden durch die Abbildung der Messwerte als Kurve dargestellt.

#### 3.1 Ausleihe und Nutzung der dynamischen Arbeitsstationen

Die Anzahl an Ausleihen nach Gerätetyp wird in Tabelle 1 dargestellt. Alle 30 Teilnehmenden liehen sich mindestens einmal über die Dauer von sechs Wochen eines der Geräte aus.

Tabelle 1:  
Anzahl an Ausleihen und Anzahl an Teilnehmenden über sechs Wochen nach Gerätetyp

Arbeitsstation	Ausleihen Gesamt	Teilnehmende gesamt pro Gerätetyp
Worktrainer Deskbike (DB)	233	28
activeLife Trainer (aLT)	107	25
Oxidesk	10	3
aLT + Deskbike	= 340	23
aLT + Deskbike + Oxidesk	= 450	3

Die vier Deskbikes liehen insgesamt 28 Teilnehmende für einen Zeitraum von 396,65 h aus, die vier activeLife Trainer 25 Personen für 201,12 h. Der Oxidesk wurde von drei Teilnehmenden für insgesamt 8,37 h ausgeliehen. Die tatsächliche Nutzung der Deskbikes betrug insgesamt 195 h, die activeLife Trainer wurden insgesamt 64,75 h genutzt. Der Oxidesk wurde insgesamt 6,5 h genutzt. Die Unterschiede zwischen der Ausleihe und der tatsächlichen Nutzung sind in Abbildung 3 dargestellt.

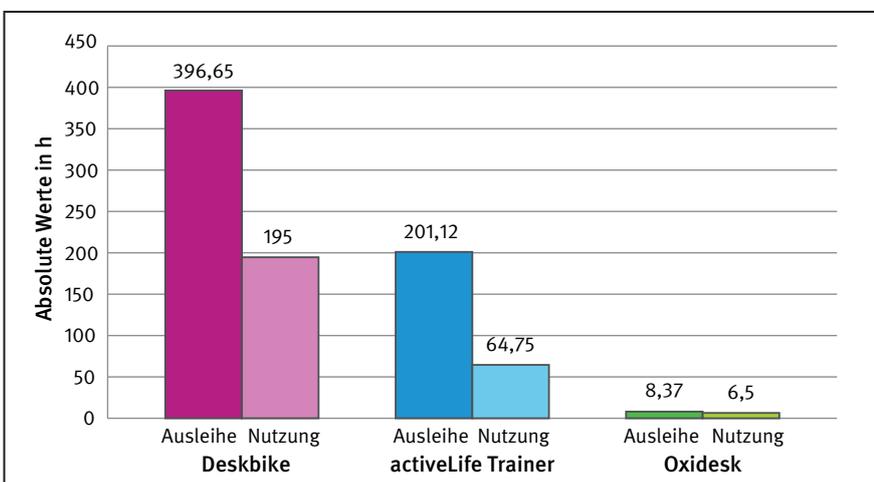


Abbildung 3:  
Absolute Ausleih- und Nutzungsdauern (in h) nach Gerätetyp für insgesamt sechs Wochen

### 3.1.1 Einteilung der Teilnehmenden in Subgruppen

Die Teilnehmenden der Studie können in die Sub-Gruppen „Wenig-Nutzer“ und „Viel-Nutzer“ aufgeteilt werden. Die „Wenig-Nutzer“ (n = 14) liehen das Deskbike an ca. jedem neunten Tag aus und nutzten (n = 13) es dann für durchschnittlich 34,37 Minuten (± 7,33) an jedem dieser Tage. Der activeLife Trainer wurde von 14 „Wenig-Nutzern“ an ca. jedem 17. Tag ausgeliehen und von zehn dieser Personen für durchschnittlich 30,25 (± 10,80) Minuten pro Tag genutzt. Die „Viel-Nutzer“ (n = 14) liehen das Deskbike an ca. jedem zweiten Tag aus und nutzten es dann für durchschnittlich 64,23 (± 20,91) Minuten pro aktivem Tag, der activeLife Trainer wurde an ca. jedem dritten Tag ausgeliehen (n = 11) und dann von zehn Teilnehmenden durchschnittlich 65,13 (± 20,09) Minuten an jedem dieser Tage genutzt.

### 3.2 Physiologische Daten

Der Energieumsatz bei Nutzung der Stationen in Kilokalorien (kcal) wurde mithilfe von Referenzwerten aus einer Laborstudie berechnet [14]. Diese Laborstudie untersuchte unter Anderem den Energieumsatz bei Nutzung des Deskbikes (DB) und des activeLife Trainers (aLT) auf unterschiedlichen Intensitätsstufen mithilfe mobiler Spirometrie. Über die Methodik der indirekten Kalorimetrie konnte so der entsprechende Energieverbrauch bestimmt werden [15]. Die Mittelwerte beider Intensitätsstufen

der Nutzung lagen für das DB bei einem gegenüber dem Sitzen zusätzlichen Kalorienverbrauch von 1,49 (± 0,24) MET (kcal/h/kg Körpergewicht) und für das aLT bei 1,05 (± 0,26) MET. Die ermittelten PAI-Werte wurden ebenfalls mit Werten aus dieser Laborstudie verglichen und auf dieser Grundlage interpretiert.

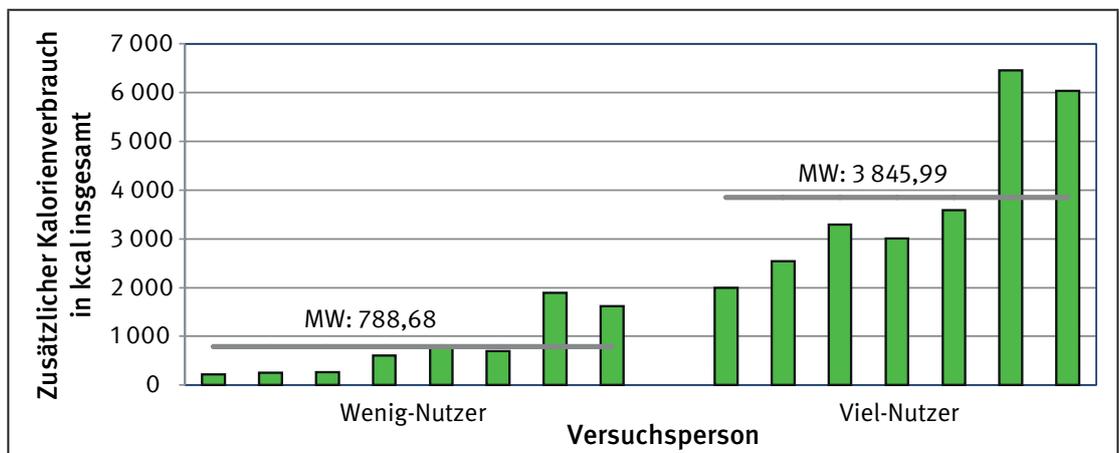
#### 3.2.1 Zusätzlicher Kalorienverbrauch durch die Nutzung der Stationen

Die individuelle Berechnung für jede Versuchsperson, die beide Geräte nutzte (n = 17), erfolgte dann mittels der Angaben in kcal pro h pro Kilogramm (kg) Körpergewicht über die folgende Formel:

$$\text{(Gesamtsumme Nutzungsdauer DB + aLT über 6 Wochen in h * (zusätzlicher Kalorienverbrauch/kg Körpergewicht/pro h)) * individuelles Körpergewicht des Teilnehmers}$$

So konnte der individuelle zusätzliche Kalorienverbrauch durch die Nutzung der beiden dynamischen Arbeitsstationen über den Zeitraum von sechs Wochen im Vergleich zum Sitzen errechnet werden. Zwei Teilnehmende machten keine Angaben zu ihrem Gewicht und konnten nicht in die Auswertung einbezogen werden. Nachfolgend wurden Mittelwerte über die verbliebene Gruppe der „Wenig-Nutzer“ (n = 8) und der „Viel-Nutzer“ (n = 7) gebildet. Diese Ergebnisse sind in Abbildung 4 dargestellt.

Abbildung 4:  
Zusätzlicher Energieverbrauch durch Nutzung der Geräte in kcal je Person



#### 3.2.2 Physical Activity Index (PAI)

Abbildung 5 zeigt die Messungen des Accelerometer für den Oberschenkel (Femur) des Teilnehmers innerhalb eines Arbeitstages.

Die gemessenen Werte und berechneten PAI-Angaben spiegeln die Referenzwerte der Laborstudie für die Nutzung der dynamischen Arbeitsstationen wider. Die Referenzwerte für die Nutzung des aLT auf unterschiedlichen Intensitätsstufen liegen zwischen 2,1 und 2,9 % g, für das DB liegen die Werte zwischen 17,4 und 18,1 % g [14].

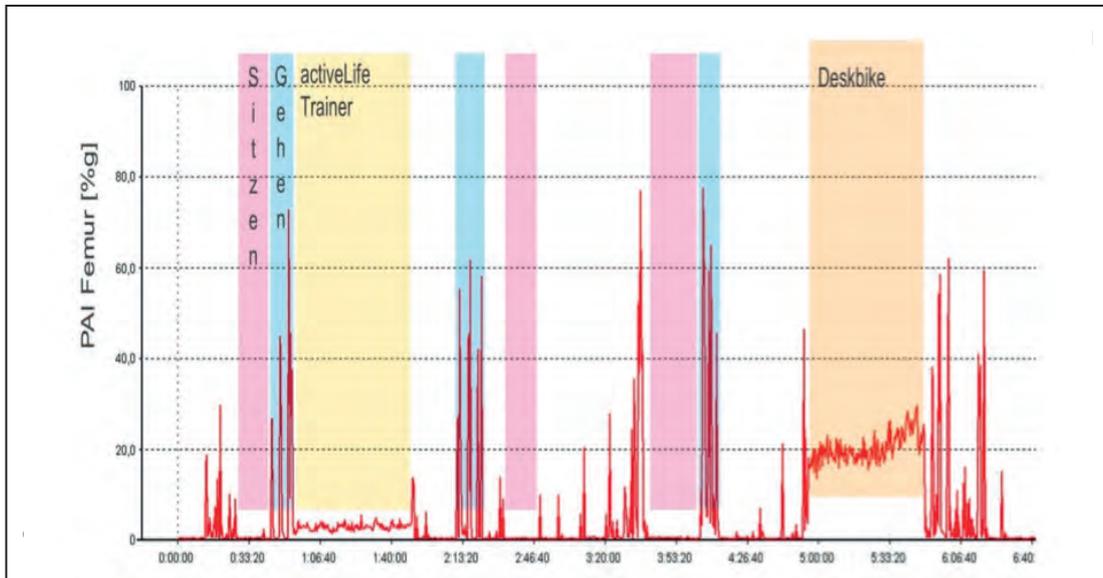


Abbildung 5:  
Exemplarisches  
PAI-Profil eines  
Teilnehmers an einem  
Arbeitstag

#### 4 Fazit und Ausblick

Die Ergebnisse der Anzahl an Ausleihen und Nutzungsdauern zeigen, dass alle Stationen das Interesse der Beschäftigten weckten und mindestens einmal ausprobiert wurden. Im Verlauf des Studienzeitraumes lassen sich dann Tendenzen für die Präferenzen der dynamischen Arbeitsstationen erkennen:

Das Deskbike wurde häufiger ausgeliehen und regelmäßiger genutzt als der activeLife Trainer. Diese Geräte wiederum wurden über einen längeren Zeitraum ausgeliehen, jedoch nicht so häufig wie das Deskbike. Eine Erklärung hierfür könnte die Bauart beider dynamischen Stationen sein. Das Deskbike erfordert durch seine Höhe einen höhenverstellbaren Schreibtisch und somit etwas mehr Aufwand bei der Nutzung. Der activeLife Trainer hingegen lässt sich unter jeden Schreibtisch stellen, ist deutlich unauffälliger und kann mit dem eigenen Bürostuhl genutzt werden.

Es lässt sich durchaus sagen, dass die Nutzung der dynamischen Arbeitsstationen die körperliche Aktivität erhöht, was sich an den ermittelten PAI-Werten des Oberschenkels erkennen lässt. Die erhöhte Bewegungsamplitude des Oberschenkels im Vergleich zum Sitzen könnte durch die Aktivierung einer der größten menschlichen Muskelgruppen auch den Energieumsatz erhöhen. Die theoretische Berechnung des zusätzlichen Energieverbrauches zeigt allerdings bei den „Wenig-Nutzern“ nur einen geringen Zuwachs, daher müssten Intensitäten und Mindestdauern der Nutzung zur möglichen Erhöhung des Energieverbrauches weiterhin untersucht werden. Außerdem bedarf es für exaktere Berechnungen des Energieverbrauches und zur Bestimmung des physiologischen Effektes weiterer Untersuchungen unter kontrollierten Bedingungen und des Einsatzes genauer Messinstrumente wie der mobilen Spirometrie.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass dynamische Arbeitsstationen ein interessanter Ansatz zur Bewegungsförderung während der Arbeit am Schreibtisch sein können. Die Evaluation in Feldstudien und die Erfassung longitudinaler Daten (Zeitverläufe) ist weiterhin nötig und wünschenswert. Denn auf der Grundlage dieser Ergebnisse kann eine Bewertung der dynamischen Arbeitsstationen hinsichtlich möglicher Effekte auf das

Herz-Kreislauf- und das Muskel-Skelett-System vorgenommen werden. Die subjektiven Erfahrungen der Beschäftigten sollten zusätzlich erfasst werden, um die Eignung dieses Konzeptes als Alternative zum Büroarbeitsplatz bewerten zu können.

#### Literatur

- [1] Carter, J. B.; Banister, E. W.: Musculoskeletal problems in VDT work: a review. *Ergonomics* 10 (1994) Nr. 37, S. 1623-1648
- [2] Vandeborne, K.; Elliott, M. A.; Walter, G. A.; Abdus, S.; Okereke, E.; Shaffer, M.; Tahernia, D.; Esterhai, J. L.: Longitudinal study of skeletal muscle adaptations during immobilization and rehabilitation. *Muscle Nerve* 8 (1998) Nr. 21, S. 1006-1012
- [3] Perhonen, M. A.; Zuckerman, J. H.; Levine, B. D.: Deterioration of left ventricular chamber performance after bed rest – “Cardiovascular Deconditioning” or Hypovolemia? *Circulation* 103 (2001) Nr. 14, S. 1851-1857
- [4] Watenpugh, D. E.; Ballard, R. E.; Schneider, S. M.; Lee, S. M. C.; Ertl, A. C.; William, J. M.; Boda, W. L.; Hutchinson, K. J.; Hargens, A. R.: Supine lower body negative pressure exercise during bed rest maintains upright exercise capacity. *J. Appl. Physiol.* 89 (2000) Nr. 1, S. 218-227
- [5] Blanc, S.; Normand, S.; Pachiardi, C.; Fortrat, J. O.; Laville, M.; Gharib, C.: Fuel homeostasis during physical inactivity induced by bed rest. *J. Clin. Endocrinol. Metab.* 85 (2000) Nr. 6, S. 2223-2233
- [6] Straker, L.; Mathiassen, S. E.: Increased physical work loads in modern work – a necessity for better health and performance? *Ergonomics* 52 (2009) Nr. 10, S. 1215-1225
- [7] Commissaris, D. A. C. M.; Douwes, M.; Schoenmaker, N.; Korte, de E. M.: Recommendations for sufficient physical activity at work. In: Pikaar, R. N.; Koningsveld, E. A. P.; Settels, P. J. M. (Hrsg): *Meeting Diversity in Ergonomics. Proceedings IEA 2006 Congress.* Elsevier, Oxford 2006

- [8] *Commissaris, D. A.; Huysmans, M. A.; Mathiassen, S. E.; Srinivasan, D.; Koppes, L. L.; Hendriksen, I. J.*: Interventions to reduce sedentary behavior and increase physical activity during productive work: a systematic review. *Scand. J. Work Environ. Health* 42 (2015) Nr. 3, S. 181-191
- [9] *Sliter, M.; Yuan, Z.*: Workout at work: laboratory tests of psychological and performance outcomes of active workstations. *J. Occup. Health Psychol.* 20 (2015) Nr. 2, S. 259-271
- [10] *Botter, J.; Ellegast, R. P.; Burford, E.-M.; Weber, B.; Könemann, R.; Commissaris, D. A. C. M.*: Comparison of the postural and physiological effects of two dynamic workstations to conventional sitting and standing workstations. *Ergonomics* 59 (2015) Nr. 3, S. 449-463
- [11] *Weber, B.*: Entwicklung und Evaluation eines Bewegungsmesssystems zur Analyse der physischen Aktivität. IFA Report 2/2011. Hrsg.: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung, Berlin 2011. [www.dguv.de/ifa](http://www.dguv.de/ifa), Webcode: d112728
- [12] *Desmet, P. M. A.; Overbeeke, C. J.; Tax, S. J. E. T.*: Designing products with added emotional value; development and application of an approach for research through design. *The Design Journal* 4 (2001) Nr. 1, S. 32-47
- [13] *Borg, G. A.*: Psychophysical bases of perceived exertion. *Med. Sci. Sports Exerc.* 14 (1982) Nr. 5, S. 377-381
- [14] *Röhrig, M.*: Untersuchung handelsüblicher Wearables bezüglich der Genauigkeit des angezeigten Energieumsatzes und ihrer Einsatzmöglichkeiten in der Ergonomie. Bachelor-Arbeit, RheinAhrCampus der Hochschule Koblenz, Remagen (voraussichtlich 2018)
- [15] *McArdle, W. D.; Katch, F. I.; Katch, V. L.*: *Essentials of Exercise Physiology*. 3. Aufl. Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia, USA 2006

# In virtueller Realität bereits heute den Arbeitsschutz von morgen beurteilen

Peter Nickel<sup>1</sup>, Rolf Kergel<sup>2</sup>, Markus Janning<sup>2</sup>, Thilo Wachholz<sup>3</sup>, Eugen Pröger<sup>4</sup>, Andy Lungfiel<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA), Sankt Augustin

<sup>2</sup>Unfallversicherung Bund und Bahn (UVB), Münster

<sup>3</sup>Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung (WSV) – GDWS Standort Hannover

<sup>4</sup>Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung (WSV) – Fachstelle der WSV für Verkehrstechniken, Koblenz

## Kurzfassung

Für zukünftige, standardisierte Schleusen der Binnenschifffahrt wird ein dynamisches Planungsmodell in virtueller Realität (VR) entwickelt, um daran Beurteilungen für verschiedene Arbeitsszenarien auf Schleusen durchzuführen. Durch eine Nutzung von Arbeitsschutzbeurteilungen (z. B. Risikobeurteilung, Unterlage für spätere Arbeiten, Gefährdungsbeurteilung) in der frühen Planungsphase sollen Arbeitssysteme mit höherem Arbeitsschutzniveau entstehen und aufwendige nachträgliche Korrekturen vermieden werden.

## 1 Einleitung

Arbeitsschutz als Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz verfolgt das Ziel, Arbeitsunfälle und Berufskrankheiten zu verhüten, arbeitsbedingte Gesundheitsgefahren zu reduzieren und eine menschengerechte Gestaltung von Arbeit zu fördern. Im Verlauf des Lebenszyklus von Maschinen und technischen Anlagen (oder anderen Produkten) sowie bei Arbeitstätigkeiten sind potenzielle Risiken und Gefährdungen von Personen mehrmals und mit jeweils etwas anderen inhaltlichen Bezügen zur sicheren und ergonomischen Gestaltung von Arbeitsprozessen zu beurteilen. Für Mensch-System-Interaktionen sollen Risiken und Gefährdungen vorausschauend erfasst und ein hohes Maß an Arbeitsschutz gewährleistet werden, u. a. durch

- Unterlagen für spätere Arbeiten [1], die über eine planmäßige Unterhaltung von Anlagen hinausgehen,
- Risikobeurteilungen [2] vor dem Inverkehrbringen von Maschinen und Anlagen und
- Gefährdungsbeurteilungen [3] vor der Ausführung von Tätigkeiten mit Arbeitsmitteln und anderen Komponenten eines Arbeitssystems [4].

Werden solche Beurteilungen möglichst früh, etwa bereits vor oder während der Planungs-, Konstruktions- oder Bauphase einer technischen Anlage durchgeführt und kann die Ausübung von Arbeitstätigkeiten möglichst konkret vorhergesehen werden, lässt sich ein höheres Niveau des Arbeitsschutzes erzielen und inhaltlich, finanziell und zeitlich aufwendige Nacharbeiten, nachträgliche Korrekturen oder Kompensationsversuche werden vermieden [5; 6].

Mit Simulationen in z. B. virtueller Realität (VR) können Arbeitsschutzbeurteilungen nicht nur von zu realisierenden technischen Anlagen in zukünftigen Nutzungskontexten, sondern auch

in Arbeitsszenarien durchgeführt werden, die in der Realität z. B. zu gefährlich sind, nur aufwendig gebaut werden können oder noch gar nicht existieren [7 bis 9]. Als Simulationstechnik eignet sich VR, um Maschinen und Anlagen in realitätsnahen Arbeitsprozessen und -umgebungen in ihrer Dynamik nachzubilden. Als Methode erlaubt VR es den Menschen, in virtuellen Szenarien zu interagieren, Arbeitsprozesse auch geplant und interaktiv zu variieren, zu wiederholen und systematisch zu analysieren [10; 11]. Eine Unterstützung von Arbeitsschutzbeurteilungen durch VR wurde bereits in verschiedenen Studien demonstriert [6; 12].

Der Bau künftiger Schleusen der Binnenschifffahrt wird derzeit standardisiert [13; 14]. Ein Forschungsprojekt soll dazu beitragen, das Niveau des Arbeitsschutzes für diese Anlagen mit den dabei verwendeten standardisierten Objekten noch weiter zu verbessern. Dazu werden an einem dynamischen VR-Planungsmodell verschiedene Arbeitsschutzbeurteilungen durchgeführt. Das Forschungsprojekt (IFA 5135) wurde von der Unfallversicherung Bund und Bahn (UVB) beauftragt. Es wird vom IFA in enger Zusammenarbeit mit verschiedenen Organisationseinheiten der Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung (WSV), der UVB, dem Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) und der Berufsgenossenschaft Verkehrswirtschaft Post-Logistik Telekommunikation (BG Verkehr) bearbeitet.

## 2 Methode

Arbeitsschutzbeurteilungen an einer standardisierten Schleuse sollen exemplarisch für die derzeit laufenden Planungen des Ersatzneubaus der Nordschleuse Wanne-Eickel für Binnenschiffe bis 185 m Länge (Klasse Vb) durchgeführt werden. Entwickelt wird derzeit ein dynamisches VR-Planungsmodell im Maßstab 1 : 1, das die genannte Schleusenanlage einschließlich einiger weiterer Varianten standardisierter Objekte dieser Schleusen – z. B. mit und ohne Sparbecken – möglichst realitätsnah abbildet. Am Modell werden Arbeitsschutzbeurteilungen für relevante Arbeits- und Funktionsszenarien unter interdisziplinärer Beteiligung verschiedener Gewerke durchgeführt.

### 2.1 Arbeitsschutzbeurteilungen

Eine Risikobeurteilung der standardisierten Schleuse, die nach Maschinenverordnung [2] auch als Maschine zu betrachten ist, wird am dynamischen VR-Planungsmodell durchgeführt [5; 15; 16]. Ebenso werden für ausgewählte Arbeitsszenarien und dabei durchzuführende Arbeitstätigkeiten (z. B. Trockenlegung der Schleuse) Gefährdungsbeurteilungen durchgeführt. Darüber hinaus wird auch eine Unterlage für spätere Arbeiten nach Regel

32 zum Arbeitsschutz auf Baustellen [17] erstellt. Die Durchführung der Beurteilungen wurde von der Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung für das dynamische VR-Planungsmodell im IFA sowie die Ersatzneubauten Nordschleuse Wanne-Eickel, Westkammern der Schleusen Wedtlenstedt und Üfingen extern ausgeschrieben. Die Durchführung und Dokumentation der Beurteilungen durch externe Gutachter erfolgt damit weitestgehend unabhängig von den Projektbeteiligten.

## 2.2 Szenarien im Nutzungskontext

Arbeitsschutzbeurteilungen werden für einen, häufig aber sogar alle Abschnitte des Lebenszyklus einer technischen Anlage durchgeführt. Sie berücksichtigen daher im Verlauf anfallende Aufgaben und Funktionen (z. B. Talschleusung, Not-Halt) für verschiedene Betriebszustände (z. B. regulärer Betrieb, Instandhaltung) einschließlich bisheriger Erfahrungen zur Verwendung der Anlage (z. B. Zuverlässigkeit von Komponenten, arbeitsschutzkritische Ereignisse). Zukünftige Schleusen werden aus standardisierten Objekten zusammengefügt, für die Informationen zur Planung, zur Funktionsweise und zum Einsatzzweck in Steckbriefen festgehalten sind [13; 14]. Im Projekt wurden 70 Szenarien, die für eine Schleusenanlage betrachtet werden sollen, von verschiedenen Arbeitsgruppen innerhalb der WSV zusammengetragen. Jedes Szenario wurde kurz beschrieben, die Relevanz für jede der Arbeitsschutzbeurteilungen festgelegt und mit Anforderungen an die Entwicklung des VR-Planungsmodells versehen (z. B. Bolzen umsetzen für Revision des Drucksegmenttors, verschiedene Schiffstypen und -größen schleusen).

## 2.3 Entwicklung eines dynamischen VR-Planungsmodells

Das dynamische VR-Planungsmodell wird systematisch entwickelt und orientiert sich dabei sowohl an einer bereits erfolgreich abgeschlossenen Pilotstudie [12] als auch den

neuen Anforderungen des vorliegenden Projekts. Für die Modellentwicklung wird auf Zeichnungen zur aktuell geplanten Nordschleuse Wanne-Eickel des Wasserstraßenneubauamts (WNA) Datteln im 2D Format (MicroStation, Bentley Systems Inc.) zurückgegriffen. Von der Fachstelle der WSV für Verkehrstechniken (FVT) wird mithilfe eines 3D-CAD-Systems (SolidWorks®, Dassault Systèmes SolidWorks Corp.) maßstabsgetreu ein Volumenmodell der Schleuse in 3D modelliert [5]. Anforderungen aus den Beurteilungen (z. B. Umstecken von Bolzen für Revisionsstellung eines Schleusentores) und den zu berücksichtigenden Szenarien (z. B. Trockenlegung) bestimmen Anzahl, Detaillierungsgrad und Zusammensetzung der zu modellierenden Einzelkomponenten. Alle Komponenten werden als Polygonnetz für den Import in das Vizard Virtual Reality Toolkit (WorldViz LLC) exportiert. Zusätzliche Bestandteile eines Nutzungskontexts (z. B. Schiff, Mobilkran), Bewegung von Komponenten, die Steuerung dazu, Visualisierung im SUTAVE-Labor oder mit SUTAVE-Mobil usw. werden wiederum mit dem Vizard in Kombination mit Python (Python Software Foundation) umgesetzt.

## 3 Ergebnisse

Das dynamische VR-Planungsmodell der standardisierten Schiffsschleuse ist aktuell im Entwicklungsprozess. Durch die Zusammensetzung wesentlicher Komponenten wurde zunächst die Schiffsschleuse mit Sparbecken modelliert (Abbildung 1), wobei sich die farbliche Gestaltung noch an Entwicklungsfragen und nicht an einer möglichst realitätsnahen Darstellung im Nutzungskontext orientiert. Vor der Durchführung der verschiedenen Arbeitsschutzbeurteilungen werden noch viele Details eingearbeitet, weitere Komponenten eines Nutzungskontexts (z. B. Kran hebt Dammbalken aus) hinzugefügt und das VR-Planungsmodell insgesamt noch dynamisch gestaltet, sodass die Szenarien (z. B. Talschleusung eines Schubverbandes) auch im Arbeitsprozess ablaufen können [18].

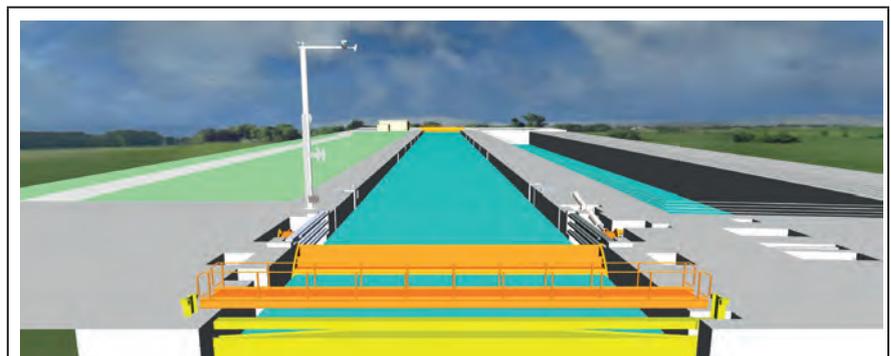


Abbildung 1:  
Sicht vom Oberhaupt zum Unterhaupt der standardisierten Schleuse als VR-Planungsmodell im Entwicklungsprozess

Am fertigen dynamischen VR-Planungsmodell werden externe Gutachter, unterstützt durch Mitglieder aus dem Projektleitungskreis, alle Arbeitsschutzbeurteilungen durchführen, d. h. Gefährdungen und Risiken analysieren und Maßnahmen zur Risikominderung entwickeln, virtuell umsetzen und evaluieren. Dadurch werden letztendlich zwei dynamische VR-Planungsmodelle entwickelt, von denen eines den Zustand vor und ein weiteres den Zustand nach Durchführung der Beurteilungen abbildet. Die Ergebnisdokumentation zu den Arbeitsschutzbeurteilungen der externen Gutachter wird genutzt, um Erkenntnisse in die bereits laufenden Planungen für standardisierte Schleusen zurückzukoppeln und Steckbriefe

für standardisierte Objekte von Schleusen der Binnenschifffahrt [14] zu überarbeiten. Alle Beurteilungen sollen darüber hinaus auch als Vorlage für finale und zukünftige Beurteilungen dienen und fortgeschrieben werden. Des Weiteren wird die Durchführung der Risikobeurteilung genutzt, um die bereits vorhandene Musterrisikobeurteilung [16] zu überarbeiten. Ähnliches gilt auch für die Gefährdungsbeurteilung, die dazu genutzt wird, die Handlungshilfe [19] um Arbeitsbereiche auf Schleusen der Binnenschifffahrt zu erweitern.

## 4 Diskussion

Mit verschiedenen Vorgaben für die Planung und Konstruktion von Maschinen und Anlagen werden bereits Anforderungen des Arbeitsschutzes berücksichtigt. Ein dynamisches VR-Planungsmodell kann den Planungsprozess gezielt unterstützen und das Niveau des Arbeitsschutzes schon in einer sehr frühen Phase der Produktentwicklung erhöhen. Weder eine Unterlage für spätere Arbeiten noch eine Risikobeurteilung oder eine Gefährdungsbeurteilung können während der Planungsphase abgeschlossen werden, da rechtlich verbindlich lediglich diejenigen Beurteilungen sind, die sich auf fertiggestellte reale Arbeitsmittel bzw. Arbeitstätigkeiten im Arbeitssystem beziehen. Im vorliegenden Fall werden diese Beurteilungen mit voraussichtlich verringertem Aufwand in der Realität wiederholt. Auch wenn die hier genannten Arbeitsschutzbeurteilungen teilweise ähnliche Inhalte abdecken, haben sie jedoch unabhängig voneinander eine Berechtigung und jeweils eigene Zielsetzungen. Mithilfe des vorliegenden Projekts werden Unterschiede zwischen dem Stand aktueller Arbeitsschutzlösungen und denen nach durchgeführten Beurteilungen möglich. Darüber hinaus wird sich die Möglichkeit ergeben, einige der Beurteilungsergebnisse aus der virtuellen Arbeitswelt mit der realen zu vergleichen, wenn etwa die Nordschleuse Wanne-Eickel in einigen Jahren in Betrieb genommen wird.

### Literatur

- [1] Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz auf Baustellen (Baustellenverordnung – BaustellV) vom 10.06.1998. BGBl. I (1998), S. 1283 ff.; zul. geänd. BGBl. I (2016), S. 2567
- [2] Neunte Verordnung zum Produktsicherheitsgesetz (Maschinenverordnung) (9. ProdSV). BGBl. I (1993), S. 704-707; zul. geänd. BGBl. I (2011), S. 2178-2208
- [3] Gesetz über die Durchführung von Maßnahmen des Arbeitsschutzes zur Verbesserung der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes der Beschäftigten bei der Arbeit (Arbeitsschutzgesetz – ArbSchG) vom 07.08.1996. BGBl. I (1996), S. 1246-1286; zul. geänd. BGBl. I (2015), S. 1537
- [4] DIN EN ISO 6385: Grundsätze der Ergonomie für die Gestaltung von Arbeitssystemen (12/2016). Beuth, Berlin 2016
- [5] *Pröger, E.; Nickel, P.; Lungfiel, A.*: Risikobeurteilung nach Maschinenrichtlinie an einer virtuellen Neckar-Schleuse. *Der Ingenieur* 54 (2015) Nr. 2, S. 9-13
- [6] *Chun, C. K.; Li, H.; Skitmore, R. M.*: The use of virtual prototyping for hazard identification in the early design stage. *Constr. Innov.* 12 (2012) Nr. 1, S. 29-42
- [7] *Wickens, C. D.; Hollands, J. G.; Banbury, S.; Parasuraman, R.*: *Engineering Psychology and Human Performance*. Pearson, Upper Saddle River 2013
- [8] *Miller, C.; Nickel, P.; Di Nocera, F.; Mulder, B.; Neerincx, M.; Parasuraman, R.; Whiteley, I.*: *Human-Machine Interface*. In: *Hockey, G. R. J.*: THESEUS Cluster 2: Psychology and Human-Machine Systems – Report. Indigo, Strasbourg 2012, S. 22-38
- [9] *Nickel, P.*: Extending the effective range of prevention through design by OSH applications in virtual reality. In: *Nah, F. F. H.; Tan, C. H.* (Eds.) *HCIBGO: Information Systems, Part II, LNCS 9752*. Cham: Springer 2016, S. 325-336.
- [10] *Hale, K. S.; Stanney, K. M.*: *Handbook of virtual environments*. CRC Press, Boca Raton 2015
- [11] *Nickel, P.; Pröger, E.; Lungfiel, A.; Kergel, R.*: Flexible, dynamic VR simulation of a future river lock facilitates prevention through design in occupational safety and health. In: *IEEE VR 2015, Annual International Symposium on Virtual Reality*, pp. 385-386. IEEE Digital Library
- [12] *Nickel, P.; Lungfiel, A.; Huelke, M.; Pröger, E.; Kergel, R.*: Virtuelle Realität unterstützt Risikobeurteilung einer Schiffsschleuse. In: *Chancen durch Arbeits-, Produkt- und Systemgestaltung – Zukunftsfähigkeit für Produktions- und Dienstleistungsunternehmen*. Hrsg.: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e. V. (GfA). GfA-Press, Dortmund 2013, S. 493-496
- [13] *Jander, A.*: Aktuelle Situation der Standardisierung von Schleusen. In: *Tagungsband BAW Kolloquium Innovation mit Tradition: Hydraulischer Entwurf und Betrieb von Wasserbauwerken*, 4.-5. Juli 2012. Hrsg.: Bundesanstalt für Wasserbau (BAW), Karlsruhe. S. 33-38. [https://izw.baw.de/publikationen/kolloquien/1/Tagungsband\\_04-05\\_Juli\\_2012.pdf](https://izw.baw.de/publikationen/kolloquien/1/Tagungsband_04-05_Juli_2012.pdf)
- [14] *Wachholz, T.*: Standardisierung von Wasserbauwerken in der WSV. In: *Tagungsband BAW Kolloquium Wasserbauwerke – Vom hydraulischen Entwurf bis zum Betrieb*, 20.-21.5.2015. Hrsg.: Bundesanstalt für Wasserbau, Karlsruhe 2015, S. 9-17
- [15] *DIN EN ISO 12100: Sicherheit von Maschinen – Allgemeine Gestaltungsleitsätze – Risikobeurteilung und Risikominderung (3/2011)*. Beuth, Berlin 2011
- [16] *Schneider, W.*: *Musterrisikobeurteilung an einer Schleuse*. Hrsg.: Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung (WAS) – Fachstelle der WSV für Verkehrstechniken, Koblenz 2010
- [17] *Regeln zum Arbeitsschutz auf Baustellen: Unterlage für spätere Arbeiten (RAB 32)*. BARbBl. (2003) Nr. 6, S. 73 ff.
- [18] *Nickel, P.; Kergel, R.; Wachholz, T.; Pröger, E.; Lungfiel, A.*: Setting-up a virtual reality simulation for improving OSH in standardisation of river locks. In: *Safety of Industrial Automated Systems, SIAS 2015*. Hrsg.: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung, Berlin 2015, S. 223-228
- [19] *Handlungshilfe 4.0. Beurteilung der Arbeitsbedingungen in der Bundesverwaltung sowie in Betrieben und Einrichtungen der Länder und Kommunen*. Hrsg.: Unfallversicherung Bund und Bahn (UVB), Wilhelmshaven 2015



# Der Einfluss von Datenbrillen auf die ergonomische Belastung an einem Kommissionierarbeitsplatz: Eine Pilotstudie

Daniel Friemert<sup>1+2</sup>, Rolf Ellegast<sup>1</sup>, Ulrich Hartmann<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA), Sankt Augustin

<sup>2</sup> RheinAhrCampus der Hochschule Koblenz, Remagen

## Kurzfassung

Das Interesse am Einsatz von Datenbrillen in der Arbeitswelt hat in den letzten Jahren rasant zugenommen. Insbesondere im Bereich der Lagerlogistik und der Kommissionierung von Produkten werden Datenbrillen inzwischen routinemäßig eingesetzt. Begleitende Studien belegen, dass Datenbrillen ein geeignetes Werkzeug sind, um Arbeitsprozesse zu beschleunigen und somit die Effizienz der Beschäftigten zu steigern. Unsere Untersuchung stellt dagegen den Aspekt der Veränderung der körperlichen Belastung in den Vordergrund, die mit der Verwendung von Datenbrillen einhergehen kann. Um den Effekt von Datenbrillen auf die Bewegungsabläufe unter Laborbedingungen quantifizieren zu können, haben wir einen typischen Kommissionierarbeitsplatz nachgebaut und eine Pilotstudie durchgeführt. In dieser Studie wurden mithilfe des CUELA-Messsystems (CUELA: computerunterstützte Erfassung und Langzeit-Analyse von Belastungen des Muskel-Skelett-Systems) die Bewegungsabläufe eines Probanden während einer typischen Kommissioniertätigkeit aufgezeichnet. Die für den Sortierprozess notwendigen Informationen (welches Produkt kommt in welche Box?) wurden im ersten Versuchsdurchlauf per Monitor präsentiert und anschließend auf die Datenbrille projiziert. Die Auswertung der CUELA-Messdaten liefert zeitliche Gelenkwinkelverläufe, die vor allem im Nacken- und Kopfbereich deutliche Unterschiede zwischen den beiden Durchläufen (Monitor oder Datenbrille) aufweisen. Die Ergebnisse der Pilotstudie geben Anlass zu der Hypothese, dass Datenbrillen zumindest teilweise einen positiven Einfluss auf die Körperhaltung beim Kommissionieren haben. Das Testen dieser Hypothese auf Signifikanz ist im Rahmen einer größer angelegten Feld- und Laborstudie geplant.

## 1 Einführung und Motivation

Seit einigen Jahren wird die Anwendbarkeit von Datenbrillen in der Arbeitswelt vor allem in der Lagerlogistik wissenschaftlich untersucht. Inzwischen sind Datenbrillen (Abbildung 1) in diesem Bereich zu einem Werkzeug geworden, das auch unter realen Arbeitsbedingungen einsetzbar ist [1 bis 4]. Die ersten Studien zum Thema Datenbrillen konzentrierten sich auf die Themengebiete Effizienzsteigerung und Prozesssicherheit. Gemäß diesen Studien ist der größte Vorteil bei der Verwendung von Datenbrillen, dass immer beide Hände für die erforderliche Tätigkeit genutzt werden können. Darüber hinaus kann eine mit Kamera ausgestattete Datenbrille via Barcodeauslesen zur Fehlerreduktion bei Lagerarbeiten beitragen. Dagegen wurde die Analyse der Auswirkungen von Datenbrillen auf die körperliche Belastung am Arbeitsplatz bisher selten untersucht. Die Literatur zu diesem Themenbereich ist daher überschaubar. So untersuchten *Theis et al.* [5] den Aspekt „Physische Beanspruchung“

beim Einsatz von Datenbrillen zur Arbeitsunterstützung. Die Studie simulierte die Montagearbeit an einem Automotor unter Zuhilfenahme einer Datenbrille: Die Arbeitsanweisungen wurden entweder via Datenbrille oder per Flachbildschirm kommuniziert. Unter anderem kommen die Autoren der Studie zu dem Schluss, dass zur Vermeidung von Kopf- und Nackenschmerzen der mechanische Schwerpunkt der Brille ausbalanciert sein sollte. Eine weitere einschlägige Veröffentlichung [6] beschreibt zwei Laborstudien, deren Fokus auf der mentalen Beanspruchung bei mehrstündiger Arbeit mit Datenbrillen lag. Es wurden eine Konstruktionsaufgabe und parallel dazu eine Monitoringaufgabe gestellt. Die Arbeitsanweisungen wurden sowohl per Datenbrille als auch über einen Tablet-PC dargestellt. Als eines ihrer Ergebnisse stellen die Autoren fest, dass die Entscheidung, ob Datenbrillen einzusetzen sind oder nicht, stets kontext- und aufgabenabhängig getroffen werden muss. Unsere Studie verfolgt ergänzend zu den vorangegangenen Arbeiten das Ziel, die Veränderung körperlicher Belastungsfaktoren bei einer Kommissioniertätigkeit im Labor und im Feld messtechnisch zu erfassen und zu bewerten. Die Ergebnisse der ersten Labormessung werden in diesem Beitrag vorgestellt.

Abbildung 1:  
Die Vuzix-Datenbrille



## 2 Der Arbeitsplatz im Labor

Zur Umsetzung der Pilotstudie im Labor wurde ein realer Kommissionierarbeitsplatz maßstabsgetreu im Labor nachgebaut. Abbildung 2 zeigt das CAD-Modell des Arbeitsplatzes. Abbildung 3 zeigt eine Darstellung der gemessenen Kopfneigungswinkel am realen Arbeitsplatz mithilfe der WIDAAN-Software. Beim Nachbau der Anlage wurde großer Wert darauf gelegt, dass die Mensch-Maschine-Schnittstelle möglichst originalgetreu reproduziert wurde. Die zu sortierenden Produkte gelangen über eine Box in der Mitte der Anlage zum Probanden. Bei den Produkten in unserer Testanlage handelt es sich um Bälle, die sich in Größe, Farbe und Gewicht unterscheiden. Die diesbezüglichen Parameter wurden von den realen Produkten unseres Kooperationspartners abgeleitet. Die Bälle müssen nun gemäß der Information, die über den Monitor vermittelt wird, in die zwei

Boxen rechts und links von der mittleren verteilt werden. Die Beendigung des Auftrags wird für jede Box durch einen Knopfdruck quittiert. Bevor die Kugeln danach über ein Förderband dem Sortiermechanismus zugeführt werden und somit wieder zur Verfügung stehen, wird eine Fehleranalyse vollzogen. Diese

geschieht automatisch mithilfe einer Webcam und einem spezialisierten Bildverarbeitungsprogramm. Alle detektierten Fehlsortierungen werden für eine spätere Analyse in einem Logfile gespeichert.

Abbildung 2:  
CAD-Modell des Kommissionierarbeitsplatzes

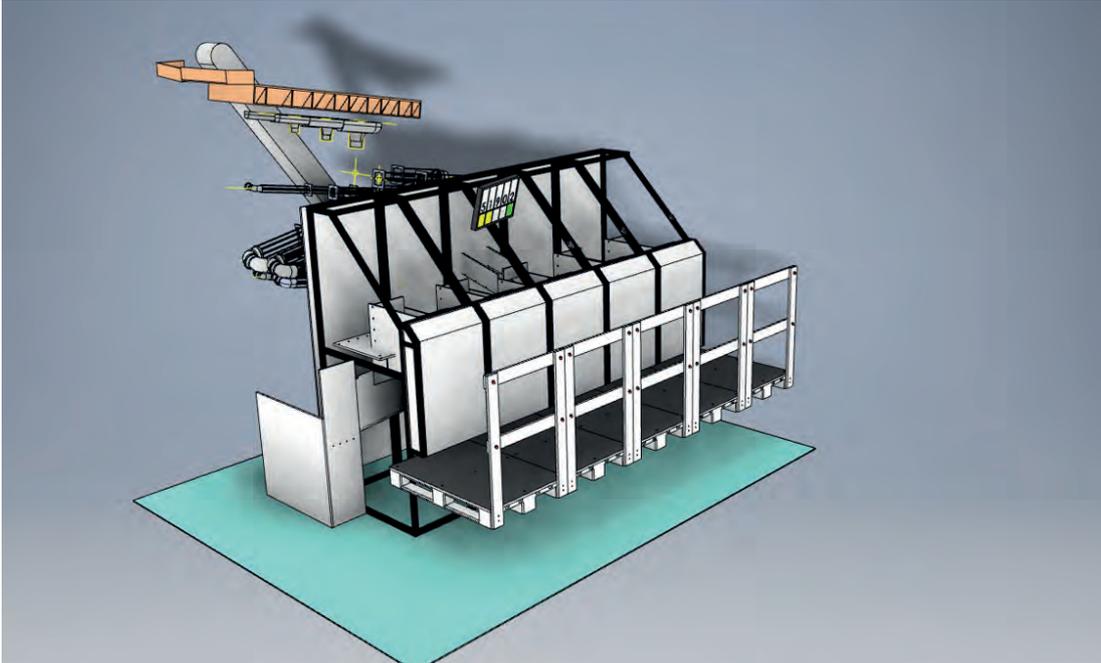
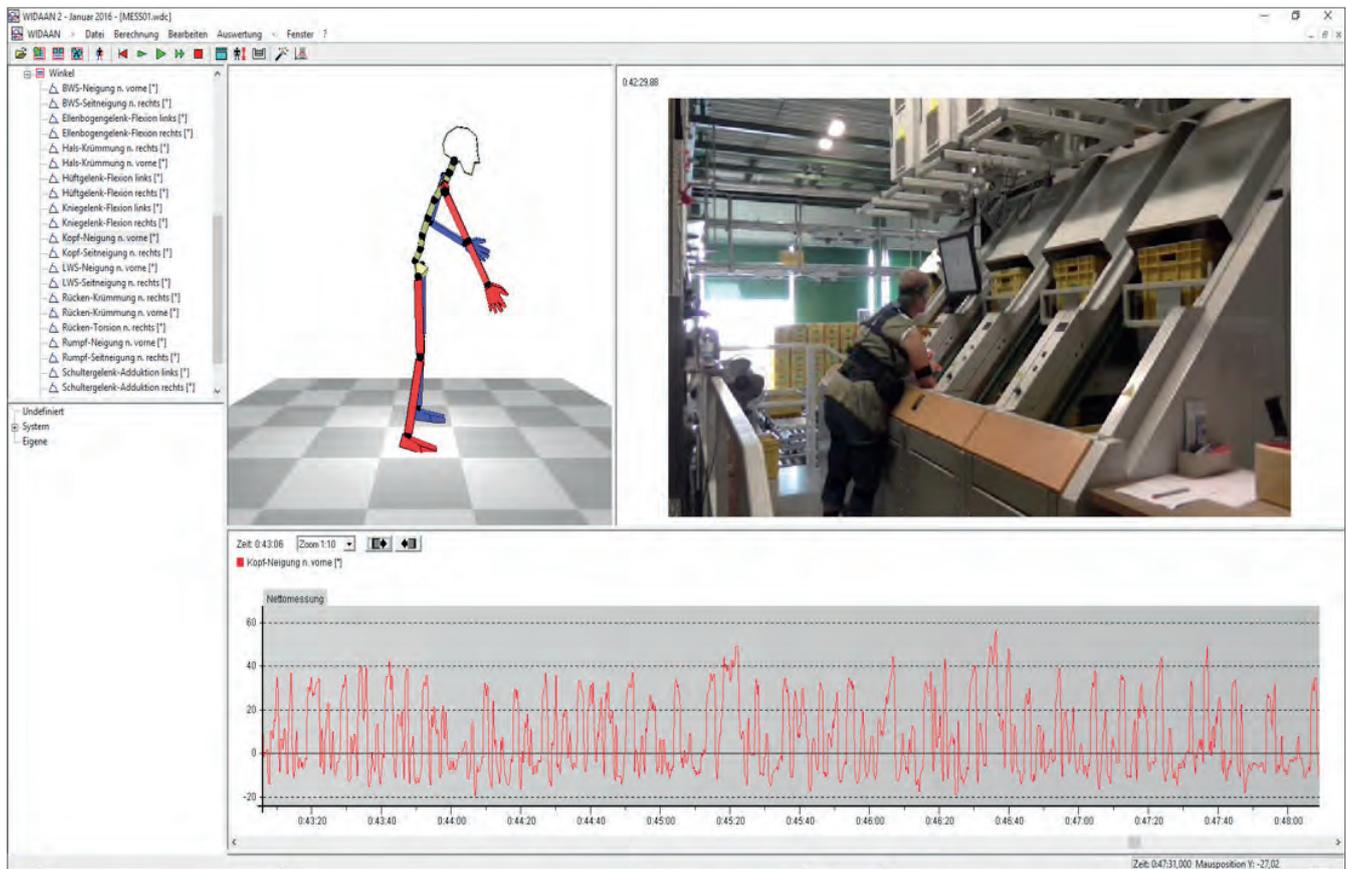


Abbildung 3:  
Seitliche Ansicht: Messung von Kopfneigungswinkeln mit dem CUELA-Messsystem beim Blick auf den Monitor



### 3 Erfassung der körperlichen Belastung

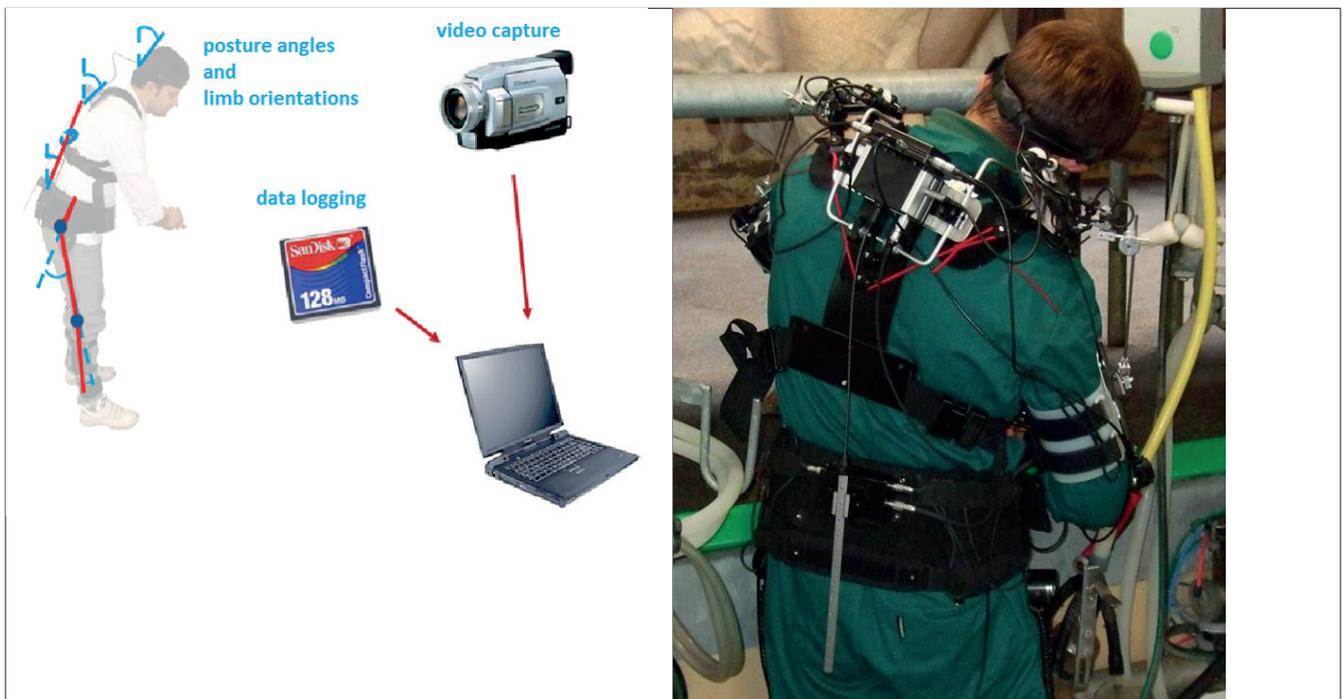
#### 3.1 Datenakquisition

Bei unserer Pilotstudie unter Laborbedingungen stand die Erfassung von Körperhaltungen und Bewegungsmustern während der Kommissioniertätigkeit im Vordergrund. Unser Proband erhielt eine Kommissionieraufgabe, die er einmal mithilfe des Monitors und ein weiteres Mal mit der Datenbrille bewältigen musste. Die Aufgabe war in beiden Durchläufen vollkommen identisch. Die Kinematik der Körpersegmente unseres Probanden wurde mit dem CUELA-System [7] erfasst (Abbildung 4). Das tragbare CUELA-System verwendet Inertialsensoren und ist mit einem eigenen Datenspeicher ausgestattet. Aus den gemessenen Signalen werden sowohl Segmentpositionen als auch Körper- und Gelenkwinkel berechnet. Konkret liefert eine CUELA-Messung die folgenden kinematischen Parameter:

- sagittale und laterale Kopfneigung,
- Schultergelenk- und Ellbogenwinkel,
- Halswirbelsäule: Flexion/Extension,
- Brustwirbelsäule: laterale und sagittale Neigung bei T3,
- Lendenwirbelsäule: laterale und sagittale Neigung bei L5
- räumliche Position der Ober- und Unterschenkel.

