



DGUV Report 1/2023

8. DGUV Fachgespräch Ergonomie

Zusammenfassung der Vorträge vom 6./7. Dezember 2022

Impressum

Herausgegeben von: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e.V. (DGUV)

Glinkastraße 40

10117 Berlin

Telefon: 030 13001-0 (Zentrale)

E-Mail: info@dguv.de

Internet: www.dguv.de

Verfasst von: siehe Autorenverzeichnis auf S. 179

Ausgabe: November 2023

Satz und Layout: IFA

Bildnachweis: siehe Bilder/Autoren

ISBN (online) 978-3-948657-58-1

ISSN: 2190-7994

Copyright: Diese Publikation ist urheberrechtlich geschützt.
Die Vervielfältigung, auch auszugsweise, ist nur mit
ausdrücklicher Genehmigung gestattet.

Bezug: Bei Ihrem zuständigen Unfallversicherungsträger oder unter
www.dguv.de/publikationen › Webcode: p022452

Kurzfassung

8. DGUV Fachgespräch Ergonomie

Am 6. und 7. Dezember 2022 fand in Sankt Augustin das mittlerweile 8. Fachgespräch Ergonomie statt. Es richtete sich an die Ergonomie- und Präventionsfachleute der Unfallversicherungsträger. Themenschwerpunkte waren: „Mobiles Arbeiten“, Exoskelette“, „Förderung der Sicherheits- und Gesundheitskompetenz“, „Präventive Arbeitsgestaltung und Prävention arbeitsbezogener Muskel-Skelett-Erkrankungen“, „Konzipierende Ergonomie“, „(Neue) Berufskrankheiten“, „Umsetzung der Gemeinsamen Deutschen Arbeitsschutzstrategie (GDA)“ sowie „Ergonomie im Blickwinkel der Nachhaltigkeit“. In diesem DGUV Report sind die Vorträge der Veranstaltung zusammengefasst.

Abstract

8th DGUV Expert Symposium on Ergonomics

On 06 and 07 December 2022, the 8th Expert Symposium on Ergonomics was held in Sankt Augustin. Its target audience was specialists in ergonomics and prevention at accident insurance institutions. The key topics were: “Mobile working”, “Exoskeletons”, “Promotion of safety and health competency”, “Preventive occupational design and prevention of occupational musculoskeletal disorders”, “Conceptual ergonomics”, “(New) occupational diseases”, “Implementation of the Joint German Occupational Safety and Health Strategy (GDA)” and “Ergonomics from the perspective of sustainability”. This DGUV Report summarizes the presentations delivered at the event.

Résumé

8e réunion d'experts de la DGUV consacrée à l'ergonomie

C'est à Sankt Augustin que la réunion d'experts consacrée à l'ergonomie s'est tenue pour la 8e fois, les 6 et 7 décembre 2022. Celle-ci s'adressait aux professionnels de l'ergonomie et de la prévention ainsi qu'aux compagnies d'assurance accident. Les principaux sujets abordés ont été les suivants : « Travail mobile », « Exosquelette », « Promotion de la compétence en matière de sécurité et santé », « Organisation préventive du travail et prévention des troubles musculo-squelettiques d'origine professionnelle », « Ergonomie créatrice », « Les (nouvelles) maladies professionnelles », « Mise en œuvre de la stratégie allemande en matière de sécurité et santé au travail (abrégée en allemand „GDA“) » et « L'ergonomie sous l'angle du développement durable ». Le présent rapport de la DGUV livre une synthèse des exposés présentés lors de la réunion.

Resumen

8. Coloquio de expertos "Ergonomía" del DGUV

Los días 6 y 7 de diciembre de 2022 tuvo lugar el Coloquio de Expertos sobre Ergonomía en Sankt Augustin, ya en su 8a edición. Iba dirigida a las y los expertos en ergonomía y prevención de las entidades aseguradoras de accidentes. Los temas principales fueron: teletrabajo, exoesqueletos, fomento de la competencia en materia de seguridad y salud, estructuración preventiva del trabajo y prevención de los trastornos musculoesqueléticos relacionados con el trabajo, ergonomía en la fase de concepción, (nuevas) enfermedades laborales, implementación de la GDA [siglas correspondientes a: Gemeinsame Deutsche Arbeitsschutzstrategie, Estrategia común alemana de seguridad y salud laboral], así como ergonomía desde la perspectiva de la sostenibilidad. En este informe del DGUV se presentan resumidas las ponencias del coloquio.

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	7
Prävention arbeitsbezogener Muskel-Skelett-Belastungen	8
workHealth – Querschnittsstudie zu arbeitsbedingten körperlichen Expositionen und Muskel-Skelett-Erkrankungen <i>Omar El-Edrissi, Sören Lauff, Vera Schellewald, Jasper Johns, Frank Petzke, Kai Heinrich</i>	9
Prävention im Personentransport <i>Stephanie Griemsmann, Inga Schultes, Ingo Hermanns-Truxius, Mark Brütting, Christian Ecke, Matthias Koch, Gabriele Winter, Ulrich Koch, Manigée Derakshani, Christoph Schiefer</i>	14
Umsetzung der Erkenntnisse aus dem Kooperationsprojekt MEGAPHYS <i>Britta Weber, Rolf Ellegast</i>	21
Gestaltung neuer Arbeitsformen	26
Ergonomisch und kreativ arbeiten – Coworking-Space am IAG <i>Thomas Fietz</i>	27
Ergonomie im Homeoffice und Zoom-Fatigue – Handlungshilfen <i>Susan Freiberg</i>	32
Erfahrungen zum Arbeiten im Homeoffice: Ergebnisse aus dem iga.Barometer 2022 <i>Marlen Rahnfeld</i>	36
Systematisches Review zu physischen Belastungen bei mobiler Bildschirmarbeit <i>Konstantin Wechsler, Britta Weber, Stephanie Griemsmann, Rolf Ellegast</i>	39
Bewertung physischer Belastungen im Büro, Homeoffice und unterwegs <i>Vera Schellewald, Britta Weber, Kai Heinrich, Ingo Hermanns, Rolf Ellegast</i>	42
Arbeiten mit Exoskeletten	46
Überkopfarbeiten mit Exoskeletten unter Vibrationseinwirkung – Erarbeitung eines Konzeptes zur Analyse von Vibrationsbelastung und physiologischer Beanspruchung <i>Benjamin Ernst</i>	47
Forschungsergebnisse Projekt „Bewertung exoskelettaler Systeme in der Arbeitswelt“ (Exo@Work) – Leitfaden zur Evaluation von Exoskeletten <i>Ralf Schick, Lennart Ralfs, Robert Weidner, Ulrich Glitsch</i>	52
Praxisbezogene Beurteilung der Unterstützungswirkung von Exoskeletten <i>Jasper Johns, Ulrich Glitsch, Inga Schultes, Kai Heinrich</i>	59
Der Effekt passiver Exoskelette auf die oberen Extremitäten bei typischen Über-Schulter-Montagetätigkeiten im Flugzeugbau <i>Mirko Kaufmann, Ulrich Hartmann, Volker Harth, Kai Heinrich</i>	63

Neue Konzepte zur Förderung der Sicherheits- und Gesundheitskompetenz	72
Neues Qualifizierungsangebot: Mit Lernleitfäden ergonomisch lernen <i>Hanna Zieschang</i>	73
Qualifizierungsangebot Muskel-Skelett-Belastung durch Unfallversicherungsträger <i>Jochen Eckardt</i>	77
Arbeiten und Pause – Pausen machen: So geht’s! <i>Christiane Golze, Jenny Hook, Hanna Zieschang</i>	78
Entwicklung zusätzlicher Trainingselemente zur Prävention von Stolper-, Rutsch- und Sturzunfällen unterstützt durch den Einsatz von virtueller Realität am Beispiel von Unternehmen der Stahlerzeugung sowie Post- und Paketzustellung (ENTRAPon) <i>Moritz Schneider, Anika Weber, Mirko Kaufmann, Ulrich Hartmann, Kiros Karamanidis, Rolf Ellegast, Annette Kluge...</i>	83
Absturzprävention mit VISTRA: Ein VR-basiertes Training <i>Estefany Rey-Becerra, Lope H. Barrero, Rolf Ellegast, Annette Kluge</i>	87
Präventive Arbeitsgestaltung	92
Angaben zum Personengewicht in Normen und Regeln <i>Katharina von Rymon Lipinski</i>	93
Körperhaltungs- und Vibrationsbelastungen während des Bedienens eines Schlagschraubers bei unterschiedlichen Arbeitsrichtungen <i>Nastaran Raffler, Thomas Wilzopolski</i>	96
Sicherheits- und Gesundheitskompetenz <i>Tobias Belz, Christina Heitmann, Hanna Zieschang</i>	103
Handlungsempfehlung zur Individualprävention bei Muskel-Skelett-Erkrankungen <i>Rolf Ellegast, Dirk Ditchen, Fabian Ochs</i>	109
Konzipierende Ergonomie/Arbeitsplanung.....	112
Bewertung physischer Belastungen in virtueller Realität zur konzipierenden Arbeitsgestaltung – Zwischenstand Systematische Literaturrecherche <i>Robin Grießel, Britta Weber, Benjamin Weyers</i>	113
Digitale Fabrik – Prognose der physikalischen Umgebungsfaktoren (VDI 4499 Blatt 5) <i>Martin Liedtke, Gert Zülch</i>	117
Berufskrankheiten.....	122
Berufskrankheiten mit MSE-Bezug – Aktuelle Hilfsmittel zur Ermittlung der Einwirkung <i>Dirk Ditchen</i>	123
BK-Nr. 2112 und GonKatast – neue Module, Überblick und Ausblick zu Expositionen und Prävention <i>Mark Brütting</i>	128
Messwertbasierte Gefährdungsbeurteilung von Schulterbelastungen <i>Kai Heinrich, Britta Weber, Vera Schellewald, Ingo Hermanns, Rolf Ellegast</i>	136

Umsetzung GDA: Muskel-Skelett-Belastungen	146
Handlungshilfen für die Gefährdungsbeurteilung bei Muskel-Skelett-Belastungen – unsere Unterstützung für KMU <i>Ralf Schick</i>	147
Praxiserfahrungen mit den Instrumenten zur Gefährdungsbeurteilung von Muskel-Skelett-Belastungen bei der BG ETEM <i>Torsten Wagner</i>	154
Workshop: Nachhaltigkeit und Ergonomie	158
Nachhaltigkeit und Ergonomie – ein Workshop zum 8. Fachgespräch Ergonomie <i>Fabian Ochs, Maria Klotz</i>	159
Poster	166
Erkennen und Bewältigen von Einsamkeit im betrieblichen Kontext <i>Marlen Rahmfeld</i>	167
BGHW-Lagerhallensimulator in Virtual Reality – Simulationsschulungstool für das ENTRAPon-Projekt <i>Jan Zimmermann, Andy Lungfiel, Albert Bohlscheid</i>	169
Anforderungen an die Informationsverarbeitung zur Entdeckung von Personen auf Kamera-Monitor-Systemen (KMS) mobiler Maschinen <i>Peter Nickel, Shuaixin Qi, Marino Menozzi</i>	172
Trendbeobachtung und Trendsammlung in der DGUV: Risikoobservatorium und Trendsuchen <i>Katrien Wittlich, Angelika Hauke, Susanne Roscher, Christoph Schiefer</i>	177
Autorinnen und Autoren	179

Vorwort

Rolf Ellegast, Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA);

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

Das DGUV Fachgespräch Ergonomie ist eine 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 sowie aktuelle Informationen über die Aktivitäten der DGUV Institute zu den Themen Ergonomie und Arbeitswissenschaft erhalten. Das 8. Fachgespräch Ergonomie fand am 6. und 7. Dezember 2022 im IFA in Sankt Augustin statt und wurde vom IFA in Abstimmung mit dem IAG vorbereitet und durchgeführt.

Im Vorfeld der Veranstaltung wurden die Unfallversicherungsträger um Nennung der für ihre Präventionsarbeit jeweils prioritären Themen gebeten. Dabei zeichnete sich ab, dass den Unfallversicherungsträgern Themen bezüglich der Corona-Pandemie, der Reform des Berufskrankheitenrechts im Januar 2021 sowie der neuen GDA-Periode besonders wichtig waren. Entsprechend wurden ins Programm des Fachgesprächs Themenblöcke zur Gestaltung neuer Arbeitsformen, zu Berufskrankheiten, zur Umsetzung der GDA im Bereich Muskel-Skelett-Belastungen (MSB), zur Sicherheits- und Gesundheitskompetenz sowie zur Beurteilung der Arbeit mit Exoskeletten aufgenommen. Vorträge hierzu behandelten u. a. die Themen Homeoffice und Pausengestaltung, Coworking-Spaces und mobile Bildschirmarbeit, aktuelle Hilfsmittel zur Ermittlung der Einwirkungen bei Berufskrankheiten, Handlungshilfen für die Gefährdungsbeurteilung bei MSB, Forschungsergebnisse zum Einsatz von Exoskeletten und Informationen über Qualifizierungsangebote zu mehreren der genannten Themen.

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 Berufskrankheitsgeschehen spielen diese Erkrankungen eine wichtige Rolle. Neben einigen konkreten Praxisbeispielen aus der Präventionsarbeit der Unfallversicherungsträger, wie einer Querschnittsstudie zu arbeitsbedingten körperlichen Expositionen und MSE oder der MSE-Prävention im Personentransport wurde auch die in einer Kooperation aus Unfallversicherungsträgern, Klinikvertretenden und dem IFA erstellte Handlungsempfehlung zur Individualprävention bei MSE vorgestellt und diskutiert.

Nachhaltiges Handeln ebenso wie die Prävention und der Arbeitsschutz im Kontext der Auswirkungen des Klimawandels sind wichtige aktuelle Themengebiete und waren entsprechend Gegenstand eines Themenblocks. Dabei wurden insbesondere die Ergonomie und deren Beitrag zu Nachhaltigkeit und Klimawandel diskutiert.

In einer gesonderten Führung und in den Vortragspausen des Fachgesprächs Ergonomie konnten die Teilnehmenden in der parallelen Exponate- und Posterausstellung einige ergonomische Hilfsmittel und Konzepte ausprobieren und hierüber mit Fachleuten diskutieren.

In diesem Report sind die Beiträge des 8. Fachgesprächs Ergonomie zusammengestellt. Wir danken allen Teilnehmerinnen und Teilnehmern des Fachgesprächs für ihre Beteiligung und den interessanten Erfahrungsaustausch.

Prävention arbeitsbezogener Muskel-Skelett-Belastungen

workHealth – Querschnittsstudie zu arbeitsbedingten körperlichen Expositionen und Muskel-Skelett-Erkrankungen

Omar El-Edrissi¹, Sören Lauff², Vera Schellewald¹, Jasper Johns¹, Frank Petzke², Kai Heinrich¹

¹ Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung, Sankt Augustin

² Klinik für Anästhesiologie der Universitätsmedizin Göttingen, Göttingen

Kurzfassung

Eine der häufigsten Muskel-Skelett-Erkrankungen (MSE) sind Schmerzen im unteren Rücken. Für die Bedeutung biomechanischer und psychosozialer Risikofaktoren beim Auftreten von Schmerzen im unteren Rücken liegt umfangreiche Evidenz vor. Die Möglichkeit, Schlussfolgerungen über die Interaktion dieser Faktoren zu ziehen, ist wegen einer geringen Anzahl prospektiver Studien begrenzt. Die Bewertung der Exposition gegenüber Risikofaktoren für MSE ist ein wesentlicher Schritt bei der Behandlung und Prävention. In diesem Beitrag wird die Konzeption einer Kohortenstudie zur Erfassung relevanter psychosozialer und biomechanischer Belastungsparameter zur Vorhersage ungünstiger Verläufe von Schmerzen im unteren Rücken, schmerzbedingter Funktionsbeeinträchtigungen und der subjektiven Arbeitsfähigkeit vorgestellt. Dabei soll unter anderem der inkrementelle Nutzen invasiverer Methoden bestimmt werden.

1 Einleitung

Schmerzen im unteren Rücken sind eine der häufigsten MSE – und eine der häufigsten Einzelursachen für Absentismus [1]. Die Lebenszeitprävalenz akuter Schmerzen im unteren Rücken beträgt ca. 80 % [2; 3]. Ein substanzialer Anteil der betroffenen Personen erlebt immer häufiger auftretende Schmerzphasen, während schmerzfreie Perioden kürzer werden [4]. Insbesondere die biomechanische Belastung in Arbeitssituationen wurde bisher als Risikofaktor für berufsbedingte Schmerzen im unteren Rücken untersucht [5]. Dabei wurden unter anderem schweres Heben und eine andauernde statische Körperhaltung als Risikofaktoren identifiziert [6]. Zunehmend werden auch arbeitsbezogene psychosoziale Faktoren in Studien erfasst. Unter anderem wurden ein geringer Entscheidungsspielraum, hohe psychische Arbeitsbelastung und fehlende soziale Unterstützung als Risikofaktoren identifiziert [7; 8]. Zudem liegen zahlreiche Studien aus dem klinischen Kontext vor, in denen personenbezogene psychosoziale Risikofaktoren für das Auftreten bzw. die Chronifizierung von Schmerzen im unteren Rücken untersucht wurden. Dabei wurden unter anderem Depressivität sowie Aspekte der Schmerzverarbeitung und des Schmerzverhaltens als Risikofaktoren

identifiziert [9; 10]. Ergebnisse aus neueren Arbeiten, welche die zeitlichen Verlaufsmuster von Schmerzen in bevölkerungsbasierten Stichproben berücksichtigten, weisen darauf hin, dass insbesondere die Analyse von Risikofaktoren für ungünstige Schmerzverläufe von zentraler Relevanz ist [11; 12]. In den meisten der bisher durchgeführten Studien zu Ursachen und Prävention arbeitsbedingter MSE wurden Querschnittsdesigns verwendet. Aus den Ergebnissen können deshalb nur bedingt Rückschlüsse über einen kausalen Zusammenhang gezogen werden [6]. Des Weiteren ist dadurch die Möglichkeit begrenzt, Schlussfolgerungen über die Interaktion biomechanischer und psychosozialer Risikofaktoren zu ziehen [5]. Die Erfassung psychosozialer Risikofaktoren erfolgte in bisherigen Studien hauptsächlich mittels Selbst- und Fremdbeurteilungsinstrumenten wie Fragebögen und Interviews. Zur Erfassung biomechanischer Risikofaktoren wurden bisher hauptsächlich Selbstbeurteilungsinstrumente, Beobachtungsmethoden (z. B. Verhaltensbeurteilung, Videoanalyse) und direkte Messungen (z. B. Elektromyografie, EMG) eingesetzt. Bei diesen Methoden bestehen erhebliche Unterschiede hinsichtlich der Präzision, aber auch der Invasivität [13].

Das primäre Ziel dieser Kohortenstudie besteht in der Untersuchung von biomechanischen, psychosozialen und individuellen Risikofaktoren (z. B. Body Mass Index, BMI) für ungünstige Schmerzverläufe bei Beschäftigten, die im beruflichen Kontext regelmäßig rumpfbelastende manuelle Tätigkeiten ausführen. Das Auftreten schmerzbedingter Funktionsbeeinträchtigungen und die subjektive Arbeitsfähigkeit der Beschäftigten werden als sekundäre Outcomes berücksichtigt. Neben der Analyse bivariater Zusammenhänge der einzelnen Risikofaktoren mit den Outcomes soll eine multivariate Analyse der Zusammenhänge erfolgen. Hierzu erfolgt im Rahmen dieser Studie eine umfangreiche Erfassung von arbeits- und personenbezogenen psychosozialen, individuellen sowie arbeitsbezogenen biomechanischen Risikofaktoren in unterschiedlicher Komplexität. In der Analyse der multivariaten Zusammenhänge sollen diese in mehreren Schritten in das Vorhersagemodell aufgenommen werden. Durch dieses Vorgehen soll der inkrementelle Nutzen der Methoden im Kontext dieser Studie bestimmt werden.

2 Methode

2.1 Studiendesign

Die Studie ist als Kohortenstudie konzipiert. Es soll eine Kohorte von Beschäftigten mit erhöhtem Risiko für das Auftreten und die Chronifizierung von Schmerzen im unteren Rücken über einen Zeitraum von sechs Monaten beobachtet werden (**Abbildung 1**). Nach erfolgter Einwilligung und Überprüfung der Teilnahme-kriterien (E1) erfolgen eine zweistündige Erfassung arbeitsbedingter biomechanischer Exposition an den individuellen Arbeitsplätzen der Studienteilnehmenden sowie eine Erfassung psychosozialer Risikofaktoren (arbeitsplatz- und personenbezogen) und individueller Risikofaktoren (E2). Nachfolgend werden über einen Zeitraum von drei Monaten in zweiwöchigen Abständen die Schmerzverläufe der Studienteilnehmenden erfasst (primärer Outcome). Dabei wird zusätzlich das psychische Wohlbefinden als Kovariate erfasst (E3 bis E7). Zum Abschluss dieses Zeitraums erfolgt zusätzlich zur Erhebung des primären Outcomes und psychischen Wohlbefindens die Erfassung der subjektiven Arbeitsfähigkeit und schmerzbedingten Funktionsbeeinträchtigung (sekundäre Outcomes, E8). Es folgt ein optionales Follow-Up des letzten Erhebungszeitpunktes nach weiteren drei Monaten (E9).

2.2 Studienteilnehmende

Studienteilnehmende werden in Unternehmen rekrutiert, in denen manuelle Lastenhandhabung mit Lastgewichten ≥ 10 kg einen zentralen Bestandteil der untersuchten Arbeitsplätze darstellt. Gemäß der im Vorfeld definierten Teilnahme-kriterien sind Beschäftigte dieser Unternehmen als potenzielle Versuchspersonen geeignet, die zwischen 18 und 65 Jahre alt sind, derzeit vollzeitbeschäftigt sind, innerhalb der vergangenen zwölf Monate zu irgendeinem Zeitpunkt Schmerzen im unteren Rücken hatten und

bereit sind, an der biomechanischen Datenerhebung teilzunehmen. Ausschlusskriterien für die Teilnahme sind:

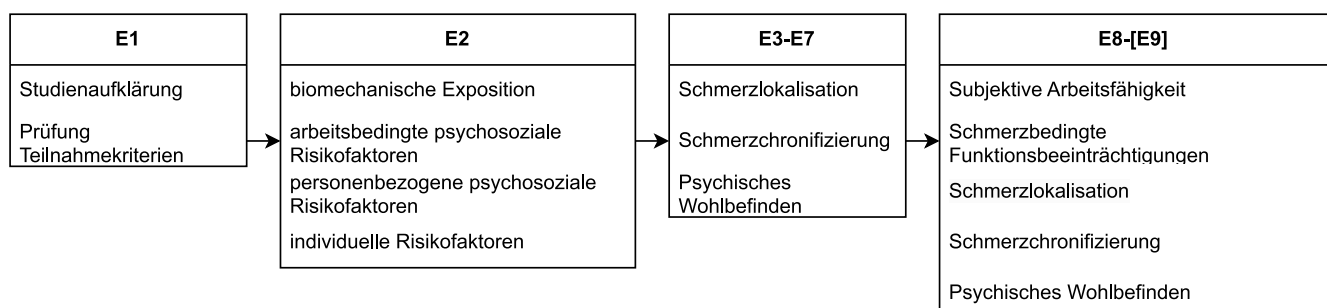
- kein hinreichendes Verständnis der deutschen Sprache zur Teilnahme an den Befragungen,
- das Vorliegen einer rheumatischen Erkrankung oder einer schwerwiegenden Herz-Kreislauf-erkrankung,
- Operationen im Bereich der Lendenwirbelsäule, am Hüftgelenk oder am Kniegelenk,
- keine Verfügbarkeit eines (mobilen) Endgeräts zur Teilnahme an den Befragungen.

2.3 Erfassung und Analyse der Risikofaktoren und Expositionen

Im Rahmen der Studie werden arbeitsplatz- und personenbezogene psychosoziale sowie individuelle Risikofaktoren und biomechanische Expositionen erfasst, die in vorangegangenen Studien bereits einen bivariaten Zusammenhang zum Auftreten bzw. zur Chronifizierung von Schmerzen gezeigt haben. Eine umfangreiche Darstellung dieser Risikofaktoren zeigt **Abbildung 2**. Die Erhebung der psychosozialen Risikofaktoren, des Bewegungsverhaltens und der zuvor definierten primären und sekundären Outcomes erfolgt mittels validierter Fragebögen mit hinreichender Reliabilität. Die Auswertung dieser Fragebögen erfolgt durch Bildung von Scores, entsprechend den Manualen der einzelnen Testverfahren. Darüber hinaus werden weitere individuelle Risikofaktoren der Studienteilnehmenden mittels eines selbst entwickelten soziodemographischen Fragebogens erhoben. Neben einer beobachtungs-basierten Analyse (MultiplLa) erfolgt eine kinematische Analyse der typischen Tätigkeiten an den individuellen Arbeitsplätzen der Studienteilnehmenden mittels Inertialsensorik (Xsens MVN Awinda/Link). Die biomechanische Exposition wird

Abbildung 1:

Studiendesign mit neun Erhebungszeitpunkten (E1 bis E9) über eine Dauer von sechs Monaten. E3 bis E7 folgen im zweiwöchigen Abstand. Auf E8 folgt nach drei Monaten die optionale Follow-Up-Erhebung E9. Quelle: Autoren



durch das CUELA-Verfahren [14] und die darin implementierte Softwarelösung WIDAAN berechnet. Das Verfahren erlaubt mittels kinematischer Ganzkörpererfassung und Zusatzinformationen zu gehandhabten Lastgewichten in einem Top-down-Prozess die modellgestützte [15] Lösung des invers-dynamischen Problems. Zusätzlich zur messwertbasierten Berechnung der inneren Drehmomente und Kräfte wird mithilfe der Oberflächenelektromyografie (OEMG) die Muskelaktivität der lumbalen Rückenstrecker aufgezeichnet. Die ermittelten arbeitsbedingten biomechanischen Expositionen werden mit gängigen arbeitswissenschaftlichen Bewertungsverfahren analysiert [16; 17].

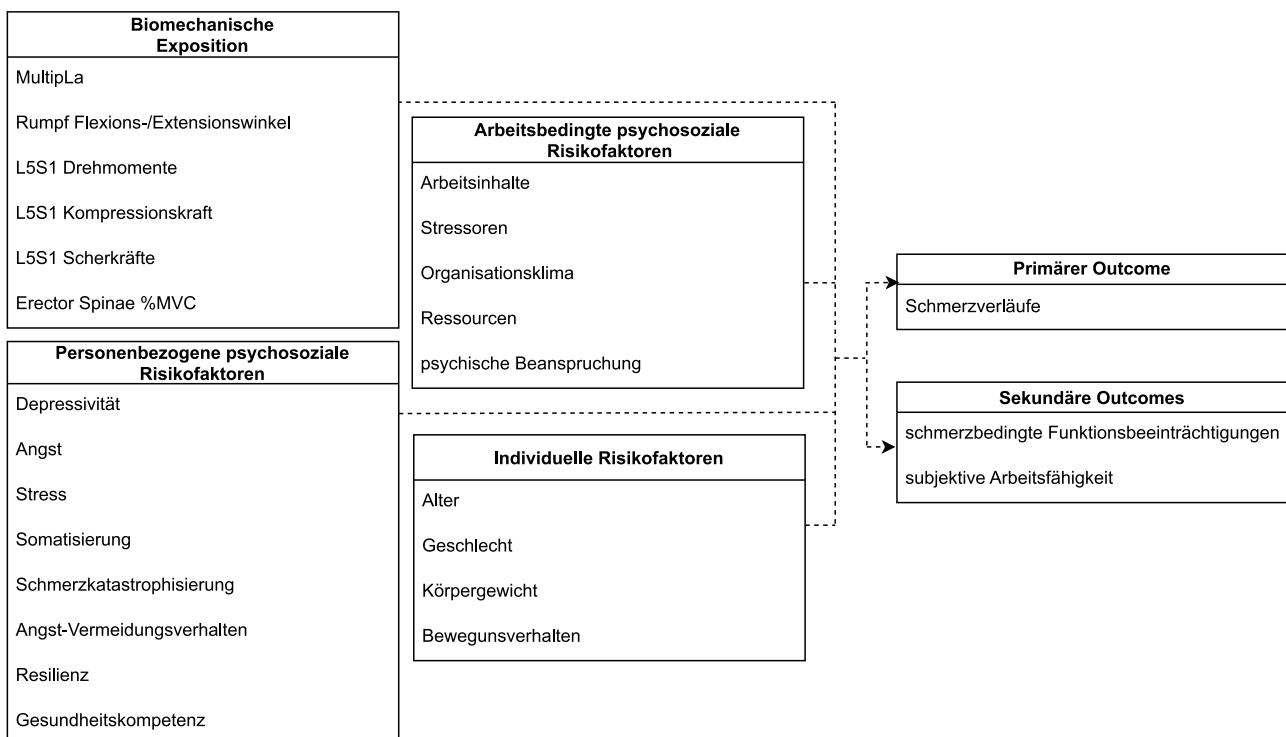
Im ersten Schritt der Datenauswertung erfolgt die Identifikation ungünstiger Schmerzverläufe mittels Wachstumskurvenmodellen. Ungünstige Schmerzverläufe werden hier definiert als das Auftreten anhaltender bzw. zunehmender Schmerzen während des Erhebungszeitraumes. Anschließend erfolgt die Analyse multivariater Zusammenhänge der erfassten Risiko- bzw. Expositionsfaktoren und der Wahrscheinlichkeit des Auftretens eines ungünstigen Schmerzverlaufs mittels einer multiplen logistischen Regression. Dabei werden nur Risiko- bzw. Expositionsfaktoren als unabhängige Variablen berücksichtigt, die einen bedeutsamen bivariaten Zusammenhang mit dem Auftreten eines ungünstigen Schmerz-

verlaufs aufweisen. Der Einschluss der unabhängigen Variablen erfolgt schrittweise in Abhängigkeit der Invasivität ihrer Erhebung bzw. der Privatheit der erhobenen Information. Zuletzt erfolgt eine Analyse des Einflusses der als bedeutsam identifizierten Risiko- bzw. Expositionsfaktoren auf die sekundären Outcomes, wozu ebenfalls multiple logistische Regressionsmethoden verwendet werden.

3 Limitationen

Im vorgestellten Studiendesign ergeben sich auf Seiten der Erhebung der Risikofaktoren und Expositionen Limitationen mit organisatorischen sowie methodischen Anteilen. So sind Studienteilnehmende durch Vorbereitungen und Befragungen meist 2 bis 3 h vom Arbeitsplatz absent. Diese Abwesenheit muss betrieblich durch Doppelbelegung der Arbeitsplätze kompensiert werden. Es können Schwierigkeiten bei der Verwendung von Fragebögen durch Unterschiede in der Literalität der Studienteilnehmenden, beim Verständnis und der Interpretation der Fragen entstehen. Die Erfassung biomechanischer Exposition ist mit dem Beobachtungszeitfenster von 2 h gegenüber alltäglichen Schwankungen anfällig. Biomechanische Limitationen ergeben sich durch die beobachtungs-basierte bzw. kinematische Erhebung. So ist eine direkte dynamische Erfassung der

Abbildung 2: Übersicht der Erhebungsparameter und Outcomes. Quelle: Autoren



manuellen Lastenhandhabung mittels Dynamometrie in Feldsituationen kaum umsetzbar, ohne die Tätigkeitsausführung zu beeinflussen. Bei dem gewählten kinematischen Ansatz wird dem Problem durch die Erfassung der Lastgewichtmassen entgegengewirkt. Auf Videobasis getimt werden diese als Gewichtskraft in das Modell eingeleitet. Jedoch muss von einer Gleichverteilung der Masse zwischen beiden Händen ausgegangen werden, sofern die Last beidhändig bewegt wird. Zudem können nur Lastgewichte in der Studie berücksichtigt werden, deren Masse bekannt ist oder im laufenden Betrieb durch Untersuchende erfasst werden können. Aufgrund der fehlenden Erfassung externer Kräfte können zudem abgestützte Lasten nur schwer berücksichtigt werden.

4 Ausblick

In der Literatur besteht Evidenz für den Zusammenhang zwischen MSE und schweren körperlichen Tätigkeiten, Zwangshaltungen, psychosoziale Faktoren sowie BMI [6; 13]. Das primäre Ziel der vorgestellten Kohortenstudie besteht in der Untersuchung von biomechanischen, individuellen und psychosozialen Risikofaktoren für das Auftreten ungünstiger Schmerzverläufe, schmerzbedingter Funktionsbeeinträchtigungen und geringer subjektiver Arbeitsfähigkeit durch bivariate und multivariate Zusammenhanganalysen über einen Beobachtungszeitraum von mindestens drei bis maximal sechs Monaten.

Literatur

- [1] Andersson, G. B. (1999): Epidemiological features of chronic low-back pain. *The Lancet*, 354(9178), p. 581.
- [2] Schmidt, C. O.; Raspe, H.; Pflingsten, M.; Hasenbring, M.; Basler, H. D.; Eich, W.; Kohlmann, T. (2007): Back Pain in the German Adult Population: Prevalence, Severity, and Sociodemographic Correlates in a Multiregional Survey. *Spine*, 32(18), 2005-2011.
- [3] Vasseljen, O.; Woodhouse, A.; Bjørngaard, J. H.; Leivseth, L. (2013): Natural course of acute neck and low back pain in the general population: the HUNT study. *PAIN®*, 154(8), 1237-1244.
- [4] Hasenbring, M. I.; Levenig, C.; Hallner, D.; Puschmann, A. K.; Weiffen, A.; Kleinert, J. et al. (2018): Psychosocial risk factors for chronic back pain in the general population and in competitive sports. From theory to clinical screening- a review from the MiSpEx network. *Schmerz*, 32(4), 259-273.
- [5] Sterud, T.; Tynes, T. (2013): Work-related psychosocial and mechanical risk factors for low back pain: a 3-year follow-up study of the general working population in Norway. *Occup Environ Med*, 70(5), 296-302.
- [6] Da Costa, B. R.; Vieira, E. R. (2010). Risk factors for work-related musculoskeletal disorders: a systematic review of recent longitudinal studies. *American journal of industrial medicine*, 53(3), 285-323.
- [7] Bernal, D.; Campos-Serna, J.; Tobias, A.; Vargas-Prada, S.; Benavides, F. G.; Serra, C. (2015). Work-related psychosocial risk factors and musculoskeletal disorders in hospital nurses and nursing aides: a systematic review and meta-analysis. *Int J Nurs Stud*, 52(2), 635-648.
- [8] Janwantanakul, P.; Sitthipornvorakul, E.; Paksaichol, A. (2012): Risk factors for the onset of nonspecific low back pain in office workers: a systematic review of prospective cohort studies. *Journal of manipulative and physiological therapeutics*, 35(7), 568-577.
- [9] Pincus, T.; Burton, A. K.; Vogel, S.; Field, A. P. (2002): A systematic review of psychological factors as predictors of chronicity/disability in prospective cohorts of low back pain. *Spine*, 27(5), E109-E120.
- [10] Taylor, J. B.; Goode, A. P.; George, S. Z.; Cook, C. E. (2014). Incidence and risk factors for first-time incident low back pain: a systematic review and meta-analysis. *The spine journal*, 14(10), 2299-2319.
- [11] Chen, Y.; Campbell, P.; Strauss, V.Y.; Foster, N.E.; Jordan, K.P.; Dunn, K.M. (2018): Trajectories and predictors of the long-term course of low back pain: cohort study with 5-year follow-up. *Pain* 159, 252-260.
- [12] Glette, M.; Stiles, T. C.; Borchgrevink, P. C.; Landmark, T. (2020): The Natural Course of Chronic Pain in a General Population: Stability and Change in an Eight-Wave Longitudinal Study Over Four Years (the HUNT Pain Study). *The Journal of Pain*, 21(5-6), 689-699
- [13] David, G. C. (2005): Ergonomic methods for assessing exposure to risk factors for work-related musculoskeletal disorders. *Occup Med (Lond)*, 55(3), 190-199.

- [14] *Ellegast, R.; Hermanns I.; Schiefer, C.* (2009): Workload Assessment in Field Using the Ambulatory CUELA System. Paper presented at the International Conference on Digital Human Modeling, Berlin, Heidelberg.
- [15] *Jäger, M.; Luttmann, A.; Göllner R.; Laurig, W.* (2001): „The Dortmunder“ - Biomechanical Model for Quantification and Assessment of the Load on the Lumbar Spine. SAE Transactions, 110, 2163-2171.
- [16] *Gallagher, S.; Marras, W. S.* (2012): Tolerance of the lumbar spine to shear: a review and recommended exposure limits. Clin Biomech (Bristol, Avon), 27(10), 973-978.
- [17] *Jäger, M.* (2019): Die „Revidierten Dortmunder Richtwerte“. Zentralblatt für Arbeitsmedizin, Arbeitsschutz und Ergonomie, 69(5), 271-289.
<https://doi.org/10.1007/s40664-019-0356-3>

Prävention im Personentransport

Stephanie Griemsmann¹, Inga Schultes¹, Ingo Hermanns-Truxius¹, Mark Brütting¹, Christian Ecke², Matthias Koch³, Gabriele Winter⁴, Ulrich Koch⁵, Manigée Derakshani⁵, Christoph Schiefer¹

¹ Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA), Sankt Augustin

² Berufsgenossenschaft Verkehr, Berlin

³ Berufsgenossenschaft Verkehr, Duisburg

⁴ Berufsgenossenschaft Verkehr, Darmstadt

⁵ Unfallkasse NRW, Münster

Kurzfassung

In der Behindertenbeförderung, im Krankentransport, Rettungsdienst und Bestattungswesen werden Personen befördert, häufig ohne deren Zutun. Bei den Beschäftigten können erhöhte physische Belastungen auftreten, die zu Muskel-Skelett-Erkrankungen führen können. Oftmals kommen Hilfsmittel zum Einsatz, z. B. zur Unterstützung beim Heben und Tragen von Personen. Dennoch machen sich der demografische Wandel und das steigende Körpergewicht in der Bevölkerung sowohl bei den Beschäftigten als auch bei den transportierten Personen bemerkbar. Auch sind immer mehr Frauen im Personentransport tätig, die bei gleicher Belastung von mehr Muskel-Skelett-Beschwerden betroffen sind.

Das hier vorgestellte Projekt ist zweistufig aufgebaut. Zuerst wurde eine Online-Befragung unter den Beschäftigten zur Ermittlung von belastend empfundenen Arbeitssituationen durchgeführt. Neben dem Überwinden von Treppen und Engstellen wurde das Ein- und Ausladen sowie das Sichern im Fahrzeug als physische Belastungsschwerpunkte empfunden. Basierend auf den Befragungsergebnissen wurden zwei Arbeitssituationen ausgewählt – das Ein- und Ausladen von Fahrtragen sowie das Sichern von Rollstühlen im Fahrzeug – und messtechnische Untersuchungen durchgeführt. Die Körperhaltungen und -bewegungen sowie die Aktionskräfte wurden mit dem CUELA-Messsystem erfasst und ausgewertet. Beide Untersuchungen zeigen, dass am Markt verfügbare technische Weiterentwicklungen von Hilfsmitteln physische Belastungen bei den Beschäftigten reduzieren können.

1 Einleitung

Prävention rückt in der Personenbeförderung aufgrund des demographischen Wandels zunehmend in den Fokus. Die alternde Bevölkerung führt einerseits zu steigenden Einsatzzahlen durch mehr gesundheitliche Beeinträchtigungen, Behinderungen, akute Notfälle und Sterbefälle seitens der beförderten Personen in den Bereichen Behindertenbeförderung, Krankentransport, Rettungsdienst und Bestattungswesen [1]. Andererseits werden auch die Beschäftigten in den vier Gewerbezweigen immer älter. Sicheres und gesundes Arbeiten

bis ins Rentenalter ist ein wichtiger Faktor, um die Beschäftigungsfähigkeit zu erhalten.

Die Beförderung mobilitätseingeschränkter Personen wird häufig mit Hilfsmitteln durchgeführt. Dabei können erhöhte physische Belastungen auftreten, die die Beschäftigten in der Personenbeförderung, je nach Konstitution, an ihre Belastungsgrenzen bringen und zu Muskel-Skelett-Beschwerden, -Erkrankungen und schlussendlich zu hohen Krankenständen führen können. Parallel dazu wird ein steigender Frauenanteil im Rettungsdienst beobachtet. Aufgrund geschlechtsspezifischer Unterschiede erreichen Frauen bei der Lastenhandhabung bereits bei niedrigeren Gewichten kritische Werte [2; 3]. Ebenfalls wichtig in diesem Zusammenhang ist das zunehmende durchschnittliche Körpergewicht in der Bevölkerung. In vielen Studien und Normen wird ein Körpergewicht von 75 kg für einen erwachsenen Mann angenommen [4]. Allerdings ist in Deutschland bereits über die Hälfte der Bevölkerung übergewichtig (BMI > 25), Frauen wiegen im Schnitt 70,7 kg und Männer 85,2 kg [5; 6]. Dies hat Auswirkungen auf die eigene Gesundheit der Betroffenen, aber auch auf die Gesundheit von Beschäftigten im Personentransportbereich.

In einem ersten Projekt hat das Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA) im Auftrag der Unfallkasse NRW verschiedene Hilfsmittel für den Treppentransport im Rettungsdienst untersucht [7], da hier hohe körperliche Belastungen für Rettungskräfte auftreten. Bei der Untersuchung sollten Probanden (Beschäftigte aus dem Rettungsdienst) in Zweierteams einen Dummy mit einem Gewicht von 75 kg durch ein Treppenhaus transportieren. Zwei konventionelle Hilfsmittel (Tragestuhl, Tragetuch) und zwei alternative Hilfsmittel (Raupenstuhl, Treppengleituch) wurden in diesem Forschungsprojekt hinsichtlich der Muskel-Skelett-Belastungen verglichen. Die alternativen Hilfsmittel belassen einen Großteil des Gewichtes auf dem Boden/der Treppe und führen damit zu einer Reduktion der erforderlichen Aktionskraft was wiederum zu einer geringeren Muskel-Skelett-Belastung der Beschäftigten führt [8].

Die Treppe ist einer von mehreren Abschnitten der Transportkette vom Abhol- oder Auffindungsort einer Person

bis zum Zielort. Um weitere Teile der Transportkette zu betrachten und die vier Gewerbebereiche abzudecken, haben die Berufsgenossenschaft Verkehr (BG Verkehr), die Berufsgenossenschaft für Gesundheitsdienst und Wohlfahrtspflege (BGW) und die Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV) ein Folgeprojekt initiiert. Zuerst wurde eine Online-Befragung durchgeführt und anschließend wurden auf Basis dieser Ergebnisse zwei messtechnische Untersuchungen geplant und durchgeführt. Zum einen wurde das Ein- und Ausladen von Fahrtragen mit unterschiedlicher elektrohydraulischer Unterstützung (**Abbildung 1**) sowie das Aufschaukeln, d. h. das wechselseitige Anheben der Fahrtrage bis auf Einladehöhe, untersucht. Zum anderen untersuchte man das Sichern von Rollstühlen mit und ohne Kraftknotensystem, einem Sicherungsadaptersystem (**Abbildung 2**). In diesem Artikel wird ein Überblick über die Ergebnisse der Online-Befragung und ein Einblick in den aktuellen Stand der Auswertung der messtechnischen Untersuchungen gegeben.

2 Material und Methoden

2.1 Online-Befragung

In einer sechswöchigen Online-Befragung wurden Beschäftigte aus den vier Gewerbebereichen befragt, um mehr über ihren Arbeitsalltag und ihre physischen Belastungsschwerpunkte zu erfahren. Die Teilnehmenden wurden in Mitgliedsunternehmen mehrerer Berufsgenossenschaften und Unfallkassen über digitale Kommunikationswege wie E-Mail und Newsletter gewonnen. Zu Informationszwecken wurde weiterhin ein Aushang mit QR-Code für das Schwarze Brett im Betrieb zur Verfügung gestellt. Es wurden Informationen zu den Teilnehmenden, zum Arbeitsalltag, zur Fahrzeugausstattung und zu einem kürzlich erlebten, physisch belastenden Transport erhoben. Die vollständig ausgefüllten Fragebögen wurden nach Gewerbebereich mit SPSS® Statistics 26 (IBM®) ausgewertet. Die Datensätze wurden anhand der Anzahl der transportierten Personen in einer Arbeitswoche auf Plausibilität geprüft und bereinigt.

2.2 Messtechnische Untersuchungen

2.2.1 Material

In dieser Studie wurden verschiedene Hilfsmittel hinsichtlich ihrer Wirkung auf die physische Belastung der Testpersonen untersucht. Es handelt sich nicht um Produktvergleiche oder -werbung – andere Hersteller bieten vergleichbare Produkte an.