Der Neigungswinkel des Oberkörpers wird aus den durchschnittlichen sagittalen Neigungswinkeln bei T3 und L5 berechnet. Der Beugungswinkel des Oberkörpers ist als Differenz der Winkel der sagittalen Neigungen bei T3 und L5 definiert. Der seitliche Beugungswinkel des Oberkörpers ist als Differenz der Winkel der lateralen Neigungen bei T3 und L5 definiert. Der CUELA-Datenlogger ermöglicht die synchrone Aufzeichnung aller Signale mit einer Frequenz von 50 Hz.

Abbildung 4: Das CUELA-Messsystem: Winkeldefinitionen (links) und Einsatz im Labor (rechts)



#### 3.2 Datenauswertung

Die Datenerhebung ist nur der erste Schritt auf dem Weg zur Bestimmung der körperlichen Belastung beim Kommissionieren. Die Auswertung der während der Tätigkeit erhobenen Daten erfolgt mit dem Softwaretool WIDAAN, das auf der Grundlage der Norm ISO 11226 die ermittelten Haltungswinkel anhand eines Ampelschemas klassifiziert (Abbildung 5).

Des Weiteren können die mittels CUELA erhobenen Messdaten als Input für ein biomechanisches Körpermodell dienen. Unter Hinzunahme anthropometrischer Parameter können auf diese Weise auch Kräfte und Drehmomente in den Gelenken berechnet werden [9].

Abbildung 5: Klassifizierung von Körperhaltungen gemäß ISO 11226

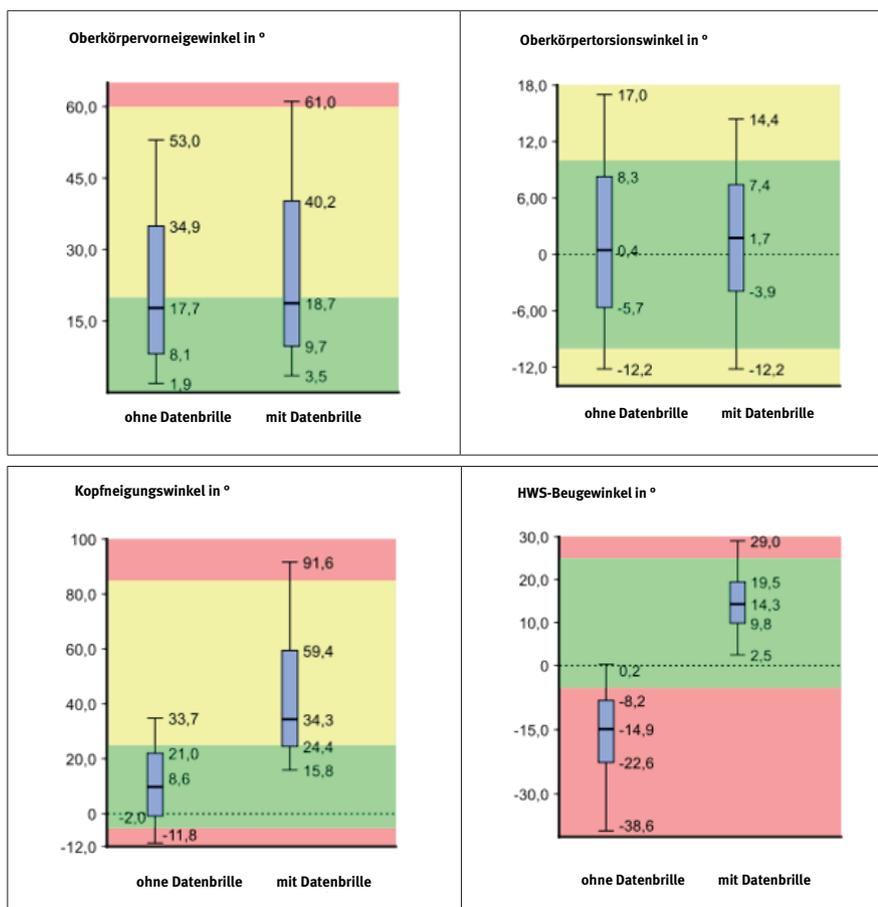
Bezeichnung des Sensors	Bewegungsrichtung	Richtwerte für die Bewertung
<b>Kopf und Hals</b>		
Kopfneigung 	+: nach vorne (Flexion) -: nach hinten (Extension)	grün: 0° bis 25° gelb: 25° bis 85° rot: >85° und <0°  ISO 11226 [2]
Halskrümmung 	+: nach vorne (Flexion) -: nach hinten (Extension)	grün: 0° bis 25° rot: >2° und <0°  ISO 11226 [2]

## 4 Ergebnisse der Pilotstudie

Bei der Auswertung der CUELA-Messdaten im Rahmen dieser Pilotstudie haben wir uns zunächst auf die Winkelverläufe im Nacken- und Kopfbereich beschränkt. Abbildung 6 zeigt die Winkelverteilungen für die Kopfneigung (links) und die Halswirbelsäulenbeugewinkel (rechts) als Boxplots (unten). Die zwei jeweils linken Boxplots zeigen die Winkelperzentilverteilungen für die Monitormessung, die jeweils rechten stellen die Ergebnisse für die Datenbrillenmessung dar. Bei Betrachtung der Boxplots fällt als erstes auf, dass die Nutzung der Datenbrille zu unterschiedlichen Effekten führt. Während die Kopfneigung bei Nutzung der Datenbrille die Winkelverteilung eher im gelben Winkelbereich liegt, zeigt die Messung der Halswirbelsäulenbeugewinkel eine gegensätzliche Verteilung: Bei Verwendung

des herkömmlichen Monitors liegen fast alle gemessenen Winkel im roten Bereich, wohingegen die Nutzung der Datenbrille fast nur Winkel im grünen Bereich aufweist. Diese auffallende Verschiebung der Winkeldaten deutet auf eine Verbesserung der Halswirbelsäulenhaltungen durch die Nutzung der Datenbrille hin. Bezüglich der Messung der Oberkörpervorneigungs- und -torsionswinkel werden bei Nutzung mit und ohne Datenbrille keine signifikant anderen Winkel ermittelt (siehe Abbildung 6 oben). Natürlich sind diese ersten Ergebnisse mit großer Vorsicht zu interpretieren, da sie nur auf der Messung mit einem einzigen Probanden beruhen. Trotzdem legen sie die Vermutung nahe, dass die Verwendung der Datenbrille beim Kommissionieren zu veränderten Bewegungsmustern führt. Ob diese die körperliche Belastung jedoch insgesamt verringern, sollte in der umfassenden Studie mit vielen Probanden ermittelt werden.

Abbildung 6:  
Ergebnisse der Pilotstudie



## 5 Ausblick

Die geplante Studie wird neben kinematischen Größen auch die Muskelaktivität im Nackenbereich mittels Elektromyografie sowie physiologische und psychologische Parameter während der Kommissioniertätigkeit erfassen. Der größte Anteil der Messungen wird am Laborarbeitsplatz stattfinden. Die zufällig ausgewählten Versuchspersonen im Alter zwischen 20 und 50 Jahren werden über eine halbe Stunde die vordefinierten Kommissionieraufgaben mithilfe eines konventionellen Monitors erledigen. An einem anderen Tag wird die gleiche Gruppe unter idealerweise identischen Bedingungen (Uhrzeit, Lichtverhältnisse) die exakt gleichen Aufgaben, diesmal jedoch mithilfe

der Datenbrille, ausführen. Auf diese Weise lassen sich die möglichen Veränderungen der körperlichen Belastungen hauptsächlich auf den Faktor Monitor oder Datenbrille zurückführen. Zur Validierung der Labormessungen ist auch eine Feldstudie bei unserem Partnerunternehmen geplant. Diese Messungen im Feld müssen aber aus praktischen Gründen mit einer kleineren Stichprobe erfolgen. Der letzte Schritt unserer Analyse ist die Übertragung des Arbeitsplatzes in die Virtuelle Realität (VR). Abbildung 7 zeigt den Nachbau der Sortieranlage als Modell, das den Versuchspersonen über eine VR-Brille präsentiert wird. Den Versuchspersonen werden abermals Aufgaben zugewiesen, die sie dieses Mal mit virtuellen Kugeln erledigen müssen. An dieser Stelle ergibt sich eine weitere Forschungsfrage: Sind die

Bewegungsmuster in der VR-Situation denen in der normalen physikalischen Welt ähnlich oder ergeben sich deutliche Unterschiede? Von den Ergebnissen der Gesamtstudie erhoffen wir deutliche Hinweise zu den Effekten von Datenbrillen auf die Ergonomie an Kommissionierarbeitsplätzen. Es wäre aus unse-

rer Sicht wünschenswert, auf der Basis unserer Untersuchung wissenschaftlich begründete Vorschläge zum Einsatz von Datenbrillen machen zu können, die dazu beitragen, durch Fehlhaltungen am Arbeitsplatz bedingte Erkrankungen verhindern zu können.

Abbildung 7:  
Der Arbeitsplatz als Modell in der Virtuellen Realität



## Literatur

- [1] *Schwerdtfeger, B.; Reif, R.; Günthner, W.; Klinker, G.:* Pick-by-vision: there is something to pick at the end of the augmented tunnel. *Virtual Reality* 15 (2011) Nr. 2-3, S. 213-223
- [2] *Reif, R.; Walch, D.:* Augmented & virtual reality applications in the field of logistics. *Vis. Comput.* 24 (2008) Nr. 11, S. 987-994
- [3] *Glockner, H.; Jannek, K.; Mahn, J.; Theis, B.:* Augmented reality in logistics. Changing the way we see logistics – A DHL perspective. Hrsg.: DHL Customer Solutions & Innovation, Troisdorf 2014. [www.delivering-tomorrow.de/wp-content/uploads/2015/08/dhl-report-augmented-reality-2014.pdf](http://www.delivering-tomorrow.de/wp-content/uploads/2015/08/dhl-report-augmented-reality-2014.pdf)
- [4] Information on the Volkswagen webpage about a project using data glasses in logistics: [www.volkswagen-media-services.com/en/detailpage/-/detail/Volkswagen-rollsout-3D-smart-glasses-as-standard-equipment/view/2906206/](http://www.volkswagen-media-services.com/en/detailpage/-/detail/Volkswagen-rollsout-3D-smart-glasses-as-standard-equipment/view/2906206/)
- [5] *Theis, S.; Pfendler, C.; Alexander, T.; Mertens, A.; Brandl, C.; Schlick, M.:* Head-Mounted Displays – Bedingungen des sicheren und beanspruchungsoptimalen Einsatzes: Physische Beanspruchung beim Einsatz von HMDs. 1. Aufl. Hrsg.: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA), Dortmund 2016. [www.baua.de/DE/Angebote/Publikationen&/Berichte/F2288.html](http://www.baua.de/DE/Angebote/Publikationen&/Berichte/F2288.html)
- [6] *Wille, M.:* Head-Mounted Displays – Bedingungen des sicheren und beanspruchungsoptimalen Einsatzes: Psychische Beanspruchung beim Einsatz von HMDs. 1. Aufl. Hrsg.: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA), Dortmund 2016. [www.baua.de/DE/Angebote/Publikationen/Berichte/F2288-2.html](http://www.baua.de/DE/Angebote/Publikationen/Berichte/F2288-2.html)
- [7] *Ellegast, R.; Hermanns, I.; Schiefer, C.:* Workload assessment in field using the ambulatory CUELA system. *Lecture Notes in Computer Science* 5620 (2009), S. 221-226
- [8] *Kuorinka I.; Jonsson B.; Kilbom A.:* Standardized Nordic questionnaires for the analysis of musculoskeletal symptoms. *Appl. Ergon.* 18 (1987), S. 233-237
- [9] *Ellegast, R.:* Personengebundenes Messsystem zur automatisierten Erfassung von Wirbelsäulenbelastungen bei beruflichen Tätigkeiten. BIA-Report 5/98. Hrsg.: Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften (HVBG), Sankt Augustin 1998. [www.dguv.de/ifa](http://www.dguv.de/ifa), Webcode: d6633



# **Mensch-Maschine-Interaktion/ Wearables**

---



# Einführung in die Anforderungen und ein gelungenes Beispiel für die Umsetzung einer ergonomischen Lösung zur Mensch-Maschine-Interaktion

Peter Frener<sup>1</sup>, Klaus-Dieter Wendt<sup>2</sup>

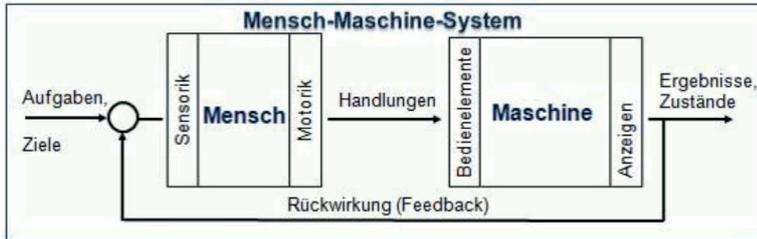
<sup>1</sup>Berufsgenossenschaft Holz und Metall (BGHM), Düsseldorf

<sup>2</sup>Continental AG, Hannover

The slide features the DGUV logo (Fachbereich Holz und Metall, Berufsgenossenschaft Holz und Metall) in the top left corner. The main title 'Mensch-Maschine-Interaktion' is centered in a large blue font, with the subtitle 'Human-Machine-Interface (HMI)' below it in a smaller grey font. The presenter's name 'Peter Frener, FB HM - SG FALV' is located in the bottom left corner.

The slide features the DGUV logo in the top right corner. The title 'Ergonomische Schnittstellen zwischen Mensch und Maschine' is in blue. Below it, the text 'Einflussgrößen neben der Funktionalität' is on the left. A central diagram consists of six hexagons: a central red one labeled 'Eigenschaften des Menschen' and five surrounding blue ones labeled 'physische Belastungen', 'Umgebungsbedingungen', 'psychische Belastungen', 'Maschinengestaltung', and 'Arbeitsorganisation'. The footer contains 'FB HM - SG FALV Peter Frener', '02.11.2016', and the page number '2'.

## Grundlagen



Ziel: Schnittstellen auf menschliche Fähigkeiten und Bedürfnisse anpassen

## Maschinenrichtlinie → Hersteller

Abhang 1, Punkt 1.1.6

...Belästigung, Ermüdung sowie körperliche und psychische Fehlbeanspruchung ... auf das mögliche Mindestmaß reduzieren ... →

- Körpermaße, Körperkräfte, Ausdauer
- Bewegungsfreiraum
- Arbeitsrhythmus nicht von Maschine vorgegeben
- Keine Überwachungstätigkeit mit dauernder Aufmerksamkeitsanforderung
- Schnittstelle Mensch-Maschine an voraussehbare Eigenschaften der Bediener angepasst

## Betriebssicherheitsverordnung → Betreiber

### § 3 - Gefährdungsbeurteilung

(2) [...] Bei der Gefährdungsbeurteilung ist insbesondere folgendes zu berücksichtigen:

1. Die Gebrauchstauglichkeit von Arbeitsmitteln einschließlich der ergonomischen, alters- und altersgerechten Gestaltung
2. Die sicherheitsrelevanten einschließlich der ergonomischen Zusammenhänge zwischen Arbeitsplatz, Arbeitsverfahren, Arbeitsorganisation, Arbeitsablauf, Arbeitszeit und Arbeitsaufgabe
3. Die physischen und psychischen Belastungen der Beschäftigten, die bei der Verwendung von Arbeitsmitteln auftreten.

## Betriebssicherheitsverordnung → Betreiber

### TRBS 1151

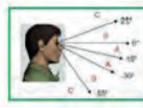
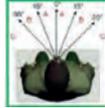
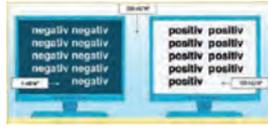
#### „Gefährdungen an der Schnittstelle Mensch - Arbeitsmittel“

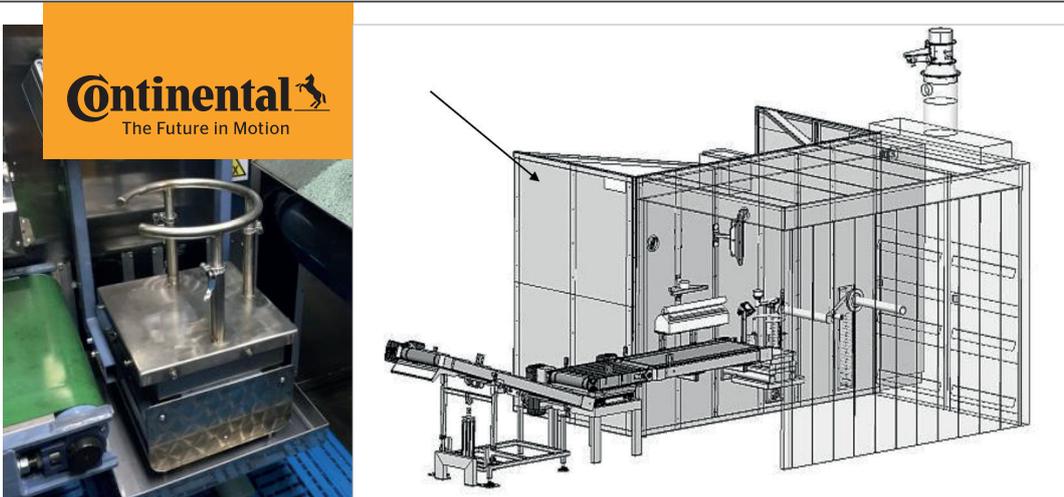
Zu bewerten sind:

- Ergonomische Gestaltung von Arbeitsmitteln
- Beleuchtung am Arbeitsplatz
- Darstellung der Informationen
- Berücksichtigung körperlicher Voraussetzungen
- Lärm am Arbeitsmittel

## Beispiel: Anzeigergeräte

- Auswahl geeigneter Anzeigergeräte
- Positionierung digitaler/analoger Anzeigen
- Zeichenschärfe, -höhe, -breite und Darstellung
- Farbkombinationen
- Blickgeometrie
- ...





## Corporate Ergonomics – Good Practice Example

Manuelles Verwiegen von Chemikalien  
 - Ergonomische Verbesserungen –  
 - Good Practice Ergonomie Konferenz April 2016 in Berlin -

6. DGUV-Fachgespräch Ergonomie

## Human-Machine-Interface (HMI)



<p><b>Psychische Belastung</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Monotonie</li> <li>• Überforderung</li> <li>• Unterforderung</li> <li>• Konzentrationsanforderung</li> <li>• ...</li> </ul>	<p><b>Umgebungsbedingungen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Klima/Wärmestrahlung</li> <li>• Lärm</li> <li>• Vibration</li> <li>• Beleuchtung / Blendung</li> <li>• Feuchte</li> <li>• ...</li> </ul>	
<p><b>Demografie</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sehraum</li> <li>• Sehschärfe</li> <li>• Feinmotorik</li> <li>• ...</li> </ul>		<p><b>Physische Belastung</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Körperhaltung</li> <li>• Heben/Halten/Tragen</li> <li>• Dynamische/statische Muskelarbeit</li> <li>• Manuelle Arbeitsprozesse</li> <li>• Ziehen/Schieben</li> <li>• Körperbewegung</li> <li>• Haltungs- und Bewegungsverteilung</li> <li>• ...</li> </ul>
<p><b>Arbeitsorganisation/ Arbeitssicherheit</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Taktzyklus</li> <li>• Sehraum</li> <li>• Bindung an den technischen Prozess</li> <li>• ...</li> </ul>	<p><b>Eigenschaften des Mitarbeiters</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Leistungsfähigkeit</li> <li>• Körpermaße</li> <li>• Psychische Merkmale</li> <li>• Belastung / Beanspruchung</li> <li>• ...</li> </ul>	<p><b>Maschinengestaltung</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Anzeigengestaltung</li> <li>• Bedienelemente/Stellteile</li> <li>• Softwareergonomie</li> <li>• ...</li> </ul>



## Ausgangslage



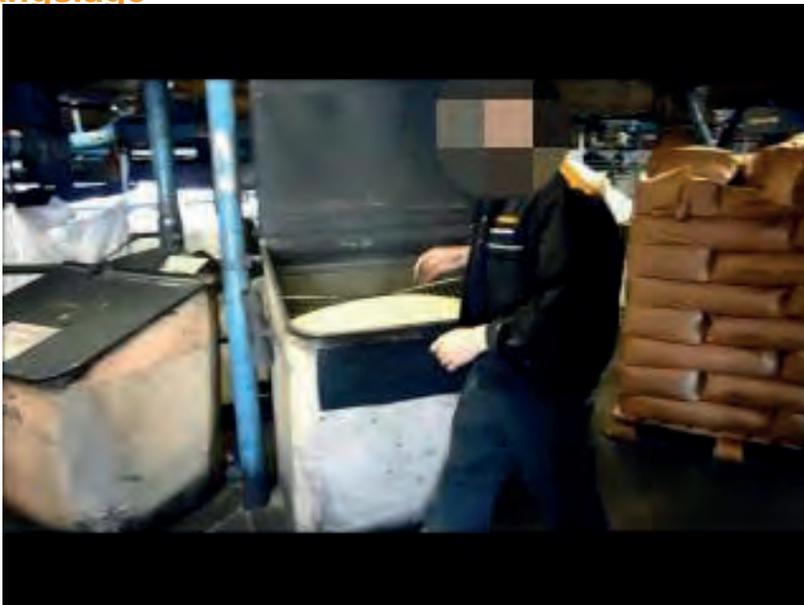
6. DGUV-Fachgespräch Ergonomie

18.03.2017

Klaus-Dieter.Wendt@conti.de

3

## Ausgangslage



6. DGUV-Fachgespräch Ergonomie

18.03.2017

Klaus-Dieter.Wendt@conti.de

4

## Manuelles Verwiegen von Chemikalien Erste Optimierungsstufe



Speziell für Greenfield Werke hat das Engineering in Hannover den Bereich der manuellen Verwiegung von Kleinchemikalien neu gestaltet.



- ✓ Bewegungsmelder um Aspiration auszuschalten
- ✓ Spezielle Aspirationskabine mit beweglichem Aspirationsarm
- ✓ Höhenverstellbare Waage
- ✓ Höherverstellbarer Trolley



6. DGUV-Fachgespräch Ergonomie

18.03.2017

Klaus-Dieter.Wendt@conti.de

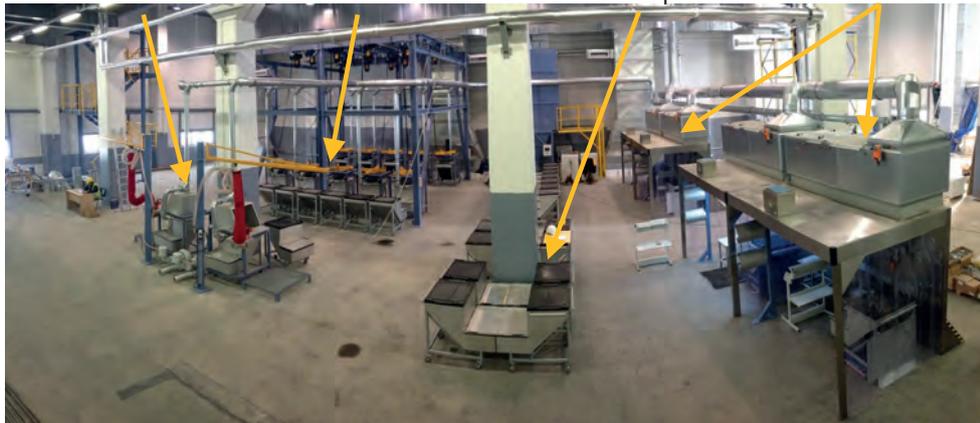
5

## Manuelles Verwiegen von Chemikalien



Umgesetzt und mit dem 3. Platz beim Conti-Ergonomieaward belohnt !

Sack Stationen mit Vacuumheber    Big Bag Stationen    Chemikalien Trolleys nach FIFO Prinzip    Aspirationskabinen



6. DGUV-Fachgespräch Ergonomie

18.03.2017

Klaus-Dieter.Wendt@conti.de

6

## Erste Optimierungsstufe



## Darstellung von Entlastung

### Good Example



**Aber es geht immer noch besser!!!**



- ✓ Ideen aus Ergonomie Workshops deutscher Standorte sind mit eingeflossen
- ✓ Spezielle Aspirationskabine mit Bewegungsmelder bleibt
- ✓ Aspirationsleistung wird von 3000 auf 2600 m<sup>3</sup>/h gesenkt durch Schließen der langen anstelle der kurzen Seite
- ✓ Fußboden frei für Reinigung
- ✓ Automatischer Transport der Beutel in die Box
- ✓ Position Display wurde verbessert
- ✓ Neigung der Trolleys zum Bediener

## Darstellung von Entlastung



### Good Example



- ✓ Befüllen der Trolleys möglichst aus Big Bags
- ✓ Automatisches Öffnen und Schließen des Schiebers zum Befüllen der Trolleys.
- ✓ Reduktion Lastenhandhabung (kaum noch Sackhandling)



6. DGUV-Fachgespräch Ergonomie

18.03.2017

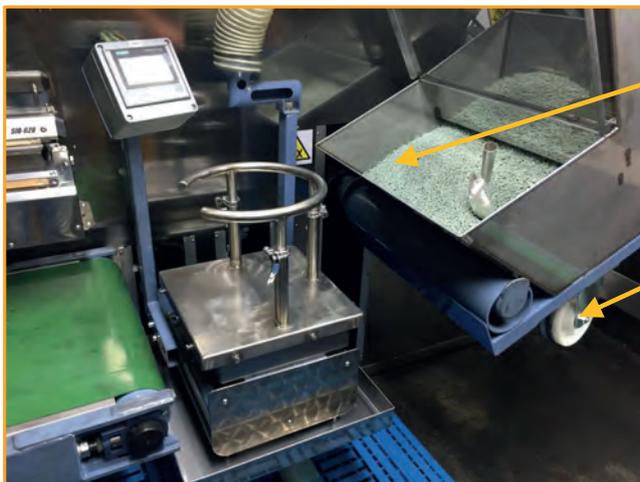
Klaus-Dieter.Wendt@conti.de

9

## Darstellung von Entlastung



### Good Example



#### Der Arbeitsplatz:

- ✓ Trolley automatisch höhenverstellbar und kippbar
- ✓ vergrößerte Räder mit 160 mm Durchmesser aus Polyamid; 4 Lenkrollen einmal mit Bremse



6. DGUV-Fachgespräch Ergonomie

18.03.2017

Klaus-Dieter.Wendt@conti.de

10

## Darstellung von Entlastung



### Good Example



#### Der Arbeitsplatz:

- ✓ separates Display mit Waage gemeinsam höhenverstellbar



Ständige Nick- und Drehbewegung des Kopfes entfällt



## Darstellung von Entlastung



### Good Example



#### Der Arbeitsplatz

- ✓ PC zur Rezepteingabe
- ✓ getrenntes Display mit Gewicht und Toleranz



## Darstellung von Entlastung



### Good Example



#### Der Arbeitsplatz

- ✓ Verschweißung mit Transportband auf gleicher Höhe wie die Waage
- ✓ Herüberziehen des gefüllten Beutels ohne Heben möglich
- ✓ Manuelles Schweißgerät mit Band, höhenverstellbar in 2 Positionen für kleine und große Beutel
- ✓ Nach Verschweißen erfolgt automatischer Abtransport des Beutels ohne Heben in die Box



6. DGUV-Fachgespräch Ergonomie

18.03.2017

Klaus-Dieter.Wendt@conti.de

13

## Zweite Optimierungsstufe



6. DGUV-Fachgespräch Ergonomie

18.03.2017

Klaus-Dieter.Wendt@conti.de

14

# Ergebnisdarstellung Arbeitsplatz



## Poor Example

## Good Example

Profil: weiblich/männlich	Bewertungsstufen	1	2	3	4	5	6	7
<b>Physische Belastungen</b>								
Körperhaltung incl. Kopfhaltung								
Körperbewegung								
Lastenhandhabung								
Dynamische Muskelarbeit								
Manuelle Arbeitsprozesse								
Haltungs-/Bewegungsverteilung								

Profil: weiblich/männlich	Bewertungsstufen	1	2	3	4	5	6	7
<b>Physische Belastungen</b>								
Körperhaltung incl. Kopfhaltung								
Körperbewegung								
Lastenhandhabung								
Dynamische Muskelarbeit								
Manuelle Arbeitsprozesse								
Haltungs-/Bewegungsverteilung								

Verwiegung mit **deutlich** verbesserter Körper- und Kopfhaltung (Nickbewegung des Kopfes entfällt, kaum Drehung des Körpers)

Manuelles Tragen und Legen der Beutel in die Box entfällt → Durch Zeitgewinn von ca. 5 s pro Verwiegung kann der Ausstoß im Gewichtsbereich von **1 – 5 Kg um ca. 10 – 15 %** erhöht werden. Im Gewichtsbereich **< 1 kg** sind bis **zu 20 %** mehr Ausstoß möglich. Im Gewichtsbereich **> 5 Kg werden min 5 %** mehr erreicht

Manuelles Gleiten anstelle Tragen des Beutels zum Schweißgerät mit verbesserter Körperhaltung; durch die lineare Anordnung von Waage und Schweißgerät entfällt die Drehung des Körpers



# Pilotstudie zum Trainings- und Transfereffekt kognitiver Spiele

Nadine Richter, Hanna Zieschang

Institut für Arbeit und Gesundheit der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IAG), Dresden

## Kurzfassung

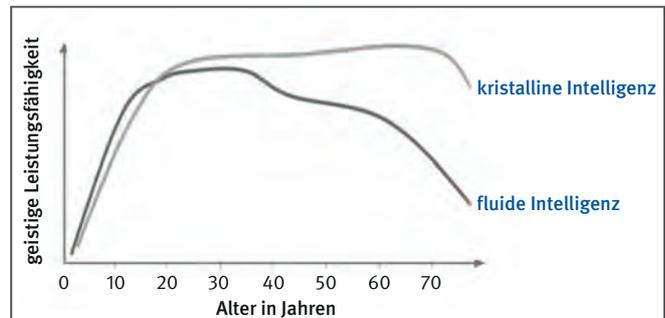
Eine gute Mischung aus kognitiven und körperlichen Anforderungen und abwechslungsreiche Aufgaben während der Arbeit gelten als erstrebenswert. Doch wir wissen, der Arbeitsalltag sieht häufig anders aus. Viele Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmer können sich nicht vorstellen, ihren Beruf aufgrund von körperlichen und psychischen Belastungen bis zum Rentenalter auszuführen. Ein Berufswechsel ist oft die Lösung. Ziel unserer Studie ist es zu untersuchen, ob der Einsatz kognitiver Spiele im Rahmen von „Denkpausen“ bei körperlich belastenden oder monotonen Berufen Transfereffekte in arbeitsnahe Aufgaben mit sich bringt und somit ein Berufswechsel erleichtert werden kann. In einer Pilotstudie nahmen 14 Beschäftigte unseres Praxispartners aus dem Pflegebereich teil. Davon trainierten acht Beschäftigte als Versuchsgruppe über fünf Wochen mit verschiedenen Spielen ihre Fähigkeit der visuellen Suche. Erste Ergebnisse deuten auf keinen Transfereffekt des Trainings auf andere Aufgaben hin. Allerdings können aufgrund der kleinen Stichprobe keine statistisch abgesicherten Aussagen getroffen werden.

## 1 Einleitung und theoretischer Hintergrund

Als ein Vertreter der kognitiven Ergonomie wurde die Pilotstudie zu Trainings- und Transfereffekten kognitiver Spiele beim Fachgespräch Ergonomie vorgestellt. Die kognitive Ergonomie hat sich zum Ziel gesetzt, „*Arbeitssysteme im Hinblick auf Gesundheit, Wohlbefinden und Leistungsfähigkeit der Mitarbeiter zu optimieren*“ [1]. Ein besonderer Fokus wird dabei auf die Analyse kognitiver Prozesse gelegt, wie beispielsweise Aufmerksamkeit, Gedächtnis oder schlussfolgerndes Denken, die entscheidend sind für erfolgreiches Arbeiten in einer komplexen, sich stetig verändernden Arbeitswelt [1].

Die angesprochenen kognitiven Prozesse können der fluiden Intelligenzform zugeordnet werden. In der Intelligenzforschung wird unterschieden zwischen fluiden und kristalliner Intelligenz [2]. Kristalline Intelligenz umfasst all unser Wissen, unsere Erfahrungen, unseren Wortschatz, alles das, was wir im Laufe unseres Lebens gelernt haben. Die fluide Intelligenz wird dagegen als unser angeborenes Potenzial angesehen. Sie umfasst unsere Fähigkeiten zum logischen Denken, zum Lösen von Problemen in neuen Situationen, aber auch das Arbeitsgedächtnis und die Aufmerksamkeit zählen dazu [2]. Fluide und kristalline Intelligenz unterscheiden sich in ihrer Entwicklung über die Lebensspanne (Abbildung 1). Die fluide Intelligenz nimmt mit zunehmendem Alter tendenziell ab. Dabei ist eine starke Varianz zwischen Individuen zu beachten, die von verschiedenen Einflussfaktoren abhängig ist, wie z. B. der Ausbildung, dem Lebensstil, dem Gesundheitsstatus, der Art der Arbeit oder Stress [3].

Abbildung 1:  
Schematischer Verlauf von fluider und kristalliner Intelligenz über die Lebensspanne (in Anlehnung an [4])



In der Literatur besteht Uneinigkeit darüber, ob die fluide Intelligenz trainierbar ist oder nicht [5 bis 7]. Eine 2015 erschienene Metaanalyse zu dieser Frage deutet auf kleine, aber signifikante Steigerungen der fluiden Intelligenz durch Training des Arbeitsgedächtnisses hin [8]. Außerdem belegen Studien, dass schlechte Leistungen in exekutiven Funktionen durch körperliches und mentales Training verbessert werden können. Zwei nennenswerte Studien dazu stammen von *Falkenstein* und Kollegen [9; 10]. Im „Programm zur Förderung und zum Erhalt intellektueller Fähigkeiten für ältere Arbeitnehmer“ (kurz „PFIFF“) konnten vier Einflussfaktoren auf die geistige Leistungsfähigkeit aufgezeigt werden: gesunde Ernährung, guter Umgang mit Stress, körperliche Aktivität sowie kognitive Aktivität [9]. In der Dortmunder Altersstudie (Studie zur Förderung der Hirnleistungsfähigkeit bei Älteren) wurde nachgewiesen, dass regelmäßiges mentales Training bestimmte kognitive Funktionen bei Senioren messbar verbessert. Außerdem zeigte sich mentales Training effektiver als andere Trainingsformen, wie körperliches Training oder Entspannungstechniken [10]. In diesen Studien wurden standardisierte kognitive Aufgaben genutzt, um einen Trainingseffekt nachzuweisen. Wir möchten mit unserem Pilotprojekt und der nachfolgenden Studie einen Schritt weiter gehen und untersuchen, ob sich durch kognitives Training auch die Leistung in der Arbeitswelt verbessert.

Dafür musste zunächst festgelegt werden, auf welche spezifische Komponente der fluiden Intelligenz wir uns konzentrieren. Da in mehreren Studien die Effektivität von kognitiven Trainings in Visueller Suche nachgewiesen wurde [11 bis 13], entschieden wir uns für diese. Bei der Wahl der Stichprobe war der iga.Report 17 – „Mein nächster Beruf“ von Bedeutung [14]. Darin wurden Beispiele zu einer individuellen lebensphasenorientierten Laufbahngestaltung vorgestellt, wie z. B. vom Dachdecker zum Systemadministrator oder von der Pflegekraft zur Kodierfachkraft. Die Beispiele zeigen, dass die Fluktuation in physisch bzw. körperlich und psychisch belastenden Berufen hoch und ein Tätigkeits- oder Berufswechsel keine Seltenheit ist.

Ein Tätigkeits- oder Berufswechsel erfolgt oftmals in ein Aufgabengebiet, das ganz andere Ressourcen und Fähigkeiten fordert als der vorherige Beruf. In den oben angeführten Beispielen wird ein Wechsel von einem körperlich bzw. körperlich und psychisch belastenden Beruf in verwaltende, überwachende und somit vordergründig kognitiv fordernde Berufe dargestellt. In vielen überwachenden Arbeitsfeldern ist die Detektion von definierten Reizen eine wichtige Aufgabe (Sicherheitsdienste, Qualitätssicherung, Flugsicherung, Medizin etc.). Die Fähigkeit, definierte Reize zu erkennen, ist ein essenzieller Bestandteil der Visuellen Suche. Auf der Grundlage dieser Betrachtungen haben wir uns für Beschäftigte aus dem Pflegebereich als Stichprobe unserer Studie zu den Effekten kognitiver Spiele entschieden. Werden kognitive Trainings in den Arbeitsalltag integriert, ist zu vermuten, dass ein späterer Tätigkeits- oder Berufswechsel vereinfacht werden kann.

## 2 Methoden

### 2.1 Stichprobe

Für die Pilotstudie konnten insgesamt 14 Beschäftigte (weiblich: 6, männlich: 8; Durchschnittsalter: 45,43 Jahre) unseres Praxispartners aus dem Bereich Pflege gewonnen werden. Die Zuteilung zu Versuchs- und Kontrollgruppe erfolgte zufällig. Acht Teilnehmende (weiblich: 4, männlich: 4; Durchschnittsalter: 41,5 Jahre) wurden der Versuchsgruppe (VG) zugeordnet, sechs (weiblich: 2, männlich: 4; Durchschnittsalter: 50,7 Jahre) der Kontrollgruppe (KG). Ein Teilnehmer der Kontrollgruppe brach die Teilnahme ab, bevor die Tests der Vortestung (siehe Abschnitt 2.2.) begonnen hatten. Unter den Teilnehmenden waren Beschäftigte aus der Verwaltung und der Betreuung.

### 2.2 Vor- und Nachttestung

In der Vor- und Nachttestung kamen zwei standardisierte Aufgaben zur Visuellen Suche aus der ALAcog-Testbatterie sowie eine neu entwickelte arbeitsnahe Aufgabe zum Einsatz. Zum einen gab es die Aufgabe, in einer Matrix von Pfeilen verschiedener Orientierung und verschiedener Farbe (rot und grün) auf vorgegebene Kombinationen zu reagieren (Konjunktionssuche). Bei der Berechnung der Ergebnisse wurden die Reaktionszeiten um die Fehler bereinigt und als Inverse Effizienz angegeben.

Als zweite standardisierte Aufgabe wurde der Trail-Making-Test in drei Schwierigkeitsstufen genutzt. Zum einen mussten die Teilnehmenden auf einen aufblinkenden Reiz klicken (Trail-Making Color). Sinn dieser Aufgabe war es, die reine Bewegungszeit zu erfassen und somit eine Baseline zu schaffen für die Berechnung der Visuellen Suche sowie des Visuellen Wechsels. Als nächst schwerere Stufe mussten sie die Zahlen 1 bis 26, die ungeordnet in einem Quadrat verteilt waren, der Reihe nach anklicken (Trail-Making Numbers). Subtrahiert man von diesem Ergebnis den Wert des Trail-Making Colors, erhält man den Wert für die Visuelle Suche. Die Aufgabe Trail-Making Numbers wurde in der schwierigsten Stufe mit Buchstaben kombiniert. Nun mussten die Teilnehmenden abwechselnd Zahlen und Buchstaben aufsteigend geordnet anklicken (1 – A – 2 – B – 3 – C usw.; Trail-Making Switch). Mit dieser Aufgabe wird zusätzlich zur Fähigkeit der Visuellen Suche die Fähigkeit des Visuellen Wechsels erfasst. Den Wert für den Visuellen Wechsel erhält

man, indem der Trail-Making-Numbers-Wert vom Trail-Making-Switch-Wert abgezogen wird.

Als arbeitsrelevante Aufgabe wurde eine mit Fehlern versehene Excel-Datei in zwei verschiedenen thematischen Settings als Parallelversion für die Vor- und Nachttestung entwickelt. In der Vortestung bearbeiteten die Teilnehmenden das Protokoll einer Versicherungsberatung, das demografische Kundendaten (Name, Vorname, Geschlecht, Geburtsdatum, Wohnort) sowie Daten zur Beratung (Datum, Beginn, Ende, Vereinbarung für erneutes Gespräch) enthielt. In der Nachttestung handelte es sich um eine parallel angelegte Bestellübersicht eines Online-Blumenversands. Es gab verschiedene Arten von Fehlern, wie z. B. Konflikt zwischen Name und Geschlecht, ungültige Daten (z. B. 34. als Tag), Buchstabendoppelungen in Worten oder Konflikt zwischen dem Datum der ersten und erneuten Beratung bzw. Bestell- und Auslieferungsdatum. Für die Auswertung wurde erfasst, wie viele Fehler die Teilnehmenden in einem Zeitraum von sieben Minuten fanden (Treffer), wie viele sie übersahen (Verpasser) und wie viele sie als Fehler markierten, obwohl es gar keine Fehler waren (Falscher Alarm).

### 2.3 Kognitive Spiele

Zwischen der Vor- und Nachttestung fanden für die Versuchsgruppe neun Trainingseinheiten statt, die jeweils 15 bis 20 Minuten dauerten. Pro Trainingseinheit wurden jeweils zwei der vier zur Verfügung stehenden kognitiven Spiele eingesetzt. Die vier Spiele stammten aus drei verschiedenen Softwares:

- **Ballonjagd** aus Fresh Minder 2 [15]  
Ziel ist es, so viele verschiedenfarbige über den Bildschirm fliegende Ballons wie möglich mit der Maus „abzuschießen“, wobei stets die Ballons einer Farbe nicht getroffen werden dürfen. Diese Farbe ist am unteren Rand angegeben und ändert sich mehrfach über die 90 Sekunden eines Spieldurchlaufes.
- **Symbole suchen** aus Fresh Minder 2  
Ziel ist es, in einer Matrix verschiedener Symbole alle Symbole anzuklicken, die identisch sind mit dem über der Matrix abgebildeten Symbol. Der Schwierigkeitsgrad wird automatisch an die Leistung des Teilnehmenden angepasst.
- **Achtung, Eindringling!** aus Happy Neuron [16]  
Dieses Spiel verlangt von den Teilnehmenden, einen zuvor gezeigten „Eindringling“ in einer Matrix von gleichen Symbolen zu finden. Dabei gibt es zehn verschiedene Schwierigkeitsstufen. Im Rahmen des Trainings wurden acht dieser Stufen gespielt. Die Stufen unterscheiden sich z. B. in der Anzahl der Symbole in der Matrix oder im Vorhandensein eines Ablenkreizes.
- **Auffinden** aus USM Brain Trainer [17]  
Auch bei diesem Spiel ging es darum, Symbole wiederzuerkennen. Das Zielsymbol wurde dabei nur für wenige Sekunden gezeigt. Die Teilnehmenden mussten sich dieses merken und in der sich nach und nach aufbauenden Matrix anklicken. Es gab drei verschiedene Schwierigkeitsstufen, die sich in der Komplexität der Bilder unterschieden.

### 3 Erste Ergebnisse

Aufgrund der geringen Teilnehmeranzahl werden an dieser Stelle nur deskriptive Ergebnisse der Vor- und Nachtestung präsentiert. Daher können keine allgemeingültigen Schlussfolgerungen aus den Ergebnissen gezogen werden. In den Tabellen 1 bis 6 sind die Mittelwerte und Standardabweichungen zu den Leistungen der Versuchspersonen in den standardisierten Aufgaben zur Visuellen Suche aus der ALAcog-Testbatterie (Tabellen 1 bis 3) sowie in der neu entwickelten arbeitsnahen Aufgabe zur Visuellen Suche, der Excel-Datei (Tabellen 4 bis 6), abgebildet.

Die Ergebnisse zur Visuellen Suche im Trail-Making Test (Tabelle 1) zeigen, dass die Geschwindigkeit der Visuellen Suche in beiden Gruppen in der Nachtestung im Vergleich zur Vortestung höher ist, wobei die Verlangsamung der Kontrollgruppe deskriptiv größer ist.

Auch in Bezug auf den Visuellen Wechsel waren die Teilnehmenden in der Nachtestung langsamer als in der Vortestung. Versuchs- und Kontrollgruppe unterscheiden sich ebenfalls in ihren deskriptiven Ergebnissen. Die Kontrollgruppe war bei beiden Messzeitpunkten schneller als die Versuchsgruppe (Tabelle 2).

In der Matrixaufgabe waren die Teilnehmenden sowohl der Versuchs- als auch der Kontrollgruppe in der Nachtestung schneller und genauer als in der Vortestung. Deskriptiv ist die Verbesserung in der Visuellen Suche in der Versuchsgruppe größer als in der Kontrollgruppe (Tabelle 3).

In der arbeitsnahen Excel-Aufgabe fanden beide Gruppen in der Nachtestung deskriptiv betrachtet mehr Fehler als in der Vortestung (Tabelle 4). Zudem übersahen die Teilnehmenden weniger Fehler in der Nachtestung (Tabelle 5). Die Kontrollgruppe zeigte deskriptiv stärkere Verbesserungen in der Fehlersuche (mehr Treffer, weniger Verpasser und Falsche Alarme) als die Versuchsgruppe (Tabellen 4 bis 6).

Tabelle 1:  
Mittelwert (MW) und Standardabweichung (SD) der Visuellen Suche beim Trail-Making Test (Reaktionszeit in Trail-Making Numbers minus Reaktionszeit in Trail-Making Colors in ms)

	Vorher		Nachher	
	MW	SD	MW	SD
Versuchsgruppe	160,50	75,47	180,57	206,50
Kontrollgruppe	104,00	92,45	209,25	155,22

Tabelle 2:  
MW und SD des Visuellen Wechsels beim Trail-Making Test (Reaktionszeit in Trail-Making Switch minus Reaktionszeit in Trail-Making Numbers in ms)

	Vorher (n = 13)		Nachher	
	MW	SD	MW	SD
Versuchsgruppe	139,80	84,79	248,75	97,52
Kontrollgruppe	67,50	48,73	111,00	200,10

Tabelle 3:  
MW und SD der Reaktionszeiten (ms) in der Aufgabe Matrix, bereinigt um Fehler

	Vorher		Nachher	
	MW	SD	MW	SD
Versuchsgruppe	2 644,29	1 079,98	1 877,57	1 072,99
Kontrollgruppe	2 202,20	1 222,65	1 953,20	1 087,26

Tabelle 4:  
MW und SD der Treffer in der Excel-Aufgabe in Prozent

	Vorher		Nachher	
	MW	SD	MW	SD
Versuchsgruppe	47,62	14,99	58,38	17,37
Kontrollgruppe	47,92	18,48	71,43	10,10

Tabelle 5:

MW und SD der Verpasser in der Excel-Aufgabe in Prozent

	Vorher		Nachher	
	MW	SD	MW	SD
Versuchsgruppe	52,38	14,99	33,79	12,09
Kontrollgruppe	52,08	18,48	28,57	10,10

Tabelle 6:

MW und SD der Falschen Alarme in der Excel-Aufgabe in Prozent

	Vorher		Nachher	
	MW	SD	MW	SD
Versuchsgruppe	0	0	7,82	17,50
Kontrollgruppe	0	0	0	0

Vergleicht man die Ergebnisse der Vor- und Nachtstestung, deuten diese sowohl in den standardisierten als auch in der arbeitsnahen Aufgabe eher nicht auf Trainings- und Transfereffekte durch die kognitiven Spiele hin. Wenn es Verbesserungen von der Vor- zur Nachtstestung gab, wurden diese von beiden Gruppen gezeigt und waren dabei teilweise bei der Kontrollgruppe stärker ausgeprägt.

#### 4 Diskussion und Ausblick

Da es sich bei dieser Studie um eine Pilotstudie handelt, die dazu dient, die Instrumente für den Einsatz in einer komplexer angelegten Studie zu testen, soll an dieser Stelle diskutiert werden, was aus der Pilotstudie gelernt werden kann.

Mögliche Gründe für die besseren Ergebnisse der Kontrollgruppe im Nachttest sind, dass sich die Versuchspersonen besser mit Excel auskennen oder in ihren Arbeitsaufgaben stärker in der Visuellen Suche gefordert sind. Deshalb ist zukünftig bei der Wahl der Stichprobe auf mehr Homogenität bezüglich der Aufgabe zu achten. Aufgrund der letztendlich geringen Teilnehmerzahl wurde es in diesem Pilot auch interessierten Beschäftigten aus der Verwaltung gestattet, an der Studie teilzunehmen. Zukünftig sollte allerdings darauf geachtet werden, dass die Versuchspersonen eher monotone und/oder körperlich belastende Aufgaben in ihrer realen Tätigkeit ausführen. Außerdem sollte beachtet werden, dass sowohl jüngere als auch ältere Personen teilnehmen, um Altersvergleiche zu ermöglichen, insbesondere bei der Analyse der Blickstrategie. Die Blickstrategie sollte dabei mit neuerer Technik bei möglichst allen Teilnehmenden der Versuchsgruppe erfasst werden. Ansonsten können keine allgemeingültigen Rückschlüsse aus den Ergebnissen gezogen werden.

Für die Durchführung der Trainingseinheiten sollte mehr Zeit eingeplant werden. In der Pilotstudie gab es neun Trainingseinheiten. Nur ein Teilnehmer nahm an allen Einheiten teil. Im Durchschnitt nahmen die Teilnehmenden an 6,6 Trainingseinheiten teil. Berücksichtigt man, dass erst nach 15 Trainingseinheiten von einem Trainingseffekt auszugehen ist [3], sollte für die folgende Studie ein Trainingszeitraum von mindestens zehn Wochen mit zwei Trainingseinheiten pro Woche angesetzt werden. Alle Teilnehmenden der Studie sollten motiviert werden, an

den für sie vorgesehenen Terminen (VG: Vor- und Nachtstestung sowie Training, KG: Vor- und Nachtstestung) zu erscheinen.

Obwohl das Feedback aus der Versuchsgruppe zum Training positiv war, könnten die Trainingseinheiten abwechslungsreicher gestaltet werden. Drei der vier Aufgaben zur Visuellen Suche ähneln sich sehr. In Trainingseinheiten, in denen zwei dieser Spiele eingesetzt werden, könnte ein weiteres Spiel aus der Software Fresh Minder 2 ohne konkreten Bezug zur Visuellen Suche zur Auflockerung genutzt werden.

#### Literatur

- [1] Psychoakustik und kognitive Ergonomie. Hrsg.: Fraunhofer-Institut für Bauphysik, Stuttgart. [www.ibp.fraunhofer.de/de/Kompetenzen/akustik/psychoakustik.html](http://www.ibp.fraunhofer.de/de/Kompetenzen/akustik/psychoakustik.html)
- [2] *Baltes, P. B.; Lindenberger, U.; Staudinger, U. M.*: Die zwei Gesichter der Intelligenz im Alter. *Spektrum der Wissenschaft* (1995) Nr. 10, S. 52-61
- [3] *Gajewski, P. D.; Falkenstein, M.*: Lifestyle and interventions for improving cognitive performance in older adults. In: *Raab, M.; Lobinger, B.; Hoffmann, S.; Pizzera, A.; Laborde, S.* (Hrsg.): *Performance psychology: Perception, action, cognition, and emotion*. Elsevier, Oxford 2015, S. 189-203
- [4] *Falkenstein, M.*: Maßnahmen zur Förderung der mentalen Leistungsfähigkeit Älterer – Workshop-Vortrag. Beratertag der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA), Dortmund, November 2016
- [5] *Harrison, T. L.; Shipstead, Z.; Hicks, K. L.; Hambrick, D. Z.; Redick, T. S.; Engle, R. W.*: Working memory training may increase working memory capacity but not fluid intelligence. *Psychol. Sci.* 24 (2013) Nr. 12, S. 2409-2419
- [6] *Rudebeck, S. R.; Bor, D.; Ormond, A.; O'Reilly, J. X.; Lee, A. C.*: A potential spatial working memory training task to improve both episodic memory and fluid intelligence. *PLoS One* 7 (2012) Nr. 11, S. e50431

- [7] *Stephenson, C. L.; Halpern, D. F.*: Improved matrix reasoning is limited to training on tasks with a visuospatial component. *Intelligence* 41 (2013) Nr. 5, S. 341-357
- [8] *Au, J.; Sheehan, E.; Tsai, N.; Duncan, G. J.; Buschkuhl, M.; Jaeggi, S. M.*: Improving fluid intelligence with training on working memory: a meta-analysis. *Psychon. Bull. Rev.* 22 (2015) Nr. 2, S. 366-377
- [9] *Freude, G.; Falkenstein, M.; Zülch, J.*: Förderung und Erhalt intellektueller Fähigkeiten für ältere Arbeitnehmer – Abschlussbericht des Projekts „PFIFF“. INQA-Bericht Nr. 39. Hrsg.: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA), Dortmund 2010. [www.inqa.de/DE/Angebote/Publikationen/pfiff-abschlussbericht-foerderung-und-erhalt.html](http://www.inqa.de/DE/Angebote/Publikationen/pfiff-abschlussbericht-foerderung-und-erhalt.html)
- [10] *Gajewski, P.; Wipking, C.; Falkenstein, M.; Gehlert, T.*: Dortmunder Altersstudie: Studie zur Förderung der Hirnleistungsfähigkeit bei Älteren. Forschungsbericht VV 04. Hrsg.: Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e. V., Berlin 2010
- [11] *Ball, K.; Berch, D. B.; Helmers, K. F.; Jobe, J. B.; Leveck, M. D.; Marsiske, M.* et al.: Effects of cognitive training interventions with older adults: a randomized controlled trial. *JAMA* 288 (2002) Nr. 18, S. 2271-2281
- [12] *Dennis, W.; Scialfa, C. T.; Ho, G.*: Age differences in feature selection in triple conjunction search. *J. Gerontol. B Psychol. Sci. Soc. Sci.* 59 (2004) Nr. 4, S. P191-P198
- [13] *Scialfa, C. T.; Jenkins, L.; Hamaluk, E.; Skaloud, P.*: Aging and the development of automaticity in conjunction search. *J. Gerontol. B Psychol. Sci. Soc. Sci.* 55 (2000) Nr. 1, S. P27-P46
- [14] *Jahn, F.; Ulbricht, S.*: „Mein nächster Beruf“ – Personalentwicklung für Berufe mit begrenzter Tätigkeitsdauer. Teil 1: Modellprojekt in der stationären Krankenpflege. iga-Report 17, Teil 1. 2. Aufl. Hrsg.: Die Initiative Gesundheit und Arbeit (iga), 2011
- [15] Fresh Minder 2. Fresh Minder-Vertrieb, Besigheim (kostenpflichtig)
- [16] HappyNeuron. SBT, 2008 (kostenpflichtig)
- [17] USM Brain Trainer. United Soft Media Verlag, München 2009 (kostenpflichtig)



# Messung der physischen Aktivität mit Wearables

Britta Weber<sup>1</sup>, Rolf Ellegast<sup>1,2</sup>, Vera Schellewald<sup>1</sup>, Anika Weber<sup>2</sup>, Markus Röhrig<sup>2</sup>, Daniel Friemert<sup>1,2</sup>, Ulrich Hartmann<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA), Sankt Augustin

<sup>2</sup>RheinAhrCampus der Hochschule Koblenz (RAC), Remagen

## Kurzfassung

Der aktuelle Techniktrend Wearables ist auch in der Arbeitswelt angekommen. Ein Anwendungsgebiet ist die Untersuchung von bewegungsarmem Verhalten am Arbeitsplatz. Um in der Praxis bei der Auswahl geeigneter Wearables zu helfen, wurde ein Schema entwickelt, das Wearables anhand verschiedener Charakteristika in drei Kategorien einteilt. Hierbei steigen mit zunehmender Komplexität der Wearables die Möglichkeiten in der Datenauswertung, wohingegen der Tragekomfort abnimmt. Dies konnte in einer explorativen Studie zu Nutzerakzeptanz und Praktikabilität bestätigt werden. Erste Ergebnisse der noch andauernden Validierung von verschiedenen Wearable-Typen deuten darauf hin, dass die untersuchten Vertreter der Kategorie 1 für die Herzfrequenz genauere Daten liefern als zum Energieumsatz.

## 1 Einleitung

An immer mehr Arbeitsplätzen wird fast ausschließlich gesessen. Es gibt Hinweise darauf, dass große Anteile sitzend verbrachter Zeit mit dem Risiko für eine Vielzahl gesundheitlicher Beeinträchtigungen einhergehen, und zwar unabhängig vom Level der körperlichen Aktivität insgesamt [1; 2]. Die Untersuchung der Auswirkungen von Bewegungsmangel und Dauersitzen auf unsere Gesundheit stellt eine wichtige Forschungsaufgabe dar. Hierfür ist es notwendig, relevante Aktivitätsparameter – wie die im Sitzen verbrachte Zeit, den Energieumsatz, die Schritte usw. – anhand von objektiven und validen Messmethoden zu erheben. Die exakte Quantifizierung des Bewegungsverhaltens spielt auch bei der Überprüfung von Maßnahmen der Bewegungsförderung eine entscheidende Rolle. Immer häufiger werden die genannten Aktivitätsparameter mithilfe von kommerziellen Wearables ermittelt. Gemeint sind hier am Körper getragene Computer- oder Sensorsysteme, die kontextbezogen mit der Person interagieren. Je nach Art der integrierten Sensoren sammeln und speichern Wearables unterschiedliche Nutzerdaten. Weit verbreitete Beispiele sind Fitnessstracker, die zum Beispiel am Hand- oder Fußgelenk getragen werden, oder intelligente Kleidungsstücke (smart textiles), in die Sensoren eingearbeitet sind.

Ziel dieser Studie ist es, Wearables zu identifizieren, die sich zur Aktivitätserfassung am Arbeitsplatz eignen. Auf der Basis geeigneter Kriterien, wie Genauigkeit, Praktikabilität oder Tragekomfort, wird zum einen ein Kategoriensystem entwickelt, das in der Praxis helfen soll, das richtige Gerät für die jeweilige Anwendung auszuwählen. In einem weiteren Schritt werden verschiedene Wearables auf Praktikabilität und Genauigkeit getestet.

## 2 Kategorisierung von Wearables

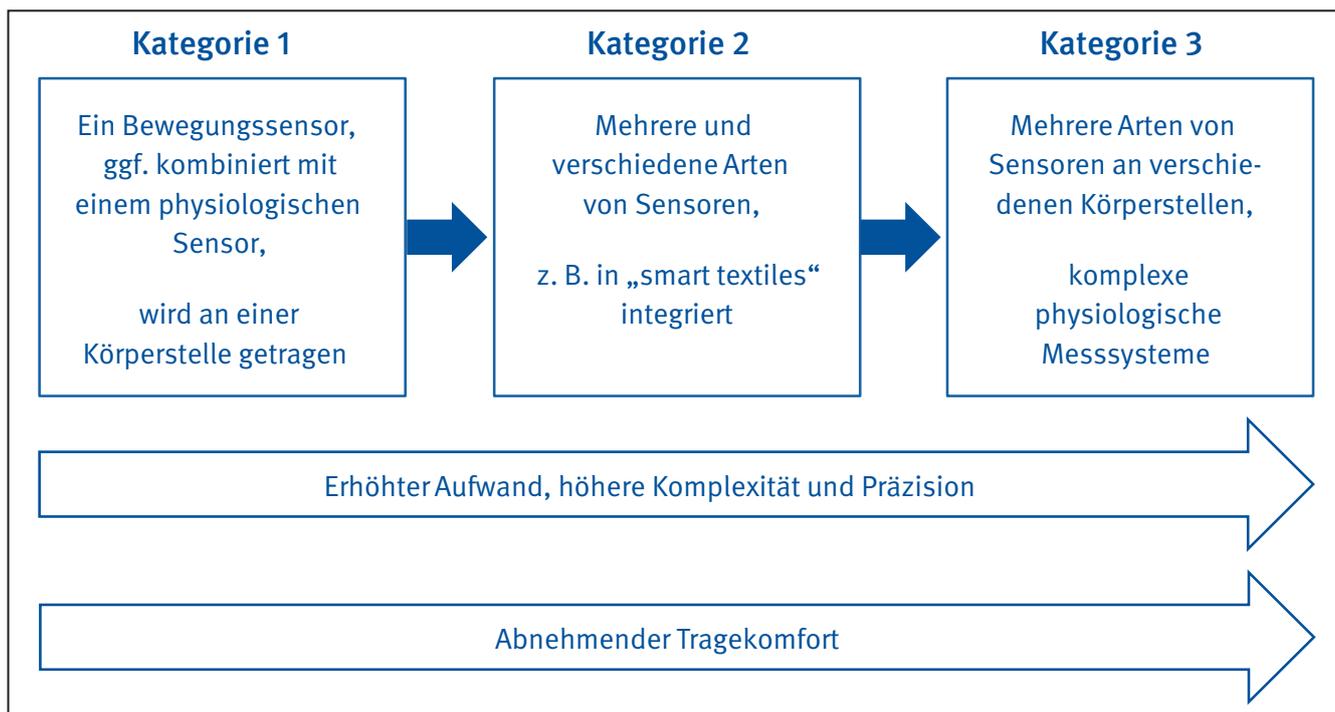
Zunächst wurde eine internetbasierte Recherche zu allen in Deutschland verfügbaren Wearables durchgeführt. Anhand folgender Kriterien wurde die Eignung zur Aktivitätserfassung am Arbeitsplatz festgelegt:

- Ausgabe relevanter Parameter (wie Schritte, Herzfrequenz, Energieumsatz),
- Batterieversorgung/selbständige Anwendung über mehrere Arbeitstage,
- Tragekomfort,
- Zugänglichkeit der Daten und
- Preis-Leistungs-Verhältnis.

Für geeignet erscheinende Wearables wurde nach Art und Anzahl von integrierten Sensoren sowie nach den genannten Kriterien ein Kategoriensystem entwickelt (prinzipielle Darstellung siehe Abbildung 1). Bei der Produktrecherche lag der Fokus auf Wearables aus dem Bereich „consumer electronics“. Um vollständig abzubilden, was zur Aktivitätserfassung mit dem Begriff „Wearable“ versehen werden kann, wurde das Kategoriensystem um Expertensysteme zur Aktivitätserfassung ergänzt. Die Wearables wurden in drei Kategorien eingeteilt:

- Kategorie 1 umfasst alle Ein-Sensor-Systeme oder Geräte mit einer Kombination von Bewegungs- und physiologischen Sensoren, die an einer Körperstelle getragen werden. Das können einfache Pedometer oder Aktivitätstracker sein, die am Handgelenk, am Fußgelenk oder an der Hüfte getragen werden. In der Regel erfassen diese Wearables Aktivitätsparameter, wie Schritte, Energieumsatz oder aktiv verbrachte Zeit, anhand eines Beschleunigungssensors. Häufig wird bei am Handgelenk getragenen Wearables auch die Herzfrequenz über optische Sensoren ermittelt. Spezialfälle in dieser Kategorie sind Beschleunigungssensoren aus dem eher wissenschaftlichen Bereich, die an beliebiger Körperstelle befestigt werden können (z. B. Accelerometer von ActiGraph oder Axivity).
- Kategorie 2 enthält smart textiles, in die Kombinationen von Bewegungs- und physiologischen Sensoren integriert sind. Hierbei handelt es sich meist um Shirts (z. B. von Hexoskin oder Ambiotex), die die Herzfrequenz über eingebaute Elektroden im Brustbereich ermitteln. Zusätzlich werden mittels Beschleunigungssensoren z. B. Aktivitäts- und Atmungsparameter bestimmt.

Abbildung 1:  
Kategorisierung von Wearables anhand der Art und Anzahl von Sensoren



- In Kategorie 3 wurden komplexe Messsysteme zusammengefasst, die aus unterschiedlichen Arten von Sensoren bestehen und physiologische Informationen von mehreren Körperstellen sammeln. Hierunter fällt z. B. das CUELA-Messsystem (CUELA: Computerunterstützte Erfassung und Langzeit-Analyse von Belastungen des Muskel-Skelett-Systems) [3] oder spezielle Setups von kommerziell erhältlichen Sensoren. Der Einsatz mehrerer Bewegungssensoren ermöglicht eine differenzierte Körperhaltungs- und Aktivitätsanalyse. Da diese Systeme von modularem Charakter sind, können je nach Anwendungszweck die Zahl der einzusetzenden Sensoren angepasst und Erweiterungen (z. B. Elektrokardiogramm oder Elektromyografie) vorgenommen werden.

Prinzipiell steigt mit zunehmender Sensorenzahl der Umfang und die Präzision der erfassten Aktivitätsdaten. Durch die höhere Komplexität der Systeme nimmt aber auch der Aufwand

bei der Nutzung zu und es kann zu Einbußen beim Tragekomfort kommen.

### 3 Test auf Akzeptanz und Nutzbarkeit von Wearables

Um Nutzerakzeptanz und Nutzbarkeit (aus Untersuchersicht) verschiedener Wearables zu testen, wurde eine explorative Untersuchung an acht Personen durchgeführt. Die Testpersonen trugen die Wearables an einem kompletten Arbeitstag bei der Büroarbeit. Aus Kategorie 1 wurden die Wearables Fitbit Surge, Epson Pulsense und Flyfit getestet. Aus Kategorie 2 kam das Hexoskin-Shirt für Frauen und das Ambiotex-Shirt für Männer zum Einsatz und aus Kategorie 3 wurde eine 4-Sensor-Konfiguration von AX3-Sensoren (Axivity) eingesetzt. Die AX3-Sensoren wurden hierbei am rechten Oberschenkel, am rechten Oberarm, an der rechten Hüfte und am Sternum befestigt. In Tabelle 1 sind die Testergebnisse aufgeführt.

Tabelle 1:  
Ergebnisse der Akzeptanz- und Nutzbarkeitstestung

		Kategorie 1	Kategorie 2	Kategorie 3
Nutzerakzeptanz	Dauer von Einweisung und Anbringung ist akzeptabel.	ja	ja	ja
	Tragen des Messsystems stört nicht.	ja	ja	ja
	Tragen des Messsystems ist vorstellbar für ...	immer/zwei bis drei Monate	zwei bis fünf Tage/ zwei bis vier Wochen	zwei bis fünf Tage/ ein bis zwei Tage pro Woche über zwei bis vier Wochen
Nutzbarkeit (aus Untersuchersicht)	Die Geräte liefern Rohdaten/Daten im Zeitverlauf.	nein	ja	ja
	Die Geräte liefern differenzierte Daten zum Aktivitätsverhalten.	nein	nein	ja
	Keine speziellen Anforderungen zum Starten/ Initialisieren einer Messung.	nein	ja (Hexoskin)/ nein (Ambiotex)	ja

Zur Nutzerakzeptanz gaben alle Personen für alle Wearables aus den drei Kategorien an, dass die Dauer für Einweisung und Anbringung akzeptabel ist und sie sich durch das Wearable nicht gestört fühlten. Sie konnten sich zudem vorstellen, die Wearables aus Kategorie 1 für mindestens zwei bis drei Monate zu tragen, die Shirts für bis zu zwei bis vier Wochen und die Axiivity Sensoren für zwei bis fünf Tage oder sogar länger, wenn diese nur an einem bis zwei Tagen pro Woche getragen werden.

Zur Nutzbarkeit aus Untersuchersicht gilt nur für die Messsysteme der Kategorien 2 und 3, dass man Rohdaten und/oder Daten im Zeitverlauf erhält. Differenzierte Daten zum Aktivitätsverhalten (z. B. Unterscheidung verschiedener Körperhaltungen, kumulative Dauern von Aktivitäten) liefert nur Kategorie 3. Auch benötigt das Axiivity System keine speziellen Anforderungen zum Starten oder Initialisieren einer Messung. Gleiches gilt für das Hexoskin-Shirt aus Kategorie 2.

#### 4 Test auf Genauigkeit von Wearables aus Kategorie 1

In einer Laborstudie wurden Wearables aus der Kategorie 1 hinsichtlich Energieumsatzbestimmung und Herzfrequenzmessung einem Genauigkeitstest unterzogen. An der Studie nahmen elf Personen (sechs Frauen und fünf Männer) teil mit einem mittleren Alter von 33,1 (Standardabweichung (SD):  $\pm 11,4$ ) Jahren und einem durchschnittlichen Body Mass Index (BMI) von 22,9 (SD:  $\pm 3,2$ )  $\text{kg}/\text{m}^2$ .

Die Versuchspersonen absolvierten ein Aktivitätsprotokoll mit 13 verschiedenen Tätigkeiten, die typischerweise an Büroarbeitsplätzen vorkommen. Neben Fortbewegungsaktivitäten und Bürotätigkeiten an konventionellen Sitz- und Steharbeitsplätzen wurden Bürotätigkeiten an verschiedenen dynamischen Arbeitsstationen ins Protokoll aufgenommen. Die Fortbewegungsaktivitäten umfassten Gehen auf dem Laufband bei 4, 5 und 6  $\text{km}/\text{h}$  (Dauer jeweils 3 min) sowie treppab und treppauf gehen (jeweils drei Stockwerke; Dauer ca. 45 s). Die standardisierten Bürotätigkeiten (lesen, tippen, Mausearbeit) dauerten jeweils 3 min und wurden ausgeführt an einem Sitzarbeitsplatz, einem Steharbeitsplatz, an einem Arbeitsplatz mit elliptischem Untertischergometer (activeLife Trainer, aLT), an einem Arbeitsplatz mit Deskbike (Worktrainer Deskbike, DB) und einem Laufbandarbeitsplatz (Treadmill Desk, TMD). Bei den dynamischen Arbeitsplätzen gab es jeweils zwei Durchläufe bei unterschiedlichen hohen Widerständen (aLT: Stufen 1 und 5; WD: Stufen 1 und 4; jeweils bei 40 RPM) bzw. bei unterschiedlichen Geschwindigkeiten (TMD: 0,6 und 2,5  $\text{km}/\text{h}$ ).

Abbildung 2 zeigt die Instrumentierung in der Laborstudie. Die Testpersonen trugen vier Handgelenks-wearables: Fitbit Surge (FBS), Microsoft Band (MSB), MioFuse (MF) und Fitbit Charge (FBC). Die Referenzmessung des Energieumsatzes lieferte ein mobiles Spirometriegerät (Metamax 3B, MMX). Zur Einordnung der Herzfrequenzangaben wurde als Referenz ein Polar-System eingesetzt.

Die Ergebnisse aus der Überprüfung der Energieumsatzbestimmung sind in Abbildung 3 dargestellt. Das Diagramm zeigt die relativen Differenzen zwischen MMX und den Wearables aus Kategorie 1. Am auffälligsten sind die großen Abweichungen

beim Treppengehen. Hier gibt es deutliche Überschätzungen für FBC und FBS, beim treppab gehen sogar um das Dreifache. Auch die MF überschätzt den Energieumsatz bei allen Tätigkeiten. Beim Sitzen und Stehen finden sich z. B. Überschätzungen von ca. 90 %. Aber auch für MSB gibt es mittlere Abweichungen zwischen  $-60$  und  $+50$  %. Fast alle Wearables tendieren dazu, den Energieumsatz beim Sitzen, Stehen und Gehen zu überschätzen und ihn bei der Benutzung der dynamischen Arbeitsplätze zu unterschätzen. Nur MSB unterschätzt den Energieumsatz beim Gehen (um ca. 40 bis 50 %) und MF zeigt leichte Überschätzungen (um ca. 5 bis 50 %) an den dynamischen Stationen.

Abbildung 4 zeigt die relativen Differenzen zwischen den über Polar und über FBS gemessenen Herzfrequenzen. Aufgrund messtechnischer Probleme konnte die Auswertung nur für vier Versuchspersonen vorgenommen werden. Bei den Bürotätigkeiten und beim Treppengehen unterschätzt die FBS zwischen 3 und 18 % und beim Gehen kommt es tendenziell zu Überschätzungen (bis 5 %).

Abbildung 2: Instrumentierung in der Laborstudie



Abbildung 3:  
Relative Differenzen bei der Energieumsatzbestimmung:  $(\text{kcal}/\text{min}_{\text{MMX}} - \text{kcal}/\text{min}_{\text{wearableX}}) / \text{kcal}/\text{min}_{\text{MMX}} \cdot 100$ ; MW je Tätigkeit  $\pm$  SD; n = 11

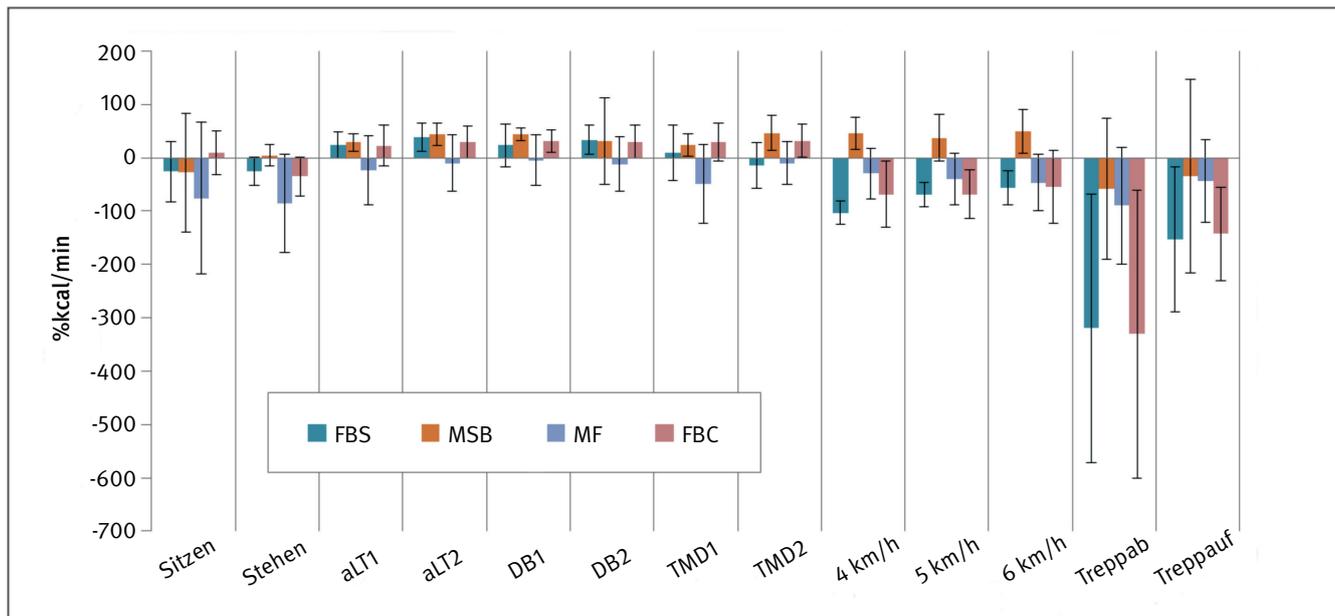
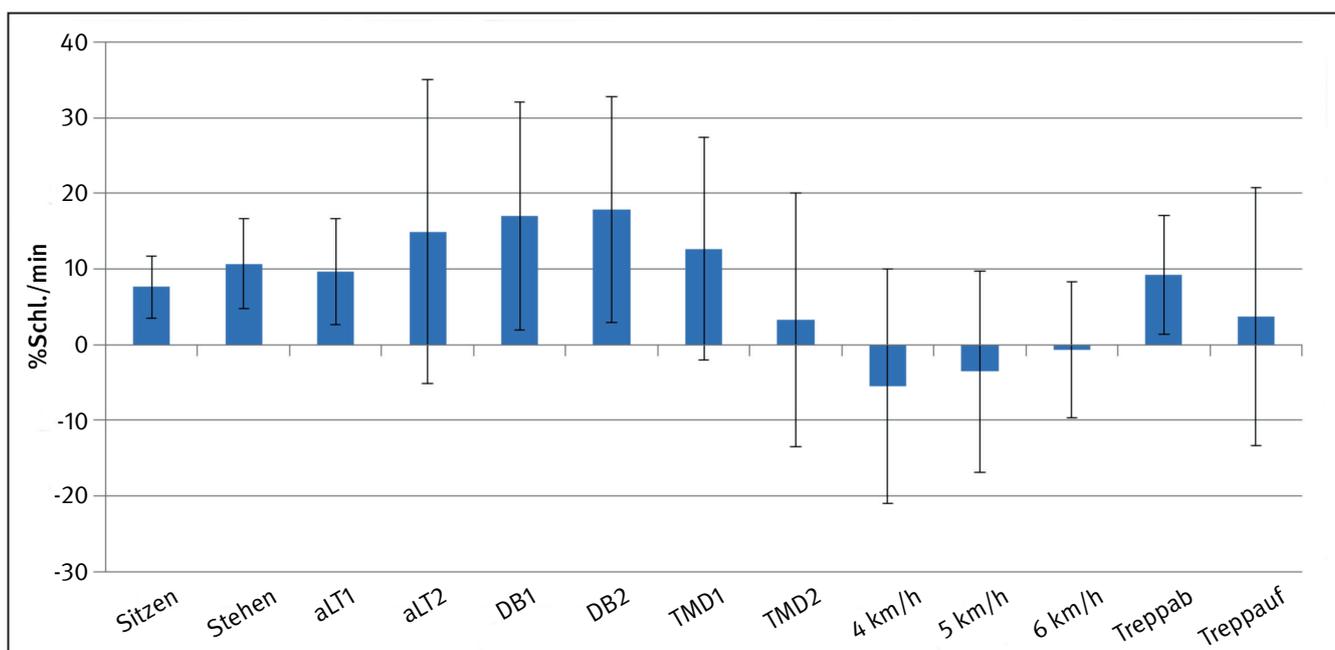


Abbildung 4:  
Relative Differenzen bei der Herzfrequenzmessung:  $(\text{Schl.}/\text{min}_{\text{Polar}} - \text{Schl.}/\text{min}_{\text{FBS}}) / \text{Schl.}/\text{min}_{\text{MMX}} \cdot 100$ ; MW je Tätigkeit  $\pm$  SD; n = 4



## 5 Diskussion und Ausblick

Alle untersuchten Wearables wurden von den Testpersonen gut akzeptiert, wobei die Wearables aus Kategorie 1 auf die höchste Akzeptanz stießen. Ihr größter Nachteil liegt darin, dass man keinen direkten Zugang auf die erfassten Daten hat. Über Apps und Dashboards bekommt man tageweise Zusammenfassungen, aber Rohdaten oder Daten im Zeitverlauf sind aktuell nur über spezielle – kosten- und zeitintensive – Lösungen von Drittanbietern zugänglich. Es gibt jedoch immer mehr Bemühungen seitens der Hersteller und von Drittanbietern, Wearables auch für den wissenschaftlichen Bereich nutzbar zu machen.

Zudem weisen die mit Wearables der Kategorie 1 ermittelbaren Daten die niedrigste Komplexität auf. Die Genauigkeitsüberprüfung ergab, dass es bei der Energieumsatzbestimmung für einige Tätigkeiten zu erheblichen Abweichungen kommen kann. Demnach gilt es für den Einsatz dieser Wearables vorab zu prüfen, welche Tätigkeiten zu erwarten sind und in welcher Differenziertheit die Daten benötigt werden. Kommen an dem zu untersuchenden Arbeitsplatz überwiegend Sitzen und Stehen vor und man ist in erster Linie an Gruppenmittelwerten interessiert, so kann man beispielsweise FBC, FBS oder MSB einsetzen.

Im Vergleich zur Energieumsatzbestimmung scheint bei der FBS die Messung der Herzfrequenz genauer zu erfolgen. Allerdings sollte berücksichtigt werden, dass die Überprüfung nur an

einem relativ kleinen Kollektiv vorgenommen wurde. Zur Validierung von Wearables werden weitere Untersuchungen unter Einbeziehung der Kategorien 2 und 3 durchgeführt, in denen z. B. auch ein EKG-System zur Überprüfung der Herzfrequenzbestimmung eingesetzt wird.

Hinsichtlich der Charakteristika der verschiedenen Wearables muss für jedes individuelle Anwendungsszenario abgewogen werden, welches Wearable jeweils am besten geeignet ist. Vor diesem Hintergrund führt das IFA die beschriebenen Aktivitäten zur Kategorisierung und Bewertung von Wearables auch als Teil des PEROSH-Verbundes europäischer Arbeitsschutzinstitute durch [4]. Unter Leitung des dänischen National Research Centre for the Working Environment (NRCWE) wird derzeit eine europäische Handlungsempfehlung zur Messung physischer Aktivitäten erstellt. Diese stellt u. a. ein Auswahlverfahren für Wearables zur Messung körperlicher Aktivität am Arbeitsplatz zur Verfügung.

## Literatur

- [1] *Ekelund, U.; Steene-Johannessen, J.; Brown, W. J.; Fagerland, M. W.; Owen, N.; Powell, K. E.; Bauman, A.; Lee, I.-M.*: Does physical activity attenuate, or even eliminate, the detrimental association of sitting time with mortality? A harmonised meta-analysis of data from more than 1 million men and women. *Lancet* 388 (2016) Nr. 10051, S. 1302-1310
- [2] *Ekblom-Bak, E.; Hellenius, M. L.; Ekblom, B.*: Are we facing a new paradigm of inactivity physiology? *Br. J. Sports Med.* 44 (2010) Nr. 12, S. 834-835
- [3] *Ellegast, R.; Hermanns, I.; Schiefer, C.*: Workload assessment in field using the ambulatory CUELA system. In: *Duffy, V. G.* (Hrsg.): *Digital Human Modeling, HCII 2009*, LNCS 5620. Springer, Berlin 2009, S. 221-226
- [4] PEROSH recommendations for procedures to measure occupational physical activity and workload. Hrsg.: PEROSH – Partnership for European Research in Occupational Safety and Health. [www.perosh.eu/research-projects/perosh-projects/perosh-recommendations-for-procedures-to-measure-occupational-physical-activity-and-workload/](http://www.perosh.eu/research-projects/perosh-projects/perosh-recommendations-for-procedures-to-measure-occupational-physical-activity-and-workload/)



# **Prävention arbeitsbezogener Muskel-Skelett-Erkrankungen**

---



# Gefährdungsbeurteilung physischer Belastungen – neue Ansätze im Projekt MEGAPHYS

Dirk Ditschen<sup>1</sup>, Hansjürgen Gebhardt<sup>2</sup>, Bernd Hartmann<sup>3</sup>, Ingo Hermanns<sup>1</sup>, Matthias Jäger<sup>4</sup>, Claus Jordan<sup>4</sup>, André Klußmann<sup>2</sup>, Karlheinz Schaub<sup>5</sup>, Marianne Schust<sup>6</sup>, Andrea Sinn-Behrendt<sup>5</sup>, Britta Weber<sup>1</sup>, Felix Brandstädt<sup>6</sup> und die MEGAPHYS-Projektgruppe\*

\*MEGAPHYS-Projektgruppe (zusätzlich zu den genannten Autoren): Ralph Bruder<sup>5</sup>, Mark Brütting<sup>1</sup>, Ulrich Glitsch<sup>1</sup>, Ulrike Hoehne-Hückstädt<sup>1</sup>, Gregor Kern<sup>8</sup>, Karlheinz Lang<sup>2</sup>, Rainer Lietz<sup>1</sup>, Falk Liebers<sup>6</sup>, Markus Post<sup>1</sup>, Monika A. Rieger<sup>9</sup>, Andreas Schäfer<sup>2</sup>, David Seidel<sup>1,9</sup>, Patrick Serafin<sup>2</sup>, Ulf Steinberg<sup>7</sup>

<sup>1</sup> Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA), Sankt Augustin

<sup>2</sup> ASER – Institut für Arbeitsmedizin, Sicherheitstechnik und Ergonomie, Wuppertal

<sup>3</sup> ArbMedErgo, Hamburg

<sup>4</sup> IfADo – Leibniz-Institut für Arbeitsforschung an der Technischen Universität Dortmund

<sup>5</sup> IAD – Institut für Arbeitswissenschaft der Technischen Universität Darmstadt

<sup>6</sup> Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA), Berlin

<sup>7</sup> Ergonomieberatung Steinberg, Berlin

<sup>8</sup> KME – Kern Medical Engineering, Frankfurt am Main

<sup>9</sup> IASV – Institut für Arbeitsmedizin, Sozialmedizin und Versorgungsforschung des Universitätsklinikums Tübingen

## Kurzfassung

Beim Projekt MEGAPHYS handelt es sich um ein gemeinsames Forschungsvorhaben der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) und der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (DGUV) mit dem Ziel, ein Methodenpaket zur Verbesserung der Gefährdungsbeurteilung physischer Belastungen zu entwickeln und zu evaluieren. Das gemeinsam mit wissenschaftlichen Kooperationspartnern zu entwickelnde Instrumentarium soll bei unterschiedlichen Belastungsarten anwendbar sein, die gesundheitlichen Risiken für das gesamte Muskel-Skelett-System beurteilen und unterschiedliche Zielgruppen ansprechen. Dabei reichen die Methoden vom Beobachtungsverfahren für die betriebliche Praxis über Verfahren für Ergonomiefachleute bis hin zu messtechnischen Analyseverfahren für die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler.

Um diese Ziele zu erreichen, erstellen die Forschungspartner anhand bestehender Methoden und der relevanten Fachliteratur entsprechende Entwürfe für Erhebungs- und Bewertungsverfahren. Im Rahmen einer Feldstudie an ca. 120 Arbeitsplätzen werden die jeweilige Belastungssituation arbeitswissenschaftlich und messtechnisch dokumentiert sowie das subjektive Belastungsempfinden und arbeitsbedingte Beschwerden oder Erkrankungen von bis zu 1200 Personen durch Befragungen und arbeitsmedizinische Untersuchungen erfasst. Diese Untersuchungsergebnisse fließen anschließend in die Evaluation und Revision der Methodenentwürfe ein. Aktuell befindet sich das Projekt in der Datenerhebungsphase. Erste Ergebnisse werden für 2018 erwartet.

## 1 Einleitung

Die Prävention arbeitsbedingter physischer Belastungen ist ein wichtiges Thema für alle im Arbeitsschutz tätigen Institutionen, da diese Belastungen ein Risiko für die Entstehung von Muskel-Skelett-Erkrankungen darstellen können. Gemäß dem Gesetz

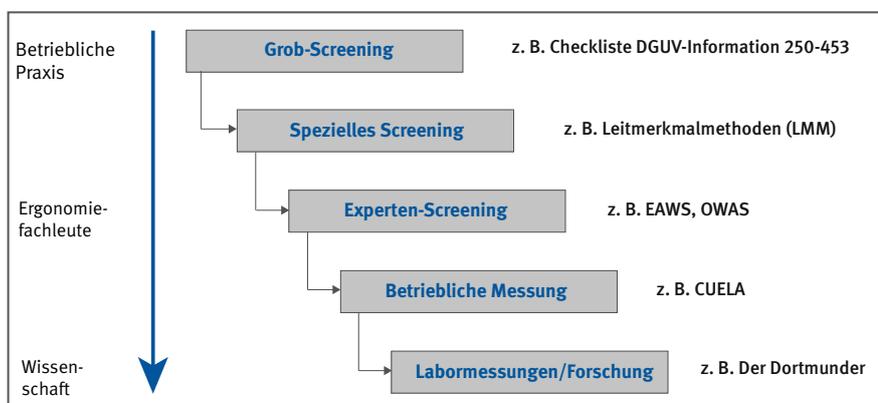
zur Durchführung von Maßnahmen des Arbeitsschutzes zur Verbesserung der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes der Beschäftigten bei der Arbeit (Arbeitsschutzgesetz – ArbSchG [1]) ist der Arbeitgeber verpflichtet, „*durch eine Beurteilung der für die Beschäftigten mit ihrer Arbeit verbundenen Gefährdung zu ermitteln, welche Maßnahmen des Arbeitsschutzes erforderlich sind*“ (§ 5 ArbSchG). Demnach besteht also eine Pflicht des Arbeitgebers zur Gefährdungsbeurteilung. Zusätzlich ist für den Arbeitgeber auch die Bereitstellung einer geeigneten arbeitsmedizinischen Vorsorge gesetzlich geregelt: § 11 ArbSchG und Arbeitssicherheitsgesetz (ASiG) [2]. Gemäß der Novellierung der Verordnung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge (ArbMedVV) im Jahr 2013 ist eine derartige Vorsorge nun auch verpflichtend anzubieten bei „*Tätigkeiten mit wesentlich erhöhten körperlichen Belastungen mit Gesundheitsgefährdungen für das Muskel-Skelett-System*“ [3].

Demgemäß ist der Arbeitgeber sowohl zur Durchführung der Gefährdungsbeurteilung als auch zur Feststellung des Bedarfs einer arbeitsmedizinischen Vorsorge im Falle arbeitsbedingter physischer Belastungen auf geeignete Instrumente angewiesen. In der arbeitsmedizinischen Regel (AMR) 13.2 [4] werden mit den Leitmerkmalmethoden zur Beurteilung von Gefährdungen durch „Heben, Halten, Tragen“ [5], „Ziehen, Schieben“ [6] und „Manuelle Arbeitsprozesse“ [7] sowie der Handlungsanleitung für die arbeitsmedizinische Vorsorge nach dem Grundsatz G 46 „Belastungen des Muskel-Skelettsystems einschließlich Vibrationen“ [8] einige geeignete Instrumente genannt. Demnach existieren aktuell bereits verschiedene Methoden zur orientierenden Gefährdungsbeurteilung physischer Belastungen auf Screening-Niveau, aber nicht für alle Formen arbeitsbedingter physischer Belastungen (z. B. Kraftaufwendungen, Zwangshaltungen), nicht für alle „Zielgruppen“ (z. B. berufliche Praxis, Arbeitsmedizin, Wissenschaft) und nicht immer mit dem für bestimmte Arbeitsplätze notwendigen Differenzierungsgrad. In diesem Fall können Arbeitgeber gegebenenfalls auf komplexere Expertenverfahren wie das European Assembly Worksheet (EAWS) [9] zurückgrei-

fen bzw. bei komplexen und hoch-dynamischen Belastungen messtechnische Analysemethoden wie CUELA (CUELA: Computer-unterstützte Erfassung und Langzeitanalyse von Muskel-Skelett-Belastungen) [10] in Kombination mit biomechanischen Simulationsrechnungen wie Der Dortmund [11] einsetzen.

Da die genannten Beispiele den Bedarf an einer umfassenden Gefährdungsbeurteilung physischer Belastungen an unterschiedlichsten Arbeitsplätzen noch nicht ausreichend abdecken, haben die Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) und die Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV) die Initiative ergriffen und gemeinsam mit Kooperationspartnern das Forschungsvorhaben MEGAPHYS (MEGAPHYS: Mehrstufige Gefährdungsanalyse physischer Belastungen am Arbeitsplatz) [12] ins Leben gerufen.

Abbildung 1: Stufenkonzept der Gefährdungsbeurteilung in MEGAPHYS mit Zielgruppen (links) und Beispielen (rechts) [13]; Abkürzungen siehe Text



Während die Beobachtungsverfahren wie Grob-Screening und Spezielles Screening bei der Gefährdungsbeurteilung auf die Art der physischen Belastung fokussieren, konzentrieren sich die messtechnischen Verfahren auf die Belastungslokalisation. Verfahren des Experten-Screenings versuchen, beide Ansätze zu integrieren. Zu den in MEGAPHYS untersuchten Belastungsarten zählen folgende Tätigkeiten: Heben, Halten, Tragen, Ziehen und Schieben von Lasten, manuelle Arbeitsprozesse, Ganzkörperkräfte, Körper(zwangs)haltungen und Körper(fort)-bewegungen. Die untersuchten Belastungslokalisationen oder Zielregionen sind Nacken, Schulter, Ellenbogen, Handgelenk, oberer und unterer Rücken, Hüftgelenk, Kniegelenk sowie das Herz-Kreislauf-System.

Da zwischen beiden Ansätzen deutliche Zusammenhänge bestehen, ergänzen sich diese sehr gut und bieten gleichzeitig die Möglichkeit, die Methoden aufeinander abzustimmen.

Unter Federführung der BAuA und des Instituts für Arbeitsschutz der DGUV (IFA) sollen an insgesamt etwa 120 Arbeitsplätzen arbeitstechnische Daten erhoben und nach arbeitswissenschaftlichen Gesichtspunkten analysiert und bewertet werden („Belastungssituation“). Dabei zeichnen die Projektpartner BAuA, Ergonomieberatung Steinberg, Institut für Arbeitsmedizin, Sicherheitstechnik und Ergonomie aus Wuppertal (ASER) sowie ArbMedErgo aus Hamburg verantwortlich für die (Weiter-)Entwicklung von Bewertungsverfahren auf der Ebene des Speziellen Screenings, das Institut für Arbeitswissenschaft der Technischen

## 2 Das Projekt MEGAPHYS

Ziel des Forschungsvorhabens ist die Bereitstellung eines Methodenpakets zur Gefährdungsbeurteilung verschiedener arbeitsbedingter körperlicher Belastungen. Dazu soll das vorhandene Methodeninventar auf verschiedenen Differenzierungsstufen verbessert, ergänzt und evaluiert sowie aufeinander abgestimmt werden. Die einzelnen Differenzierungsstufen vom einfachen Grob-Screening (Ja/Nein-Niveau) über Screening- oder Beobachtungsverfahren und betriebliche Messungen bis hin zu komplexen Laborsimulationen sprechen dabei unterschiedliche Zielgruppen an und verfolgen zum Teil unterschiedliche Ansätze der Belastungsbewertung (Abbildung 1).

Universität Darmstadt (IAD) für das Experten-Screening, das IFA für die betrieblichen Messungen und das Leibniz-Institut für Arbeitsforschung an der Technischen Universität Dortmund (IfADo) für die biomechanischen Laborsimulationen.

Um mögliche Zusammenhänge zwischen den physischen Belastungen am Arbeitsplatz und dem Auftreten von Muskel-Skelett-Beschwerden unter den Beschäftigten an den untersuchten Arbeitsplätzen aufzuzeigen und für die Evaluation der entwickelten Bewertungsverfahren einsetzen zu können, sollen parallel bei ca. 1 200 Beschäftigten (Ziel: durchschnittlich zehn Beschäftigte pro untersuchtem Arbeitsplatz) arbeitsmedizinische Untersuchungen durchgeführt werden („Beschwerdesituation“). Im Auftrag der BAuA sind hierfür Ärztinnen und Ärzte der Projektpartner Kern Medical Engineering (KME) und des Instituts für Arbeitsmedizin, Sozialmedizin und Versorgungsforschung des Universitätsklinikums Tübingen (IASV) im Einsatz.

Beide Datensätze werden nach der Erstellung von Methodenentwürfen und der Datenerhebung zur Evaluierung und Revision der Methodenentwürfe miteinander verbunden.

Im Folgenden sollen stellvertretend für das gesamte Forschungsprojekt erste Ansätze im Bereich der messtechnischen Analyse dargestellt werden.

### 3 Messtechnische Analysen in MEGAPHYS

Die Ziele der messtechnischen Analysen des IFA bestehen in der Entwicklung eines Bewertungsverfahrens für verschiedene Körperregionen, der Evaluation dieses Verfahrens sowie der Bildung von Schnittstellen zu den übrigen Instrumenten des Methodenpakets. Um diese Ziele erreichen zu können, ist eine umfangreiche messtechnische Erfassung der relevanten Parameter an den geplanten 120 Arbeitsplätzen aus unterschiedlichen Branchen notwendig. Diese Datenerhebung erfolgt mittels der Kombination mehrerer Messmethoden, die direkt am Arbeitsplatz eingesetzt werden können (Abbildung 2). Zur kontinuierlichen Erfassung der Haltungen und Bewegungen der Beschäftigten wird das CUELA-Messsystem in der „Ganzkörpervariante“ eingesetzt, das entsprechende Daten für Kopf, Rumpf, obere und untere Extremitäten mit einer Frequenz von 50 Hz liefert. Mittels Oberflächen-Elektromyografie wird parallel die elektrische Aktivität der Unterarmmuskulatur gemessen und über eine handelsübliche Pulsuhr die Herzschlagfrequenz fortlaufend aufgezeichnet. Die genannten Daten werden synchron erfasst, EDV-technisch aufbereitet und stehen anschließend für die arbeitswissenschaftlichen Analysen zur Verfügung.

Abbildung 2:  
Kombinierte Messtechnik in MEGAPHYS: CUELA-Messsystem („Ganzkörpervariante“, links), Polar-Pulsuhr (rechts oben), Oberflächen-Elektromyografie (OEMG, rechts unten)



### 4 Bewertungsverfahren auf der Ebene der messtechnischen Analyse

Auf der Grundlage der messtechnischen Analysen soll für jede Zielregion die spezifische Belastung anhand eines Ampelschemas gemäß eines im Projekt abgestimmten Risikokonzepts dargestellt werden. Bewertet wird jeweils die Wahrscheinlichkeit einer körperlichen Überbeanspruchung mit möglichen negativen Folgen für die Gesundheit bei einer andauernden Ausübung der bewerteten Tätigkeit. Grün bedeutet, dass eine körperliche Überbeanspruchung unwahrscheinlich ist und Gesundheitsgefährdungen nicht zu erwarten sind. Der Übergangsbereich Grün/Gelb gibt an, dass eine körperliche Überbeanspruchung bei vermindert belastbaren Personen möglich ist, während Gelb anzeigt, dass eine körperliche Überbeanspruchung auch für normal belastbare Personen möglich ist und (reversible) Funktionsstörungen mit Beschwerden möglich sind. Rot zeigt

eine hohe Wahrscheinlichkeit einer körperlichen Überbeanspruchung an, die mit stark ausgeprägten Beschwerden und/oder Funktionsstörungen einhergeht und auf Dauer zu Strukturschäden mit Krankheitswert führen kann. Die Entwicklung der Bewertungsverfahren beruht auf Erkenntnissen der wissenschaftlichen Literatur und berücksichtigt biomechanische, muskelphysiologische, energetische, psychophysische sowie epidemiologische und medizinische Kriterien. Die auf diese Weise entwickelten Entwürfe werden dann mithilfe der Feldstudienresultate zur Belastungs- und Beschwerdesituation an den untersuchten Arbeitsplätzen evaluiert und gegebenenfalls revidiert.

Bei der Bewertung der Belastung für eine bestimmte Körperregion sind darüber hinaus zwei Ansätze zu unterscheiden. Bei der situativen Bewertung ist die Belastung durch ein Einzelereignis zu betrachten und die Wirkung auf den Körper abzuschätzen. Beispielsweise zählen hierzu das einmalige Anheben einer Last oder das einmalige Bewegen eines Arms über Schulterniveau. Hier muss das Einzelereignis keine direkte gesundheitliche Auswirkung haben, kann aber – etwa beim Bewegen sehr hoher Lastgewichte – bereits eine ernsthafte Gefährdung darstellen. In der Regel wird aber erst die Anhäufung bestimmter Einzelbelastungen über gewisse Zeiträume eine gesundheitliche Gefährdung ergeben. Hier setzt die kumulative Bewertung an, die davon ausgeht, dass die Menge an Einzelbelastungen über einen bestimmten Zeitraum (Dosis) den ausschlaggebenden Risikofaktor bestimmt. So können beispielsweise alle Hebevorgänge über einen Tag zusammengerechnet und die auf diese Weise entstehende kumulierte Tagesdosis auf ihr gesundheitliches Gefährdungspotenzial bewertet werden. Neben der reinen Kumulation der Einzelbelastungen spielen hierbei auch Faktoren wie die Verdichtung von Einzelereignissen sowie die Verteilung und Wirksamkeit von Erholungsphasen eine wichtige Rolle.

#### 4.1 Bewertungsentwurf „Unterer Rücken“

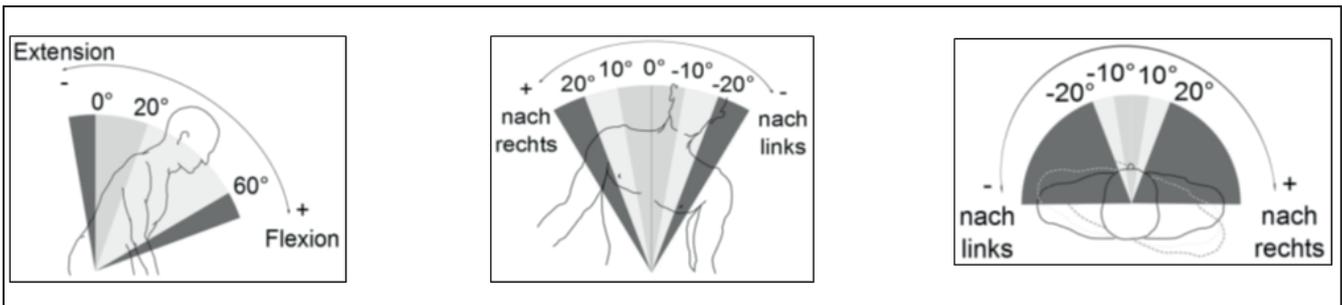
Das zuvor geschilderte allgemeine Vorgehen bei der Entwicklung der lokalisationsbezogenen Bewertung auf der Ebene der messtechnischen Analyse soll anhand des Beispiels „Unterer Rücken“ kurz skizziert werden. Physische Belastungen des unteren Rückens können insbesondere durch Faktoren wie Arbeiten in ungünstigen Rumpfhaltungen oder manuelle Lastenhandhabung hervorgerufen werden. Aus diesem Grund müssen beide Faktoren bei der Gefährdungsbeurteilung berücksichtigt werden. Wie zuvor dargelegt, sind für beide Faktoren jeweils sowohl die situative als auch die kumulative Einwirkung auf die Strukturen des unteren Rückens zu betrachten.

##### 4.1.1 Kriterium Körperhaltung

Aus biomechanischer und muskelphysiologischer Sicht kann das Arbeiten in bestimmten Oberkörperhaltungen zu einer Belastung des unteren Rückens führen, insbesondere beim statischen Verharren mit vorgeneigtem, seitgebeugtem und/oder verdrehtem Rumpf. Hier finden sich in der Fachliteratur [14 bis 16] Hinweise auf akzeptable, bedingt akzeptable und nicht akzeptable Winkelbereiche in den drei genannten Bewegungsrichtungen des Rumpfes, die für eine Vorbewertung der situativen Belastung herangezogen werden können (Abbildung 3).

Abbildung 3:

Einteilung der Rumpfhaltung in drei Ebenen in akzeptable (grau), bedingt akzeptable (hellgrau) und nicht akzeptable (dunkelgrau) Winkelbereiche (in Anlehnung an [14 bis 16])



In der anschließenden Zwischenbewertung werden für die zuvor als bedingt akzeptabel eingestuft Situationen verschiedene Nebenbedingungen geprüft. Je nachdem, ob der Rumpf abgestützt wurde, eine statische Körperhaltung oder eine hohe Bewegungsfrequenz vorlag, ist dann zu entscheiden, ob die Haltung situativ als akzeptabel oder nicht akzeptabel zu bewerten ist. Ist dies geklärt, so kann unter Berücksichtigung aller drei Bewegungsrichtungen eine situative Kombinationsbewertung der Rumpfhaltung für jeden Messpunkt erstellt werden und man erhält eine zeitliche Verteilung akzeptabler und nicht akzeptabler Rumpfhaltungen.