Manuelle Fahrtrage

Das Model X2 der Fa. Ferno (Abbildung 1, oben) ist eine rein mechanische, manuell zu bedienende Fahrtrage (man) mit einem Gewicht von 69 kg. Das Fahrgestell wird durch Zug an einem Hebel entriegelt. Die Fahrtrage wird in Kombination mit einem Fahrtragentisch verwendet, auf den sie beim Einladen geschoben wird. Anschließend wird der Fahrtragentisch in eine waagerechte Position geschoben. Der Dummy auf der Fahrtrage wiegt 75 kg.

Abbildung 1: Mit der CUELA-Messtechnik wurden beim Einladen manueller (oben), semi-automatischer (Mitte) und vollautomatischer (unten) Fahrtragen die Körperhaltungen und Kräfte ermittelt. Quelle: IFA



Halbautomatische Fahrtrage

Die Fahrtrage MONDIAL mit SMART-LOAD™ Technologie der Fa. Ferno (semi, Abbildung 1, Mitte) wiegt 50,9 kg. Beim Einladen ins Fahrzeug wird die Fahrtrage erst manuell ein Stück auf den Fahrtragentisch geschoben und dann elektrisch eingezogen. Es standen zwei Dummies zur Verfügung. Um ein häufiges Umlagern der Dummies zu vermeiden, wurde neben dem Dummy mit den angestrebten 75 kg, teilweise ein Dummy mit 50 kg verwendet.

Vollautomatische Fahrtrage

Die Fahrtrage VIPER der Fa. Ferno (Abbildung 1 unten) wiegt 75 kg und hat ein Fahrgestell, das per Knopfdruck elektrisch hoch- und runtergefahren wird (auto). Weiterhin wird die Fahrtrage kugelgelagert in der Horizontalen in das Fahrzeug eingeschoben. Der Dummy auf der Fahrtrage wiegt 50 kg.

Kraftfahrzeug zur Beförderung mobilitätseingeschränkter Personen

Für die Messungen zur Rollstuhlsicherung wurde ein Kraftfahrzeug zur Beförderung mobilitätseingeschränkter Personen (KMP) vom Typ-C (Transit) der Fa. Ford verwendet. Das Fahrzeug bietet vier Plätze für Rollstühle und ist am Fahrzeugboden mit Airline-Schienen ausgestattet.

Rollstuhl mit Kraftknoten

Der Rollstuhl Pyro Light der Fa. Bischoff & Bischoff wiegt 15,6 kg und ist 110 cm lang. Der Rollstuhl war mit einem Kraftknotensystem der Fa. AMF Bruns ausgestattet, einem Sicherungsadaptersystem. Das System besteht aus vier Kraftknotenadaptern (2 vorne, 2 hinten) und einem längenverstellbaren Beckengurt. Der Schulterschräggurt wird fahrzeugseitig bereitgestellt und am Beckengurt eingeklinkt. Die Retraktorgurte (Fa. AMF Bruns) verbinden die

Kraftknotenadapter mit den Airlineschienen im Fahrzeugboden. Auf dem Rollstuhl wurde ein Dummy befestigt.

Rollstuhl ohne Kraftknoten

Der Rollstuhl der Fa. Meyra wiegt ca. 20 kg und ist ca. 110 cm lang. Der Rollstuhl ohne Kraftknotensystem wurde mit Retraktorgurten gesichert, die durch die fest verschweißten Teile des Rollstuhlrahmens gefädelt wurden. Der Dreipunktsicherheitsgurt wird fahrzeugseitig bereitgestellt und beidseitig unten an den hinteren Retraktoren eingeklinkt. Auf dem Rollstuhl wurde ein Dummy befestigt.

2.2.2 Probanden

Die Testpersonen für die Untersuchung an Fahrtragen waren Beschäftigte aus dem Rettungsdienst. Es nahmen insgesamt 15 männliche und fünf weibliche Personen im Alter von $33,1 \pm 9,1$ Jahren mit $11,6 \pm 9,9$ Jahren Berufserfahrung teil. Die Probanden für die Untersuchung der Rollstuhlsicherung kamen aus der Behindertenbeförderung (acht Männer und zwei Frauen), waren $61,5 \pm 7,5$ Jahre alt und hatten $4,4 \pm 2,9$ Jahre Berufserfahrung.

2.2.3 CUELA-Messtechnik

Die Muskel-Skelett-Belastungen wurden in der Studie mit dem CUELA-System ermittelt [9; 10]. Zur Erfassung der Körperhaltung und -bewegung wurden Inertialsensoren von Movella™ (ehemals Xsens) verwendet [11]. Bei den Untersuchungen an den Rollstühlen wurden kabelgebundene (Xsens MVN Link) und an den Fahrtragen kabellose (Xsens MVN Awinda) Sensoren eingesetzt. Auftretende Handaktionskräfte bei Interaktion mit den Fahrtragen wurden mit 3D-Handkraftmesssystemen (Kraftmessgriffe, Fa. Kistler Instrumente) aufgezeichnet [12].

Abbildung 2:

Die Rollstuhlsicherung ohne und mit Sicherungsadaptersystem unterscheidet sich in den Sicherungspunkten am Rollstuhl und dem Sicherheitsgurt für den Rollstuhlfahrenden. Ohne Kraftknoten wird am Rahmen gesichert (links) und mit Kraftknotensystem gibt es vier Sicherungsadapter für die Abspanngurte (rechts). Quelle: IFA



Mithilfe der CUELA-Software WIDAAN wurden die Messdaten auf das hinterlegte Menschmodell übertragen, das auf dem „Dortmunder“ Muskel-Skelett-Modell basiert und es erlaubt, die Bandscheibendruckkräfte an L5/S1 abzuschätzen [13] und direkt Ausgabewerte nach dem „Dortmunder“ Modell zu berechnen [14].

Die eingesetzte Messtechnik an den Fahrtragen bestand aus vier Kraftgriffen plus Zubehör an der man-Fahrtrage (11 kg), zwei Kraftgriffen an der semi-Fahrtrage (9,1 kg) und einem Kraftgriff an der auto-Fahrtrage (5,45 kg).

2.2.4 Durchführung der Messungen zum Ein- und Ausladen von Fahrtragen

Die Fahrtragen wurden je dreimal ein- und ausgeladen, wobei die Fahrtragentische so aufgebaut wurden, dass die Einladehöhe der Höhe im Fahrzeug entspricht. Dieser Vorgang wurde im Labor nachgestellt. Die ergonomische Empfehlung lautet, das Ein- und Ausladen von Fahrtragen zu zweit durchzuführen. Allerdings erfolgt dies in der Praxis, vor allem unter Zeitdruck, teilweise auch allein. Dies wurde optional ebenfalls gemessen. Es wurde eine vergleichende Analyse der physischen Belastung bei der Nutzung der drei verschiedenen Fahrtragen durchgeführt. Während der Ein- und Ausladevorgänge wurden Körperhaltungen und -bewegungen erfasst. Außerdem wurden bei man- und auto-Fahrtragen Handaktionskräfte aufgezeichnet, woraus durch biomechanische Analysen die Bandscheibendruckkraft im Bereich der unteren Lendenwirbelsäule (L5/S1) ermittelt werden kann. Bei der semi-Fahrtrage war es technisch nicht möglich, die Aktionskräfte zu messen.

2.2.5 Durchführung der Messungen zum Sichern von Rollstühlen im Fahrzeug

Das Sichern der Rollstühle mit oder ohne Kraftknotensystem wurde im Fahrzeug an der Position vorne links hinter dem Fahrer, die im leeren Fahrzeug als erstes belegt wird, und an der Position hinten rechts, die als letztes belegt wird, untersucht. Damit konnte auch der Einfluss räumlicher Enge im voll besetzten Fahrzeug erfasst werden. Das Sichern des Rollstuhls bezieht sich immer auf einen vollständigen Sicherungsvorgang, vom Platzieren des Rollstuhls im Fahrzeug bis zum Anlegen der Sicherungsgurte und wieder zurück. Es wurden je drei vollständige Sicherungsvorgänge eines Rollstuhls und der Person gemessen: dreimal Befestigen und wieder Lösen. Für die vergleichende Analyse der physischen Belastung bei der Nutzung der Rollstühle mit oder ohne Kraftknotensystem wurden die Körperhaltung und -bewegung

gemessen und der Zeitanteil in ungünstiger und/oder kniebelastender Körperhaltung ermittelt.

3 Ergebnisse

3.1 Online-Befragung

Insgesamt haben 3 976 Beschäftigte an der Befragung teilgenommen. Die im Folgenden vorgestellten Ergebnisse beziehen sich auf diese Personengruppe [15]. Die Beschäftigten im Krankentransport, Rettungsdienst und Bestattungswesen nannten häufig den Treppentransport, Engstellen und auch das Einladen in das Fahrzeug als belastende Situationen (**Abbildung 3**). In der Behindertenbeförderung wurde das Einladen ebenfalls häufig genannt sowie das Sichern im Fahrzeug. Die Online-Befragung zeigt, dass die Arbeit in belastenden Situationen von den Beschäftigten als körperlich anstrengend bis sehr anstrengend bewertet wird und der untere Rücken besonders betroffen ist, gefolgt von Schultern, Oberarmen und Knien (**Abbildung 3**). Die Befragung zeigt, dass es teilweise Überschneidungen, aber auch einige Unterschiede in den alltäglich auftretenden Belastungen zwischen den Gewerbebranchen gibt.

Die Ergebnisse der Befragung bildeten die Basis für messtechnische Untersuchungen der körperlichen Belastungen in zwei typischen Transportsituationen mit dem Ziel, die physische Belastung zu quantifizieren und Entlastungspotenziale alternativer Hilfsmittel aufzuzeigen.

3.2 Einladen und Ausladen von Fahrtragen

Für die Gewerbebranchen Krankentransport, Rettungsdienst und Bestattungswesen wurden Messungen beim Ein- und Ausladen von Fahrtragen durchgeführt. Die Körperhaltung wurde erfasst, wobei hier exemplarisch die Rückenflexion, also die Rumpfvorbeugung, betrachtet wird. Für die Ladesituationen – zwei Beschäftigte mit manueller Fahrtrage (man-Laden zusammen), ein/e Beschäftigte/r mit manueller Fahrtrage (man-Laden allein, optional), ein/e Beschäftigte/r mit semi-automatischer Fahrtrage (semi-Laden allein) und ein/e Beschäftigte/r mit voll-automatischer Fahrtrage (auto-Laden allein) – liegen die Rückenflexionen im Median bei 2,6 bis 19,7° und sind somit unproblematisch. Das 95. Perzentil erreicht bei der man-Fahrtrage beim Einladen einen Wert von 37,8°.

An der man- und auto-Fahrtrage waren Kraftgriffe angebracht, um die Handaktionskräfte beim Ein- und Ausladen zu erfassen. Die Netto-Handaktionskraft liegt bei der man-Fahrtrage sowohl beim Laden allein als auch

beim Laden zsm im Median bei 98,2 N (P25 = 46,8 N; P75 = 300 N) und 128 N (57,5 N; 436 N). Bei der auto-Fahrtrage, die allein bedient wurde, lag der Median bei 53,3 N (31,2 N; 78 N) und damit ungefähr um die Hälfte niedriger als bei der man-Fahrtrage. Durch die Erfassung der Handaktionskraft und der Körperhaltung konnten die Momente und die Kompressionskraft im unteren Rücken an L5/S1 modelliert werden. Die Brutto-Momente an L5/S1 liegen bei der man-Fahrtrage zsm im Median bei 65,6 Nm (P25 = 47,3 Nm; P75 = 132 Nm) und beim Laden allein bei 80,9 Nm (59,9 Nm; 158 Nm), bei der semi allein bei 44 Nm (36; 57,1 Nm) und bei der auto-Fahrtrage bei 42,9 Nm (36,6 Nm; 53,1 Nm). Die Brutto-Kompressionskraft an L5/S1 liegt bei der man-Fahrtrage zusammen im Median bei 1,9 kN (1,3 kN; 3,4 kN) und allein bei 2,1 kN (1,4 kN; 4,2 kN), bei der semi-Fahrtrage bei 1,1 kN (0,92 kN; 1,5 kN) und bei der auto-Fahrtrage bei 1,2 kN (0,95 kN; 1,6 kN; **Abbildung 4**).

Die Ergebnisse der messtechnischen Untersuchungen beim Ein- und Ausladen der Fahrtragen zeigen, dass die Belastung mit dem steigenden Automatisierungsgrad der Fahrtragen- und Einlade-Systeme sinkt, durch die es eine deutliche Reduktion der Handaktionskräfte und der Bandscheibenkompressionskräfte an L5/S1 gibt.

3.3 Sichern von Rollstühlen im Fahrzeug

Es wurde die Sicherung eines Rollstuhls ohne Kraftknotensystem mit der Sicherung eines Rollstuhls mit Kraftknotensystem an zwei verschiedenen Positionen im Fahrzeug verglichen. Grundsätzlich müssen sich die Beschäftigten unabhängig vom Sicherungssystem auf den Boden begeben, etwa durch Hocken oder Knien. Betrachtet man die Dauer der Sicherungsvorgänge in einem leeren Fahrzeug an der Position vorne links, verkürzt sich diese durch die Verwendung des Kraftknotensystems von 07:49 ± 01:30 min auf 04:43 ± 01:10 min. Um zusätzlich den Einfluss räumlicher Enge zu erfassen, wurde des Weiteren an der Position hinten rechts (voll besetztes Fahrzeug) gemessen. Die Dauer betrug 08:28 ± 01:43 min ohne und 05:01 ± 01:26 min mit Kraftknotensystem. Das Kraftknotensystem am Rollstuhl vereinfacht und beschleunigt damit die Sicherung im Fahrzeug.

Betrachtet man die Körperhaltung und die Zeit in nicht empfohlener Haltung am Beispiel der kniebelastenden Haltungen (Knien ohne oder mit Abstützen, Fersensitz, Hocken und Kriechen), wird der positive Einfluss des Kraftknotensystems für die Beschäftigten deutlich. Aufgrund der kürzeren Sicherungsdauer und damit kürzeren Verweildauer auf dem Boden wurde beobachtet, dass sich

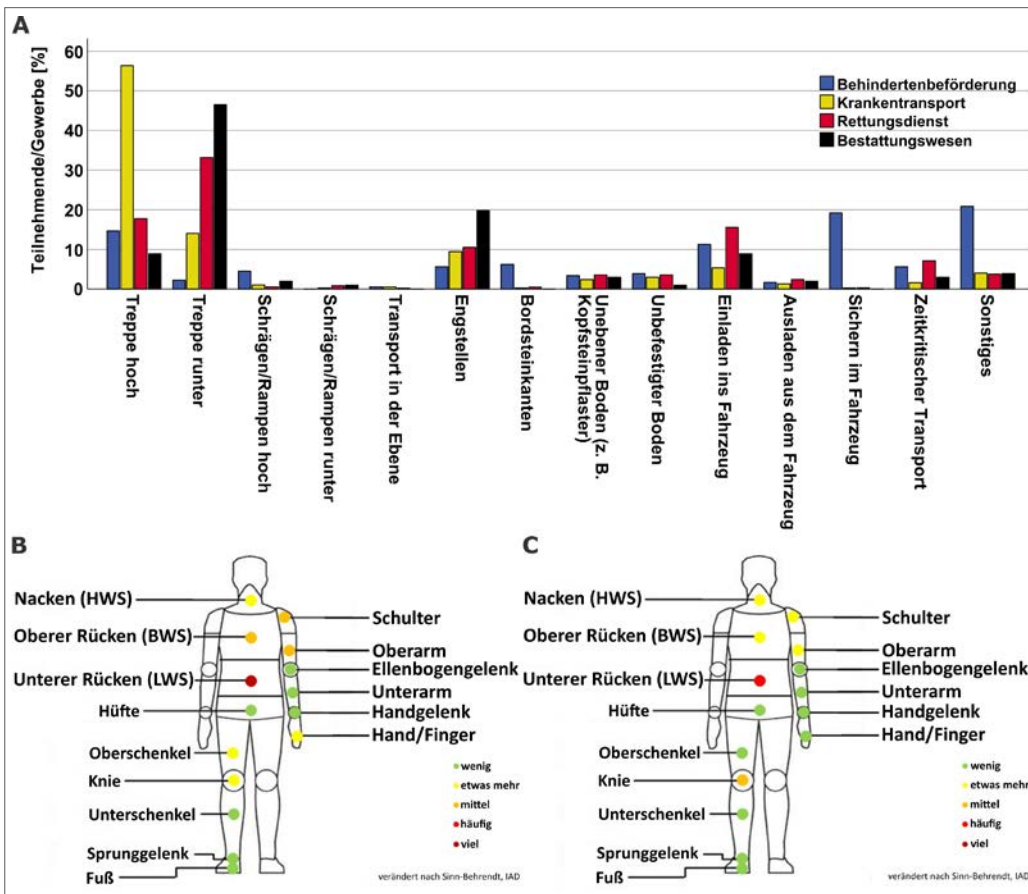


Abbildung 3: Belastende Situationen aus Sicht der Beschäftigten nach Gewerbezweig (A). Betroffene Körperregionen in belastenden Situationen am Beispiel Krankentransports (B) und Behindertenbeförderung (C). Quelle: IFA

die Probanden am Rollstuhl mit Kraftknoten eher hinhocken und beim Rollstuhl ohne Kraftknoten eher hinknien. Für die Tätigkeit an einem Rollstuhl beläuft sich die Dauer in kniebelastender Haltung im leeren Fahrzeug ohne Kraftknoten auf 1,5 min, mit Kraftknoten auf 0,7 min und im vollen Fahrzeug ohne Kraftknoten auf 1,4 min und mit Kraftknoten auf 1,2 min. Aus Platzgründen kann man sich an der hinteren Position kaum bzw. nicht hinknien (**Abbildung 5**). Das Kraftknotensystem führt also zu einer Reduktion der Dauer kniebelastender Haltungen. Gerade im Hinblick auf die oftmals älteren Beschäftigten, die eine weniger belastbare Personengruppe darstellen, ist dies ein wichtiger Effekt.

4 Fazit

In einer alternden und schwerer werdenden Bevölkerung kommt der Prävention im Bereich Personentransport eine immer wichtigere Rolle zu [6; 16]. Die Ergebnisse der Online-Befragung haben einen wertvollen Einblick in den Arbeitsalltag und die Belastungsschwerpunkte der Beschäftigten in der Behindertenbeförderung, im

Krankentransport, Rettungsdienst und Bestattungswesen ermöglicht [15] und zeigen ein nach Gewerbebereich differenziertes Anstrengungsempfinden. Die Beschäftigten berichten unisono von spürbaren Belastungen im oberen und unteren Rücken, Schultern, Oberarmen und Knien. Die physische Entlastung der Beschäftigten wird bei der Hilfsmittelauswahl aktuell noch nicht ausreichend beachtet und ihr sollte zukünftig eine bedeutendere Rolle beigemessen werden.

Um Effekte entlastender Hilfsmittel aufzuzeigen, wurden in diesem Projekt Fahrtragen und Rollstühle näher betrachtet und es konnte gezeigt werden, dass ein höherer Automatisierungsgrad der Fahrtragen die Beschäftigten deutlich entlastet. Die physische Belastung der Beschäftigten wird durch die Aktoren innerhalb der Hilfsmittel reduziert. Ebenso führt das Kraftknotensystem an Rollstühlen zu einer deutlichen Entlastung der Beschäftigten durch eine kürzere Verweildauer in ungünstiger Körperhaltung.

Abbildung 4: Brutto-Kompressionskräfte an L5/S1 beim Einladen einer manuellen Fahrtrage zusammen (man zsm) und allein (man allein), einer semiautomatischen Fahrtrage (semi allein) und einer vollautomatischen Fahrtrage (auto allein). Quelle: IFA

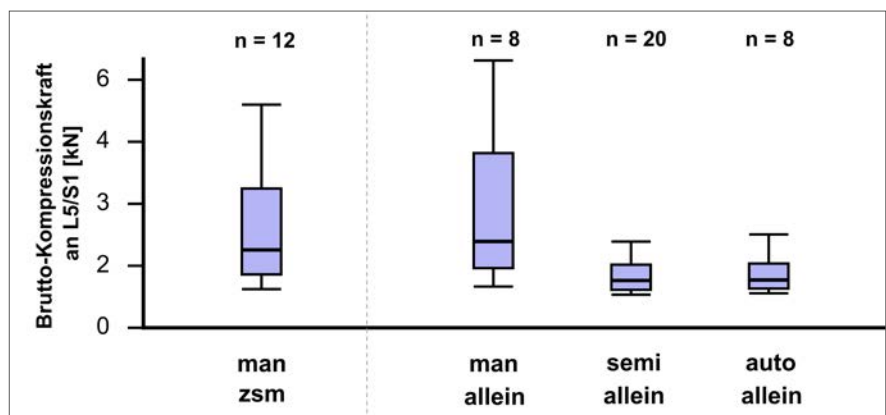
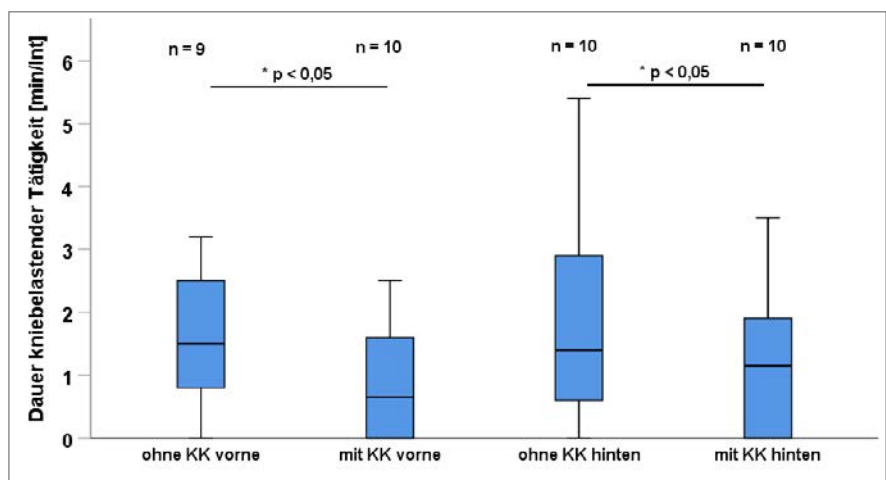


Abbildung 5: Dauer kniebelastender Tätigkeit beim Sichern von Rollstühlen vorne im Fahrzeug ohne Kraftknotensystem (ohne KK vorne), mit Kraftknotensystem (mit KK vorne) und hinten im Fahrzeug ohne und mit Kraftknoten (ohne KK hinten und mit KK hinten). Quelle: IFA



Literatur

- [1] Der BRK-Rettungsdienst in Zahlen. Hrsg.: Bayerisches Rotes Kreuz, München. <https://www.rettungsdienst.brk.de/rettungsdienst/wissenswertes/rettungsdienst-in-zahlen.html>
- [2] Zahl der Woche – Zahl der Beschäftigten im Rettungsdienst von 2011 bis 2021 um 71 % gestiegen. Statistisches Bundesamt, Wiesbaden 2023. https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/Zahl-der-Woche/2023/PD23_06_p002.html#:~:text=Im%20Rettungsdienst%20arbeiten%20hierzulande%20besonders,auf%2034%20%25%20im%20Jahr%202021
- [3] Baua; Aser; Arbmedergo; Ebus: Leitmerkmal-methode zur Beurteilung und Gestaltung von Belastungen beim manuellen Heben, Halten und Tragen von Lasten ≥ 3 kg, LMM-HHT (Entwurf zur Praxiserprobung). Version 12.5, 2019
- [4] Von Rymon Lipinski, K.: Der Normmensch wiegt 75 kg – doch wie ist die Realität? KAN-Brief 2/2021. Hrsg.: Verein zur Förderung der Arbeitssicherheit in Europa e.V. (VFA), Sankt Augustin 2021
- [5] Mensink, G. B. M.; Schienkiewitz, A.; Haftenberger, M.; Lampert, T.; Ziese, T.; Scheidt-Nave, C.: Übergewicht und Adipositas in Deutschland Ergebnisse der Studie zur Gesundheit Erwachsener in Deutschland (DEGS1). Bundesgesundheitsblatt 2013 (2013) Nr. 56, S. 786-794
- [6] Mehr als die Hälfte der Erwachsenen hat Übergewicht. Hrsg.: Statistisches Bundesamt, Wiesbaden. <https://www.destatis.de/Europa/DE/Thema/Bevoelkerung-Arbeit-Soziales/Gesundheit/Uebergewicht.html>
- [7] Schiefer, C.; Griemsmann, S.; Hermanns, I.; Derakhani, M.; Göbel, F.; Jäger, M. et al.: Auswirkungen von alternativen Hilfsmitteln auf die körperlichen Belastungen beim Patiententransport im Rettungsdienst. Zeitschrift für Arbeitswissenschaft 76 (2022) Nr. 2, S. 118-128
- [8] Schiefer, C.; Hermanns, I.; Schuster, D.; Brandt, K.; Ditchen, D.; Göbel, F. et al.: Untersuchung der physischen Belastungen von Rettungskräften beim Patiententransport in Treppenhäusern. IFA Report 3/2019. Hrsg.: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e.V. (DGUV), Berlin 2019
- [9] Ellegast, R.; Hermanns, I.; Schiefer, C.: Workload assessment in field using the ambulatory CUELA system. In: Duffy, V. G. (Hrsg.): Digital human modeling S. 221-226. Springer, Berlin 2009
- [10] Ellegast, R. P.; Hermanns, I.; Schiefer, C.: Feldmesssystem CUELA zur Langzeiterfassung und -analyse von Bewegungen an Arbeitsplätzen. Zeitschrift für Arbeitswissenschaft 64 (2010) Nr. 2, S. 101-110
- [11] Schiefer, C.; Ellegast, R. P.; 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
- [12] Glitsch, U.; Ottersbach, H. J.; Ellegast, R. P.; Hermanns, I.; Feldges, W.; Schaub, K. et al.: Untersuchung der Belastung von Flugbegleiterinnen und Flugbegleitern beim Schieben und Ziehen von Trolleys in Flugzeugen. BIA-Report 5/2004. Hrsg.: Hauptverband der Gewerblichen Berufsgenossenschaften (HVBG), Sankt Augustin 2004
- [13] Jäger, M.; Luttmann, A.; Göllner, R.; Laurig, W.: „The Dortmund“ – Biomechanical Model for Quantification and Assessment of the Load on the Lumbar Spine. SAE Transactions 110 (2001), S. 2163-2171
- [14] Ditchen, D.; Brandstädt, F.: MEGAPHYS – Entwicklung eines Methodenpaketes zur Gefährdungsbeurteilung physischer Belastungen am Arbeitsplatz. Technische Sicherheit 5 (2015) Nr. 10, S. 17-23
- [15] Banz, R.: Damit Helfen nicht zur Belastung wird. SicherheitsProfi – Personenverkehr 3/2021. Hrsg.: Berufsgenossenschaft Verkehrswirtschaft Post-Logistik Telekommunikation, Hamburg 2021
- [16] Bevölkerung – Demografischer Wandel. Hrsg.: Statistisches Bundesamt, Wiesbaden. <https://www.destatis.de/DE/Themen/Querschnitt/Demografischer-Wandel/inhalt.html>

Umsetzung der Erkenntnisse aus dem Kooperationsprojekt MEGAPHYS

Britta Weber, Rolf Ellegast

Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA)

1 Das Projekt MEGAPHYS – Mehrstufige Gefährdungsanalyse physischer Belastungen am Arbeitsplatz

Die Gefährdungsbeurteilung ist ein zentrales Element im betrieblichen Arbeits- und Gesundheitsschutz. Die Beurteilung physischer Belastungen hilft, Risikofaktoren für das Muskel-Skelett-System frühzeitig zu erkennen und arbeitsbezogenen Beschwerden und Erkrankungen vorzubeugen. Dies setzt geeignete Instrumente zur Erfassung und Bewertung der zugrundeliegenden körperlichen Belastungen voraus. Im Projekt MEGAPHYS kooperierten die Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) und das Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA) mit dem Ziel, bestehende Instrumente weiterzuentwickeln und zu überprüfen. Es entstand ein umfassendes, wissenschaftlich fundiertes und aufeinander abgestimmtes Methodeninventar zur Gefährdungsbeurteilung bei physischer Belastung auf den folgenden Verfahrensebenen: Spezielles Screening, Experten-Screening, Messtechnische Analyse im Feld und Labormessungen/Simulation. Ein Forschungsverbund mit Fachleuten aus den Bereichen Arbeitswissenschaft, Arbeitsmedizin, Biomechanik, Ergonomie und Arbeitsphysiologie verbesserte bestehende Verfahren, ergänzte sie um neue Anwendungsfelder, vernetzte die Methoden stärker untereinander und erprobte und validierte alle Instrumente im Labor und in einer Feldstudie an 200 Arbeitsplätzen mit 800 Beschäftigten [1; 2].

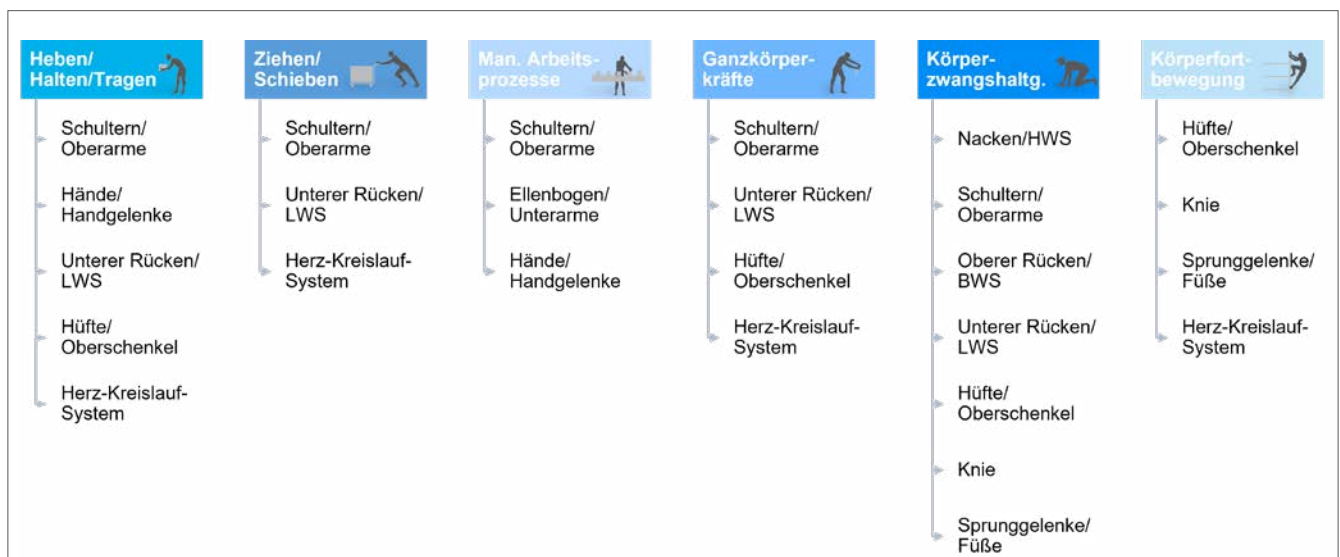
Die weiterentwickelten Screening-Verfahren orientieren sich bei der Ermittlung und Bewertung der Belastung an den in MEGAPHYS gemeinsam festgelegten sechs Arten körperlicher Belastung:

- Manuelles Heben, Halten und Tragen von Lasten
- Manuelles Ziehen und Schieben von Lasten
- Manuelle Arbeitsprozesse
- Ausübung von Ganzkörperkräften
- Körperzwangshaltung
- Körperfortbewegung

Die messtechnischen Verfahren hingegen betrachten und bewerten die Belastung bezogen auf die von der Belastung betroffenen Körperregionen bzw. Organsysteme:

- Nacken/Halswirbelsäule (HWS)
- Schultern/Oberarme
- Ellenbogen/Unterarme
- Hände/Handgelenke

Abbildung 1: Zielregionen der Belastungsarten. Quelle: modifiziert nach [1]



- Oberer Rücken/Brustwirbelsäule (BWS)
- Unterer Rücken/Lendenwirbelsäule (LWS)
- Hüfte/Oberschenkel
- Knie
- Herz-Kreislauf-System

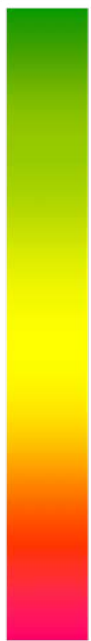
Als Schnittstelle zwischen beiden Ansätzen dient ein gemeinsames Bewertungsmodell, das die möglichen Auswirkungen der Belastungsarten auf die Zielregionen beschreibt. In **Abbildung 1** sind die Körperregionen bzw. Organsysteme dargestellt, auf die die jeweilige Belastungsart hauptsächlich einwirkt.

Ausgehend von der Annahme, dass mit zunehmender Belastungshöhe in der Regel die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von Beschwerden und Erkrankungen des Muskel-Skelett-Systems steigt, wurde ein gemeinsames Risikokzept entwickelt. Das MEGAPHYS-Risikokzept (**Abbildung 2**) definiert vier Risikokategorien mit den Bereichen geringe, mäßig erhöhte, wesentlich erhöhte und hohe Belastung. Dabei ist der jeweiligen Belastungshöhe die Wahrscheinlichkeit einer körperlichen Über-

beanspruchung und mögliche gesundheitliche Folgen zugeordnet. Zudem sind die zu ergreifenden Maßnahmen angegeben. Dieses Risikokzept war die Grundlage für die Beurteilung auf allen Verfahrensebenen.

Als Ergebnis des Gemeinschaftsprojekts MEGAPHYS stehen dem präventiven Arbeitsschutz harmonisierte und überprüfte Verfahren zur Gefährdungsbeurteilung auf den Stufen Spezielles Screening, Experten-Screening, Betriebliche Messung und Labormessung/Simulation zur Verfügung. Die unterschiedlichen Detaillierungsgrade bedienen die unterschiedlichen Erfordernisse der Praxis hinsichtlich Genauigkeit und Komplexität der Belastungsanalyse. Daneben liegen als Projektergebnis die gemeinsam definierten Bewertungsgrundlagen und das abgestimmte Risikokzept vor. Diese Ergebnisse aus MEGAPHYS kennzeichnen den aktuellen Stand der arbeitswissenschaftlichen und arbeitsmedizinischen Forschung. Sie führten zu einer Reihe von Anpassungen von Schriften und Instrumenten im Zusammenhang mit der Gefährdungsbeurteilung physischer Belastungen. Dazu gehören die Weiterentwicklungen auf der Verfahrensebene Grobscreening sowie Überarbeitungen im Rahmen der arbeitsmedizinischen Vorsorge, die im Folgenden dargestellt werden.

Abbildung 2:
MEGAPHYS Risikokzept. Quelle: [1]

Risiko	Belastungshöhe	<ul style="list-style-type: none"> • Wahrscheinlichkeit einer körperlichen Überbeanspruchung • Mögliche gesundheitliche Folgen 	Maßnahmen
	gering	<ul style="list-style-type: none"> • Eine körperliche Überbeanspruchung ist unwahrscheinlich. • Gesundheitsgefährdung nicht zu erwarten. 	Keine
	mäßig erhöht	<ul style="list-style-type: none"> • Eine körperliche Überbeanspruchung ist bei vermindert belastbaren Personen möglich. • Ermüdung, geringgradige Anpassungsbeschwerden, die in der Freizeit kompensiert werden können. 	Für vermindert belastbare Personen sind Maßnahmen zur Gestaltung und sonstige Präventionsmaßnahmen sinnvoll.
	wesentlich erhöht	<ul style="list-style-type: none"> • Körperliche Überbeanspruchung ist auch für normal belastbare Personen möglich • Beschwerden (Schmerzen) ggf. mit Funktionsstörungen, reversibel ohne morphologische Manifestation. 	Maßnahmen zur Gestaltung und sonstige Präventionsmaßnahmen sind zu prüfen.
	hoch	<ul style="list-style-type: none"> • Körperliche Überbeanspruchung ist wahrscheinlich. • Stärker ausgeprägte Beschwerden und / oder Funktionsstörungen, Strukturschäden mit Krankheitswert z. B. Chondrosen der LWS und HWS, Arthrosen, CTS. 	Maßnahmen zur Gestaltung sind erforderlich. Sonstige Präventionsmaßnahmen sind zu prüfen.

2 Weiterentwicklung von Grobscreening-Instrumenten

Im Projekt MEGAPHYS gab es zunächst keine Weiterentwicklungen auf der Verfahrensebene Grobscreening. Die gemeinsam definierten Konzepte und geprüften Instrumente der anderen Verfahrensebenen bildeten jedoch die Grundlage für die anschließenden Weiterentwicklungen auf dieser Einstiegsebene der Gefährdungsbeurteilung.

Grundsätzlich ermitteln Grobscreening-Verfahren anhand einfacher Anhaltspunkte, ob Belastungsschwerpunkte für verschiedene körperliche Belastungsarten vorliegen. Sie dienen der orientierenden Klärung, ob Handlungsbedarf besteht. Kann eine erhöhte Belastung durch eine oder mehrere Belastungsarten nicht ausgeschlossen werden, sollte z. B. mit einem Speziellen Screening detaillierter analysiert werden, ob beispielsweise „wesentlich erhöhte“ Belastungen vorliegen, die nach der Verordnung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge (ArbMedVV) [3] und Arbeitsmedizinischen Regel (AMR) Nr. 13.2 [4] das Angebot arbeitsmedizinischer Vorsorge auslösen würden (siehe auch Abschnitt 3).

Ein Verfahrensbeispiel für das Grobscreening ist die „Checkliste zur orientierenden Gefährdungsbeurteilung bei Belastungen des Muskel-Skelett-Systems“ aus der DGUV Information 208-033 [5; 6]. Diese DGUV Checkliste entstammt ursprünglich der Handlungsanleitung für zielgerichtete arbeitsmedizinische Vorsorge bei physischen Belastungen. Sie wurde zur Festlegung von Auslöseschwellen für die arbeitsmedizinische Vorsorge im Zusammenhang mit dem Berufsgenossenschaftlichen Grundsatz G 46 „Belastungen des Muskel-Skelett-Systems einschließlich Vibrationen“ zusammengestellt. Die im Jahr 2007 erstmalig vorgestellte Checkliste haben Arbeitswissenschaftler aus Forschungsinstituten, der BAuA, DGUV und Unfallversicherungsträger erarbeitet [7].

Die neuen Erkenntnisse aus MEGAPHYS haben eine Überarbeitung der DGUV Information 208-033 „Muskel-Skelett-Belastungen erkennen und beurteilen“ notwendig gemacht. Im Zuge dessen wurde im Jahr 2021 auch die DGUV Checkliste aktualisiert [8]. Die Anpassungen betrafen im Wesentlichen die Berücksichtigung aller MEGAPHYS Belastungsarten und die Angleichung der Auslösekriterien an die Beurteilungskriterien der weiterentwickelten Screening- und Messverfahren.

Ebenfalls basierend auf den Ergebnissen aus MEGAPHYS stellte die BAuA 2020 erstmals das Grobscreening-Instrument „BAuA Basis-Check und Einstiegsscreening zum Erkennen körperlicher Belastung am Arbeitsplatz und zur orientierenden Gefährdungsbeurteilung beim

Vorliegen körperlicher Belastung“ vor. Dieses BAuA-Einstiegsscreening basiert auf den in MEGAPHYS auf der Ebene Spezielles Screening neu- und weiterentwickelten sechs Leitmerkmalmethoden [9].

Sowohl die DGUV Checkliste als auch das BAuA-Einstiegsscreening zielen auf eine möglichst einfache Entscheidung, ob es an einem Arbeitsplatz erhöhte Belastungen gibt, die Maßnahmen erfordern – wie Gestaltungsmaßnahmen oder vertiefende Gefährdungsbeurteilung – oder ob derartige Belastungen nicht vorliegen. Im letzteren Fall kann damit die Gefährdungsbeurteilung bereits abgeschlossen werden. Beide Instrumente prüfen anhand einfacher Ja/Nein-Entscheidung, ob es für ein oder mehrere Kriterien der jeweiligen Belastungsart Hinweise auf erhöhte körperliche Belastungen gibt, die durch vertiefende Verfahren überprüft werden sollten. Bei der DGUV Checkliste können darüber hinaus tätigkeitsspezifische Beschwerden im Zusammenhang mit den Belastungsarten dokumentiert werden.

Beide Grobscreening-Instrumente beurteilen die körperliche Belastung bezogen auf die sechs MEGAPHYS Belastungsarten. Die DGUV Checkliste berücksichtigt zusätzlich noch Ganzkörper-Vibrationen und Hand-Arm-Vibrationen. Darüber hinaus orientieren sich beide Instrumente am vierstufigen MEGAPHYS Risikokonzent und unterscheiden sich nicht hinsichtlich ihrer Auslöseschwelle. Sie haben jeweils das prioritäre Ziel, „gelbe“ oder „rote“ Arbeitsplätze nicht fälschlicherweise als „grüne“ Arbeitsplätze einzustufen. Das heißt, Arbeitsplätze mit hohen oder wesentlich erhöhten Belastungen sollen mit hoher Sicherheit als belastet eingestuft werden. Auf der anderen Seite sollen Arbeitsplätze ohne oder mit nur geringer Belastung auch sicher als nicht belastet eingestuft werden, um keinen unnötigen Beurteilungsaufwand zu erzeugen. Daher wurde als Grenzwertbereich festgelegt, dass die Auslösekriterien im Risikobereich 2 (mäßig erhöhte Belastungen) liegen sollen.

Um zu gewährleisten, dass die Beurteilungsergebnisse von BAuA-Einstiegsscreening und DGUV Checkliste tatsächlich vergleichbar sind, führten BAuA und IFA einen gemeinsamen Harmonisierungsprozess durch. Die Instrumente wurden gegenseitig geprüft und wenn nötig angepasst. Neben der Angleichung der jeweiligen Auslösekriterien wurden auch explizit genannte Häufigkeiten, Zeitangaben oder ähnliches angeglichen. Gemeinsame Prüfkriterien für alle Belastungsarten waren Punktwerte aus den jeweiligen Leitmerkmalmethoden, Kriterien physiologischer/biomechanischer Messverfahren und Schwellen zur Anerkennung von Berufskrankheiten. Als Ergebnis liegen für alle Belastungsarten gegenseitig

als harmonisiert und zuverlässig in der Erkennung von wesentlich erhöhter und hoher Belastung anerkannte Instrumente vor.

Sowohl die (Weiter-)Entwicklung als auch die Harmonisierung von DGUV Checkliste und BAuA-Einstiegscreening fanden im Rahmen des Arbeitsprogramms Muskel-Skelett-Belastungen der aktuellen Periode der Gemeinsamen Deutschen Arbeitsschutzstrategie (GDA) statt [10]. Ebenfalls im Rahmen der GDA wurden die harmonisierten Instrumente hinsichtlich ihrer Praktikabilität durch Fachleute erprobt und für geeignet befunden, so dass sie nun zur Anwendung empfohlen werden.

3 Arbeitsmedizinische Vorsorge

Die arbeitsmedizinische Vorsorge ist ein wichtiger Baustein im präventiven Arbeitsschutz, der eng mit der Gefährdungsbeurteilung verzahnt ist. Auch Maßnahmen der arbeitsmedizinischen Vorsorge tragen dazu bei, arbeitsbedingte Erkrankungen einschließlich Berufskrankheiten frühzeitig zu erkennen und zu verhüten. Die arbeitsmedizinische Vorsorge ist in der ArbMedVV [3] geregelt.

Bezogen auf Belastungen des Muskel-Skelett-Systems sieht die ArbMedVV seit 2013 eine Angebotsvorsorge vor für „Tätigkeiten mit wesentlich erhöhten körperlichen Belastungen, die mit Gesundheitsgefährdungen für das Muskel-Skelett-System verbunden sind“ (Anhang Teil 3 Abs. 2 Nr. 4 ArbMedVV). Die ArbMedVV nennt als Tätigkeiten, die mit Gesundheitsgefährdungen für das Muskel-Skelett-System einhergehen können: Lastenhandhabung beim Heben, Halten, Tragen, Ziehen oder Schieben von Lasten, repetitive manuelle Tätigkeiten oder Arbeiten in erzwungenen Körperhaltungen im Knien, in langandauernden Rumpfbeugen oder -drehen oder in vergleichbaren Zwangshaltungen. Wann in diesen Fällen wesentlich erhöhte Belastungen anzunehmen sind, konkretisiert die AMR Nr. 13.2 „Tätigkeiten mit wesentlich erhöhten körperlichen Belastungen mit Gesundheitsgefährdungen für das Muskel-Skelett-System“.