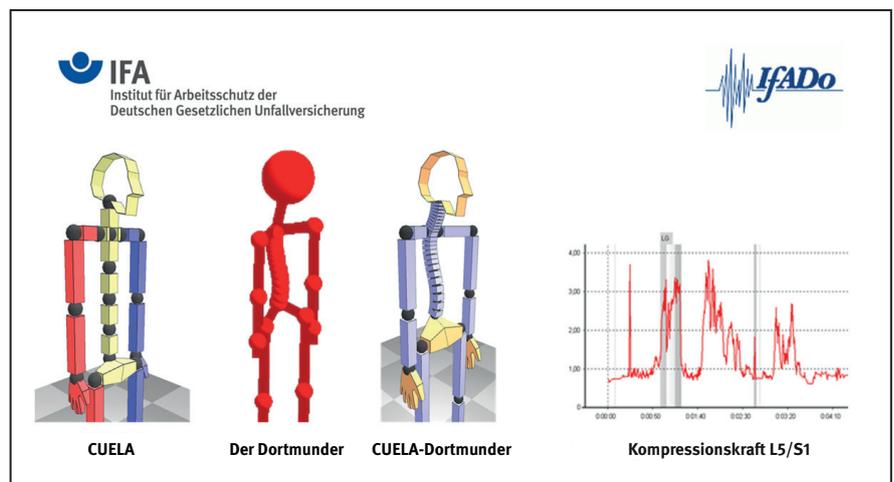
Für die kumulative Betrachtung ist anschließend zu prüfen, ob eine Gleichverteilung der nicht akzeptablen Rumpfhaltungen mit ausreichenden Erholungsphasen über den Messzeitraum bzw. die Arbeitsschicht vorliegt bzw. ob eine zeitliche Verdichtung derartiger Haltungen zu beobachten ist, denen dann ein erhöhtes Belastungspotenzial zuzuschreiben wäre. Auf der Basis epidemiologischer Studien werden im folgenden Schritt die Grenzen der einzelnen Risikoklassen („Farbübergänge“ im Ampelschema) als prozentuale Anteile an nicht akzeptablen Rumpfhaltungen pro Arbeitsschicht festgelegt und anhand der im Projekt erhobenen Expositions- und Beschwerdedaten evaluiert und ggf. revidiert.

#### 4.1.2 Kriterium lumbale Bandscheibendruckkraft

Als zweites Kriterium zur Bewertung der Belastung des unteren Rückens soll die (lumbale) Bandscheibendruckkraft im Bereich der unteren Lendenwirbelsäule herangezogen werden. Bestimmte Rumpfhaltungen oder das Einwirken externer Kräfte – beispielsweise beim Handhaben von Lasten – rufen eine verstärkte Kompression der lumbalen Bandscheiben hervor. Je nach Höhe und Einwirkungsdauer dieser Kompressionskräfte können sie ein Risiko für die Schädigung dieser Bandscheiben sein. Unter biomechanischen Aspekten spielt deshalb die genaue Abschätzung der jeweils an der untersten Bandscheibe (L5/S1) wirkenden Kompressionskraft eine wichtige Rolle bei der Belastungsbewertung. Um diesem Gesichtspunkt gerecht zu werden, ist ein Ziel von MEGAPHYS die Kombination des (Expositions-)Messsystems CUELA [10] mit dem biomechanischen Simulationsmodell Der Dortmunder [11] zum sog. CUELA-Dortmunder und somit eine valide zeitkontinuierliche Abschätzung der lumbalen Bandscheibendruckkraft (Abbildung 4).

Die Maxima der zeitkontinuierlich ausgegebenen Druckkraft lassen sich zur situativen Bewertung mit den Dortmunder Richtwerten [17] abgleichen, sodass sich auf diese Weise bereits rein situativ geschlechts- und altersdifferenzierte Gesundheitsrisiken – etwa beim Anheben sehr schwerer Lasten – erkennen lassen.

Abbildung 4:  
Kombination der Systeme CUELA [10] und Der Dortmunder [11] zum CUELA-Dortmunder und kontinuierliche Abschätzung der lumbalen Bandscheibendruckkraft auf der Grundlage der CUELA-Messdaten



Für die kumulative Belastung lässt sich anhand der ermittelten Bandscheibendruckkräfte gemäß dem Prinzip des Mainz-Dortmunder Dosismodells (MDD [18]) eine Tagesdosis errechnen. In

Anlehnung an die Fachliteratur und insbesondere die Ergebnisse der DWS-Richtwerte-Studie (Deutsche Wirbelsäulenstudie II) [19]

wird ein Ampelschema der kumulativen Tagesdosis ermittelt und anhand des MEGAPHYS-Datensatzes evaluiert.

Auf diese Weise können die durch manuelle Lastenhandhabung sowie Arbeiten in Zwangshaltungen hervorgerufenen Belastungen des unteren Rückens messtechnisch erfasst, analysiert und bewertet werden. Die intensive Analyse der Belastungsursache erlaubt schließlich Rückschlüsse für eine gezielte Prävention.

## 5 Ausblick

Aktuell befindet sich das Projekt in der Datenerhebungsphase der Feldstudie, sowohl für die arbeitswissenschaftlichen und messtechnischen Erhebungen an den Arbeitsplätzen als auch die arbeitsmedizinischen Untersuchungen der Versuchspersonen. Erste Ergebnisse werden für 2018 erwartet.

## Literatur

- [1] Gesetz über die Durchführung von Maßnahmen des Arbeitsschutzes zur Verbesserung der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes der Beschäftigten bei der Arbeit (Arbeitsschutzgesetz – ArbSchG) vom 7. August 1996. BGBl. I (1996), Nr. 43, S. 1246-1253; zul. geänd. BGBl. I (2009), S. 160
- [2] Gesetz über Betriebsärzte, Sicherheitsingenieure und andere Fachkräfte für Arbeitssicherheit (Arbeitssicherheitsgesetz – ASiG) vom 12. Dezember 1973. BGBl. I (1973) S. 1885; zul. geänd. BGBl. I (2013), S. 868
- [3] Verordnung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge (Arb-MedVV) vom 18. Dezember 2008. BGBl. I (2008) Nr. 62, S. 2768-2779, zul. geänd. BGBl. I (2013) Nr. 64, S. 3882-3888
- [4] Arbeitsmedizinische Regeln: Tätigkeiten mit wesentlich erhöhten körperlichen Belastungen mit Gesundheitsgefährdungen für das Muskel-Skelett-System (AMR 13.2). GMBL. (2014) Nr. 76/77, S. 1571-1576
- [5] *Jürgens, W. W.; Mohr, D.; Pangert, R.; Schultz, K.; Steinberg, U.*: Handlungsanleitung zur Beurteilung der Arbeitsbedingungen beim Heben und Tragen von Lasten. LASI-Veröffentlichung LV 9. 2. Aufl. Hrsg.: Länderausschuss für Arbeitsschutz und Sicherheitstechnik (LASI), 2001
- [6] *Jürgens, W. W.; Mohr, D.; Pangert, R.; Pernack, E.; Schultz, K.; Steinberg, U.*: Handlungsanleitung zur Beurteilung der Arbeitsbedingungen beim Ziehen und Schieben von Lasten. LASI-Veröffentlichung LV 29. Hrsg.: Länderausschuss für Arbeitsschutz und Sicherheitstechnik (LASI), 2002
- [7] *Käschel, I.; Kunze, J.; Liebers, F.; Schultz, K.; Steinberg, U.; Wendenburg, A.*: Handlungsanleitung zur Beurteilung der Arbeitsbedingungen bei manuellen Arbeitsprozessen. LASI-Veröffentlichung LV 57. Hrsg.: Länderausschuss für Arbeitsschutz und Sicherheitstechnik (LASI), 2012
- [8] DGUV-Information 250-453: Handlungsanleitung für die arbeitsmedizinische Vorsorge nach dem Grundsatz G 46 „Belastungen des Muskel-Skelettsystems einschließlich Vibrationen“. Anhang 1: Orientierende Beurteilung der Gefährdung zur Auswahl des zu untersuchenden Personenkreises bei Belastungen des Muskel- und Skelett-Systems (bisher BGI/GUV-I 504-46). Hrsg.: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Berlin 2009
- [9] *Schaub, K.; Caragnano, G.; Britzke, B.; Bruder, R.*: The European Assembly Worksheet. Theor. Issues Ergon. Sci. 14 (2013) Nr. 6, S. 616-639
- [10] *Ellegast, R. P.; Hermanns, I.; Schiefer, C.*: Feldmesssystem CUELA zur Langzeiterfassung und -analyse von Bewegungen an Arbeitsplätzen. Z. Arb. Wiss. 64 (2010) Nr. 2, S. 101-110
- [11] *Jäger, M.; Luttmann, A.; Göllner, R.; Laurig, W.*: The Dortmund – Biomechanical model for quantification and assessment of the load on the lumbar spine. In: Soc. Automotive Engineers (Hrsg.): SAE Digital Human Modeling Conf. Proc. Arlington VA, USA 2001. Nr. 2001-01-2085. DOI: 10.4271/2001-01-2085
- [12] *Ditchen, D.; Brandstädt, F.*: MEGAPHYS – Entwicklung eines Methodenpakets zur Gefährdungsbeurteilung physischer Belastungen am Arbeitsplatz. Technische Sicherheit 5 (2015) Nr. 10, S. 17-23
- [13] *Ellegast, R. P.*: Quantifizierung physischer Belastungen am Arbeitsplatz. ZBl. Arbeitsmed. 60 (2010) Nr. 11, S. 386-389
- [14] ISO 11226: Ergonomie – Evaluierung von Körperhaltungen bei der Arbeit (12/2000). Beuth, Berlin 2000
- [15] DIN EN 1005-4: Sicherheit von Maschinen – Menschliche körperliche Leistung – Teil 4: Bewertung von Körperhaltungen und Bewegungen bei der Arbeit an Maschinen (1/2009). Beuth, Berlin 2009
- [16] *Drury, C. G.*: A biomechanical evaluation of the repetitive motion injury potential of industrial jobs. Seminars Occup. Med. 2 (1987) Nr. 1, S. 41-50
- [17] *Jäger, M.; Luttmann, A.; Göllner, R.*: Belastbarkeit der Lendenwirbelsäule bei manueller Lastenhandhabung – Ableitung der „Dortmunder Richtwerte“ auf Basis der lumbalen Kompressionsfestigkeit. ZBl. Arbeitsmed. 51 (2001), S. 354-372
- [18] *Jäger, M.; Luttmann, A.; Bolm-Audorff, U.; Schäfer, K.; Hartung, E.; Kuhn, S.; Paul, R.; Francks, H. P.*: Mainz-Dortmunder Dosismodell (MDD) zur Beurteilung der Belastung der Lendenwirbelsäule durch Heben oder Tragen schwerer Lasten oder durch Tätigkeiten in extremer Rumpfbeugehaltung bei Verdacht auf Berufskrankheit Nr. 2108. Teil 1: Retrospektive Belastungsermittlung für risikobehaftete Tätigkeitsfelder. Arbeitsmed. Sozialmed. Umweltmed. 34 (1999), S. 101-111

[19] *Seidler, A.; Bergmann, A.; Bolm-Audorff, U.; Ditchen, D.; Ellegast, R.; Euler, U.; Haerting, J.; Haufe, E.; Jähnichen, S.; Jordan, C.; Kersten, N.; Kuss, O.; Lundershausen, N.; Luttmann, A.; Morfeld, P.; Petereit-Haack, G.; Schäfer, K.; Voß, J.; Jäger, M.*: Abschlussbericht zum Forschungsvor-

haben „Erweiterte Auswertung der Deutschen Wirbelsäulenstudie mit dem Ziel der Ableitung geeigneter Richtwerte (DWS-Richtwerteableitung)“. Hrsg.: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Berlin 2014. [www.dguv.de](http://www.dguv.de), Webcode: dp53828

# Manuelles Handhaben von Luftfrachtcontainern mit Lastgewichten bis zu 6,8 Tonnen auf Rollerdecks von Flughäfen

Gabriele Winter<sup>1</sup>, Karlheinz Schaub<sup>2</sup>, Knut Berg<sup>2</sup>, Werner Diedrich<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Berufsgenossenschaft Verkehrswirtschaft Post-Logistik Telekommunikation, Darmstadt

<sup>2</sup> Institut für Arbeitswissenschaft Darmstadt (IAD), Technische Universität Darmstadt

## Kurzfassung

Beim Ziehen und Schieben von Luftfrachtcontainern wird hauptsächlich der Stütz- und Bewegungsapparat der Beschäftigten gefordert. Insbesondere wird die Wirbelsäule, z. B. durch das Manipulieren von schweren Lasten mit ungleichmäßigen Lastverteilungen, ungünstigen Körperhaltungen und einer hohen Arbeitsintensität verstärkt beansprucht. An zwei Flughäfen wurde das manuelle Ziehen und Schieben von Luftfrachtcontainern auf Rollerdecks untersucht. Da aufgrund der Containergewichte (durchschnittlich zwischen 1,5 und 4,3 t bzw. in Ausnahmefällen bis zu 6,8 t) eine Bewertung mit der Leitmerkmal-methode Ziehen und Schieben (LMM ZS) nicht durchgeführt

werden kann, werden an verschiedenen Frachtcontainern mit unterschiedlicher Beladung die Aktionskräfte mit piezoelektrischen Kraftsensoren gemessen.

## 1 Einleitung

Für den nationalen und internationalen Frachtumschlag werden die Sendungen in eigens hierfür gebauten Luftfrachtmaschinen befördert. Die Fracht wird dabei auf einzelne Luftfrachtcontainer – sogenannte Unit Load Devices (ULDs) – verteilt. Die Container werden zum Be- und Entladen der Fracht von den Beschäftigten (Deckziehern) über ein Rollerdeck mit Kugel- bzw. Rollenbahnen (Abbildung 1) weitgehend von Hand verzogen.

Abbildung 1:

Verziehen eines Frachtcontainers, einhändig auf einem Rollerdeck mittels einer Zugschlaufe (vgl. Bild unten links) sowie Sicht auf die im Boden eingefügten Rollen (unten, Ausschnitt rechts: ca. 0,8 m x 0,8 m)



© dpa – Peter Endig (Verziehen eines Frachtcontainers am Flughafen Leipzig)



© iad – Technische Universität Darmstadt (Detailausschnitt, Vorstudie am Flughafen Frankfurt)

Ein gefüllter ULD kann in Ausnahmefällen bis zu 6,8 t wiegen; meist wiegen sie jedoch zwischen 1,5 und 4,3 t. Je nach Höhe des Frachtcontainers können beim Verziehen ein bis vier Personen beteiligt sein. Um unter diesen Bedingungen die körperliche Arbeit orientierend zu bewerten, sollte die Leitmerkmal-methode Ziehen und Schieben (LMM ZS) eingesetzt werden. Allerdings können die Gewichtstabellen der LMM ZS für

die hohen Gewichte der Luftfrachtcontainer nicht herangezogen werden, da Lastwichtungen nur bis zu einem Lastgewicht von 1 000 kg angegeben werden [1]. Daher wurde der gesetzliche Unfallversicherungsträger angefragt, Messungen zur Ermittlung der manuellen Kräfte beim Verziehen der ULDs in verschiedenen Arbeitsbereichen durchzuführen.

## 2 Methodische Herangehensweise

Im Rahmen der Studie wurden Literaturrecherchen zu der Thematik „Losreißkräfte beim Ziehen und Schieben“ bzw. „Manuelles Verziehen von Frachtcontainern auf Rollerdecks“ durchgeführt. Inzwischen gibt es etliche Veröffentlichungen, Empfehlungen und Normen mit Angaben von Kraftwerten, die beim manuellen Ziehen und Schieben anwendbar sind (Tabelle 1). Allerdings findet sich darunter keine Schrift, die sich zusätzlich mit dem Transportsystem „Rollerdeck“ – als ein Bestandteil des hier untersuchten Flurförderzeuges – befasst. Lediglich in der „Handlungsanleitung zur Beurteilung der Arbeitsbedingungen beim Ziehen und Schieben von Lasten“ [2] werden die Vorteile von Rollenbahnen oder Kugelrolltischen beschrieben. Auch eine Faustregel zur Ermittlung der Aktionskräfte findet sich auf Seite 8: Wenn die Berührungsfläche zwischen Rolle und Last bzw. Lastaufnahmegestell einen Reibwert  $\mu$  von ca. 0,15 aufweist, können bei 100 kg Lastgewicht somit Kräfte von ca. 150 N erwartet werden. Da allerdings die Reibwerte für die unterschiedlichen Rollensysteme im Warehouse des Frachtflughafens weder bekannt noch mit einfach anzuwendenden Messgeräten (z. B. Federwaage, Kraftmessgerät „Andilog“) vollständig erfassbar sind, können solche Abschätzungen nicht angewendet werden.

### 2.1 Kraftmesskonzept

Um die für das Verziehen von Frachtcontainern erforderlichen Losreißkräfte zu messen, wurden speziell an die Containergeometrie angepasste Griffe mit piezoelektrischen Kraftsensoren eingesetzt. Das Handkraftmesssystem besteht aus zwei Griffen, die getrennt die Aktionskraft der linken und der rechten Hand dreidimensional erfassen. In jedem Griff sind zwei triaxiale Kraftsensoren auf piezoelektrischer Basis integriert. In Abhängigkeit von unterschiedlichen Beladungen und Rollenarten (Rollerdecks sowie Standflächen „Stands“) konnten für das Manipulieren der Frachtcontainer erstmals die erforderlichen Losreißkräfte (Initialkräfte bzw. „Initial Forces“) ermittelt werden. Das vom

Institut für Arbeitswissenschaft Darmstadt (IAD) entwickelte Kraftmesskonzept basiert auf der spezifischen Anpassung der Messtechnik an den zu untersuchenden Arbeitsgegenstand und den Arbeitsbereich. Ebenfalls wurden zum Tätigkeitsprofil der „Deckzieher“ die Rahmenbedingungen hinsichtlich der Kraftausübung analysiert. Ein Deckzieher bewegt ca. einen Frachtcontainer pro Minute. Die Hälfte aller Frachtcontainer ist beladen (überwiegend 1,5 bis ca. 4,3 t) und die restlichen Container sind unbeladen (Leergewicht je Container bis maximal 400 kg, durchschnittlich ca. 200 kg). Eine Arbeitsschicht dauert vier bis maximal sechs Stunden. Im Folgenden werden kurz gefasst die ursächlichen Zusammenhänge für das Ausüben einer Körperkraft beim manuellen Ziehen und Schieben für die Analyse der Tätigkeit beleuchtet. Nach [3] ist die Muskelkraft eine Körperkraft, die die Aktivität der Muskeln innerhalb des Körpers bewirkt. Die nach außen wirkende Aktionskraft ergibt sich aus der Muskelkraft und/oder aus der Massenkraft, z. B. der Eigen Gewichtskraft. Dieser Sachverhalt ist für die Konzeption eines geeigneten Kraftmesskonzeptes und für die Interpretation der Messergebnisse ausschlaggebend, da u. a. aufgrund einer individuellen Arbeitstechnik die nach außen abgegebenen Kräfte unterschiedlich hoch sein können. Weitere Faktoren können die Messungen bzw. die Höhe der ermittelten Losreißkraft ebenfalls beeinflussen: Neben der Belastungsart (wie z. B. Körperstellung und -haltung, Kraftangriffspunkt und Körperabstützung) sind es sowohl interindividuelle (Training, Geschlecht, Alter etc.) als auch intraindividuelle Einflussgrößen (wie z. B. Motivation, Gesundheitszustand, Ermüdungsgrad) sowie Umgebungsbedingungen und Arbeitszeitregime.

### 2.2 Quellenübersicht und Auswahl von Kraftwerten

Um die Auswahl der Kraftwerte anhand der Quellen durchzuführen, wurden folgende Annahmen getroffen: Ein Deckzieher verzieht mindestens einen Frachtcontainer pro Minute (vier Stunden, jeweils 50 % mit und ohne Beladung). In Tabelle 1 sind auszugsweise einige der Kraftwerte aufgelistet.

Tabelle 1:  
Zusammenstellung einiger Kraftwerte aus der Literaturrecherche (exemplarischer Auszug)

Kraftfall bezogen auf Losreißkräfte (Initial Forces)	Schieben (N)	Ziehen (N)	Bemerkungen	Quelle
Schieben/Ziehen – Werte für Männer (Kraftangriffspunkt, Frequenz (1/min), Perzentil, Geschlecht)	Push 2,1 m, P75: 470	Pull 2,1 m, P75: 420	Deckt 25 % der männlichen Arbeitsbevölkerung ab	[4]
Beidhändig ziehen: Oberkörper aufrecht, Armhaltung 45°, Ziehen mit ca. 400 N ergibt eine Druckkraft auf L5/S1: ca. 3,1 kN	-	400	Beurteilung von beidhändigem Ziehen	[5]
Schieben/Ziehen (Greifhöhe 1,40 m/0,9m; Schulter-Greifpunktwinkel (SGW) und Kraftwinkel (KW): SGW: 0° / 40°; KW 0° / 40°) Druckkraft L5/S1: ca. 1,2 kN bzw. ca. 3,1 kN	400	400	Diagramme lassen Interpolation zu	[6]
Tabelle 9: (drücken: 1 400 mm, ziehen: 1 000 mm) Fußstellung nebeneinander	-B (P50): 528	+B (P50): 410	Probandenkollektiv 1: 50 % Frachtarbeiter	[7]
Werte bezogen auf Männer, in aufrechter Körperhaltung	-B (P70): 570	+B (P70) 391	Deckt 30 % der männlichen Arbeitsbevölkerung ab	[8]
Merkblatt zur BK 2108: Grenzwert Männer	450	350	BMAS; BKV 2007	[9]

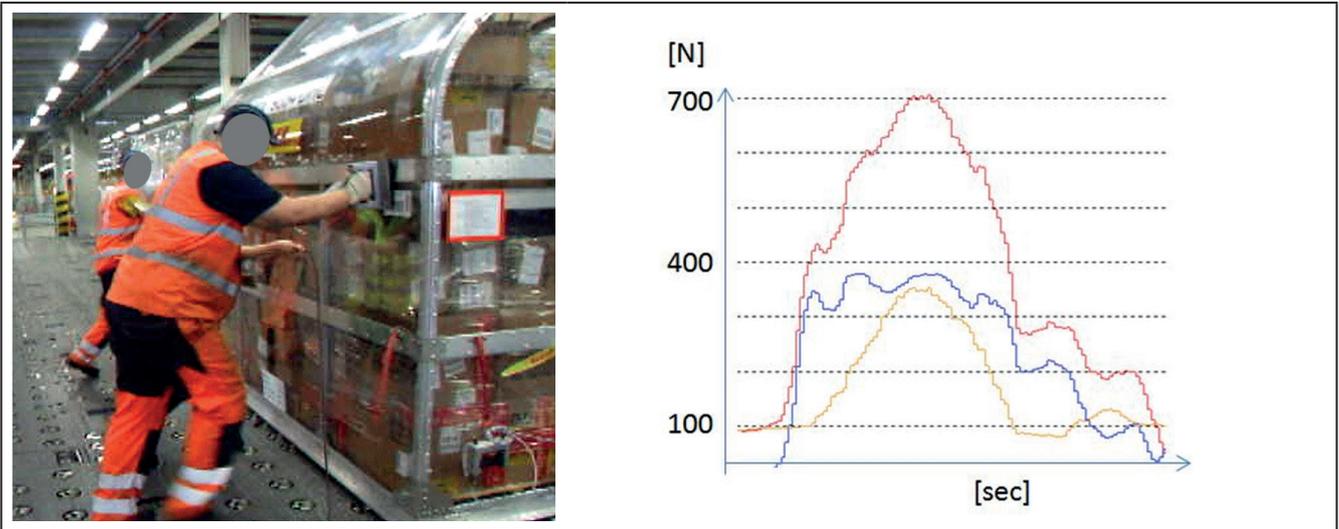
### 3 Ergebnisse der Messungen

In der hier durchgeführten „Trendstudie“ standen außerhalb des normalen Schichtbetriebes insgesamt drei männliche Probanden, die bereits seit ca. zehn Monaten im untersuchten Arbeitsbereich tätig waren, zur Verfügung. Im Rahmen der Vorstudie (Flughafen Frankfurt am Main) zur Anpassung der Messgriffe an die Containergeometrie waren zwei weitere Probanden ohne

Arbeitserfahrung beim Verziehen eines Containers eingebunden. Die für ein „Losreißen“ eines Frachtcontainers erforderlichen Aktionskräfte wurden durch zwei Kraftmessgriffe, die von zwei Mitarbeitern betätigt wurden, erfasst (Abbildung 2). Die Initialkräfte beim Ziehen eines Frachtcontainers aus der Ruhelage waren stets höher als die Initialkräfte beim Schieben. Ebenfalls waren die Initialkräfte auf dem Rollerdeck höher als beim manuellen Verziehen im Stand.

Abbildung 2:

Exemplarische Messung beim Verschieben eines Frachtcontainers mit zwei Mitarbeitern – Initialkräfte Gesamtkraft [N] beim Schieben = rote Linie (Mitarbeiter vorne = blaue Linie; Mitarbeiter hinten = gelbe Linie)

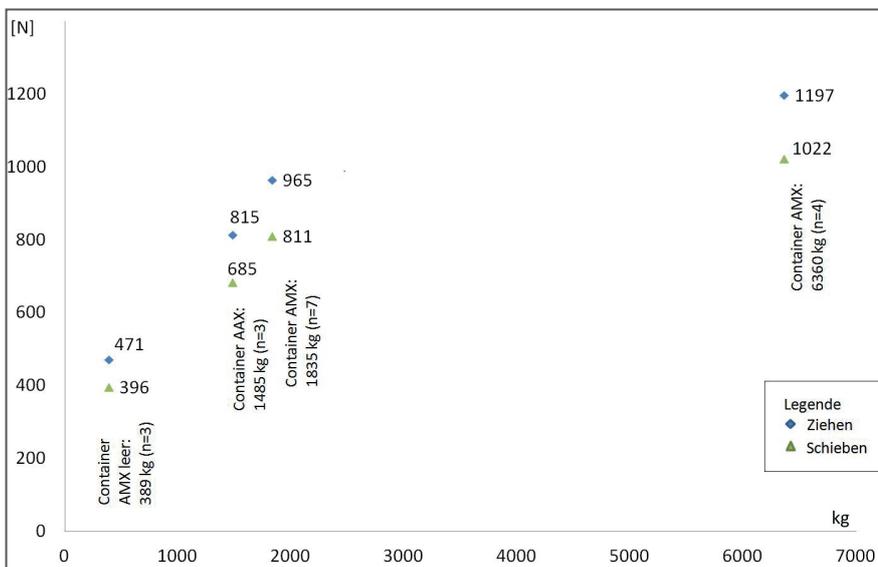


Nach Abbildung 3 werden beim Frachtcontainer AAX als Losreißkraft für das Ziehen ca. 800 N und für das Schieben ca. 700 N gemessen. Beim Verziehen des Frachtcontainers wurden zwei Deckzieher eingesetzt: Daher wird vereinfacht ein mittlerer Kraftaufwand pro Mitarbeiter von ca. 400 N beim Ziehen bzw. 350 N beim Schieben als Grundlage für die nachfolgende Diskussion (siehe Abschnitt 4) angesetzt.

Abbildung 3 zeigt die Übersicht über alle Messungen, die im Bereich Rollerdeck durchgeführt wurden (resultierende Gesamtkraft, um den jeweiligen Frachtcontainer aus der Ruhelage in Bewegung zu versetzen).

Abbildung 3:

Initialkräfte [N] beim Ziehen und Schieben im Bereich Rollerdeck in Abhängigkeit des ULD-Gewichtes (n = Anzahl der Messungen bezogen auf ULD-Typ AMX und AAX)



## 4 Diskussion

Im Folgenden werden exemplarisch die Kraftwerte, die für das Verziehen eines ca. 1,5 t schweren Frachtcontainers in der Losbrechphase pro Mitarbeiter benötigt werden, den „empfohlenen“ Kraftwerten der Literaturrecherche gegenübergestellt. Alle Kraftwertvergleiche beziehen sich auf die „Nutzergruppe Männer“, da an dieser Trendstudie bislang nur männliche Probanden teilgenommen haben.

Die Bewertung der Kraftwerte wird zunächst mit den Daten aus dem montagespezifischen Kraftatlas [8] sowie mit den Daten nach DIN 33411-5 [7] vorgenommen. Zunächst soll geklärt werden, inwieweit und für wen ein Ziehen und Schieben eines Containers ausführbar ist. Die Messungen zeigen, dass beispielsweise beim Ziehen des AAX-Containers die erforderlichen Losreißkräfte (B+) im Bereich des 75. Kraftperzentils der Maximalkraft für Männer erforderlich sein können (mit +B = 401 N; sowie -B = 592 N, vgl. Kraftatlas, S. 80 [8]).

Betrachtet man nun das Probandenkollektiv „Frachtarbeiter“ von 1999 [7], so liegt die geforderte Zugkraft (B+) beim Losreißen im Bereich des 50. Kraftperzentils (mit +B = 410 N; sowie -B = 528 N, Tabelle 9, [7]). Betrachtet man weiterhin die Kraftwerte beim Schieben (-B) eines AAX-Containers, so liegen die geforderten Aktionskräfte von ca. 350 N nahe dem Bereich des 25. Kraftperzentils der DIN-Werte (vgl. Tabelle 9, [7]) und nahe dem 10. Kraftperzentil nach den Kraftatlas-Daten von 2009 [8]. Das Anschieben (Kraftrichtung -B) von Frachtcontainern kann somit von weitaus mehr Mitarbeitern des Probandenkollektivs ausgeführt werden als das Ziehen (Kraftrichtung +B). In den oben genannten Quellen werden jeweils Kraftwerte für die maximalen statischen Aktionskräfte angegeben. Allerdings sind diese Werte aufgrund der auf den Rollerdecks bzw. in den Stands vorkommenden dynamischen Kraftausübung nur eingeschränkt miteinander vergleichbar und können zunächst nur teilweise zur ersten Abschätzung der Ausführbarkeit herangezogen werden.

Wird im nächsten Schritt auch die Erträglichkeit der geforderten Kraftaufwendung untersucht, so werden u. a. die Anzahl der Schiebe- und Ziehvorgänge, Ausführungsbedingungen und die Schichtlänge neben der Höhe der Aktionskraft berücksichtigt. Die klassischen Bewertungsverfahren leiten aus den maximal statischen Aktionskräften maximal empfohlene Aktionskräfte ab. Bei der Ermittlung des Verhältnisses zwischen der geforderten Aktionskraft und der maximal empfohlenen Aktionskraft werden auch personen- und tätigkeitsspezifische Parameter berücksichtigt (vgl. [8; 10]). Darüber hinaus gibt es internationale Studien, die bereits Kraftgrenzen in Abhängigkeit vom zurückgelegtem Weg, der Arbeitshöhe und Anzahl der Kräftefälle pro Zeiteinheit liefern. Die maximalen Kraftwerte werden tabellarisch dargestellt [4; 11]. Für das Ziehen (2,1 m bei Arbeitshöhe 89 cm und Frequenz 1/min) wird für das 75. Perzentil eine Losbrechkraft von 420 N (nahe der geforderten Aktionskraft) genannt. Beim Schieben sind bei der Arbeitshöhe von 144 cm – unter sonst gleichen Bedingungen – ca. 400 N bezogen auf das 50. Kraftperzentil angegeben.

Wird nun abschließend die lumbale Belastung der Lendenwirbelsäule betrachtet, so liest man bei einer Aktionskraft von ca. 400 N beim Ziehen (beidhändig) eine Kompressionskraft von ca. 3,1 kN ab (vgl. Diagramm nach Jäger [5]). Darüber hinaus liefert Jäger exemplarische Verläufe der Bandscheibenkompression beim Ziehen und Schieben als Funktion der Aktionskraft bei unterschiedlichen Greifhöhen, Schulter-Greifpunkt winkeln und Kraftwinkeln [6]. Außerdem weist das Merkblatt zur BK 2108 [9] auch Kraftwerte auf, die zur Beurteilung der Schiebe- und Ziehvorgänge herangezogen werden können. Demnach können Aktionskräfte von über 350 N beim Ziehen (+B) und 450 N beim Schieben (-B) mit einem erhöhten Risiko für die Verursachung von bandscheibenbedingten Erkrankungen in Verbindung stehen.

## 5 Fazit und Ausblick

Viele der oben vorgestellten Studien gehen bei der Kraftbewertung beim Ziehen und Schieben überwiegend von quasi-statischen Bedingungen aus. Zweifelsohne besteht aber noch erheblicher Forschungsbedarf hinsichtlich der körperlichen Auswirkungen – insbesondere im Zusammenhang „Erträglichkeit“ – infolge dynamischer Aktionskräfte mit extremen Belastungsspitzen, die nur für wenige Millisekunden während des Schiebe- und Ziehvorganges auftreten ([12; 13] zitiert nach [14]). Insofern sollten die hier aufgezeigten Ergebnisse durch weitere Messungen verifiziert werden. Insgesamt zeigt sich bei dem Vergleich der Kraftwerte, dass in vielen Fällen das Anschieben eines ca. 1,5 t schweren Containers für zwei Mitarbeiter gut ausführbar ist. Will man jedoch auch die gesamte körperliche Beanspruchung von allen Zieh- und Schiebevorgängen einer Arbeitsschicht analysieren und bewerten, so sollten im Arbeitsbereich zusätzlich Herzschlagfrequenzmessungen während einer Schicht durchgeführt werden, wie dies bereits in früheren Laborstudien praktiziert wurde [15]. An dieser Stelle sei ausdrücklich darauf hingewiesen, dass die derzeit vorliegenden Ergebnisse aufgrund der geringen Anzahl von Probanden (n = 5) lediglich einen ersten Trend darstellen. Um die messtechnischen Erhebungen statistisch abzusichern, bedarf es daher weiterer Messungen mit noch mehr Probanden aus diesem Arbeitsbereich. Jedoch kann der hier aufgezeigte Trend für die Höhe der Initialkräfte schon jetzt aufschlussreiche Anhaltspunkte für die Arbeitsgestaltung und -organisation liefern. Auf der Basis der messtechnischen Untersuchung werden u. a. Hinweise für einen adäquaten Mitarbeiterinsatz beim manuellen Verziehen von Frachtcontainern mit hohen Lastgewichten abgeleitet. Auch konnten bereits Maßnahmen zur Verbesserung der Instandhaltung und zur ergonomischen Handhabung der Flurförderzeuge umgesetzt werden. Zusätzlich wird derzeit ein „Screening-Verfahren“ entwickelt, mit dem orientierend ein angemessener Mitarbeiterinsatz abgeschätzt werden kann, sodass auch künftig eine adäquate Anzahl von Deckziehern pro Schicht entsprechend den Anforderungen des Arbeitsschutzes planbar ist.

## 6 Literatur

- [1] Leitmerkmal methode zur Beurteilung Ziehen, Schieben. Hrsg.: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA), Dortmund. [www.baua.de/de/Themen-von-A-Z/Physische-Belastung/pdf/LMM-Ziehen-Schieben.pdf](http://www.baua.de/de/Themen-von-A-Z/Physische-Belastung/pdf/LMM-Ziehen-Schieben.pdf)

- [2] *Jürgens, W. W.; Mohr, D.; Pangert, R.; Pernack, E.; Schultz, K.; Steinberg, U.*: Handlungsanleitung zur Beurteilung der Arbeitsbedingungen beim Ziehen und Schieben von Lasten. LASI-Veröffentlichung LV 29. Hrsg.: Länderausschuss für Arbeitsschutz und Sicherheitstechnik (LASI), 2002
- [3] *Rohmert, W.; Rückert, A.; Schaub, K.*: Körperkräfte des Menschen. Hrsg.: Technische Hochschule, Institut für Arbeitswissenschaft, Darmstadt 1992
- [4] *Snook, S. H.*: The Ergonomics Society The Society's Lecture 1978. THE DESIGN OF MANUAL HANDLING TASKS
- [5] *Jäger, M.*: Lumbar load during bi-manual sagittal pulling. In: Proceedings of the 12th Triennial Congress of the International Ergonomics Association. IEA 94, Bd. 2, S. 265-267
- [6] *Jäger, M.; Jordan, C.; Theilmeier, A.; Göllner, R.; Luttmann, A.*: Belastung der Lendenwirbelsäule bei branchenübergreifend auftretenden Arbeitssituationen mit Lastenhandhabung. In: *Konietzko, J.; Dupuis, H.; Letzel, S.* (Hrsg.): Handbuch der Arbeitsmedizin. 36. Erg.-Lfg. (Kap. IV-31, S. 1-28). ecomed, Landsberg am Lech 2004 – Losebl.-Ausg.
- [7] DIN 33411 Teil 5: Körperkräfte des Menschen – Maximale statische Aktionskräfte, Werte (11/1999). Beuth, Berlin 1999
- [8] *Wakula, J.; Berg, K.; Schaub, K.; Bruder, R.; Glitsch, U.; Ellegast, R. P.*: Der montagespezifische Kraftatlas. BGIA-Report 3/2009. Hrsg.: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Berlin 2009. [www.dguv.de/ifa](http://www.dguv.de/ifa), Webcode: d89844
- [9] Merkblatt zu der Berufskrankheit Nr. 2108 der Anlage zur Berufskrankheiten-Verordnung (BKV): „Bandscheibenbedingte Erkrankungen der Lendenwirbelsäule durch langjähriges Heben oder Tragen schwerer Lasten oder durch langjährige Tätigkeiten in extremer Rumpfbeugehaltung, die zur Unterlassung aller Tätigkeiten gezwungen haben, die für die Entstehung, die Verschlimmerung oder das Wiederaufleben der Krankheit ursächlich waren oder sein können“. BArbBl. (2006) Nr. 10, S. 30-35
- [10] *Schaub, K.*: Ergonomische Grundlagen. Gestaltung vorwiegend körperlicher Arbeit. In: *Landau, K.; Luczak, H.; Laurig, W.*: Software-Werkzeuge zur ergonomischen Arbeitsgestaltung. REFA-Fachbuchreihe. Institut für Arbeitsorganisation (IfAO), Stuttgart 1997. S. 232-263
- [11] ISO 11228-2: Ergonomie – Manuelle Handhabung – Teil 2: Schieben und Ziehen (4/2007). Beuth, Berlin 2007
- [12] *Schibye, B.; Søgaard, K.; Martinsen, D.; Klausen, K.*: Mechanical load on the low back and shoulders during pushing and pulling of two-wheeled waste containers compared with lifting and carrying of bags and bins. Clin. Biomech. 16 (2001) Nr. 7, S. 549-559
- [13] *Laursen, B.; Schibye, B.*: The effect of different surfaces on biomechanical loading of shoulder and lumbar spine during pushing and pulling of two-wheeled containers. Appl. Ergon. 33 (2002) Nr. 2, S. 167-174
- [14] *Backhaus, C.; Jubb, K.-H.; Post, M.; Ellegast, R.; Felten, C.; Hedtmann, J.*: Belastung des Muskel-Skelett-Systems beim Ziehen und Schieben von Müllgroßbehältern. Z. Arb. Wiss. 66 (2012) Nr. 4, S. 327-346
- [15] *Ciriello, V. M.; Snook, S. H.; Buck, A. C.; Wilkinson, P. L.*: The effects of task duration on psychophysically-determined maximum acceptable weights and forces. Ergonomics 33 (1990) Nr. 2, S. 187-200



# Körperliche Belastung von Rettungskräften beim Treppentransport von Patienten

Christoph Schiefer<sup>1</sup>, Kristina Brandt<sup>1,2</sup>, Friedhelm Göbel<sup>3</sup>, Ingo Hermanns<sup>1</sup>, Dirk Ditschen<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA), Sankt Augustin

<sup>2</sup>Karlsruher Institut für Technologie

<sup>3</sup>Unfallkasse Nordrhein-Westfalen (UK NRW), Dortmund

## 1 Einleitung

Rettungskräfte sind im Einsatz häufig hohen körperlichen Belastungen an Rücken und Gelenken ausgesetzt. Dies gilt insbesondere beim Patiententransport in Treppenhäusern, bei dem neben der Belastung durch das Patientengewicht auch ungünstige Körperhaltungen aufgrund beengter Transportwege auftreten können. Dieses Problem verstärkt sich, seitdem immer häufiger schwergewichtige Personen transportiert werden müssen. Gleichzeitig steigt der Anteil von Frauen unter den Rettungskräften, die durch die genannten Belastungen stärker beansprucht werden können [1; 2].

Eine Lösung des Problems könnte in der Verwendung alternativer Transporthilfen liegen, die eine Belastungsreduzierung beim Patiententransport versprechen. Allerdings sind diese Hilfsmittel bisher wenig verbreitet und in ihrer Wirkung kaum untersucht [3].

Die Unfallkasse Nordrhein-Westfalen (UK NRW) beauftragte daher das Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA) mit der Untersuchung der körperlichen Belastung von Rettungskräften beim Patiententransport durch Treppenhäuser sowohl mit konventionellen als auch mit alternativen Transporthilfen. Zu diesem Zweck wurde zunächst eine Pilotstudie durchgeführt mit dem Ziel, ein entsprechendes Labor-Setup zu entwickeln, geeignete Messmethoden zusammenzustellen und im IFA an Beschäftigten des Rettungsdienstes zu erproben. Ziel der Pilotstudie war es, Grundlagen für die Durchführung einer Studie zu schaffen, aus der Präventionsempfehlungen für die Praxis abgeleitet werden können.

### 1.1 Hilfsmittel

Bei den in dieser Studie verwendeten Hilfsmitteln soll die Untersuchung des Wirkprinzips im Vordergrund stehen. Es ist weder beabsichtigt, ein spezielles Produkt zu bewerben noch ähnliche Produkte verschiedener Hersteller zu vergleichen. Die Auswahl der Hilfsmittel erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

Im Folgenden sind die einzelnen Hilfsmittel und erforderlichen Modifikationen zur Durchführung der Studie beschrieben.

#### 1.1.1 Tragetuch (TT)

Das Tragetuch besteht aus einer robusten Plane mit mindestens sechs seitlich angebrachten Tragegriffen (Abbildung 1) zum Transport von liegenden oder sitzenden Personen in beengter Umgebung oder in schwierigem Gelände. Es kommt durch seine flexible Beschaffenheit vor allem dann zum Einsatz, wenn

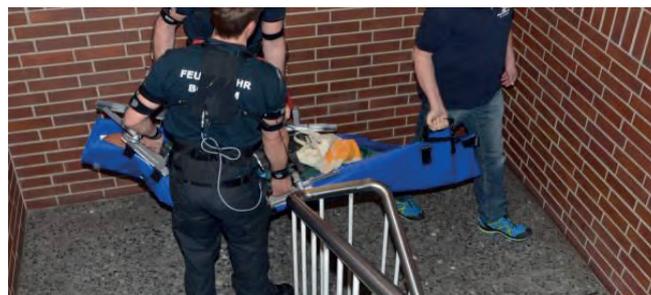
andere (starre) Transportsysteme nicht verwendet werden können. Aufgrund des geringen Packmaßes und Eigengewichts gehört das Tragetuch häufig zur Ausstattung der Einsatzfahrzeuge im Rettungsdienst.

Das Tragetuch kann bereits von einem Zweierteam zum Patiententransport eingesetzt werden. Üblicherweise unterstützt aber mindestens eine dritte Person den Transport. Diese Form der Nutzung wurde auch in der Studie angewendet (Abbildung 2).

Abbildung 1:  
Tragetuch mit Dummy-Puppe und Messtechnik (Kraftmessgriffe und Inertial-Sensoren)



Abbildung 2:  
Tragetuch im Einsatz mit Trageunterstützung am Fußende



#### 1.1.2 Treppengleituch (TGT)

Das Treppengleituch (TGT) besteht ebenfalls aus einer robusten Plane mit sechs Griffen an den Seiten und verfügt zusätzlich auf der Unterseite über eine Stabilisierungsplatte mit Gleitschienen auf Höhe des Patientenrückens sowie einen Gurt am Kopfende des Tuches, den sich der „Hintermann“ beim Transport über Rücken und Schulter legt (Abbildung 3). Im Unterschied zum Tragetuch muss der Patient nicht getragen werden, sondern kann im TGT auf dem Boden liegend transportiert werden. Dabei wird das TGT in der Ebene am Fußende von vorne gezogen und gleitet

auf der Treppe durch die Schwerkraft die Stufen hinunter. Die hintere Person kontrolliert mit dem Rückengurt die Geschwindigkeit auf den Stufen und manövriert gemeinsam mit dem Vordermann das TGT auf der Treppe. Wie beim Tragetuch können beim TGT zusätzliche Personen den Transport unterstützen.

Abbildung 3:  
Treppengleittuch mit Dummy und Messtechnik im Einsatz



### 1.1.3 Tragestuhl (TS)

Der Tragestuhl besteht aus einem Stuhl mit starrem Rahmen auf Rollen und zusätzlichen Tragegriffen. In der Ebene können Patienten damit gefahren werden. Zur Überwindung von Hindernissen, wie z. B. Treppen, wird der Stuhl mithilfe der Griffe meist von einem Zweierteam getragen (Abbildung 4).

Abbildung 4:  
Tragetuch mit Dummy und Messtechnik beim Transport durchs Treppenhaus



### 1.1.4 Raupenstuhl (RS)

Der Raupenstuhl ist ein zusammenklappbarer Stuhl auf Rollen, der über ein ausklappbares Raupenelement verfügt und von zwei Personen bedient wird. Auf ebener Strecke können Patienten damit ebenfalls gefahren werden. Zusätzlich ermöglicht das ausgeklappte Raupenelement die Fahrt über Treppenstufen (Abbildung 5). Das Raupenelement verfügt standardmäßig über eine Bremse, sodass die beiden Rettungskräfte den Raupenstuhl auf der Treppe lediglich lenken und ausbalancieren, aber nicht bremsen oder antreiben müssen.

Es gibt Raupenstühle mit Motorunterstützung im Raupenelement, wodurch diese auch aktiv treppauf fahren können. Diese Funktion ist besonders für den Krankentransport von Bedeutung, bei dem Personen häufiger auf höher gelegene Etagen transportiert werden müssen.

Aufgrund ihrer Bauweise haben Transportstühle ein deutlich höheres Eigengewicht im Vergleich zu den Tüchern, was zusätzlich zum Patientengewicht zu handhaben ist.

Abbildung 5:  
Raupenstuhl mit Dummy bei der Fahrt über Stufen



## 2 Methode

Für die Untersuchungen wurde ein standardisiertes Versuchsprotokoll in Anlehnung an *Mehta* und *Lavender et al.* [4; 5] definiert, in dem ein Dummy-Patient durch zwei Rettungskräfte mit einem Transporthilfsmittel durch ein Treppenhaus transportiert wird. Die Transportgeschwindigkeit wurde von den Probanden selbst frei gewählt, mit der Vorgabe, dass keine Notfallsituation vorliege, die besondere Eile erfordern würde. Mit allen Hilfsmitteln erfolgte der Transport treppab und lediglich mit den Stühlen auch treppauf, da diese Transportrichtung für Krankentransportfahrten relevant ist, wozu die Tücher nicht verwendet werden. Die Transportvorgänge wurden mit jedem Hilfsmittel dreimal wiederholt, mit dazwischenliegenden ausreichenden Erholungspausen.

Als Patient diente eine 75 kg schwere Dummy-Puppe, die aus einem vollständigen Körper (Rumpf, Kopf und Extremitäten) mit beweglichen Gelenken bestand. Als „Einsatzort“ wurde ein Treppenhaus im IFA gewählt, um konstante, vergleichbare Versuchsbedingungen für alle Hilfsmittel und Versuchstage zu schaffen. Die Beschaffenheit des Treppenhauses kann mit ausreichend

Platz und geradem Stufenverlauf als „ideales“ Treppenhaus für den Patiententransport betrachtet werden. Ein Aufzug neben dem Treppenhaus ermöglichte den Transport des Dummies samt Hilfsmittel auf die Startetage.

## 2.1 Zielparameter

Für die vergleichende Analyse der physischen Belastung bei der Nutzung der verschiedenen Transporthilfen wurden folgende Parameter zur Betrachtung ausgewählt:

Aktionskräfte enthalten die Information, welche Kraft der Proband für die Handhabung der Transporthilfe aufbringen muss. Sie werden unterschieden nach ihren Kraftangriffspunkten am Körper, z. B. an der Hand (Handaktionskräfte) oder am Rücken (z. B. Rückengurt beim TGT oder Auflage beim TS).

Die Körperhaltung und -bewegung liefert Informationen darüber, ob ungünstige Körperhaltungen eingenommen werden und wie groß deren Zeitanteil während der Handhabung ist. Des Weiteren ermöglichen es die Informationen zu Körperhaltung und -bewegung, die Auswirkung der Aktionskräfte auf den Körper zu bestimmen.

Lumbalmomente werden aus der Segmentstellung, der Massenverteilung, der Länge der Hebelarme sowie den Kraftangriffspunkten und der Kraftrichtung mithilfe des biomechanischen Modells „Der CUELA Dortmund“ berechnet [6; 7].

Bandscheibenkompressionskräfte entstehen aus der Kraft der Rumpfmuskulatur auf die Wirbelsäule, die benötigt wird, um die entstandenen Lumbalmomente auszugleichen und können ebenfalls mithilfe des CUELA Dortmunds [7] berechnet werden. Die Dortmund Richtwerte [8] zur Bandscheibenkompressionskraft ermöglichen eine Einordnung der entstandenen Belastungswirkung auf die Bandscheiben und stellen damit einen Parameter dar, der die physische Belastung aus der Kombination von Aktionskräften und Körperhaltung beschreibt.

Das subjektive Belastungsempfinden soll als ergänzende Information die Trends und Auffälligkeiten der gemessenen Belastungsparameter widerspiegeln und bestätigen.

## 2.2 Messverfahren

Zur Erfassung der vorgenannten Zielparameter wurden folgende Messverfahren kombiniert:

### 2.2.1 Messsystem CUELA-Inertial

Zur Bewegungs- und Haltungserfassung der Probanden wurde das Messsystem CUELA-Inertial verwendet. Das CUELA-System (CUELA: Computer-unterstützte Erfassung und Langzeit-Analyse von Belastungen des Muskel-Skelett-Systems) wurde im IFA zur objektiven Ermittlung von Muskel-Skelett-Belastungen am Arbeitsplatz entwickelt [6; 9; 10]. Die in dieser Studie verwendete Variante des Systems nutzt Inertialsensoren (IMU, Inertial Measurement Unit) zur Bestimmung der Orientierung einzelner Körpersegmente, woraus sich zusammengesetzt die Bewegung des gesamten Körpers im Raum ergibt [11]. Die IMUs werden direkt am Körper als Sensornetzwerk getragen, dessen Daten-

speicherung über batteriebetriebene, mobile Datenlogger am Probanden erfolgt, sodass dieser sich ohne weitere Verkabelung zu stationären Messinstrumenten frei bewegen kann.

### 2.2.2 Kraftmessgriffe

Die Erfassung der Aktionskräfte erfolgte durch Kraftmessgriffe (Kistler Instrumente, Winterthur, Schweiz), die zusammen mit mobilen Datenloggern an den zu untersuchenden Transporthilfen befestigt wurden. Die Kraftgriffe messen den Betrag und die Richtung der aufgewendeten Kraft jeweils in Bezug zum eigenen (lokalen) Koordinatensystem. Um die Richtungsinformation der Kraft in das globale Koordinatensystem transformieren zu können, wurden die Kraftgriffe zusätzlich mit IMUs ausgestattet.

Damit die gewohnte Handhabung des Transporthilfsmittels durch den Einsatz der Kraftmessgriffe nicht beeinträchtigt oder verändert wird, wurden Trägeradapter für die Hilfsmittel konstruiert, die es ermöglichen, die Kraftmessgriffe an der sonst üblichen Stelle der Handgriffe zu montieren (Abbildungen 4 und 5). Zur Erfassung der Kräfte an den Tüchern und speziell im Gurt wurden entsprechend Befestigungsadapter konstruiert und hergestellt (Abbildungen 1 bis 3).

Insgesamt kamen fünf Messsysteme (zwei Kraftgriffe; CUELA: zweimal am Probanden und einmal am Hilfsmittel) gleichzeitig zum Einsatz, die mittels Lichtimpuls synchronisiert wurden.

### 2.2.3 Subjektives Belastungsempfinden

Neben den objektiven Messgrößen wurde das subjektive Belastungsempfinden der Probanden nach der Nutzung der einzelnen Hilfsmittel anhand einer sechsstufigen Skala mit einem Fragebogen abgefragt. Die Abstufung wurde in reduzierter Form der Borg-Skala nachempfunden [12]. Zusätzlich wurde mit dem Fragebogen abgefragt, in welchen Körperregionen jeweils die stärkste Beanspruchung empfunden wurde.

## 2.3 Probanden

An der Pilotstudie nahmen sechs freiwillige, männliche Probanden (drei Probandenpaare) im Alter von  $29 \pm 2,9$  Jahren (Körpergröße:  $186 \pm 4,1$  cm, Gewicht:  $91 \pm 10,4$  kg) teil, die über mehrjährige Erfahrung im Patiententransport beim Rettungsdienst verfügten.

## 3 Ergebnisse und Ausblick

Entsprechend dem Ziel der Pilotstudie wurden ein komplexer Messaufbau und ein Messprotokoll zur Analyse der Belastungssituation im paarweisen Patiententransport mit verschiedenen Hilfsmitteln entwickelt und unter Laborbedingungen erfolgreich erprobt. Die Ergebnisse bieten erste Hinweise zu den Belastungen, die bei der Verwendung der verschiedenen Hilfsmittel zum Patiententransport im Treppenhaus auftreten können. Anhand der Messergebnisse sowie der Probandenbefragung lässt sich als Trend ableiten, dass sich die Belastung durch die Verwendung der getesteten alternativen Transporthilfen reduzieren kann.

Auf der Grundlage der durch diese Pilotstudie abschätzbaren Effektgrößen wurde die erforderliche Probandenanzahl für die Hauptstudie ermittelt, mit der statistisch relevante Aussagen erwartet werden können. Des Weiteren fließen Erkenntnisse aus dem Versuchsablauf in die Optimierung der Messtechnik und des Messprotokolls in die Studie ein. Die Zielparameter bezogene Ergebnisdarstellung wird daher nach Durchführung der Hauptstudie erfolgen.

## Danksagung

Wir danken den Firmen Schnitzler Rettungsprodukte und Ferno Transportgeräte für die kostenlose Zurverfügungstellung der Transporthilfsmittel und die Unterstützung bei den erforderlichen Umbaumaßnahmen an den Transporthilfsmitteln.

## Literatur

- [1] Zahlen zu den Beschäftigten im Rettungsdienst. Hrsg.: Deutscher Berufsverband Rettungsdienst (DBRD), Lübeck 2011. [www.dbrd.de/index.php/aktuelles/30-16-12-11-zahlen-zu-den-beschaeftigten-im-rettungsdienst.html](http://www.dbrd.de/index.php/aktuelles/30-16-12-11-zahlen-zu-den-beschaeftigten-im-rettungsdienst.html)
- [2] Aasa, U.; Barnekow-Bergkvist, M.; Angquist, K.-A.; Brulin, C.: Relationships between work-related factors and disorders in the neck-shoulder and low-back region among female and male ambulance personnel. *J. Occup. Health* 47 (2005) Nr. 6, S. 481-489
- [3] Bleyer, T.; Hold, U.; Macheleidt, M.; Müller-Arnecke, H.; Rademacher, U.; Windel, A.: Hebe- und Tragehilfen im Rettungsdienst – Zusammenstellung und Betrachtung wesentlicher Schnittstellen. Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin: Forschungsbericht, Fb 1032. Wirtschaftsverlag NW Verlag für neue Wissenschaft, Bremerhaven 2004.
- [4] Mehta, J. P.; Lavender, S. A.; Hedman, G. E.; Reichelt, P. A.; Park, S.; Conrad, K. M.: Evaluating the physical demands on firefighters using track-type stair descent devices to evacuate mobility-limited occupants from high-rise buildings. *Appl. Ergon.* 46 (2015), S. 96-106
- [5] Lavender, S. A.; Hedman, G. E.; Mehta, J. P.; Reichelt, P. A.; Conrad, K. M.; Park, S.: Evaluating the physical demands on firefighters using hand-carried stair descent devices to evacuate mobility-limited occupants from high-rise buildings. *Appl. Ergon.* 45 (2014) Nr. 3, S. 389-397
- [6] Ellegast, R.; Hermanns, I.; Schiefer, C.: Feldmesssystem CUELA zur Langzeiterfassung und -analyse von Bewegungen an Arbeitsplätzen. *Z. Arb. Wiss.* 2 (2010), S. 101-111
- [7] Jäger, M.; Luttmann, A.; Göllner, R.; Laurig, W.: The Dortmund – Biomechanical Model for Quantification and Assessment of the Load on the Lumbar Spine. SAE Technical Paper 2001-01-2085, Society of Automotive Engineers 2001
- [8] Jäger, M.; Luttmann, A.; Göllner, R.: Belastbarkeit der Lendenwirbelsäule bei manueller Lastenhandhabung – Ableitung der „Dortmunder Richtwerte“ auf Basis der lumbalen Kompressionsfestigkeit. *Zbl. Arbmed.* 51 (2001), S. 354-372
- [9] Ellegast, R. P.; Kupfer, J.: Portable posture and motion measuring system for use in ergonomic field analysis. In: Landau, K. (Hrsg.): Ergonomic software tools in product and workplace design – A review of recent developments in human modeling and other design aids. *Ergonomia*, Stuttgart 2000. S. 47-54
- [10] Ellegast, R.; Hermanns, I.; Schiefer, C.: Workload assessment in field using the ambulatory CUELA system. In: Duffy, V. G. (Hrsg.): Digital Human Modeling, Bd. 5620. Second International Conference, ICDHM 2009, Held as Part of HCI International 2009, San Diego, Kalifornien, USA, July 19-24, 2009. Proceedings. Springer, 2009. S. 221-226
- [11] Schiefer, C.; Ellegast, R.; Hermanns, I.; Kraus, T.; Ochsmann, E.; Larue, C.; Plamondon, A.: Optimization of inertial sensor-based motion capturing for magnetically distorted field applications. *J. Biomech. Eng.* 136 (2014) Nr. 12, S. 121008-121008-8
- [12] Borg, G.: Anstrengungsempfinden und körperliche Aktivität. *Dtsch. Ärztebl.* 101 (2004) Nr. 15, S. A1016-A1021. [www.aerzteblatt.de/pdf/101/15/a1016.pdf](http://www.aerzteblatt.de/pdf/101/15/a1016.pdf)

# „Protect your back“ – Interdisziplinäre Entwicklung und Implementierung eines Aktionstages zur Rückengesundheit an Rettungsdienstschulen

Yvonne Kupske<sup>1</sup>, Daniel Schinke<sup>1</sup>, Claus Backhaus<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Kommunale Unfallversicherung Bayern (KUVB), München

<sup>2</sup>Technische Universität Berlin, Institut für Psychologie und Arbeitswissenschaft, Berlin, jetzt: Fachhochschule Münster

## Kurzfassung

Heben und Tragen von schweren Lasten sowie Arbeiten in ungünstiger Körperhaltung stellen Risiken für Rückenbeschwerden dar. Besonders im Rettungseinsatz erleben Rettungskräfte diese Belastungen. Um die Gesundheit zukünftiger Rettungskräfte frühzeitig zu stärken, entwickelt die Kommunale Unfallversicherung Bayern (KUVB) in Zusammenarbeit mit einem interdisziplinären Team den Aktionstag „Protect your back“. In einer Schulung zum rückengerechten Arbeiten und zum richtigen Umgang mit technischen Hilfsmitteln wird die praktische Anwendung in simulierten Praxiszenarien trainiert. An fünf Berufsfachschulen für Notfallsanitäter werden sieben Aktionstage angeboten und anschließend evaluiert. Insgesamt nehmen 160 Auszubildende teil. Sie bewerten „Protect your back“ positiv und sind motiviert, Anregungen im Berufsalltag umzusetzen. Der Ansatz, den Aktionstag fest in die Ausbildung zu integrieren, wird als sinnvoll erachtet. Bestätigt wird die Relevanz des Themas durch eine selbstberichtete 12-Monatsprävalenz von Rückenschmerzen mit 92 %.

## 1 Einleitung

Muskel-Skelett-Erkrankungen (MSE) zählen zu den häufigsten Erkrankungen in Deutschland. Mögliche Folgen sind dauerhafte körperliche Funktionseinschränkungen und der Verlust von Lebensqualität. MSE verursachen die meisten Arbeitsunfähigkeitstage und sind der zweithäufigste Grund für eine Frühberentung [1]. Ihre Entwicklung wird durch Belastungsfaktoren am Arbeitsplatz begünstigt [2; 3]. Im Rettungsdienst sind dies insbesondere das Heben und Tragen von Patienten oder schweren Ausrüstungsgegenständen und das Arbeiten in ungünstigen Körperhaltungen. Belastungsintensivierend wirken auch der hohe Zeitdruck und eine große Verantwortung im Einsatz [4; 5].

Um Ressourcen zur Gesundheitserhaltung und -bildung zu stärken, sollten Maßnahmen zur Gesundheitsförderung möglichst früh ansetzen [6]. Ein zukunftsorientierter Ansatz ist die Integra-

tion von Gesundheitsförderung in die Berufsausbildung [7]. Die mit Inkrafttreten des neuen Notfallsanitätergesetzes (NotSanG) im Jahr 2014 eingeführte berufliche Ausbildung zum Notfallsanitäter bietet erstmals die Möglichkeit, Rettungskräfte gezielt und frühzeitig für ihre eigene Gesundheit zu sensibilisieren. In Kooperation mit fünf Berufsfachschulen für Notfallsanitäter in Bayern entwickelt die KUVB das Projekt „Protect your back“.

## 2 Methodik

### 2.1 Entwicklung des Aktionstages

Für die Entwicklung des Projekts wird der Ansatz der partizipativen Qualitätsentwicklung gewählt. In einem partizipativen Prozess soll die Intervention geplant, durchgeführt und evaluiert werden. Gleichberechtigt an dem Prozess beteiligt werden die Projektleitung, eine Vertretung der Zielgruppe, Fachleute sowie finanzielle Förderer [8]. Nach diesem Ansatz initiiert die KUVB eine interdisziplinäre Arbeitsgruppe mit Lehrkräften aus einzelnen Rettungswachen, zwei Physiotherapeuten, Arbeits- und Gesundheitsschutzexperten und einem Arbeitswissenschaftler.

In einem Workshop wurden ein gemeinsames Verständnis für die Belastungssituation der Rettungskräfte geschaffen und die Akteure qualifiziert. Die Arbeitsgruppe diskutiert aktuelle arbeitswissenschaftliche Erkenntnisse und ergonomische Aspekte zu typischen Arbeitsverfahren und -haltungen im Rettungsdienst. Um eine sichere und richtige Handhabung der technischen Hilfsmittel zu gewährleisten, werden die Beteiligten vom Hersteller in die Anwendung eingewiesen. Basierend auf den im Workshop gewonnenen Erkenntnissen werden abschließend die Inhalte für den Aktionstag konzipiert.

Für die Umsetzung der Aktionstage werden alle Schulen mit den technischen Hilfsmitteln Treppengleittuch, Tragetuch, Rollboard (Abbildung 1) und Rettungsboa ausgestattet. Diese verbleiben für weitere Übungen in den Schulen.

Abbildung 1:

Technische Hilfsmittel für den Rettungsdienst: Teilbares Tragetuch, Rollboard, Treppengleittuch (Bildquelle: Schnitzler Rettungsprodukte)



## 2.2 Entwicklung des Evaluationsfragebogens

Zur Qualitätssicherung und kontinuierlichen Verbesserung ist eine Evaluation geplant. Hierzu wird eine Kooperation mit der Technischen Universität Berlin geschlossen. Studierende der Arbeitswissenschaften entwickeln einen Fragebogen mit dem Ziel, die Wirksamkeit der Lehrmethoden, den Einsatz der technischen Hilfsmittel sowie den Theorie-Praxis-Transfer einschätzen zu können sowie mögliche Verbesserungspotenziale aufzudecken.

Der konzipierte Fragebogen enthält Items zur Prävalenz von Rückenbeschwerden, zum allgemeinen Gesundheitsverhalten der Auszubildenden, zur Qualität des durchgeführten Aktionstages und zur Motivation, das eigene Verhalten zu verändern. Zu 20 vorgegebenen Aussagen wird der Zustimmungswert auf einer fünfstufigen Likert-Skala (1 „stimme voll zu“ bis 5 „stimme nicht zu“) erfasst. Die Datenerfassung erfolgt als digitale Echtzeitbefragung mittels eines drahtlosen elektronischen Abstimmensystems (TED-System VoteWorks®). Mit digitalen Abstimmgeräten können die Auszubildenden anonym an der Befragung teilnehmen. Die erfassten Daten werden als Tabelle in der Software MS-Excel (Version 2013) gespeichert. In einem Pretest werden das Messinstrument und die Methodik an einem Aktionstag erprobt und anschließend optimiert. Ergänzt wird die digitale

Befragung mit Feedbackbögen in Papierform, um individuelle Verbesserungsvorschläge zu erfassen.

Die Befragung erfolgt zu zwei Zeitpunkten. Zu Beginn der Veranstaltung werden die Fragen zur Prävalenz von Rückenbeschwerden und zum Kenntnisstand über rückengerechtes Arbeiten gestellt. Alle anderen Fragen sowie die Verbesserungsvorschläge werden in einem Abschlussgespräch erhoben.

## 3 Ergebnisse

### 3.1 Konzept und Durchführung des Aktionstages

Die Projektgruppe hat sich zum Ziel gesetzt, einen Aktionstag zu entwickeln, der dauerhaft in den Lehrplan der Ausbildung zum Notfallsanitäter übernommen und an jeder Schule mit den dortigen Gegebenheiten umgesetzt werden kann. Durch ein lernfeldbezogenes eigenständiges Erarbeiten und Erproben der technischen Hilfsmittel sowie der neuen Arbeitstechniken sollen die Auszubildenden befähigt und motiviert werden, auf ihre eigene Gesundheit zu achten. Um die richtige Umsetzung zu kontrollieren, soll eine Physiotherapeutin oder ein Physiotherapeut den Tag begleiten. Abbildung 2 zeigt den Ablauf und die Inhalte des entwickelten Aktionstages.

Uhrzeit	Inhalt			
08.30 Uhr	Interaktiver Vortrag: Rückengesundheit			
10.50 Uhr	Workshops			
	1. Transport der Geräte aus dem Rettungswagen	2. Richtig Heben und Tragen mit dem Tragestuhl	3. Rückenfreundliche Nutzung der Fahrtrage	4. Umgang mit dem Treppengleituch
11.50 Uhr	Ergebnispräsentation der Workshops			
13.00 Uhr	Mittagspause			
14.00 Uhr	Praxiszenarien (Wechsel der Gruppen alle 40 min)			
	1. Sofort-Rettung per Rettungsriff	2. Schnelle Rettung mit Rettungsboa	3. Schonende Rettung mit Spineboard und Tragen über Hindernisse	
16.15 Uhr	Abschlussrunde			
16.30 Uhr	Ende der Veranstaltung			

Abbildung 2:  
Ablauf des entwickelten Aktionstages  
„Protect your back“

Der zeitliche Umfang des Aktionstages ist einem regulären Schultag angepasst, wobei Pausenzeiten flexibel gehandhabt werden. Die inhaltliche Gestaltung ist für eine Klassengröße von maximal 30 Personen ausgelegt und richtet sich an Auszubildende im ersten und zweiten Ausbildungsjahr. Für die Moderation der Gruppenarbeiten wird der Tag zusätzlich von drei Lehrkräften begleitet. Die Einführung in den Tag sowie dessen Moderation erfolgt durch eine Aufsichtsperson der KUVB.

Der Aktionstag wird an fünf Berufsfachschulen für Notfallsanitäter durchgeführt. Insgesamt nehmen 160 Auszubildende an den Veranstaltungen teil. Zu Beginn erläutert die Physiotherapeutin oder der Physiotherapeut die Anatomie und Funktionsweise der Wirbelsäule. Mit den Teilnehmenden werden die Auswirkungen berufsbedingter Belastungen diskutiert. Die Klasse

wird anschließend in vier Workshopgruppen eingeteilt, in denen sie sich eigenständig mit den technischen Hilfsmitteln auseinandersetzen können. Arbeitsauftrag ist es, neue Techniken zum Heben und Tragen von Lasten zu erarbeiten. Bei Bedarf erhalten sie fachliche Hilfestellung. Die Ergebnisse werden im Anschluss den anderen Gruppen präsentiert.

In drei realitätsnah simulierten Rettungssituationen sollen die Auszubildenden die technischen Hilfsmittel und entwickelten Methoden zum Heben und Tragen einsetzen. Nach Abschluss der Simulation wird die Vorgehensweise der Auszubildenden reflektiert und ggf. erneut durchgespielt, um rückenbelastende Körperhaltungen zu korrigieren. Der Tag endet mit einer offenen Abschlussrunde, in der die Evaluation durchgeführt wird.

### 3.2 Ergebnisse der Evaluation

Die entwickelten Frage- und Feedbackbögen werden bei fünf Veranstaltungen (n = 99) eingesetzt. Die Geschlechterverteilung in der Stichprobe ist ausgeglichen (52 % Männer vs. 48 % Frauen). Mehr als die Hälfte der Befragten (66 %) sind zwischen einem und vier Jahren im Rettungsdienst tätig. Die Mehrheit (62 %) ist zwischen 20 und 24 Jahren alt. In Tabelle 1 ist die Altersverteilung nach Geschlecht dargestellt.

Tabelle 1:  
Altersverteilung der Stichprobe nach Geschlecht (n = 97)

Altersgruppe	Männer (n = 50)	Frauen (n = 47)
unter 20 Jahre	20,0 %	17,0 %
20 bis 24 Jahre	62,0 %	61,7 %
25 bis 29 Jahre	14,0 %	17,0 %
über 30	4,0 %	4,3 %

Der Aussage, dass sie heute Rückenschmerzen haben, stimmen 22 % der Teilnehmenden zu bzw. eher zu. Die 12-Monatsprävalenz für Rückenschmerzen beträgt 92 %. Die Verteilung der Prävalenzwerte nach Geschlecht ist in Abbildung 3 abgebildet.

Für 91 % der Befragten ist Rückengesundheit ein relevantes Thema. Die Auszubildenden schätzen zu Beginn der Veranstaltung ihr Wissen zum rückengerechten Arbeiten auf einer Skala von 1 bis 5 (1 „sehr gut“ bis 5 „mangelhaft“) im arithmetischen

Mittel mit 2,7 (±1,1) ein. Rückengerechte Arbeitsweisen sind 53 % der Teilnehmenden bekannt.

Die Veranstaltung bewerten 83 % der Befragten als praxisnah. Der Aussage, das erlernte Wissen werde ihnen in Zukunft helfen, rückengerecht zu arbeiten, stimmen 63 % der Teilnehmenden zu bzw. eher zu. Das erlernte Wissen an andere weitergeben zu können, bestätigen 74 %. Insgesamt beabsichtigen 31 %, dies auch tatsächlich zu tun. Auf eine rüchenschonende Haltung während der Arbeit möchten in Zukunft 80 % der Befragten achten. In Abbildung 4 sind die Antwortverteilungen dargestellt.

Die Frage, ob sie sich vorstellen können, ihre Tätigkeit im Rettungsdienst bis zur Rente auszuüben, wird von 10 % der Befragten bejaht und von 75 % verneint.

Die Auswertung der offenen Fragen zeigt, dass die Auszubildenden der Ansicht sind, wichtige Anregungen und Tipps zum rückengerechten Arbeiten für die berufliche Praxis zu erhalten. Sie bewerten die hohe Professionalität der Akteure sehr positiv. Die Arbeitstechniken richtig anwenden zu können, insbesondere in Notfallsituationen, wird von einigen Auszubildenden eher kritisch gesehen.

Um die Inhalte des Aktionstages besser zu vertiefen, wünschen sich viele Auszubildende ein Handout zum Vortrag und ein Poster mit Bewegungsübungen für den Alltag. Darüber hinaus halten es einige der Befragten für sinnvoll, einen solchen Aktionstag auch für ehrenamtliche Rettungskräfte anzubieten.

Abbildung 3:  
Verteilung der Prävalenzwerte in der Stichprobe nach Geschlecht

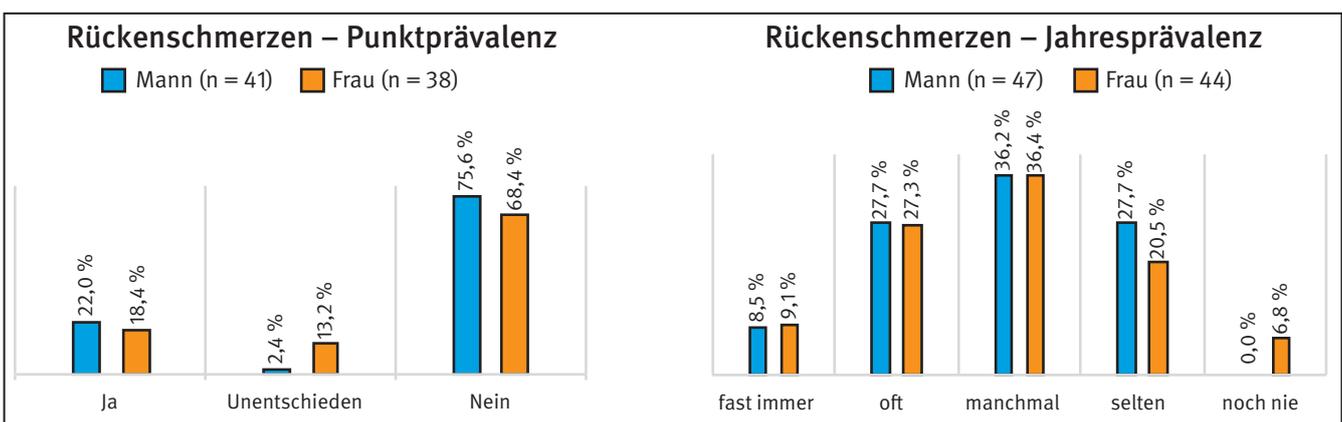
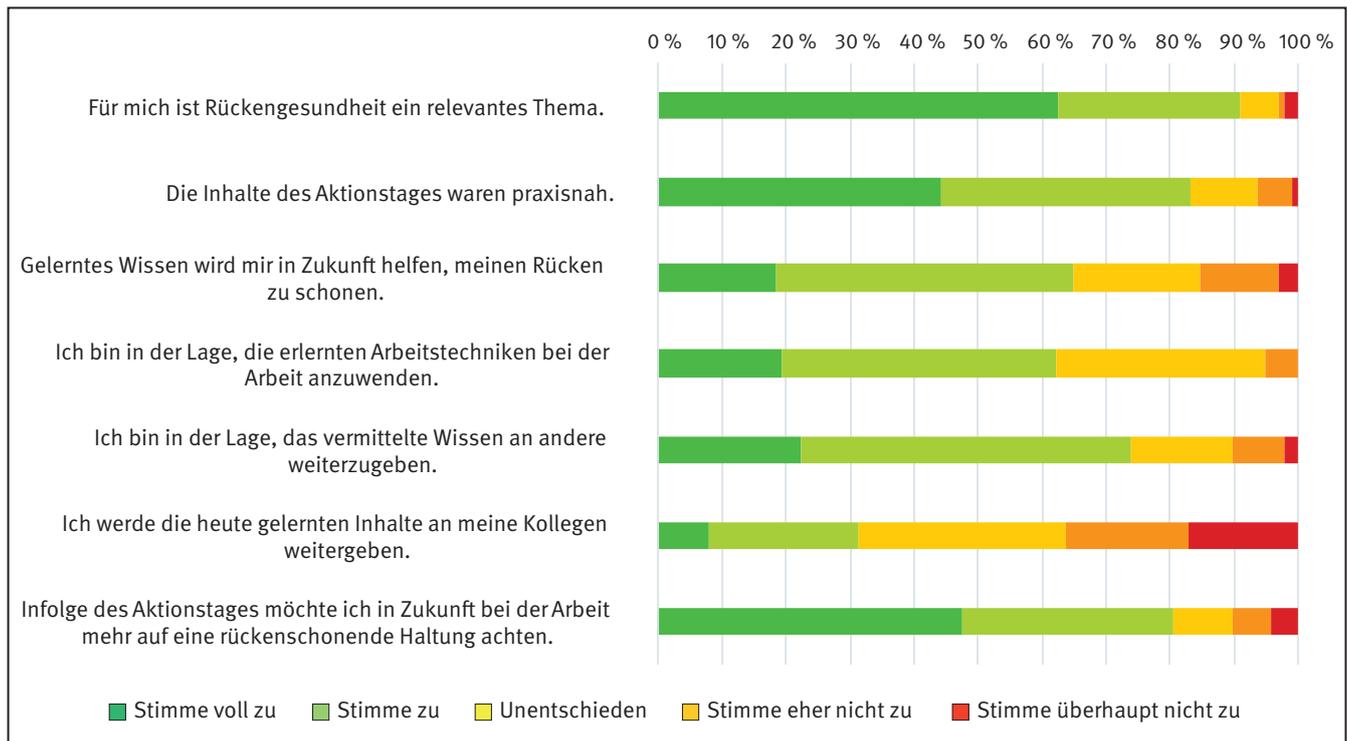


Abbildung 4:  
Evaluationsergebnisse der TED-Befragung nach der Veranstaltung



#### 4 Diskussion

Die Integration des Aktionstages „Protect your back“ und somit des Themas Rückengesundheit in die neue Notfallsanitäterausbildung ist ein innovativer Ansatz, um zukünftige Rettungskräfte frühzeitig für ihre eigene Gesundheit zu sensibilisieren. Berufsschulen stellen ein gutes Setting für Gesundheitsförderung und Prävention dar, dessen Potenzial noch zu wenig genutzt wird [9]. Sowohl die Teilnehmenden als auch die Lehrkräfte bewerten die Integration des Aktionstages in die Ausbildung als sehr sinnvoll. Daher prüfen die Schulen gegenwärtig eine Übernahme in das reguläre Curriculum der Ausbildung. Zu hinterfragen ist der Zeitpunkt für die Intervention. Es hat sich bewährt, den Tag durchzuführen, wenn die Auszubildenden bereits Kenntnisse zur Anatomie und Funktionsweise des Rückens besitzen und erste praktische Erfahrung im Rettungsdienst sammeln konnten.

Die Ergebnisse der Evaluation bestätigen die Relevanz des Themas. Deutlich wird dies sowohl in der hohen Punktprävalenz (22 %) als auch in der sehr hohen Jahresprävalenz (92 %) von Rückenschmerzen. Im Vergleich sind die Prävalenzwerte höher als in der vergleichbaren Altersgruppe 18 bis 29 Jahre. Hier liegt die Jahresprävalenz bei Frauen bei 65 % und bei Männern bei 53 % [10].

Besonders die Praxisnähe des Aktionstages bewerten die Teilnehmenden positiv. Dies kann als das Resultat der partizipativen Zusammenarbeit der interdisziplinären Arbeitsgruppe bei der Konzeption des Tages gewertet werden. Die Zusammenarbeit der Kooperationspartner, die Einbindung relevanter Akteure und die Berücksichtigung der Bedürfnisse der Zielgruppe haben einen zentralen Einfluss auf den Erfolg einer gesundheitsförderlichen Intervention [6; 11].

Ein weiterer positiver Effekt der partizipativen Entwicklung des Projekts sind eine hohe Akzeptanz und Motivation für das Thema „Rückengerechtes Arbeiten“ bei den beteiligten Akteuren. Die Lehrkräfte achten dadurch auch in der weiteren Ausbildung stärker auf die Prinzipien des rückengerechten Arbeitens. Die Schulen entwickeln im Projektverlauf eigenständig Ideen zur Verstetigung der Lerninhalte des Aktionstages.

Damit die rückengerechten Arbeitstechniken routiniert ablaufen, bedarf es allerdings einer kontinuierlichen Wiederholung der Inhalte. Folglich ist es wichtig, Rückengesundheit nicht nur in der Ausbildung, sondern auch im Arbeitsalltag zu thematisieren und die erlernten Techniken anzuwenden. Hier besteht noch Handlungsbedarf. Zwar traut sich die Mehrheit der Befragten zu, das erlernte Wissen an erfahrene Kollegen weiterzugeben, aber lediglich ein Drittel der Befragten beabsichtigt, dies auch zu tun.

Die Qualifikation der Akteure ist ein zentraler Erfolgsfaktor für Projekte zur Gesundheitsförderung [11]. Die Akteure zu Beginn des Projekts im Umgang mit den neuen technischen Hilfsmitteln zu schulen und für besondere Belastungssituationen zu sensibilisieren, ist hierbei besonders wichtig. Die Begleitpersonen sind sicher in der Handhabung der Hilfsmittel und können Fragen der Auszubildenden gut klären.

Insgesamt belegen die Evaluationsergebnisse, dass sich die inhaltliche Gestaltung des Tages bewährt hat.

Der Anteil derer, die bei der Befragung angeben, in Zukunft mehr auf rüchenschonende Haltung zu achten, ist mit 80 % sehr hoch, ebenso wie die Motivation, die erlernten Arbeitstechniken in der Praxis anzuwenden. Die Wirksamkeit bzw. die Nachhaltigkeit von Interventionen, die Rückenschmerzen effektiv vorbeugen sollen, ist wissenschaftlich nicht eindeutig belegt [3; 12]. Aus

diesem Grund bedarf es weiterer Forschung, um die Effekte des Projekts hinsichtlich der Verhaltensbeeinflussung der Auszubildenden besser bewerten zu können.

## 5 Fazit und Ausblick

Der Aktionstag wird von den beteiligten Akteuren und der Mehrheit der Teilnehmenden als sinnvolle Ergänzung zur Ausbildung bewertet. Die Evaluationsergebnisse belegen die Relevanz des Themas und bestätigen eine gute praktische Umsetzung. Handlungsbedarf besteht in der Entwicklung von begleitenden Schulungsmaterialien und der Qualifikation der Teilnehmenden zur Weitergabe der Inhalte an Arbeitskolleginnen und -kollegen. Zusätzlich sollte in weiteren Studien die Nachhaltigkeit und Wirksamkeit des Projekts untersucht werden.

Für den kontinuierlichen Verbesserungsprozess ist ein Evaluationstreffen der Akteure geplant. Es sollen Maßnahmen zur Weiterentwicklung definiert und das Projekt weiteren Berufsfachschulen für Notfallsanitäter anderer Träger angeboten werden.

## Danksagung

Wir danken den Schulleitungen und Lehrkräften der kooperierenden Berufsfachschulen für Notfallsanitäter für die konstruktive Zusammenarbeit sowie den beteiligten Studierenden der Technischen Universität Berlin für ihre wertvolle Unterstützung bei der Evaluation des Aktionstages.

## Literatur

- [1] Gesundheit in Deutschland. Gesundheitsberichterstattung des Bundes. Hrsg.: Robert Koch-Institut, Berlin 2015
- [2] *Kuhn, J.*: Arbeitsbedingte Erkrankungen. *Prävention* 24 (2001), S. 3-6
- [3] *Sandrock, S.*: Muskel-Skelett-Erkrankungen mit Schwerpunkt Rückenschmerzen – Einflussgrößen und mögliche Präventionsansätze. *Angew. Arbeitswiss.* (2009) Nr. 202, S. 47-63
- [4] *Gebhardt, H.; Klußmann, A.; Caffier, G.; Maßbeck, P.; Topp S.; Steinberg U.; Backe, E.*: Gestaltung gesundheitsförderlicher Arbeitsbedingungen für Rettungsfachpersonal. *Arbeitsmed. Sozialmed. Umweltmed.* (2005) Nr. 40, S. 202 ff.
- [5] *zur Mühlen, A.; Heese, B.; Haupt, S.*: Arbeits- und Gesundheitsschutz für Beschäftigte im Rettungsdienst. *ErgoMed* (2005) Nr. 6., S. 169-177.
- [6] *Klotz, T.; Haisch, J.; Hurrelmann, K.*: Prävention und Gesundheitsförderung: Ziel ist anhaltend hohe Lebensqualität. *Dtsch. Arztebl.* 106 (2006) Nr. 10, S. A606-A609. [www.aerzteblatt.de/pdf.asp?id=50488](http://www.aerzteblatt.de/pdf.asp?id=50488)
- [7] *Zöller, M.; Tutschner, H.*: Gesundheitskompetenz im Kontext beruflicher Bildung – für nachhaltige Gesundheit und Beschäftigungsfähigkeit. Heft 147. Hrsg.: Bundesinstitut für Berufsbildung (BIBB), Bonn 2014. [www.bibb.de/veroeffentlichungen/de/publication/show/7187](http://www.bibb.de/veroeffentlichungen/de/publication/show/7187)
- [8] *Wright, M. T.; Kilian, H.; Block, M.; von Unger, H.; Brandes, S.; Ziesemer, M.; Gold, C.; Rosenbrock, R.*: Partizipative Qualitätsentwicklung: Zielgruppen in alle Phasen der Projektgestaltung einbeziehen. *Gesundheitswesen* 77 (2015) Nr. S 01, S. S141-S142
- [9] *Bonse-Rohmann, M.*: Gesundheitsförderung in der beruflichen Bildung und der Lehrerbildung für Gesundheitsberufe. In: *Bonse-Rohmann, M.; Weyland, U.* (Hrsg.): *bwp@Spezial 6 – Hochschultage Berufliche Bildung 2013, Fachtagung 10*. S. 1-21. [www.bwpat.de/ht2013/ft10/bonse-rohmann\\_ft10-ht2013.pdf](http://www.bwpat.de/ht2013/ft10/bonse-rohmann_ft10-ht2013.pdf)
- [10] Gesundheitsberichterstattung des Bundes. Gesundheit in Deutschland. Hrsg.: Robert Koch-Institut und Statistisches Bundesamt, Berlin 2006. [www.rki.de/DE/Content/Gesundheitsmonitoring/Gesundheitsberichterstattung/GesInDtld/GiD\\_2006/gesundheitsbericht.pdf](http://www.rki.de/DE/Content/Gesundheitsmonitoring/Gesundheitsberichterstattung/GesInDtld/GiD_2006/gesundheitsbericht.pdf)
- [11] *Rojatz, D.; Merchant, A.; Nitsch, M.*: Zentrale Einflussfaktoren der betrieblichen Gesundheitsförderung. Ein systematischer Literaturreview. *Prävention und Gesundheitsförderung* 10 (2015) Nr. 2, S.134-146
- [12] *Linton, S. J.; van Tulder, M. W.*: Preventive interventions for back and neck pain problems – what is the evidence? *Spine* 26 (2001) Nr. 7, S. 778-787



# Belastungen des Hüftgelenks bei beruflichen Tätigkeiten

Ulrich Glitsch<sup>1</sup>, Patrick Varady<sup>2</sup>, Peter Augat<sup>2</sup>, Dirk Ditchen<sup>1</sup>

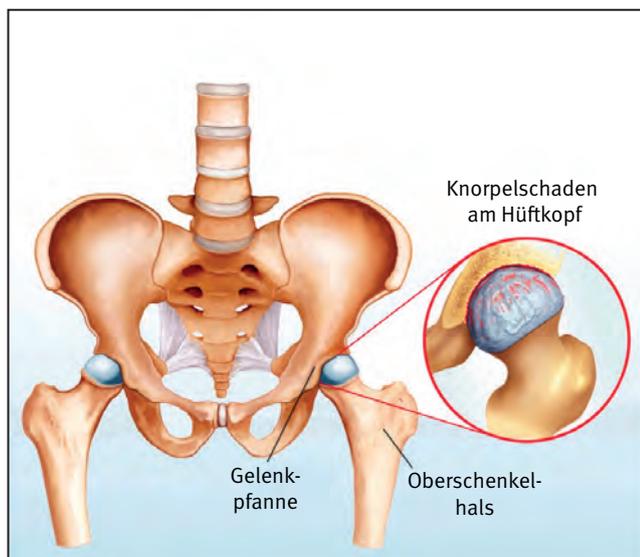
<sup>1</sup>Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA), Sankt Augustin

<sup>2</sup>Berufsgenossenschaftliche Unfallklinik Murnau

## 1 Einleitung

Die Arthrose des Hüftgelenks (Coxarthrose, Abbildung 1) zählt zu den altersbedingten degenerativen Erkrankungen des Muskel-Skelett-Systems und hat eine hohe sozio-ökonomische Relevanz für die Betroffenen und die Sozialversicherungssysteme. So weist die Gesundheitsberichterstattung des Bundes für das Jahr 2011 ca. 2,6 Millionen Arbeitsunfähigkeitstage und ca. 1 600 Frühverrentungen wegen Coxarthrose (ICD-10: M16) aus [1]. Obwohl die Entstehung der Osteoarthrose mutmaßlich multifaktorielle Gründe hat, stehen mechanische Faktoren auf der Liste der möglichen Ursachen meist oben [2 bis 4]. Hierzu zählen auch berufsbedingte Tätigkeiten wie schweres Heben und Tragen. Allerdings ist bisher weitgehend ungeklärt, welche besonderen mechanischen Belastungen der Hüftgelenke – insbesondere des Gelenkknorpels – damit verbunden sind.

Abbildung 1:  
Anatomische Darstellung der Hüftgelenks mit arthrotischer Veränderung des Gelenkknorpels (Bild: Henrie, Fotolia)



Daher wurde im Rahmen eines von der DGUV geförderten Projektes (FF-FB0192) in Kooperation der Berufsgenossenschaftlichen Unfallklinik Murnau (BGUM) und dem Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA) versucht, die Höhe der mechanischen Belastungen des Hüftgelenks bei

risikoassoziierten Tätigkeiten aus dem Arbeitsumfeld zu quantifizieren. Die hier relevanten epidemiologischen Hintergründe zu den beruflichen Risikofaktoren von Coxarthrose begründen sich vorwiegend auf das Review von *Sulsky et al.* [5].

## 2 Methodik

Anhand einer Umfrage unter den Unfallversicherungsträgern konnten Branchen und berufliche Aktivitäten mit einer potenziell hohen Hüftgelenksbelastung identifiziert werden. Aus diesen wurden das Heben, Tragen und Umsetzen von schweren Lasten (25 bis 50 kg), das Leiternsteigen sowie das Treppensteigen (ohne Zusatzlast und mit Zusatzlast von 25 kg) zur Untersuchung ausgewählt.

Insgesamt zwölf männliche Fachkräfte aus den betroffenen Branchen wie Baugewerbe, Industriemontage und Möbeltransport nahmen an der Laborstudie teil (Tabelle 1), die als explorative Querschnittsstudie angelegt war. Zum Zeitpunkt der Untersuchung waren die Probanden nach eigenen Angaben gesund und hatten in der Vergangenheit keine Muskel-Skelett-Erkrankungen, die dem Untersuchungsprogramm – insbesondere dem schweren Heben und Tragen – entgegengestanden hätten.

Der Versuchsparcours umfasste die arbeitsbezogenen Tätigkeiten

- Heben, Tragen und Umsetzen von Lasten (25, 40 und 50 kg),
- Treppensteigen (ohne und mit Zusatzlast 25 kg),
- Leiternsteigen (Anstellwinkel: 70 und 90°),
- Aufstehen aus dem Knien/aus dem Sitzen (Stuhl),
- Springen/Landen (Höhe ca. 40 cm, fakultativ).

Als Vergleichstätigkeiten dienten

- Gehen und
- Stehen.

Tabelle 1:  
Mittelwerte (MW) mit Standardabweichung (SD) der Probandendaten; BMI: Body Mass Index

	Berufsjahre	Größe in cm	Gewicht in kg	BMI in kg/m <sup>2</sup>	Alter in Jahren
MW	23	181	91	27,9	42
SD	11	6	18	4,6	12

Nach einer kurzen Testphase zur Eingewöhnung hatte jeder Proband die Aufgabe, bei jeder Versuchskonstellation drei Wiederholungen auszuführen. Zwischen den Wiederholungen lagen genügend lange Pausen zur Erholung, um Ermüdungseffekte möglichst ausschließen zu können. Insgesamt sollte damit ein erstes repräsentatives Bewegungs- und Belastungsverhalten der zu untersuchenden Tätigkeiten gewonnen werden.

Die Bewegungsanalysen wurden im Biomechaniklabor des IFA durchgeführt, das mit einem Zwölf-Kamera-Vicon-System (Vicon Motion Systems, Oxford, Großbritannien) (Abbildung 2) und

mehreren Dreikomponenten-Kraftmessplatten (Kistler Instruments, Winterthur, Schweiz) ausgestattet ist. Die Abtastfrequenz der Vicon-Kameras betrug 100 Hz und die der Kraftmesssysteme jeweils 200 Hz, wobei die Systeme miteinander synchronisiert waren.

Zur Messung der Stützkkräfte beim Treppen- und Leiternsteigen wurden spezielle Aufbauten mit Dreikomponenten-Kraftaufnehmern (Kistler Instruments, Winterthur, Schweiz) entwickelt und gefertigt (Abbildung 3). Die Leiterkonstruktion ermöglichte die Einstellung eines 70°- bzw. 90°- Anstellwinkels.

Abbildung 2:  
Proband mit reflektierenden Markern (links) für die opto-elektronische Bewegungserfassung mit dem Vicon-System (rechts: Computerdarstellung)

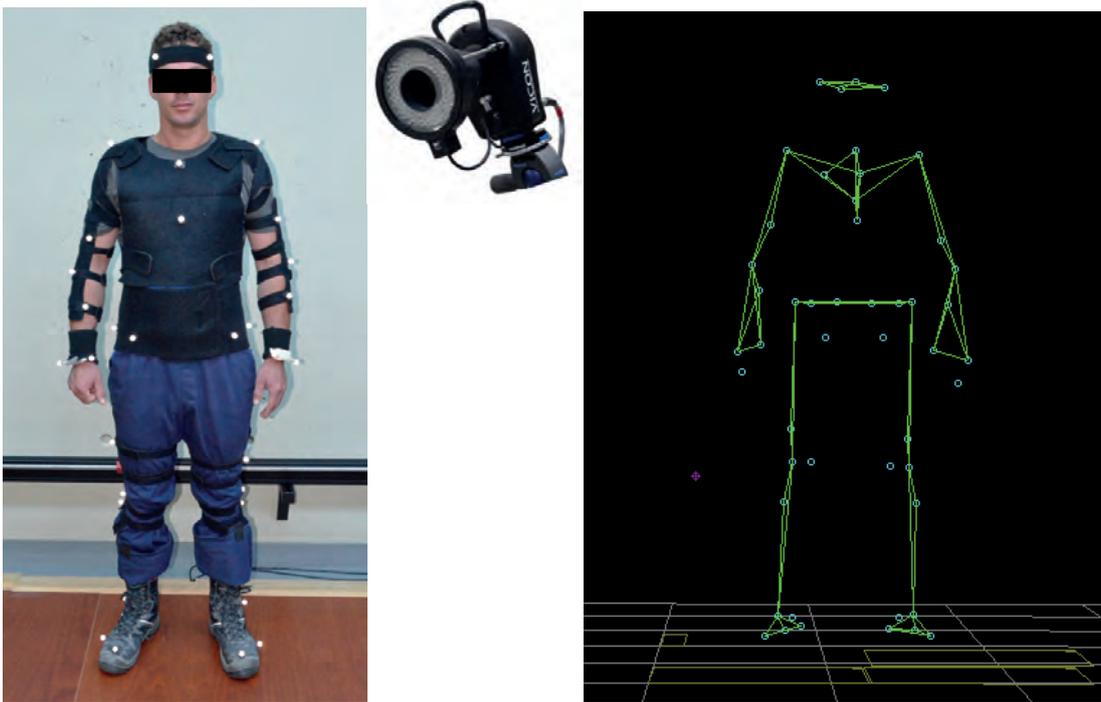
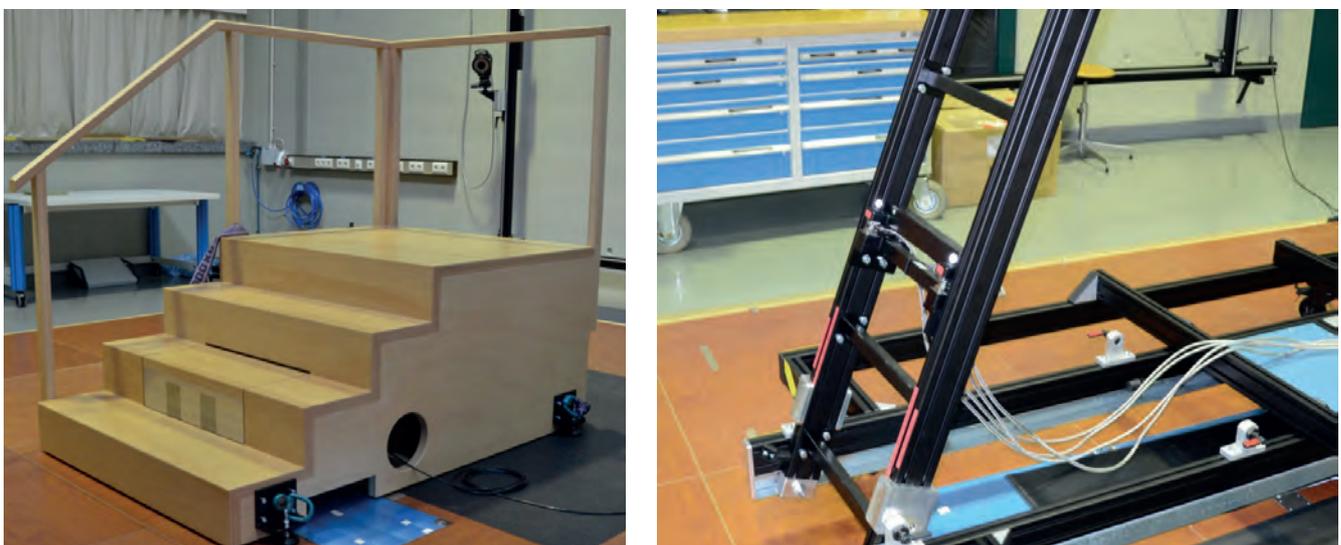


Abbildung 3:  
Treppenkonstruktion mit integrierter Kraftmessplatte (nicht im Bild sichtbar) unter der zweiten Stufe (links) und Leiterkonstruktion mit instrumentierter Sprosse (rechts)



Für die Experimente mit Lastenhandhabung wurde ein spezielles Hebegewicht angefertigt, das mit Zusatzgewichten auf die erhöhten Gesamtmassen von 40 bzw. 50 kg angepasst werden konnte (Abbildung 4). Zur sicheren Handhabung waren am Hebegewicht stabile Metallgriffe angebracht, die einen fixen Abstand von 337 mm über der Bodenfläche hatten.

Die analytische Bestimmung der inneren muskuloskelettalen Belastung – hier der Hüftgelenke – erfolgte in mehreren Schritten. Zunächst lieferte die Methode der inversen Dynamik aus der Körperhaltung bzw. den -bewegungen in Kombination mit den Kräften und Drehmomenten, die von außen auf das Muskel-Skelett-System einwirkten, die sogenannten Schnittlasten am Hüftgelenk – insbesondere hier das Gelenkmoment um das Hüftgelenk (Abbildung 5).

Mit der Simulationssoftware AnyBody (AnyBody Technology A/S, Aalborg, Dänemark) erstellte man an der BGUM für jeden Probanden entsprechend seiner Anthropometrie ein individuell skaliertes Muskel-Skelett-Modell, das die Berechnung der individuellen Kompressionskräfte am Hüftgelenk für die untersuchten Lastfälle ermöglichte. Die berechneten Kompressionskräfte in Kombination mit der Hüftgelenkstellung dienten als Eingangsparameter für eine Finite-Element-Analyse (FEA) mit der Software ANSYS (Workbench 16.0, ANSYS Inc., Canonsburg, Pennsylvania, USA) zur Berechnung der Druckverteilung an den Gelenkknorpelflächen des Hüftgelenks. Weitere Details hierzu bietet der IFA Report 3/2016 [6].

Abbildung 4: Variabel einstellbares Hebegewicht für die Versuche zur Lastenhandhabung (links), Maßzeichnung (rechts)

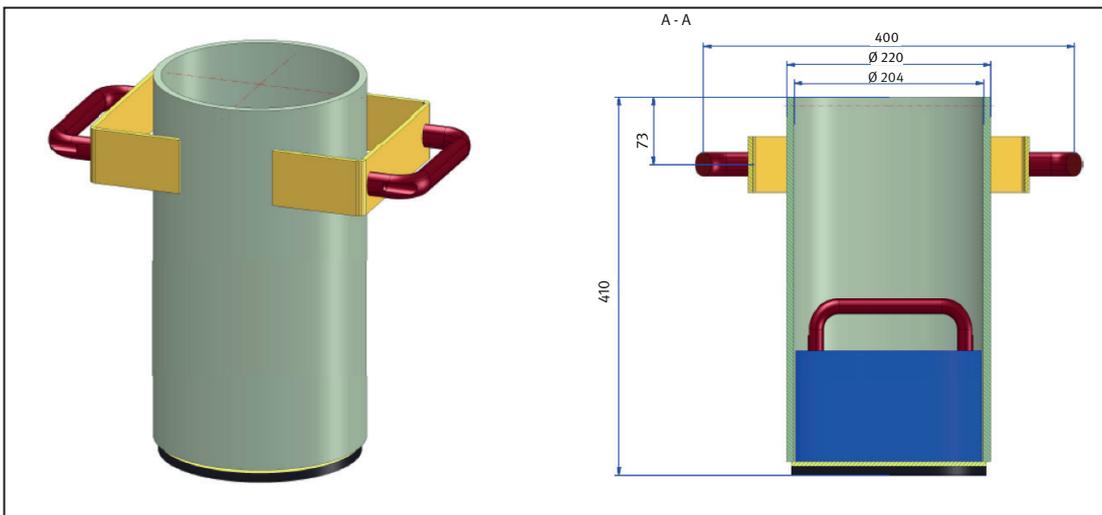
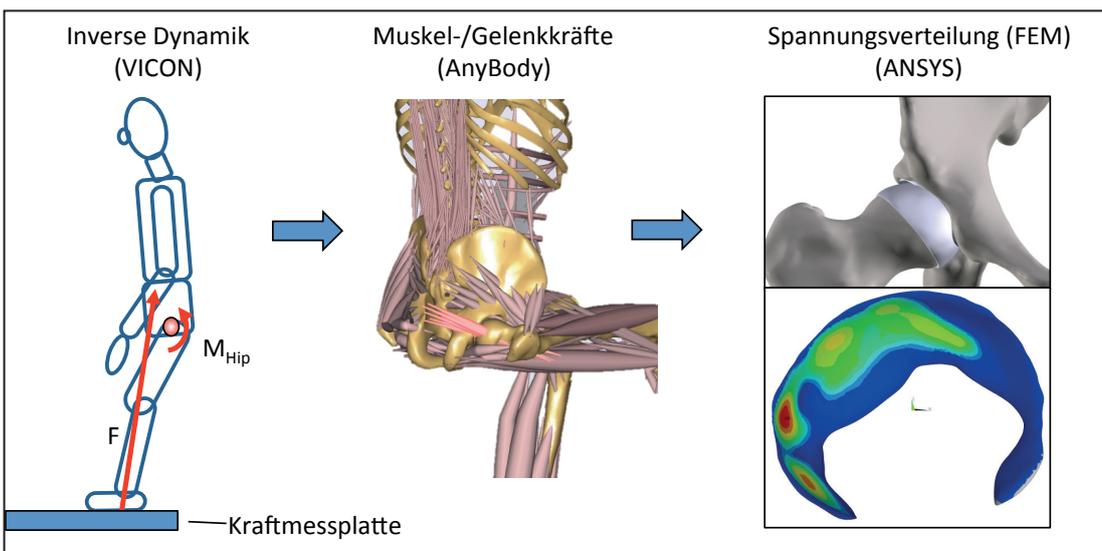


Abbildung 5: Abfolge der biomechanischen Modellanalysen zur Bestimmung der Hüftgelenksbelastung



Für den Vergleich zwischen den verschiedenen Tätigkeiten/Aktionen wurden die absoluten Maxima der Parameter-Zeit-Verläufe innerhalb markierter Intervalle als Kennwerte für die Belastungshöhe herangezogen. Softwaregestützt wurden dazu die Aggre-

gate wie Mittelwert und Maximum jedes Ausgabeparameters für das jeweilige Zeitintervall berechnet und in entsprechende Tabellen zur weiteren Auswertung abgelegt. Mittels Varianzanalyse (ANOVA) mit Messwiederholung und anschließenden

gepaarten Post-Hoc-Tests mit Bonferroni-Korrektur wurde überprüft, in welcher Relation die Belastung einer Tätigkeit zu der beim Gehen stand. Das Signifikanzniveau war auf  $\alpha = 5\%$  festgesetzt.

### 3 Ergebnisse

Nach Durchsicht aller Versuche – insbesondere während der Aktionsphasen – auf Gültigkeit verblieben für alle Probanden und alle Versuche über 2 600 Intervalle, die in die Auswertung einbezogen werden konnten. Im Zuge dieser Datensichtung wurden ungültige Bewegungsphasen – z. B. wenn ein Fuß die Kraftmessplatte nicht vollständig getroffen hatte – von der weiteren Auswertung ausgeschlossen. Am Ende verblieben mindestens 33 gültige Bewegungsphasen für die Auswertung. Daher wird davon ausgegangen, dass die Messwerte ein repräsentatives Bild für die untersuchten Tätigkeiten widerspiegeln. Jede dieser Bewegungsphasen musste dann einzeln mit dem AnyBody-System modelliert und analysiert werden (Abbildung 6).