Im Jahr 2022 wurde die AMR 13.2 in einer grundlegend überarbeiteten Fassung veröffentlicht [4]. Mit Bezug auf das Konzept der Belastungsarten und der mehrstufigen Gefährdungsanalyse aus MEGAPHYS wird die Neufassung damit begründet, dass die ursprüngliche Fassung nicht mehr dem Stand der arbeitswissenschaftlichen und arbeitsmedizinischen Forschung entsprochen habe. Die sechs Belastungsarten aus MEGAPHYS unterscheiden sich teilweise von dem im Anhang der ArbMedVV formulierten Vorsorgeanlass. Zudem fallen sie nicht alle vollständig unter den Vorsorgeanlass. Die überarbeitete

AMR 13.2 stellt klar, welche Belastungen vom Vorsorgeanlass der ArbMedVV abgedeckt werden [12].

Auch das vierstufige Risikokonzept im Anhang der AMR 13.2 wurde angepasst an die Vorlage aus MEGAPHYS (siehe Abschnitt 1). Demnach sind bei einer Exposition aus Risikobereich 3 oder 4 (wesentlich erhöhte oder hohe Belastung) vorrangig Maßnahmen zur Gestaltung der Arbeit zu prüfen (Risikobereich 3) bzw. erforderlich (Risikobereich 4) und den Beschäftigten ist arbeitsmedizinische Vorsorge anzubieten. Daneben können weitere ergänzende Präventionsmaßnahmen wie Maßnahmen der betrieblichen Gesundheitsförderung geprüft werden. Zur Prüfung der Belastungshöhe nennt die AMR 13.2 neben dem Grobscreening als ersten möglichen Schritt auch alle MEGAPHYS Verfahrensebenen.

Eine praxisnahe Hilfe für Betriebsärztinnen und -ärzte zur standardisierten Umsetzung der Vorgaben aus der ArbMedVV und aktualisierten AMR 13.2 liefert die neue DGUV Empfehlung „Muskel-Skelett-Belastungen einschließlich Vibrationen“. Sie ist Teil der neuen „DGUV Empfehlungen für arbeitsmedizinische Beratungen und Untersuchungen“, die im Jahr 2022 in erster Auflage erschienen sind und die bisherigen „DGUV Grundsätze für arbeitsmedizinische Untersuchungen“ ablösen. Die DGUV Empfehlung „Muskel-Skelett-Belastungen einschließlich Vibrationen“ hat eine neue Struktur mit Erläuterung der Anlässe für die Vorsorge und ist kompatibel zu den aktuellen Verfahren der Gefährdungsbeurteilung bei Muskel-Skelett-Belastungen. Damit sind auch hier die Ergebnisse von MEGAPHYS eingeflossen.

Literatur

- [1] MEGAPHYS – Mehrstufige Gefährdungsanalyse physischer Belastungen am Arbeitsplatz. Gemeinsamer Abschlussbericht der BAuA und der DGUV. Band 1. Hrsg.: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA), Dortmund 2019. <https://www.baua.de/DE/Angebote/Publikationen/Berichte/F2333.html>
- [2] MEGAPHYS – Mehrstufige Gefährdungsanalyse physischer Belastungen am Arbeitsplatz. Gemeinsamer Abschlussbericht der BAuA und der DGUV. Band 2. Hrsg.: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e.V. (DGUV), Berlin 2020. <https://publikationen.dguv.de/widgets/pdf/download/article/3635>

- [3] Verordnung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge vom 18. Dezember 2008 (BGBl. I S. 2768), zuletzt geändert durch Artikel 1 der Verordnung vom 12. Juli 2019 (BGBl. I S. 1082). https://www.bmas.de/SharedDocs/Downloads/DE/Publikationen/a453-arbeitsmedizinischen-vorsorge.pdf?__blob=publicationFile&v=1
- [4] Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA): AMR Nr. 13.2 „Tätigkeiten mit wesentlich erhöhten körperlichen Belastungen mit Gesundheitsgefährdungen für das Muskel-Skelett-System“. Bekanntmachung in: GMBI Nr. 7, 25. Feb. 2022, S. 154. <https://www.baua.de/DE/Angebote/Rechtstexte-und-Technische-Regeln/Regelwerk/AMR/AMR-13-2.html>
- [5] DGUV Informationen: Muskel-Skelett-Belastungen – erkennen und beurteilen (208-033). Hrsg.: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung, Berlin 2022. <https://publikationen.dguv.de/widgets/pdf/download/article/458>
- [6] Anhang 1 der DGUV Information 208-033: Orientierende Gefährdungsbeurteilung bei Belastungen des Muskel- und Skelettsystems. Hrsg.: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung, Berlin 2023. https://publikationen.dguv.de/media/pdf/3f/59/ee/208-033_Anhang_1_Checkliste_2023.pdf
- [7] *Hartmann B.; Ellegast R.; Schäfer K.; Hecker C.; Kusserow H.; Steinberg U.* et al.: Eine Checkliste zur Prüfung des Angebots arbeitsmedizinischer Vorsorge bei körperlichen Belastungen des Muskel-Skelett-Systems. *Arbeitsmedizin Sozialmedizin Umweltmedizin* 42 (2007), S. 499-507
- [8] *Hartmann, B.; Weber, B.; Ellegast, R.P.; Jäger, M.; Schick, R.; Spallek, M.*: Die „Checkliste 2021“ für physische Belastungen bei der Arbeit. Eine überarbeitete Hilfe zur Beurteilung körperlicher Belastungen. *Zentralblatt für Arbeitsmedizin, Arbeitsschutz und Ergonomie* 71 (2021), S. 144-156
- [9] BAuA-Basis-Check zum Erkennen körperlicher Belastung am Arbeitsplatz und Einstiegsscreening zur orientierenden Gefährdungsbeurteilung beim Vorliegen körperlicher Belastung. Hrsg.: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA), Dortmund 2022. https://www.baua.de/DE/Themen/Arbeitsgestaltung-im-Betrieb/Physische-Belastung/Leitmerkmalmethode/Leitmerkmalmethode_node.html
- [10] Arbeitsprogramm “Muskel-Skelett-Belastungen” (AP MSB) der 3. Periode der Gemeinsamen Deutschen Arbeitsschutzstrategie (GDA). https://www.gda-portal.de/DE/GDA/3-GDA-Periode/AP-MSB/AP-MSB_node.html
- [11] *Baars, S.*: Die neue AMR 13.2: Arbeitsmedizinische Vorsorge bei Belastungen des Muskel-Skelett-Systems. *Arbeitsmedizin Sozialmedizin Umweltmedizin* 58 (2023). <https://www.asu-arbeitsmedizin.com/praxis/arbeitsmedizinische-regeln-die-neue-amr-132-arbeitsmedizinische-vorsorge-bei-belastungen-des>
- [12] Belastungen des Muskel- und Skelettsystems einschließlich Vibrationen. In: DGUV Empfehlungen für arbeitsmedizinische Beratungen und Untersuchungen. 1. Aufl. Stuttgart: Gentner, 2022

Gestaltung neuer Arbeitsformen

Ergonomisch und kreativ arbeiten – Coworking-Space am IAG

Thomas Fietz

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

Kurzfassung

Am Institut für Arbeit und Gesundheit (IAG) in Dresden wurde ein Kreativraum/Coworking-Space für Mitarbeitende, externe Dozentinnen und Dozenten sowie Partnerinnen und Partner des IAG realisiert. Dieser Ort soll Büroarbeit, Workshops, Meetings, Socializing, Zusammenarbeit, Rückzugsmöglichkeiten, Recherche, Netzwerken, Kreativität und Austausch dienen. In den Räumen der ehemaligen Bibliothek am IAG wurden dazu zwei Räume und ein Flur(-anteil) entsprechend umgebaut. Vorgestellt wird das Gestaltungskonzept einschließlich Möblierung, das die vielfältigen Nutzungswünsche einschließt. Kriterien für die Planung des Kreativraums sind: Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit, insbesondere ergonomische Gestaltung, praktische Nutzbarkeit, Variabilität und Nachhaltigkeit.

1 Was ist die „Neue Normalität“?

Die Arbeitswelt ist permanent im Wandel, wobei insbesondere die Orts- und Zeitflexibilität allgemein und bei der Büroarbeit im Besonderen zugenommen hat. Die Corona-Pandemie hat dabei im Jahr 2020 als Beschleuniger dieser Entwicklung gewirkt. „Während vor dem Ausbruch der Pandemie nur vier Prozent der Beschäftigten außerhalb des Betriebs arbeiteten, waren es im April mehr als ein Viertel und im Juni immer noch 16 Prozent“ [2]. Vor diesem Hintergrund hat auch die Arbeit in sogenannten Coworking-Spaces zugenommen. Wobei diese nicht allein die Orts- und Zeitflexibilität fördern, sondern auch den Austausch und die Kreativität [3]. Das IAG hat daher im Januar 2020 die Arbeitsgruppe „Flexible Arbeitsräume am IAG“ gegründet mit der Maßgabe, einen Kreativraum respektive Coworking-Space zu schaffen.

Die Räume sollten die „Neue Normalität“ [1] widerspiegeln bzw. helfen, sie mitzugestalten. Gemeint ist eine hohe örtliche und zeitliche Flexibilität in unterschiedlichen Räumen in der Arbeitswelt. In einem Bürowirtschaftsblog mit dem Namen „Office Dealzz“ [4] werden zehn Thesen zum „New Normal“ der Arbeitswelt genannt. Darunter findet man die These #1 „Die Zeit der Standard-Büros ist vorbei“ und die These #3 „Der perfekte Arbeitsplatz kann überall sein“. Und unter These #5 „Mensch im Mittelpunkt“ steht die Forderung, dass es wichtig ist, Arbeitsabläufe und -plätze gemeinsam zu gestalten. Doch was bedeutet das für Büroarbeitsplätze, die ja nicht nur kreativ, flexibel und vielseitig sein sollen, sondern auch sicher und gesund?

Zuerst gilt es, das Konzept Coworking einzuordnen. Dies ist weniger eine randscharfe Arbeitsform als vielmehr ein flexibler Arbeitsrahmen, der durch die Arbeitsdauer, Arbeitsaufgabe und Arbeitsumgebung beschrieben werden kann. Daher fallen einige Aspekte von Coworking unter normale Büroarbeit im Betrieb und andere eher unter mobile Büroarbeit. Während die normale Büroarbeit gut geregelt ist, unterliegt die mobile Arbeit keiner spezifischen Regulierung. Letztere ist gekennzeichnet durch die räumliche Trennung von Betriebsstätte und Arbeitsort und durch eine Abgrenzung von Telearbeit, die ähnlich wie normale Büroarbeit geregelt ist. Homeoffice ist dabei der weit verbreitete Sonderfall, wenn mobile Arbeit im privaten Umfeld gemeint ist ohne die Regelungen von Telearbeit.

Obwohl mobile Arbeit keiner speziellen Regelung unterliegt, haben Arbeitgebende Fürsorgepflichten. Im Mittelpunkt stehen dabei die Schutzziele des Arbeitsschutzgesetzes mit der Verpflichtung der Arbeitgebenden zur Ermittlung der Arbeitsbedingungen. Es müssen daher eine Gefährdungsbeurteilung und ggf. entsprechende Arbeitsschutzmaßnahmen durchgeführt werden. Wird eine beschäftigte Person vom Betrieb in einen Coworking-Space entsendet, gelten die Verpflichtungen der Arbeitgebenden wie im Homeoffice. „Die Verantwortung für Sicherheit und Gesundheit obliegt demjenigen bzw. derjenigen, der bzw. die ein Unternehmen in der Arbeitsstätte betreibt und in der Regel die Verantwortung für Beschäftigte innehat“ [5]. Für (Solo-)Selbstständige, die eine große Gruppe der Coworking-Space-Nutzenden darstellen, gibt es nur Empfehlungen.

Da der Begriff Coworking-Space kein feststehendes Konzept beinhaltet, gibt es eine große Bandbreite an inhaltlichen, räumlichen und kulturellen Konzepten. Ursprünglich entstanden Coworking-Spaces in den 1990er-Jahren aus den Hacker-Spaces in den USA, wo es darum ging, Hardware und Wissen zu teilen und gemeinsame Projekte zu bearbeiten [6]. Der daraus entstandene Community-Gedanke ist immer noch ein wichtiger Aspekt für Coworking-Spaces. Es geht also nicht nur um einen Arbeitsraum mit Büroinfrastruktur, sondern um das gemeinschaftliche Nutzen und Vernetzen in einer flexiblen Arbeitsumgebung sowie um Orte, die kreatives Arbeiten in Teams fördern sowie zwangloses Socializing.

Das IAG stellt nun diesen gemeinschaftlich nutzbaren Ort für flexibles Arbeiten zur Verfügung. Dabei ist der Coworking-Space nicht nur ein räumliches Angebot für einen temporären Arbeitsplatz, sondern auch ein Ort für

Netzwerken, kreatives Zusammenarbeiten, Entspannen, Unterhalten und konzentrierte Bürotätigkeit.

Erste Ideen für das Konzept wurden von einer Arbeitsgruppe bei einem Ortstermin in der Sächsischen Landes- und Universitätsbibliothek gesammelt, wo es eine Vielzahl an kreativen Arbeitsorten gibt. Dazu gehören offene und geschlossene Meeting-Räume, ein Makerspace, wo auch dreidimensionale Ideen in einem Drucker realisiert werden können, sowie Café-Ecken, Sitzgruppen und Loungemöbel, die zum Entspannen und gemeinsamen Gespräch einladen. Inspiriert haben dabei nicht nur die Vielfalt der Raumkonstellationen, sondern auch der Umgang mit der vorhandenen Bausubstanz. So sind teilweise originelle Raum-in-Raum-Ideen entstanden, die einen großen hallenartigen Raum gegliedert und abgeschirmte Kleinräume geschaffen haben.

Der ergonomische Anspruch für den Coworking-Space am IAG soll sich danach bemessen, welcher Arbeits-Lebens-Raum für welche Tätigkeit angeboten werden sollte und wie lange die durchschnittliche Verweildauer in dieser Arbeitssituation ist. Ein guter Rahmen und Leitlinie sind die vom Fachbereich Verwaltung der DGUV herausgegebenen FBVW-401 [7] und FBVW-402 [8] zum ergonomischen Arbeiten im Hotel bzw. im Homeoffice. Hier wird jeweils unterschieden zwischen einer minimalen Lösung für eine kurze Arbeitszeit, wie das Bearbeiten von E-Mails, und einer optimalen Ausstattung für den normalen Arbeitseinsatz im Büro. Es ist nachvollziehbar, dass man für kurze Zeit auch an einem Arbeitsplatz arbeiten kann, an dem nicht alles individuell einstellbar ist, und es ist sicherlich gut, wenn man die Wahl hat, wie und wo man für welchen Zeitraum arbeiten möchte.

Im Laufe der zweijährigen Entwicklungs- und Realisierungsphase hat sich schließlich neben den Bezeichnungen „Flexible Arbeitsräume am IAG“ und „Kreativraum“ der Begriff Coworking-Space etabliert. Das mag daran liegen, dass der Begriff Coworking-Space bekannt ist und als Thema in der Arbeitswelt in den letzten Jahren viel Beachtung erfahren hat. Zu Beginn des Projektes wurde nach einem geeigneten Ort für einen Coworking-Space am IAG gesucht. Da anfangs alle Büroflächen am Standort in Nutzung waren, wurde darüber nachgedacht, einen freistehenden Coworking-Pavillon auf dem Gelände des IAG zu errichten. Ein Neubau auf dem Gelände wäre allerdings eine Herausforderung für den Denkmalschutz gewesen. Zudem hätte ein Neubau aufwändig mit Ver- und Entsorgungstechnik erschlossen werden müssen, sodass das Verhältnis von Aufwand und Nutzen fraglich geworden wäre.

Nach Abwägen der Herausforderungen und Chancen eines freistehenden Pavillons, wurde entschieden, den

Coworking-Space in die vorhandene Bausubstanz zu integrieren. Dafür boten sich ca. 120 qm Fläche in zwei leerstehenden Räumen inklusive Vorraum an, die kostengünstig und flexibel umgestaltet werden konnten. Der Coworking-Space sollte nun mitten im Gebäudeensemble zu finden und damit gut erreichbar für alle Mitarbeitenden und Gäste des IAG sein.

2 Projektrahmen Coworking-Space

Das Projekt wurde „Kreativ- und Coworking-Space“ genannt, weil es besser sichtbar macht, welches breites Spektrum an Möglichkeiten bzw. Tätigkeiten hier entstehen sollten. Im Mittelpunkt steht dabei immer die Auseinandersetzung mit Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit. Das heißt, die Variabilität und Originalität müssen sich mit der ergonomischen Qualität und praktischen Nutzbarkeit ergänzen. Dabei sollen Freiräume für Kreativität und Wohlbefinden entstehen und achtsames Arbeiten sowohl im Team als auch am Einzelarbeitsplatz befördert werden. Ein weiteres Thema, das im Laufe der Projektentwicklung hinzukam, ist die Nachhaltigkeit. Es wurde im Planungsprozess mehr denn je darauf geachtet, möglichst wenig Ressourcen während der Bauphase, bei der Wahl der Materialien und Einrichtungsgegenständen sowie im Betrieb zu verbrauchen.

Zu Beginn der Planung wurde analysiert, welche Möglichkeiten die Räume der alten Bibliothek boten und welche Ressourcen nachgenutzt werden konnten. Die ehemalige Zentrale der Bibliothek bot viel Platz und Licht für einen zukünftigen Ort, der viele Funktionen übernehmen konnte und versprach einen hohen Aufenthaltswert insbesondere für kleinere Gruppen. Der ehemalige Raum für Publikationswesen hingegen eignete sich insbesondere für ruhigeres und konzentriertes Arbeiten in einem abgeschlossenen Bereich. Der Eingangsbereich war ein dunkler Flur mit einem Kopierer und sollte ohne großen Aufwand zu einem Treffpunkt und Pausenraum erweitert werden.

3 Studierendenwettbewerb

Da Coworking-Spaces insbesondere von jüngeren Menschen inspiriert wurden, die noch in der Ausbildung sind oder am Anfang des Berufslebens, hat die Projektgruppe Kontakt zu Studierenden aufgenommen und im Rahmen einer Kooperation mit der Brandenburgisch-Technischen Universität Cottbus einen Wettbewerb unter Architekturstudierenden organisiert. Im Ergebnis konnten die Studierenden zeigen, wie vielfältig die vorhandenen Räume genutzt werden können. Besonders interessant waren die Vorschläge für flexible Möbel, die die Räume in verschiedene Arbeitslandschaften verwandeln könnten, oder

die Begrünung der Arbeitsräume als Raumgestaltungs- mittel und als wichtigen Wohlfühlaspekt in einer büro- ähnlichen Arbeitsumgebung. Auch modulartige Möbel und Raum-in-Raum-Ideen sollten in das Konzept für den Coworking-Space am IAG aufgenommen werden.

4 Ideensammlung

Die Planungsleistungen wurden nun einem Architektur- büro aus Dresden übertragen und eine Ideensammlung (**Abbildung 1**) an die Hand gegeben. Diese Sammlung an Gestaltungsideen war eine skizzierte Wunschliste. Die Liste durfte und sollte vom Planungsbüro geändert und/ oder ergänzt werden. Der Basisentwurf war damit aller- dings schon vorhanden und ist in dem realisierten Projekt gut sichtbar.

Im Eingangsbereich sollte durch eine Aufweitung ein Pausenraum mit Teeküche mit der Möglichkeit für „Küchengespräche“ entstehen. Ein Raum wurde als Still- arbeitsraum mit dem Angebot, ungestört auch mal eine Ruhepause einzulegen, vorgeschlagen. Der Hauptraum sollte in kleinere Arbeitsbereiche und ein abschließbares Einzelbüro unterteilt werden.

5 Entwurf Architekturbüro KKS

Daraus entstand der Entwurf (**Abbildung 2**) des Archi- tekturbüros KKS mit neuen Räumen, die entsprechende Arbeitstitel erhielten. Der Eingangsbereich bekam den Titel „Meet“. Es sollte durch die Lage und durch die tech- nischen Voraussetzungen ein Treffpunkt werden, wo eine kleine Küchenzeile Möglichkeiten für die Zubereitung von Kaffee, Tee und die Ausgabe von Wasser bietet. Das ehe-

malige Zeitschriftenlager erhielt den Titel „Work“. Hiermit sind die zukünftigen Einzelarbeitsplätze für Stillarbeit gemeint. Und der Hauptraum wurde mit „Exchange/ Lounge“ betitelt, wo Arbeit in Kleingruppen möglich sein, aber auch eine gemütliche Sitzgruppenatmosphäre den gedanklichen Austausch befördern sollte. In diesen großen Raum wurde ein Einzelbüro eingebaut, wo kon- zentriertes Arbeiten bzw. ein temporärer Aufenthalt für Studien- und Stillarbeitszwecke möglich ist. Alle Entwurfs- details wurden innerhalb der Arbeitsgruppe „Kreativ- und Coworking-Space“ diskutiert und mit den Experten und Expertinnen im Haus für Beleuchtung, Ergonomie, Schall und technische Infrastruktur abgestimmt.

6 Meet

Im Detail sollen in der Meet-Area (**Abbildung 3**) ein Was- seranschluss und eine Trinkstation zur Verfügung stehen. Ein einfaches Möbel in der Mitte des Raumes funktioniert als Theke und Treffpunkt zu „Küchen-Gesprächen“. Hier kann man ein Getränk zu sich nehmen und stört dabei niemanden in den anderen Räumen, da der Bereich durch Türen abgeschlossen ist. Der Raum und die eingebauten Möbel sind, wie alle anderen Räume, barrierefrei gestaltet und großzügig dimensioniert.

7 Work

In der Work-Area (**Abbildung 4**) wurde Platz für ortsflexible Einzelarbeitsplätze, Lagermöglichkeiten, eine Schlaf- koje und Sitzmodule, sogenannte X-Bricks, vorgesehen. Mit den Modulen können die unterschiedlichsten Sitz- kombinationen und Raumelemente geschaffen werden, die für Meetings, Seminare und viele kreative Möglichkeiten

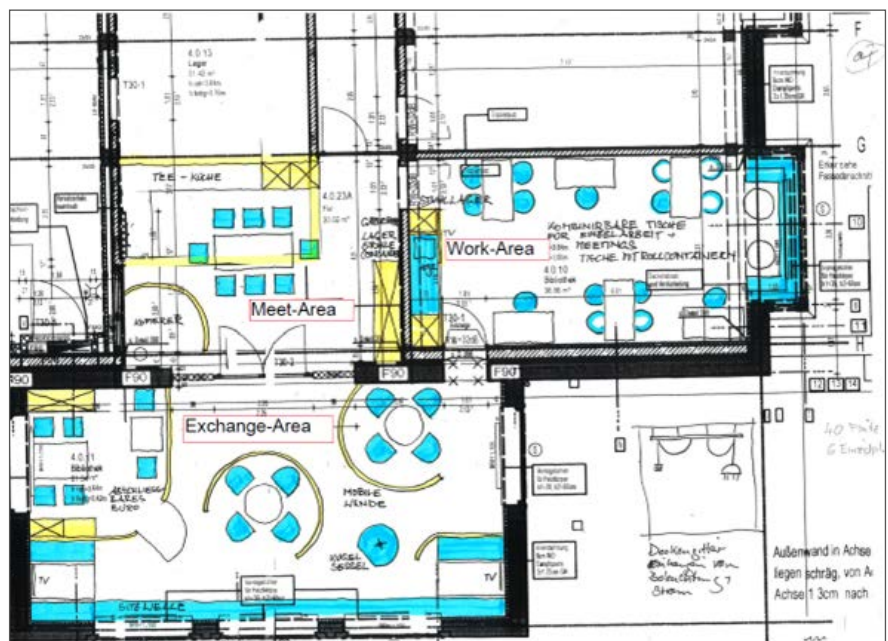


Abbildung 1: Ideensammlung für den Entwurf zum Coworking-Space. Quelle: T. Fietz

nutzbar sind. Die Schlafkoje kann mit einem lichtdichten Vorhang verdunkelt werden und bietet Ruhe sowie einen guten Sichtschutz für eine entspannte Pause.

8 Exchange

In der Exchange-Area (**Abbildung 5**) sind verschiedene Loungemöbel vorgesehen, die man zu Sitzgruppen zusammenstellen kann. Stellwände verringern störende Geräusche, bieten Sichtschutz und stellen eine angenehme Arbeitsatmosphäre her. An der Stelle mit dem geringsten Tageslicht ist eine Multimediawand vorgesehen. Hier könnten z. B. mobile Endgeräte für Präsentationen angeschlossen werden. Im Einzelbüro ist Platz für einen Tisch für bis zu vier Personen bzw. für einen voll ausgestatteten Einzelarbeitsplatz.

9 Nachhaltigkeit

Alle Materialien sind nach Möglichkeit Naturmaterialien, z. B. Wolle in den Möbelbezügen und Linoleum in der Meet- und Work-Area, oder recycelte Kunststoffe, wie im Teppich in der Exchange-Area. Aus Kosten- und Pflegegründen aber auch aus Gründen der Mobilität sollen Pflanzen in pflegeleichten Hydrokulturgefäßen aufgestellt werden. Zudem soll jeweils eine Wand des Raumes mit wandhohen grünen Wanddekoren gestaltet werden. Beide Aspekte sollen den Wohlfühlfaktor in allen Bereichen erhöhen. Das Projekt Kreativ- und Coworking-Raum ist bezugsfertig und kann eingesetzt werden. Es ist davon auszugehen, dass es eine Erprobungsphase gibt, in der ausgewertet werden sollte, welche Aspekte im Coworking-Space geändert und verbessert werden können.

In jedem Fall ist hier ein Raum für kreative Zusammenarbeit vorhanden, wo verschiedene Arbeitssituationen mit unterschiedlichen Ausstattungsvarianten ausprobiert werden können. Gleichzeitig kann Hilfestellung geleistet werden, wie dies gesund und sicher zu bewerkstelligen ist. Eine gute Grundlage ist hier der Check-Up Homeoffice [9], der am IAG entwickelt wurde. Er ist eine universelle Handreichung bzw. Orientierung, wie Büroarbeit sicher und gesund an jedem Ort gestaltet werden kann. Mit diesem Wissen und einem Mindestmaß an Sicherheits- und Gesundheitskompetenz stellt der Coworking-Space am IAG eine gute Möglichkeit dar, neue Arbeitsformen in der Praxis sicher und gesund auszuprobieren.

Literatur

- [1] Denkipulse zum „New Normal“. Hrsg.: Initiative D21 e. V., Berlin. <https://initiated21.de/studien-und-publikationen/denkipulse-new-normal/>
- [2] Praxistipp: Zeit- und ortsflexibles Arbeiten. Hrsg.: Hans Böckler Stiftung, Magazin Mitbestimmung, Ausgabe 5/2020. <https://www.boeckler.de/de/magazin-mitbestimmung-2744-zeit-und-ortsflexibles-arbeiten-27771.htm>
- [3] Trend Coworking Spaces: Entwickelt sich ein neues Arbeitsmodell? Hrsg.: Münstersche Zeitung, Sonderveröffentlichung vom 06.09.2022. <https://www.muensterschezeitung.de/leben-und-erleben/ratgeber/karriere/trend-coworking-spaces-entwickelt-sich-ein-neues-arbeitsmodell-2625038?&npg>

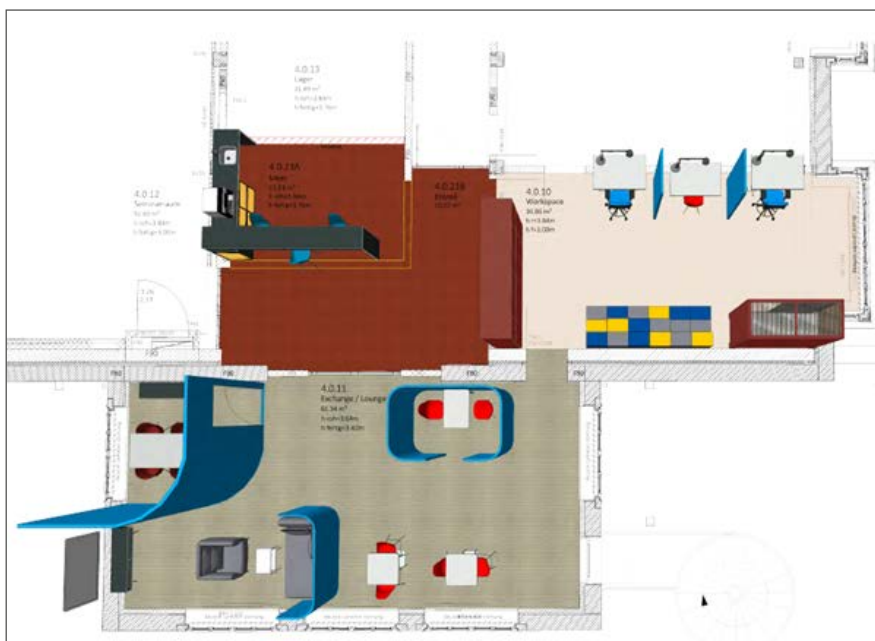


Abbildung 2:
Entwurf des Architekturbüros KKS zum
Coworking-Space. Quelle: KKS Archi-
tektur + Gestaltung

- [4] 10 Thesen zum New Normal der Arbeitswelt. Hrsg.: Office Dealzz, Der Bürowirtschaftsblog, 31. August 2021. <https://office-dealzz.office-roxx.de/10-thesen-zum-new-normal-der-arbeitswelt/>
- [5] Sicherheit und Gesundheit in Coworking Spaces. Hrsg.: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Berlin 2022. <https://publikationen.dguv.de/widgets/pdf/download/article/4427>
- [6] How coworking got started: The Timeline. Hrsg.: CreativDensity. <https://www.creativedensity.com/a-brief-history-of-coworking/>
- [7] Mobiles Arbeiten in Hotels (FBVW-401). Hrsg.: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Berlin 2020. <https://publikationen.dguv.de/widgets/pdf/download/article/3726>
- [8] Arbeiten im Homeoffice – nicht nur in der Zeit der SARS-CoV-2-Epidemie (FBVW-402) Hrsg.: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Berlin 2022. <https://publikationen.dguv.de/widgets/pdf/download/article/3925>
- [9] CHECK-UP Homeoffice – Langversion. Hrsg.: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Berlin 2021. <https://publikationen.dguv.de/widgets/pdf/download/article/4018>



Abbildung 3:
Baustellenbild Meet-Area.
Quelle: T. Fietz



Abbildung 4:
Baustellenbild Work-Area.
Quelle: T. Fietz



Abbildung 5:
Baustellenbild Exchange-Area.
Quelle: T. Fietz

Ergonomie im Homeoffice und Zoom-Fatigue – Handlungshilfen

Susan Freiberg

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

Kurzfassung

Bedingt durch die Corona-Pandemie arbeiteten viele Beschäftigte im Homeoffice. Aber auch zukünftig wird es viele geben, die zumindest zeitweise diese Form der Arbeit nutzen, denn Homeoffice hat sich breit bewährt. Die Ausstattung des Arbeitsplatzes zu Hause ist oft nicht mit der im Büro der Dienststätte vergleichbar. Auch die Rahmenbedingungen sind unterschiedlich. Das Institut für Arbeit und Gesundheit der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IAG) hat einen Check-up Homeoffice erstellt, der Führungskräften und Beschäftigten zeigen soll, wie der Arbeitsplatz zu Hause ergonomisch gestaltet werden kann, um auch hier längerfristig sicher und gesund arbeiten zu können. Weitere Handlungshilfen sind der Check-up und die Praxishilfe Zoom-Fatigue. Diese bieten Hinweise und Gestaltungstipps, wie Zoom-Fatigue, ein durch häufige Videokonferenzen auftretendes Phänomen, reduziert werden kann.

1 Hintergrund

Pandemiebedingt arbeiteten von einem auf den anderen Tag viele Personen im Homeoffice. Neben der ergonomischen Ausstattung des Arbeitsplatzes stellte das Homeoffice viele weitere Herausforderungen an die Beschäftigten und Führungskräfte. Zum Beispiel galt es zu klären:

- Ist die Arbeitsaufgabe für Homeoffice geeignet?
- Sind die technischen Voraussetzungen, wie ein leistungsfähiger Internetzugang sowie geeignete Hard- und Software, vorhanden?
- Wie steht es um das Selbstmanagement, werden die Pausen eingehalten und regelmäßig Bewegung eingeplant?

Aber auch Aspekte der Arbeitsorganisation, die insbesondere im Homeoffice eine Rolle spielen, sind zu beachten, zum Beispiel:

- Sind Arbeit und Privatleben, beispielsweise durch einen separaten Arbeits- und Wohnbereich, getrennt?
- Ist ein konzentriertes und zielgerichtetes Arbeiten möglich?

- Wird eine arbeitsbedingte Erreichbarkeit außerhalb der Arbeitszeit vermieden?
- Ist ein regelmäßiger fachlicher und sozialer Austausch mit Vorgesetzten sowie Kolleginnen und Kollegen möglich?

Wie Befragungen ergaben, berichteten die im Homeoffice tätigen Personen darüber hinaus, dass sie mitunter länger arbeiten, das heißt mehr Überstunden machen, die Pausen verkürzen oder gar nicht einhalten, auch mal am Abend oder am Wochenende arbeiten, sich seltener krankmelden und bei kleinen gesundheitlichen Beeinträchtigungen weiterarbeiten. Des Weiteren gaben sie an, dass sie höhere Anforderungen an die Erreichbarkeit, auch außerhalb der Arbeitszeit, erleben, weniger soziale Interaktion mit Kolleginnen und Kollegen sowie Vorgesetzten haben und das Abschalten nach der Arbeit bzw. nicht mehr an die Arbeit zu denken, schwerfällt [1]. Ebenso leiden sie häufiger unter Rückenschmerzen und bewegen sich weniger.

Homeoffice gilt als eine spezielle Form des mobilen Arbeitens und unterliegt den Regelungen des Arbeitsschutzgesetzes und des Arbeitszeitgesetzes. Konkrete Regelungen wie bei Telearbeit gibt es derzeit nicht [2]. Aber auch im Homeoffice ist es notwendig, die Arbeitsbedingungen so zu gestalten, dass Gesundheit und Leistungsfähigkeit der Beschäftigten erhalten bleiben. Das IAG hat Handlungshilfen entwickelt, die bei der Gestaltung der Arbeit im Homeoffice unterstützen.

2 Handlungshilfe Check-up Homeoffice – Kurz- und Langversion

Der Check-up Homeoffice enthält Empfehlungen für Beschäftigte und Führungskräfte, wie Arbeit im Homeoffice gesund und sicher gestaltet werden kann. Er kann bei der Beurteilung der Arbeitsbedingungen sowie zur Unterweisung im Homeoffice genutzt werden, ist aber nicht als eigenständige Gefährdungsbeurteilung zu betrachten. Der Check-up Homeoffice wurde in Absprache mit dem Sachgebiet Büro des Fachbereichs Verwaltung der DGUV vom IAG entwickelt. Den Ausgangspunkt bildete ein ergonomisch gestalteter Arbeitsplatz im Büro der Dienststätte. Daraufhin wurde überlegt, was davon auf die Arbeit im Homeoffice übertragen werden könnte. Nicht alle Parameter sind im Homeoffice umsetzbar, dennoch gilt es auch hier, ergonomisch zu gestalten. Welche

entsprechenden Maßnahmen umgesetzt werden können, zeigt der Check-up Homeoffice. Er umfasst folgende fünf Bereiche:

- Arbeitsmittel
- Arbeitsplatz
- Arbeitsumgebung
- Arbeitsaufgabe
- Arbeitsorganisation

Diese fünf Bereiche enthalten jeweils Unterpunkte, beispielsweise beinhaltet der „Arbeitsplatz“ die Ausstattung und Nutzung von Arbeitstisch und Arbeitsstuhl. Ein weiteres Beispiel: Unter „Arbeitsorganisation“ werden Aspekte zur Trennung von Arbeit und Privatleben, zu Arbeitsablauf und Arbeitszeit sowie zur Kommunikation aufgeführt. (Abbildung 1).

Bei der Nutzung des Check-up Homeoffice werden zunächst alle fünf Bereiche mit ihren Unterpunkten gewissenhaft ausgefüllt. Sind einige Punkte nicht erfüllt, sind entsprechende Maßnahmen zu ergreifen. Teilweise können sich die Beschäftigten selbst helfen, zum Beispiel bei der richtigen Aufstellung des Bildschirms oder bei der Einhaltung von Pausen. Meist ist aber eine Unterstützung durch die Vorgesetzten notwendig und rat-

sam. Dabei geht es um die Verhältnisse, beispielsweise wie der Arbeitsplatz ausgestattet ist, aber auch um das Verhalten der Beschäftigten, wie bei der Nutzung von Arbeitsmitteln. Zum einen können Informationsangebote seitens des Arbeitgebenden helfen. Zum anderen müssen Beschäftigte und Führungskräfte miteinander kommunizieren und sich über die konkreten Arbeitsbedingungen im Homeoffice austauschen, um passende Lösungsmöglichkeiten zur Gestaltung eines gesunden und sicheren Arbeitsplatzes zu finden. Diese Kommunikation zur Einschätzung des Arbeitsplatzes im Homeoffice erfolgt oft auf Distanz. Beschäftigte wie Vorgesetzte müssen somit Sicherheits- und Gesundheitsrisiken selbst einschätzen, um entsprechende Gestaltungsmaßnahmen zu kennen und umsetzen zu können. Das heißt, es ist eine deutlich höhere Selbststeuerung und Selbstorganisation erforderlich – Sicherheits- und Gesundheitskompetenz muss auf beiden Seiten, bei Arbeitnehmenden wie Arbeitgebenden, vorhanden sein und auch gefördert werden.

Der Check-up Homeoffice umfasst eine Kurz- und eine Langversion. Die Kurzversion [3] präsentiert die Empfehlungen zu den oben genannten Bereichen auf einen Blick. Die Langversion [4] enthält zusätzliche Erläuterungen, Tipps zur Gestaltung und weiterführende Links (Abbildung 2).

Die erste Version des Check-up Homeoffice wurde evaluiert. Anschließend wurde diese entsprechend den Ergebnissen der Evaluation aktualisiert. Die aktuelle Version der Kurz- und Langversion 6/2022 steht in deutscher und

Abbildung 1: Check-up Homeoffice – Kurzversion. Quelle: IAG

englischer Sprache [5, 6] online in der Publikationsdatenbank der DGUV zur Verfügung.

3 Handlungshilfe Check-up Zoom-Fatigue und Praxishilfe

Mobiles Arbeiten, und somit auch das Arbeiten im Homeoffice, bedeutet Kommunizieren auf Distanz. Besprechungen, Seminare, Workshops und Veranstaltungen finden oft digital statt. Das hat Vorteile, zum Beispiel können Reisezeit und -kosten eingespart werden. Die Treffen lassen sich teilweise kurzfristig organisieren. Aber es bringt auch Nachteile mit sich. Durch die zunehmenden Videokonferenzen leiden immer mehr Menschen an Ermüdung und Erschöpfung, genannt Zoom-Fatigue. Der Begriff vereint stellvertretend für eine bekannte Software für Onlinekonferenzen den Namen „Zoom“ mit dem aus dem Französischen stammenden Wort „Fatigue“, das Müdigkeit oder Erschöpfung bedeutet. Neben einem möglichst ergonomisch ausgestatteten Arbeitsplatz im Homeoffice sind auch weitere Aspekte bei der Teilnahme an längeren Videokonferenzen oder Onlineveranstaltungen von Bedeutung.

Das IAG hat eine Praxishilfe Zoom-Fatigue (Abbildung 3) erstellt, die über Ursachen und Symptome von Zoom-Fatigue informiert sowie Hilfestellung gibt, wie Videokonferenzen vorbereitet und durchgeführt werden sollten,

um Müdigkeit und Erschöpfung zu reduzieren. Dazu gehören zum Beispiel folgende Tipps [7]:

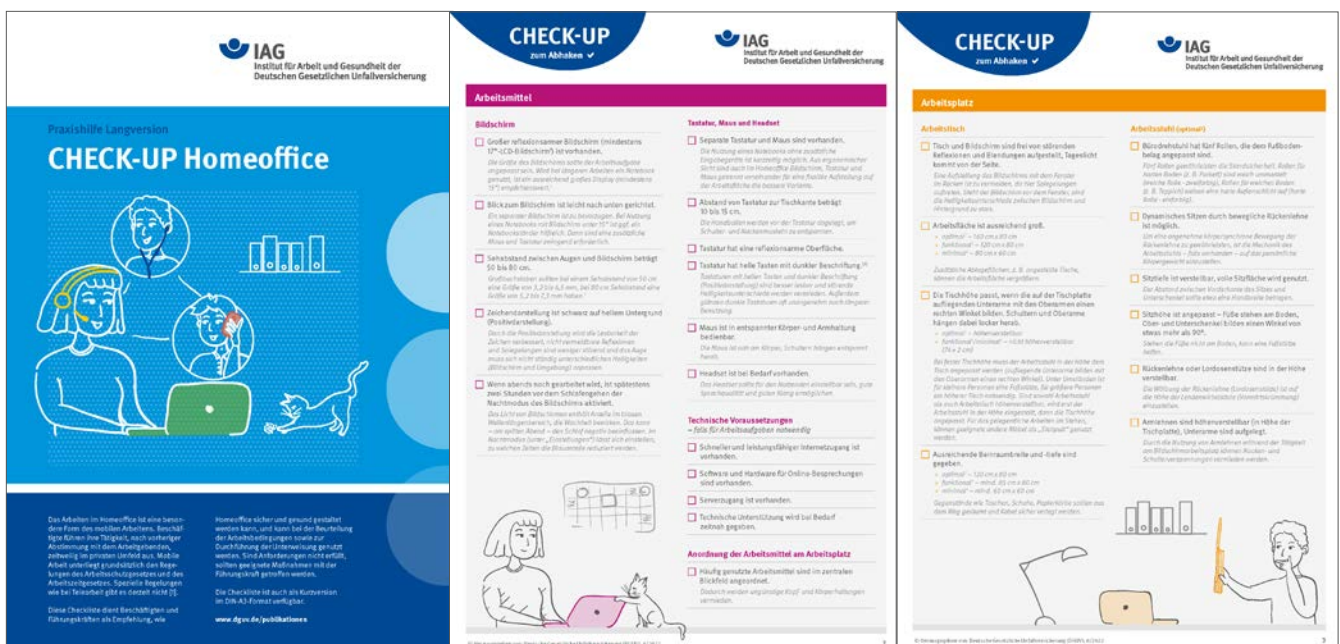
- Pausen während des Meetings machen,
- Pausen zwischen den Meetings machen,
- für eine gute Moderation sorgen,
- weniger virtuelle Meetings ansetzen,
- kürzere Meetings planen.

Diese und weitere Tipps sind auch im Check-up Zoom-Fatigue (Abbildung 3) des IAG zu finden. Außerdem enthält der Check-up einen Fragebogen, anhand dessen das eigene Verhalten bei der Vorbereitung und Durchführung von Videokonferenzen reflektiert werden kann [8]. Auch hier ist die eigene Verantwortung gefragt; die Sicherheits- und Gesundheitskompetenz spielt eine große Rolle. So können individuell gesundheitsgefährdende Faktoren erkannt und Arbeitsabläufe sicher und gesund gestaltet werden.

4 Fazit

Inzwischen wurden viele Erfahrungen zur Arbeit im Homeoffice gesammelt. Beschäftigte nutzen die positiven Effekte, wie die Flexibilität, ungestörtes Arbeiten, Ver-

Abbildung 2: Ausschnitte aus der Langversion des Check-up Homeoffice. Quelle: IAG



meidung von Fahrtzeiten und die stärkere Vereinbarkeit von Beruf und Familie. Für Unternehmen zahlt sich die erhöhte Produktivität dank zufriedener und engagierter Beschäftigter aus. Das heißt, Homeoffice hat sich bewährt und wird auch in Zukunft fester Bestandteil der Arbeitswelt bleiben. Aber auch mögliche negative Effekte müssen im Blick behalten werden. Der Arbeitsplatz, die Arbeitsabläufe sowie Rahmenbedingungen sind, wie auch im Büro der Dienststätte, so zu gestalten, dass längerfristig die Gesundheit und Leistungsfähigkeit aller erhalten bleibt. Die Handlungshilfen des IAG, der Check-up Homeoffice sowie der Check-up Zoom-Fatigue mit Praxishilfe unterstützen sowohl Führungskräfte als auch Beschäftigte bei der Gestaltung sicherer und gesunder Arbeitsbedingungen. Ein entscheidender Aspekt ist dabei auf beiden Seiten die Sicherheits- und Gesundheitskompetenz für das richtige Verhalten unter angemessenen Verhältnissen.

Literatur

[1] *Begerow, E.; Jansen, N.; Roscher, S.; Taşkan-Karamürsel, E.:* Homeoffice gesund gestalten – ein Überblick zu aktuellen Erkenntnissen. DGUV Forum – Schwerpunkt Homeoffice (8/2020), S. 3-9.

[2] *Arbeiten im Homeoffice – nicht nur in der Zeit der SARS-CoV-2-Epidemie (FBVW-402).* Hrsg.: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung, Berlin 2022.

[3] *CHECK-UP Homeoffice – Kurzversion.* Hrsg.: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung, Berlin 2022. <https://publikationen.dguv.de/widgets/pdf/download/article/4019>

[4] *CHECK-UP Homeoffice – Langversion.* Hrsg.: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung, Berlin 2022. <https://publikationen.dguv.de/widgets/pdf/download/article/4018>

[5] *Work from home CHECKLIST – short version.* Hrsg.: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung, Berlin 2022. <https://publikationen.dguv.de/widgets/pdf/download/article/4066>

[6] *[6] Work from home CHECKLIST – long version.* Hrsg.: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung, Berlin 2022. <https://publikationen.dguv.de/widgets/pdf/download/article/4065>

[7] *Praxishilfe Zoom-Fatigue.* Hrsg.: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung, Berlin 2021. <https://publikationen.dguv.de/widgets/pdf/download/article/4428>

[8] *CHECK-UP Zoom-Fatigue.* Hrsg.: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung, Berlin 2021. <https://publikationen.dguv.de/widgets/pdf/download/article/4429>

Abbildung 3: Praxishilfe Zoom-Fatigue und Check-up Zoom-Fatigue. Quelle: IAG

The image displays two parts of the IAG resources. On the left is the cover of the 'Praxishilfe Zoom-Fatigue' booklet, featuring a blue background and an illustration of a person looking tired at a computer screen. On the right is a screenshot of the 'CHECK-UP Zoom-Fatigue' questionnaire. The questionnaire is titled 'CHECK-UP Zoom-Fatigue' and is divided into two main sections: 'Kurzfragebogen zur Selbstreflexion' and 'Durchführung von Online-Meetings'. Each section contains several questions with 'JA' and 'NEIN' checkboxes for responses. The 'Kurzfragebogen zur Selbstreflexion' section includes questions about preparation for online meetings, work-life balance, and taking breaks. The 'Durchführung von Online-Meetings' section includes questions about concentration, posture, and lighting during meetings. At the bottom of the questionnaire, there is a section for 'Wichtige Rahmenbedingungen' and a final instruction to sum up the points for each 'JA' and 'NEIN' response.

Erfahrungen zum Arbeiten im Homeoffice: Ergebnisse aus dem iga.Barometer 2022

Marlen Rahmfeld

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

Kurzfassung

Gab es vor dem Jahr 2020 bereits deutliche Tendenzen zu mehr räumlicher und zeitlicher Flexibilität, hat das Thema Homeoffice bzw. mobiles Arbeiten durch die Corona-Pandemie deutlichen Auftrieb bekommen und bringt Vor- und Nachteile für die Arbeitstätigkeit mit sich. Das iga.Barometer 2022, eine repräsentative Befragung von 2 000 Erwerbstätigen in Deutschland, hat verschiedene Aspekte des flexiblen Arbeitens, insbesondere die Arbeit im Homeoffice und ihre Auswirkungen, näher beleuchtet. So haben bereits mehr als 60 % der Befragten die Möglichkeit, räumlich oder zeitlich flexibel arbeiten zu können. Es finden sich je nach Fragestellung Unterschiede nach Geschlecht, Alter, Branche, Bildungsstand, Führungsverantwortung oder Beschäftigungsverhältnis.

1 Hintergrund

In der Initiative Gesundheit und Arbeit (iga) verfolgen vier Verbände der gesetzlichen Unfall- und Krankenversicherung das gemeinsame Ziel, die Gesundheit im Arbeitsleben zu fördern (www.iga-info.de).

Das iga.Barometer ist eine repräsentative Befragung von 2 000 Erwerbstätigen in Deutschland, die in regelmäßigen Abständen wiederholt wird. Es geht dabei um die aktuelle Arbeitssituation und darum, wie die Befragten ihre Arbeit erleben. So können sowohl das Erleben der heutigen Arbeitswelt als auch Trends und Veränderungen gezeigt werden. Die Befragung fand zuletzt im Frühjahr 2022 statt. Die Erhebung erfolgte als Computer Assisted Web Interview anhand eines standardisierten Online-Fragebogens im April und Mai 2022. Erste Ergebnisse wurden in einem Kurzbericht veröffentlicht [1]. Im vorliegenden Beitrag wer-

den ausgewählte Daten zu verschiedenen Aspekten des flexiblen und mobilen Arbeitens vorgestellt.

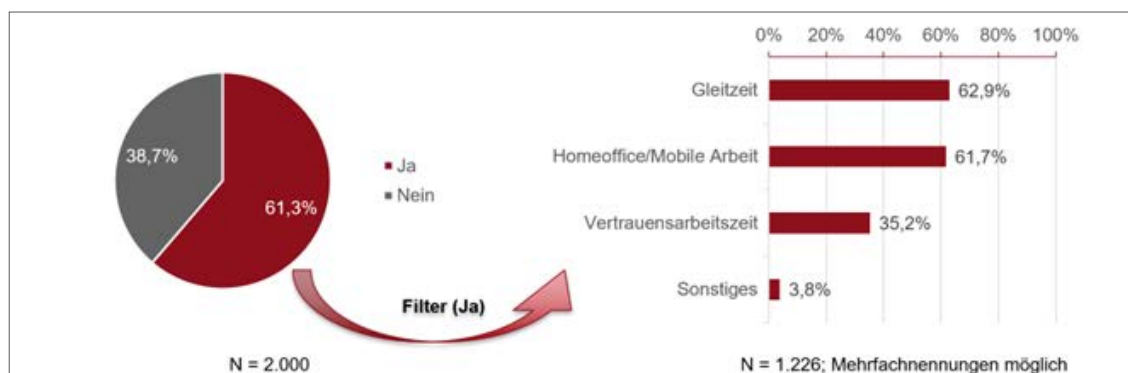
2 Flexibles Arbeiten

Abbildung 1 zeigt, dass über 61 % der Befragten räumlich oder zeitlich flexibel arbeiten können. Von diesen wiederum können rund 63 % auf Gleitzeit und knapp 62 % auf Homeoffice oder mobile Arbeit zurückgreifen. Über 35 % geben Vertrauensarbeitszeit und rund 4 % Sonstiges an. Mehrfachnennungen waren hier möglich.

Es zeigen sich zudem Unterschiede nach Altersgruppen, Bildungsstand, Führungsverantwortung, Beschäftigungsverhältnis, Branche sowie ob Schichtarbeit geleistet werden muss. So unterscheiden sich die Altersgruppen 25 bis 34 Jahre (ca. 66 %) und 55 bis 69 Jahre (ca. 57 %) um fast 10 Prozentpunkte. Den höchsten Gleitzeitanteil weist mit rund 71 % die Gruppe der Jüngeren (18 bis 24 Jahre) auf. Homeoffice ist dagegen vor allem in den Altersgruppen 25 bis 34 (ca. 72 %) und 35 bis 44 Jahre (ca. 67 %) möglich.

Mit höherem Bildungsgrad nimmt die Flexibilität zu (Hauptschule ca. 49 %, Hochschule ca. 76 %). Bei der zeitlichen Flexibilität (Gleitzeit und Vertrauensarbeitszeit) zeigen sich hier zwar nur wenige Unterschiede zwischen den Gruppen, dafür größere beim Homeoffice (Hauptschule ca. 31 %, Hochschule ca. 80 %). Personen mit Führungsverantwortung verfügen im Allgemeinen über mehr Flexibilität (ca. 71 %) als Personen ohne Führungsverantwortung (ca. 56 %), vor allem arbeiten Führungskräfte häufiger in Vertrauensarbeitszeit (ca. 41 %) als Personen ohne Leitungsposition (ca. 31 %). Hinsichtlich des Angestelltenverhältnisses können Beamte häufiger Gleitzeit und Homeoffice nutzen (ca. 76 bzw. 71 %), dafür

Abbildung 1:
Möglichkeiten, räumlich und zeitlich flexibel arbeiten zu können. Quelle: Autorin



seltener Vertrauensarbeitszeit (ca. 21 %). Selbstverständlich zeigen sich auch Unterschiede je nach Branche. Flexibel arbeiten zu können, bejahen vor allem Personen der freiberuflichen Dienstleistungen (ca. 84 %), eher selten Personen aus Erziehung und Unterricht (ca. 36 %).

3 Mobile Arbeit/Homeoffice

Mehr als die Hälfte der Gesamtstichprobe arbeitet zumindest teilweise mobil, z. B. von zu Hause aus (Abbildung 2).

Je höher der Bildungsgrad, desto häufiger ist es den Befragten möglich, im Homeoffice zu arbeiten (Hauptschule 36 %, Hochschule ca. 78 %). Auch Führungskräfte arbeiten mehr im Homeoffice (ca. 70 %). Bei den Branchen können vor allem Personen aus den freiberuflichen Dienstleistungen, Erziehung und Unterricht sowie der öffentlichen Verwaltung zu Hause oder mobil arbeiten. Der geringste Anteil ist im Handel zu finden (Abbildung 3).

4 Auswirkungen des mobilen Arbeitens bzw. des Arbeitens von zu Hause

Bei den Auswirkungen des mobilen Arbeitens zeigen sich Unterschiede nach Geschlecht, Alter, Führungsverantwortung, Beschäftigungsverhältnis und Befristung. Diese Fragen wurden nur denen gestellt, die mindestens 40 % im Homeoffice arbeiten (= 521 Personen). Personen mit Führungsverantwortung erleben im Homeoffice häufiger Belastungen durch Technik sowie Entgrenzung durch ständige Erreichbarkeit (Abbildung 4, links). Beides geben auch eher jüngere und Personen in befristeter Anstellung an. Personen mit Leitungsfunktion (Abbildung 4, Mitte) sowie freiberuflich tätige Personen erleben durch das Homeoffice mehr Handlungs- und Entscheidungsspielraum. Tendenziell mehr Kontrolle durch Vorgesetzte erleben bei der Arbeit im Homeoffice eher jüngere Beschäftigte, Personen mit Führungsverantwortung (Abbildung 4, rechts), Männer sowie befristet Beschäftigte.

Abbildung 2: Anteil Homeoffice/Mobile Arbeit in der Gesamtstichprobe. Quelle: Autorin

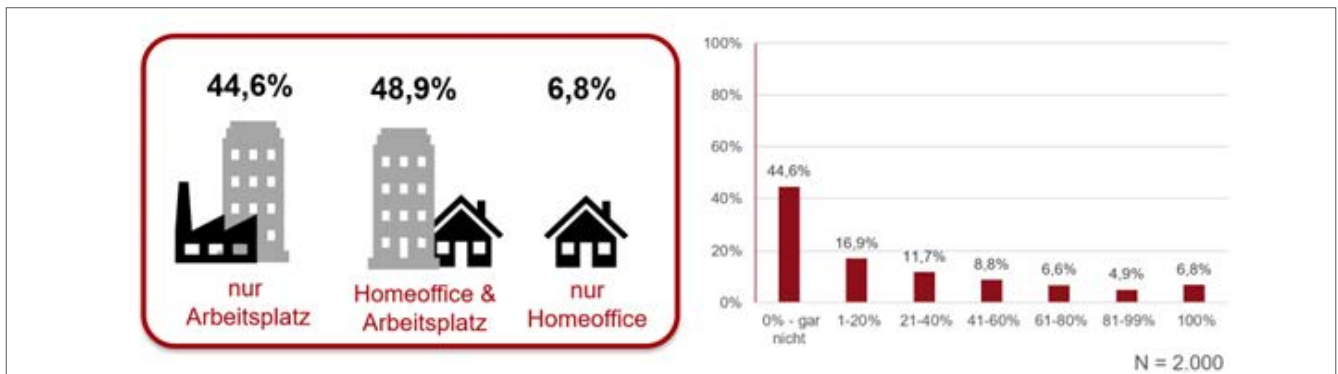
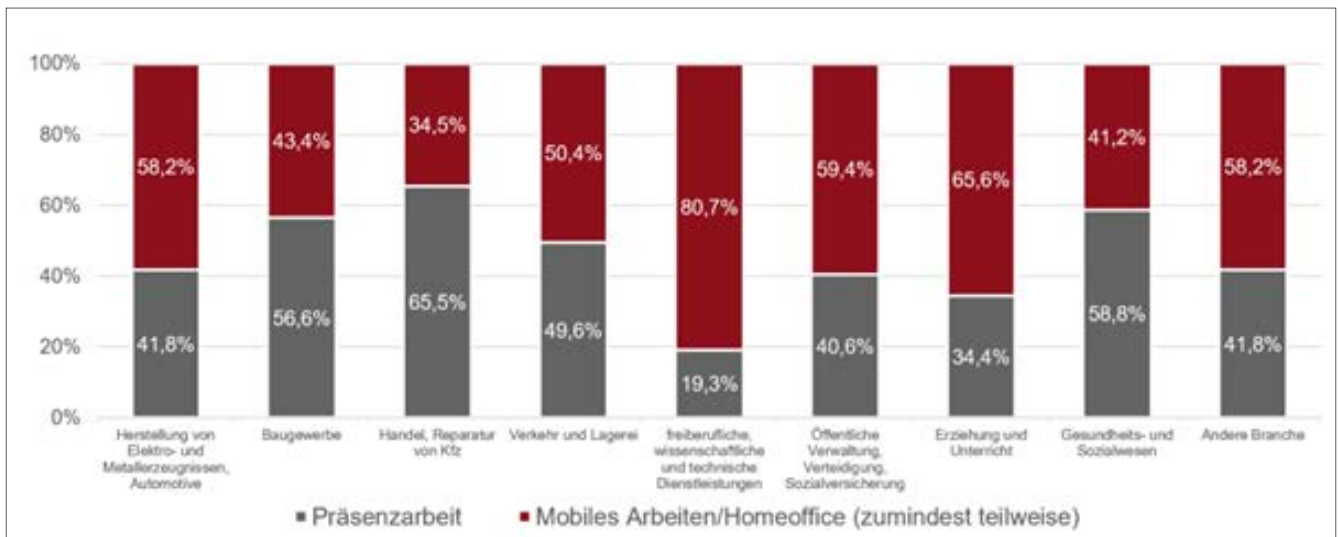


Abbildung 3: Anteile Präsenzarbeit bzw. Mobile Arbeit/Homeoffice nach Branche. Quelle: Autorin



Männer fühlen sich ergonomisch etwas besser ausgestattet als Frauen. Vergleichsweise weniger stimmen dieser Aussage Personen aus den Altersgruppen 25 bis 34 sowie 35 bis 44 Jahre zu (Abbildung 5).

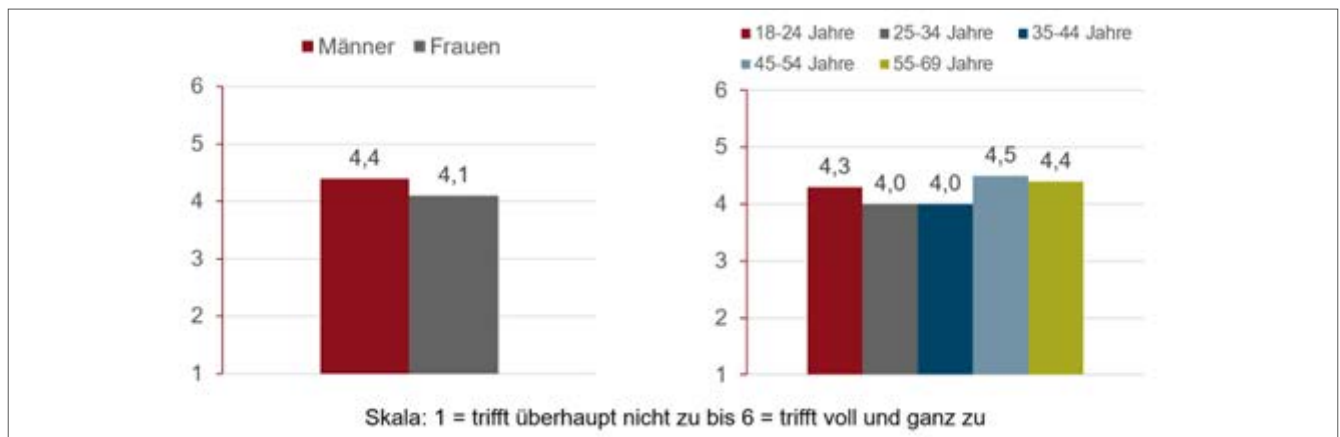
Literatur

[1] *Rahnfeld, M.:* Arbeiten im Jahr 2022. Kurzbericht zum aktuellen iga.Barometer. Hrsg.: Initiative Gesundheit und Arbeit, 2022. <https://www.iga-info.de/veroeffentlichungen/arbeitshilfen/iga-barometer-2022>

Abbildung 4: Auswirkungen mobiler Arbeit (links), Erleben von Handlungs- und Entscheidungsspielraum (Mitte) sowie Erleben von mehr Kontrolle durch Vorgesetzte (rechts) von Personen mit und ohne Führungsverantwortung; Mittelwerte. Quelle: Autorin



Abbildung 5: „Die ergonomische Ausstattung mobil/zu Hause ist optimal“ nach Geschlecht und Alter; Mittelwerte. Quelle: Autorin



Systematisches Review zu physischen Belastungen bei mobiler Bildschirmarbeit

Konstantin Wechsler, Britta Weber, Stephanie Griemsmann, Rolf Ellegast

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

Kurzfassung

Die schnelle Entwicklung in der Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT) und die Digitalisierung der Arbeitswelt ermöglichen das ortsflexible Arbeiten an Bildschirmgeräten außerhalb der betrieblichen Arbeitsstätte, z. B. im häuslichen Bereich, im Zug oder am Flughafen. Fehlbelastungen der Augen oder des Muskel-Skelett-Systems gelten bei dieser Arbeit als mögliche gesundheitliche Gefährdungsfaktoren. Es ist unklar, inwieweit sich gesicherte Erkenntnisse zu Gefährdungen bei stationärer Bildschirmarbeit (BSA) auf mobile BSA übertragen lassen. Daher haben wir in einer systematischen Literaturrecherche den aktuellen Forschungsstand zum Einfluss mobiler BSA auf die körperliche Gesundheit untersucht. Betrachtet wurden ergonomische Einflussfaktoren wie die Nutzung unterschiedlicher Geräte, die typischerweise in mobilen Arbeitssituationen verwendet werden (Laptop, Tablet, Smartphone), die Dauer der jeweiligen Nutzung, die Nutzerschnittstellen (Eingabe-/Ausgabemittel) oder Arbeitsumgebungsfaktoren wie Körperhaltung, Möbel und Lichtverhältnisse. Der Fokus der gesundheitlichen Outcomes lag auf Risikofaktoren und Prävalenzen von muskuloskelettalen Beschwerden wie Schmerzen oder Erkrankungen sowie Beschwerden der Augen und des Sehvermögens. Die systematische Literaturrecherche wurde mit Suchbegriffen zu IKT in Kombination mit der Arbeitsform und ergonomischen Fachbegriffen durchgeführt. Nur wissenschaftlich begutachtete Zeitschriftenaufsätze in deutscher und englischer Sprache wurden in ein mehrstufiges, geblindetes Screeningverfahren eingeschlossen und auf mögliche Verzerrung hin überprüft.

Es wurden fünf Übersichtsarbeiten und 16 Querschnittstudien in die Übersichtsarbeit aufgenommen. Die Ergebnisse der Inhaltsanalyse bestätigen einige bereits vorhandene Empfehlungen, z. B. zum Arbeiten mit externen Eingabegeräten oder zur Körperhaltung bei Arbeitsplätzen, die nicht ergonomischen, stationären Bildschirmarbeitsplätzen am Schreibtisch entsprechen. Die Übersichtsarbeit liefert darüber hinaus Hinweise zu bislang noch weniger beachteten Aspekten wie z. B. zur Auswirkung von Nutzungsdauern von Arbeitsgeräten in bestimmten Körperhaltungen oder der Wichtigkeit der Anleitung zur Gestaltung der Arbeitssituation.

Das Projekt wurde im Auftrag der Verwaltungs-Berufsgenossenschaft (VBG) und in Kooperation mit den Sachgebieten „Büro“ und „Neue Formen der Arbeit“ der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (DGUV) durchgeführt.

1 Einleitung

Die zunehmende Verbreitung der BSA in den letzten Jahrzehnten hat viele Vorteile und Fortschritte, aber auch einige Probleme mit sich gebracht. Ein hohes Maß an BSA wird seit langem mit körperlichen Beschwerden und dem Risiko von Muskel-Skelett-Erkrankungen in Verbindung gebracht. Über 60 % der Arbeitnehmenden mit einem hohen Anteil an BSA berichteten über regelmäßige körperliche Beschwerden in einer oder mehreren Körperregionen [1 bis 3]. Ergonomen untersuchten diese Zusammenhänge und fanden heraus, dass die häufigsten Risikofaktoren für Muskel- und Skeletterkrankungen bei der Arbeit am Computer die Abweichung der Körperhaltung von einem gelenkneutralen Winkel, die langen statischen Positionen und die Expositionsdauer sind [4]. Die gängigen Empfehlungen und Forschungsergebnisse aus der Zeit vor der Verfügbarkeit tragbarer Arbeitsgeräte berücksichtigen jedoch nicht die Herausforderungen eines Arbeitsplatzes, der sich immer weiter von stationären, ergonomisch eingerichteten Büroarbeitsplätzen wegbewegt. Was bislang fehlte, war ein umfassender Überblick über die häufigsten mobilen Arbeitssituationen im Homeoffice und unterwegs, die auftretenden körperlichen Belastungen und mögliche Empfehlungen zur Reduzierung dieser Probleme.

Ziel dieser systematischen Übersichtsarbeit war es daher, Informationen darüber zu sammeln, wie verschiedene Faktoren IKT-gestützter mobiler Arbeit (z. B. Gerätetypen, Nutzungsdauer, Benutzeroberflächen) die körperliche Gesundheit (Muskel-Skelett-System und Augen) beeinflussen. Wo immer möglich, wurde das Ausmaß, in dem diese Faktoren und Situationen die körperliche Gesundheit beeinträchtigten, mit der Nutzung eines stationären Bildschirmarbeitsplatzes (z. B. Desktop-PC) verglichen.

2 Methoden

Die Anfertigung der Übersichtsarbeit erfolgte nach dem PRISMA-Schema [5]. Es wurden vier internationale Datenbanken (Pubmed, Livivo, ScienceDirect, Google Scholar)

und vier deutsche Zeitschriften systematisch nach begutachteten Fachartikeln aus den Jahren 2011 bis 2021 durchsucht. Durch Filter sowie die Anwendung von Ein- und Ausschlusskriterien wurde die Zahl aller berücksichtigten Artikel auf 351 eingeschränkt. Diese wurden alle in einem mehrstufigen, geblindeten Screeningverfahren durch Titel und Abstractscreening durch mindestens zwei Personen auf ihre Eignung im Review überprüft. Die Details der Studienaushwahl lassen sich dem PRISMA-Schema (Abbildung) entnehmen.

Die Qualität der eingeschlossenen Studien wurde hinsichtlich des Verzerrungsrisikos kritisch bewertet (BIAS-Analyse) und floss in die spätere Bewertung der Ergebnisse ein. Querschnittsstudien wurden dabei mit der Newcastle-Ottawa Scale (NOS) [6; 7], Übersichtsarbeiten mit dem ROBIS-Tool [8] beurteilt.

3 Ergebnisse

Es wurden fünf Übersichtsarbeiten und 16 Querschnittsstudien in die Übersichtsarbeit aufgenommen. Bei zwölf Studien handelte es sich um Querschnittsexperimente, darunter zwei Crossover-Versuche, bei dreien um Querschnittserhebungen und eine weitere Studie kombinierte ein Fallstudienexperiment mit einem empirischen Methodenansatz. Eine Übersichtsarbeit war eine narrative Expertenübersicht, zwei waren Scoping Reviews, eine war von den ursprünglichen Autoren nicht klar definiert und wurde als eine Kombination aus narrativem und Scoping Review eingestuft. Nur eine Übersichtsarbeit war als systematisches Review angelegt. Das Risiko einer Verzerrung in den Querschnittsstudien wurde anhand einer angepassten Version der NOS bewertet. Neun Studien waren von hoher Qualität mit einer Punktzahl von 7 oder höher von maximal 10 erreichbaren Punkten. Sieben Studien waren von mittlerer Qualität mit einer Punktzahl von 4 bis 6. Das mit dem ROBIS-Tool bewertete Risiko einer

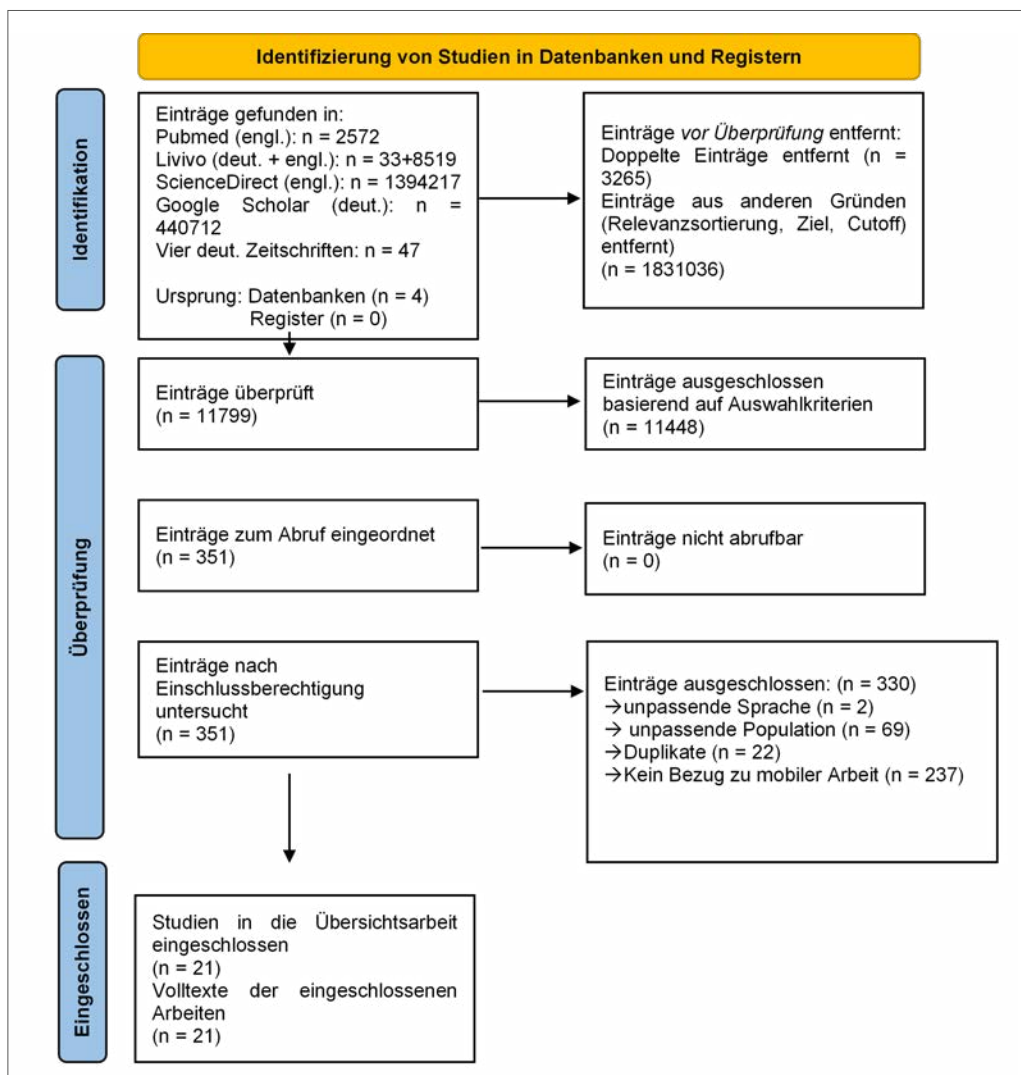


Abbildung:
Prisma-Schema der
Studienaushwahl.
Quelle: Autoren

Verzerrung in den Übersichtsarbeiten war bei vier Studien hoch und bei einer Studie niedrig.

Die einbezogenen Studien zeigen, dass ungünstige Körperhaltungen, Umgebungsfaktoren und unpassende Arbeitsgeräte allein oder in Kombination schon nach kurzer Zeit zu diversen körperlichen Beschwerden führen können. Meistens waren die Beschwerden größer als bei der Arbeit an einem stationären Bildschirmarbeitsplatz (Desktop-PC). Sowohl zu wenige Zusatzgeräte (externe Maus und Tastatur, externer Bildschirm) als auch für die Arbeitsaufgabe unpassende Geräte (z. B. Textbearbeitung mit Tablet oder Touchpad des Laptops) führten in auffällig vielen Studien zu negativen Konsequenzen. Nicht-neutrale Körperhaltungen führten zu diversen Problemen, wie einer höheren Muskelanspannung oder auch Unwohlsein in verschiedenen Körperregionen. Einige Studien fanden schon nach kurzen Zeiträumen (5 bis 15 Minuten) auffällige Befunde, deren Umfang sich mit größerer Dauer manifestierte und teilweise vergrößerte. Extrempositionen sollten laut den Ergebnissen unbedingt vermieden werden und grundlegende Ansätze wie die Möglichkeit zur Ablage von Endgeräten (z. B. auf einem Tisch) aber auch der Unterarme auf Armlehnen wurden als besonders wirksam betont. Die meisten Befunde fanden sich zu Beschwerden des Nackens. Der Nacken wurde weitgehend einstimmig von den Autoren der eingeschlossenen Arbeiten als die am stärksten betroffene Körperregion hervorgehoben.

Da unter den eingeschlossenen Studien leider keine Interventionsstudien oder sonstige langfristig angelegten Untersuchungen waren, können keine sicheren Aussagen zu z. B. effektiven Maßnahmen der Verbesserung einer Arbeitssituation getroffen werden. Zwar liefern die Ergebnisse viele wichtige Hinweise, aber allgemeingültige Aussagen – beispielsweise zu zeitlichen Grenzen der Nutzbarkeit von Arbeitsgeräten in bestimmten Körperhaltungen – lassen sich nicht ableiten.

4 Schlussfolgerungen

Mit Ausnahme einer Querschnittsstudie wurde in allen Untersuchungen ein Einfluss der Arbeitsgestaltung oder der Gruppenfaktoren der Untersuchungen (z. B. Vergleich der Arbeit mit oder ohne Zusatzgeräte) auf die physische Gesundheit gefunden. Das bedeutet, dass bei mobiler BSA unterschiedliche Körperhaltungen, Umgebungsfaktoren und Arbeitsgeräte in verschiedenen Kombinationen unterschiedliche körperliche Probleme verursachen können.

Mobile BSA erfordert demnach eine kluge Planung, ein geschärftes Bewusstsein für eventuelle Probleme und

die Bereitschaft, eine Arbeitssituation zu schaffen, die diesen Problemen entgegenwirkt. Ideal ist eine Kombination verschiedener Maßnahmen, um den möglichen Beschwerden entgegenzuwirken, die schon nach kurzer Zeit auftreten können.

5 Literatur

- [1] *Ardahan, M.; Simsek, H.:* Analyzing musculoskeletal system discomforts and risk factors in computer-using office workers. *Pakistan journal of medical sciences* 32 (2016) Nr. 6, S. 1425-1429
- [2] *Janwantanakul, P.; Pensri, P.; Jiamjarasrangsi, V.; Sinsongsook, T.:* Prevalence of self-reported musculoskeletal symptoms among office workers. *Occupational medicine* 58 (2008) Nr. 6, S. 436-438
- [3] *Kaliniene, G.; Ustinaviciene, R.; Skemiene, L.; Vaiciulis, V.; Vasilavicius, P.:* Associations between musculoskeletal pain and work-related factors among public service sector computer workers in Kaunas County, Lithuania. *BMC musculoskeletal disorders* 17 (2016) Nr. 1, S. 1-12
- [4] *Sasikumar, V.:* A model for predicting the risk of musculoskeletal disorders among computer professionals. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics* 26 (2020) Nr. 2, S. 384-396
- [5] *Page, M. J.; McKenzie, J. E.; Bossuyt, P. M.; Boutron, I.; Hoffmann, T. C.; Mulrow, C. D. et al.:* The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *Systematic reviews* 10 (2021) Nr. 1, S. 1-11
- [6] *Wells, G. A.; Shea, B.; O'connell, D.; Peterson, J.; Welch, V.; Losos, M.; Tugwell, P.:* The Newcastle-Ottawa Scale (NOS) for assessing the quality of non-randomised studies in meta-analyses. *Oxford*, 2000
- [7] *Modesti, P. A.; Reboldi, G.; Cappuccio, F. P.; Agymang, C.; Remuzzi, G.; Rapi, S. et al.:* Panethnic Differences in Blood Pressure in Europe: A Systematic Review and Meta-Analysis. *PloS one* 11 (2016) Nr. 1, S. e0147601
- [8] *Whiting, P.; Savovic, J.; Higgins, J. P.; Caldwell, D. M.; Reeves, B. C.; Shea, B. et al.:* ROBIS: a new tool to assess risk of bias in systematic reviews was developed. *Journal of clinical epidemiology* 69 (2016), S. 225-234

Bewertung physischer Belastungen im Büro, Homeoffice und unterwegs

Vera Schellewald, Britta Weber, Kai Heinrich, Ingo Hermanns, Rolf Ellegast

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

1 Einleitung

Als bewegungsarm werden jegliche Verhaltensweisen im Wachzustand bezeichnet, die durch einen Energieverbrauch von unter 1,5 Metabolisches Äquivalent (MET) gekennzeichnet sind [1; 2]. Physische Inaktivität wiederum bezeichnet den Zustand bei Nichterfüllen der Empfehlungen der Weltgesundheitsorganisation (WHO) zum wöchentlichen Ausmaß an ausdauerorientierter Aktivität. Diese besagen, dass Erwachsene im Alter von 18 bis 65 Jahren wöchentlich mindestens 150 bis 300 Minuten Aktivitäten mit moderater Intensität (3 bis 6 MET) betreiben sollen oder mindestens 75 bis 100 Minuten Aktivitäten mit hoher Intensität (≥ 6 MET) und/oder eine Kombination dieser beiden. Zudem wird auch die generelle Reduktion bewegungsarmer Verhaltensweisen empfohlen und der Ersatz dieser durch jegliche Art von Aktivität (auch mit leichter Intensität) [3]. Noch immer erreichen 27,5 % der Weltbevölkerung diese Empfehlungen nicht.

Die Tätigkeit an einem Büro- und Bildschirmarbeitsplatz kann dabei zum individuellen Ausmaß physischer Inaktivität beitragen und das Aufkommen bewegungsarmer Verhaltensweisen begünstigen. Mit dem Beginn der Corona-Pandemie im Jahre 2020 wechselte zudem ein Großteil der Beschäftigten an Büro- und Bildschirmarbeitsplätzen an einen Arbeitsplatz in der eigenen Wohnung (Homeoffice). Forschungsergebnisse über die Veränderung des Bewegungsverhaltens in dieser Situation zeigten, dass die Menschen weniger physisch aktiv waren und mehr schliefen [4 bis 8]. Inzwischen ist für viele

Beschäftigte ein „hybrides Arbeitsmodell“ mit Präsenzzeiten im Büro sowie der Arbeit von zu Hause möglich. Diese Situation wirft nun die Frage auf, ob und inwiefern das Bewegungsverhalten davon beeinflusst wird und ob sich gegebenenfalls bekannte Bewegungsroutinen verändert haben oder neue geschaffen wurden. In diesem Zusammenhang stellt sich ebenfalls die Frage, wie das Bewegungsverhalten an Büroarbeitsplätzen in unterschiedlichen Settings (Stationäres Büro, Homeoffice, Mobiles Arbeiten) bewertet werden kann.

2 Messwertbasierte Gefährdungsbeurteilung – Einsatz von CUELA Messsystemen in unterschiedlichen Komplexitätsstufen

Bei der bisherigen Durchführung einer Gefährdungsbeurteilung für die Büroarbeit wurde das tatsächliche Bewegungsverhalten am Büroarbeitsplatz selten in Betracht gezogen. Zusätzlich laufen Methoden wie Beobachtungsverfahren Gefahr, subjektive Verzerrungen zu beinhalten. Mit technischen Instrumenten lässt sich das Bewegungsverhalten objektiv und valide während des Berufsalltages erfassen. Hierfür steht eine große Vielfalt an Messinstrumenten zur Verfügung, z. B. Beschleunigungsmessungen, Pedometrie, Herzfrequenzmessungen und indirekte Kalorimetrie. Je nachdem, wie detailliert und umfassend die Ergebnisse der Messung ausfallen sollen, müssen Instrumente unterschiedlicher Komplexität gewählt werden. Die Ergebnisse eines PEROSH-Verbundprojekts zur Erfassung bewegungsarmer Verhaltensweisen am Arbeitsplatz mit technischen Mess-



Abbildung 1:
Kategorien 1 bis 3 von Messsystemen zur messwertbasierten Gefährdungsbeurteilung physischer Belastungen
Quelle: Autoren

instrumenten geben hier konkrete Empfehlungen, welche Messtechnikansätze mit unterschiedlicher Komplexität für die Gefährdungsbeurteilung in Betracht zu ziehen sind [9].

Hierauf aufbauend wurden (und werden) vorhandene CUELA-Messsysteme derart weiterentwickelt, dass drei unterschiedliche Erfassungs- und Bewertungskategorien mit unterschiedlichen Detaillierungsgraden für verschiedene Anwendergruppen (Praktiker/Praktikerinnen, Experten/Expertinnen, Wissenschaftler/Wissenschaftlerinnen) und verschiedene Anwendungszwecke (Gefährdungsbeurteilung, Quantifizierung von Interventionseffekten) entstehen (Abbildung 1).

Die Komplexität der Verfahren reicht hierbei von der Erfassung des generellen Bewegungsverhaltens hinsichtlich Körperhaltungen und Aktivitäten wie Sitzen, Stehen, Gehen (Kategorie 1) über eine Differenzierung zwischen Bewegungen des Ober-/Unterkörpers und zusätzlicher Erfassung physiologischer Kennwerte wie dem Energieumsatz bzw. der Herzfrequenz (Kategorie 2) bis zur komplexen, lokalisationsbezogenen Bewertung anhand von Körper- und Gelenkwinkeln sowie kardiovaskulärer und muskulärer Aktivität (Kategorie 3). In **Abbildung 2** sind die messtechnische Ausrüstung des Kategorie 3-Systems von CUELA und zugehörige prinzipielle Bewertungsparameter dargestellt. Die Bewertungsparameter der Kategorie 1- und 2-Systeme sind Teilmengen dieser Bewertungsparameter mit in der Regel geringeren Genauigkeiten in der Messdatenerfassung.

3 Erfassung physischer Inaktivität mit dem IFA/CUELA-Verfahren bei Messungen mit Kat 1-Systemen

Bei der Erfassung des Bewegungsverhaltens mit einem Messsystem der Kategorie 1 werden bei der Anwendung des IFA/CUELA-Verfahrens zum einen Parameter miteinander bezogen, die physische Aktivitäten und Körperhaltungen bzw. -fortbewegungen beschreiben. Hierzu zählen Sitzen, Stehen, Bewegung und Gehen, die entsprechende Verweildauer in diesen Körperhaltungen sowie die Anzahl an Haltungswechseln und die Schritte insgesamt. Zum anderen wird die kardiovaskuläre bzw. metabolische Aktivität anhand einer Abschätzung des Energieumsatzes (in MET-Minuten) erfasst. Hierbei ist zu beachten, dass Aktivitäten, die oberhalb einer Intensität von 2.9 MET liegen [10] in der aktuellen Version des Verfahrens nicht automatisch erkannt bzw. gegebenenfalls als weniger intensive Aktivität (Bewegung/Gehen) identifiziert werden.

3.1. Exemplarische Messungen mit einem Sensor (IMU) am Oberschenkel (Kategorie 1-System)

Im Rahmen einer Pilotierung wurden am IFA exemplarische Messungen mit einem System der Kategorie 1 durchgeführt. Zwei Versuchspersonen (VP) maßen mithilfe eines IMU-Sensors am Oberschenkel ihr Bewegungsverhalten während der Tätigkeit im Büro, im Homeoffice und bei einer Dienstreise. Hierbei wurden die Daten während der tatsächlichen Dienstzeit aufgezeichnet

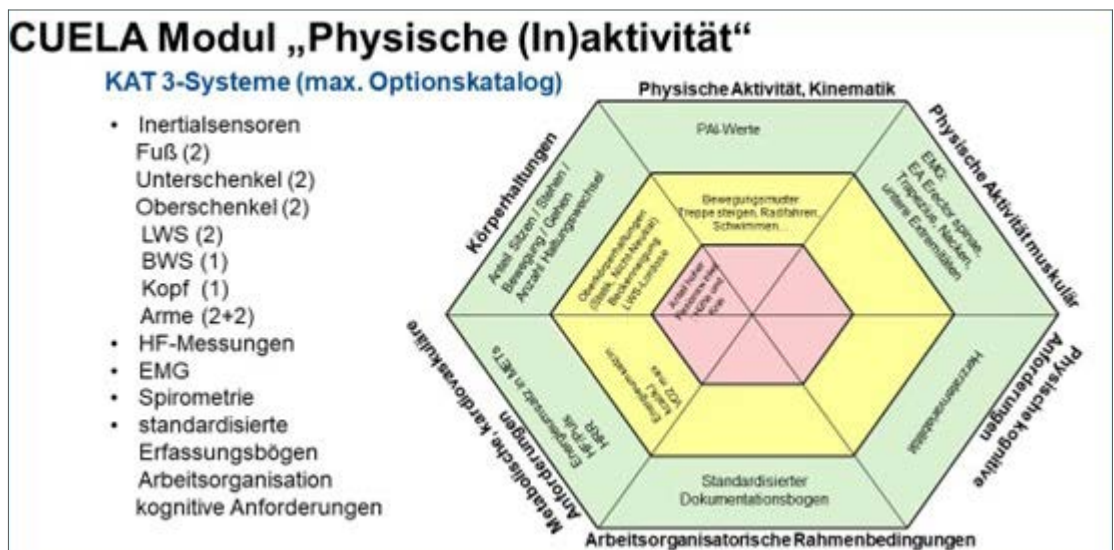


Abbildung 2: Hardware-Setup des CUELA-Kategorie 3-Systems zur Erfassung des Bewegungsverhaltens und zugehörige prinzipielle Bewertungsparameter. Quelle: Autoren

sowie zusätzlich während des anfallenden Arbeitsweg bei der Beschäftigung im Büro und der Anteil an Freizeit im Homeoffice. Bei der Auswertung der Parameter wurde jedoch nur der Zeitraum „Arbeit“ miteinbezogen. In **Tabelle 1** sind die Ergebnisse des Vergleichs der Bewegungsprofile anhand der zuvor erläuterten Bewertungsparameter dargestellt. Hierbei stammen die Daten „Büro“ und „Home-office“ von VP1 und die „Dienstreise“ von VP2.

Bei der Interpretation der Ergebnisse zeigt sich anhand der Ausprägung der unterschiedlichen Parameter die deutlich voneinander zu unterscheidende Verteilung zwischen den Arbeitsumgebungen „Büro“, „Homeoffice“ und „Dienstreise“. Insbesondere der Zeitanteil, der im Sitzen verbracht wurde, fällt für die Arbeit im Homeoffice deutlich höher aus. Jedoch wurden hier ebenfalls deutlich mehr Haltungswechsel pro Stunde gezählt. Das weist darauf hin, dass die gemessene Person die Sitzhaltung häufiger unterbrochen hat als bei der Arbeit im Büro, die alternative Haltung wie Stehen oder Bewegung jedoch nur sehr kurzzeitig eingenommen hat. Die Aktivität „Gehen“ wurde für die Arbeit zuhause nicht in den Daten gefunden. Dies könnte daran liegen, dass die Distanzen in der Wohnung nicht weit genug sind, um

eine kontinuierliche Gehbewegung zu ermöglichen. Im Gegenzug dazu ist die Schrittzahl bei der Messung im Büro während der Arbeitszeit doppelt so hoch. Eine Erklärung hierfür ist, dass die Distanzen im Büro zwischen den einzelnen Kontaktstellen wie Büros anderer Mitarbeitenden weiter sind. Diese Distanzen fallen bei der Beschäftigung im Homeoffice gänzlich weg. Zudem liegt die Vermutung nahe, dass sich die Art der Pausengestaltung je nach Arbeitsumgebung deutlich voneinander unterscheidet. Die insgesamt höhere Schrittanzahl bei der Arbeit im Büro erklärt sich im dargestellten Beispiel durch die Nutzung öffentlicher Verkehrsmittel für den Arbeitsweg, der im Homeoffice gar nicht erst anfällt. Vergleichbar zu den vorhergegangenen Ausführungen lassen sich die Ergebnisse für die Messung des Bewegungsverhaltens während der Dienstreise herleiten. Hier ist der Zeitanteil, der im Sitzen verbracht wurde, sowie der Anteil in „Bewegung“ vergleichbar zur Beschäftigung im Büro. Der Anteil an Haltungswechseln pro Stunde weist den geringsten Wert im Vergleich der Arbeitsumgebungen auf. Diese Ergebnisse weisen ebenfalls darauf hin, dass die Sitzhaltung zwar nicht so häufig unterbrochen wurde, aber die Unterbrechungen dann aus einer Kombination kurzer Zeitfrequenzen im Stehen sowie einzelner Schritte bestanden.