Die maximalen Hüftgelenkskräfte in % des Körpergewichts (%BW) erreichten beim Tragen mit 40 kg ( $497 \pm 85\%$  BW) und 50 kg ( $562 \pm 103\%$  BW) sowie beim Umsetzen von Lasten mit mehr als 25 kg Gewicht [ $526 \pm 123\%$  BW (25 kg),  $591 \pm 139\%$  BW (40 kg),  $637 \pm 148\%$  BW (50 kg)] signifikant höhere Werte als beim Gehen ohne Gewicht ( $368 \pm 78\%$  BW) (Tabelle 2 und Abbildung 7). Im Gegensatz dazu waren die maximalen

Hüftgelenkskräfte beim Heben selbst mit 50 kg Lastgewicht ( $486 \pm 119\%$  BW) statistisch nicht signifikant unterschiedlich. Insgesamt ergab die Analyse der Lastenhandhabung einen engen Zusammenhang zwischen der maximalen Gelenkkraft und dem Lastgewicht. Beim Treppensteigen mit Lastgewicht (25 kg) waren die maximalen Gelenkskräfte ( $494 \pm 69\%$  BW) statistisch signifikant im Vergleich zum Gehen erhöht.

Abbildung 6: Computeranimation der einzelnen Bewegungsphase mit dem AnyBody-System: Treppen- (links) und Leiternsteigen (rechts)

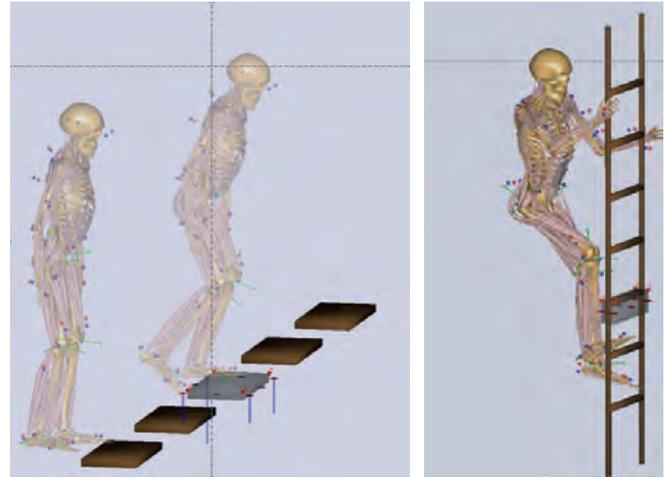


Tabelle 2: Gruppenmittelwerte der maximalen Hüftgelenkskräfte, deren Standardabweichung und Stichprobengröße (n)

Bewegung	Mittelwert in %BW ± Standardabweichung	n
Gehen	368 ± 78	80
Heben 25 kg	348 ± 81	66
Heben 40 kg	426 ± 93	70
Heben 50 kg	486 ± 119	65
Tragen 25 kg	408 ± 58	67
Tragen 40 kg	497 ± 85	72
Tragen 50 kg	562 ± 103	62
Umsetzen 25 kg	526 ± 123	136
Umsetzen 40 kg	591 ± 139	130
Umsetzen 50 kg	637 ± 148	132
Treppenabsteigen	313 ± 39	33
Treppenaufsteigen	347 ± 64	33
Treppenabsteigen 25 kg	437 ± 65	31
Treppenaufsteigen 25 kg	494 ± 69	31
Leiterabsteigen 70°	353 ± 52	33
Leiterraufsteigen 70°	381 ± 59	33
Leiterabsteigen 90°	368 ± 43	32
Leiterraufsteigen 90°	425 ± 42	32
Hinsetzen/Aufstehen	255 ± 55	68
Hinknien/Aufstehen	401 ± 90	36

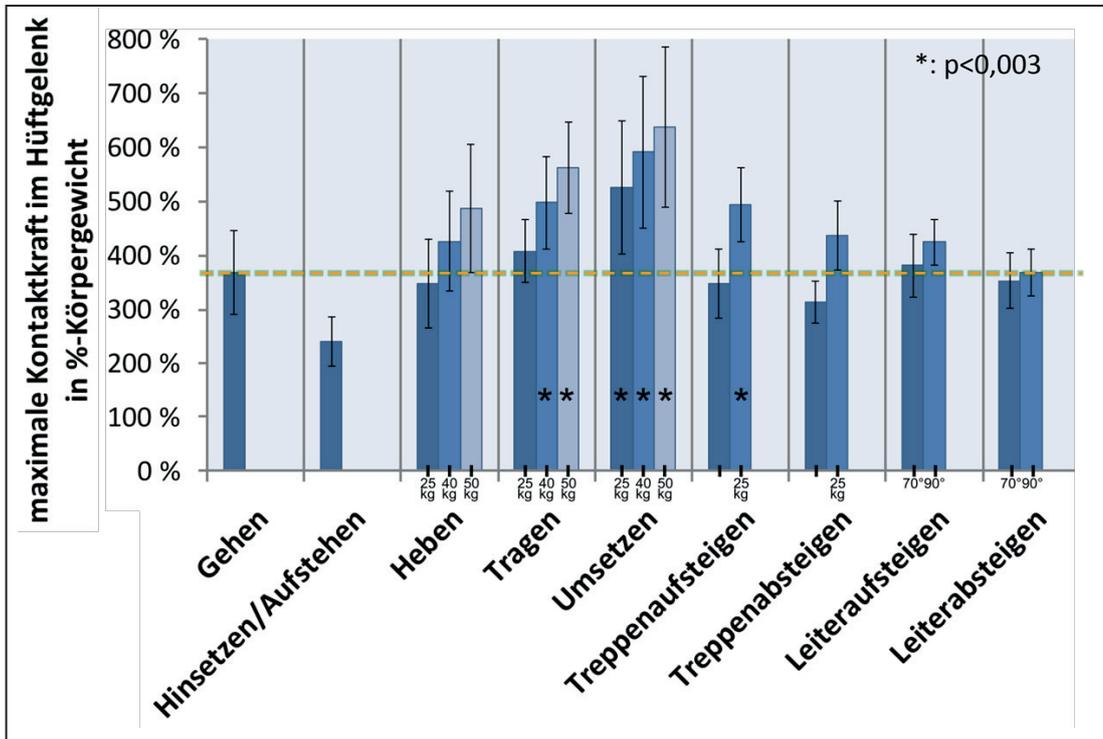


Abbildung 7: Vergleich der durchschnittlichen maximalen Kontaktkraft im Hüftgelenk bei den einzelnen Aktivitäten (mit Standardabweichung) mit der beim Gehen (gestrichelte Linie)

Da die FEA eines einzelnen Lastfalls (für einen Zeitpunkt) – trotz des Einsatzes eines leistungsfähigen Computers – zwischen 12 und 72 Stunden benötigte, konnten weder aller Zeitschritte einer Aktionsphase noch alle Versuche durchgerechnet werden. Hinzu kam, dass der Ablauf nicht vollautomatisiert betrieben werden konnte, da jede Simulation einzelne manuelle Konfigurationsschritte erforderte. Daher wurde die FEA nur für einen repräsentativen Probanden – der dem Gruppenmittel am nächsten war – in der Phase der maximalen Hüftgelenkskraft beim Gehen und bei der Lastenhandhabung mit der jeweils höchsten Last ausgeführt.

Die maximalen Drücke erreichten Werte zwischen 11,6 und 24,1 MPa (Tabelle 3). Beim Heben (50 kg) traten sowohl

beim Spitzendruck (24,1 MPa) als auch beim mittleren Druck (9,5 MPa), bezogen auf die Knorpelfläche, die höchsten Werte auf. Neben der Höhe des Lastgewichts spielt die Hüftgelenkstellung – hier insbesondere die Beugung – eine wichtige Rolle, da die Kontaktflächengröße tätigkeitsabhängig erheblich variierte. Die Falschfarbenbilder der Druckverteilung zeigten ein belastungsspezifische Muster (Abbildung 8). In der Phase der höchsten Gelenkkraft lag das Druckzentrum beim Gehen im vorderen oberen Bereich des Hüftpfannendaches, wohingegen es beim Heben – aufgrund der starken Beugung – im hinteren unteren Bereich lag.

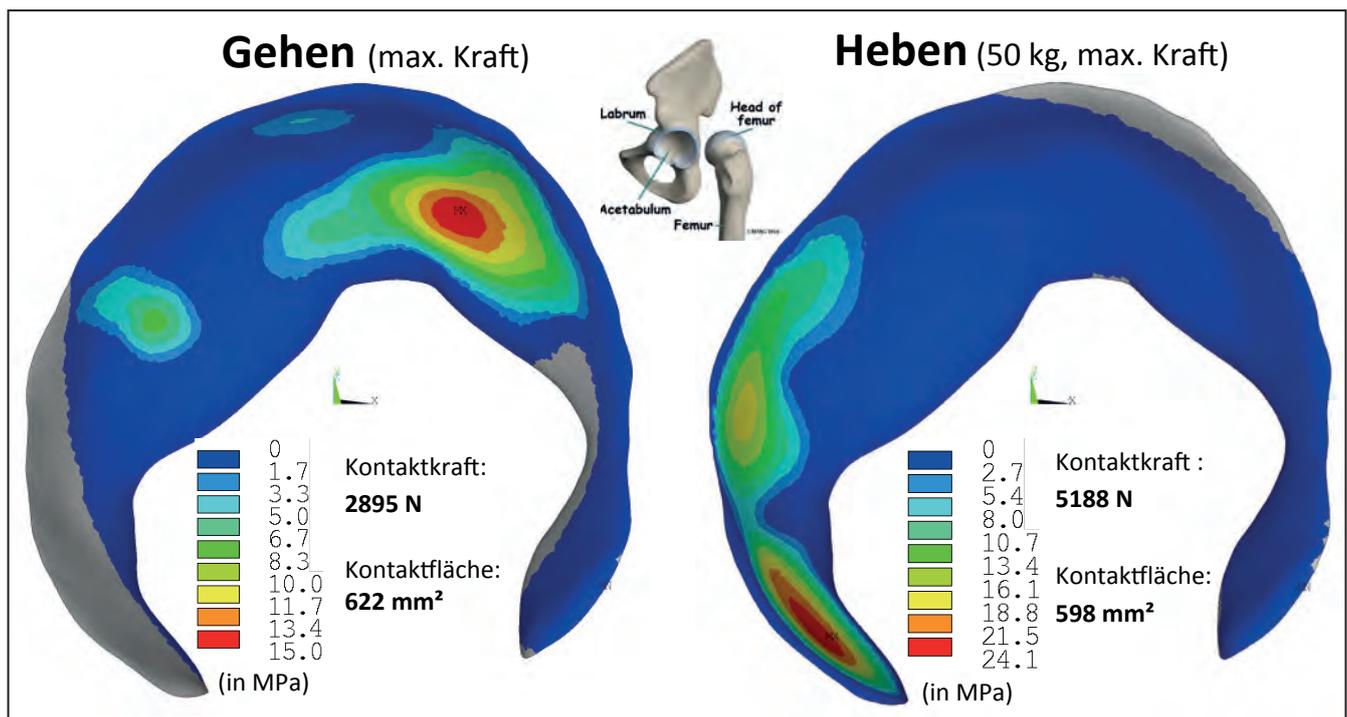
Weitere Ergebnisse sind dem IFA Report 3/2016 [6] zu entnehmen.

Tabelle 3: Drücke, Kontaktflächen und Kontaktkräfte bei der Finiten-Elemente-Analyse der Tätigkeiten zum Zeitpunkt der maximalen Hüftgelenkskraft

Tätigkeit	maximaler Druck in MPa	mittlerer Druck in MPa	Kontaktfläche in mm <sup>2</sup>	Kontaktkraft in N
Gehen	15,0	5,1	622	2 895
Tragen 50 kg	15,6	6,6	1 019	5 303
Heben 50 kg	24,1	9,5	599	5 188
Umsetzen 50 kg	22,8	7,1	941	5 345
Treppauf mit 25 kg	11,6	5,0	1 008	4 011

Abbildung 8:

Kontaktdruckverteilung (in MPa) im rechten *Acetabulum* (Ansicht von lateral) zum Zeitpunkt der maximalen Gelenkraft beim Gehen (links) und beim Heben (50 kg) (rechts)



#### 4 Diskussion und Ausblick

Im Rahmen dieser Studie konnte mit modernen Analysemethoden der Biomechanik (Motion Capture und Computersimulation) die Belastungen des Hüftgelenks – bis hin zur Knorpelbeanspruchung – bei berufsbedingten und alltäglichen Tätigkeiten differenziert dargestellt werden. Die Ergebnisse zeigen ein komplexes Zusammenspiel von Umgebungsbedingungen und Körperhaltung im Hinblick auf die daraus resultierenden Belastungen und Beanspruchungen.

Im Vergleich zum normalen Gehen kann die Handhabung schwerer Lasten (> 25 kg), insbesondere in Phasen der einbeinigen Abstützung wie beim Tragen oder Umsetzen, wenn die gesamte Last auf nur einem Bein ruht, zu statistisch signifikant höheren Hüftgelenksbelastungen führen. Bei den untersuchten Tätigkeiten – mit einem Fokus auf dem Handhaben schwerer Lasten (25 bis 50 kg) – erreichten die maximalen Hüftgelenkskontaktkräfte Werte zwischen dem 3,5-fachen und 6,4-fachen des Körpergewichts. Die maximalen Kontaktdrücke auf den Gelenkknorpel variierten tätigkeitsabhängig zwischen 11,6 und 24,1 MPa.

Damit erreichten beide Parameter auch bei extremer Lastenhandhabung maximal eine Verdoppelung der Werte im Vergleich zum Gehen. Diese Größenordnung stellt aus biomechanischer Sicht akut noch kein besonderes Belastungsrisiko dar, da bereits beim freizeitlich orientierten Joggen mit ebensolchen Belastungen der Hüftgelenke zu rechnen ist. Allerdings können bei langjähriger intensiver Handhabung schwerer Lasten (> 25 kg) negative Auswirkungen auf den Gelenkknorpel nach heutigem Kenntnisstand nicht ausgeschlossen werden. Insofern sind bei der intensiven Lastenhandhabung – insbesondere bei hohen Lastgewichten – Hilfsmittel wie Hebehilfen etc. dringend zu empfehlen.

Frauen waren in dieser Studie nicht berücksichtigt, da sie – zumindest in Mitteleuropa – an Arbeitsplätzen mit schwerer manueller Lastenhandhabung stark unterrepräsentiert sind und geschlechtsspezifische Angaben zur Belastbarkeit der Hüftgelenke weitgehend fehlen. Zwar können die hier ermittelten Belastungswerte tendenziell übertragen werden, dennoch ist zu vermuten, dass die unterschiedliche Anthropometrie zu erheblichen Veränderungen bei der Beanspruchungssituation führt. Insgesamt ist von einer erhöhten Beanspruchung bei Frauen auszugehen, sodass maximal empfohlene Lastgewichte deutlich unter denen für Männer angesetzt werden sollten. Solange keine spezifischen Erkenntnisse vorliegen, scheint eine Orientierung an den Verhältnissen, wie sie in Zusammenhang mit der Lastenhandhabungsverordnung (LasthandhabV) in der Praxis angegeben werden, vertretbar.

Insgesamt liefern die gewonnenen Ergebnisse eine quantitative Übersicht zu den Belastungen des Hüftgelenks bei beruflichen und alltäglichen Tätigkeiten. Sie stellen eine Hilfe für zukünftige quantitative Expositionsermittlungen in verschiedenen Branchen und Berufsfeldern dar und tragen damit zu einer besseren Einschätzung der Relevanz von beruflich bedingten Belastungen bei der Entstehung von Coxarthrosen bei.

#### Literatur

- [1] Rabenberg, M.: Arthrose. Themenheft 54. Hrsg.: Robert Koch-Institut, Berlin 2013. [www.rki.de/DE/Content/Gesundheitsmonitoring/Gesundheitsberichterstattung/Themenhefte/arthrose\\_inhalt.html](http://www.rki.de/DE/Content/Gesundheitsmonitoring/Gesundheitsberichterstattung/Themenhefte/arthrose_inhalt.html)
- [2] Coggon, D.; Kellingray, S.; Inskip, H.; Croft, P.; Campbell, L.; Cooper, C.: Osteoarthritis of the hip and occupational lifting. *Am. J. Epidemiol.* 147 (1998) Nr. 6, S. 523-528

- [3] *Felson, D. T.; Lawrence, R. C.; Dieppe, P. A.; Hirsch, R.; Helmick, C. G.; Jordan, J. M.; Kington, R. S.; Lane, N. E.; Nevitt, M. C.; Zhang, Y.; Sowers, M.; Mcalindon, T.; Spector, T. D.; Poole, A. R.; Yanovski, S. Z.; Ateshian, G.; Sharma, L.; Buckwalter, J. A.; Brandt, K. D.; Fries, J. F.* Osteoarthritis: new insights. Part 1: the disease and its risk factors. *Ann. Internal Med.* 133 (2000) Nr. 8, S. 635-646
- [4] *Kujala, U. M.; Kaprio, J.; Sarna, S.*: Osteoarthritis of weight bearing joints of lower limbs in former elite male athletes. *BMJ* 308 (1994) Nr. 6923, S. 231-234
- [5] *Sulsky, S. I.; Carlton, L.; Bochmann, F.; Ellegast, R.; Glitsch, U.; Hartmann, B.; Pallapies, D.; Seidel, D.; Sun, Y.*: Epidemiological evidence for work load as a risk factor for osteoarthritis of the hip: A systematic review. *PLoS ONE* 7 (2012) Nr. 2, S. e31521-e31521
- [6] *Glitsch, U.; Ditchen, D.; Varady, P.; Augat, P.*: Analyse der Hüftgelenksbelastung bei beruflichen und außerberuflichen Tätigkeiten. IFA Report 3/2016. Hrsg.: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Berlin 2016. [www.dguv.de/ifa](http://www.dguv.de/ifa), Webcode: d1169119



# Messung physischer Aktivität an Fahrerarbeitsplätzen

Claus Backhaus<sup>1</sup>, Karl-Heinz Jubb<sup>2</sup>, Ingo Hermanns<sup>3</sup>, Anja Marckwardt<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Technische Universität Berlin, Institut für Psychologie und Arbeitswissenschaft, Berlin, jetzt: Fachhochschule Münster

<sup>2</sup> Berufsgenossenschaft für Transport und Verkehrswirtschaft, Hamburg

<sup>3</sup> Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA), Sankt Augustin

<sup>4</sup> Technische Universität Berlin, Institut für Psychologie und Arbeitswissenschaft, Berlin

## Zusammenfassung

Die vorgestellte Untersuchung quantifiziert die physische Aktivität an Fahrerarbeitsplätzen am Beispiel von Busfahrern. Hierzu werden 16 Messungen im Langstrecken- und Stadtverkehr mithilfe eines speziellen Bewegungsanalysesystems (CUELA-Activity-System) durchgeführt. Dieses ermittelt die Physische-Aktivitäts-Intensität (PAI) mithilfe von 14 Inertialsensoren. Die gemessenen PAI-Werte werden als Vielfaches der Erdbeschleunigung (in g) angegeben. Für die Langstreckenfahrten ergibt sich eine Gesamtaktivität (PAI<sub>Total</sub>) von 0,008 g, für die Stadtfahrten von 0,007 g. Die Fahrer verwenden bei den Langstreckenfahrten ein automatisches Geschwindigkeitsregelsystem. Dadurch können sie während der Fahrt die Füße von den Pedalen nehmen, was zu einer Erhöhung der Gesamtaktivität gegenüber den Stadtfahrten führt. Die Ergebnisse belegen erstmals einen positiven Einfluss von Fahrassistenzsystemen auf das Bewegungsverhalten der Fahrer.

## 1 Situation

Erkrankungen des Muskel-Skelett-Systems sind in Deutschland eine der häufigsten Ursachen für Arbeitsunfähigkeit. Etwa ein Viertel aller krankheitsbedingten Ausfalltage sind auf dieses Erkrankungsbild zurückzuführen.

Besonders Belastungen durch schwere körperliche Arbeit werden als Risikofaktor für das Auftreten von Muskel-Skelett-Erkrankungen angesehen [1]. Obwohl man weiß, dass der Bewegungsapparat des Menschen für ein einwandfreies Funktionieren regelmäßige äußere Belastungen benötigt, wird bewegungsarmen Tätigkeiten häufig nur eine untergeordnete Bedeutung für das Entstehen von Muskel-Skelett-Erkrankungen zugesprochen. Fehlen stimulierende Belastungen, so kann es zu einer Rückbildung von haltungs- und bewegungsunterstützender Muskulatur kommen, die sich in vielfacher Weise negativ auf den Organismus auswirkt [2 bis 4] (Abbildung 1). Besonders das Arbeiten in sitzender Körperhaltung mit einem eingeschränkten Bewegungsspielraum wird als risikobehaftet eingestuft [5].

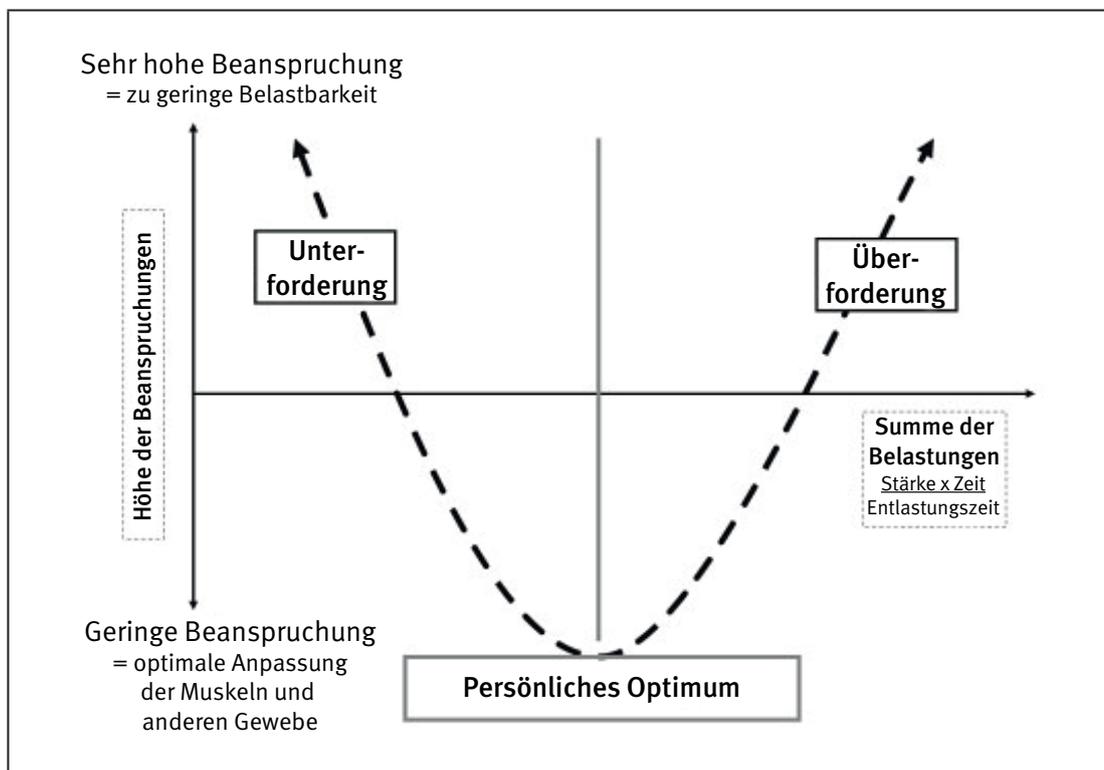


Abbildung 1:  
U-Kurve zum Zusammen-  
hang zwischen Be-  
lastung und Be-  
anspruchung (zitiert  
aus [3])

Berufskraftfahrerinnen und -fahrer verbringen den überwiegenden Teil ihrer Arbeitszeit in sitzender Körperhaltung und weisen in Gesundheitsstatistiken regelmäßig hohe Erkrankungsraten für Muskel-Skelett-Beschwerden auf. Besonders Rückenprobleme gehören zu den häufigsten Ursachen für ein vorzeitiges Ausscheiden aus dem Beruf [6].

Busfahrerinnen und -fahrer sind häufig von langen und bewegungsarmen Arbeitstätigkeiten betroffen. *Michaelis* [7] ermittelt für Rückenbeschwerden eine Prävalenz von 53 % für diese Beschäftigten aus Deutschland. Zu vergleichbaren Ergebnissen kommen auch Studien aus anderen Ländern, die Prävalenzraten von 45 bis 60 % und eine zu geringe physische Aktivität als die dominierende Ursache für die Rückenbeschwerden identifizieren [8; 9].

Obwohl ein Zusammenhang zwischen sitzender Tätigkeit, Bewegungsarmut und dem Auftreten von Rückenbeschwerden zu existieren scheint, fehlt es bislang an Untersuchungen zur Quantifizierung physischer Aktivität an Fahrerarbeitsplätzen.

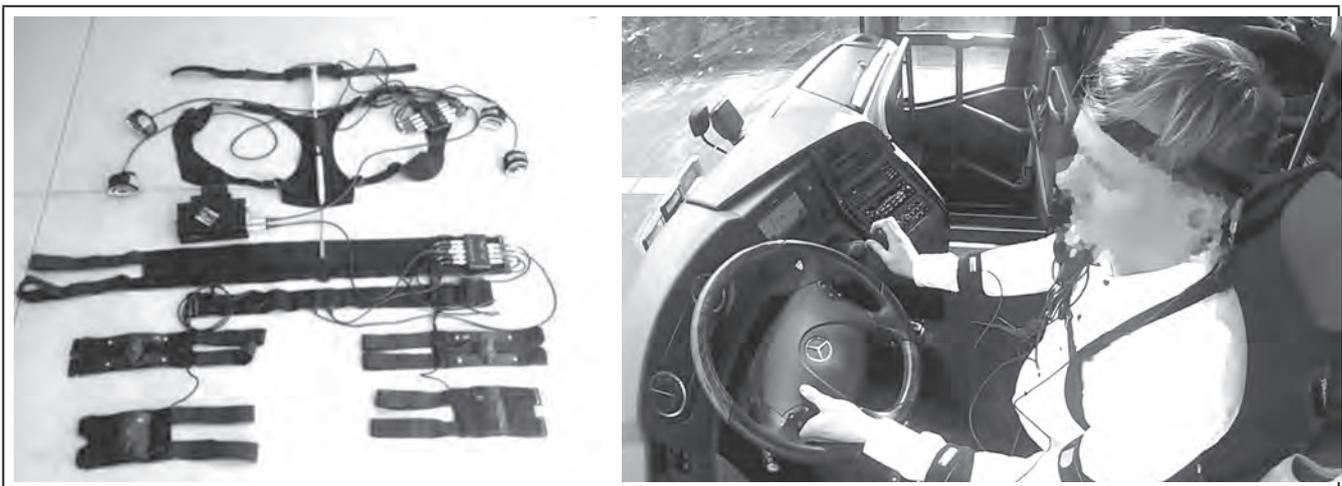
In der nachfolgenden Studie wird exemplarisch die physische Aktivität von Busfahrern am Arbeitsplatz quantifiziert. Die Untersuchung soll helfen, die Eignung von Aktivitätsmessungen an Fahrerarbeitsplätzen als ein Instrument zur Prävention von Bewegungsarmut zu beurteilen.

## 2 Methode

Es werden 16 Messungen bei sechs männlichen Busfahrern im Alter von 27 bis 64 Jahren (Mittelwert (MW): 43, Standardabweichung (SD): 14) durchgeführt, davon neun im Langstrecken- und sieben im Stadtverkehr.

Abbildung 2:

CUELA-Activity-System mit 14 Inertialsensoren zur Aktivitätsmessung (links) und Versuchsperson mit angelegtem CUELA-Activity-System während einer Messfahrt (rechts)



Die Datenerhebung erfolgt mit dem CUELA-Activity-System, das speziell zur Analyse von physischer Aktivität entwickelt wurde [10]. CUELA-Activity ermittelt die Physische-Aktivitäts-Intensität (PAI) der Fahrer mithilfe von 14 Inertialsensoren, die jeweils aus einem Accelerometer und einem Gyroskop bestehen und am Kopf, der Brust- und Lendenwirbelsäule, der oberen und der unteren Extremitäten befestigt werden (Abbildung 2).

Während der Messung werden die Fahrer mit einer Videokamera gefilmt. Die Messsignale werden mit einer Abtastrate von 50 Hz aufgezeichnet und zu gleitenden quadratischen Mittelwerten für jeweils drei Sekunden (150 Messwerten) zusammengefasst. Die Ausgabe des Messwertes erfolgt als Vielfaches der Erdbeschleunigung ( $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ ). Die Bestimmung der Gesamtaktivität  $PAI_{\text{Total}}$  geschieht durch Addition der einzelnen Teilkörperaktivitäten  $PAI_i$ , entsprechend ihrer Segmentmassenverteilung im Körper [11]. Die Gewichtung der Teilkörperaktivitäten ist in Gl. (1) dargestellt.

$$PAI_{\text{Total}} = \sum (x_i \cdot \sum PAI_i) = 0,05 \sum PAI_{\text{Kopf}} + 0,1 \sum PAI_{\text{Arme}} + 0,45 \sum PAI_{\text{Rumpf}} + 0,4 \sum PAI_{\text{Beine}} \quad (1)$$

Zur Berücksichtigung der vertikalen Sitzbewegung und der auftretenden Längs- oder Querbewegungen des Fahrzeuges wird der Hüftpunkt der Fahrer in sitzender Körperhaltung als Referenzwert für das Messsystem festgelegt und die dort erfassten PAI-Werte von den anderen Messwerten subtrahiert.

### 3 Ergebnis

Die Messzeit für die Langstreckenfahrten beträgt im Mittel 3,5 Stunden (SD: 0,5), für die Stadtfahrten 1,8 Stunden (SD: 1). Für die Langstreckenfahrten ergibt sich ein  $PAI_{Total}$  von 0,008 g, für die Stadtfahrten von 0,007 g.

Ein Mann-Whitney-U-Test belegt einen hochsignifikanten Ergebnisunterschied zwischen den ermittelten Werten ( $p < 0,01$ ). Bei den Stadtfahrten ist die  $PAI_{Kopf}$  gegenüber den Langstreckenfahrten hochsignifikant erhöht ( $p < 0,01$ ). Bei den Langstreckenfahrten sind die  $PAI_{Beine}$  gegenüber den Stadtfahrten hochsignifikant erhöht ( $p < 0,01$ ). Die Ergebnisse sind in Abbildung 3 dargestellt.

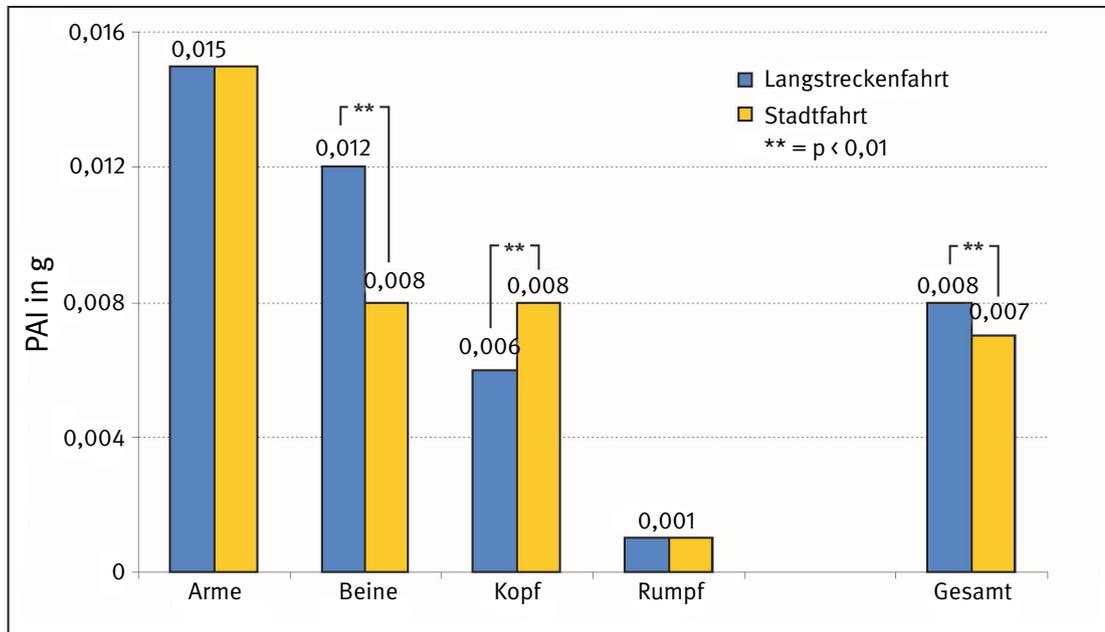


Abbildung 3: Mittelwerte  $PAI_i$  und  $PAI_{Total}$  für die Langstrecken- (n = 9) und Stadtfahrten (n = 6)

### 4 Diskussion

Erwartungsgemäß bestätigen die gemessenen PAI-Werte eine sehr bewegungsarme Tätigkeit der Busfahrer. Die Werte  $PAI_{Arme}$  und  $PAI_{Rumpf}$  unterscheiden sich nicht zwischen den beiden Messreihen (Langstrecken- vs. Stadtfahrten).  $PAI_{Rumpf}$  ist in beiden Messreihen mit 0,001 g die geringste Teilkörperaktivität.

Deutliche Unterschiede treten zwischen den Messreihen bei den  $PAI_{Kopf}$  und  $PAI_{Beine}$  auf. Bei ersterer sind die Werte für die Stadtfahrten höher, was sich aus den erforderlichen Kopfbewegungen für Spurwechsel, Abbiegevorgänge und dem Kundenkontakt der Fahrer beim Verkauf von Fahrscheinen erklärt.  $PAI_{Beine}$  sind bei den Langstreckenfahrten höher als bei den Stadtfahrten.

Die größere Zahl von Brems- und Beschleunigungsvorgängen während der Stadtfahrten führt – unerwarteterweise – nicht zu höheren Werten der  $PAI_{Beine}$ . Bei den Messungen der Langstreckenfahrten setzten alle Fahrer ein automatisches Geschwindigkeitsregelsystem (Tempomat) ein. Dadurch hatten sie die Möglichkeit, während längerer Fahrtabschnitte die Füße von den Bedienpedalen des Fahrzeugs zu nehmen und frei im Fußraum zu bewegen. Durch das mehrfache Umsetzen der Beine können die Fahrer einer Muskelermüdung entgegenwirken, sodass sich die  $PAI_{Beine}$  gegenüber den Stadtfahrten erhöht [12].

Der beschriebene Effekt, dass eine Entkoppelung der unteren Extremitäten von den Bedienpedalen des Fahrzeugs zu einer Bewegungsintensivierung führen kann, ist eine wichtige Erkenntnis für die Prävention von Bewegungsarmut an Fahrerarbeitsplätzen, da bei geringer physischer Aktivität bereits einer

verhältnismäßig kleinen Aktivitätssteigerung eine gesundheitliche Bedeutung beigemessen werden kann.

Die Untersuchung zeigt, dass sich das eingesetzte CUELA-Activity-System gut eignet, physische Inaktivität an Fahrerarbeitsplätzen zu quantifizieren. Die PAI liefert eine beobachtungsunabhängige Grundlage zur Beschreibung der körperlichen Aktivität an Fahrerarbeitsplätzen und unterstützt dadurch die objektive Analyse von Fehlbelastungen durch Bewegungsarmut.

Die Ergebnisse zeigen, dass der Einsatz eines Fahrerassistenzsystems die Bewegung der Fahrer am Arbeitsplatz steigern kann. Dieser Effekt sollte in weiterführenden Studien genauer untersucht werden.

### 5 Literatur

- [1] Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit 2012 – Unfallverhütungsbericht Arbeit des Bundesministerium für Arbeit und Soziales. Hrsg.: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA), Dortmund 2013. [www.baua.de/de/Publicationen/Fachbeitraege/Suga-2012.html](http://www.baua.de/de/Publicationen/Fachbeitraege/Suga-2012.html). Zugriffen: 16. April 2015
- [2] Hartmann, B.; Spallek, M.; Ellegast, R.: Arbeitsbezogene Muskel-Skelett-Erkrankungen. Ecomed, Heidelberg 2013
- [3] Heneweer, H.; Vanhees, L.; Picavet, H. S. J.: Physical activity and low back pain: A U-shaped relation? Pain 143 (2009) Nr. 1-2, S. 21-25

- [4] *Mörl, F.; Bradl, I.*: Lumbar posture and muscular activity while sitting during office work. *J. Electromyogr. Kinesiol.* 23 (2013) Nr. 2, S. 362-388
- [5] Körperliche Belastungen des Rückens durch Lastenhandhabungen und Zwangshaltungen im Arbeitsprozess. Arbeitsmedizinische S1-Leitlinie der Deutschen Gesellschaft für Arbeitsmedizin und Umweltmedizin (DGAUM) und der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (GfA). 2013. [www.awmf.org/leitlinien/detail/ll/002-029.html](http://www.awmf.org/leitlinien/detail/ll/002-029.html). Zugegriffen: 14. April 2015
- [6] *Jensen, A.; Dahl, S.*: Truck drivers hours-of-service regulations and occupational health. *Work* 33 (2009) Nr. 3, S. 363-368
- [7] *Michaelis, M.*: Gesundheitsschutz und Gesundheitsförderung von Berufskraftfahrern. Abschlussbericht zum Projekt F 2038. Hrsg.: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA), Dortmund 2008. [www.baua.de/DE/Angebote/Publikationen/Berichte/F2038.html](http://www.baua.de/DE/Angebote/Publikationen/Berichte/F2038.html)
- [8] *Alperovitch-Najenson, D.; Santo, Y.; Masharawi, Y.; Katz-Leurer, M.*: Low back pain among professional bus drivers: Ergonomic and occupational-psychosocial risk factors. *Isr. Med. Assoc. J.* 12 (2010) Nr. 1, S. 26-31
- [9] *Stadler, P.; Silo, A.*: Psychomentele Fehlbelastung bei Busfahrern im öffentlichen Personennahverkehr. 2012. [www.lgl.bayern.de/downloads/arbeitsschutz/arbeitspsychologie/doc/endbericht\\_busfahrer.pdf](http://www.lgl.bayern.de/downloads/arbeitsschutz/arbeitspsychologie/doc/endbericht_busfahrer.pdf) (12.10.2017)
- [10] *Weber, B.; Wiemeyer, J.; Hermanns, I.; Ellegast, R.*: Assessment of everyday physical activity: Development and evaluation of an accelerometry-based measuring system. *Int. J. Comp. Sci. Sport* 7 (2007) Nr. 2, S. 4-20.
- [11] *Winter, D. A.*: Biomechanics and motor control of human movement. Wiley, New York 1990
- [12] *Backhaus, C.; Jubb, K. H.; Marckwardt, A.; Hermanns, I.; Felten, C.; Hedtmann, J.*: Messung körperlicher Aktivität an Fahrerarbeitsplätzen am Beispiel von Busfahrern im Stadt- und Langstreckenverkehr. *Zbl. Arbeitsmed. Arbeitsschutz Ergon.* (2016) Nr. 3, S. 137-146

# Untersuchungen zur Rückenbelastung von Polizisten beim Tragen von Körperschutzausrüstungen (KSA)

Markus Post, Dirk Ditschen

Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA), Sankt Augustin

## 1 Einleitung

Polizeivollzugsbeamte der Beweis- und Festnahmehundertschaft (BFHu) der Bundespolizei müssen bei bestimmten Einsätzen Körperschutzausrüstung (KSA) zum Schutz gegen Stein-, Flaschen- und Feuerwerksbwurf tragen. Diese Ausrüstung kann mit einer Gesamtmasse von ca. 20 kg eine deutliche Belastung im Hinblick auf die physiologische Leistungsfähigkeit der Beamten darstellen [1]. Unklar war bisher, inwieweit das Muskel-Skelett-System durch diese Ausrüstung belastet wird. Typische arbeitswissenschaftliche Verfahren zur Beurteilung von Lastenhandhabungen wie die Leitmerkalmethode Heben Halten Tragen [2] können aufgrund der hier vorliegenden besonderen Lastverteilung am Körper nicht angemessen eingesetzt werden. Zur Abschätzung der Muskel-Skelett-Belastung durch das Tragen der KSA im praxistypischen Einsatz wurden daher Messungen mit Schwerpunkt der Belastungen des Rückens durchgeführt.

## 2 Methode

Im Rahmen einer Machbarkeitsprüfung wurde dazu das im Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA) eingesetzte Messsystem CUELA (Computerunterstützte Erfassung und Langzeit-Analyse von Belastungen des Muskel-Skelett-Systems) [3] derart modifiziert, dass es unter die KSA angebracht und im Einsatz getragen werden konnte. Anschließend begleiteten Beschäftigte des IFA die Polizeivollzugsbeamten während eines Praxiseinsatzes (Begleitung von Fußballfans und Wegsicherung, Abbildung 1) und führten dabei messtechnische Untersuchungen der Muskel-Skelett-Belastung durch.

Abbildung 2: Tätigkeitsphasen des untersuchten Einsatzes

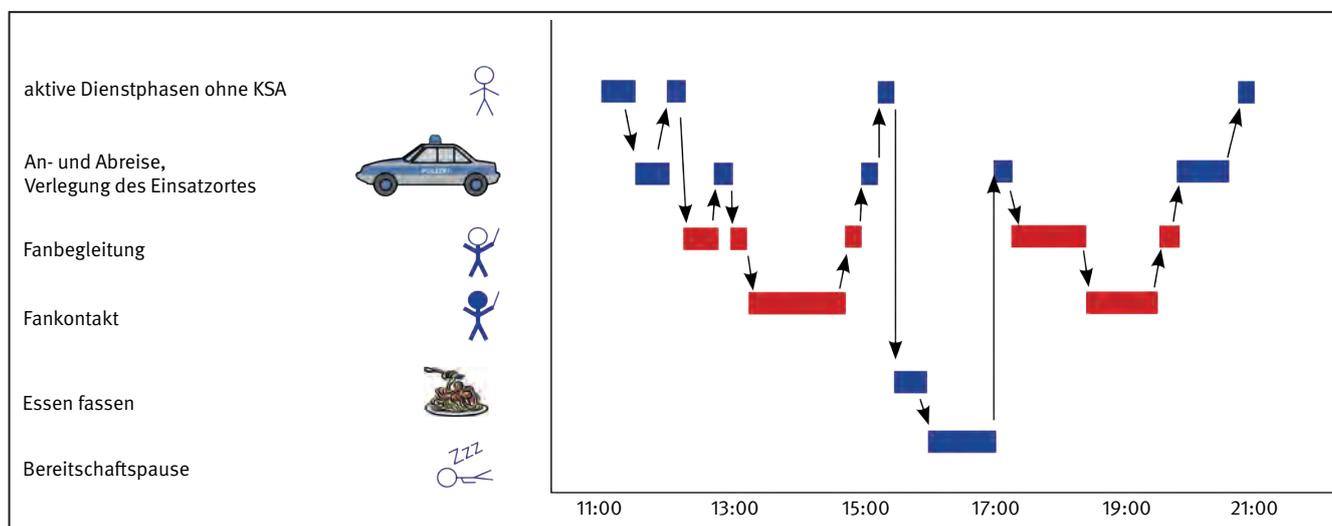


Abbildung 1: Polizeibeamte der BFHu, Versuchsperson mit CUELA-Messsystem (2. von rechts)



## 3 Ergebnis

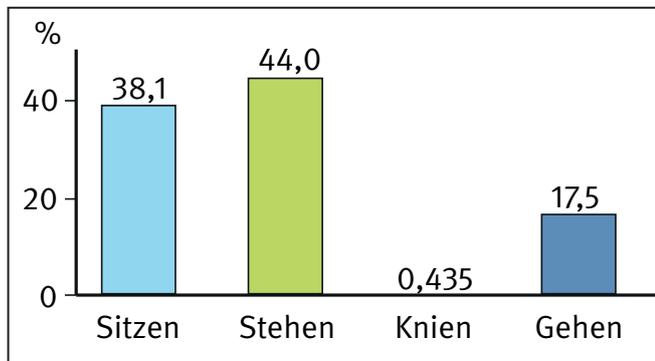
Während des Einsatzes wurden drei Messreihen aufgezeichnet, die Nettomessdauer betrug sieben Stunden und 45 Minuten. Mithilfe des Messprotokolls konnte eine vollständige Einsatzrekonstruktion durchgeführt werden, sodass die Gesamteinsatzzeit von zehn Stunden vom Start bis zur Ankunft in Sankt Augustin abgebildet und in Tätigkeitsintervalle gegliedert werden konnte (Abbildung 2).

In Abbildung 2 sind die Einsatzphasen wie das Anlegen und Verstauen der Ausrüstung sowie Fahr- und Pausenzeiten blau dargestellt. Besondere Aufmerksamkeit gilt den rot gekennzeichneten Tätigkeitsintervallen „Fanbegleitung“ und „Fankontakt“. In diesen Einsatzsituationen wird die komplette KSA (Schutzweste und Helm, 8 kg + 2 kg) am Körper getragen. Bei der Fanbegleitung wird der Helm allerdings als Lastgewicht mitgeführt und nicht auf dem Kopf getragen. Die rot gekennzeichneten Einsatzzeiten betragen vier Stunden und 43 Minuten und entsprechen somit 47 % der Einsatzdauer.

### 3.1 Ermittlung der Körperhaltung während des Einsatzes

Über die gesamte Einsatzzeit von zehn Stunden ergibt sich ein günstiges Verhältnis der „Körpergrundhaltungen“ (Abbildung 3). Alle in Abbildung 2 dargestellten Tätigkeitsphasen sind hier berücksichtigt.

Abbildung 3:  
Zeitanteile [%] in den „Körpergrundhaltungen“



Während am Anfang und am Ende des Einsatzes durch die Fahrt zum/vom Einsatzort eine sitzende Körperhaltung vorherrscht, wird bei der Fanbegleitung und beim Fankontakt, in beiden Fällen mit kompletter KSA, ausschließlich eine stehende oder gehende Körperhaltung eingenommen. Die Einsatzzeit teilte sich in zwei Blöcke auf: zwei Stunden vor Spielbeginn und zweieinhalb Stunden nach Spielende. Während des Spiels konnte der Einsatz unterbrochen und die Zeit für eine Essens- und Ruhepause genutzt werden. Die einzelnen Körperhaltungsverteilungen sind in Tabelle 1 dargestellt.

In den folgenden Betrachtungen werden nur die Tätigkeitsintervalle ohne überwiegend sitzende Haltung untersucht und als „Einsatzintervall“ bezeichnet. Hierzu zählen das Ein- und Ausladen, das Anlegen der KSA, Fußwege sowie die Fanbegleitung und der Fankontakt. Nicht berücksichtigt werden somit die Intervalle Anreise, Standortverlegung, Bereitschaftspause, Essen fassen und Rückfahrt.

Während der Tätigkeiten „Fanbegleitung“ und „Fankontakt“ ist der Rumpf weitestgehend aufrecht (Abbildung 4), die übrigen Einsatzintervalle „Aus/Einladen“ und „Fußweg“ zeigen ebenfalls gerade Rumpfhaltungen. Beim Anlegen der KSA werden teilweise stark gebeugte Rumpfhaltungen eingenommen (Abbildung 5). Der negative Wert von -12,6° im Intervall „KSA Anlegen“ begründet sich auf einen Anteil von 6,9 % sitzender Körperhaltungen (siehe Tabelle 1). Das Sitzen erfolgt im Fahrzeug mit Rumpfunterstützung und ist insofern nicht als Belastung zu bewerten.

Tabelle 1:  
Verteilung der OWAS-Körperhaltungen in den Tätigkeitsintervallen, pro Intervall 100 %

Intervall	Intervall-Dauer in min	Sitzen [%]	Stehen [%]	Knien [%]	Gehen [%]
Einladen	23,2		78,8		21,2
Anreise	37,1	98,3	0,5	1	0,2
KSA Anlegen	17,8	6,9	80,8	2,8	9,6
Fußweg	13,7		38,8		61,2
Fanbegleitung (KSA)	129,7		62,7		37,3
Standortverlegung	75,1	87,2	10,6	1,2	1,1
Bereitschaftspause	74,3	98,3	0,5	1	0,2
Essen fassen	30,6	92,5	2,2	0,3	4,9
Fankontakt (KSA)	153,5		77,5		22,5
Rückfahrt	25,0	95,2	3,5	0,2	1,1
Ausladen	19,3		78,8		21,2
Gesamt	599,3				

Abbildung 4:  
Verteilung der Rumpfneigung nach vorne (in °) für Tätigkeiten ohne KSA, Fanbegleitung und Fankontakt im Einsatzintervall

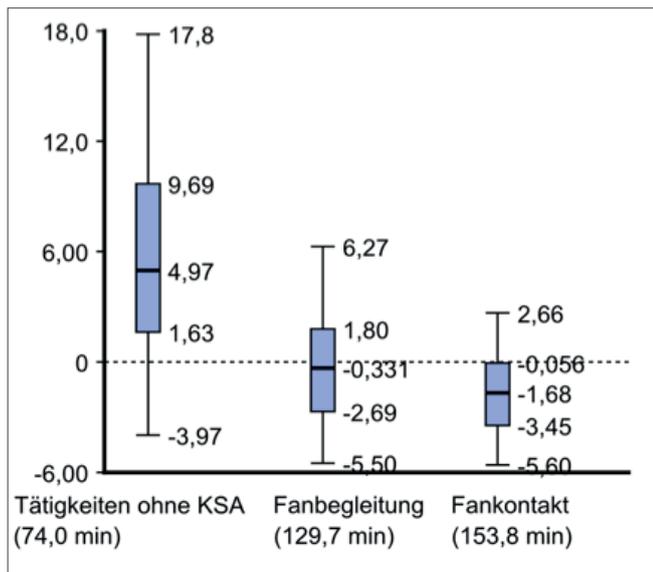
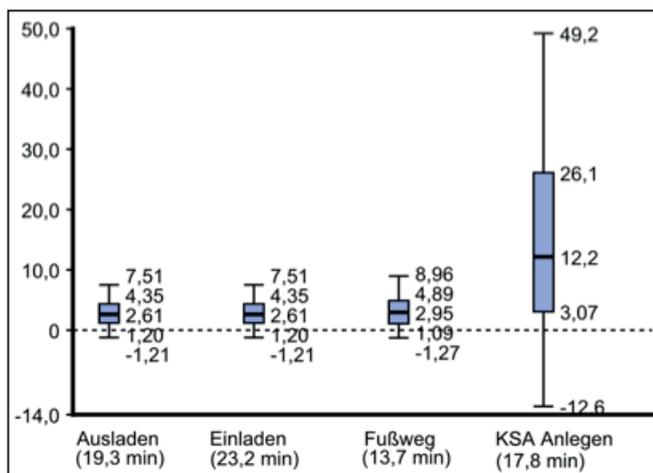


Abbildung 5:  
Detaillierte Verteilung der Rumpfneigung nach vorne (in °) für Tätigkeiten ohne KSA im Einsatzintervall



### 3.2 Ermittlung von Belastungen durch die Bandscheiben-Kompressions-Kraft im Bereich der Lendenwirbelsäule

Belastungen durch Kompressionskräfte auf die Bandscheiben mit Werten über 3,2 kN, die nach den Dortmunder Richtwerten [4] für 50- bis 60-jährige Männer nicht überschritten werden sollen, konnten nur in sehr geringem Umfang ermittelt werden. Einige sehr kurze Belastungsspitzen traten beim schnellen Laufen auf. Abgesehen von diesen dynamischen Effekten wurden noch wenige Belastungsmaxima beim Anlegen der KSA gemessen. Die Verteilung der Kompressionskraftwerte über die Einsatzintervalle (Abbildung 6) liegen zwischen 0,8 und 1,8 kN. Dabei liegen die Werte des 5. bis 75. Perzentils (P5- bis P75-Wert) bei den Intervallen „Fanbegleitung“ und „Fankontakt“, beide mit KSA, höher als die Werte bei den Tätigkeiten ohne KSA. Nur der P95-Wert ohne KSA ist höher als der P95-Wert beim Fankontakt. Dieser geringfügig höhere Wert ist auf die Körperhaltungen beim Anlegen der KSA zurückzuführen.

In einer weiteren Berechnung soll der Einfluss der KSA auf die Kompressionskraftwerte der Bandscheibe in einem Modellversuch herausgestellt werden. Dazu werden die Bewegungsdaten aus den Intervallen „Fanbegleitung“ und „Fankontakt“ (Abbildung 6) mit einem um Helm und Weste reduzierten biomechanischen Modell theoretisch berechnet und in Abbildung 7 den Realwerten gegenübergestellt. Der Einfluss der geringeren Masse auf ein dadurch möglicherweise geändertes Bewegungsverhalten bleibt hier unberücksichtigt.