Tabelle 1:
Vergleich des Bewegungsverhaltens zwischen unterschiedlichen Arbeitsumgebungen

	Versuchspersonen 1		Versuchspersonen 2
	Büro	Homeoffice	Dienstreise (Zug)
Messdauern in Minuten			
Gesamt	464.2	401	445.7
Arbeit	382.5	400.1	279
Arbeitsweg	70.7	-	-
Sonstiges	11 (vor Arbeitsweg)	108.5 (Freizeit)	166.7 (Umstieg/Warten)
Körperhaltungen			
Sitzen	66,1 %	81,9 %	68,2 %
Stehen	20,5 %	10,1 %	12,8 %
Bewegen	12,1 %	7,9 %	19,0 %
Gehen	5.9 min	-	
Haltungswechsel/h	4.8	6.7	2.8
Schritte (Arbeit/Arbeitsweg)	3 967 (1028/2884)	508 (508/-)	1 186 (-/1186)

4 Fazit

Zusammenfassend lässt sich aus den Ergebnissen ableiten, dass sich das Bewegungsverhalten der Versuchspersonen zwischen den Arbeitsumgebungen durchaus unterscheidet. Hierbei zu beachten ist, dass insbesondere die Gestaltung der Arbeit von zu Hause sehr individuell ausfällt und insbesondere von den örtlichen Gegebenheiten und der individuellen Lebenswelt beeinflusst wird. Auch ist insbesondere beim Vergleich zur Arbeit im stationären Büro zu bedenken, dass sich die Verteilung zwischen der Arbeitszeit und der Freizeit häufig aufgrund von längeren und/oder einer höheren Anzahl an Pausen insgesamt über einen längeren Zeitraum einer „klassischen“ Beschäftigungszeit von im Durchschnitt acht Stunden am Tag erstreckt. Daher sollten das Bewegungsverhalten im Tages- und möglicherweise auch im Wochenverlauf erfasst und insbesondere möglicherweise beeinflussende, soziodemographische Faktoren in die Gesamtbetrachtung miteinbezogen werden. Die dargestellte Pilotmessung bietet einen ersten Eindruck und eine Grundlage zur Konzipierung und Durchführung weiterführender Untersuchungen an größeren Kollektiven, welche bereits in Planung sind.

Literaturverzeichnis

- [1] Sedentary Behaviour Research Network: Standardized use of the terms “sedentary” and “sedentary behaviours”. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism* 37 (2012) Nr. 3, S. 540-542.
- [2] *Lakerveld, J.; Loyen, A.; Schotman, N. Peeters, C. F.W.; Cardon, G.* et al.: Sitting too much: A hierarchy of socio-demographic correlates. *Preventive Medicine* 101 (2017), S. 77-83. ISSN 0091-7435.
- [3] World Health Organization. Guidelines on physical activity and sedentary behaviour. Geneva 2020.
- [4] *Hallman, D. M.; Januario, L.cB.; Mathiassen, S. E.; Heiden, M.; Svensson, S.; Bergström, G.*: Working from home during the COVID-19 outbreak in Sweden: effects on 24-h time use in office workers. *BMC Public Health* 21 (2021), 528.
- [5] *Sañudo, B.; Fennell, C.; Sánchez-Oliver, A. J.*: Objectively-assessed physical activity, sedentary behavior, smartphone use, and sleep patterns pre- and during-COVID-19 quarantine in young adults from Spain. *Sustainability* 12 (2020) Nr. 15, 5890.
- [6] *Tison, G.H.; Avram, R.; Kuhar, P.; Abreau, S.; Marcus, G. M.; Pletcher, M. J.; Olgin, J. E.*: Worldwide effect of COVID-19 on physical activity: a descriptive study. *Annals of Internal Medicine* 173 (2020) Nr. 9, S. 767-70.
- [7] *Cellini, N.; Canale, N.; Mioni, G.; Costa, S.*: Changes in sleep pattern, sense of time and digital media use during COVID-19 lockdown in Italy. *Journal of Sleep Research* 29 (2020) Nr. 4, e13074.
- [8] *Ong, J. L.; Lau, T.; Massar, S. A. A.; Chong, Z. T.; Ng, B. K. L.; Koek, D.; Zhao, W.* et al: COVID-19-related mobility reduction: heterogenous effects on sleep and physical activity rhythms. *Sleep* 44 (2021) Nr 2, zsaa179.
- [9] *Holtermann, A.; Schellewald, V.; Mathiassen, S. E.; Gupta, N.; Pinder, A.; Punakallio, A.; Veiersted, K.B.* et al.: A practical guidance for assessments of sedentary behavior at work: A PEROSH initiative. *Applied Ergonomics* 63 (2017), S. 41-52.
- [10] *Ainsworth, B.; Haskell, W. L.; Herrmann, S. D.; Meckes, N.; Bassett, D. R. JR.; Tudor-Locke, C.; Greer, J. L.* et al.: Compendium of Physical Activities – A Second Update of Codes and MET Values. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 43 (2011) Nr. (8), S. 1575-1581.
- [11] MEGAPHYS Mehrstufige Gefährdungsanalyse physischer Belastungen am Arbeitsplatz. Band 1. (2019) 1. Auflage. Hrsg.: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Dortmund 2019

Arbeiten mit Exoskeletten

Überkopfarbeiten mit Exoskeletten unter Vibrationseinwirkung – Erarbeitung eines Konzeptes zur Analyse von Vibrationsbelastung und physiologischer Beanspruchung

Benjamin Ernst

Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA), Sankt Augustin, und Institut für Arbeitsmedizin, Prävention und Betriebliches Gesundheitsmanagement der Universität zu Lübeck, Lübeck

Kurzfassung

Da Exoskelette für die obere Extremität auch den Einsatz von handgehaltenen Maschinen erleichtern sollen, stellt sich die Frage, welche Auswirkung Exoskelette in Bezug auf die Arbeit mit vibrierenden Geräten auf den Anwendenden haben. Aus diesem Grund soll in einer experimentellen Untersuchungsreihe geklärt werden, ob sich durch den Einsatz von passiven Exoskeletten zusammen mit vibrierenden Geräten die Vibrationsbelastung für Mitarbeitende unter Umständen kritisch erhöhen kann. Ziel soll ggf. die Erstellung einer Empfehlung oder einer präventiven Handlungsanleitung zum Einsatz von passiven Exoskeletten im Zusammenhang mit der Arbeit mit vibrierenden handgehaltenen Geräten sein, falls sich dies aufgrund der Ergebnisse als notwendig erweist.

In der Laboruntersuchung wird der Einfluss der Exoskelette auf die physiologischen Reaktionen bei Tätigkeiten mit vibrierenden Geräten im Rahmen von zwei Arbeitsgängen – Bohren und Schleifen auf Schulterniveau und darüber – in vertikaler Richtung nach oben und in horizontaler Richtung nach vorne untersucht und mit einer „normalen Tätigkeitsausführung“ ohne Nutzung der Exoskelette verglichen. Auf mechanischer Seite soll neben der Vibrationsemission der Geräte das Übertragungsverhalten der Vibrationen an den Handgelenken mit und ohne Exoskelett gemessen werden. Die Vorschubkraft in Arbeitsrichtung (horizontal oder vertikal) wird über die Bodenreaktionskraft durch eine Kraftmessplatte ermittelt. Physiologisch soll der Unterstützungseffekt des Exoskeletts auf die Muskulatur anhand von Oberflächenelektromyographie (EMG) an beiden Armen überprüft werden. Zusätzlich wird die Körperhaltung durch ein am Körper getragenes Bewegungserfassungssystem aufgezeichnet – mit dem Ziel, die Gelenkmomente in den oberen Extremitäten abzuschätzen. Mithilfe von Thermographie wird die Vasokonstriktion über den Temperaturgradienten an den Händen bestimmt. Eine Veränderung der Wahrnehmungsschwelle für Vibrationen wird mit einem Mehrfrequenz-Vibrometer an beiden Händen überprüft. Das subjektive Empfinden der körperlichen Beanspruchung und etwaiger auftretender Veränderungen wird mit einem eigens zusammengestellten Fragebogen erfasst. Mit den Messmethoden werden die von Vibrationen typischerweise

betroffenen physiologischen Systeme (kardiovaskulär, neuronal und muskuloskeletal) untersucht.

1 Exoskelette und Vibrationseinwirkung

Das Thema Exoskelette wurde in den vergangenen Jahren vermehrt aufgegriffen. Diskutiert wurde insbesondere, wie diese das Muskel-Skelett-System unterstützen können und die körperliche Beanspruchung während der Arbeit erleichtern sollen. Da viele Exoskelette auch zeitgleich mit handgehaltenen Maschinen verwendet werden können, stellt sich die Frage, welche Auswirkung Exoskelette in Bezug auf die Arbeit mit vibrierenden Geräten auf den Anwender haben. Die berufliche Exposition von Schwingungseinwirkungen, die bei der Verwendung von Exoskeletten auftritt, ist hinsichtlich ihrer gesundheitlichen Effekte auf die Beschäftigten noch nicht untersucht. Aus diesem Grund hat das Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA) ein Konzept für eine Untersuchung erarbeitet: Hier wird der Zusammenhang zwischen der Verwendung von Exoskeletten bei Tätigkeiten mit handgehaltenen vibrierenden Geräten und gesundheitlicher/physiologischer Veränderung beleuchtet, um hieraus präventive Konzepte für Arbeitsplätze ableiten zu können.

2 Physiologische Beanspruchung durch Hand-Arm-Vibrationen

Schwingungseinwirkungen auf das Hand-Arm-System treten an verschiedenartigen Arbeitsplätzen und insbesondere vielfältigen Arbeitsbedingungen auf. Im Zusammenhang mit Schwingungseinwirkungen wird die Körperhaltung einer Person während einer Tätigkeit, in welche Richtung oder auf welcher Höhe gearbeitet wird, noch relativ wenig betrachtet. Es ist unumstritten, dass diese Faktoren einen Einfluss auf die körperliche Beanspruchung bei der Arbeit mit vibrierenden Geräten und Maschinen haben, jedoch nicht, wie diese quantitativ in die Bewertung von Schwingungen integriert werden sollen.

Die chronischen Wirkungen der physiologischen Beanspruchung sind als Gesundheitsschädigungen in Form von Berufskrankheiten (BK) im Zusammenhang mit Hand-Arm-Vibrationen bekannt. Hierzu zählen:

- BK-Nr. 2103 Knochen- und Gelenkerkrankung: Die Schädigungen treten nicht nur am Handgelenk, sondern auch am Ellenbogen und an der Schulter auf.
- BK-Nr. 2104 Durchblutungs- und Nervenfunktionsstörungen: Sie wird auch als Weißfingererkrankung bezeichnet.
- BK-Nr. 2113 Carpal-Tunnel-Syndrom: Vibrationen sind neben der Repetition im Handgelenk und dem Kraftaufwand der Hände ein mitwirkender Faktor.
- Die Läsion der Rotatorenmanschette (aktuell noch eine „Wie-BK“): Auch hier haben Hand-Arm-Vibrationen einen Einfluss auf das Muskel-Skelett-System an der Schulter.

An den neueren Berufskrankheiten wird sichtbar, dass eine Tendenz zur Berücksichtigung mehrerer Faktoren im Zusammenhang mit Vibrationen besteht. Außerdem wird deutlich, dass mehrere physiologische Systeme (Skelett-, Gefäß- und Nervensystem) gleichzeitig von Vibrationseinwirkungen betroffen sind. Dies ist bei der Betrachtung von Vibrationseinwirkungen zu berücksichtigen.

3 Passive Exoskelette für die oberen Extremitäten

Bei der Arbeit mit vibrierenden Geräten kommen insbesondere Exoskelette in Betracht, die das Schulter-Arm-System unterstützen sollen. Für die geplante Untersuchung ist die Verwendung von zwei Exoskeletten geplant, die am Körper getragen werden und auf das Schultergelenk mit einem Unterstützungsmoment einwirken – in **Abbildung 1** als F_{EX} bezeichnet und rot markiert. Die eigentliche Kraft-einwirkung der Exoskelette auf den Menschen erfolgt



Abbildung 1: Passive Exoskelette für die oberen Extremitäten mit Vibrationseinwirkung und Unterstützungsmoment (F_{EX}). Quelle: Autor

an der Schale, in der der Oberarm eingelegt ist. Die Krafrichtung F ist in **Abbildung 1** durch rote Pfeile dargestellt. Anhand der **Abbildung** wird sichtbar, dass die Krafrichtung des Exoskeletts abhängig von dem Winkel des Oberarms zum Oberkörper ist. Auf der rechten Seite ist die Krafrichtung nicht ausschließlich vertikal nach oben gerichtet, sondern auch schräg nach vorne. Es ist außerdem zu berücksichtigen, dass die Exoskelette nur in einem bestimmten Bereich des Oberarmwinkels ein Unterstützungsmoment anbieten. Das heißt zum Beispiel, wenn der Arm sich in der Neutral-Null-Position befindet, findet keine Unterstützung statt.

4 Konzeptentwicklung von geeigneten Tätigkeiten mit Exoskeletten

Bei der Auswahl der Geräte und Arbeitsgänge für die Untersuchung sollte ein hoher zeitlicher Anteil an Vibrationsexposition mit wenig Pausen erzielt werden. Denn neben der klassischen Vibrationsmessung an den Geräten soll auch die physiologische Beanspruchung während und nach den Arbeitsgängen gemessen werden. Um eine physiologische Reaktion sichtbar zu machen, wird eine gewisse Vibrationsdosis benötigt. Für das Erreichen der benötigten Dosis bedarf es auch einer entsprechenden Vibrationsintensität. Aus diesem Grund wurden Geräte ausgewählt, mit denen typischerweise auf oder über Schulterniveau gearbeitet wird und die gleichzeitig einen nicht zu geringen Momentanwert (Schwingungsgesamtwert a_{hv}) aufweisen.

Es wurde ein Schwingschleifer ausgewählt, mit dem eine Holzoberfläche (siehe **Abbildung 1**) bearbeitet werden kann. Da der Schleifer während der Messung konstant in Kontakt mit dem Werkstück ist und damit auch der Oberarm relativ konstant auf einer Höhe verweilt, kann

von einer quasistatischen Körperhaltung ausgegangen werden. Während der Tätigkeit mit der Schleifmaschine kommt es nicht in dem Ausmaß zu einer Auf- und Abbewegung der Arme, wie es bei Tätigkeiten mit der Bohrmaschine der Fall ist (Abbildung 1, rechts). Mit der Bohrmaschine sollen nacheinander Löcher in das Holz gebohrt werden. Während der Tätigkeit entsteht im Oberarm eine dynamische Auf- und Abbewegung, die sich für jeden Bohrvorgang wiederholt. Zu berücksichtigen ist bei diesen Arbeitsgängen, dass beide Hände in Kontakt mit den Maschinen sind. Das hat zur Folge, dass auf jeden Arm – abhängig von dem Körperwinkel – ein Unterstützungsmoment durch das Exoskelett wirkt.

Als Untersuchungsaufbau wurde eine Konstruktion entwickelt, die es ermöglicht, in mehreren Arbeitsrichtungen (vertikal nach oben, horizontal nach vorn oder auch vertikal nach unten – in Sagittalebene) Tätigkeiten auszuführen und zu untersuchen (Abbildung 2). Die Aufhängung der Werkstücke ist höhenverstellbar, sodass die Arbeitshöhe an die Körpergröße einer Person individuell angepasst werden kann. Die Spannvorrichtung ermöglicht die Aufhängung verschiedener Werkstücke (Holz, Metall oder auch Beton) mit einer Dicke von 5 bis 100 mm und maximal 100 cm Länge x 80 cm Breite. Der Aufbau ist an

Abbildung 2:

Laboraufbau für Arbeiten mit vibrierenden Geräten in verschiedene Richtungen. Quelle: Autor



ein Betonfundament fest angekoppelt, um Resonanzeffekte der Schwingungseinwirkung zu minimieren. Eine mobile Kraftmessplatte mit zwei Messrichtungen (horizontal und vertikal) dient als Standplattform für die Personen.

5 Einfluss von Exoskeletten auf die Ankopplungskräfte

Die Betrachtung der Kraftwirkung ist ein wesentlicher Faktor in der Analyse von Exoskeletten. Nach der DIN 45679 [1] setzt sich die Ankopplungskraft aus der Andruckkraft und der Greifkraft zusammen. Die Andruckkraft ist die Kraft, die von der Hand ausgehend auf die Maschine wirkt. Die Greifkraft ist die zangenartig wirkende Kraft, die von der Hand beim Umschließen des Griffs ausgeübt wird. Wie der menschliche Körper mit der von außen einwirkenden Kraft am Oberarm umgeht, ist noch nicht bekannt. Inwiefern die aufgebrachte Muskelkraft konstant bleibt und die von außen einwirkende Kraft hinzuaddiert wird oder die Muskelkraft um einem gewissen Prozentsatz sinkt und durch die von außen einwirkende Kraft „kompensiert“ wird, sind Fragen, die noch nicht vollständig untersucht wurden.

Eine Erhöhung der Andruckkräfte würde bedeuten:

- Erhöhung der Ankopplung der Hände an die Maschine,
- Erhöhung der Vibrationsübertragung auf das Hand-Arm-System,
- Erhöhung von vibrationsbedingten Symptomen wie
 - verminderte Durchblutung der Finger,
 - verminderte Wahrnehmungsschwelle für Vibrationen.

Sollten Exoskelette die Muskelaktivität des Hand-Arm-Systems beeinflussen, können außerdem dessen Dämpfungseigenschaften für Vibrationen verändert werden. Dies hätte zur Folge, dass die Vibrationsübertragung auf die verschiedenen Strukturen des Hand-Arm-Systems beeinflusst würde.

6 Zielsetzung der Untersuchung

Ein weiterer Faktor bei Arbeiten mit Exoskeletten ist die Berücksichtigung der Arbeitsrichtung. Es soll untersucht werden, welchen Einfluss Exoskelette bei Tätigkeiten haben, deren Arbeitsrichtung nicht in Richtung des Unterstützungsmoments liegen. Da es keine einheitliche Bewertung der Arbeitsrichtung in Bezug auf Hand-Arm-Vibrationen gibt, soll außerdem untersucht werden, welche Auswirkungen die Arbeitsrichtung auf und über

Schulterniveau generell auf die Vibrationseinwirkung hat. Somit ergeben sich zwei Fragestellungen, die in der Untersuchung geklärt werden sollen:

- die Auswirkung verschiedener Arbeitsrichtungen auf vaskuläre, neurologische und muskuloskeletale Beanspruchung des Hand-Arm-Systems,
- die Auswirkung von Exoskeletten bei der Ausführung von Arbeitstätigkeiten mit vibrierenden Geräten.

7 Methodik

7.1 Messmethodik während der Tätigkeiten

Um ein umfassendes Bild der Mensch-Maschine-Interaktion zu erhalten, werden mechanische und physiologische Parameter betrachtet. Die Vibrationsemission der Geräte wird mit einer Messeinrichtung für Hand-Arm-Schwingungen nach DIN EN ISO 8041-1 [2] und der zugehörigen Analyse- und Auswertesoftware des IFA erfasst. Die Auswahl der Messpunkte sowie der Messrichtungen orientieren sich an DIN EN ISO 5349 Teil 1 und 2 [3, 4]. Die Ankopplung der Beschleunigungsaufnehmer erfolgt an den Griffen mittels einer Klebeverbindung. Das Übertragungsverhalten der Vibrationen an beiden Handgelenken wird anhand von Beschleunigungsaufnehmern

Abbildung 3:
Anbringung der Sensorik an Teilnehmer. Quelle: Autor



ermittelt, die durch chirurgische Pflaster in der Foveola radialis mit Kontakt zum knöchernen distalen Radius fixiert werden [5]. Die Vorschubkraft in Arbeitsrichtung (horizontal oder vertikal) wird über die Bodenreaktionskraft durch eine Kraftmessplatte ermittelt. Die Kraftsignale werden parallel zu den Schwingungssignalen über die Messeinrichtung für Hand-Arm-Schwingungen des IFA erfasst.

Physiologisch soll der Unterstützungseffekt des Exoskeletts auf die Muskulatur anhand von Oberflächenelektromyographie (EMG) am Musculus trapezius descendens, Musculus biceps brachii, Flexor carpi ulnaris und Extensor digitorum an beiden Armen überprüft werden (Abbildung 3).

Zusätzlich wird die Körperhaltung durch ein am Körper getragenes Bewegungserfassungssystem (Fa. Xsens, Typ: Awinda) aufgezeichnet, um eine biomechanische Analyse zu ermöglichen. Zwecks zeitlicher Synchronisierung der verschiedenen Messsignale und zur Identifikation möglicher Störgrößen werden Videoaufzeichnungen während der Durchführung der Arbeitsgänge aufgenommen. Schwingungswerte an Maschinen und Handgelenken, Vorschubkraft, EMG, Körperwinkel und Videoaufzeichnung werden zeitsynchron erfasst und in der Software WIDAAN (Eigenentwicklung des IFA) zusammengeführt.

7.2 Messmethodik nach den Tätigkeiten

Mithilfe von Thermographie wird unmittelbar vor und nach jedem Arbeitsgang die Vasokonstriktion über den Temperaturgradienten an den Händen bestimmt (Abbildung 4). Die Palmar- und Dorsalseite der rechten und linken Hand werden beim stehenden Teilnehmenden im Abstand von ca. 40 cm mit fixer Brennweite fotografiert.

Eine Veränderung der Vibrationsperzeption wird mit einem Mehrfrequenz-Vibrometer an der Spitze des Zeigefingers beider Hände zu Beginn der Untersuchung und nach jedem Arbeitsgang überprüft (Abbildung 5).

Das subjektive Empfinden der körperlichen Beanspruchung und etwaig auftretenden Veränderungen wird mit einem eigens zusammengestellten Fragebogen nach jedem Arbeitsgang erfasst. Die Beschwerdestärke wird jeweils auf einer numerischen Rating-Skala von 0 bis 10 (0 = keine Beschwerden, 10 = unerträglich) abgefragt und der angekreuzte Wert für die Zielgrößen herangezogen. Mit den Messmethoden werden die von Vibrationen typischerweise betroffenen physiologischen Systeme (kardiovaskulär, neuronal und muskuloskeletal) untersucht.

7.3 Ein- und Ausschlusskriterien

Für die Untersuchung werden gesunde Nichtraucher (18 bis 65 Jahre) ohne Vorerkrankungen des Gefäß- bzw. Nervensystems oder im Hand-Arm-Schulter-Bereich des Muskel-Skelett-Systems rekrutiert. Die Studienteilnehmer dürfen keine berufliche Nutzung von Geräten, die Vibrationen erzeugen, aufweisen. Ihre Anzahl wurde nach einer Stichprobenschätzung (statistische Power) auf 30 festgelegt.

8 Erwartete Ergebnisse

Die Ergebnisse sollen bei der Ableitung von präventiven Maßnahmen unterstützen bzw. bei der Beratung von Arbeitgebenden und -nehmenden zu Hand-Arm-Schwingungen bei der Verwendung von Exoskeletten für einen besseren Wissensstand sorgen.

Literatur

[1] DIN 45679: Mechanische Schwingungen -Messung und Bewertung der Greif- und Andruckkräfte zur Beurteilung der Schwingungsbelastung des Hand-Arm-Systems (2/2013). Berlin, Beuth 2013

- [2] DIN EN ISO 8041-1: Schwingungseinwirkung auf den Menschen – Messeinrichtung – Teil 1: Schwingungsmesser für die allgemeine Anwendung (ISO 8041-1:2017) (10/2017). Berlin, Beuth 2017
- [3] DIN EN ISO 5349-1: Messung und Bewertung der Einwirkung von Schwingungen auf das Hand-Arm-System des Menschen. Allgemeine Anforderungen (ISO 5349-1:2001) (12/2001). Berlin, Beuth 2001
- [4] DIN EN ISO 5349-2: Mechanische Schwingungen – Messung und Bewertung der Einwirkung von Schwingungen auf das Hand-Arm-System des Menschen – Teil 2: Praxisgerechte Anleitung zur Messung am Arbeitsplatz (ISO 5349-2:2001 + Amd 1:2015) (12/2015). Berlin, Beuth 2015
- [5] Schäfer, N.: Akute Wirkungen stoßhaltiger Schwingungen auf das Hand-Arm-System. Forschungsbericht tTA 85-020 Humanisierung des Arbeitslebens. 1985

Abbildung 4: Indirekte Ermittlung der Durchblutung der Hände mittels Thermographie. Quelle: Autor

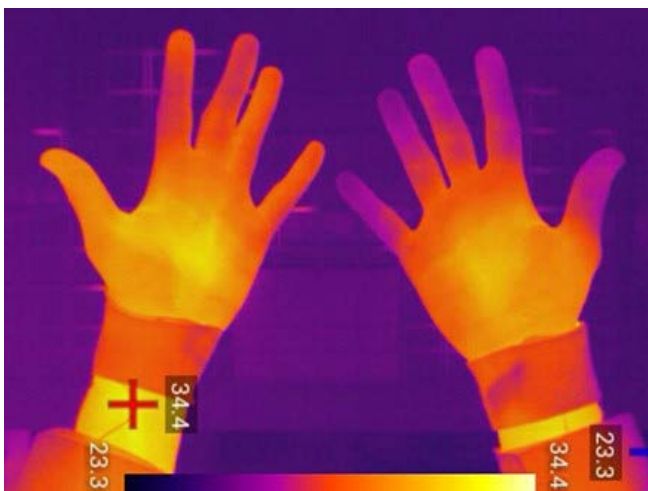
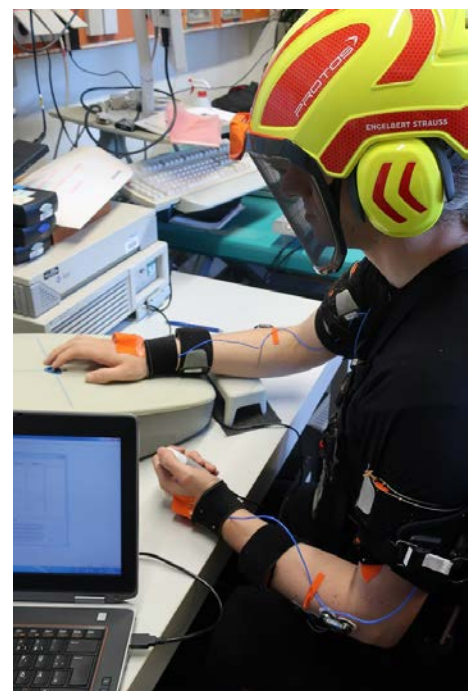


Abbildung 5: Messung der Vibrations-Fühlschwelle durch ein Vibrometer. Quelle: Autor



Forschungsergebnisse Projekt „Bewertung exoskelettaler Systeme in der Arbeitswelt“ (Exo@Work) – Leitfaden zur Evaluation von Exoskeletten

Ralf Schick¹, Lennart Ralfs², Robert Weidner^{2,3}, Ulrich Glitsch^{3,4}

¹ Berufsgenossenschaft Handel und Warenlogistik (BGHW), Mannheim

² Universität Innsbruck, Institut für Mechatronik, Professur für Fertigungstechnik, Innsbruck/Österreich

³ Helmut-Schmidt-Universität, Universität der Bundeswehr Hamburg, Laboratorium Fertigungstechnik, Hamburg

⁴ Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA), Sankt Augustin

1 Hintergrund

Ziel des Forschungsprojektes Exo@Work war die Entwicklung eines Leitfadens zur Evaluation von Exoskeletten für die Arbeitswelt. Aufbauend auf einer grundlegenden Analyse sollte eine Vorgehensweise zur Evaluierung entsprechender Systeme erarbeitet werden [1]. Die Validierung des methodischen Vorgehens zur Evaluation erfolgte im Rahmen von Labor- und Feldstudien mit exemplarischen Exoskeletten. Die Auswahl verlief in der Art und Weise, dass eine Differenzierung zwischen möglichen grundsätzlichen Ansätzen erfolgen kann und diese im Leitfaden berücksichtigt werden konnten. Durch dieses Vorhaben sollte die Grundlage geschaffen werden, um zukünftig exoskelettale Unterstützungssysteme hinsichtlich ihrer biomechanischen und physiologischen Effekte zielgerichtet zu evaluieren.

Eine Systematik zur Evaluation von Exoskeletten zur Nachweisbarkeit und des Grades der Minderung biomechanischer und arbeitsphysiologischer Belastungen inklusive begleitender Aspekte sind für die Überführung in die Praxis bisher nicht standardisiert, jedoch erforderlich. Der entwickelte Leitfaden greift an dieser Lücke an [2].

Zuerst wurden relevante Grundlagen zum Stand der Forschung und charakteristischen Tätigkeitsprofilen sowie zur Präventionswirkung, Gefährdung und Gesundheit aufgenommen und systematisiert. Darauf aufbauend wurde ein Methodenkatalog entwickelt und anhand von Labor- und Feldstudien, bei denen exemplarische Exoskelette zur Anwendung kamen, systematisch evaluiert und an die Bedürfnisse angepasst. Begleitend dazu wurden übergeordnete Fragestellungen zur Akzeptanz und Usability bearbeitet. Über eine multikriterielle Bewertung wurden Kerneigenschaften für die Beurteilung von Exoskeletten abgeleitet. Abschließend wurden die Studienergebnisse in einem Leitfaden inklusive Handlungsempfehlungen zur Beurteilung zusammengefasst.

Das Projekt Exo@Work, das von der Berufsgenossenschaft Handel und Warenlogistik (BGHW) gefördert wurde, startete im Oktober 2018 und endete Ende Dezember 2021. Durchgeführt hat es die Professur für Fertigungstechnik der Universität Innsbruck (LFUI) in Kooperation mit dem Laboratorium Fertigungstechnik der Helmut-Schmidt-Universität Hamburg (HSU) und dem Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA).



Abbildung 1:
Aktives Exoskelett Cray X.
Quelle: © German Bionic

2 Ausgangssituation

Hersteller und Entwickler von Exoskeletten versprechen sich von deren Einsatz eine Verbesserung der Arbeitsbedingungen. Exoskelette, die speziell für den Einsatz an gewerblichen Arbeitsplätzen entwickelt wurden, sind laut Hersteller eine Möglichkeit, die Belastung der Beschäftigten beim Bewegen von Lasten zu reduzieren und ungünstige Körperhaltungen zu vermeiden (**Abbildung 1**). Dies hätte auch eine Verringerung von Beschwerden des Muskel-Skelett-Systems und somit eine mögliche/wahrscheinliche Reduktion der entsprechenden Fehlzeiten zur Folge. Darüber hinaus könnte nach Aussage der Hersteller ein erhöhter Arbeitskomfort sowie eine Steigerung der Produktivität und Qualität erzielt werden.

Diese von den Herstellern hervorgehobenen positiven Aspekte solcher Systeme veranlassen immer mehr Unternehmen dazu, Exoskelette an Arbeitsplätzen zu testen. Im Rahmen einer solchen Pilotierung mangelt es jedoch sehr häufig an einer systematischen Evaluation. Oft gibt es schon Probleme bei der Auswahl eines geeigneten Exoskelettes für den betreffenden Arbeitsplatz. Der im Rahmen des Projektes *Exo@Work* entwickelte Leitfaden zur Evaluation von Exoskeletten soll mit konkreten Handlungsempfehlungen die Unternehmen dazu befähigen, Exoskelette für den gewerblichen Einsatz zu bewerten.

Dadurch sollen fundierte und vergleichbare Evaluationsergebnisse sichergestellt und die Auswahl eines geeigneten Exoskeletts abgeleitet werden können.

3 Projektschwerpunkte

Der Schwerpunkt der Studie (**Abbildung 2**) lag auf der multikriteriellen Bewertung von Exoskeletten an gewerblichen Arbeitsplätzen. So wurden im Rahmen des Projekts exemplarische Anwendungsfälle an gewerblichen Arbeitsplätzen der industriellen Produktion, der Logistik, des industriellen Handwerks und Handels betrachtet. Die Auswahl der Tätigkeiten erfolgte dabei so, dass zum einen Tätigkeiten mit dem größten Unterstützungsbedarf untersucht und zum anderen Tätigkeiten berücksichtigt wurden, die technisch eine problemgerechte Unterstützung durch Exoskelette ermöglichen.

Zur Betrachtung der allgemeinen Ausgangslage und zum Stand der Technik von Exoskeletten wurden Experteninterviews sowie Akzeptanz- und Usability-Studien durchgeführt. Zusätzlich wurden auch Normen und Richtlinien zu Exoskeletten, eine eigens erstellte Marktübersicht zu industriellen Exoskeletten und insbesondere die Klassifikation von Tätigkeiten als relevante Grundlage für die weitere Projektarbeit sowie die gezielte Durchführung von Studien berücksichtigt. Darauf aufbauend wurden Studien zur Untersuchung der Effekte von Exoskeletten

Abbildung 2: Schematischer Überblick über inhaltliche Projektschwerpunkte. Quelle: © Universität Innsbruck



in Labor- und Feldumgebung durchgeführt. Die Studien in Laborumgebung erfolgten dabei in Testparcours. Ergänzend wurden Anwenderworkshops mit Exoskeletten in Betrieben durchgeführt. Im dritten großen Block wurden Erkenntnisse in Bezug auf den Einsatz und die Evaluation von Exoskeletten abgeleitet, die in den Leitfaden und die Handlungsempfehlungen gemündet sind.

4 Zentrale Ergebnisse

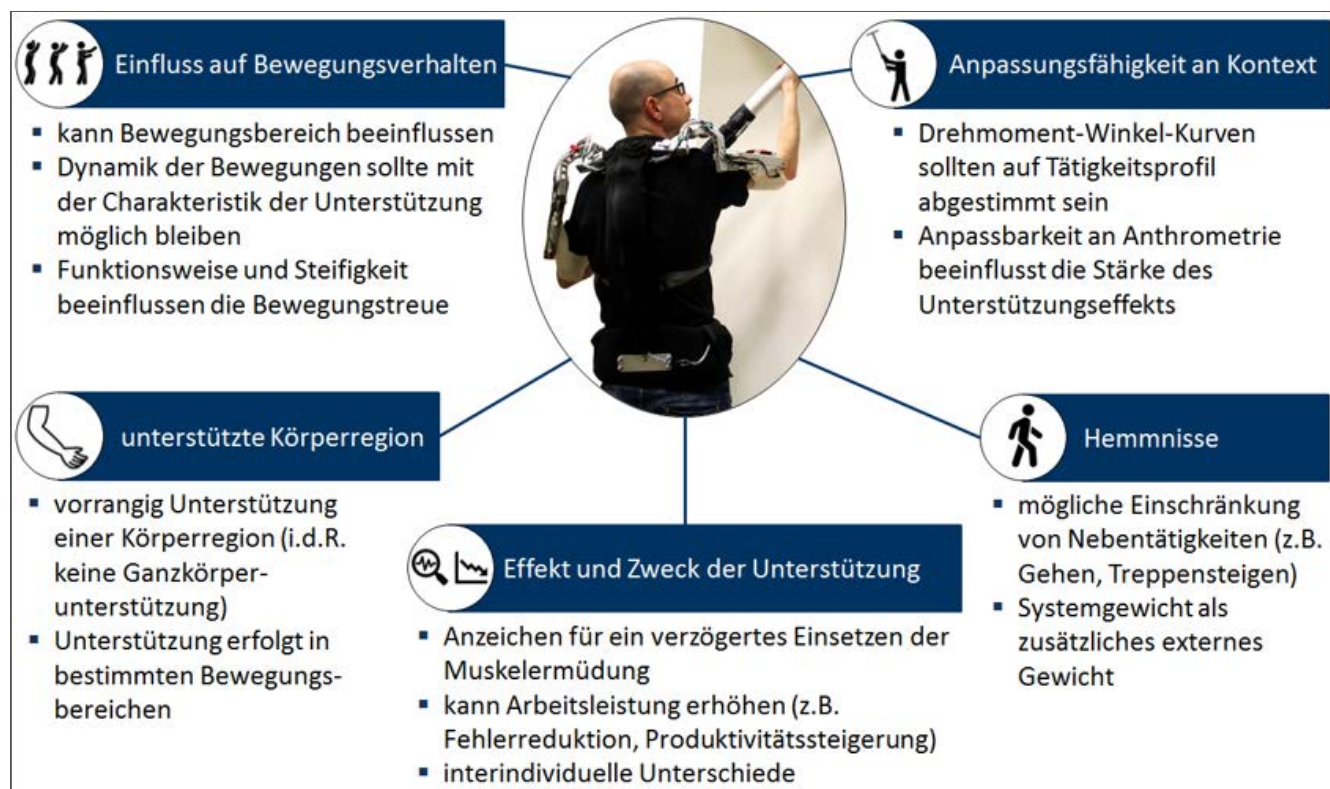
Insgesamt sind in den Studien und der anschließenden Erstellung des Leitfadens 16 am Markt verfügbare und zwei eigens entwickelte prototypische Exoskelette getestet und mit verschiedenen Messmethoden untersucht worden. Die Tests wurden sowohl im Labor als auch an realen gewerblichen Arbeitsplätzen durchgeführt. Dabei kamen knapp 80 Testpersonen zum Einsatz, die sich in Geschlecht, Alter, Körpergröße und -gewicht sowie der Erfahrung mit Exoskeletten und den Testaufgaben unterschieden. In **Abbildung 3** sind die zentralen Ergebnisse der Untersuchungen zu übergeordneten Erkenntnissen zusammengefasst.

Die übergeordneten Erkenntnisse sind in die Bereiche Einfluss auf Bewegungsverhalten, unterstützte Körperregionen, Effekt und Zweck der Unterstützung, Anpassungsfähigkeit an Kontext und Hemmnisse unterteilt.

Die Ergebnisse zeigen insgesamt, dass der zweckmäßige und zielgerichtete Einsatz von Exoskeletten bei ausgewählten Tätigkeiten zu einer Unterstützung der nutzenden Personen im Allgemeinen bzw. Beschäftigten im speziellen gewerblichen Anwendungsfall führen kann.

Ein zentraler Bereich zum Verständnis der mechanischen Unterstützungswirkung von Exoskeletten bildet die sogenannte Kennlinie – das beugewinkelabhängige Unterstützungsdrehmoment – eines Exoskeletts [3]. Diese Kennlinie kann je nach System variabel vom Anwendenden eingestellt werden oder ist vom Hersteller fix bzw. in festen Größen vorgegeben. Insbesondere bei passiven Exoskeletten ist die Kennlinie weitgehend konstant vorgegeben und durch eine mehr oder minder stark ausgeprägte Hysterese (Energieverlust während der Rückstellung in die Streckung) gekennzeichnet (**Abbildung 4**). Bei aktiven Systemen können meist diverse Eckparameter für das Regelsystem vom Anwendenden eingestellt werden. Die daraus resultierende Kennlinie ist durch weitere situative Faktoren geprägt, was je nach Bewegungsaus-

Abbildung 3: Zusammenfassung zu übergeordneten Erkenntnissen. Quelle:© Universität Innsbruck



führung zu unterschiedlichen Kennlinien führen kann. Hauptunterschied zu passiven Systemen ist die höhere Unterstützung bei der Streckung im Vergleich zur Beugung (Flexion) (Abbildung 4, CRAY).

Alle hier betrachteten Exoskelette liefern allerdings immer nur eine Teilunterstützung des Muskel-Skelett-Systems. Die Hüft- und Rückenstrecker müssen in der Regel weiterhin die Hauptarbeit bei Hebetätigkeiten leisten (Abbildung 5). Dies ist auch wichtig, damit der Mensch die dominierende Kontrolle über das Exoskelett behält. Welche Höhe und Form dieser Kennlinien für den Menschen arbeitsphysiologisch optimal ist, ist bisher nicht bekannt. Insofern besteht in diesem Bereich noch erheblicher Forschungsbedarf.

5 Abgeleitete Empfehlungen

Auf Basis der zentralen Ergebnisse des Forschungsprojektes Exo@Work konnten Empfehlungen (Abbildung 6) abgeleitet werden. Diese beruhen auf Erkenntnissen, die in Studien in Labor- und Feldumgebung sowie mittels Akzeptanz- und Usability-Studie ermittelt werden konnten, und lassen sich in drei Bereiche unterteilen. Dabei werden Empfehlungen für den Einsatz, die Evaluation sowie die Akzeptanz und Usability von Exoskeletten abgeleitet.

Die Empfehlungen adressieren dabei unterschiedliche Punkte. In Bezug auf die Arbeitssituation werden z. B. das TOP-Prinzip, die Gefährdungsbeurteilung [5] und sicherheitsrelevante Aspekte betrachtet. Mit Blick auf eine zweckmäßige Nutzung werden beispielsweise Herstellerinformationen, Bewegungsbereiche und Nebentätig-

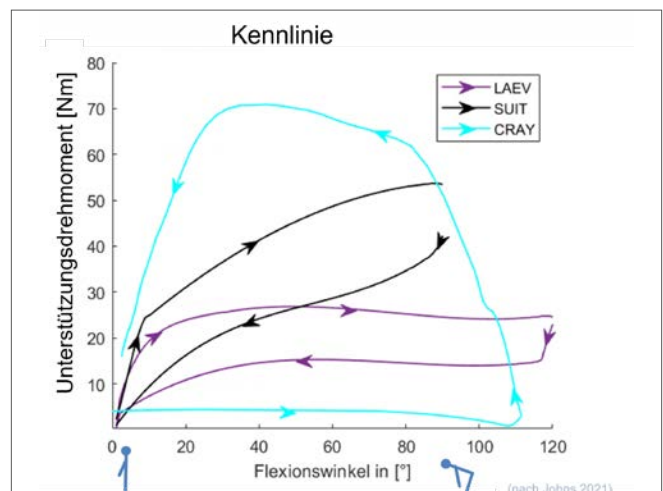


Abbildung 4: Unterschiedliche Kennlinien von zwei passiven (LAEV, SUIIT) und einem aktiven Exoskelett (CRAY, aus einer exemplarischen Hebeaktion ermittelt). Quelle: Autoren

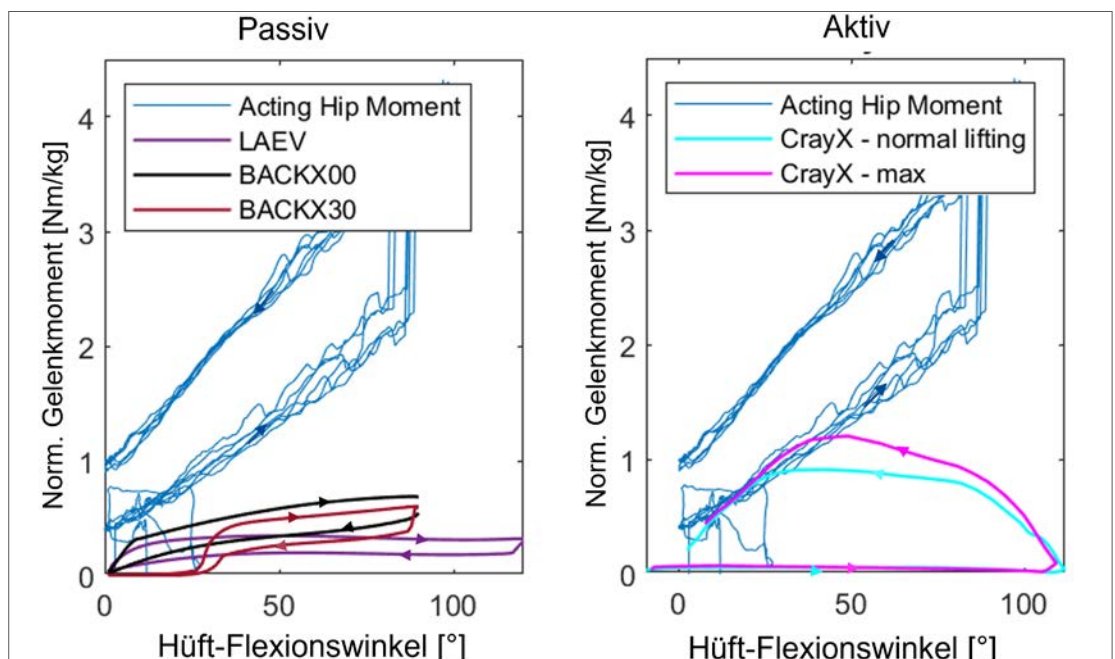


Abbildung 5: Vergleich von Exoskelettunterstützung mit dem vom Menschen aufzubringenden Hüftgelenkmoment (normalisiert auf Nm pro kg Körpergewicht); Lastgewicht: 20 kg. Quelle: Autoren

keiten beleuchtet. Bei der Bewertung von Exoskeletten ist z. B. die Eignung von Messverfahren und die Relevanz der arbeitsmedizinischen Vorsorge hervorzuheben. Im Leitfaden zur Evaluation von Exoskeletten werden diese Punkte näher spezifiziert und beschrieben.

6 Sieben-Phasen Modell

Zur umfassenden Bewertung von Exoskeletten für den betrieblichen Einsatz wurde ein Sieben-Phasen-Modell (Abbildung 7) entwickelt. Diese Methodik hat das Ziel, die Anwendenden zu sensibilisieren und bei der Selbstevaluation von industriellen Exoskeletten zu unterstützen. Es bildet die Grundlage für die Strukturierung des Leitfadens.

Das Sieben-Phasen-Modell ist in drei Bewertungsstufen mit insgesamt sieben untergeordneten Phasen unterteilt. Der Bewertungsstufe „Vorbereitung“ sind die Phasen der Einordnung der Unterstützungssituation und der Exoskelette sowie die Vorbereitung der Evaluation (Szenario, Systemauswahl) zugeordnet. Die Phasen der Bewertungsstufe „Durchführung“ beinhaltet unter anderem die Anwendung der Messverfahren und die Untersuchung von subjektiven und objektiven Messkriterien zur Bestimmung der Akzeptanz und Usability von Exoskeletten. In den Phasen sechs und sieben der dritten Bewertungsstufe „Auswertung“ werden die Datenanalyse, die Ableitung von Erkenntnissen und Empfehlungen für die weitere Nutzung betrachtet.

7 Leitfaden für die Evaluation von Exoskeletten

Es gibt aktuell bereits eine Vielzahl verschiedener Exoskelette für verschiedene Körperregionen, die sich hinsichtlich ihrer Bauweise sowie ihrer mechanischen und biomechanischen Funktionsweise unterscheiden. Da sie meist für bestimmte Anwendungsfälle an gewerblichen Arbeitsplätzen entwickelt wurden, muss für jeden Arbeitsplatz geprüft werden, welches Exoskelett am besten geeignet ist und ob eine nachhaltige Verbesserung der physischen Belastungen erreicht werden kann. Hierfür braucht es eine Eignungsbewertung von Exoskeletten für den betrieblichen Einsatz. Der entwickelte Leitfaden für die Evaluation von Exoskeletten soll diese Eignungsbewertung gewährleisten.

Ziel des Leitfadens ist es, eine Grundlage zur Bewertung von Exoskeletten bei gewerblicher Anwendung bereitzustellen. Dabei werden ein übergeordnetes Sieben-Phasen-Modell sowie eine systematische Schritt-für-Schritt-Anweisung beschrieben und durch ergänzende Handlungshilfen wie Checklisten, Leitfragen, Diagramme und Handlungsempfehlungen gestützt. Dadurch sollen fundierte und vergleichbare Evaluationsergebnisse sichergestellt und die Auswahl eines geeigneten Exoskeletts, das eine effektive Hilfestellung in den untersuchten Unterstützungssituationen ermöglicht, abgeleitet werden können.

Empfehlungen					
Einsatz		Akzeptanz und Usability		Evaluation	
TOP-Prinzip des Arbeitsschutzes beachten	Nebentätigkeiten beachten	individuelle Unterschiede beachten		Wahl geeigneter Messmethoden sicherstellen	
Gefährdungsbeurteilung durchführen	Anforderungen an Dynamik beachten	Bewegungstreue beachten		Messmethoden korrekt anwenden	
Herstellerinformationen beachten	Bewegungsbereiche beachten	gute Passform garantieren		qualitative und quantitative Messmethoden kombinieren	
Exoskelette adressieren meist nur eine Körperregion	sicherheitsrelevante Aspekte beachten	Drehmoment-Kennlinie des Exoskeletts beachten		standardisierte und charakteristische Bewegungsfolgen beachten	
Exoskelette unterstützen nur Teile der Tätigkeiten		Systemeinführung und Testphase planen		Vorgehensweise zum Effektnachweis beachten	
		transparente Kommunikation fördern		arbeitsmedizinische Vorsorge ermöglichen	
				Evaluation in regelmäßigen Abständen wiederholen	

Abbildung 6: Empfehlungen zum Einsatz von Exoskeletten an Arbeitsplätzen. Quelle: Autoren

Der Leitfaden richtet sich an die Verantwortlichen in den Unternehmen, die einen betrieblichen Einsatz von Exoskeletten planen. Die zentralen Schritte der Vorgehensweise und wesentliche Handlungsempfehlungen werden möglichst kompakt und leicht verständlich zusammengefasst.

Der entwickelte Leitfaden erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit oder universelle Einsetzbarkeit. Insbesondere kann der Leitfaden nur aktuell verfügbare Exoskelette betrachten und keine zukünftigen Entwicklungen der Technologien von Exoskeletten abschätzen und berücksichtigen.

8 Zusammenfassung und Ausblick

Der Fokus des Forschungsprojektes Exo@Work lag auf der Untersuchung und Entwicklung geeigneter Vorgehensweisen zur Evaluation von Exoskeletten an gewerblichen Arbeitsplätzen. Dazu wurden 18 Exoskelette mit unterschiedlicher Bauart und Funktionsweise in exemplarischen gewerblichen Anwendungsfällen betrachtet. Die Studien wurden dabei sowohl in Laborumgebung als auch an gewerblichen Arbeitsplätzen mit knapp 80 Testpersonen durchgeführt.

Durch die Auswirkungen der Corona-Pandemie konnten die Feldmessungen nicht in der gewünschten Breite durchgeführt werden. In Zukunft bedarf es daher noch weiterer Untersuchungen hinsichtlich der generellen Akzeptanz und der Praxistauglichkeit von Exoskeletten. Die Langzeitwirkungen von Exoskeletten beim Einsatz an gewerblichen Arbeitsplätzen müssen ebenfalls noch viel eingehender untersucht werden, um den Nutzen und mögliche Folgen einer länger andauernden Nutzung der Exoskelette genauer beschreiben zu können.

Insgesamt konnte jedoch gezeigt werden, dass der Einsatz von Exoskeletten bei ausgewählten Tätigkeiten zu einer Unterstützung von nutzenden Personen im Allgemeinen bzw. Beschäftigten im speziellen gewerblichen Anwendungsfall führen kann. Der Leitfaden mitsamt Handlungsempfehlungen kann Betrieben helfen, einen zweckmäßigen Einsatz von Exoskeletten an gewerblichen Arbeitsplätzen zu fördern und sie zur Durchführung einer zielgerichteten Evaluation unter Anwendung geeigneter Kriterien und Messmethoden befähigen [1].

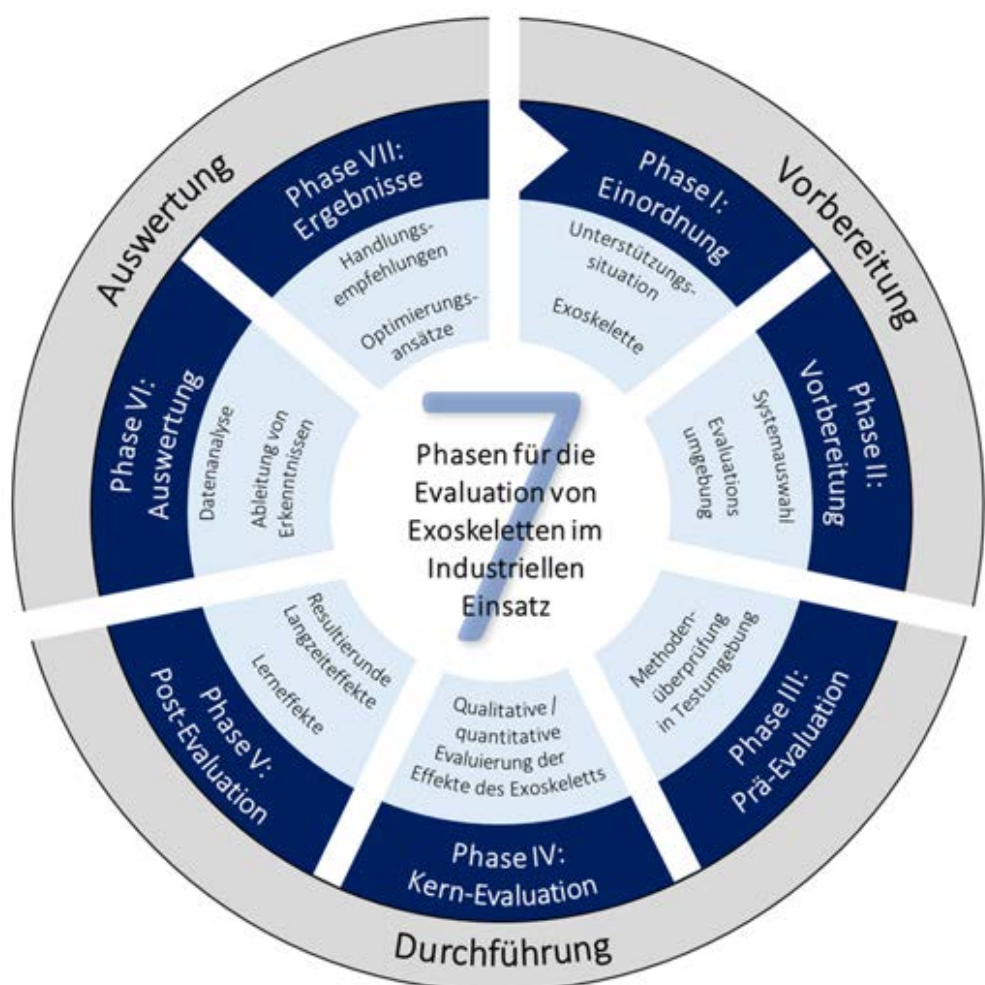


Abbildung 7: Sieben-Phasen-Modell für die Evaluation von Exoskeletten. Quelle: Autoren

Literatur

- [1] *Ralfs, L.; Hoffmann, N.; Linnenberg, C.; Edwards, V.; Reimeir, B.; Calisti, M.* et al.: BGHW-Studie Exo@Work – Bewertung exoskelettaler Systeme in der Arbeitswelt - Abschlussbericht, 2022. https://kompendium.bghw.de/bghw/xhtml/document.jsf?docId=bghw_fors/bghw_fors-Documents/b12fbbsew.pdf&alias=bghw_fors_b12fbbsew_1_&anchor=&event=navigation
- [2] *Ralfs, L.; Hoffmann, N.; Linnenberg, C.; Edwards, V.; Reimeir, B.; Calisti, M.* et al.: Leitfaden zur Evaluation von Exoskeletten – BGHW-Studie Exo@Work, 2022. https://kompendium.bghw.de/bghw/xhtml/document.jsf?docId=bghw_fors/bghw_fors-Documents/b12fblee.pdf&alias=bghw_fors_b12fblee_1_&anchor=&event=navigation
- [3] *Glitsch, U.; Bäuerle, I.; Hertrich, L.; Heinrich, K.; Liedtke, M.*: Biomechanische Beurteilung der Wirksamkeit von rumpfunterstützenden Exoskeletten für den industriellen Einsatz. Zeitschrift für Arbeitswissenschaft 74 (2020) Nr. 4, S. 294-305
- [4] *Johns, J.; Heinrich, K.; Glitsch, U.*: Biomechanische Analyse der Unterstützungswirkung von rumpfunterstützenden Exoskeletten bei manueller Lasthandhabung, Beitrag A.1.11. In: 67. GfA-Frühjahrskongress – Arbeit HUMAINE gestalten, 2021
- [5] Gefährdungsbeurteilung für Exoskelette – Version 1.1 Hrsg.: Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA), Sankt Augustin, 2019. <https://www.dguv.de> Webcode: d1182315

Praxisbezogene Beurteilung der Unterstützungswirkung von Exoskeletten

Jasper Johns, Ulrich Glitsch, Inga Schultes, Kai Heinrich

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

Kurzfassung

Die Unterstützungswirkung von Exoskeletten hat sich in den letzten Jahren als ein zentrales Thema in der Ergonomie etabliert. Aber es gibt noch viel darüber zu lernen, wie diese Systeme in der Praxis mit dem Menschen interagieren. Die systematische Untersuchung der Systeme im Labor ist notwendig, um zu verstehen, wie sie funktionieren – und um die potenziellen Vorteile zu bewerten, die sie am Arbeitsplatz bieten könnten. Die dabei gesammelten Daten bieten eine Grundlage für die schrittweise Beurteilung von Exoskeletten im Feld. Indem das Potenzial dieser Systeme eingehend untersucht und ihre Auswirkungen auf das Muskel-Skelett-System verstanden werden, ergibt sich ein immer vollständigeres Bild von der Unterstützungswirkung industrieller Exoskelette in verschiedenen arbeitsplatzrelevanten Situationen.

1 Industrielle Exoskelette

Exoskelette rücken zunehmend in den Fokus der Wissenschaft und Ergonomie, da sie versprechen, eine relevante Unterstützung bei der Ausführung manueller körperlicher Arbeit zu liefern. Diese wachsende Nachfrage lenkt zusätzliche Aufmerksamkeit auf die Bedeutung des Verständnisses von Exoskeletten und ihrer Unterstützungswirkung. Im industriellen Bereich bieten Exoskelettsysteme derzeit nur eine Teilkörperunterstützung. Die meisten Systeme stellen dabei keinen Kontakt zur direkten Umgebung her und können somit keine vollständige Entlastung liefern, sondern lediglich eine Umverteilung der Last auf andere Körperregionen [1, 2]. Aktuelle Systeme unterstützen zum größten Teil einzelne Körperregionen und es gibt bis dato keine etablierten Ganzkörpersysteme.

Die Wirksamkeit von Exoskeletten wurde bis jetzt vor allem bei isolierten Tätigkeiten unter kontrollierten Laborbedingungen untersucht. Dafür wurden vor allem einfache Tätigkeiten mit einem Bezug zum Arbeitskontext nachgestellt, beispielsweise das frontale Heben und Halten von Lasten. Bevor aus diesen ersten Erkenntnissen eine konkrete Empfehlung für die Praxis abgeleitet werden kann, muss die Funktionsweise der Systeme grundlegend verstanden werden und ein schrittweiser Transfer in komplexere Situationen gelingen. In den folgenden Abschnitten wird dieser Weg beispielhaft an der Untersuchung von rumpfunterstützenden Exoskeletten skizziert.

2 Der Weg vom Labor in die Praxis

Bevor Exoskelette in der Praxis effektiv eingesetzt werden können, müssen Vorstudien im Labor durchgeführt werden, um ihre allgemeine Funktionsweise zu verstehen und Abschätzungen über sinnvolle Einsatzszenarien machen zu können. Eine strukturierte und schrittweise Erhöhung der Komplexität dieser Untersuchungen ist notwendig, um sicherzustellen, dass alle auf diesem Weg getroffenen Annahmen richtig sind und den neuen Anforderungen standhalten. Dies fängt bei der einzelnen oder kombinierten Betrachtung bestimmter Tätigkeiten an und muss bis in die korrekte biomechanische Modellierung der Interaktionskräfte bei planaren und multiplanaren Bewegungen konsequent zu Ende gedacht werden. So kann es beispielsweise sein, dass bei der isolierten Betrachtung von einfachen Hebeaufgaben ein positiver Effekt der Systeme attestiert werden kann. In einer kombinierten Tätigkeit zusammen mit dem Tragen von Lasten über eine gewisse Entfernung hinweg, macht dieser Unterstützungseffekt jedoch nur noch einen verschwindend geringen Bruchteil aus. Das zweite Beispiel bezieht auf die Diskrepanz zwischen idealer und tatsächlicher Ausführung einer Tätigkeit. Um im Labor die generelle Interaktion von Mensch und Exoskelett untersuchen zu können, muss die Ausführung der Tätigkeit standardisiert werden, damit die Daten verschiedener Wiederholungen und Probanden miteinander vergleichbar sind. Diese kontrollierte Ausführung entspricht jedoch meist nicht der Realität in Betrieben, in denen große Stückzahlen bewegt werden müssen oder eine enge Taktung vorliegt. Das größte Problem in Bezug auf die rumpfunterstützenden Exoskelette ist dabei, dass die meisten aktuell verfügbaren Systeme Gelenke mit nur einem unterstützten Freiheitsgrad besitzen. Es kann also sein, dass bei Bewegungen die in mehr als einer Raumebene ausgeführt werden, der Mensch im Exoskelett zwar eine Bewegung noch ausführen kann, das Exoskelett dieser jedoch nur noch bedingt folgt und hinderlich ist oder keine adäquate Unterstützung liefern kann.

Bei der Beurteilung der Systeme muss beachtet werden, dass ihre mechanische Struktur zwar – von außen betrachtet – vermeintlich recht einfach ist, sie aber mit dem äußerst komplexen biologischen System des menschlichen Körpers interagieren. Jeder Mensch ist anders und individuelle Variablen wie körperliche Voraussetzungen, die Anthropometrie, Passform, körperliche Beschwerden und Reaktionen auf äußere Belastungen

oder die erfahrene Unterstützung haben einen nicht vorhersehbaren Effekt. Deshalb ist es wichtig, vorab die grundsätzliche Funktionsweise möglichst vollständig zu ergründen, um sich im Folgenden mit den nicht weniger relevanten individuellen Punkten auseinanderzusetzen. Der erste Schritt auf dem Weg, die Interaktion von Mensch und Exoskelett zu verstehen, ist dabei die Entwicklung einer theoretischen Modellbeschreibung der fraglichen Systeme, die hier im Folgenden grundlegend dargestellt wird.

3 Bestimmung der Unterstützung von rumpfunterstützenden Exoskeletten

Ein Hauptziel rumpfunterstützender Exoskelette ist die Unterstützung der Lendenwirbelsäule während des Hebens von Lasten und in statischen vorgebeugten Positionen. In der Ergonomie und Arbeitswissenschaft ist anerkannt, dass bei dieser Tätigkeit die auf die lumbale Wirbelsäule wirkenden Kompressionskräfte ein entscheidender Parameter bei der Beurteilung von Belastungen sind. Damit eine modellbasierte Abschätzung der Wirkung der Exoskelettunterstützung auf das menschliche Muskel-Skelett-System und damit den identifizierten Risikoparameter stattfinden kann, muss die zusätzliche Eingangsgröße (in diesem Fall die Unterstützung durch das Exoskelett) bekannt sein. In der Analyse der Interaktion von Mensch und Exoskelett ist die effektiv einwirkende mechanische Unterstützung ein zentraler Beurteilungsparameter [3 bis 5].

Ein Ansatz, die Unterstützung eines Exosketts zu bestimmen, ist es die direkte Interaktion zu unter-

suchen, indem die Kontaktkräfte zwischen Exoskelett und Körper erfasst werden. Diese Kontaktkräfte werden jedoch nicht direkt vom Exoskelett aufgebracht, sondern sind das Resultat eines erzeugten Drehmoments um das Drehgelenk der Systeme, und sie können je nach Passform und damit Länge des mechanischen Hebelarms zwischen Drehachse und Kontaktstelle variieren. Die exoskelettspezifische Unterstützung muss also in Form eines beugungswinkelabhängigen Drehmoments – der sogenannten Kennlinie eines Systems – ausgedrückt werden. Da passive Systeme einen Teil der Bewegungsenergie in Federsystemen speichern, kann nach der einmaligen Bestimmung dieser Kennlinie davon ausgegangen werden, dass in zukünftigen Flexion-Extensions-Zyklen dieselbe Energie gespeichert und an die Nutzenden zurückgegeben wird. Bei passiven Exoskeletten ist darüber hinaus zu beachten, dass ständig Energie durch Reibung verloren geht – die sogenannte Hysterese. Aktive Systeme hingegen speichern in der Regel keine elastische Energie, sondern nutzen Elektromotoren, um das Unterstützungsmoment zu erzeugen. Meist liefern die Systeme dabei auch direkt interne Sensordaten zur Motorleistung. Durch die inzwischen sehr leistungsstarken Motoren versprechen aktive Systeme potenziell eine höhere Unterstützungsleistung, bringen jedoch das Problem mit, dass die Intention der Benutzenden interpretiert und bei Einsetzen der Unterstützung die Trägheit des Systems überwunden werden muss [6]. Ein weiterer Vorteil aktiver Systeme ist die Einstellbarkeit der Unterstützung. Bei passiven Systemen muss dahingegen das Verhalten des Federsystems schon im Entwicklungsprozess festgelegt werden und kann im Betrieb nur minimal angepasst werden.

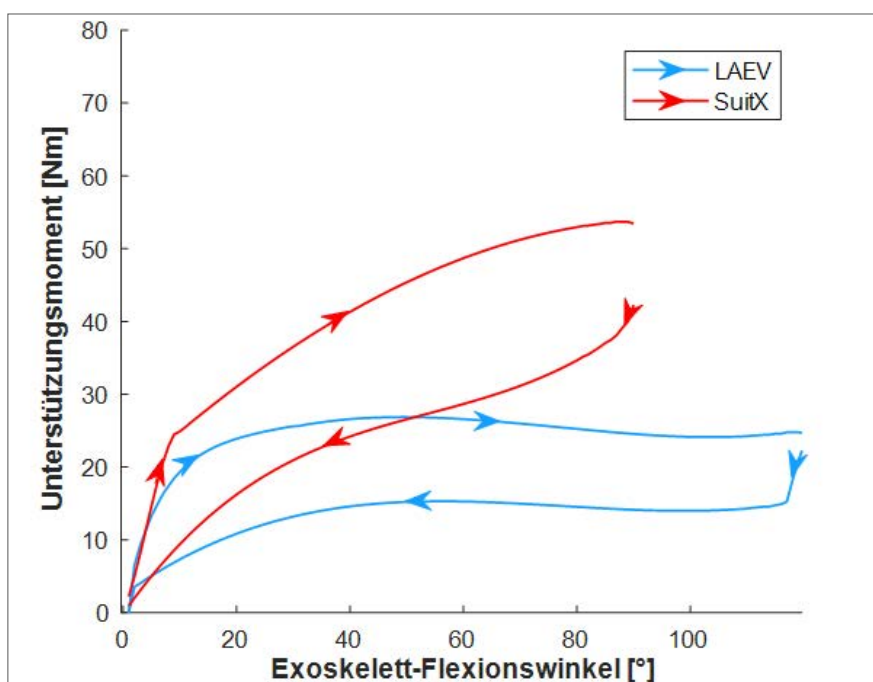


Abbildung:
Beugungswinkelabhängige Drehmoment-Kennlinien zweier passiver Exoskelette. Quelle: Autoren

Aktuell können in dieser Hinsicht bei verfügbaren passiven Systemen unterschiedliche Unterstützungsstrategien identifiziert werden (**Abbildung**). Während manche Systeme eine stetig steigende Unterstützung entsprechend der steigenden Belastung beim Vorneigen des Rumpfes liefern, gibt es wiederum andere, die nach einem initial steilen Anstieg eine recht gleichbleibende Unterstützung erzeugen [3, 5]. In Kombination mit verschiedenen hohen Unterstützungsleistungen ergeben sich beliebig viele denkbare Kombinationen, deren Effektivität biomechanisch zwar modelliert werden kann, die Frage danach, welche die bequemste oder ideale ist, jedoch nur experimentell ermittelt werden kann. Mit zunehmender Komplexität der Betrachtung ist es also notwendig, immer spezifischere Untersuchungen durchzuführen. Während das Ziel im ersten Schritt noch war, die generelle Funktionalität der Exoskelette zu analysieren, geht es im Verlauf der Annäherung an die Praxis darum, die Analysen deutlich tätigkeits- bzw. arbeitsplatzbezogener zu gestalten.

4 Analyse der Unterstützungswirkung

Nachdem die biomechanische Modellbildung abgeschlossen ist, kann ermittelt werden, wie sich die Unterstützung durch ein Exoskelett tatsächlich auf die tragende Person auswirkt. Dies sollte zunächst wieder in einer kontrollierten Laborumgebung erfolgen, um mögliche Störgrößen zu minimieren. In der Ergonomie bzw. Biomechanik dafür etablierte Methoden sind z. B. die Aufzeichnung der Muskelaktivität, Analyse der Bewegungen mittels Motion-Capture oder die angesprochene biomechanische Modellierung der im Körper wirkenden Belastungen.

Die Durchführung von Elektromyografie (EMG) mittels Oberflächen Elektroden kann als Indikator für die funktionelle Reaktion des Körpers auf die Unterstützung dienen. Es ist dabei wichtig zu verstehen, dass EMG-Daten allein nicht besonders aussagekräftig sind, da verschiedene physiologische und Umgebungsfaktoren die Messdaten unter Umständen stark beeinflussen können [7]. Nichtsdestotrotz ist die Muskelaktivität als Indikator für die lokale Beanspruchung äußerst wichtig. Werden die Daten zur muskulären Aktivität darüber hinaus mit einer Bewegungsanalyse kombiniert, kann eine präzisere Interpretation der Effekte erfolgen. Die Aufzeichnung von Bewegungen mit verschiedenen Motion-Capture-Verfahren stellt hier die zweite Stufe im Sinne der methodischen Komplexität dar. Auch wenn es häufig schwierig ist, reine Veränderungen eines Bewegungsmusters als gut oder schlecht zu bewerten, stellen die Bewegungsdaten die Grundlage für die komplexe biomechanische Modellierung dar. Die Berechnung von Gelenkmomenten und

Kompressionskräften, unter der Berücksichtigung der Unterstützungswirkung der Exoskelette, vervollständigt hier das Bild.

Die kombinierte Betrachtung der EMG-, Bewegungs- und Belastungsdaten ermöglicht es, Abschätzungen über die Auswirkung der Exoskelettunterstützung auf das Muskel-Skelett-System zu treffen. Insgesamt hat sich dieser kombinierte Ansatz in den letzten Jahren international in der wissenschaftlichen Betrachtung etabliert [3, 5, 8 bis 11]. Die Ergebnisse dieser Forschungen beziffern den Entlastungseffekt an der Lendenwirbelsäule auf einen Bereich von ca. 10 bis 30 % bei isolierten Tätigkeiten [1]. Eine Aussage über die biologische Relevanz dieser Entlastung bzw. die Auswirkungen in der Prävention von Muskel-Skelett-Beschwerden kann auf Basis dieser Daten noch nicht getroffen werden [12]. Um diese Lücke weiter zu schließen, zeigen sich in letzter Zeit immer mehr Bestrebungen, die Untersuchungen aus dem Labor in die Praxis zu bringen.

5 Praxisrelevante Analysen

Wie können all diese theoretischen Erkenntnisse in die Praxis umgesetzt werden? Zum einen muss sichergestellt sein, dass mit mobilen Messsystemen eine vergleichbare Datenqualität wie mit den etablierten Laborsystemen erzielt werden kann. Die Validierung mobiler Messsysteme ermöglicht durch den direkten Vergleich bei im Labor nachgestellten praxisnahen Tätigkeiten eine Abschätzung über die zu erwartende Datenqualität. Zum anderen müssen die Methoden, die zur Datenerhebung, -auswertung und Modellierung im Labor entwickelt wurden, schrittweise für eine Anwendung im Feld weiterentwickelt werden. Um die Rolle von Exoskeletten bei Arbeitstätigkeiten zu verstehen, ist es wichtig, diese komplexeren und arbeitsplatztypischen Tätigkeiten zunächst systematisch im Labor zu untersuchen. Dabei ist es wichtig, die Grenzen sowohl der Einsatzmöglichkeiten der Exoskelette als auch der eingesetzten Methoden zu testen und zu verstehen. Hohe Arbeitsfrequenzen, widrige Umgebungsbedingungen und unbekannte Lastsituationen stellen in diesem Zusammenhang besondere Herausforderungen dar.

Neben diesen methodischen Herausforderungen verändert sich auch die Herangehensweise in der Beurteilung der beobachteten Unterstützung. Im Labor wurde gezielt der Einfluss der Exoskelette auf belastende Tätigkeiten in den Fokus gestellt, um potenzielle Entlastungseffekte in kritischen Situationen zu untersuchen. In der Praxis sind jedoch deutlich längere Zeiträume wie kombinierte Arbeitsabläufe oder gesamte Schichten von Interesse, weshalb die Betrachtung der kumulierten

Be- bzw. Entlastung an Bedeutung gewinnt. Auch eine bis dato nicht berücksichtigte Abwägung des Nutzens im Gegensatz zu Situationen mit möglicherweise störenden oder adversen Effekten muss in diese Beurteilung einfließen.

Damit es möglich wird, praxisrelevante Hilfen und Hinweise zu geben, müssen zudem weiterführende Punkte, wie die Organisation von Exoskeletten am Arbeitsplatz, die Akzeptanz bei der Einführung, die Ausführbarkeit relevanter Nebentätigkeiten sowie längerfristige Anpassungen von Personen an die Nutzung, zukünftig berücksichtigt und ausführlicher untersucht werden.

6 Literaturverzeichnis

- [1] *Kermavnar, T.; de Vries, A.W.; de Looze, M.P.; O'Sullivan, L.W.*: Effects of industrial back-support exoskeletons on body loading and user experience: an updated systematic review. *Ergonomics*, 2021: p. 1-27
- [2] *Näf, M.B.* et al.: Passive Back Support Exoskeleton Improves Range of Motion Using Flexible Beams. *Frontiers in Robotics and AI*, 2018. 5(JUN): p. 1-16
- [3] *Glitsch, U.; Bäuerle, I.; Hertrich, L.; Heinrich, K.; Liedtke, M.*: Biomechanische Beurteilung der Wirksamkeit von rumpfunterstützenden Exoskeletten für den industriellen Einsatz. *Zeitschrift für Arbeitswissenschaft*, 2020. 74(4): p. 294-305
- [4] *de Vries, A.; Murphy, M.; Könemann, R.; Kingma, I.; de Looze, M.*: The Amount of Support Provided by a Passive Arm Support Exoskeleton in a Range of Elevated Arm Postures. *IISE Transactions on Occupational Ergonomics and Human Factors*, 2019. 7(3-4): p. 311-321
- [5] *Koopman, A. S.; Kingma, I.; de Looze, M. P.; van Dieën, J. H.*: Effects of a passive back exoskeleton on the mechanical loading of the low-back during symmetric lifting. *J Biomech*, 2020. 102: p. 109486
- [6] *Toxiri, S.* et al., Back-Support Exoskeletons for Occupational Use: An Overview of Technological Advances and Trends. *IISE Transactions on Occupational Ergonomics and Human Factors*, 2019. 7(3-4): p. 237-249
- [7] *Ulrey, B. L.; Fathallah, F. A.*: Effect of a personal weight transfer device on muscle activities and joint flexions in the stooped posture. *J Electromyogr Kinesiol*, 2013. 23(1): p. 195-205
- [8] *Ulrey, B.L.; Fathallah, F.A.*: Subject-specific, whole-body models of the stooped posture with a personal weight transfer device. *J Electromyogr Kinesiol*, 2013. 23(1): p. 206-15
- [9] *Koopman, A. S.; Kingma, I.; Faber, G. S.; de Looze, M. P.; van Dieën, J. H.*: Effects of a passive exoskeleton on the mechanical loading of the low back in static holding tasks. *J Biomech*, 2019. 83: p. 97-103
- [10] *Kingma, I.; Koopman, A. S.; de Looze, M. P.; van Dieën, J. H.*: Biomechanical Evaluation of the Effect of Three Trunk Support Exoskeletons on Spine Loading During Lifting, in *Wearable Robotics: Challenges and Trends*. 2022. p. 177-181
- [11] *Madinei, S.; Nussbaum, M. A.*: Estimating lumbar spine loading when using back-support exoskeletons in lifting tasks. *Journal of Biomechanics* 147 (2023), S. 111439
- [12] *Steinhilber, B.* et al.: Einsatz von Exoskeletten im beruflichen Kontext zur Primär-, Sekundär-, und Tertiärprävention von arbeitsassoziierten muskuloskelettalen Beschwerden. *Zeitschrift für Arbeitswissenschaft*, 2020. 74(3): p. 227-246

Der Effekt passiver Exoskelette auf die oberen Extremitäten bei typischen Über-Schulter-Montagetätigkeiten im Flugzeugbau

Mirko Kaufmann^{1,2,3}, Ulrich Hartmann², Volker Harth³, Kai Heinrich¹

¹ Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA), Sankt Augustin

² Hochschule Koblenz, RheinAhrCampus, Remagen

³ Zentralinstitut für Arbeitsmedizin und Maritime Medizin, Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf, Hamburg

Kurzfassung

Erkrankungen des Muskel-Skelett-Systems (MSE) sind die häufigste Ursache für Arbeitsunfähigkeitstage (AU-Tage). Schulterläsionen machen dabei nach Rückenschmerzen den zweitgrößten Anteil an MSE aus und stehen häufig im Zusammenhang mit einer erhöhten Muskel-Skelett-Belastung (MSB) bei Über-Schulter-Montagetätigkeiten. Eine Möglichkeit zur Reduktion von MSB werden im Einsatz von Exoskeletten für die oberen Extremitäten (UEXO) gesehen, deren biomechanische Wirksamkeit jedoch noch nicht ausreichend untersucht wurde. Die Aktivität der Schultermuskulatur wurde bilateral für 15 Mitarbeitende (11 m, 4 w) aus der Flugzeugmontage bei der Ausführung von industriellen Über-Schulter-Montagetätigkeiten (Bohren, Nieten und Montage von Klemmen) ohne (Kontrollmessung) und mit drei UEXO untersucht. Während der Nutzung der Exoskelette bei den Montagetätigkeiten konnte im Median eine geringere mittlere Aktivität für die Schultermuskulatur im Vergleich zur Kontrollmessung identifiziert werden, was auf eine Reduktion der

muskulären Beanspruchung hindeutet und somit deren biomechanische Wirksamkeit für diese Arbeitstätigkeiten impliziert. Basierend auf den Studienergebnissen wird eine prospektive Feldstudie an den realen Arbeitsplätzen in der Flugzeugmontage geplant. Hier werden die Langzeiteffekte eines UEXO untersucht, um Aussagen über deren präventive Wirksamkeit in der Reduktion von MSE abzuleiten.

1 Hintergrund und Relevanz

Erkrankungen des MSE waren im Jahr 2021 mit 23,0 % weiterhin die häufigste Ursache für AU-Tage und standen somit noch vor psychischen Erkrankungen mit 17,7 % und Erkrankungen des Atmungssystems mit 10,3 % (**Abbildung 1**) [1]. Im Vergleich zum Jahr 2004 hat sich der prozentuale Anteil von MSE (24,3 %) nur geringfügig verringert [2], wobei diese speziell im produzierenden Gewerbe (21,3 %) und Baugewerbe (20,1 %) vermehrt auftreten [1].

Abbildung 1: Verteilung der Arbeitsunfähigkeitstage nach Diagnosegruppen zwischen 2004 und 2021 [1; 2]. Quelle: Autoren

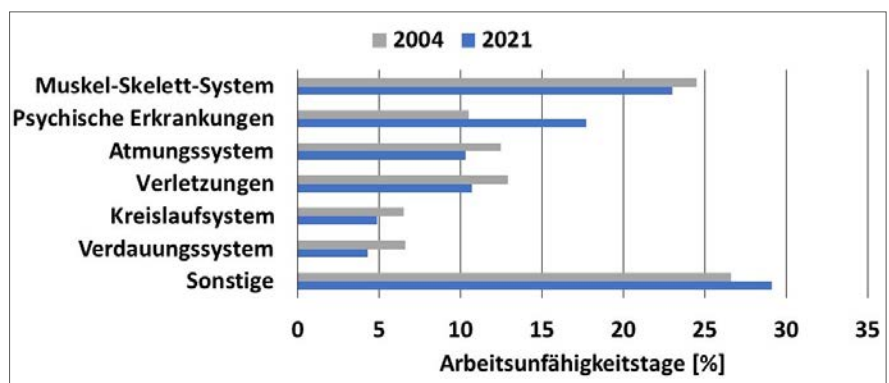
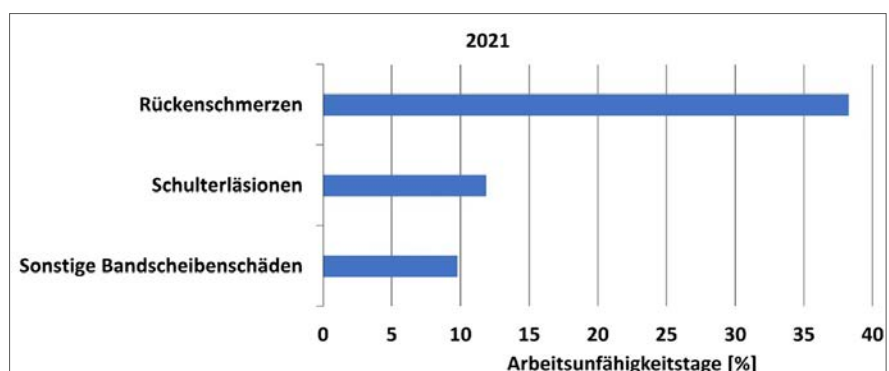


Abbildung 2: Verteilung der Arbeitsunfähigkeitstage von MSE nach [3]. Quelle: Autoren



Dabei sind Schulterläsionen nach Rückenschmerzen mit etwa 12 % an den AU-Tagen beteiligt und machen somit den zweitgrößten Anteil an MSE aus (**Abbildung 2**) [3]. Insgesamt gehören Schulterläsionen zu den zehn häufigsten Einzeldiagnosen (1,1 %) nach AU-Tagen [3 bis 5].

Das Auftreten einer Schulterläsion und weiterer MSE in den oberen Extremitäten, z. B. das Impingement-Syndrom, stehen häufig im Zusammenhang mit einer erhöhten physischen Muskelbeanspruchung, die oftmals bei Schulter- und Überkopfarbeiten – speziell bei manuellen Montagearbeiten – auftritt [6]. Die hohe Prävalenz an arbeitsbedingten Erkrankungen bzw. Verletzungen an der Schulter stellt deshalb die Arbeitswissenschaft und medizin vor eine große Herausforderung. Daraus resultiert eine hohe Notwendigkeit zur Reduktion berufsbedingter MSE der oberen Extremität [6].

In den letzten Jahren wird vermehrt der Einsatz von UEXO als eine Möglichkeit gesehen, die Verringerung von Schulterläsionen aufgrund von Überkopfarbeiten in der Industrie zu begünstigen und darüber hinaus die Anzahl der MSE in der Schulter zu verringern [7 bis 9]. Bei Exoskeletten handelt es sich allgemein um tragbare orthetische Hilfsmittel, die die Ausführung der Arbeit unterstützen und entlasten sollen (**Abbildung 3**) [7]. Speziell im Bereich der oberen Extremitäten sollen UEXO die Nutzen beim Anheben des Armes physisch unterstützen: Mittels kraftspeichernder oder -umlenkender Elemente wie Federn (passive Systeme) oder Motoren (aktive Systeme) übertragen sie ein externes Rückstellmoment auf die Arme und kompensieren so das erforderliche Schulter-elevationsmoment [8].

Auf diese Weise soll die mechanische Belastung an der Schulter bzw. den oberen Extremitäten während der Überkopparbeit gezielt verringert werden, in dem die Belastung in weniger bedenkliche Körperregionen wie beispielsweise den unteren Rücken bzw. die Hüfte umgeleitet wird. Dadurch sollen unter anderem gezielt Muskeln entlastet werden, die für die Erzeugung des Schulter-elevationsmoments verantwortlich sind, z. B. der vordere (anterior/pars clavicularis, AD) und seitliche (medialen/pars acromialis, MD) Deltoideus-Muskel. Dies soll nachhaltig zur Verringerung der Fehltag durch arbeitsbedingte MSE in der Schulter beitragen. Frühere Laborstudien berichten bereits von positiven Auswirkungen während der Nutzung von UEXO bei industriellen Überkopparbeitstätigkeiten wie Verschrauben, Bohren und Nieten auf die lokale Beanspruchung der Schultermuskulatur durch eine verringerte Muskelaktivität [10 bis 12]. Zudem wird in der Industrie bereits vermehrt über den Einsatz von UEXO in Pilotanwendungen und Testläufen berichtet [10; 13], wobei hauptsächlich passive Systeme zum Einsatz kommen. Während somit die implizierte Funktionsweise der UEXO in den Laborstudien unter standardisierten und an den Probanden angepassten Arbeitsbedingungen (z. B. Arbeitshöhe oder Lastgewicht) nachgewiesen wurde, sind basierend darauf Aussagen über deren biomechanische Wirksamkeit bei realen industriellen Arbeitstätigkeiten nur eingeschränkt möglich [10]. De Bock et al. [10] berichteten in ihrer Studie von einer Diskrepanz in den Effekten von zwei passiven UEXO, die sie sowohl unter kontrollierten Laborbedingungen bei isolierten Arbeitstätigkeiten als auch beim Einsatz in einem realen Arbeitsszenario im Feld getestet haben. Dabei konnten sie zwar positive Effekt für die UEXO bei



Abbildung 3: Beispiel für das Funktionsprinzip eines Exoskelettes für die oberen Extremitäten. Das Exoskelett erzeugt über ein Federsystem eine nach unten gerichtete Federkraft FE, die wiederum mittels eines Hebelarmes am Exoskelett ein entsprechendes Rückstellmoment erzeugt. Dieses überträgt wiederum über den zweiten Hebelarm eine entsprechende Kraft FA auf den Oberarm, was eine Verringerung des Schulterelevationsmomentes bewirkt. Dadurch soll die Beanspruchung der Schultermuskulatur reduziert werden. Quelle (modifiziert): © Airbus Defence & Space GmbH, 2021)

den isolierten Tätigkeiten im Labor identifizieren. Während der realen Arbeitstätigkeiten konnte allerdings nur eine eingeschränkte Unterstützung festgestellt werden. Zudem wird die Übertragbarkeit der Ergebnisse vieler Laborstudien auf den Arbeitsalltag und an die realen Arbeitsplätze dadurch erschwert, dass deren Probandenkollektiv meist aus jungen und gesunden Probanden besteht und somit nicht dem Kollektiv der Endnutzer entspricht. Im Rahmen einer prospektiven Querschnittstudie soll deshalb der Effekt von drei passiven UEXO bei realen, industriellen Überkopf-Schultermontagetätigkeiten mit Anwendenden aus der Industrie (hier der Flugzeugmontage) an einem Arbeitsplatznachbau analysiert werden, um Schlussfolgerungen über die biomechanische Wirksamkeit der UEXO bei diesen Arbeitstätigkeiten zu ziehen. Basierend auf den Ergebnissen der Studie sollen weiterführend Entscheidungen für die Analyse der präventiven Wirksamkeit dieser Exoskelette im Rahmen einer Langzeitstudie getroffen werden.

2 Einsatz von Exoskeletten an einem Arbeitsplatznachbau

15 körperlich gesunde Mitarbeitende (11 m, 4 w) aus der Flugzeugmontage haben freiwillig an der Studie teilgenommen ($34,4 \pm 12,2$ Jahre; $86,9 \pm 20,8$ kg; $177,2 \pm 9,5$ cm). Sie wurden aus zwei unterschiedlichen Arbeitsbereichen rekrutiert und für die Studie basierend auf ihren Arbeitstätigkeiten in zwei Arbeitsgruppen aufgeteilt. Die erste Arbeitsgruppe bestand aus acht Mitarbeitenden der Strukturmontage (6 m, 2 w), die hauptsächlich Bohr-

und Nietarbeiten am Flugzeugrumpf durchführen. Die weiteren sieben Mitarbeitenden für die zweite Arbeitsgruppe (5 m, 2 w) wurden aus dem Bereich der Ausrüstungsmontage rekrutiert, die primär für die Montage und Verlegung von elektronischen und hydraulischen Leitungen im und am Flugzeugrumpf zuständig sind. Im Rahmen der Studie wurden beide Arbeitsgruppen instruiert, reale Montagetätigkeiten auf Schulter- bzw. Überkopfniveau entsprechend ihrer Arbeitsgruppe an einem Flugzeugpanel durchzuführen, das an einem Podest angebracht war (**Abbildung 4**). Die Arbeitstätigkeit für die Mitarbeitenden aus der Strukturmontage bestand in der Montage eines Metallwinkels an einer horizontalen Querstrebe innerhalb des Flugzeugpanels. Für diese Montage sollten in die Querstreben zwei Löcher gebohrt werden, über die der Metallwinkel anschließend über zwei Nieten an die Querstrebe genietet wurde (**Abbildung 4**, links). Für die Arbeitsgruppe aus der Ausrüstungsmontage bestand die Aufgabe in der Verlegung eines elektronischen Kabels mit vorheriger Montage der notwendigen Klemmen auf vier übereinander angeordneten horizontalen Querstreben (**Abbildung 4**, rechts). Die Arbeitshöhe wurde in allen Messungen konstant gehalten und nicht an die Anthropometrie des jeweiligen Mitarbeitenden angepasst, um so dem realen Arbeitsszenario zu entsprechen.