Die simulierte Berechnung der Kompressionskräfte „Ohne KSA“ weist eine um bis zu 30 % geringere Kraft auf die Lendenwirbelsäule auf. Dabei ist aber zu berücksichtigen, dass der Unterschied von ungefähr 0,4 kN nach [4] eher unbedeutend für die Belastung der Bandscheibe ist.

Abbildung 6:  
Verteilung der Bandscheiben-Kompressionskräfte (F) im Bereich der Lendenwirbelsäule über die Einsatzintervalle

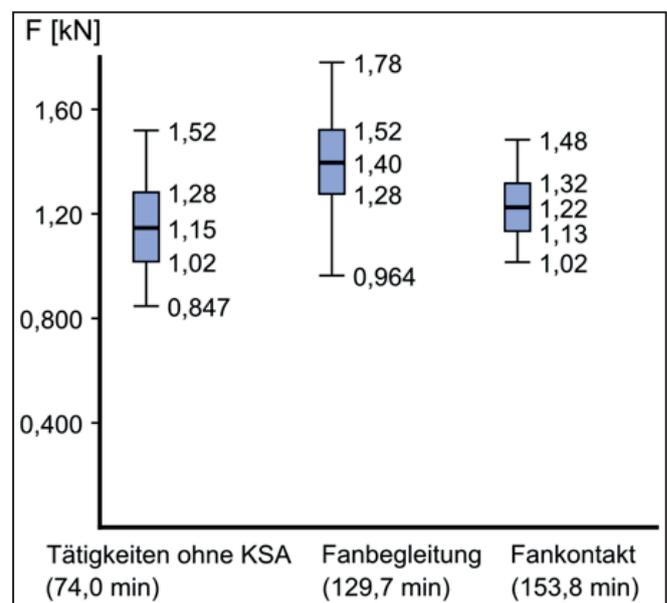
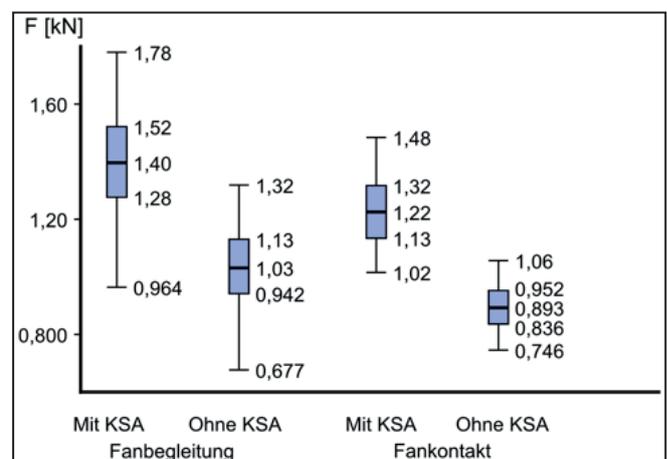


Abbildung 7:  
Verteilung Kompressionskräfte (F) bei verschiedenen Tätigkeiten mit und ohne KSA



## 4 Diskussion

Als Ergebnis der Untersuchung lässt sich zusammenfassen, dass aus ergonomischer Sicht keine Überlastung des Muskel-Skelett-Systems durch die KSA vorzuliegen scheint. Die Messdaten der lumbalen Belastung (Bandscheiben-Kompressionskräfte und Lumbalmoment) zeigen keine auffällig erhöhten Werte. Zwar führen Beamte im Einsatz eine Reihe von Lasten mit sich, aus biomechanischer Sicht sind diese allerdings sehr gut und nah am Körper verteilt, sodass keine großen Momente und in der Folge auch keine hohen Druckkräfte an der Bandscheibe entstehen. Die Untersuchung ergab z. B., dass sich die „Grundbelastung“ der untersten Bandscheibe durch Tragen der KSA lediglich um 30 % erhöht und maximal Werte um 1,8 kN erreicht, was im biomechanischen Sinne in der Regel nicht als signifikante Belastung der Bandscheiben gewertet wird. Hier liegt der arbeitswissenschaftliche Richtwert geschlechter- und altersabhängig zwischen 6 kN bei Männern ab 20 Jahren und 1,8 kN bei Frauen über 60 Jahren [4].

Diese Einschätzung basiert auf den Einsatzbedingungen, die am Tag der Messung und im Rahmen des Einsatzes vorgelegen haben. Im Laufe des Einsatzes mussten keine Lasten oder Personen getragen werden. Im Vorfeld der Messung wurde aber z. B. der Abtransport einer Person geübt, wobei Kompressionskräfte von bis zu 6 kN auf die Bandscheibe nachgewiesen wurden. Das simulierte Tragen einer Person durch zwei Polizeibeamte ergab ebenfalls noch Werte von 5 kN.

Im Verlauf der Messung wurden Dauerbelastungen von bis zu zweieinhalb Stunden gemessen. Einsatzabhängig können diese Zeiten erheblich länger sein. Die eingesetzten arbeitswissenschaftlichen Methoden liefern zu dieser Problematik keine gesicherten Ergebnisse in Bezug auf ein gesundheitliches Risiko. Es ist nicht auszuschließen, dass körperliche Engpässe durch thermische und kardiovaskuläre Belastungen auftreten können. Insbesondere bei einer ungünstigeren Einsatzlage, die das Tragen der KSA über mehrere Stunden erfordert, könnte eine Verbesserung der Einsatzbedingungen angebracht sein.

Die gemessenen kurzfristigen erhöhten Belastungen beim Laufen oder durch das Anlegen der KSA werden durch weniger belastende Einsatzphasen unterbrochen, was sich präventiv auf die Gesamtbelastung auswirkt. Insbesondere die Ausdauerbelastungen werden zumindest in biomechanischer Hinsicht durch die überdurchschnittlich gute körperliche Konstitution der Einsatzbeamten aufgefangen.

## Literatur

- [1] *Breuer, C.*: Der Einfluss der Körperschutzausstattung auf die Leistungsfähigkeit von Polizeivollzugsbeamten/-innen unter Einbeziehung leistungsdiagnostischer Gesichtspunkte. Diplomarbeit, Fachhochschule des Bundes für öffentliche Verwaltung, Fachbereich Polizei, Brühl 2009
- [2] *Jürgens, W. W.; Mohr, D.; Pangert, R.; Schultz, K.; Steinberg, U.*: Handlungsanleitung zur Beurteilung der Arbeitsbedingungen beim Heben und Tragen von Lasten (LV 9.2. 2). Aufl. Hrsg.: Länderausschuss für Arbeitsschutz und Sicherheitstechnik (LASI) 2001
- [3] *Ellegast, R.; Hermanns, I.; Hamburger, R.; Post, M.; Glitsch, U.; Ditschen, D.; Hoehne-Hückstädt, U.*: Langzeiterfassung und -analyse von physischen Arbeitsbelastungen mit dem CUELA-Messsystem. In: *Grieshaber, R.; Stadeler, M.; Scholle, H.-C.* (Hrsg.): Prävention von arbeitsbedingten Gesundheitsgefahren und Erkrankungen. 12. Erfurter Tage der Berufsgenossenschaft Nahrungsmittel und Gaststätten, Mannheim und der Friedrich-Schiller-Universität, Jena, 1.-3. Dezember 2005, Erfurt. S. 509-523. Bussert & Stadeler, Jena 2006
- [4] *Jäger, M.; Luttmann, A.; Göllner, R.*: Belastbarkeit der Lendenwirbelsäule bei manueller Lastenhandhabung – Ableitung der „Dortmunder Richtwerte“ auf Basis der lumbalen Kompressionsfestigkeit. *Zbl. Arbeitsmed.* 51 (2001), S. 354-372

# Fit gegen das Stolpern – Projektstudie der HFUK Nord

Jens-Oliver Mohr

Hanseatische Feuerwehr-Unfallkasse Nord, Kiel

## Kurzfassung

Im Bereich der Freiwilligen Feuerwehren ist seit mehreren Jahren fast jeder zweite Unfall auf Stolpern, Rutschen oder Stürzen (SRS) zurückzuführen (Mittelwert: 44%). Im Gegensatz zu anderen Unfalltypen mit rückläufigem Trend bleiben die SRS-Unfallzahlen seit Jahren unverändert, sind verantwortlich für schwerwiegende Verletzungen und verursachen hohe Behandlungskosten. In einer wissenschaftlichen Studie ging die Hanseatische Feuerwehr-Unfallkasse Nord (HFUK Nord) in Zusammenarbeit mit der Christian-Albrechts-Universität Kiel der Frage nach, inwiefern gezieltes Fitnesstraining zur Verbesserung der körperlichen Leistungsfähigkeit und zugleich zur Reduzierung von SRS-Unfällen beitragen kann.

## 1 Intervention

In Kooperation mit dem Stadtfeuerwehrverband Kiel und dem Institut für Sportwissenschaft der Christian-Albrechts-Universität wurden im Herbst 2015 in einer Prä-Post-Studie motorische Fähigkeiten und Fertigkeiten sowie die Einschätzung der persönlichen Leistungsfähigkeit und die individuelle SRS-Gefahrenwahrnehmung mehrerer Gruppen vor einem funktionellen

Training [1; 2] mit denen nach einem funktionellen Training verglichen (Abbildung 1).

- Maßnahme: gezieltes Kraft- und Gleichgewichtstraining (funktionelles Training, Abbildung 2)
- Probandengruppe:  $n = 35$ , sechs Frauen, 29 Männer (ausschließlich Feuerwehrangehörige), davon
  - Versuchsgruppe 1: heterogene Feuerwehrgruppe mit gezieltem Training  $n_1 = 13$ , einmal Training/Woche
  - Versuchsgruppe 2: heterogene Feuerwehrgruppe mit gezieltem Training  $n_2 = 12$ , zweimal Training/Woche
  - Kontrollgruppe: heterogene Feuerwehrgruppe ohne gezieltes Training,  $n_3 = 10$
- Untersuchungszeitraum: zwei Monate (September bis Oktober 2015)
- apparative Diagnose der Kraft- und Gleichgewichtsfähigkeit und Sensomotorik sowie Fragebogen

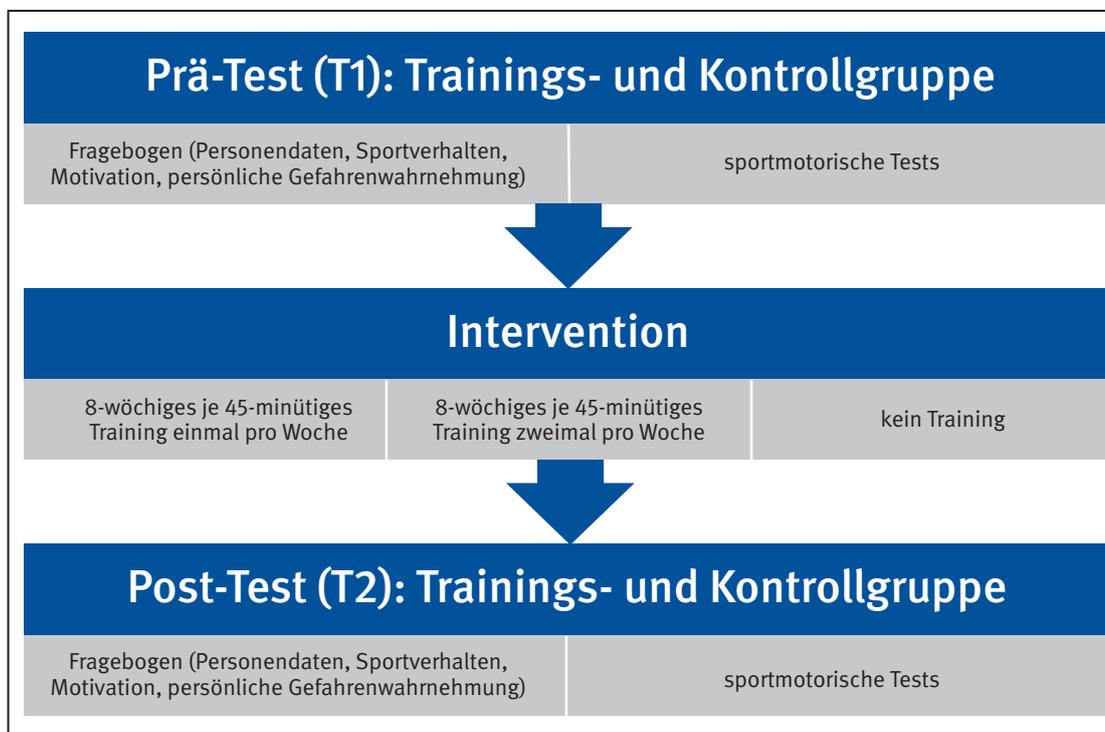


Abbildung 1: Grafische Darstellung des Untersuchungsablaufs und der Testzeitpunkte

Abbildung 2:  
Beispielübung aus dem funktionellen Training der SRS-Studie



## 2 Fragestellung und Ziel

Mit der Untersuchung wurde überprüft, inwiefern die gezielte verhaltenspräventive Maßnahme „Anti-SRS-Training“ bei Feuerwehreinsatzkräften dazu beitragen kann,

- die statische und dynamische Gleichgewichtsfähigkeit zu verbessern,
- die Koordination der Bewegungen zu optimieren und
- die persönliche Gefahrenwahrnehmung zu beeinflussen [3].

Unter Annahme dieser Effekte soll das funktionelle Training demnach einen positiven Einfluss auf die körperliche Leistungsfähigkeit der Einsatzkräfte haben und somit das SRS-Unfallgeschehen reduzieren.

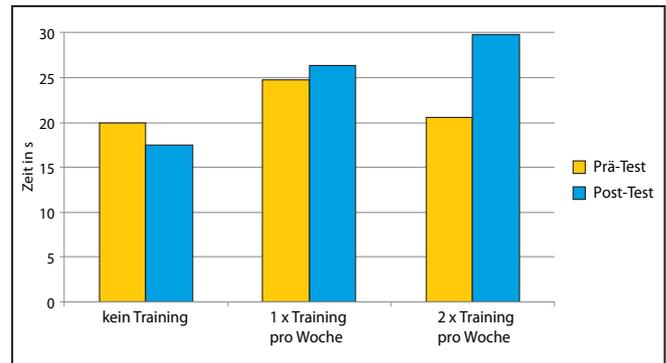
## 3 Ergebnisse

Die einzelnen Komponenten der körperlichen Leistungsfähigkeit wurden über verschiedene motorische Tests gemessen.

Im Vorher-Nachher-Vergleich konnte über beide Trainingsgruppen hinweg vor allem die Maximalkraft im Oberkörper (Klimmzughang) signifikant verbessert werden (Haltezeit von 20,52 s (prä) auf 29,78 s (post), Abbildung 3).

Darüber hinaus zeichneten sich leichte Verbesserungstendenzen in Teilbereichen des dynamischen Gleichgewichts (frontales Gleichgewicht von Wert 4,59 (prä) auf 4,40 (post) bzw. laterales Gleichgewicht von Wert 4,43 (prä) auf 4,4 (post), gemessen über MFT-S-3-Test, s. Abbildung 2) und Reaktionsfähigkeit (frontal von Wert 3,8 (prä) auf 3,6 (post), lateral von Wert 3,8 (prä) auf 3,5 (post), gemessen über MFT-S-3-Test) ab.

Abbildung 3:  
Klimmzughang-Test: Signifikante Verbesserungen in beiden Trainingsgruppen hinsichtlich der Maximalkraft im Oberkörper



Die Beinschnellkraft (gemessen über Jump und reach-Test) nahm dagegen in beiden Trainingsgruppen leicht ab (Sprunghöhe von 40,22 cm (prä) auf 38,73 cm (post)).

Kritisch gesehen werden muss in diesem Kontext die persönliche SRS-Gefahrwahrnehmung jeder Feuerwehr-Einsatzkraft (Fragebogen). Nach den Trainingseinheiten schätzen beide Versuchsgruppen die Gefahr, an SRS zu verunfallen, geringer als vorher ein (Abbildung 4).

Insbesondere jüngere Feuerwehrleute (18- bis 30-Jährige) schätzen die SRS-Gefahr nach dem funktionellen Training geringer ein.

Abbildung 4: Subjektive Gefahrenwahrnehmung: Nach dem Training zeigt sich ein Trend zur Gefahrenunterschätzung bei den Trainierten



## 4 Fazit

Das funktionelle Training ist als verhaltenspräventiver Ansatz zur Reduzierung von SRS-Unfallgefahren im Feuerwehrdienst grundsätzlich geeignet. Die explorative Studie konnte aufzeigen, dass ein zielgerichtetes Training positive Effekte auf die spezifische Fitness hat.

Die subjektiven Einschätzungen des Fragebogens zeigen, dass das Training zur nachhaltigen Motivation beiträgt, Spaß bringt und die Kameradschaft fördert. Zudem wird die persönliche Leistungsfähigkeit bei 90 % als gut oder befriedigend nach dem Training eingeschätzt. Dies deckt sich jedoch nur teilweise mit den objektiven Ergebnissen, die lediglich in der Kategorie „Oberkörperstabilität“ signifikante Verbesserungen und ansonsten Verbesserungstendenzen in den weiteren motorischen Fähigkeiten aufweisen.

Kritisch betrachtet werden muss in jedem Fall die persönliche SRS-Gefahrenwahrnehmung. Vor allem jüngere Einsatzkräfte sowie Personen, die bis dato keinen SRS-Unfall erlitten haben, gaben an, dass sie durch das gezielte Training die Unfallgefahr noch geringer einschätzen als zuvor. Ein gefährlicher Trugschluss, der unter Einsatzbedingungen zu einer Gefahrenunterschätzung und Unfälle mit schwerwiegenden Verletzungen zur Folge haben kann [4]. Unabhängig von der Effektivität des gezielten Trainings muss die psychische Komponente getrennt von der physischen betrachtet werden und seitens der Führungskräfte explizit darauf hingewiesen werden, dass trotz guter körperlicher Leistungsfähigkeit externe Faktoren und das wechselseitige Zusammenspiel ebendieser und interner Faktoren zu ungeahnten Verletzungsmechanismen führen kann.

Um evidente Studienergebnisse zu erzielen, sollte für ein Nachfolgeprojekt ein längerfristiges Studienmodell gewählt werden, das inhaltlich den Trainingsschwerpunkt Stabilisation und Koordination beibehält und variable Trainingsinhalte hat, jedoch den Trainingszeitraum größer wählt (mindestens drei Monate). Zudem muss die Anzahl der Versuchspersonen erweitert werden.

Die Empfehlung und somit der Praxistransfer lautet daher, mindestens ein ausgiebiges konzentriertes „Anti-SRS“-Training pro Woche (idealerweise zweimal pro Woche, 60 Minuten pro Trainingseinheit) über längeren Zeitraum (mindestens zehn bis zwölf Wochen, viel Abwechslung zwischen dynamischer Körperstabilität und Koordinationsübungen) unter fachlicher Anleitung durchzuführen, um erste Fortschritte in der Motorik zu sehen.

## Literatur

- [1] Das FitForFire Stabilitäts- und Koordinationstraining zur Reduzierung von SRS-Unfällen. Hrsg.: Hanseatische Feuerwehr-Unfallkasse Nord (HFUK Nord), Kiel 2013
- [2] *Punakallio, A.*: Balance abilities of workers in physically demanding jobs; with special reference to firefighters of different ages. *Sports Sci. Med.* 4 (2005) Nr. 8, S. 1-47
- [3] *Ehlenz, H.; Grosser, M.; Zimmermann, E.*: Richtig Muskeltraining. Grundlagen und Trainingsprogramme. BLV, München 1985
- [4] *Paridon, H.*: Warum Sicherheit manchmal gefährlich ist. *Sicherheitsbeauftragter* (2016) Nr. 5, S. 6-7



# **Ergonomische Arbeitsgestaltung und Demografie**

---



# Aktualisierte Informationen zur Softwareergonomie in der DGUV Information 215-450

Christian Richter<sup>1</sup>, Mathias Krüger<sup>2</sup>, Peter Nickel<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Verwaltungs-Berufsgenossenschaft (VBG), Ludwigsburg

<sup>2</sup>Berufsgenossenschaft Handel und Warenlogistik (BGHW), München

<sup>3</sup>Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA), Sankt Augustin

## Kurzfassung

Die DGUV Information 215-450 „Softwareergonomie“ enthält wesentliche Erkenntnisse zu Entwicklung, Auswahl, Erwerb, Änderung und Nutzung von Software. Die Informationsschrift bildet das Referenzdokument für das Themenfeld Softwareergonomie der gesetzlichen Unfallversicherung in Deutschland und bietet praktische Hilfen an. Die Nutzungsqualität von Software im Arbeitsprozess zu verbessern und Gefährdungen der Beschäftigten am Arbeitsplatz zu mindern, ist das grundsätzliche Ziel dieser Informationsschrift. Inhalte aus den vier Teilen der ehemaligen Berufsgenossenschaftlichen Information 852 wurden aufgegriffen, grundlegend überarbeitet und um Themen wie barrierefreie Software erweitert, sodass alle fachlich interessierten Kreise auf eine Informationsschrift zurückgreifen können, die sich den aktuellen Herausforderungen in der digitalisierten Arbeitswelt stellt.

## 1 Einleitung

Software spielt heute bei fast allen Arbeiten eine wichtige Rolle. Sie beeinflusst die Arbeitsleistung, die Leistungsbereitschaft, die Qualität der Wissensgenerierung und die Produktivität. Eine hohe Qualität der eingesetzten Software entscheidet mit über die Güte der Arbeitsergebnisse sowie über Zufriedenheit und Motivation der Beschäftigten. Ausfälle, Fehler, Korrekturen oder Abstürze der Software blockieren immer wieder Arbeitsabläufe und führen zu unfreiwilligen Pausen. Insofern ist Software zu einem wesentlichen Bestandteil der Wertschöpfung im Unternehmen geworden.

Mit der DGUV Information 215-450 „Softwareergonomie“ wurden wesentliche Erkenntnisse zu „*Entwicklung, Auswahl, Erwerb und Änderung von Software sowie bei der Gestaltung der Tätigkeit am Bildschirm*“ [1] zusammengestellt. Das Dokument wurde in einer Projektgruppe des Sachgebiets „Büro“ im DGUV-Fachbereich Verwaltung unter breiter Beteiligung von Beschäftigten verschiedener Unfallversicherungsträger und Sozialpartner erarbeitet. Es stellt praktische Hilfen vor, mit denen die Nutzungsqualität von Software im Arbeitsprozess verbessert und Gefährdungen der Beschäftigten am Arbeitsplatz gemindert werden. Die DGUV Information richtet sich sowohl an Arbeitgeberinnen und Arbeitgeber sowie an Führungskräfte als auch an Entwicklerinnen und Entwickler, Einkäuferinnen und Einkäufer und Benutzerinnen und Benutzer von Software. Ebenso können Beraterinnen und Berater in Fragen der Arbeitssicherheit und des Gesundheitsschutzes sowie alle fachlich interessierten Kreise in den Unternehmen auf die Informationsschrift zurückgreifen.

## 2 Aufbau und Struktur der DGUV Information

Inhaltlich gliedert sich die DGUV Information 215-450 in 13 Kapitel und schließt mit weiteren praktischen Hilfen in einem umfangreichen Anhang ab. Das Kapitel (1) „Einführung“ erläutert, wie vielfältig Software den Arbeitsprozess beeinflussen kann und welche Möglichkeiten genutzt werden können, um die Qualität der eingesetzten Software und darüber auch die Güte der Arbeitsergebnisse sowie die Zufriedenheit und Motivation der Beschäftigten zu beeinflussen. Im Kapitel (2) „Erfolgsfaktor Software“ geht es um den Stellenwert von Software in Unternehmen und darum, wie ergonomische Software den Arbeitsprozess beeinflusst und die Gebrauchstauglichkeit und Nutzungsqualität sich auf die Produktivität und das wirtschaftliche Ergebnis auswirken.

„Softwareergonomie und die Wahrnehmung, Verarbeitung und Umsetzung von Informationen durch den Menschen“ als nachfolgendes Kapitel (3) befasst sich mit den Schnittstellen zwischen Computer und Mensch, also den Stellen, an denen Daten zu Informationen werden und umgekehrt. Sie sind das Maß für eine ergonomische Gestaltung von Software, den Prozess der Wissensgenerierung und der Aufgabenbearbeitung mit Software. „Psychologische Ansätze in der Softwareergonomie“ bei der Arbeit am Bildschirm stellt Kapitel (4) vor und bezieht sich dabei insbesondere auf die Gestaltung, die Einführung und die Benutzung von Software zur Bearbeitung von Arbeitsaufträgen. Wie hängen „Software und Bildschirm“ zusammen und wie beeinflusst der Bildschirm die Darstellung der Software? Diese Fragen werden im Kapitel (5) beantwortet. Die gängigsten „Softwaretypen“ und deren wichtigste Vertreter erklärt Kapitel (6). Software wird heute nicht mehr nur auf Computern, sondern in vielen anderen Geräten angewandt und verarbeitet. „Rechtliche Aspekte“ werden im Kapitel (7) vorgestellt. Beschrieben werden rechtliche Vorgaben, die zur Gestaltung von Software nach ergonomischen Grundsätzen verpflichten. Zudem werden konkrete Hinweise auf rechtlich relevante ergonomische Grundsätze der Gestaltung von Software gegeben und es wird erläutert, wann und wie sie zu berücksichtigen sind.

Das Kapitel (8) „Informationsdesign“ beschäftigt sich mit der Darstellung von Informationen auf dem Bildschirm und berücksichtigt dabei gleichzeitig die Informationsverarbeitung durch den Menschen. Themen sind z. B. Farbwahl, Zeichensätze, Informationsstruktur, Textgestaltung, Zeichendarstellung. Nachfolgend werden im Kapitel (9) „Interaktionsdesign“ die sieben Grundsätze der Dialoggestaltung und deren Empfehlungen dargestellt und erläutert. Die Empfehlungen liefern konkrete Details für die Umsetzung der Grundsätze. Die Anforderungen der Norm

können sowohl beim Bewerten von Oberflächen einer aktuellen oder zu entwickelnden Software als auch beim Einkauf von Software verwendet werden. „Barrierefreie Gestaltung von Software“ ist das Thema des Kapitels (10). Barrierefrei nennen wir Einrichtungen, Produkte und auch Software, die Menschen mit Behinderungen weitestgehend selbstständig nutzen können. Dabei schwingt im Begriff barrierefrei stets auch die Bedeutung von universeller Nutzbarkeit mit. Es geht in diesem Kapitel also nicht um Lösungen speziell für Behinderte, sondern im Gegenteil um ein erweitertes Nutzungskonzept, das möglichst alle Zielgruppen einbezieht. Um die „Nutzungsqualität und Überprüfung“ von Software als Arbeitsmittel geht es im Kapitel (11). Die Nutzungsqualität ist hoch, wenn die Beschäftigten bei der Bearbeitung ihrer Aufgaben in allen Phasen des Einsatzzyklus von Software optimal unterstützt werden. Um das zu überprüfen, sind zunächst Aufgaben für die Nutzenden von Software zu analysieren und der Nutzungskontext zu definieren. Eine Auswahl von Hinweisen kann das Bewerten und Verbessern von Software unterstützen.

Der Beschaffungsprozess einer ergonomisch gestalteten Software mit wichtigen Beurteilungskriterien wird im Kapitel (12) „Softwarekauf und Pflichtenheft“ vorgestellt. Mit den beschriebenen Beurteilungskriterien und Hilfen werden Arbeitsschritte zur Anschaffung von Software unterstützt. Abschließend widmet sich das Kapitel (13) den „Software-Entwicklungsprozessen“. Um größere Softwareprojekte erfolgreich umzusetzen, ist es unabdingbar, sich über das passende Software-Entwicklungsmodell klar zu werden und mit ihm die Nutzungsanforderungen umzusetzen. Nur so gibt es ein Ergebnis, das gut anwendbar und technisch robust ist. In diesem Kapitel werden drei gängige Software-Entwicklungsmodelle vorgestellt. Im Anhang finden die Leserinnen und Leser eine Auswahl praktischer Hilfen und Verweise auf weitere Quellen zur Bereitstellung von Software in hoher Nutzungsqualität.

### 3 Nutzungsqualität von Software

Software erreicht eine hohe Nutzungsqualität, wenn sie Grundsätze einer ergonomischen Gestaltung weitestgehend erfüllt. Das Prüfen und Bewerten der Nutzungsqualität soll gravierende Mängel einer ergonomischen Gestaltung, gravierende Gefährdungen und Beeinträchtigungen der Benutzerinnen und Benutzer bereits in frühen Phasen des Einsatzzyklus aufdecken. Maßnahmen und Lösungsvorschläge zur Mängelbeseitigung müssen wie bei Risiko- und Gefährdungsbeurteilungen entwickelt und dann erneut überprüft, bewertet und umgesetzt werden. Zur Überprüfung und Bewertung von Nutzungsqualität werden daher Beurteilungsgrundsätze herangezogen, die bereits aus der ergonomischen Gestaltung von Arbeitssystemen bekannt sind [2 bis 5]. Wesentliche Gestaltungsbereiche für Softwareergonomie sind die Aufgaben der Benutzerinnen und Benutzer [6; 7], ihre Interaktionen mit dem Arbeitsmittel Software [8] und die Informationen, die Software für die Bearbeitung von Aufgaben zur Verfügung stellt [9].

Abbildung 1 stellt Grundsätze und Kriterien für die Arbeitssystemgestaltung, die Aufgabengestaltung, die Interaktionsgestaltung und Informationsgestaltung vor und zeigt die hierarchischen Beziehungen zwischen den Ebenen und gleichberechtigten Beziehungen auf jeweils gleicher Ebene auf.

Da die Beziehung zwischen den Ebenen hierarchisch ist, bilden die Grundsätze der Aufgabengestaltung eine Voraussetzung für eine ergonomische Dialogführung bzw. Interaktionsgestaltung. Mit einer Umsetzung von Grundsätzen der Informationsgestaltung oder auch Interaktionsgestaltung allein kann noch nicht sichergestellt werden, dass die Nutzungsqualität von Software im Arbeitsprozess verbessert ist, indem sie Gefährdungen der Beschäftigten am Arbeitsplatz mindert. Bedeutend für die Arbeitssicherheit und den Gesundheitsschutz der Beschäftigten sind die arbeitswissenschaftlichen Kriterien zur Gestaltung von Arbeitssystemen (Ausführbarkeit, Schädigungslosigkeit, Beeinträchtigungsfreiheit, Gesundheitsförderlichkeit nach [10], vgl. auch [2]). Das Bewertungskriterium Beeinträchtigungsfreiheit setzt Ausführbarkeit und Schädigungslosigkeit von Arbeit der Beschäftigten voraus und fordert Ausführungsbedingungen für Arbeitsaufgaben, die das Handeln und Erleben nicht beeinträchtigen. Gestaltungsgrundsätze zur psychischen Arbeitsbelastung bieten hier Ansätze zur Vermeidung beeinträchtigender Beanspruchungsfolgen [4], mit denen Beeinträchtigungsfreiheit umgesetzt werden kann. Auch Aufgaben für die Beschäftigten, die nach ergonomischen Grundsätzen gestaltet sind, tragen dazu bei [6; 7].

Die ergonomischen Grundsätze der Aufgabengestaltung beziehen sich auf Merkmale gut gestalteter Aufgaben für die Benutzerinnen und Benutzer von Software [6; 7]. Für die Bewertbarkeit als einen der Gestaltungsgrundsätze ist es erforderlich, dass die Benutzerinnen und Benutzer jederzeit bewerten können, inwieweit ihr Ziel der Aufgabenbearbeitung mithilfe der Software erreicht wurde. Dazu ist eine Rückmeldung über die Position im Prozess der Aufgabenbearbeitung erforderlich, z. B. über Fortschrittsanzeigen oder über Informationen darüber, wo sich Beschäftigte gerade im Prozess der Aufgabenbearbeitung befinden, wie man zur Position gelangt ist, welche (alternativen) Wege zur Zielerreichung führen (vgl. Beispiel in Abbildung 2). Information zur ergonomischen Gestaltung von Aufgaben für die Benutzerinnen und Benutzer von Software sind in der DGUV Information 215-450 im Kapitel (11) „Nutzungsqualität und Überprüfung“ beschrieben.

Die ergonomischen Grundsätze der Interaktionsgestaltung (Dialoggrundsätze, [8]) leiten die Entwicklung von Benutzungsschnittstellen an und helfen, die Benutzerinnen und Benutzer vor solchen Produkten zu schützen, die erfahrungsgemäß mit Nutzungsproblemen verbunden sind. Die Umsetzung dieser Grundsätze bei der Gestaltung von Benutzungsschnittstellen gewährleistet nicht, dass Beschäftigte vollständige Aufgaben bearbeiten können oder sie jederzeit bewerten können, wo sie im Prozess der Bearbeitung ihrer Aufgaben mithilfe des Arbeitsmittels Software stehen. Dazu sind übergeordnet die oben genannten Grundsätze der ergonomischen Aufgabengestaltung [6; 7] der Gestaltung von Benutzungsschnittstellen [11] voranzustellen. Eine Benutzungsschnittstelle ist etwa dann erwartungskonform gestaltet, wenn sie die Belange der Benutzerinnen und Benutzer für den Dialog mit der Software und ihre Konventionen in den Gestaltungsprozess einbezieht [8]. Dieser und weitere Grundsätze werden in der DGUV Information 215-450 im Kapitel (9) „Interaktionsdesign“ mit verschiedenen Beispielen vorgestellt.

Abbildung 1:  
Gestaltungsgrundsätze der Softwareergonomie zur Verbesserung der Nutzungsqualität; Quelle: DGUV Information 215-450, S. 61

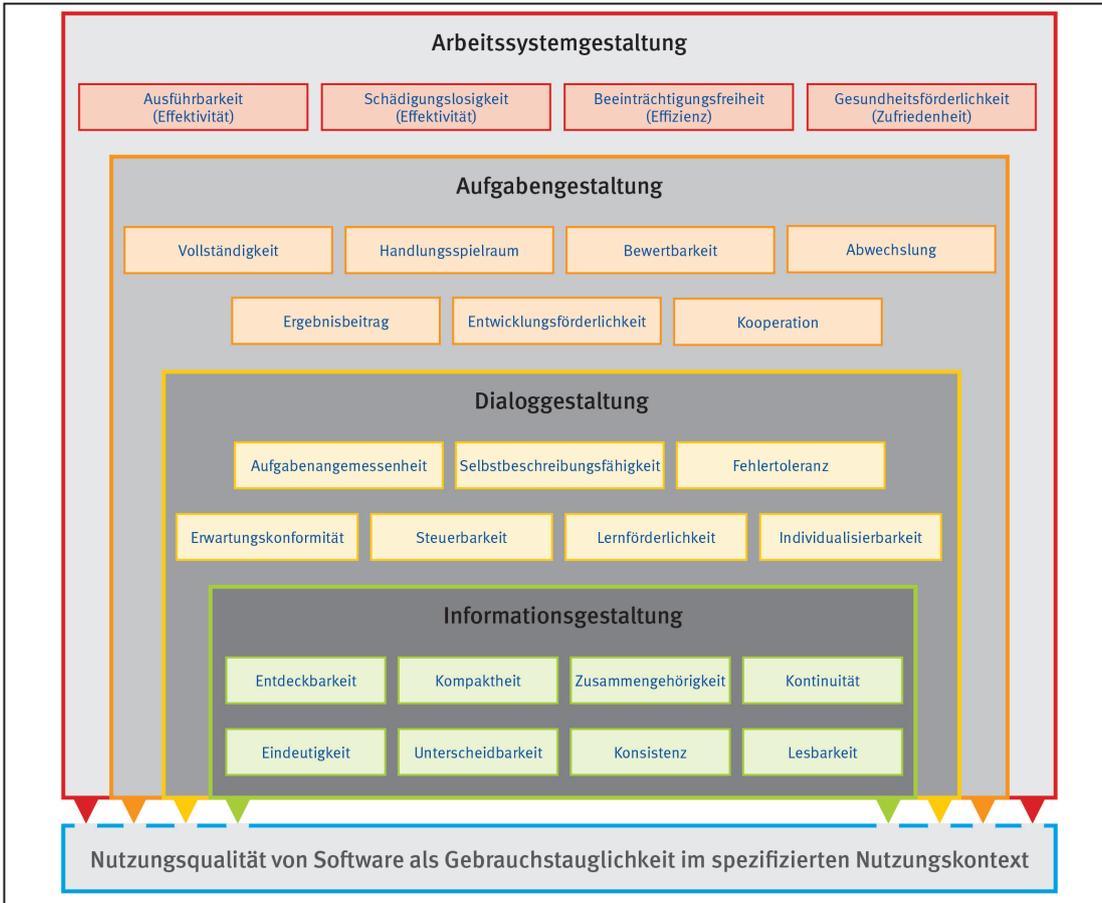


Abbildung 2:  
Kriterien der Softwareergonomie zur Aufgabengestaltung für die Benutzerinnen und Benutzer von Software

## Aufgabengestaltung

Vollständigkeit

Handlungsspielraum

Bewertbarkeit

Abwechslung

Ergebnisbeitrag

Entwicklungsförderlichkeit

Kooperation

### Bewertbarkeit

- bewerten können, inwieweit Ziel der Aufgabenbearbeitung erreicht wurde
- rückmelden der Position im Bearbeitungsprozesses

**Aufgabenbeispiel:**

- Präsentation vortragen
- Referentenansicht

Folie: 30 von 36    Zeit: 28:11    18:48    Zoom:

Seite 6

die Grundsätze der Informationsgestaltung beziehen sich vorrangig auf die Informationsdarstellung bei visueller, akustischer und taktiler/haptischer Verarbeitung von Informationen durch den Menschen, z. B. [9]. Informationen sind etwa dann lesbar, wenn sie ausreichend groß und in einem (Farb-)Kontrast dargestellt sind, der unter den Arbeitsbedingungen (z. B. Beleuchtung) unterscheidbar ist. Dieser und weitere ergonomische Gestaltungsgrundsätze werden in der DGUV Information 215-450 im Kapitel (8) Informationsdesign mit verschiedenen Beispielen anschaulich vorgestellt.

#### 4 Abschließende Bemerkungen

Mit der DGUV Information 215-450 stehen aktualisierte Informationen zur Softwareergonomie für den betrieblichen Arbeitsschutz zur Verfügung. Sie bilden auch einen inhaltlichen Rahmen für den Themenbereich, in den viele weitere Informationsschriften und Broschüren eingeordnet werden. So erscheinen etwa weitere Tipps und Informationen zum gebrauchstauglichen Einstellen und Gestalten von Software in der Reihe VBG-Praxis-Kompakt und in Broschüren sowie auf Internetseiten der Unfallversicherungsträger. Da sich die DGUV Information 215-450 auch den aktuellen und zukünftigen Entwicklungen der digitalisierten Arbeitswelt stellen wird, sollen Anregungen zur Erweiterung der Informationsschrift aufgegriffen werden.

#### Literatur

- [1] Verordnung über Arbeitsstätten (Arbeitsstättenverordnung – ArbStättV) vom 12.08.2004. BGBl. I, S. 2179; zul. geänd. durch Art. 5 Abs. 1 der Verordnung vom 18.10.2017. BGBl. I (2017), S. 3584
- [2] DIN EN ISO 6385: Grundsätze der Ergonomie für die Gestaltung von Arbeitssystemen (12/2016). Beuth, Berlin 2012
- [3] DIN EN ISO 26800: Ergonomie – Genereller Ansatz, Prinzipien und Konzepte (11/2011). Beuth, Berlin 2011
- [4] DIN EN ISO 10075-2: Ergonomische Grundlagen bezüglich psychischer Arbeitsbelastung – Teil 2: Gestaltungsgrundsätze (6/2000). Beuth, Berlin 2000
- [5] DIN EN 1005-1: Sicherheit von Maschinen – Menschliche körperliche Leistung – Teil 1: Begriffe (4/2009). Beuth, Berlin 2009
- [6] DIN EN 29241-2: Ergonomische Anforderungen für Büro-tätigkeiten mit Bildschirmgeräten. Teil 2: Anforderungen an die Arbeitsaufgaben (6/1993). Beuth, Berlin 1993
- [7] DIN EN 614-2: Sicherheit von Maschinen – Ergonomische Gestaltungsgrundsätze – Teil 2: Wechselwirkungen zwischen der Gestaltung von Maschinen und den Arbeitsaufgaben (12/2008). Beuth, Berlin 2008
- [8] DIN EN ISO 9241-110: Ergonomie der Mensch-System-Interaktion – Teil 110: Grundsätze der Dialoggestaltung (9/2008). Beuth, Berlin 2008
- [9] DIN EN ISO 9241-112: Ergonomie der Mensch-System-Interaktion – Teil 112: Grundsätze der Informationsdarstellung (8/2017). Beuth, Berlin 2017
- [10] *Hacker, W.; Sachse, P.*: Allgemeine Arbeitspsychologie. Psychische Regulation von Tätigkeiten. 3. Aufl. Hogrefe, Göttingen 2014
- [11] DIN EN ISO 9241-210: Ergonomie der Mensch-System-Interaktion – Teil 210: Prozess zur Gestaltung gebrauchstauglicher interaktiver Systeme (11/2011). Beuth, Berlin 2011

# Der Wegweiser Berufsumstieg und seine Weiterentwicklungsmöglichkeiten

Hanna Zieschang

Institut für Arbeit und Gesundheit der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IAG), Dresden

## Kurzfassung

Der demografische Wandel in Deutschland führt zu Verschiebungen im Altersaufbau der Erwerbspersonen und zu einem deutlichen Fachkräftemangel. Der Gesetzgeber hat darauf mit einer Erhöhung des Renteneintrittsalters reagiert. Schon jetzt ist aber zu beobachten, dass Beschäftigte in sogenannten Berufen mit begrenzter Tätigkeitsdauer trotz präventiver Maßnahmen nicht gesund bis zum gesetzlichen Renteneintrittsalter arbeiten können. Ein frühzeitiger Berufsumstieg kann Beschäftigten eine Chance bieten, das Ziel „gesund bis zur Rente“ dennoch zu erreichen. Im Rahmen des INQA-Projekts „Horizontaler Berufsumstieg“ hat das Institut für Arbeit und Gesundheit der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IAG) ein IT-Instrument entwickelt, das bei der Suche nach einem passenden Beruf für solch einen Umstieg unterstützt. Dieses Instrument berücksichtigt insbesondere gesundheitliche und damit auch ergonomische Parameter.

## 1 Folgen des demografischen Wandels

Im Rahmen des iga-Barometers (iga – Initiative Gesundheit und Arbeit) werden in einer repräsentativen Umfrage ca. 2 000 Beschäftigte regelmäßig alle drei Jahre gefragt: „Können Sie sich vorstellen, Ihre derzeitige Arbeitstätigkeit bis zum 67. (früher 65.) Lebensjahr auszuüben?“ Schon über viele Jahre hinweg antworten ca. 50 % der Befragten mit „Ja“. Im Umkehrschluss bedeutet das, dass jede zweite befragte Person sich dies nicht vorstellen kann [1].

Aus diesem Ergebnis leitet sich Handlungsbedarf für die Unfallversicherung ab. Dabei geht es insbesondere um Maßnahmen, die die Weivedauer im erlernten Beruf verlängern. Hierzu gehört die gesetzlich verankerte präventive Arbeit der Unfallversicherung und der Krankenversicherung: ergonomische Gestaltung der Arbeit, angepasste Arbeitsorganisation, betriebliche Gesundheitsförderung etc. In den Berufen mit begrenzter Tätigkeitsdauer reichen diese Maßnahmen jedoch nicht aus, damit die dort Beschäftigten gesund das Renteneintrittsalter erreichen können. Dies sind häufig physisch stark belastende Berufe. Aber nicht nur: Unter anderem in Gesundheitsberufen können auch psychische Belastungen groß sein, z. B. durch ungünstige Arbeitszeiten und Schichtarbeit, Arbeitsverdichtung und Verantwortungsübernahme. Von Beschäftigten in der stationären Krankenpflege beispielsweise weiß man, dass die durchschnittliche Weivedauer im Beruf weniger als zehn Jahre beträgt [2].

Kann ein Beschäftigter seine Arbeitsfähigkeit nicht bis zum Renteneintrittsalter erhalten, droht ihm ein frühzeitiges Ausscheiden in die Berufsunfähigkeit oder Arbeitslosigkeit, oft verbunden mit einem sozialen Abstieg. Für die Betriebe wiederum ist es durch die demografische Entwicklung kaum möglich, jüngere

Fachkräfte für Neueinstellungen zu gewinnen. Insbesondere kleine und mittelgroße Unternehmen spüren solche Engpässe, die in bestimmten Berufen und Regionen verschärft auftreten.

## 2 Der Digitale Wegweiser „Horizontaler Berufsumstieg“

Das iga-Projekt „Mein nächster Beruf“ hat sich mit dem Erhalt der Beschäftigungsfähigkeit in Berufen mit begrenzter Tätigkeitsdauer beschäftigt. Die Idee des Projekts war: Kann die Weivedauer im ursprünglich erlernten Beruf durch präventive Maßnahmen nicht verlängert werden, bietet ein Wechsel in einen anderen, weniger oder anders belastenden Beruf möglicherweise eine Chance, eine Frühverrentung oder die Arbeitslosigkeit zu verhindern. Es wurde ein Konzept dafür entwickelt, wie ein solcher Berufswechsel durch rechtzeitige Beratung und Qualifizierung vorbereitet werden kann [2].

Im ersten Schritt muss allerdings ein Beruf gefunden werden, der für einen entsprechenden Wechsel des betroffenen Beschäftigten geeignet ist. Diese Frage lag dem Projekt „Horizontaler Berufsumstieg“, das im IAG durchgeführt wurde, zugrunde [3; 4]. Auf der Basis eines berufskundlichen und arbeitswissenschaftlichen Modells entstand ein digitales Instrument für die Suche nach geeigneten Umstiegsberufen. Dieser „Digitale Wegweiser“ wurde in ein Informationsportal im Internet eingebunden, das rund um den demografischen Wandel informiert (wegweiser-berufsumstieg.de, siehe auch [www.horizontaler-berufsumstieg.de](http://www.horizontaler-berufsumstieg.de)).

### 2.1 Aufbau des Wegweisers

Mithilfe des digitalen Wegweisers sollen Berufe gefunden werden können, die einerseits den Erfahrungen und Neigungen der Suchenden entsprechen und andererseits geringere oder andere Belastungen als der bisherige Beruf aufweisen [5]. Hierfür mussten zuerst alle Berufe in einer einheitlichen Form beschrieben werden. Es entstanden Berufsprofile mit Merkmalen in drei Kategorien (Abbildung 1):

1. notwendige formale Qualifikation, um diesen Beruf auszuüben, sowie Zuordnung zu Berufsfeldern und Branchen, in denen er vorkommt,
2. spezielle und überfachliche Kompetenzen, die zusätzlich zur Ausbildung für die Ausübung erforderlich bzw. hilfreich sind,
3. Belastungen und Anforderungen, die dieser Beruf an die darin Beschäftigten stellt.

Abbildung 1:

Das IT-Instrument gleicht die im Personenprofil eingegebenen Daten mit den Daten aller in der Datenbank enthaltenen Berufe ab. Im Ergebnis wird eine Liste von Berufen ausgegeben, die für eine Person als geeignete Umstiegsberufe infrage kommen.



Jedes der Profile beschreibt anhand von ca. 300 Einzelmerkmalen einen Beruf. Die Merkmaleinschätzungen in den ersten beiden Kategorien wurden unter anderem anhand der Angaben in der Datenbank BERUFENET der Bundesagentur für Arbeit vorgenommen (<https://berufenet.arbeitsagentur.de>). In der Kategorie „Belastungen und Anforderungen“ sind insbesondere Merkmale der ergonomischen Arbeitsplatz- und Tätigkeitsgestaltung enthalten. Hier ging die Expertise aus dem Reha-Management mehrerer Unfallversicherungsträger ein. Insgesamt wurden die Berufsprofile von 522 über alle Branchen verteilten Ausbildungsberufen in einer Datenbank erfasst. Dies entspricht – in geeigneter Form aggregiert – allen derzeit vorkommenden Ausbildungsberufen.

Eine suchende Person kann nun elektronisch einen Fragebogen ausfüllen, der zur Generierung eines entsprechenden Personenprofils führt. Auch in diesen Profilen sind die (knapp 400) Merkmale in Kategorien zusammengefasst, die entsprechend den Angaben der Person mit Werten belegt werden:

1. formale Qualifikationen, in denen die Person Abschlüsse vorweisen kann,
2. Kompetenzen, die diese Person darüber hinaus im beruflichen oder ehrenamtlichen Umfeld erworben hat,
3. Vorlieben für bestimmte Tätigkeitsfelder, denn nicht jede Tätigkeit oder jeder Arbeitsbereich macht jeder Person Spaß,
4. unter welchen Beanspruchungsfolgen oder Einschränkungen die suchende Person bereits leidet.

Hat die suchende Person den Fragebogen ausgefüllt, nimmt das digitale Suchinstrument ein Matching der Merkmale aus dem Personenprofil gegen die Merkmale aller in der Datenbank enthaltenen Berufsprofile vor.

## 2.2 Merkmale zu gesundheitlichen Aspekten

In der Kategorie „Belastungen und Anforderungen“ der Berufsprofile sind die Merkmale zusammengestellt, die je nach persönlicher Leistungsfähigkeit zu Beanspruchungen mit gesundheitlichen Risiken führen können (Abbildung 2). Dabei orientieren sich die Merkmale an den Punkten einer Gefährdungsbeurteilung, gehen aber an einzelnen Stellen tiefer ins Detail. Entsprechend erfassen im Personenprofil die Merkmale der Kategorie „Beanspruchung und Einschränkungen“ bereits vorhandene, möglicherweise durch den bisherigen Beruf verursachte Beschwerden. Vom Nutzer oder der Nutzerin des Digitalen Wegweisers werden die durch physische und psychische Belastungen verursachten Beanspruchungen und ihre Folgen erfragt. Ebenso geht der Fragebogen auf Beanspruchungen der Sinne oder durch die Arbeitsumgebung bewirkte Beschwerden ein. Grundlage für die Zusammenstellung der gesundheitlichen Merkmale waren unter anderem die Instrumente iga.Check [6] und IMBA [7].

Da der Nutzer oder die Nutzerin den Fragebogen im Internet ohne Unterstützung durch medizinische oder arbeitswissenschaftliche Fachleute ausfüllt, ist die Einschätzung der gesundheitlichen Merkmale immer subjektiv geprägt. Um die Angaben zumindest ansatzweise zu objektivieren, wird bei der Angabe von Beschwerden zusätzlich nach einer erfolgten ärztlichen Konsultation gefragt.

Abbildung 2:

Ausschnitt aus dem Fragebogen zur Erstellung des Personenprofils mit der Auflistung der Items zu Beschwerden aufgrund physischer Anforderungen. Wird die Frage nach Beschwerden mit „ja“ beantwortet, wird zusätzlich eine Antwort auf „Mit ärztlicher Behandlung?“ erwartet.

**Anforderungen und Gesundheit**
0 %
50 %
100 %

**- Welche körperlichen Anforderungen führen bei Ihrer Arbeit zu Beschwerden?**

Lasten heben und/oder tragen  eher ja  eher nein  
 Mit ärztlicher Behandlung?  ja

Welches Gewicht können Sie mehrfach hintereinander beschwerdefrei heben und/oder tragen?  bis 5 kg  5-10 kg  10-25 kg  mehr als 25 kg

häufiges Ziehen oder Schieben schwerer Lasten  eher ja  eher nein

häufiges Arbeiten mit Bewegung des ganzen Körpers oder einzelner Körperteile  eher ja  eher nein  
 Mit ärztlicher Behandlung?  ja

Arbeiten, die ein hohes Maß an Gleichgewicht erfordern  eher ja  eher nein  
 Mit ärztlicher Behandlung?  ja

länger anhaltendes Arbeiten in starrer Körperhaltung  eher ja  eher nein  
 Mit ärztlicher Behandlung?  ja

länger anhaltendes Arbeiten im Stehen mit sehr wenig Bewegung und eingeschränktem Bewegungsraum  eher ja  eher nein  
 Mit ärztlicher Behandlung?  ja

länger anhaltendes Gehen und Laufen  eher ja  eher nein

länger anhaltendes Sitzen  eher ja  eher nein

häufiges Überkopparbeiten  eher ja  eher nein  
 Mit ärztlicher Behandlung?  ja

häufiges Treppensteigen  eher ja  eher nein  
 Mit ärztlicher Behandlung?  ja

**+ Welche Anforderungen an Ihre Sinne belasten Sie bei der Arbeit?**

**+ Welche Einwirkungen der Arbeitsumgebung führen bei Ihrer Arbeit zu Beschwerden?**

**+ Welche psychischen Anforderungen belasten Sie bei der Arbeit?**

### 2.3 Output: Das Suchergebnis

Das Suchergebnis besteht aus einer Liste von Berufen, die für die betreffende Person als geeignete Umstiegsberufe infrage kommen. Diese Liste ist nach der Passung im Gesamtergebnis über alle drei Kategorien Qualifikation, Präferenzen und Gesundheit sortiert (Abbildung 3). Wahlweise kann die Sortierung aber auch nach einer der Kategorien vorgenommen werden, z. B. nach dem Qualifikationsergebnis, d. h. dem Maß, in dem Umsteigewillige die benötigten Qualifikationen und Kompetenzen bereits mitbringen, bzw. nach ihren Präferenzen oder nach dem Gesundheitsergebnis. Bei Letzterem werden zuerst die Berufe in der Liste angezeigt, die weniger oder andere Belastungen für die Person mit sich bringen als der bisherige. Diese Berufe würden also – wie gewünscht – die Anforderungen vermeiden, die aufgrund der gesundheitlichen Situation nicht mehr erfüllt werden können.

Auf Merkmalsebene lässt sich im Detail feststellen, wie gut der gefundene Umstiegsberuf zur suchenden Person passt bzw. wie stark die beruflichen Anforderungen von den Voraussetzungen, die die suchende Person mitbringt, abweichen (Abbildung 4). Dieser Profilvergleich liefert Ansätze für mögliche Beratungs-, Qualifizierungs- und Trainingsprogramme.

Es ist selbstverständlich, dass ein digitales Instrument nur erste Informationen über mögliche Umstiegsberufe bereitstellen kann. Es dient vor allem dazu, die Betroffenen zu motivieren, sich mit der Frage nach einem Berufswechsel auch in fortgeschrittenem Alter noch auseinanderzusetzen, und dann Ideen für einen Berufswechsel zu geben. Eine individuelle Umstiegsberatung sollte in jedem Fall erfolgen, kann aber auf den Ergebnissen des Suchinstruments aufbauen.

Abbildung 3:

Ergebnis einer Beispielsuche. Die Ergebnisliste ist nach der Gesamtpassung sortiert. Nach dem Ampelprinzip zeigen grüne Felder eine gute Passung, rote eine schlechte Passung an. Obwohl der Beruf an zweiter Stelle (Flugdienstberater) in allen drei Kategorien im Ergebnis ein grünes Feld liefert, ist das Gesamtergebnis über alle drei Kategorien (Score = 110,54) kleiner als bei dem Beruf an erster Stelle (Score = 133,76).

**Ergebnis**

Es werden 50 von 447 durchsuchten Berufen angezeigt.  
Die Ergebnisliste kann nach dem Gesamtscore der einzelnen Berufe sowie nach dem Score der einzelnen Kategorien sortiert werden.

▼ Gesamtergebnis	Ergebnisfilter		
	◆ Qualifikation	◆ Präferenzen	◆ Gesundheit
Fachkraft – Fahrbetrieb (133.76)	😊	😊	😊
Flugdienstberater/-in (110.54)	😊	😊	😊
Bürsten- und Pinselmacher/-in (104.47)	😊	😊	😊
Vorpoliererin – Schmuck- und Kleingeräteherstellung (98.0)	😞	😊	😊
Glasapparatebauer/-in (86.77)	😊	😊	😊
Produktprüfer/-in – Textil (76.91)	😊	😊	😊
Feinpolierer/-in (66.04)	😊	😊	😊
Glas- und Porzellanmaler/-in (63.59)	😊	😊	😊
Eisenbahner/-in – Betriebsdienst (60.76)	😊	😊	😊
Figurenkeramformer/-in (45.87)	😊	😊	😊
Binnenschiffer/-in (45.67)	😊	😊	😊

Abbildung 4:

Ergebnis einer Beispielsuche auf Merkmalsebene. Auf der Detailschere werden nur die Merkmale angezeigt, die für den betreffenden Beruf relevant sind, d. h. die Merkmale, deren Wert im Berufsprofil mit einem Wert ≠ 0 belegt ist. Die Übereinstimmungen mit den Voraussetzungen der suchenden Person sind anhand des Ampelprinzips auf einer fünfstufigen Skala wiedergegeben.

**Qualifikation**

Der Farbbalken zeigt an, wie viel Wissen und Erfahrung Sie bereits für diesen Beruf mitbringen.

Umstiegsberuf

Beim Aufklappen des Fragebogens sehen Sie, wie gut Ihre Angaben im Bereich Qualifikation zu den einzelnen Anforderungen dieses Berufes passen.

**Qualifikation und Kompetenzen**

**In welchen Berufsfeldern waren Sie bisher tätig oder möchten Sie zukünftig arbeiten?**

- Reinigung, Verkehr, Sicherheit, Logistik (Dienstleistung)**  
Wie viele Jahre waren Sie in diesem Berufsfeld tätig? [Skala]
- Verkehr, Logistik, Transport**  
Wie viele Jahre waren Sie in diesem Berufsfeld tätig? [Skala]

**Über welche fachlichen Kenntnisse und Abschlüsse verfügen Sie?**

- Sprachkenntnisse**  
Deutsch [Skala]

**Wo sehen Sie Ihre persönlichen und beruflichen Stärken?**

- ... Ihre Auffassungsgabe? [Skala]
- ... Ihr räumliches Vorstellungsvermögen? [Skala]
- ... Ihre Fähigkeit, Probleme zu lösen? [Skala]
- ... Ihr mechanisch-technisches Verständnis? [Skala]
- ... Ihre Beobachtungsgabe? [Skala]
- ... Ihr Planungs- und Organisationsvermögen? [Skala]

### 3 Chancen zur Weiterentwicklung des Wegweisers

#### 3.1 Nutzung im Reha-Management

Ziel des Reha-Managements der Unfallversicherungsträger ist es, beruflich verunfallte Personen durch Rehabilitation möglichst so weit wieder herzustellen, dass sie an ihren ursprünglichen Arbeitsplatz zurückkehren können. In den Fällen, in denen dies aufgrund bleibender Einschränkungen oder Veränderungen der Leistungsfähigkeit der Person nicht gelingt, muss eine neue Erwerbstätigkeit gesucht werden. Die Beratung darüber, welche Erwerbstätigkeit für einen Umstieg passend ist, nimmt im Falle eines Arbeitsunfalls oder einer Berufskrankheit der Reha-Manager oder die Reha-Managerin des zuständigen Unfallversicherungsträgers vor. In diesem Beratungsprozess kann das vorgestellte Instrument „Wegweiser Berufsumstieg“ unterstützen.

Der unmittelbare Nutzen für das Reha-Management besteht darin, dass mit dem IT-Instrument Berufe und auch Tätigkeitsschwerpunkte im Wege einer strukturierten Vorgehensweise herausgearbeitet werden können, die den persönlichen Neigungen entsprechen – gleichzeitig finden aber auch gesundheitliche Aspekte Berücksichtigung. Darüber hinaus ermöglicht das Instrument einen Überblick über die Berufe aller Branchen. Daraus können sich Wege für die Integration von Versicherten in den Arbeitsmarkt ergeben, die ohne das Instrument nicht in den Fokus der Beratung gerückt wären.

Die Datenbank der Berufe im IT-Instrument enthält derzeit alle Ausbildungsberufe. Das zusätzliche Einpflegen von Weiterbildungsberufen würde eine noch breitere Nutzung ermöglichen. Diese Berufe haben im Wiedereingliederungsprozess den Vorteil, dass die Zeiten bis zum Erreichen eines Abschlusses oft kürzer ausfallen als bei Ausbildungsberufen. Für die Erfassung der Weiterbildungsberufe muss die im IT-Instrument enthaltene Berufsprofilstruktur um einzelne Merkmale erweitert werden, z. B. um Berufsabschlüsse oder Berufserfahrung als Zugangsvoraussetzungen.

#### 3.2 Weitere Möglichkeiten der Weiterentwicklung

Derzeit ist in der Datenbank jeder Beruf in einer für ihn typischen Ausprägung hinterlegt. In einzelnen Unternehmen oder Branchen kann der Beruf aber deutlich von dieser Typisierung abweichen. Beispielsweise sieht die Tätigkeit eines Kochs in einer Großküche völlig anders aus als in einem Sterne-Restaurant. Eine Ergänzung der Berufsprofile durch die entsprechenden Tätigkeitsprofile könnte diese unterschiedlichen Berufsausprägungen auffangen und damit das Anwendungsgebiet noch vergrößern. In ähnlicher Weise könnte das Instrument spezifisch auf einzelne Unternehmen zugeschnitten werden, indem die dort vorkommenden Berufsausprägungen eingepflegt werden. Damit erweitert sich der Datenbestand der Datenbank sukzessive durch die Nutzenden.

Schließlich könnte die Attraktivität des „Wegweisers Berufsumstieg“ durch eine Anbindung an die Suche nach freien Stellen auf dem Arbeitsmarkt erhöht werden. Eine entsprechende internetgestützte Suchmaschine für offene Stellen wurde bei DGUV job bereits entwickelt. Eine Einschätzung, ob für den neu

erlernten Beruf auch nach der Aus- oder Weiterbildungszeit noch Bedarf besteht, vergrößert die Motivation für eine Umschulung bei Betroffenen und hilft, entsprechende Finanzierungsmodelle zielgerichteter zu entwickeln.

#### Literatur

- [1] *Hessenmöller, A.-M.; Pangert, B.; Pieper, C.; Schiml, N.; Schröer, S.; Schüpbach, H.*: iga.Barometer 4. Welle 2013: Die Arbeitssituation in Unternehmen. Eine repräsentative Befragung der Erwerbsbevölkerung in Deutschland. Flexibilität, Life-Domain-Balance und Gesundheit; Auswirkungen von Erwerbslosigkeitserfahrungen. iga.Report 19, Hrsg.: Die Initiative Gesundheit und Arbeit (iga), 1. Aufl. Juli 2014
- [2] *Jahn, F; Ulbricht, S.*: Mein nächster Beruf – Personalentwicklung für Berufe mit begrenzter Tätigkeitsdauer. Teil 1: Modellprojekt in der stationären Krankenpflege. iga-Report 17, Teil 1. Hrsg.: Die Initiative Gesundheit und Arbeit (iga), 2. Aufl. Mai 2011
- [3] INQA-Projekt Horizontaler Berufsumstieg: eine neue berufliche Chance für ältere Beschäftigte. <http://www.inqa.de/DE/Mitmachen-Die-Initiative/Foerderprojekte/Projekt-datenbank/horizontaler-berufsumstieg.html> (zuletzt abgerufen am 2.1.2017)
- [4] *Zec, S.; Zieschang, H.*: Wegweiser Berufsumstieg. Gesund bis zur Rente durch einen frühzeitigen Berufswechsel. IAG-Report 2/2015. Hrsg.: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Berlin 2015. [www.dguv.de/iag](http://www.dguv.de/iag), Webcode: d13378
- [5] *Zieschang, H.; Bräunig, D.; Buschner, S.*: Gesund bis zur Rente – Berufsumstieg als Chance für ältere Beschäftigte. Z. Arb. Wiss. 3 (2015), S. 175-184
- [6] *Hanßen-Pannhausen, R.; Stamm, R.; Taskan-Karamürsel, E.*: igaCheck. Kurzversion zur Erfassung beruflicher Anforderungen, Belastungen und Gefährdungen. iga.Report 19. 3. Aufl. Hrsg.: Die Initiative Gesundheit und Arbeit (iga), Januar 2014
- [7] Integration von Menschen mit Behinderungen in die Arbeitswelt – IMBA, [www.imba.de](http://www.imba.de) (zuletzt abgerufen am 25.1.2017)



# Ergonomische Gestaltung in Kindertageseinrichtungen – Projekt MusterKita

Bodo Köhmstedt

Unfallkasse Rheinland-Pfalz, Andernach

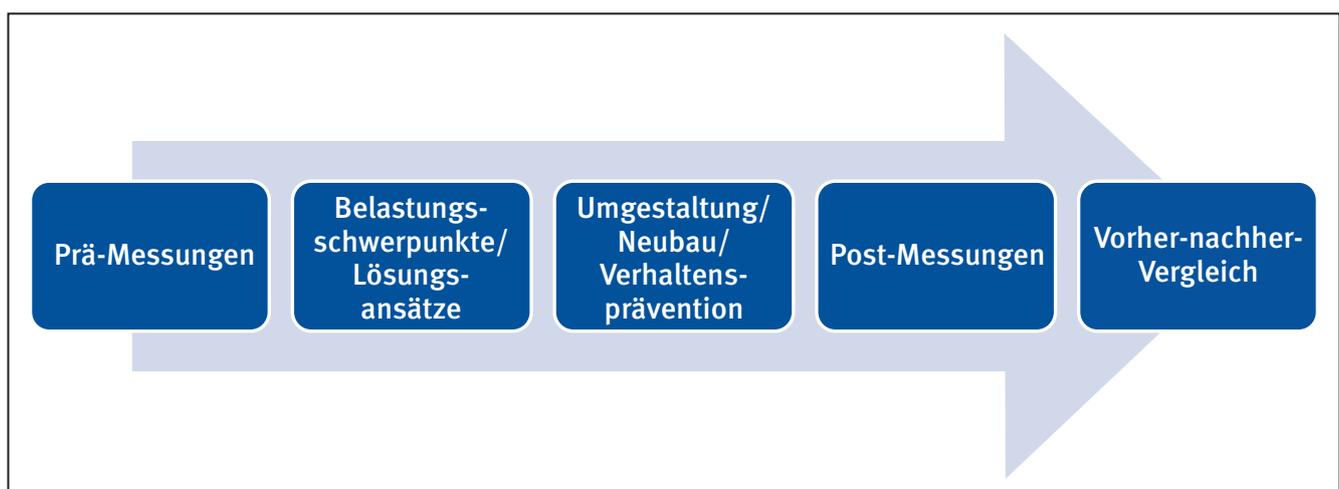
## Kurzfassung

Verhältnispräventive sowie verhaltenspräventive Aspekte fanden in der für Kinder und Beschäftigte sicher und gesundheitsförderlich gestalteten MusterKita gleichermaßen Berücksichtigung. Erkenntnisse und Erfahrungen aus unterschiedlichen Studien sowie Projekten zur Erfassung und Verbesserung der Arbeitssituation für die Beschäftigten in Kitas flossen mit ein. Bei der Sanierung des bestehenden Gebäudes, bei der Gestaltung des Neubaus für die unter Dreijährigen und bei der Ausstattung der Einrichtung standen die Sicherheit und die Gesundheit der Kinder und der Beschäftigten gleichermaßen im Fokus.

Die MusterKita ist ein Gemeinschaftsprojekt der Unfallkasse Rheinland-Pfalz (UK RLP), des Instituts für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA), der Stadt Neuwied als kommunaler Trägerin und der Gemeindlichen Siedlungs-Gesellschaft Neuwied als Bauherrin. Knapp drei Jahre dauerte die Umsetzung des Projekts

Die Idee zu dem Projekt entstand im Oktober 2012, die baulichen Maßnahmen starteten im Juli 2013, im Juli 2015 fand die offizielle Einweihung der MusterKita statt. Dieser Beitrag gibt einen Einblick in die ergonomischen Aspekte des Projektes. Da in der MusterKita nur weibliches Personal beschäftigt ist, wird in diesem Beitrag auf die männliche Form verzichtet.

Abbildung 1:  
Projektverlauf MusterKita



Mit den daraus ermittelten Daten konnten bestimmten Tätigkeiten der Erzieherinnen Extrembelastungen zugeordnet, diese analysiert und Angriffspunkte für mögliche Interventionen herausgefunden werden. Als eine der typischen Extrembelastungen wurden unter anderem Tätigkeiten bei Pflege- und Hygienetätigkeiten identifiziert. Abbildung 2 zeigt die Zwangshaltung

Neben Aspekten wie Raumakustik, Raumklima und Beleuchtung lag ein besonderes Augenmerk auf den Muskel-Skelett-Belastungen. Muskel-Skelett-Beschwerden bzw. -Erkrankungen stellen in Kitas eine der häufigsten Beanspruchungsfolgen dar. In der MusterKita wurden mittels Befragungen, Beobachtungen und eines speziellen Messsystems die Arbeitsabläufe und damit verbundene Muskel-Skelett-Belastungen analysiert. Mit den daraus ermittelten Erkenntnissen wurde ergonomisch abgestimmtes Mobiliar angeschafft und muskel-skelett-schonendere Arbeitsabläufe abgeleitet.

## 1 Die MusterKita – ergonomische Gestaltung

Der Projektverlauf in Abbildung 1 beschreibt die grundsätzliche Vorgehensweise zur Erfassung, Beurteilung und Reduzierung der Muskel-Skelett-Belastungen der Erzieherinnen in der MusterKita. Begonnen wurde mit zahlreiche Befragungen, Beobachtungen und Messungen im Bestandsgebäude der Kindertageseinrichtung. Zur Erfassung der Belastungen des Muskel-Skelett-Systems der Beschäftigten wurden zwei Probandinnen an je zwei Tagen während ihres Arbeitsalltages messtechnisch begleitet. Zum Einsatz kam dabei das CUELA-Messsystem (CUELA: Computer-unterstützte Erfassung und Langzeitanalyse von Belastungen des Muskel-Skelett-Systems) des IFA.

mit vorgebeugtem Rumpf bei der Anleitung eines Kindes zum Händewaschen.

Weitere erhebliche Muskel-Skelett-Belastungen ergaben sich beim Umziehen der Kinder, bei der Betreuung und Bildungsarbeit an zu niedrigen Tischen bzw. auf dem Boden, bei der Hilfe

beim Essen, Schlafenlegen, Wickeln und bei unterschiedlichsten Dokumentationstätigkeiten. Eine der Hauptursachen war zumeist unpassendes bzw. fehlendes ergonomisches Mobiliar. Abbildung 3 zeigt beispielsweise eine Stuhl-Tisch-Kombination, die eine ergonomisch angepasste Nutzung durch Erwachsene unmöglich macht. Auf dem Stuhl sitzend ist es durch die Zarge nicht möglich, die Knie bzw. Beine unter den Tisch zu strecken. Das Resultat ist, dass die Erzieherinnen in verdrehter Körperhaltung am Tisch sitzen.

Abbildung 2:  
Zwangshaltung der Erzieherin bei der Anleitung eines Kindes zum Händewaschen



Abbildung 3:  
Stuhl-Tisch-Kombination vor Umgestaltung



Die messtechnisch ermittelten Erkenntnisse wurden durch die subjektiven Selbsteinschätzungen der Erzieherinnen in der Befragung bestätigt. So wurde beispielsweise die kniend-hockende Körperhaltung beim Umziehen oder bei der Betreuung von Spiel- und Lernaktivitäten der Kinder als deutlich belastend empfunden. Mit all diesen Ergebnissen wurden gemeinsam mit den Beschäftigten in Workshops Maßnahmen abgeleitet, um die Belastungen zu reduzieren. Dabei wurden die Ergebnisse nicht nur zur Ausstattung bzw. Umgestaltung der Einrichtung, sondern ebenso zum kritischen Hinterfragen arbeitsorganisatorischer Abläufe und ergonomischer Arbeitsweisen genutzt. Viele der vorgestellten Ergebnisse führten bei den Erzieherinnen

zur Verwunderung einhergehend mit einer verstärkten Reflexion des eigenen Verhaltens. So wurde z. B. die Frage gestellt, ob das quengelnde Kind zum Trösten wirklich immer hochgehoben und umhergetragen werden muss oder ob es hier nicht auch eine alternative Methode gibt (Abbildung 4).

Bei allen abgeleiteten Maßnahmen waren die Einbindung der Beschäftigten und die damit verbundene verbesserte Akzeptanz der Maßnahmen im Kita-Team besonders wichtig. Auch die Auswahl des ergonomischen Mobiliars verlief in einem Prozess, in den das gesamte Kita-Team eng mit einbezogen war. Während der Bauzeit der MusterKita konnte bereits in der Übergangsunterkunft das erste Mobiliar getestet werden. So wurden beispielsweise Tische mit vier Rollen gegen solche mit nur noch zwei Rollen getauscht, da diese standfester – aber dennoch einfach – im Raum zu bewegen sind. Weiter wurde beispielsweise der in Abbildung 5 dargestellte Wickeltisch – inklusiv Stehwickelplatz – gemeinsam mit dem Kita-Team konstruiert. Die Erzieherin kann mit dem Rollhocker ganz nah an das Kind heranfahren und im Stehen wickeln. Das Kind kann über eine Stufe mit Handlauf selbst auf den Stehwickelplatz steigen.

Abbildung 4:  
Hinterfragen arbeitsorganisatorischer Abläufe

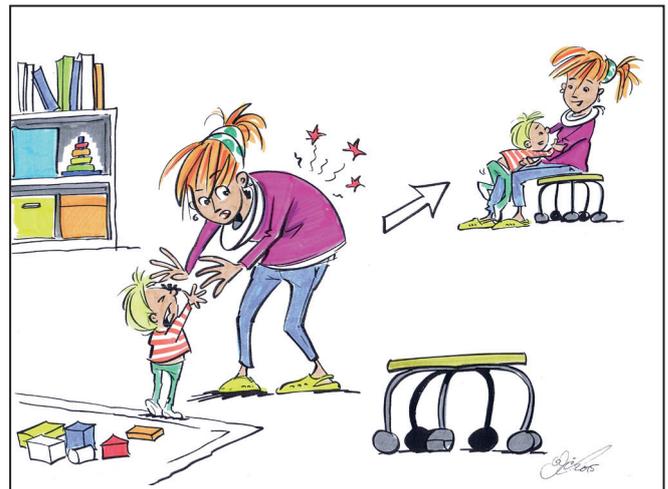


Abbildung 5:  
Wickeltisch inklusive Stehwickelplatz



Zur Betreuung der Kinder auf dem Boden wurden Yogakissen angeschafft. Ein leicht erhöhter Bodenspieltisch kann zur pädagogischen Arbeit mit den Kindern mit einem Rollhocker angefahren werden. Für die Beschäftigten sowie für die Kinder wurde ergonomisch passendes Mobiliar angeschafft, das flexibel einsetzbar ist. Die in Abbildung 6 dargestellten zargenfreien, höhenverstellbaren und rollbaren Tische ermöglichen eine ergonomisch optimale Nutzung sowie rückschonende Handhabung beim Auf- bzw. Umräumen. Unterschiedliche Erzieherinnenstühle und Rollhocker ermöglichen eine flexible Nutzung bei verschiedensten Tätigkeiten und Anordnungen der Tische.

Da es nicht den einen universellen Erzieherinnenstuhl gibt, ist ein Sortiment unterschiedlicher Modelle in einer Kindertageseinrichtung besonders wichtig. Der Stuhl muss zur Person, Tätigkeit und vorhandenen Ausstattung bzw. zum Mobiliar passen. Zum flexiblen Einsatz im WC- und Mensabereich wurden beispielsweise höhenverstellbare Rollhocker angeschafft, die eine Betreuung beim Händewaschen oder bei der Einnahme der Mahlzeiten jetzt in einer ergonomisch zuträglicheren Körperhaltung gestatten. Servierwagen ermöglichen die Vorbereitung der Mahlzeiten im Stehen. Gemeinsam mit einem Schreiner hat das Kita-Team die Anziehhilfe in Abbildung 7 entwickelt. Sie ermöglicht es den Erzieherinnen, im Sitzen den Kindern die Schuhe bzw. Kleidung zu wechseln.

Abbildung 6: Stuhl-Tisch-Kombination nach Umgestaltung



Abbildung 7: Anziehhilfe



Allerdings nutzen die besten Erzieherinnenstühle oder die ergonomischsten Anziehhilfen nichts, wenn sie nicht verwendet werden. Die Berufung von Erzieherinnen und Erziehern zu ihrem Beruf – und die damit verbundene Fixierung auf das Kindeswohl – führen oftmals dazu, dass die eigenen Bedürfnisse und die eigene Gesundheit ins Hintertreffen geraten. Dazu gehört auch, dass anstatt des ergonomisch passenden Stuhls schnell mal der viel zu kleine Kinderhocker an den Tisch herangezogen wird, um die Kinder zu betreuen. Neben Interventionen zur Optimierung der Verhältnisse wurde daher in Workshops immer wieder das eigene Verhalten hinterfragt und geprüft, wo und wie evtl. Arbeitsabläufe angepasst werden können – auch mit dem Ziel, in Zukunft das eigene Verhalten immer wieder zu hinterfragen und ggf. anzupassen. Bei der Umsetzung von Projektmaßnahmen achtete man darauf, das pädagogische Konzept der Einrichtung weitgehend nicht zu beeinflussen.

Um die Wirksamkeit der durchgeführten Maßnahmen zu überprüfen und einen eventuellen Nachbesserungsbedarf zu ermitteln, wurden die zu Beginn des Projektes durchgeführten Messungen und Befragungen der Beschäftigten wiederholt. Eine Vielzahl an Belastungen durch ungünstige Körperhaltungen konnte reduziert werden. Beispielsweise verringerte sich im Bereich der unter Dreijährigen durch die Nutzung der Rollhocker bzw. des Stehwickelplatzes die starke Rumpfvorneigung der Beschäftigten erheblich (Abbildung 8).

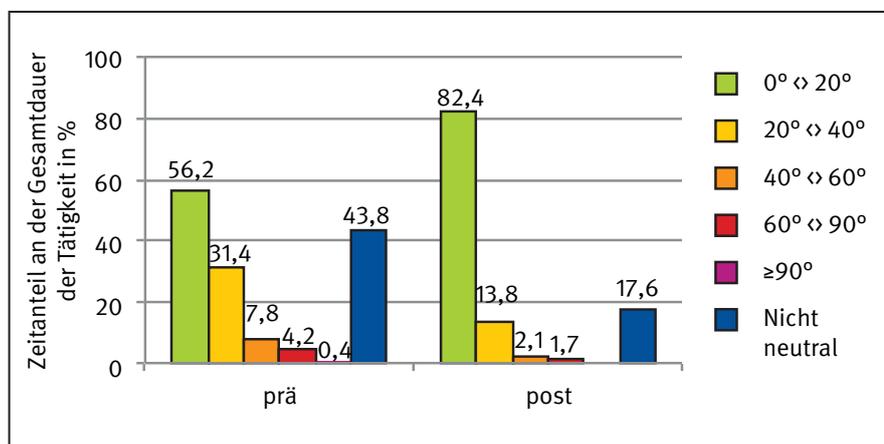


Abbildung 8: Rumpfvorneigung während der Pflege/WC im Bereich der unter Dreijährigen

Durch den Einsatz der Anziehhilfen – aber auch durch das geänderte eigene Verhalten – wird die kniend-hockende Körperhaltung beim Umziehen der Kinder subjektiv jetzt als „kaum“ bis „gering belastend“ empfunden (Abbildung 9).

Um die ungünstige Körperhaltung beim Schlafenlegen der Kinder in Betten mit Schutzgitter zu reduzieren, wurden Gitterbetten mit Türen, Betten ohne Gitter, Schlafnester und Schaumstoffbetten angeschafft. So können sich die Kinder nun ohne Hilfe selbst ins Bett legen. Dabei wurden auch im Team die Fragen diskutiert: Warum überhaupt Gitterbetten? Sind sie für den Kita-Betrieb zwingend die richtige Wahl, wo doch der Schlafrum sicher und kindgerecht gestaltet ist und in direkter Nachbarschaft zum Gruppenraum liegt? Warum sollen die Kinder nicht selbstständig nach dem Schlafen das Bett verlassen dürfen?

Ein weiterer Belastungsschwerpunkt waren die ungünstigen Körperhaltungen an nicht erwachsenengerechtem Mobiliar bei Dokumentationstätigkeiten, beispielsweise beim Erstellen von Beobachtungsberichten. In jedem Gruppenraum befinden sich jetzt ein erwachsenengerechter Tisch, ein erwachsenengerechter Klappstisch und ausreichend ergonomisch passende Sitzmöglichkeiten. Um konzentrierter arbeiten zu können, stehen den Beschäftigten Büroräume mit PC-Arbeitsplätzen zu Verfügung. Ein separater Raum mit einer Entspannungsliege gibt den Beschäftigten Gelegenheit, sich in den Pausen mal dem ganzen Trubel entziehen zu können. Gleichzeitig dient dieses Zimmer im Notfall auch als Erste-Hilfe-Raum. Sowohl das Zurückziehen aus der Gruppe zur Erledigung von Dokumentationstätigkeiten als auch die Nutzung eines Entspannungsraums erfordern aber auch ein anderes Verständnis bzw. eine andere Haltung im Team. Eine Strategie dazu wird unter anderem in einem zurzeit durchgeführten Teamcoaching entwickelt.

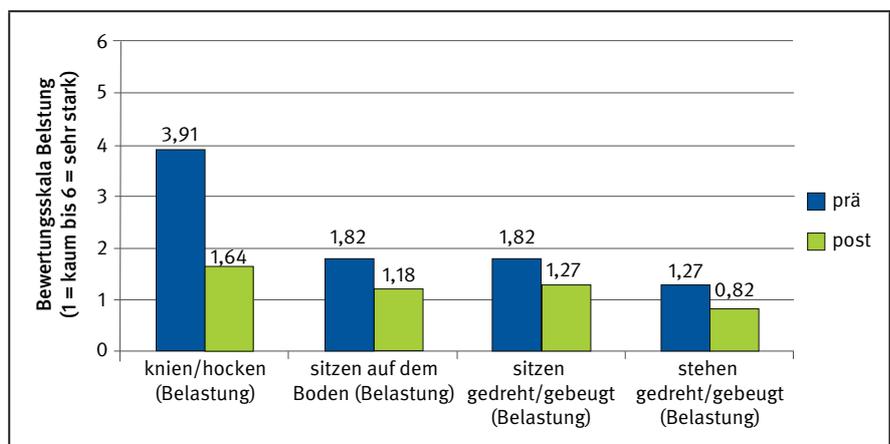


Abbildung 9: Belastung durch spezielle Körperhaltung beim Umziehen der Kinder

## 2 Fazit und Ausblick

Auch wenn sich nicht alle Muskel-Skelett-Belastungen abbauen ließen, so konnten diese jedoch quantitativ verringert bzw. deren Zeitanteile reduziert werden. Viele Dinge, gerade im Bezug auf das Verhalten, bedürfen eines andauernden Veränderungs- und Lernprozesses im Team der Kitas. Dazu muss sich z. B. das Thema gesundheitsgerechtes Verhalten als ständiger Tagesordnungspunkt in den Teamsitzungen etablieren.

Die Ergebnisse des Projektes sind im IFA Report „Gesundheitsförderung am Arbeitsplatz Kita – Die MusterKita als Beispiel guter Praxis“ zusammengefasst [1]. Abgeleitet aus den Projekten ErgoKita und MusterKita wird gemeinsam mit dem Sachgebiet Kindertageseinrichtungen der DGUV eine DGUV Information erstellt. Im Rahmen von Tagen der offenen MusterKita erhalten Interessierte auch 2017 weiterhin Führungen durch die Einrichtung.

Die Erkenntnisse und Erfahrungen aus dem Projekt MusterKita sind Bausteine für unsere tägliche Präventionsarbeit, die auch in Kurzfilmen zur Verhaltensprävention, in Unterlagen zur Erstellung von Gefährdungsbeurteilungen und in unsere Seminare einfließen.

### Literatur

- [1] Eul, M.; Beisser, R.; Köhmstedt, B.; Schelle, F.; Schmitz, M.; Schwan, M.; Wittlich, M.; Ellegast, R.: Gesundheitsförderung am Arbeitsplatz Kita – Die MusterKita als Beispiel guter Praxis. IFA Report 4/2017. Hrsg.: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Berlin 2017. [www.dguv.de/ifa](http://www.dguv.de/ifa), Webcode: d1109553

# Maschinenergonomie – Beispiele guter Praxis in einem Webportal

Corrado Mattiuzzo

Geschäftsstelle der Kommission Arbeitsschutz und Normung (KAN), Sankt Augustin

Keiner bezweifelt, dass die ergonomische Gestaltung von Maschinen eine bindende gesetzliche Anforderung ist. Viele der Beteiligten diskutieren eifrig und ernsthaft darüber. Auch an Ideen fehlt es nicht wirklich. Soweit die Theorie. In der Praxis wird aber die Ergonomie im Maschinenbau immer noch häufig als Luxus oder – etwas böser gesagt – als eine optionale Menschenfreundlichkeit betrachtet. Die Frage ist, was wir dafür tun können, dass die Ergonomie einer Maschine wirklich im Vordergrund für Käufer, Konstrukteure und Produktnormer steht.

- Einen wirksamen Hebel zu mehr gelebter Ergonomie haben die Anwenderfirmen: Maschineneinkäufer haben die Marktmacht. Wenn sie das Erfüllen ergonomischer Kriterien einfordern und bezahlen (es muss gar nicht zwangsläufig sehr viel kosten), dann liefert ihnen das der Hersteller auch. Es würde deswegen evtl. helfen, wenn wir als Arbeitsschützer Herstellern und Anwendern gleichermaßen den Gedanken des „Return on Prevention“ und auch einen leichteren Zugang zu ergonomischen Lösungen vermitteln könnten.
- Zum Beispiel müssen wir als Vertreter der Prävention dafür sorgen, dass man möglichst leicht die passenden Normen findet: Daher bietet die Kommission Arbeitsschutz und Normung (KAN) schon seit vielen Jahren die Webportale Normen-Recherche Arbeitsschutz NoRA (<https://nora.kan-praxis.de>) und – speziell für Normen mit ergonomischen Inhalten – Ergo-NoRA (<https://nora.kan-praxis.de/ergonora>) an.
- Aber es ist schwer und zum Teil gar nicht möglich, Kriterien zu finden, mit denen ergonomische Anforderungen objektiv bewertbar bzw. ohne große Unsicherheiten messbar gemacht werden. Dies ist zwar keine Entschuldigung, aber immerhin eine Erklärung dafür, dass sie in den konkreten, produktspezifischen Typ-C-Normen oft stiefmütterlich behandelt werden. Denn in Typ-C-Normen geht es letztlich um harte Konformität oder Nichtkonformität!
- Zudem enthalten die vielen existierenden und Querschnittsthemen abdeckenden Typ-B-Normen vorwiegend grundsätzliche und konzeptionelle Anforderungen: Deswegen werden sie zwar zur Kenntnis genommen, aber nicht flächendeckend von Beginn an im Konstruktionsprozess umgesetzt. Ein Grund dafür liegt offenbar darin, dass sie wegen der Zusammensetzung der zuständigen Normungsausschüsse zumeist eher wissenschaftlich als praxisnah geschrieben sind. Dies wird sich wahrscheinlich kaum ändern, solange Ergonomen nicht direkt in Produktkomitees mitarbeiten. Ohne den direkten Kontakt bleibt es beim wechselseitigen Unverständnis.

Die KAN hat überlegt, was sie leisten könnte, um unter diesen Rahmenbedingungen mehr Praxisnähe in die Ergonomie-Normen zu bringen. Das heißt: Wie Herstellern und Einkäufern dabei

helfen, leicht an anwendbare Lösungen und gute Ideen heranzukommen? Und wie Ergonomieanforderungen in Normen praxisnäher machen? Unser Webportal aus unserer Reihe KAN-Praxis zur Maschinenergonomie ist ein Versuch, da weiterzukommen. Sie finden dort – in bisher noch eher übersichtlicher Zahl – Gestaltungsbeispiele von Maschinen oder deren Bauteilen, die ergonomische Kriterien besonders gut erfüllen. Sie sollen (innovative) Wege aufzeigen, Gefährdungen zu reduzieren, die durch mangelnde Beachtung ergonomischer Kriterien entstehen.

Die Lösungsbeispiele sind auf unterschiedliche Weise recherchierbar (nach Maschinen bzw. Detaillösungen, nach ergonomischen Problemstellungen oder auch mit der Suchfunktion). Die KAN will damit nicht nur für Hersteller, sondern auch für Einkäufer und andere Betroffene, einen leichten Zugang schaffen und zeigen:

- Was eine ergonomische Maschine ausmacht
- Welche Aspekte bei der Gestaltung berücksichtigt werden müssen
- Wo sich Informationen dazu finden und welche Normen relevant sind
- Und nicht zuletzt wollen wir vielleicht die eine oder andere Lösung zurück in die Normung transportieren

Anfang des Jahres 2017 wurden die Fotografien zu den einzelnen Beispielen durch Zeichnungen ergänzt. Diese sollen den Fokus des Betrachters stärker auf die konkrete Lösung richten und durch Abstraktion die Übertragbarkeit einer Lösung auf andere Maschinen und Situationen erleichtern.

**Wir benötigen Ihr Feedback!**

**Bitte klicken Sie mal rein unter**

<https://maschinenergonomie.kan-praxis.de/>

Und wir suchen weitere Beispiele – aus allen Maschinenbereichen! Sie können uns mit dem auf dem Portal dafür eingerichteten Online-Formular jederzeit neue Vorschläge unterbreiten.



## Anschriften der Vortragenden, Autorinnen und Autoren

Prof. Dr. biol. hum. Peter Augat	Berufsgenossenschaftliche Unfallklinik Murnau Institut für Biomechanik Professor-Küntschers-Str. 8 82418 Murnau/Staffelsee
Prof. Dr.-Ing. Claus Backhaus	Fachhochschule Münster Zentrum für Ergonomie und Medizintechnik Bürgerkamp 3 48565 Steinfurt
Dipl.-Ing. Knut Berg	Institut für Arbeitswissenschaft der Technischen Universität Darmstadt (IAD) Otto-Berndt-Str. 2 64287 Darmstadt
Dipl.-Ing. Felix Brandstädt	Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) Nöldnerstr. 40-42 10317 Berlin
Kristina Brandt, M.Sc.	c/o Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA) Herrn Dr. rer. medic Christoph Schiefer Alte Heerstr. 111 53757 Sankt Augustin
Dipl.-Biol. Mark Brütting	Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA) Alte Heerstr. 111 53757 Sankt Augustin
Dr.-Ing. Werner Diedrich	Berufsgenossenschaft Verkehrswirtschaft Post-Logistik Telekommunikation (BG Verkehr) Mina-Rees-Straße 8 64295 Darmstadt
Dr. rer. medic. Dirk Ditchen	Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA) Alte Heerstr. 111 53757 Sankt Augustin
Prof. Dr. rer. nat. Rolf Ellegast	Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA) Alte Heerstr. 111 53757 Sankt Augustin
Michaela Eul, B.Sc.	Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA) Alte Heerstr. 111 53757 Sankt Augustin
Dr.-Ing. Thomas Fietz	Institut für Arbeit und Gesundheit der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IAG) Königsbrücker Landstr. 2 01109 Dresden
Dipl.-Ing. Susan Freiberg	Institut für Arbeit und Gesundheit der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IAG) Königsbrücker Landstr. 2 01109 Dresden
Dipl.-Ing. Peter Frener	Berufsgenossenschaft Holz und Metall (BGHM) Kreuzstr. 45 40210 Düsseldorf
Daniel Friemert	RheinAhrCampus der Hochschule Koblenz Joseph-Rovan-Allee 2 53424 Remagen
Dr.-Ing. Hansjürgen Gebhardt	Institut für Arbeitsmedizin, Sicherheitstechnik und Ergonomie e. V. (ASER) Corneliusstr. 31 42329 Wuppertal
Priv.-Doz. Dr. Sportwiss. Ulrich Glitsch	Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA) Alte Heerstr. 111 53757 Sankt Augustin
Dipl.-Ing. Friedhelm Göbel	Unfallkasse Nordrhein-Westfalen (UK NRW) Bissenkamp 12 44135 Dortmund

Prof. Dr. med. Bernd Hartmann	ArbMedErgo Steinbeker Grenzdamm 30d 22115 Hamburg
Prof. Dr. rer. nat. Ulrich Hartmann	RheinAhrCampus der Hochschule Koblenz Joseph-Rovan-Allee 2 53424 Remagen
Dipl.-Ing. Ingo Hermanns	Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA) Alte Heerstr. 111 53757 Sankt Augustin
Dipl.-Psych. Anna-Maria Hessenmöller	Institut für Arbeit und Gesundheit der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IAG) Königsbrücker Landstr. 2 01109 Dresden
Dr. med. Ulrike Hoehne-Hückstädt	Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA) Alte Heerstr. 111 53757 Sankt Augustin
Priv.-Doz. Dr.-Ing. Matthias Jäger	Leibniz-Institut für Arbeitsforschung an der Technischen Universität Dortmund (IfADo) Ardeystr. 67 44139 Dortmund
Dr. phil. Claus Jordan	Leibniz-Institut für Arbeitsforschung an der Technischen Universität Dortmund (IfADo) Ardeystr. 67 44139 Dortmund
Dipl.-Ing. Karl-Heinz Jubit	Berufsgenossenschaft für Transport und Verkehrswirtschaft Ottenser Hauptstr. 54 22765 Hamburg
Dipl.-Ing. Rolf Kergel	Arbeitsschutz und Prävention Unfallversicherung Bund und Bahn (UVB) Cheruskerring 11 48147 Münster
Jun.-Prof. Dr.-Ing. André Klußmann	Institut für Arbeitsmedizin, Sicherheitstechnik und Ergonomie e. V. (ASER) Corneliusstr. 31 42329 Wuppertal
Bodo Köhmstedt	Unfallkasse Rheinland-Pfalz (UK RLP) Orensteinstr. 10 56626 Andernach
Dipl.-Ing. Mathias Krüger	Berufsgenossenschaft Handel und Warenlogistik (BGHW) Arnulfstr. 283 80639 München
Yvonne Kupske	Kommunale Unfallversicherung Bayern (KUVB) Ungererstraße 71 80805 München
Rainer Lietz	Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA) Alte Heerstr. 111 53757 Sankt Augustin
Dipl.-Ing. (FH) Andy Lungfiel	Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA) Alte Heerstr. 111 53757 Sankt Augustin
Anja Marckwardt, B.Sc.	Technische Universität Berlin, Institut für Psychologie und Arbeitswissenschaft Straße des 17. Juni 135 10623 Berlin
Dipl.-Ing. Corrado Mattiuzzo	Kommission Arbeitsschutz und Normung (KAN) Alte Heerstr. 111 53757 Sankt Augustin
Sportwissenschaftler M. A. Jens-Oliver Mohr	Hanseatische Feuerwehr-Unfallkasse Nord Prävention Landesgeschäftsstelle Schleswig-Holstein Hopfenstrasse 2d 24097 Kiel

Dr. phil. Peter Nickel	Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA) Alte Heerstr. 111 53757 Sankt Augustin
Dr. med. Jens Petersen	Verwaltungs-Berufsgenossenschaft Deelbögenkamp 4 22297 Hamburg
Dipl.-Ing. Markus Post	Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA) Alte Heerstr. 111 53757 Sankt Augustin
Dipl.-Ing. Eugen Pröger	Fachstelle der Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung für Verkehrstechniken Mainzer Str. 20 56068 Koblenz
Dipl.-Psych. Marlen Rahnfeld	Institut für Arbeit und Gesundheit der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IAG) Königsbrücker Landstr. 2 01109 Dresden
Dipl.-Ing. Christian Richter	Verwaltungs-Berufsgenossenschaft Martin-Luther-Str. 79 71636 Ludwigsburg
Nadine Richter	Institut für Arbeit und Gesundheit der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IAG) Königsbrücker Landstr. 2 01109 Dresden
Markus Röhrig	RheinAhrCampus der Hochschule Koblenz Joseph-Rovan-Allee 2 53424 Remagen
Dirk Römer	Berufsgenossenschaft für Gesundheitsdienst und Wohlfahrtspflege (BGW) Pappelallee 33/35/37 22089 Hamburg
Dr. rer. nat. Peter Schäfer	Verwaltungs-Berufsgenossenschaft Martin-Luther-Str. 79 71636 Ludwigsburg
Dr.-Ing. Karlheinz Schaub	Institut für Arbeitswissenschaft der Technischen Universität Darmstadt (IAD) Otto-Berndt-Str. 2 64287 Darmstadt
Vera Schellewald	Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA) Alte Heerstr. 111 53757 Sankt Augustin
Dr. rer. medic. Christoph Schiefer	Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA) Alte Heerstr. 111 53757 Sankt Augustin
Daniel Schinke	Kommunale Unfallversicherung Bayern (KUVB) Ungererstraße 71 80805 München
Dr.-Ing. Marianne Schust	Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) Nöldnerstr. 40-42 10317 Berlin
Andrea Sinn-Behrendt	Institut für Arbeitswissenschaft der Technischen Universität Darmstadt (IAD) Otto-Berndt-Str. 2 64287 Darmstadt
Dipl.-Ing. Patrick Varady	Berufsgenossenschaftliche Unfallklinik Murnau Institut für Biomechanik Professor-Küntschers-Str. 8 82418 Murnau/Staffelsee
Dipl.-Ing. Thilo Wachholz	Generaldirektion Wasserstraßen und Schifffahrt Am Waterlooplatz 5 30169 Hannover
Dipl.-Ing. Gudrun Wagner	Berufsgenossenschaft Holz und Metall (BGHM) Semerteichstr. 98 44263 Dortmund

Anika Weber	RheinAhrCampus der Hochschule Koblenz Joseph-Rovan-Allee 2 53424 Remagen
Dr. Sportwiss. Britta Weber	Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA) Alte Heerstr. 111 53757 Sankt Augustin
Dipl.-Ing. Klaus-Dieter Wendt	Continental AG Vahrenwalderstr. 9 30165 Hannover
Dr. rer. nat. Annekatriin Wetzstein	Institut für Arbeit und Gesundheit der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IAG) Königsbrücker Landstr. 2 01109 Dresden
Dr.-Ing. Gabriele Winter	Berufsgenossenschaft Verkehrswirtschaft Post-Logistik Telekommunikation (BG Verkehr) Mina-Rees-Straße 8 64295 Darmstadt
Dr. rer. nat. Hanna Zieschang	Institut für Arbeit und Gesundheit der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IAG) Königsbrücker Landstr. 2 01109 Dresden

## 6. DGUV Fachgespräch Ergonomie am 2. und 3. November 2016 im IFA, Sankt Augustin Programm – Mittwoch, 2. November 2016

10:00 Uhr	Anmeldung, Begrüßungskaffee
10:30 Uhr	Eröffnung Ellegast (IFA) und Zieschang (IAG)
<b>I. Kampagne, GDA</b>	
10:40 Uhr	Ergebnisse der Evaluation der Präventionskampagne „Denk an mich. Dein Rücken“ ( <i>Rahnfeld et al.</i> , IAG, DGUV)
11:00 Uhr	IFA-Erfahrungsbericht zur Präventionskampagne „Denk an mich. Dein Rücken“ ( <i>Ditchen et al.</i> , IFA)
11:20 Uhr	MSE Prävention umsetzen – abgestimmte Ansätze des GDA AP MSE ( <i>Römer</i> , BGW)
11:40 Uhr	„Gesund, kompetent, erfolgreich?! – Der Weg zum richtigen Handeln im Betrieb“ Ein neues Seminarmodul für alle Dozentinnen und Dozenten mit Bezug zum Thema Arbeit und Gesundheit ( <i>Wagner et al.</i> , BGHM, IAG)
12:00 – 13:00 Uhr	Mittagspause und Poster/Exponate
<b>II. Gestaltung von Arbeiten 4.0: Zukunft und aktuelle Aktivitäten</b> <b>Moderation: Fietz (IAG) und Ellegast (IFA)</b>	
13:00 Uhr	Arbeitswelt im Wandel – Arbeiten 4.0 ( <i>Fietz</i> , IAG)
13:20 Uhr	Arbeiten 4.0 am Beispiel von Büro- und Bildschirmtätigkeiten ( <i>Ellegast</i> , IFA)
13:40 Uhr	Büroarbeit an Doppelbildschirmen – Auswirkungen auf Mensch und Leistung ( <i>Brütting et al.</i> , IFA, VBG)
14:00 Uhr	Bewegungspause
14:10 Uhr	Nutzung dynamischer Arbeitsstationen in der betrieblichen Büropraxis ( <i>Schellewald et al.</i> , IFA, BG Verkehr)
14:30 Uhr	In virtueller Realität bereits heute den Arbeitsschutz von morgen beurteilen ( <i>Nickel et al.</i> , IFA)
14:50 Uhr	Einsatz von Datenbrillen bei Kommissioniertätigkeiten ( <i>Friemert et al.</i> , IFA, Hochschule Koblenz)
15:15 – 16:00 Uhr	Kaffeepause und Poster/Exponate
<b>III. Mensch-Maschine-Interaktion/Wearables</b> <b>Moderation: Nickel (IFA) und Weber (IFA)</b>	
16:00 Uhr	Einführung in die Anforderungen und ein gelungenes Beispiel für die Umsetzung einer ergonomischen Lösung zur Mensch-Maschine-Interaktion ( <i>Frener et al.</i> , BGHM, Continental AG)
16:20 Uhr	Nutzung von Sichthilfen bei Erdbaumaschinen – Ergebnisse einer Eye-Tracking-Studie mit Baggerfahrern ( <i>Koppenborg et al.</i> , IFA, BG BAU)
16:40 Uhr	Untersuchung von kognitiven Spielen mithilfe von Eye Tracking ( <i>Richter et al.</i> , IAG)
17:00 Uhr	Vorstellung des Projekts SIRKA – Arbeitskleidung mit Bewegungserfassung ( <i>Wagner</i> , BG ETEM)
17:20 Uhr	Messung der physischen Aktivität mit Wearables ( <i>Weber et al.</i> , IFA)
17:40 Uhr	Diskussion erster Tag
18:00 Uhr	Abschluss erster Tag

## 6. Fachgespräch Ergonomie am 2. und 3. November 2016 im IFA, Sankt Augustin Programm – Donnerstag, 3. November 2016

### IV. Prävention arbeitsbezogener Muskel-Skelett-Erkrankungen Moderation: Ditchen (IFA) und Brütting (IFA)

08:30 Uhr	Gefährdungsbeurteilung physischer Belastungen – neue Ansätze im Projekt MEGAPHYS (Ditchen et al., IFA, BauA, IAD, IfADo, ASER, ArbMedErgo)
08:50 Uhr	Messtechnische Untersuchungen zur manuellen Handhabung von Luftfrachtcontainern am Flughafen DHL Leipzig (Winter et al., BG Verkehr)
09:10 Uhr	Körperliche Belastung von Rettungskräften beim Treppentransport von Patienten (Schiefer et al., IFA, UK NRW)
09:30 Uhr	Interdisziplinäre Entwicklung und Implementierung eines Aktionstages zur Rückengesundheit an Rettungsdienstschulen (Kupske et al., KUVB, BG Verkehr)
10:00 – 10:30 Uhr	Kaffeepause und Poster/Exponate

### IV. Prävention arbeitsbezogener Muskel-Skelett-Erkrankungen Moderation: Glitsch (IFA) und Hoehne-Hückstädt (IFA)

10:30 Uhr	Belastungen des Hüftgelenks bei beruflichen Tätigkeiten (Glitsch et al., IFA, BG Klinik Murnau)
10:50 Uhr	Messung physischer Aktivität an Fahrerarbeitsplätzen (Backhaus et al., BG Verkehr, IFA)
11:10 Uhr	Untersuchungen zur Rückenbelastung von Polizisten beim Tragen von Körperschutzausrüstungen (Post et al., IFA, UK Bund)
11:30 Uhr	Fit gegen das Stolpern – Projektstudie der HFUK Nord (Mohr, HFUK Nord)
12:00 – 13:00 Uhr	Mittagspause und Poster/Exponate

### V. Ergonomische Arbeitsgestaltung und Demografie Moderation: Zieschang (IAG) und Freiberg (IAG)

13:00 Uhr	Aktualisierte Informationen zur Software-Ergonomie (Richter et al., VBG, IFA)
13:20 Uhr	Der Wegweiser Berufsumstieg und seine Weiterentwicklungsmöglichkeiten (Zieschang et al., IAG)
13:40 Uhr	Ergonomische Gestaltung in Kindertageseinrichtungen – Projekt MusterKita (Köhmstedt et al., UK RLP, IFA)
14:00 Uhr	Maschinenergonomie – Beispiele guter Praxis in einem Webportal (Mattiuzzo, KAN)
14:20 Uhr	Diskussion zweiter Tag

### Abschluss Ellegast (IFA) und Zieschang (IAG)

14:40 Uhr – 16:00 Uhr	Optionaler Rundgang, Besichtigung SUTAVE-Labor IFA Kaffeepause und Poster/Exponate
-----------------------	---