Die Messungen wurden von allen Mitarbeitenden randomisiert jeweils ohne und mit einem von drei angelegten passiven UEXO durchgeführt. Der Fokus für diese Studie wurde auf passive Systeme gesetzt, die ein Unterstützungsmoment über eine am Oberarm



Abbildung 4:
Zwei Mitarbeitende, welche die Arbeitstätigkeiten „Bohren“ (links) und „Montage der oberen Klemmen“ (rechts) jeweils mit (links) und ohne (rechts) einem Exoskelett für die oberen Extremitäten durchführen.
Quelle: © Airbus Defence & Space GmbH, 2022

angelegte Armschale einleiten und dadurch das Schulter-elevationsmoment beim Anheben des Armes reduzieren sollen [14]. Die UEXO wurden vor den Messungen auf die entsprechende Anthropometrie der Mitarbeitenden angepasst. Die Unterstützungsmomente der UEXO wurden basierend auf dem subjektiven Feedback der Mitarbeitenden festgelegt. Sie wurden dabei instruiert anzugeben, ob sie beim Halten der Arme bei einem Schulterflexionswinkel von 90° eine deutliche Unterstützung durch das jeweilige UEXO wahrnehmen konnten. Um allerdings eine vollständige Kompensation des Armgewichtes durch die UEXO zu vermeiden, sollten die Mitarbeitenden ihre Arme weiterhin ausschließlich mittels der Schwerkraft absinken können, ohne aktiv Kraft gegen das entsprechende UEXO aufbringen zu müssen. Um Aussagen über die biomechanische Wirksamkeit der UEXO in der Reduktion der Beanspruchung der Schultermuskulatur treffen zu können, wurde bilateral während der Messungen die elektromyographische Aktivität des vorderen (AD) und seitlichen (MD) Deltoideus-Muskel mittels des Cometa Wave Plus EMG-Systems (Fa. Cometa Systems, Messfrequenz 1 000 Hz) aufgenommen. Die Elektroden wurden nach einem standardisierten Verfahren über den entsprechenden Muskeln platziert [15], wobei die Haut vorher an den entsprechenden Stellen rasiert und desinfiziert wurde. Die Ausführung der Montagetätigkeiten wurde zusätzlich mittels einer GoPro-Videokamera gefilmt, um bei der späteren Analyse der Messdaten die einzelnen Arbeitsschritte zu identifizieren.

3 Datenverarbeitung und -analyse

Die elektromyographischen Messdaten wurden mit den Videoaufnahmen der Messungen synchronisiert. Anschließend wurden die einzelnen Arbeitsschritte identifiziert und die Messdaten basierend auf diesen Arbeitsschritten in einzelne Zeitintervalle aufgeteilt. Für die weitere Analyse der Daten wurde der Fokus auf zwei Arbeitsschritte pro Arbeitsgruppe gesetzt: Bohren und Nieten für die Mitarbeitenden aus der Strukturmontage, Montage der untersten und obersten Klemmen für die Mitarbeitenden der Ausrüstungsmontage. Die weitere Datenverarbeitung wurde in der Software Python (Version 3.7, Fa. Python Software Foundation) durchgeführt. Die elektromyographischen Daten für alle vier Muskeln wurden innerhalb der festgelegten Intervalle gleichgerichtet und mittels eines quadratischen Mittelwertfilters (Fenster-

breite 100 ms) gefiltert. Die gefilterten Messdaten wurden dann für jede Arbeitstätigkeit in einen Vektor zusammengefasst und gemittelt, um so die mittlere muskuläre Aktivität für die entsprechende Arbeitstätigkeit zu erhalten. Die mittlere muskuläre Aktivität für die Kontrollbedingung ohne UEXO wurde anschließend als Referenzwert (100 %) für jeden Mitarbeitenden gesetzt. Die mittlere muskuläre Aktivität für die UEXO-Bedingungen wurde mit dem Referenzwert der Kontrollbedingung verrechnet, um für die einzelnen Arbeitstätigkeiten die prozentuale Veränderung in der mittleren muskulären Aktivität bei der Nutzung der UEXO im Vergleich zur Kontrollbedingung zu erhalten [12]. Abschließend wurde die Verteilung dieser prozentualen Veränderungen in der mittleren muskulären Aktivität für die verschiedenen UEXO-Bedingungen über alle Mitarbeitenden der jeweiligen Arbeitsgruppe berechnet. Für die weitere deskriptive Analyse der Daten wurden der Median und der Interquartilsabstand der Verteilung ermittelt.

4 Ergebnisse der Studie zur Muskelaktivität

Für die Mitarbeitenden aus der Ausrüstungsmontage konnte im Median bilateral im AD und MD bei beiden Arbeitsschritten – Montage der untersten Klemmen und Montage der obersten Klemmen – eine negative prozentuale Veränderung in der mittleren Muskelaktivität für alle drei UEXO im Vergleich zur Kontrollbedingung identifiziert werden (**Tabelle 1**).

Für die Mitarbeitenden aus der Strukturmontage konnte im Median bilateral im AD und im MD für den Arbeitsschritt Nieten eine negative prozentuale Veränderung in der mittleren Muskelaktivität für alle drei UEXO im Vergleich zur Kontrollbedingung identifiziert werden (**Tabelle 2**). Beim Arbeitsschritt Bohren zeigten im Median zwei von drei UEXO eine beidseitige negative prozentuale Veränderung in der mittleren Muskelaktivität für alle vier Muskeln auf (Tabelle 2). Für das dritte UEXO konnte im Median eine negative prozentuale Veränderung in der mittleren Muskelaktivität hingegen nur für den linken AD (LAD), linken MD (LMD) und rechten AD (RAD) festgestellt werden. Für den rechten MD (RMD) wurde für diese UEXO im Median eine positive prozentuale Veränderung in der mittleren Muskelaktivität beim Arbeitsschritt Bohren identifiziert.

Tabelle 1:

Median mit Interquartilsabstand (IQ) für die prozentuale Veränderung in der mittleren muskulären Aktivität für den linken (L) und rechten (R) vorderen/anterior (LAD/RAD) sowie seitlichen/medialen (LMD/RMD) Deltoideus-Muskel bei der Nutzung von drei Exoskeletten (UEXO) während der Montage von Klemmen auf zwei Querstreben (unterste/oberste) im Vergleich zur Ausführung der Montagetätigkeiten ohne Exoskelett

Muskel	UEXO	Median (IQ)	
		Montage der untersten Klemmen	Montage der obersten Klemmen
LAD	UEXO_1	-29.9 (22,5)	-12.5 (28.6)
	UEXO_2	-48.0 (40,6)	-29.3 (35.1)
	UEXO_3	-38.4 (9,5)	-9.8 (33.2)
LMD	UEXO_1	-19.9 (25,5)	-18.2 (10.1)
	UEXO_2	-42.1 (28,3)	-33.2 (13.8)
	UEXO_3	-44.0 (27,5)	-12.8 (16.6)
RAD	UEXO_1	-24.7 (12,5)	-15.1 (19.2)
	UEXO_2	-31.2 (33,3)	-13.5 (45.5)
	UEXO_3	-43.8 (13,7)	-18.6 (19.0)
RMD	UEXO_1	-25.7 (33,3)	-19.2 (13.5)
	UEXO_2	-43.1 (23,2)	-33.4 (9.9)
	UEXO_3	-40.5 (8,8)	-19.4 (18.4)

Tabelle 2:

Median mit IQ für die prozentuale Veränderung in der mittleren muskulären Aktivität für den linken (L) und rechten (R) vorderen/anterior (LAD/RAD) sowie seitlichen/medialen (LMD/RMD) Deltoideus-Muskel bei der Nutzung von drei Exoskeletten (UEXO) während Bohr- und Nietarbeiten im Vergleich zur Ausführung der Montagetätigkeiten ohne Exoskelett

Muskel	UEXO	Median (IQ)	
		Bohren	Nieten
LAD	UEXO_1	-28.1 (11.8)	-9.8 (9.6)
	UEXO_2	-24.7 (20.6)	-10.7 (35.5)
	UEXO_3	-38.3 (10.8)	-26.8 (9.8)
LMD	UEXO_1	-24.1 (17.9)	-12.1 (34.0)
	UEXO_2	-15.5 (17.9)	-9.6 (23.6)
	UEXO_3	-13.3 (25.7)	-22.8 (22.3)
RAD	UEXO_1	-30.8 (12.0)	-29.3 (12.0)
	UEXO_2	-25.4 (15.7)	-24.6 (21.2)
	UEXO_3	-35.7 (25.6)	-35.7 (36.4)
RMD	UEXO_1	-9.2 (23.7)	-16.3 (37.9)
	UEXO_2	0.4 (24.3)	-11.9 (24.6)
	UEXO_3	-8.6 (39.8)	-24.8 (23.9)

5 Diskussion der biomechanischen Wirksamkeit

Ziel der Studie ist es, den Effekt passiver Exoskelette für die oberen Extremitäten (UEXO) bei realen industriellen Überkopf-Schultermontagetätigkeiten (Bohren, Nieten und Montage von Klemmen auf zwei unterschiedlich hohen Querstreben) mit Anwendenden aus der Flugzeugmontage an einem Arbeitsplatznachbau zu analysieren, um so Schlussfolgerungen über die biomechanische Wirksamkeit der UEXO bei diesen Arbeitstätigkeiten zu ziehen. Dabei wurde bilateral die muskuläre Aktivität des vorderen/anterior (LAD/RAD) und seitlichen/medialen (LMD/RMD) Deltoideus-Muskel einmal ohne und nacheinander bei der Nutzung eines von drei angelegten UEXO gemessen.

Bei drei der vier untersuchten Montagetätigkeiten (Nieten sowie Montage der unteren/oberen Klemmen) konnte im Median für alle drei UEXO eine negative prozentuale Veränderung in der mittleren Muskelaktivität bilateral für den AD und MD identifiziert werden. Diese negative prozentuale Veränderung lässt auf eine geringere muskuläre Aktivität während der Nutzung der UEXO bei der Ausführung dieser Arbeitstätigkeiten im Vergleich zur Kontrollbedingung schließen, was wiederum auf eine geringere muskuläre Beanspruchung hindeutet. Diese Schlussfolgerung würde die Ergebnisse von vorherigen Laborstudien stützen, die ebenfalls aufgrund einer geringeren muskulären Aktivität in der Schultermuskulatur bei der Ausführung identischer simulierter industrieller Über-Schultermontagetätigkeiten (Verschrauben, Bohren und Nieten) mit einem UEXO eine geringere muskuläre Beanspruchung ableiteten [11; 12].

Weiterführend konnte für die Mitarbeitenden aus der Ausrüstungsmontage im Betrag eine höhere negative prozentuale Veränderung in der mittleren Muskelaktivität bilateral für den AD und MD für die UEXO-Bedingungen bei der Montage der untersten Klemmen (Max = 48,0 %, Min = 19,9 %) im Vergleich zur Montage der obersten Klemmen (Max = 33,4 %, Min = 9,8 %) festgestellt werden. Dies könnte auf einen geringeren Effekt der UEXO auf die muskuläre Aktivität hindeuten, was auf die höhere Arbeitshöhe und daraus resultierend größeren Schulterflexionswinkel bei der Montage der Klemmen auf der obersten Querstrebe zurückgeführt werden könnte. Für zwei der drei verwendeten UEXO wurde in früheren Studien die maximale Unterstützung für einen Schulterflexionswinkel von 90° angegeben. Bei einer Erhöhung des Schulterflexionswinkel über 90° verringert sich die Unterstützung durch das UEXO wieder [12;14]. Basierend auf einer subjektiven Analyse der Videoauf-

nahmen konnte der Schluss gezogen werden, dass die Mitarbeitenden bei der Montage der Klemmen auf der untersten Querstrebe annähernd auf Schulterhöhe arbeiten, was einem Schulterflexionswinkel von ca. 90° entsprechen würde. Dies impliziert, dass die Mitarbeitenden im optimalen Unterstützungsbereich der UEXO gearbeitet haben. Für die Montage der Klemmen auf der obersten Querstrebe konnte in den Videoaufnahmen festgestellt werden, dass die Mitarbeitenden überwiegend auf Augenhöhe bzw. Überkopf gearbeitet haben, was wiederum einem Schulterflexionswinkel $> 90^\circ$ entsprechend würde. Daraus resultierend kann geschlussfolgert werden, dass die Mitarbeitenden bei der Montage der Klemmen auf der obersten Querstrebe eine geringere Unterstützung durch die UEXO erhalten haben im Vergleich zur Montage der Klemmen auf der untersten Querstrebe. Dies würde wiederum die geringere Verringerung in der muskulären Aktivität erklären.

Für die Arbeitstätigkeit Bohren konnte im Median bilateral für den AD und für den linken MD ebenfalls für alle drei UEXO eine negative prozentuale Veränderung in der mittleren Muskelaktivität identifiziert werden, was auf eine geringere muskuläre Beanspruchung während der Nutzung der UEXO schlussfolgern lässt. Für den rechten MD (RMD) konnte allerdings im Vergleich zu den restlichen Muskeln die geringste negative prozentuale Veränderung ($< -10\%$) in den UEXO-Bedingungen festgestellt werden. Für ein UEXO ist die prozentuale Veränderung im Median sogar positiv bzw. ca. gleich null (0.4 %). Dies deutet darauf hin, dass die muskuläre Aktivität für den RMD beim Bohren während der Nutzung dieses UEXO annähernd gleich zu der muskulären Aktivität der Kontrollbedingung ist. Diese Schlussfolgerung über alle UEXO könnte wiederum eine minimale bis keine Reduktion in der muskulären Beanspruchung für den RMD indizieren.

Durch eine subjektive Analyse der Videoaufnahme konnte identifiziert werden, dass der Großteil der Mitarbeitenden während der beidseitigen Ausführung der Bohrtätigkeiten den rechten Arm lateral anheben, um mit der rechten Hand den Bohrer zu stabilisieren. Die zusätzliche Kraft, die von den UEXO auf den Oberarm ausgeübt wird, könnte dazu geführt haben, dass die Mitarbeitenden aktiv gegen die jeweilige Unterstützung des UEXO gearbeitet haben, um den Arm und somit den Bohrer in der korrekten Position zu halten. Dies könnte wiederum die minimalen Veränderungen in der muskulären Aktivität für den RMD erklären. Bei vereinzelt Mitarbeitenden konnte diese positive prozentuale Veränderung in der Muskelaktivität während der Nutzung der UEXO im Vergleich zur Kontrollbedingung auch bei den restlichen Arbeitstätigkeiten festgestellt werden, was ebenfalls auf eine höhere

Beanspruchung der Muskulatur hindeutet. Dies könnte auch hier darauf zurückgeführt werden, dass diese Mitarbeitenden bei der Ausführung der Arbeitstätigkeiten aktiv gegen die Kraft des UEXO gearbeitet haben, um beispielsweise die Armhaltung zu stabilisieren, was ein Indiz für ein zu hohes Rückstellmoment sein könnte.

Die Rückstellmomente der einzelnen UEXO wurden für beide Arme gleich hoch eingestellt und aufgrund der geringen Messdauer während der Ausführung der Arbeitstätigkeiten nicht nachträglich angepasst. Eine nachträgliche Anpassung des Rückstellmomentes an die entsprechende Arbeitstätigkeit könnten diesen Effekt allerdings wieder ausgleichen und somit die aufgrund des UEXO mögliche indizierte Erhöhung der muskulären Beanspruchung reduzieren. Abschließend könnte die negativen Tendenzen auch auf Probleme bei der Passform der UEXO hinweisen, da vereinzelte Mitarbeitende aufgrund ihrer Anthropometrie teilweise in ihren Bewegungen eingeschränkt wurden, was bereits in einer vorherigen Feldstudie als problematisch eingestuft wurde [13].

Fazit und Ausblick

Zusammenfassend kann basierend auf den Ergebnissen dieser Studie eine positive Tendenz in der Verringerung der muskulären Beanspruchung bei industriellen Über-Schultermontagetätigkeiten durch die Nutzung von Exoskeletten für die oberen Extremitäten aufgrund einer Reduktion in der Schultermuskelaktivität identifiziert werden. Somit konnte die biomechanische Wirksamkeit der UEXO für diese Arbeitstätigkeiten mit den Mitarbeitenden als Endnutzende nachgewiesen werden. Für Schlussfolgerungen bzgl. der präventiven Wirksamkeit von UEXO in der Reduktion von MSE können allerdings keine Aussagen getroffen werden, da ein direkter Transfer auf die Arbeitsumgebung nicht möglich ist [10]. Dafür ist es notwendig den langfristigen Effekt der UEXO auf die Entwicklung von MSE in der Schulter in prospektiven Feldstudien unter realen Bedingungen an den jeweiligen Arbeitsplätzen zu untersuchen. Auf Basis der Studienergebnisse wurde deswegen weiterführend ein UEXO ausgewählt, das in einer nachfolgenden sechsmonatigen prospektiven Studie an zwölf erfahrenen Mitarbeitenden auf seine Wirksamkeit hinsichtlich der Linderung von Muskel-Skelett-Belastungen untersucht werden soll, um Aussagen über dessen präventive Wirksamkeit in der Reduktion von MSE ableiten zu können. Die Mitarbeitenden werden das ausgewählte UEXO im Rahmen ihrer normalen innerbetrieblichen Abläufe tragen. Ergänzend wurden in nachträglichen Gesprächen mit den Mitarbeitenden

Arbeitsplätze bzw. -tätigkeiten spezifiziert, bei denen sie sich den Einsatz eines UEXO vorstellen könnten.

Literatur

- [1] BMA, BAuA: Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit – Berichtsjahr 2021. Unfallverhütungsbericht Arbeit (2022)
- [2] BMAS, BAuA: Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit 2004. Unfallverhütungsbericht Arbeit (2004)
- [3] *Knieps, F.; Pfaff, H.; Batzoni, H.* (Hrsg.): Pflegefall Pflege? BKK Gesundheitsreport, Bd. 2022. Berlin: MWV Medizinisch Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft 2022
- [4] Grobe, T.; Bessel, S.: Gesundheitsreport 2022. Arbeitsunfähigkeiten (2022)
- [5] *Meyer, M.; Wing, L.; Schenkel, A.*: Krankheitsbedingte Fehlzeiten in der deutschen Wirtschaft im Jahr 2021. In: *Badura, B.; Ducki, A.; Meyer, M.; Schröder, H.* (Hrsg.): Fehlzeiten-Report 2022. Berlin: Springer 2022, S. 287-368
- [6] *Grieve, J. R.; Dickerson, C. R.*: Overhead work: Identification of evidence-based exposure guidelines. *Occupational Ergonomics* 8 (2008) 1, S. 53-66
- [7] *Bär, M.; Steinhilber, B.; Rieger, M. A.; Luger, T.*: The influence of using exoskeletons during occupational tasks on acute physical stress and strain compared to no exoskeleton – A systematic review and meta-analysis. *Applied Ergonomics* (2021) 94
- [8] *de Vries, A.; de Looze, M. P.*: The Effect of Arm Support Exoskeletons in Realistic Work Activities: A Review Study. *Journal of Ergonomics* (2019)
- [9] *McFarland, T.; Fischer, S.*: Considerations for Industrial Use: A Systematic Review of the Impact of Active and Passive Upper Limb Exoskeletons on Physical Exposures. *IIE Transactions on Occupational Ergonomics and Human Factors* 7 (2019) 3-4, S. 322-347
- [10] *de Bock, S.; Ghillebert, J.; Govaerts, R.; Elprama, S. A.; Marusic, U.; Serrien, B.* et al.: Passive Shoulder Exoskeletons: More Effective in the Lab than in the Field? *IEEE transactions on neural systems and rehabilitation engineering : a publication of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society* PP (2020)

- [11] *Jorgensen, M. J.; Hakansson, N. A.; Desai, J.:* Influence of different passive shoulder exoskeletons on shoulder and torso muscle activation during simulated horizontal and vertical aircraft squeeze riveting tasks. *Applied Ergonomics* 104 (2022), S. 103822
- [12] *Schmalz, T.; Schändlinger, J.; Schuler, M.; Bornmann, J.; Schirrmeister, B.; Kannenberg, A.; Ernst, M.:* Biomechanical and Metabolic Effectiveness of an Industrial Exoskeleton for Overhead Work. *International journal of environmental research and public health* 16 (2019) 23
- [13] *Smets, M.:* A Field Evaluation of Arm-Support Exoskeletons for Overhead Work Applications in Automotive Assembly. *IISE Transactions on Occupational Ergonomics and Human Factors* (2019), S. 1-7
- [14] *de Vries, A.; Murphy, M.; Könemann, R.; Kingma, I.; de Looze, M.:* The Amount of Support Provided by a Passive Arm Support Exoskeleton in a Range of Elevated Arm Postures. *IISE Transactions on Occupational Ergonomics and Human Factors* 7 (2019) 3-4, S. 311-321
- [15] *Boettcher, C. E.; Ginn, K. A.; Cathers, I.:* Standard maximum isometric voluntary contraction tests for normalizing shoulder muscle EMG. *Journal of orthopaedic research : official publication of the Orthopaedic Research Society* 26 (2008) 12, S. 1591-1597

Neue Konzepte zur Förderung der Sicherheits- und Gesundheitskompetenz

Neues Qualifizierungsangebot: Mit Lernleitfäden ergonomisch lernen

Hanna Zieschang,

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

Hintergrund

Kennen Sie das noch aus Ihrer eigenen Schulzeit, vielleicht auch aktuell von Ihren Kindern oder Enkeln? In einem bestimmten fachlichen Bereich haben Sie schon viel Erfahrung und wollen nicht mehr bei null anfangen. Oder es interessiert Sie eigentlich nur ein bestimmtes Teilgebiet des Ganzen, weil Sie auch nur das für Ihre Aufgaben brauchen.

Dann wäre es hilfreich, ein individuelles oder individualisiertes Lernangebot wahrnehmen zu können. Das würde nicht nur Zeit sparen, sondern auch die Motivation fördern, sich gezielt mit einem für die Tätigkeit relevanten Thema auseinanderzusetzen.

Lernleitfäden können so gestaltet werden, dass sie diesen Ansprüchen genügen. Sie sind ein Qualifizierungsangebot, das im Institut für Arbeit und Gesundheit der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IAG) in Zeiten der Corona-Pandemie aufgegriffen wurde, weil Qualifizierungsmaßnahmen nicht in Präsenz und vor Ort stattfinden konnten. Sie ermöglichen ein selbstständiges orts- und zeitunabhängiges Lernen. Auch in „Post-Corona-Zeiten“ ist diese Form des Lernangebots sinnvoll.

Kaffee kochen lernen

Das Kaffeekochen hat auf den ersten Blick wenig mit Ergonomie zu tun. Da aber (fast) jeder Kaffee kochen kann bzw. eine Vorstellung von dem entsprechenden Prozess

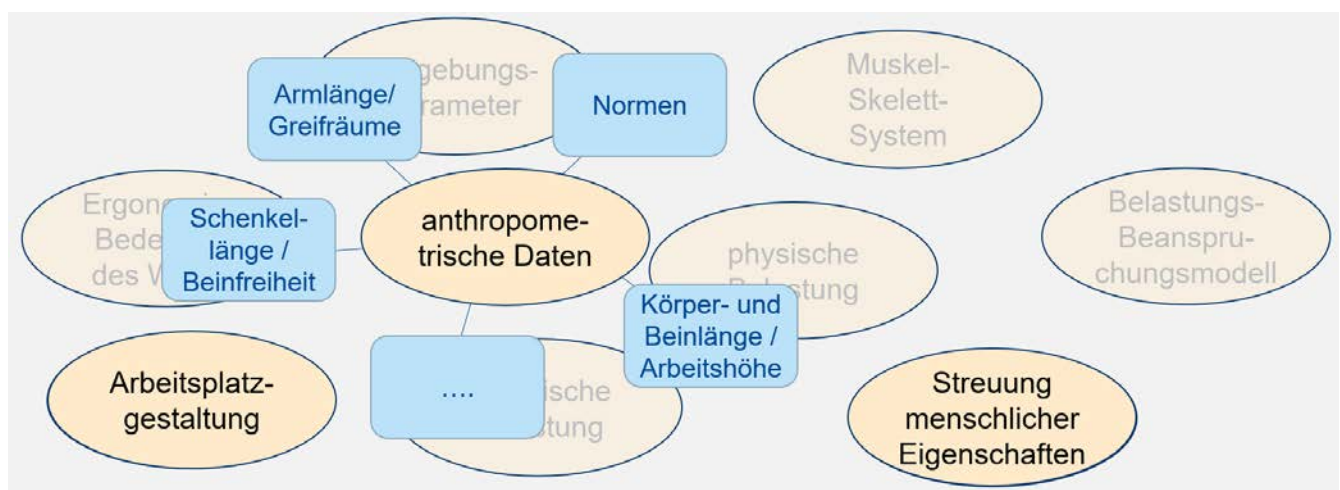
hat, können hieran einige Aspekte von Lernleitfäden verdeutlicht werden.

Das Ziel des Prozesses ist noch relativ einfach zu formulieren: einen wohlschmeckenden Kaffee erhalten. Dann fangen aber die Fragen an:

- Ist der Kaffee schon als Pulver gemahlen oder als ganze Bohnen gekauft, die erst noch gemahlen werden müssen? Wie fein soll das Pulver gemahlen sein?
- Welche Sorte Kaffee und welche Röstung wird bevorzugt?
- Mit welcher Technik wird der Kaffee zubereitet: mit Filter, French Press, Kaffeeautomat oder Siebträger?
- Wird Milch, Kaffeesahne oder eine vegane Variante zugefügt? Soll diese Zutat vorher erwärmt werden?

Der Prozess des Kaffeekochens setzt sich also aus mehreren Einzelschritten zusammen. Bei jedem Schritt muss gesammelt werden, welche Informationen und welche technischen Hilfsmittel für seine Ausführung gebraucht werden. Der Umgang mit diesen Hilfsmitteln ist genauso Thema des Lernens wie die Frage nach der Reihenfolge der Schritte. Diese müssen nicht zwangsläufig linear aufeinander aufbauen. Außerdem müssen möglicherweise gar nicht alle Schritte vorkommen oder für das Erreichen des spezifischen Ziels ausgeführt werden. Entsprechend müssen auch nur ausgewählte Teile des gesamten Prozesses erlernt werden, um zum persönlich formulierten Ziel

Abbildung 1: Ausschnitt aus dem Netz der Themen und Unterthemen, die zur Ergonomie gehören. Quelle: Autorin



zu gelangen. Eine kurze Internetrecherche mit den Schlagworten „Kaffee“, „kochen“ und „lernen“ führt bereits zu einer Vielzahl von Lernangeboten und spiegelt die Vielfalt möglicher Wege zur Bearbeitung der Fragestellung wider. Die einfachste Beantwortung wäre vermutlich „Ich gehe in ein Café“.

Lerninhalte zum Thema Ergonomie

Um einen Lernleitfaden zum Thema Ergonomie zu entwerfen, müssen gleichermaßen alle Inhalte gesammelt werden, die zu dem Themengebiet gehören. Eine mögliche Unterteilung nach *Wobbe* [1] ist:

- der Mensch,
- der Arbeitsplatz,
- die Umgebungseinflüsse,
- die Arbeitsorganisation.

Jede dieser Überschriften umfasst weitere Teilbereiche. So gehören zu „Mensch“ beispielsweise die anthropometrischen Maße oder das Muskel-Skelett-System. Der Arbeitsplatz umfasst die Arbeitsmittel, die sich je nach Arbeitsplatztyp unterscheiden. Bei seiner Einrichtung geht es ebenfalls um Maße. Umgebungsfaktoren sind unter anderem Beleuchtung, Klima und mechanische Schwingungen.

Abbildung 1 verdeutlicht, dass die einzelnen Gebiete jeweils weiter differenziert werden können. Ebenso zeigt sich, dass die Themen miteinander vernetzt sind. Die Arbeitsplatzgestaltung hängt vom Arbeitsplatztyp ab, ebenso beeinflusst sie die Arbeitsplatzmaße, die wiederum eng mit den anthropometrischen Daten verknüpft sind. So bilden die Themen und Unterthemen insgesamt ein intensiv verzweigtes Netz, sind also keinesfalls linear aufgebaut. Je nach Informationsbedarf oder zu lösender ergonomischer Fragestellung sind unterschiedliche Einstiegspunkte in das Themennetz sinnvoll und nur ein Teil des Netzes ist für das Lernen interessant.

Lernleitfäden

Die unabhängige Weiterbildungsplattform *fobizz* (<https://fobizz.com/>) spricht von Lernpfaden statt Lernleitfäden. Diese definiert sie als „strukturierte Wege, um den Lernprozess der Lerner und Lernerinnen zu steuern und individuell zu fördern“ [2]. Im Portal <https://e-teaching.org> wiederum, einem Projekt des Leibniz-Instituts für Wissensmedien (IWM), wird festgehalten: „Ein Lernpfad besteht

aus vorgegebenen Lernschritten, die sicher zum Lernziel und -erfolg führen sollen. Der Begriff wird in erster Linie im Zusammenhang mit computergestützten Lernformen verwendet“ [3].

Die Begriffsbildungen von Lernpfaden stimmen somit mit unserer Vorstellung von Lernleitfäden weitgehend überein. Diese Form des Lernens berücksichtigt bestimmte Voraussetzungen bzw. Randbedingungen, nämlich Unterschiede der Lernenden

- im Vorwissen,
- in ihren Kompetenzen und ihrer Kompetenzbreite,
- in der Bearbeitungsgeschwindigkeit,
- den Interessensbereichen bzw. der Rolle, die der Lerner oder die Lernerin in Bezug auf das Thema einnimmt.

Diese Voraussetzungen können mit dem bereits beschriebenen Vorgehen im Lernprozess am besten gerade durch einen nichtlinearen Aufbau des Lernleitfadens beachtet werden. So ein Aufbau ermöglicht ein individualisiertes Lernen mit unterschiedlichen „Einstiegstellen“ in den Lernprozess. Auch können Lernbegleitende bei Bedarf individuell auf die Bedürfnisse des Lernenden eingehen. Allerdings verpflichtet dieses Vorgehen den Lernenden auch zu einer eigenen Verantwortung im Lernprozess. Die einzelnen Schritte werden ihm nicht schulmäßig vorgegeben, sondern er orientiert sich am eigenen Bedarf und Interesse.

Das Bundesinstitut für Berufsbildung (BIBB) hat sich in einer Zusatzerhebung zu seiner Studie über die betriebliche Weiterbildung in Unternehmen (CVTS-Z) speziell mit der Weiterbildung in Zeiten der Digitalisierung beschäftigt [4]. Dabei geht es unter anderem um mögliche Auswirkungen der zunehmenden Vernetzung und Digitalisierung auf das Lernen in Unternehmen. Ein Ziel des Projektes ist es, herauszufinden, welche Lernformen dabei Anwendung finden. Es zeigt sich, dass in den letzten Jahren – und das ist angesichts der Entwicklungen in der digitalen Transformation nicht überraschend – die Wichtigkeit von Kompetenzen im Umgang mit digitalen Medien und Technologien zugenommen hat (**Abbildung 2**). Nicht weit dahinter, auf Platz 3 der Wichtigkeit von Kompetenzen, steht der selbstständige Erwerb von Fachwissen und Methoden. Die Entwicklung genau dieser Kompetenz wird durch Lernleitfäden angesprochen.

Lernleitfäden des IAG

Im IAG wurden bisher drei Lernleitfäden zu den Themen „Grundlagen der Ergonomie“ (**Abbildung 3**), „Demografischer Wandel in der Arbeitswelt“ und „Arbeitszeit“ entwickelt. Sie stehen auf der Lernplattform ILIAS unter den offenen Lernangeboten zu Verfügung (<https://iag-lernportal.dguv.de>). Jeder der Lernleitfäden ist aus einzelnen Modulen aufgebaut, die jeweils die zugehörigen Themenbereiche aufbereiten. Die Nutzen-

den können entscheiden, zu welchen Themen sie lernen wollen bzw. an welcher Stelle sie zuerst einsteigen möchten. Zu jedem Kapitel gibt es Hinweise und Links zu weiterführenden Informationen. Bei mehreren Modulen sind Aufgaben hinterlegt, die die Lernenden zum selbstbestimmten Zeitpunkt lösen können. Ansprechpersonen im IAG sind genannt, die bei Fragen zum Lernstoff zur Verfügung stehen und zu den eingereichten Lösungen Feedback geben. Bisher wurden die Lernleitfäden vorrangig von Personen genutzt, die anhand der dort präsentierten

Abbildung 2: Wichtigkeit von Kompetenzen in den letzten drei bis fünf Jahren (ab 2020). Die Grafik stellt den Anteil der befragten Unternehmen in % dar. n = 270 (alle Kompetenzen, Ausnahme: Selbstständiger Erwerb von Fachwissen/Methoden, n = 269; Kundenkommunikation/-kooperation, n = 268). Quelle: [4], S. 29.

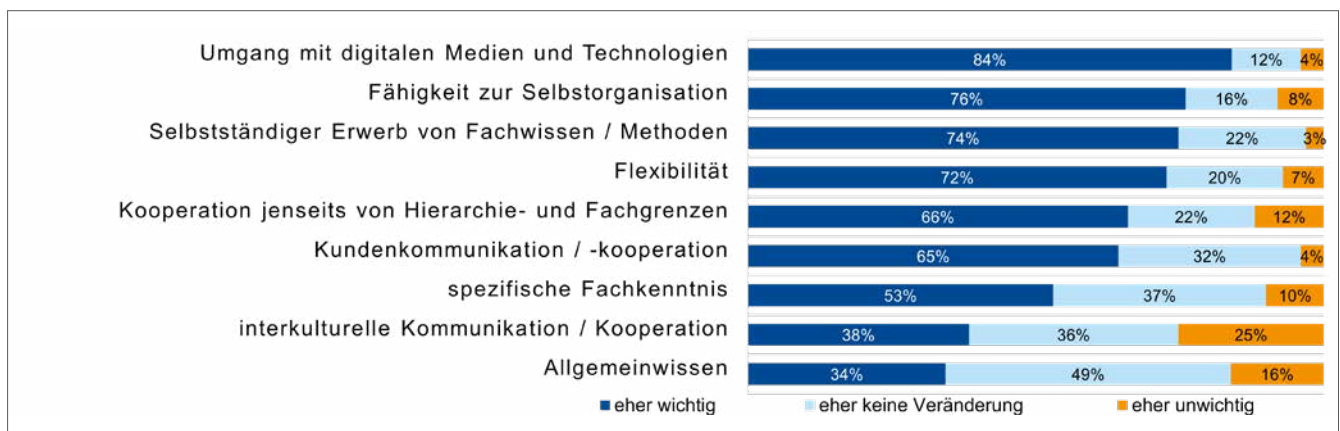
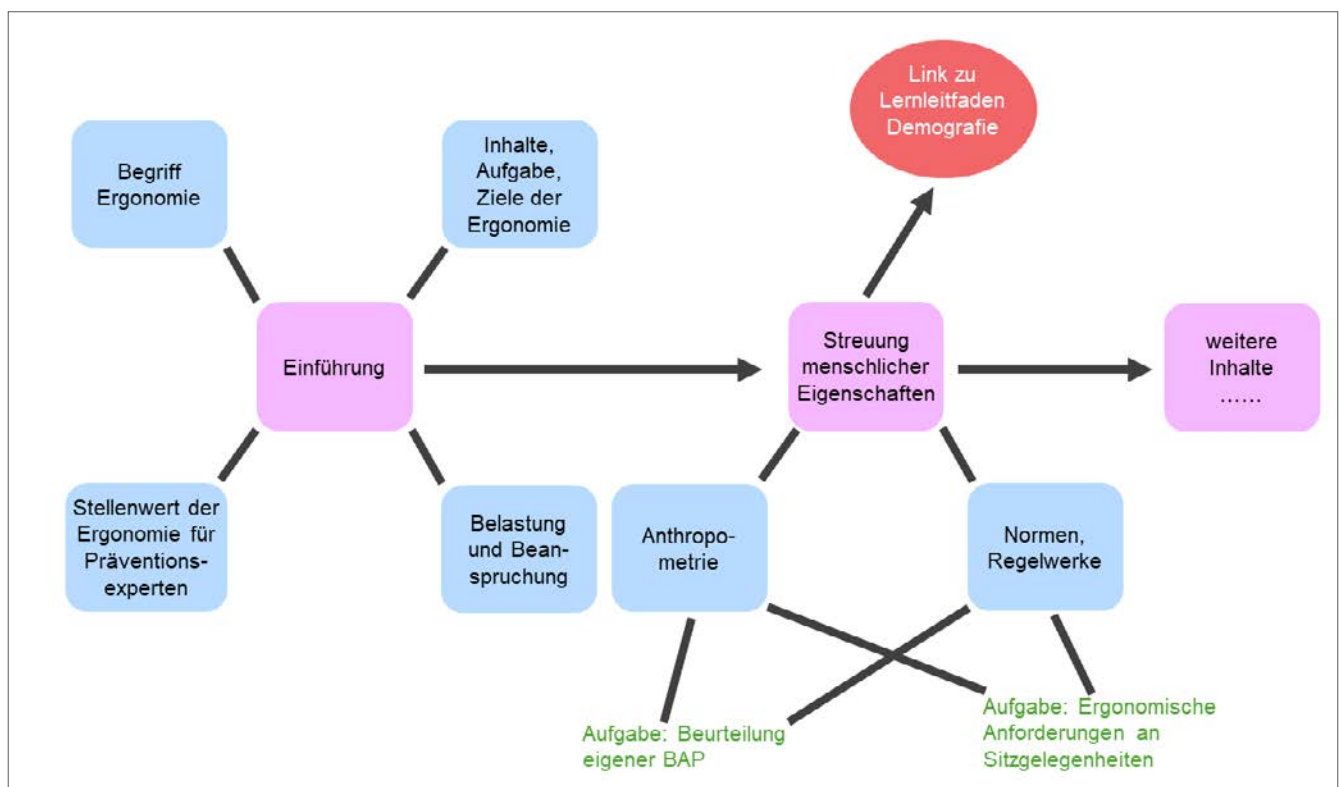


Abbildung 3: Ausschnitt aus dem Lernleitfaden „Grundlagen der Ergonomie“. BAP – Bildschirmarbeitsplatz. Quelle: Autorin



Inhalte für sich die Relevanz des Themas einschätzen. Sie nutzen das Lernen als Grundlage ihrer Entscheidung, ob sie sich intensiver mit dem Thema beschäftigen möchten und in der Folge ein entsprechendes längeres Seminar im IAG zum Thema besuchen.

Bisher sind die Lernleitfäden des IAG nur schwach verzweigt aufgebaut, da ILLIAS diesbezüglich nur begrenzte Möglichkeiten bietet. Es ist geplant, in nächster Zeit die vernetzte Struktur der Leitfadeneinhalte in einem Autorentool abzubilden.

Literatur

- [1] *Hettinger, T., Wobbe, G.* (Hrsg.): Kompendium der Arbeitswissenschaft. Optimierungsmöglichkeiten zur Arbeitsgestaltung und Arbeitsorganisation. Kiehl, 1993
- [2] Lernpfade: Strukturierte Wege für den individuellen Lernprozess. <https://fobizz.com/lernpfade-strukturierte-wege-fur-den-individuellen-lernprozess/>
- [3] Leibniz-Institut für Wissensmedien (IWM): Stichwort „Lernpfad“ im Glossar auf e-teaching.org. <https://www.e-teaching.org/materialien/glossar/lernpfad>
- [4] *Schönfeld, G., Schürger, B.*: Betriebliche Weiterbildung in Zeiten der Digitalisierung. Ergebnisse der Telefonbefragung der fünften CVTS-Zusatzerhebung. Fachbeiträge im Internet. Hrsg.: Bundesinstitut für Berufsbildung, Bonn 2020

Qualifizierungsangebot Muskel-Skelett-Belastung durch Unfallversicherungsträger

Jochen Eckardt

Berufsgenossenschaft Holz und Metall (BGHM), Dresden

Der Qualifizierungsauftrag von Unfallversicherungsträgern ist in §23 Siebtes Buch Sozialgesetzbuch (SGB VII) geregelt. Die Grundlagen zur Gefährdungsbeurteilung bei physischen Belastungen wurden mit der Veröffentlichung zum Projekt MEGAPHYS 2019 weiterentwickelt.

Der Vortrag stellte das aktuelle Qualifizierungsangebot der Berufsgenossenschaft Holz und Metall (BGHM) vor, das dreitägig in Präsenzformat durchgeführt wird. Der rote Faden des Seminars folgt den Schritten der Gefährdungsbeurteilung. Abwechselnd werden diese am Seminarbeispiel „Gussputzer“ behandelt und anhand betrieb-

licher Beispiele der Teilnehmenden in Gruppenarbeiten angewendet. Der Vortrag stellte Arbeitshilfen für Referierende vor und bot beispielhaft Eindrücke vom Seminar.

Abschließend werden Erfahrungen geteilt und weiterführende Ideen für ein konzipiertes Selbstlern-Basismodul sowie ein weiterführendes Format zum Erfahrungsaustausch im Bereich manuelle Arbeitsprozesse vorgestellt.

Abbildung: Dokumentation einer Gruppenarbeit auf Flipchart und Kärtchen: Ein betriebliches Beispiel mit relevanten Muskel-Skelett-Belastungen wurde bewertet, Maßnahmen wurden erarbeitet und diskutiert. Quelle: Autor

BGHM

Eindrücke – Ziel priorisiert, analysiert, bewertet, verbessert

LE4 Tätigkeitsbeschreibung

LE7 Bewertung Checkl. +LMM

LE10 Maßnahmen + LMM (soll)

LE13 Wirksamkeit durch Akzeptanz

1. rotieren und „zerreißen“
2. zurück rotieren und „verteidigen“

DGUV Fachgespräch Ergonomie, 06./07. Dezember 2022, Sankt Augustin

10

Arbeiten und Pause – Pausen machen: So geht's!

Christiane Golze, Jenny Hook, Hanna Zieschang

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

Definition und juristische Einordnung von Pausen

Laut Duden ist eine Pause eine kürzere Unterbrechung einer Tätigkeit, die der Erholung, Regenerierung oder Ähnlichem dienen soll. Ein Urteil des Bundesarbeitsgerichts aus dem Jahr 1992 definiert genauer [1]: „*Arbeitspausen sind im Voraus festgelegte Zeiten der Arbeitsunterbrechung. Während einer Arbeitspause muss ein Arbeitnehmer weder Arbeit leisten noch sich zur Arbeitsleistung bereithalten. Vielmehr kann er frei darüber entscheiden, wo und wie er diese Zeit verbringen will. Arbeitspausen dienen der Erholung, der Einnahme von Mahlzeiten und der Wiederherstellung der Leistungsfähigkeit während einer längeren Arbeitszeit.*“

Die gesetzlichen Vorgaben für Ruhepausen hängen von der täglich geleisteten Arbeitszeit ab. Das Arbeitszeitgesetz (§ 4 ArbZG) sieht folgendes vor:

- Unter 6 h Arbeitszeit: Es besteht kein gesetzlicher Anspruch auf eine Ruhepause.
- Zwischen 6 und 9 h: Es besteht ein Anspruch auf eine Ruhepause von mindestens 30 min.
- Mehr als 9 h: Es besteht ein Anspruch auf eine Ruhepause von mindestens 45 min.

Die mindestens 30-minütige Ruhepause muss nicht am Stück genommen werden, sie kann geteilt werden. Dabei muss ein Teil aber mindestens 15 min umfassen. Diese Ruhepausen sind unbezahlt. Zusätzlich zu den arbeitsrechtlich vorgeschriebenen, unbezahlten Pausen kann es bei besonderer Belastung und Beanspruchung von Beschäftigten auch bezahlte Pausen geben. Je nach Länge unterscheidet man nach *Wendsche* und *Lohmann-Haislah* [2]:

- Mikropausen: kürzer als 1 min
- Minipausen: 1 bis 5 min
- Kurzpausen: 5 bis 10 min
- Langpausen: länger als 15 min

Bei den kürzeren Pausen ist die Regelung oft so, dass die Beschäftigten sie selbstständig einteilen – und zwar an den Stellen, an denen es der Arbeitsablauf erlaubt bzw. wenn eine kurze Verschnaufpause benötigt wird, um die eigene Leistungsfähigkeit über den Tag erhalten zu können.

Betriebsinterne Regelungen

Arbeitgebende können über die gesetzlich vorgeschriebenen Zeiten hinaus weitere betriebsinterne Regelungen treffen und längere Pausen festlegen. Diese Regelungen können bezahlte Pausen vorsehen, etwa die Nutzung von Angeboten des Betrieblichen Gesundheitsmanagements (BGM) während der Arbeitszeit. Manche Betriebe bieten gemeinsame „bewegte Pausen“ an, inzwischen oft als Onlineangebote, die mit entsprechender Regelung auch während der Arbeitszeit in Anspruch genommen werden können.

Pausenausfall und seine Ursachen

Beschäftigte brauchen im Arbeitsalltag regelmäßig Pausen, um sich zu erholen und leistungsfähig zu bleiben. In Befragungen sprechen sich Beschäftigte meist mehrheitlich dafür aus, dass Pausen wichtig sind. Dennoch sieht die Realität oft anders aus.

Die 2015 von der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) durchgeführte Arbeitszeitbefragung [3] hat gezeigt, dass Pausen häufig nicht genommen werden. Das Ergebnis: Je länger die durchschnittliche Wochenarbeitszeit ist, umso häufiger fallen die Pausen aus (**Abbildung 1**). Ab durchschnittlich 40 Arbeitsstunden pro Woche steigt der prozentuale Anteil des Pausenausfalls deutlich an.

Die Gründe für Pausenausfall sind vielfältig. Laut einer Erwerbstätigenbefragung [4] ist die häufigste Ursache für den Ausfall, dass eine Pause nicht in den Arbeitsablauf der Beschäftigten passt, gefolgt von zu viel und stark verdichteter Arbeit. Besonders Beschäftigte, die gefühlsmäßig belastenden Arbeitssituationen ausgesetzt sind, häufig Verschiedenes gleichzeitig bearbeiten oder von Termin- und Leistungsdruck betroffen sind, neigen dazu, Pausen ausfallen zu lassen. Außerdem führen auch das

Fehlen von sozialen Pausensignalen und störungsfreien Erholungsorten, eine Leistungskultur oder die Zunahme an Autonomie bei mobiler Arbeit (z. B. Vertrauensarbeitszeit) dazu, dass Pausen nicht eingehalten werden.

Pausenausfall kann sowohl Auswirkungen auf die Sicherheit als auch auf die Gesundheit bei der Arbeit haben. Schon ältere Studien von *Nachreiner* [5] haben gezeigt, dass ab der neunten Stunde nach Arbeitsbeginn das relative Unfallrisiko deutlich ansteigt, die Sicherheit also eingeschränkt ist.

Verschiedene Untersuchungen belegen, dass pausenloses Durcharbeiten zu gesundheitlichen Beeinträchtigungen führen kann. Je länger Erholung aufgeschoben wird, umso größer ist die Erschöpfung. Auch dauert es dann umso länger, sich nach der Arbeit zu erholen. Häufiges Durcharbeiten kann so zu einer „Erholungschuld“ beitragen, die zu chronischer Übermüdung und Erschöpfung führt und weitere gesundheitliche Beeinträchtigungen nach sich zieht [4]. Diese zeigen sich vorrangig durch:

- allgemeine Müdigkeit,
- körperliche und geistige Erschöpfung,
- Kopfschmerzen, Nervosität, Reizbarkeit,
- Schlafstörungen,
- Rückenschmerzen und Magenprobleme,
- Niedergeschlagenheit.

Gute Gründe für eine Pause

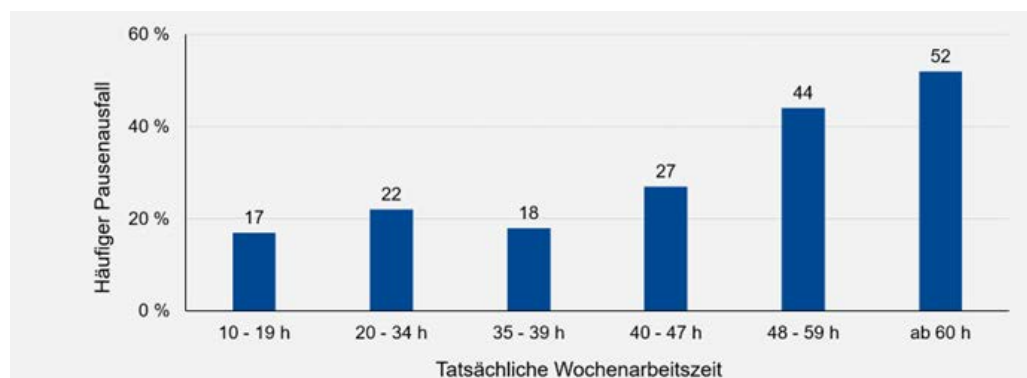
Umgekehrt wirken sich Pausen positiv auf Arbeitsleistung, Arbeitssicherheit und Gesundheit aus. Beschäftigte halten sich durch Pausen fit und steigern ihre Produktivität.

Deshalb sollten Beschäftigte nicht ununterbrochen durcharbeiten und warten, bis sie vor Erschöpfung nicht mehr können. Besser ist es, eine Pause einzulegen, bevor sich (kleine) Fehler häufen, die Konzentration nachlässt oder Ermüdungserscheinungen auftreten.

In diesem Zusammenhang haben – neben der gesetzlich vorgeschriebenen täglichen Ruhepause – Mikro-, Mini- oder Kurzpausen im Arbeitsalltag ihre Bedeutung. Häufigere kurze Pausen sind dabei wirkungsvoller und erholsamer als wenige lange. Denn der größte Erholungseffekt findet in den ersten Pausenminuten statt. Zudem findet man nach längerer Unterbrechung schwerer zur Arbeit zurück. Als Faustregel gilt: Nach einer Stunde Arbeit ca. fünf Minuten pausieren [6].

Wendsche und Lohmann-Haislah haben in einer Meta-studie [2] wissenschaftliche Ergebnisse aus Untersuchungen zum Thema Pause ausgewertet, die einen Zusammenhang zwischen dem Einhalten von Pausen und den Auswirkungen auf Gesundheit, Wohlbefinden und Arbeitsleistung zeigen. Sie haben dabei jeweils erfasst, ob sich in diesem Zusammenhang positive Effekte zeigten oder gar keine Effekte nachgewiesen werden konnten. Sie stellten fest, dass etwa 75 % der Studien einen positiven Effekt auf Gesundheit nachweisen konnten, während nur weniger als 50 % der Studien einen Effekt auf das Wohlbefinden zeigten. Interessant ist zudem, dass knapp 90 % der untersuchten Studien eine positive Korrelation zwischen der Einhaltung von Pausen und der Arbeitsleistung feststellten. Die Autoren weisen darauf hin, dass bei Einhaltung der Pausen, d. h. trotz einer geringeren Netto-Arbeitszeit (unter Abzug der Pausenzeit), eine erhöhte Arbeitsleistung festzustellen war. Das ist ein wertvolles Argument für Pausen, auch im Interesse der Arbeitgebenden. Somit profitieren von rechtzeitigen Pausen alle: Beschäftigte, Führungskräfte und Arbeitgebende.

Abbildung 1:
Ausfall von Arbeitspausen
nach Länge der Arbeitszeit
(abhängig Beschäftigte; n = 17 841), Quelle: [2]



Aktive und passive Pausen

Die Pausengestaltung kann sehr vielseitig sein. Man unterscheidet zwischen aktiven und passiven Pausen (Tabelle). Aktive Pausen sind besonders für Beschäftigte geeignet, die in ihrer beruflichen Tätigkeit wenig Bewegung haben, beispielsweise für Bürotätige, statisches Arbeiten, dauerhaftes Arbeiten im Sitzen etc. Passive Pausen mit der Möglichkeit, körperlich zur Ruhe zu kommen, eignen sich hingegen für Personen, deren Arbeit bereits physisch anstrengend und belastend ist.

Bei jeder Pausengestaltung ist es empfehlenswert, wenn möglich Tageslicht zu tanken. Es ist bekannt, dass der Tagesrhythmus des Menschen durch den Hell-Dunkel-Rhythmus von Tag und Nacht synchronisiert wird. Die tägliche Synchronisation stabilisiert die persönliche „innere Uhr“, den sogenannten zirkadianen Rhythmus. Je stabiler dieser Rhythmus ist, umso positiver wirkt sich dies auf die Gesundheit aus. Somit sind Pausen am besten, die bei Tageslicht im Freien verbracht werden. Selbst ein trüber Tag mit wenig oder ohne direktes Sonnenlicht hat einen größeren Einfluss auf die Synchronisierung der „inneren Uhr“ des Menschen als jedes künstliche Licht am Arbeitsplatz [7].

Viele Unfallversicherungsträger bieten für die aktive Pause Poster, Flyer oder Videos mit Bewegungsübungen an, die in der Regel kostenlos zur Verfügung gestellt werden, z. B.:

- verschiedene Übungen für die bewegte Pause als kurze Videos der Unfallkasse Sachsen: <https://www.uksachsen.de/informationen-service/veranstaltungen/bewegte-pause>
- Ausgleichsübungen unter dem Motto „Mach Dich locker!“ der Berufsgenossenschaft Holz und Metall (BGHW): <https://www.gibmirnull.de/2019/11/18/mach-dich-locker/>

Tabelle:
Unterscheidung zwischen aktiver und passiver Pause

Aktive Pause	Passive Pause
durch Bewegung und körperliche Aktivitäten einen Ausgleich schaffen und Verspannungen abbauen	bloßes Ausruhen ohne körperliche und geistige Anstrengungen
Beispiele: Schulter-Nacken-Übungen, Spaziergang im Grünen, Fahrrad fahren, Yoga-Einheit, Augenübungen	Beispiele: auf einer Bank in der Natur ausruhen, Austausch unter Kolleginnen und Kollegen, ein Schlückchen Kaffee genießen oder gar ein Kurzschlaf (Powernapping)

Auswirkungen der Flexibilisierung von Arbeit auf die Pausengestaltung

Die digitale Transformation ermöglicht das Arbeiten an (fast) jedem Ort zu jeder Tageszeit. Für jede Form der Arbeit – auch für das mobile Arbeiten oder das Arbeiten im Homeoffice – gilt das Arbeitszeitgesetz. Die Jahre der Pandemie haben gezeigt, dass gerade im Homeoffice Pausen sehr häufig vernachlässigt werden. Hier fehlen insbesondere die sozialen Anreize, Pausen zu nehmen. Zudem werden Pausenzeiten in den eigenen vier Wänden häufig genutzt, um andere Aufgaben innerhalb der Familie oder im Haushalt zu erledigen, da diese Aufgaben buchstäblich „vor der Nase“ liegen.

Fragen der Arbeitszeitgestaltung werden – bedingt durch die neueren Entwicklungen – den Arbeitsschutz in näherer Zukunft zunehmend beschäftigen. Der Trend der Globalisierung führt dazu, dass Geschäftspartner oder Kunden über die gesamte Welt verteilt sind und zu unterschiedlichen Tages- und Nachtzeiten erreichbar sind. Die zeitliche Flexibilisierung erlaubt darüber hinaus, selbstbestimmt die eigenen Arbeitszeiten verstärkt in den Abend, die Nacht oder das Wochenende zu verlagern. Neben den Pausen kommen dann auch die nächtlichen Ruhezeiten leicht zu kurz.

Um auch in diesen Fällen eine gesundheitsgerechte Arbeitszeit- und Pausengestaltung verwirklichen zu können, müssen die Beschäftigten qualifiziert werden, um eine eigene Sicherheits- und Gesundheitskompetenz zu entwickeln. Eine solche Kompetenz verhilft ihnen, selbst Gefährdungen einzuschätzen und Maßnahmen zur Minimierung von Sicherheits- und Gesundheitsrisiken zu ergreifen. Allerdings dürfen die Beschäftigten nicht allein in die Verantwortung genommen werden. Auch bei mobiler Arbeit und im Homeoffice sind die Arbeitgebenden nicht von ihrer Pflicht entbunden, gemeinsam mit der Mitarbeiterin bzw. dem Mitarbeiter eine Beurteilung der Arbeitsbedingungen durchzuführen. Die Beurteilung der Arbeitszeitgestaltung gehört dazu.

Tipps für gesunde und erholsame Pausen für die Beschäftigten

1. Arbeits- und Pausenzeiten planen

Geplante Pausen strukturieren den Arbeitstag und können helfen zu vermeiden, dass die Pause durch Zeit- oder Termindruck ausfällt. Beschäftigte sollten sich Pausentermine in den Kalender eintragen und schon am Morgen überlegen, wann sie kurz durchatmen, frische Luft schnappen, sich bewegen, essen und trinken werden. Feste Rituale, zum Beispiel eine Obstpause am Vormittag oder eine Bewegungspause am Nachmittag, helfen dabei, die Pausen tatsächlich einzulegen.

2. Bewusst eine Pause machen und digitales Fasten

Beschäftigte sollten die Pause bewusst zu ihrer Erholung nutzen und nicht mit anderen Aufgaben füllen. Dabei ist es wichtig, auf den Körper und die eigenen Bedürfnisse zu achten. Der Verzicht auf digitale Medien in der Pause kann hilfreich sein. Die Pause kann erholsamer sein, wenn sich Beschäftigte erlauben, das Handy auch einmal abzuschalten und nicht erreichbar zu sein.

3. Etwas Gegenteiliges zur Arbeit machen

Eine Unterbrechung der Arbeit mit einem bewussten Ausgleich zur beruflichen Tätigkeit und ihrer Belastung dient der Erholung am besten. Beispielsweise ist eine Bewegungspause gut, wenn die Tätigkeit wie bei Büroarbeit einseitig belastet. Bei körperlich anstrengender

Tätigkeit erholt sich der Körper besser, wenn er physisch zur Ruhe kommen kann. Bei Lärm am Arbeitsplatz hilft ein ruhiger Pausenort, bei Alleinarbeit der Austausch mit Kolleginnen und Kollegen.

4. Den Arbeitsplatz verlassen

Studien zeigen, dass sich Beschäftigte schlechter erholen, wenn sie den Arbeitsplatz während ihrer Pause nicht verlassen. Empfehlenswert ist es daher, während der Pause den Ort zu wechseln [1]. Durch neue Eindrücke während der Pause können Beschäftigte leichter abschalten und den Kopf wieder freibekommen. Insbesondere für die längere Mittagspause ist es empfehlenswert, die Mahlzeit nicht am Arbeitsplatz einzunehmen.

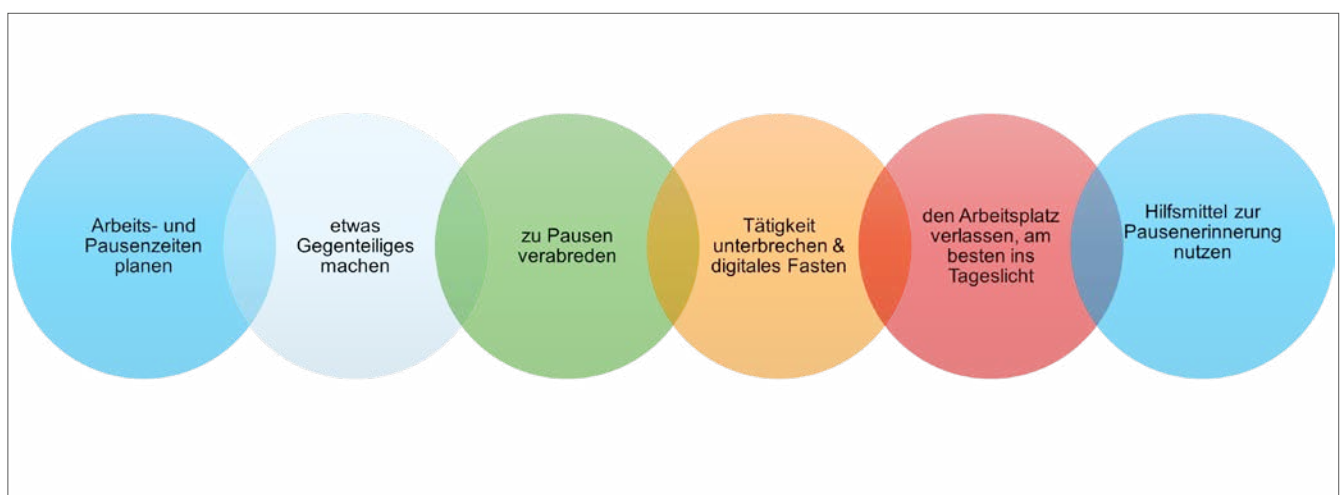
5. Zu Pausen verabreden

Gemeinsam mit anderen Pause zu machen, steigert die Verbindlichkeit und fördert die gegenseitige Motivation bzw. den informellen Austausch. Um Einsamkeit im Homeoffice vorzubeugen, können Beschäftigte Kontakte pflegen, z. B. mit einer regelmäßigen Verabredung zur gemeinsamen virtuellen Kaffeepause oder Online-Sport-einheit. Noch besser wäre ein Treffen an der frischen Luft fernab des Bildschirms.

6. Hilfsmittel zur Pausenerinnerung nutzen

Um Pausen nicht zu vergessen, helfen Programme. Apps erinnern an regelmäßiges Trinken oder an Bewegungs- und Augenübungen.

Abbildung 2:
Tipps für gesunde und erholsame Pausen für die Beschäftigten. Quelle: Autoren



Pausengestaltung auch Thema der Verhältnisprävention

Das Thema der Pausengestaltung darf nicht auf der Verhaltensebene stehen bleiben. Arbeitgebende sind aufgefordert, den entsprechenden verhältnisorientierten Rahmen zu schaffen, dass Pausen gesundheitsgerecht verbracht werden können. Hierzu gehört zum einen eine gute Führungskultur. Vorgesetzte haben Vorbildfunktion. Sie sollten sorgsam mit sich selbst umgehen und auch von den Mitarbeitenden nicht erwarten, dass diese ständig erreichbar sind. Zur Verhältnisprävention gehören aber auch Maßnahmen wie freundlich gestaltete Pausenräume mit viel Tageslicht oder ein gutes Essensangebot. Sollten Probleme – auf welcher Seite auch immer – mit der Pausengestaltung auftreten, hilft nur eine offene Kommunikation in einer guten Unternehmenskultur.

Fazit

Maßnahmen der Gestaltung von Pausen müssen sowohl verhältnis- als auch verhaltenspräventiv aufgesetzt sein. Somit ist die Gestaltung für Arbeitgebende und Führungskräfte ein ebenso wichtiges Thema wie für Beschäftigte. Wichtig ist, das Thema im Unternehmen als Teil der Unternehmenskultur zu sehen und zu kommunizieren. Gegebenenfalls kann es hilfreich sein, sich Beratung und Unterstützung zu holen.

Die Gestaltung von Pausen hat Einfluss auf die Sicherheit und Gesundheit von Beschäftigten. Die Art und Weise, wie Pausen gestaltet werden sollten, sind von der Tätigkeit, den persönlichen Vorlieben und Bedürfnissen abhängig. Für ihre Gestaltung gibt es kein Patentrezept, aber viele Möglichkeiten. Neben den gesetzlich vorgeschriebenen Ruhepausen helfen kurze Auszeiten im Arbeitsalltag dabei, sich zu erholen und leistungsfähig und motiviert zu bleiben.

Praxisfeld Arbeiten und Pause im IAG

Bei der Forschung, Beratung und Qualifizierung setzt das Institut für Arbeit und Gesundheit der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IAG) etwa 20 Praxisfelder ein, darunter das Praxisfeld „Arbeiten und Pause“. Darin werden Informationen über aktuelle wissenschaftliche Studien und Themen aus der Pausenwelt vermittelt sowie einfache Möglichkeiten für die aktive oder passive Pause im Alltag demonstriert. Seminarteilnehmende können im Praxisfeld selbst aktiv werden, lernen durch den intensiven Praxisbezug nachhaltiger und setzen das Gelernte besser in die Praxis um.

Literatur:

- [5] Urteil des Bundesarbeitsgerichts (BAG) 4 AZR 562/91 „Pausenregelung während der Nachtschicht“ vom 23. September 1992
- [6] *Wendsche, J.; Lohmann-Haislah, A.*: Psychische Gesundheit in der Arbeitswelt Pausen (Projekt F 2353). Hrsg.: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA), Dortmund 2016
- [7] *Wöhrmann, A. M.; Gerstenberg, S.; Hünefeld, L.; Pundt, F.; Reeske-Behrens, A.; Brenscheidt, F.; Beermann, B.*: Arbeitszeitreport Deutschland 2016 (Projekt F 2398). Hrsg.: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA), Dortmund 2016
- [8] Arbeiten ohne Unterlass? Ein Plädoyer für die Pause. BIBB/BAuA-2012 Factsheet 04, 2. Auflage. Hrsg.: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA), Dortmund 2015
- [9] *Nachreiner, F.*: Arbeitszeit und Unfallrisiko. In: Trimpop, R.; Zimolong, B.; Kalveram, A. (Hrsg.): Psychologie der Arbeitssicherheit und Gesundheit. Neue Welten – Alte Welten, 11. Workshop 2001, S. 5-21. Heidelberg, Asanger 2002
- [10] *Wendsche, J.; Ehrig, C.*: Was macht eine gute Pause aus? Gesunde Mitarbeitende. In: Faktor A das Arbeitgebermagazin. Hrsg.: Bundesagentur für Arbeit, Nürnberg 2022. <https://faktor-a.arbeitsagentur.de/arbeitswelt-gestalten/was-macht-eine-gute-pause-aus/>
- [11] DGUV Information 215-220: Nichtvisuelle Wirkungen von Licht auf den Menschen. Hrsg.: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Berlin 2018

Entwicklung zusätzlicher Trainingselemente zur Prävention von Stolper-, Rutsch- und Sturzunfällen unterstützt durch den Einsatz von virtueller Realität am Beispiel von Unternehmen der Stahlerzeugung sowie Post- und Paketzustellung (ENTRAPon)

Moritz Schneider¹, Anika Weber^{3,4}, Mirko Kaufmann^{2,3}, Ulrich Hartmann³, Kiros Karamanidis⁴, Rolf Ellegast¹, Annette Kluge²

¹ Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA), Sankt Augustin

² Lehrstuhl Arbeits-, Organisations- & Wirtschaftspsychologie, Ruhr-Universität Bochum, Bochum

³ Hochschule Koblenz, RheinAhrCampus, Remagen

⁴ School of Applied Sciences, London South Bank University, London, Großbritannien

Kurzfassung

Jeder fünfte Arbeitsunfall wird durch Stolpern, Rutschen und Stürzen (SRS) verursacht [1]. Dabei können neben schmerzhaften Verletzungen auch langfristige Schäden in Kombination mit Arbeitsausfalltagen bei den Betroffenen entstehen, was mit zusätzlichen Aufwendungen für die Unternehmen verbunden ist [2, 3]. Nach Angaben der Unfallversicherungsträger führt diese Unfallart seit Jahren die Liste der meldepflichtigen Arbeitsunfälle im Bereich Verkehr, Transport und Logistik an [2, 3]. Im Jahr 2021 meldete die Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV) insgesamt 172 045 SRS-Unfälle (davon sieben mit tödlichem Ausgang), die zu 2 694 Unfallrenten führten [2]. 33 % der SRS-Unfälle ereignen sich im gewerblichen Bereich, z. B. in der Produktion, in Werkstätten, an Be- und Entladestellen; 17 % im öffentlichen Bereich an allgemein zugänglichen öffentlichen Plätzen und in Außenbereichen, z. B. Weg, Parkplatz, Warteraum [2]. Rutschgefahren entstehen durch verminderte Oberflächenreibung, z. B. durch Öl, Nässe, polierte Oberflächen, aber auch durch Witterungseinflüsse wie Regen, Eis und Schnee. Unebene Oberflächen (Stufen, Schrägen/Wellen, Öffnungen/Vertiefungen), abgestufte erhöhte Kanten oder Stufenkantenprofile können beispielsweise eine Stolper-, Verdreh- oder Fehltrittgefahr darstellen. [3]. Bestimmte Berufsgruppen im gewerblichen Bereich, wie Beschäftigte in der Stahlindustrie oder bei Werksfeuerwehren und Feuerwehrleute im Allgemeinen [3] sowie Personen im öffentlichen Sektor wie Post- und Paketzusteller [4], sind besonders gefährdet, auszurutschen und zu stolpern.

1 Ziele des Projekts EntraPon

Zur Vermeidung von Ausrutschunfällen stehen nach dem Stand der Technik eine Vielzahl von Schutzmaßnahmen gemäß der sicherheitstechnischen Gestaltungsrangfolge STOP zur Verfügung [7 bis 9]:

1. S = Substitution,
2. T = Technische Schutzmaßnahmen (wie Bodenbelag, Schuhwerk, Eliminierung gleitfördernder Stoffe),
3. O = Organisatorischen Schutzmaßnahmen (wie die Organisation von Arbeitszeiten, Planung von Instandhaltungs- und Ausbesserungsmaßnahmen),
4. P = Persönlichen Schutzmaßnahmen (wie Erfahrung, Reaktion, körperliche Aspekte und Gangart).

Um die Anzahl der SRS-Unfälle zu reduzieren, werden den Unternehmen und Organisationen unter anderem DGUV Informationen zur Verfügung gestellt, die Hilfestellung bei der Umsetzung der Pflichten aus staatlichen Arbeitsschutzvorschriften und/oder Unfallverhütungsvorschriften geben. Bei Gefährdungen für Personen, die Zeitungen, Post oder Pakete zustellen, sind – bedingt durch die Teilnahme am Straßenverkehr, durch ungünstige Witterungsbedingungen wie Regen oder Schnee und vom Unternehmen nicht zu kontrollierende Faktoren (örtliche Gegebenheiten der Zustellungsrouten, Straßen, Bürgersteige, Zufahrtswege, Treppenaufgänge und der Treppenhäuser in Gebäuden) – die S-, T- und O-Mittel schnell erschöpft, sodass persönliche Schutzmaßnahmen herangezogen werden müssen. Das von der DGUV geförderte Projekt zur „Entwicklung zusätzlicher Trainingselemente zur Prävention von Stolper-, Rutsch- und Sturzunfällen unterstützt durch den Einsatz von virtueller Realität am Beispiel von Unternehmen der Stahlerzeugung und der Post und Paketzustellung“ (ENTRAPon) setzt bei der Weiterentwicklung dieser persönlichen Schutzmaßnahmen an.

Ziel von „ENTRAPon“ ist die Erweiterung eines bestehenden proaktiven Trainingselementes (z. B. BGHW-Lagerhallensimulator) zur Prävention von SRS-Unfällen um ein reaktives Perturbationstraining. Zusätzlich wird die Effektivität eines mechanischen mit der eines VR-basierten Perturbationstrainings verglichen. Die Evaluation des Präventionstrainings im gewerblichen Bereich erfolgt innerhalb einer wissenschaftlichen Studie in einem jeweiligen Interventionszeitraum von sechs Monaten

(Prä-Post-Beibehaltung Messdesign). Das Projekt begann im Dezember 2021 mit einer Laufzeit von drei Jahren. Am Ende des Projekts soll ein evaluiertes Trainingsprogramm inklusive aller Trainingsmaterialien zur Verfügung stehen, das anschließend in Betrieben eingesetzt werden kann.

2 Projektpartner und -hintergrund

Die Forschungskooperationspartner im Projekt „ENTRAPon“ sind der Lehrstuhl Arbeits-, Organisations- & Wirtschaftspsychologie der Ruhr-Universität Bochum (Leitung), der Fachbereich Mathematik und Technik des RheinAhrCampus Remagen der Hochschule Koblenz, das Sport and Exercise Science Research Centre der London South Bank University und das Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA). Das Projekt verfolgt einen interdisziplinären Ansatz mit Expertise aus der Arbeits-, Organisations- und Wirtschaftspsychologie, der Biomechanik, der Ergonomie und der Sportwissenschaft. Es wird in Kooperation mit Unternehmen aus der Stahlindustrie und der Post-/Paketzustellung durchgeführt, von denen jeweils 70 Mitarbeitende aus zwei Betrieben an der ENTRAPon-Feldstudie teilnehmen sollen. Das Projekt wird über eine Forschungsförderung der DGUV finanziert (Fördernummer: FF-FP 0470; <https://www.dguv.de/ifa/forschung/projekt-verzeichnis/ff-fp0470.jsp>).

3 Studiendesign

Die Studie ist in insgesamt vier Messzeitpunkte aufgeteilt (**Abbildung 1**). Die ersten Daten, die der Evaluation der Wirksamkeit dienen, werden zum Zeitpunkt T0 erhoben. Die Studienteilnehmenden werden anschließend randomisiert einer von drei Gruppen zugeordnet: entweder einer von zwei Interventionsgruppen (Mechanisches vs. VR-basiertes Perturbationstraining) oder der Kontrollgruppe. Zu Beginn des ersten Mess- und Trainingstages durchlaufen alle Gruppen einen standardisierten SRS-Parcours zur Basis-Messung (Zeitpunkt T1), in dem

Gangperturbationen mittels modularer Elemente (z. B. ein weicher Untergrund, eine Rutschplatte) eingeleitet werden, um reale SRS-Situationen zu simulieren, die denen aus den Unfallberichten der Unternehmen nachgestellt sind. Anschließend absolvieren alle Gruppen eine STOP-Sensibilisierungseinheit, die eine kurze theoretische Einführung und die Entdeckung von SRS-Gefahren in einer VR-Umgebung – dem BGHW-Lagerhallensimulator oder in einem Stadtszenario – beinhalten. In dieser VR-Anwendung navigieren die Teilnehmenden in einer virtuellen Umgebung, in der verschiedene SRS-Gefahren (z. B. Kabel, Müll etc.) erkannt und eine geeignete Interaktionsmöglichkeit zur Beseitigung der Gefahrenstelle ausgewählt werden sollen. Die Interventionsgruppen absolvieren anschließend eines von zwei Perturbationstrainings, das die Anwendung der Mechanismen der dynamischen Stabilitätskontrolle beim Gehen reaktiv trainiert, um somit die Reaktion auf Stolper- und Rutschsituationen im Alltag und bei den Transferbedingungen zu verbessern. Interventionsgruppe I führt ein Rutsch- und Stolpertraining mit mechanischer Gangstörung (eingeleitet über ein Seilzugsystem) durch, Interventionsgruppe II hingegen eines mit virtueller Gangstörung (Simulation von Rutschen/Stolpern durch Kippen des virtuellen Bildes). Die Kontrollgruppe absolviert kein Perturbationstraining. Alle Gruppen durchlaufen abschließend eine VR-Einheit (360°-Aufnahmen von Gefahrenstellen im eigenen Betrieb) zur Evaluation der STOP-Sensibilisierungseinheit sowie erneut den SRS-Parcours zur Bestimmung des Transfergrades der Stabilitätskontrollmechanismen in simulierten realen SRS-Situationen (Zeitpunkt T2). Nach ca. sechs Monaten (Zeitpunkt T3) durchlaufen die Teilnehmenden erneut den SRS-Parcours und die VR-basierte Evaluation der STOP-Sensibilisierungseinheit, um langfristige Beibehaltungseffekte des Trainings zu untersuchen. Bei allen durchgeführten Gangperturbationen (beim Training auf dem Laufband und im SRS-Parcours) werden die Personen mittels eines Sicherheitssystems mit Auffanggurt vor Stürzen gesichert.

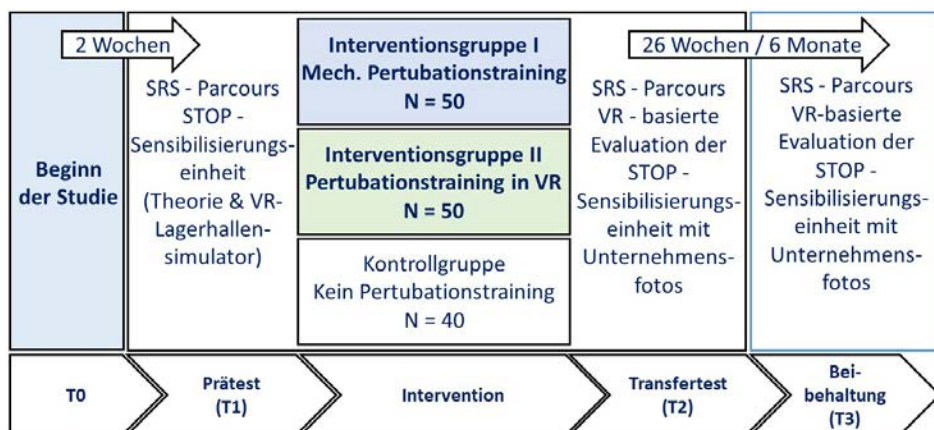


Abbildung 1: Darstellung des ENTRAPon-Studiendesigns mit Ablaufplan und Messzeitpunkten. Quelle: Autoren

3.1 SRS-Parcours

In ENTRAPON wird ein SRS-Parcours (**Abbildung 2**) verwendet, um reale SRS-Situationen, die denen aus den Unfallberichten der Unternehmen nachgestellt sind, zu simulieren. Dieser besteht aus einem 15 m langen Gehweg, in den insgesamt 18 SRS-Elemente integriert sind, die gleichmäßig in die folgenden Kategorien eingeteilt sind: unerwartete stolper- und rutschartige Störungen und Änderungen der Oberflächennachgiebigkeit. Die schwarzen Trittplatten sind in einem Abstand von 70 cm angeordnet.

Das Ausrutschen wurde durch eine bewegliche Fliese auf zwei verdeckten Schienen mit linearen Lagern ausgelöst, die bei Fußkontakt bis zu 14 cm nach vorne rutschen konnte. Stolpern wurde durch ein 19 cm hohes Stolperbrett ausgelöst, das mithilfe eines versteckten Kontaktsensors hochklappt. Fehlritte wurden durch einen Schaumstoffblock (11 cm hoch) ausgelöst, der sich beim Betreten auf etwa 5 cm zusammenstaucht. Die Störelemente können mittels modularer Elemente an verschiedenen Stellen des Parcours aktiviert werden und sind so in den Boden integriert, dass die Teilnehmenden nicht wissen, welche Störung an welcher

Stelle auftritt. Sie blicken vor jedem Versuch vom Parcours weg, wodurch sie die Positionierung der Hindernisse nicht sehen können. So müssen sie ihren Gang reaktiv an die jeweilige Störung anpassen. Beim Durchschreiten des Parcours sind die Probanden durch ein Überkopfsicherungssystem gesichert (siehe **Abbildung 2**) und können sich selbst bei massiver Störung der Gangstabilität nicht verletzen.

Während des Trainings und der Transfertests sind die Teilnehmenden vollständig mit körpergetragener Messsensorik (inertial measurement unit) ausgestattet, die in der menschlichen Bewegungsanalyse und der Bestimmung der Gangstabilität weit verbreitet ist [8, 9, 10]. Die erhobenen Daten werden für die Bearbeitung weiterer Fragestellungen strukturiert gehalten und verarbeitet.

4 Aktueller Stand und Ausblick

In der ersten Messphase (T1, T2) nahmen insgesamt 113 Personen an der Studie teil. 110 wurden auf die Interventionsgruppen (jeweils 40 Personen) und die Kontrollgruppe (30 Personen) aufgeteilt und durchliefen das Laufbandtraining sowie die Parcoursevaluation. Die



Abbildung 2:
Aufbau eines Stolper-, Rutsch- und Sturzparcours einschließlich eines Überkopf-Sicherheitssystems (Decke) auf dem Gelände eines Kooperationspartners. Quelle: Autoren

Teilnehmenden verteilen sich jeweils zur Hälfte auf die beiden Partnerfirmen HKM und Deutsche Post/DHL. Insgesamt führten 102 Teilnehmer die STOP-Schulungssimulation durch, wovon drei Training und Parcours-evaluation aufgrund von körperlichen Einschränkungen nicht absolvieren konnten. Die Auswertung findet derzeit mithilfe der kinematischen Daten und Fragebogendaten statt.

Auf Basis der in dieser Studie gewonnenen Erkenntnisse wird zur Durchführung des Trainingspakets ein Trainingshandbuch für Unternehmen entwickelt und erstellt. Das Forschungsvorhaben wird nach dem Abschluss Unternehmen/Arbeitgebenden Instrumente an die Hand geben, um Beschäftigte proaktiv für STOP-Maßnahmen zu sensibilisieren und, falls erwünscht, ein entsprechendes P-Programm zur reaktiven SRS-Prävention bereitstellen. Zusammen mit geeigneten Zusatzmaterialien (Flyer, Folien, Videos) steht den Präventionsdiensten der Unfallversicherungsträger und den Arbeitsschutzbeauftragten in den Unternehmen am Ende des Projekts ein Baukasten zur Verfügung, der ihnen bei der Prävention von SRS-Unfällen hilft. Der Baukasten wird so konzipiert, dass er übertragbar auf die Nutzung in anderen Unternehmen mit vergleichbaren SRS-Unfallgefährdungen ist.

Die standardisierten SRS-Messdaten, die der Parcours liefert, werden verwendet, um Beinahe-Stürze zu kategorisieren und eine Datenbank kinematischer Daten für die Verwendung in maschinellen Lernmethoden bereitzustellen. Die Definition von Beinahe-Stürzen erfolgt nach den Erkenntnissen der Forschung und der Literatur auf der Grundlage nachvollziehbarer Parameter. Die Fähigkeit, Beinahe-Stürze zu erkennen, wird genauere Profile von kritischen Situationen, präzisere Risikoabschätzungen und möglicherweise sogar eine Vorhersage des persönlichen Sturzrisikos ermöglichen, um Stürze frühzeitig zu verhindern.

5 Literaturverzeichnis

- [1] DGUV, Statistik Arbeitsunfallgeschehen 2019, 2020. <https://www.dguv.de/de/zahlen-fakten/index.jsp>
- [2] DGUV, Statistik Arbeitsunfallgeschehen 2021, 2021. <https://www.dguv.de/de/zahlen-fakten/index.jsp>
- [3] J. O. Mohr: Fit gegen das Stolpern – Projektstudie der HFUK Nord. 6. DGUV-Fachgespräch Ergonomie, S. 125-127, 2017
- [4] T. A. Bentley: Slip, trip and fall accidents occurring during the delivery of mail,“ Ergonomics 41 (1998), pp. 1859-1872
- [5] C. Wetzel: Entwicklung einer Rutschhemmungsmatrix zur Auswahl von Bodenbelägen und Schuhen zur Reduzierung von Ausgleitunfällen. Bergische Universität Wuppertal, 2013
- [6] M. R. Lehto, B. T. Cook: Occupational health and safety management. Handbook of Human Factors and Ergonomics (2012), pp. 701-733
- [7] E. O. F. D. 89/391/EEC: The introduction of measures to encourage improvements in the safety and health of workers at work. Official Journal of the European Union L 183, 29/06/1989, pp. 1-8, 2008
- [8] M. Kangas, A. Konttila, P. Lindgren, J. Winblad, T. Jämsä: Comparison of low-complexity fall detection algorithms for body attached accelerometers. Gait & Posture (2008), pp. 285-291
- [9] M. N. Nyan, F. E. H. Tay, E. Murugasu: A wearable system for pre-impact fall detection. Journal of Biomechanics (2008), p. 3475-3481
- [10] I. Pang, Y. Okubo, D. Sturnieks, S. R. Lord, M. A. Brodie: Detection of Near Falls Using Wearable Devices. Journal of Geriatric Physical Therapy (2019), pp. 48-56
- [11] H. Hsiao: Fall Prevention Research and Practice: A Total Worker Safety Approach. Industrial Health 52 (2014).
- [12] BAuA: Sturz, Ausrutschen, Stolpern, Umknicken, 2021. https://www.baua.de/DE/Themen/Arbeitsgestaltung-im-Betrieb/Gefahrungsbeurteilung/Expertenwissen/Mechanische-Gefahrungen/Sturz-Ausrutschen-Stolpern-Umknicken_node.html
- [13] BGHM: Vorsicht, Rutschgefahr! Stolpern, Ausrutschen, Stürzen – Die häufigsten Unfallursachen bei der Arbeit, 2021. <https://www.bghm.de/bghm/presseservice/text-portal-fuer-interne-kommunikation/vorsicht-rutschgefahr>
- [14] BG Verkehr: Stolpern, Rutschen, Stürzen, 2021. <https://www.bg-verkehr.de/arbeitsicherheit-gesundheit/branchen/gueterkraftverkehr/animationsfilme/stolpern-rutschen-stuerzen>

Absturzprävention mit VISTRA: Ein VR-basiertes Training

Estefany Rey-Becerra¹, Lope H. Barrero², Rolf Ellegast³, Annette Kluge¹

¹ Lehrstuhl Arbeits- Organisations- und Wirtschaftspsychologie, Fakultät für Psychologie, Ruhr Universität Bochum

² Fachbereich Wirtschaftsingenieurwesen, Fakultät für Ingenieurwissenschaften, Pontificia Universidad Javeriana Kolumbien

³ Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA), Sankt Augustin

Kurzfassung

In der Bauindustrie werden in Kolumbien und Deutschland Höhenarbeiten durchgeführt, die aufgrund von Absturzgefährdungen zu den gefährlichen Tätigkeiten zählen. Eine bewährte Präventionsstrategie ist diesbezüglich das Sicherheitstraining. In letzter Zeit wurden neue Verfahren wie virtuelle Umgebungen entwickelt, die das Sicherheitstraining verbessern könnten. Es gibt jedoch nur wenige Hinweise auf deren Wirksamkeit. Daher wurde die Prävention von Abstürzen mit neuen Technologien der Virtuellen Realität (VR) vom Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA) in Deutschland und der Professional Risk Administration Suramericana (ARL-Sura) in Kolumbien in einem Kooperationsprojekt gemeinsam mit der Ruhr-Universität Bochum und der Javeriana Universität Bogota näher untersucht. Im Rahmen einer Promotionsarbeit wurde das Projekt „Vergleich zwischen konventionellem und virtuellem Training von Höhenarbeiten in der kolumbianischen und deutschen Bauindustrie“ gestartet. In diesem Beitrag wird das Studienprotokoll eines Projektteils – der kolumbianischen Fallstudie – dargestellt.

1 Einleitung

Eine der Herausforderungen bei der Prävention von Absturzunfällen aus Höhen in der Bauindustrie ist es, die Rolle des Trainings besser zu verstehen. Gemäß *Colligan* und *Cohen* [1] hängt die Effektivität des Sicherheitstrainings meistens von zwei Faktoren ab:

- Faktoren, die nicht vom Trainingsprozess abhängen bzw. organisatorischer und sozialer Kontext (z. B. Stärkung der Sicherheit in der Organisation, geringes Interesse an der Sicherheit in der Firma),
- andere Faktoren, die kontrolliert werden können bzw. Trainingskomponenten der Effektivität (z. B. Trainingsmethode, Länge, Häufigkeit).

Aus diesem Grund sind ergänzende Trainingselemente, die für die Zielgruppe ansprechend, aber nicht riskant sind, von besonderem Interesse. Hier bietet sich der Einsatz von VR-Technologien an, die für die Zielgruppe attraktiv sind, über deren Wirksamkeit aber wenig bekannt ist – speziell für Arbeiten in der Höhe [2]. Außerdem wurde gemäß unserer vorherigen Literaturrecherche [3] der größte Teil der Forschung in diesem Bereich mit Stu-

dierenden als Probanden und nicht mit der eigentlichen Beschäftigtengruppe untersucht. Daher wollten wir die Wirksamkeit der Techniken der virtuellen Umgebung mit Arbeitskräften des Bausektors in Kolumbien und Deutschland untersuchen. Wir präsentieren hier das Studienprotokoll unserer Versuche in Kolumbien im Frühling 2022.

2 Methodisches Vorgehen

2.1 Interventionen

Die Schulungen wurden als Sicherheitstraining für die Arbeit in Höhen entwickelt, um die gesetzlich vorgeschriebene jährliche Wiederholungsschulung zu ergänzen. Das Training betrifft Beschäftigte, die unter Absturzgefahr arbeiten. Ausrutschen oder Stolpern wurde nicht berücksichtigt, ebenso wenig Arbeiten an Baumaschinen (z. B. Turmdrehkran). Der Lernprozess wurde in Zusammenarbeit mit dem kolumbianischen nationalen Ausbildungsdienst SENA und dem deutschen Ausbildungszentrum ABS erstellt. Das Ziel des Trainings ist es, die Leistung der Arbeitnehmenden in Bezug auf Wissen, Verhalten und Einstellungen (eng. „Knowledge Skill Attitudes, KSAs) durch eine Schulung zu verbessern. Für diese Studie wollten wir die Wirksamkeit eines neuen Trainings für Höhenarbeiten am Bau anhand von Serious Games mit virtueller Realität evaluieren. Außerdem wollten wir die Ergebnisse mit einem konventionellen Training mit multimedialen didaktischen Techniken und problem-

Abbildung 1: Screenshot von ViStra. Die Software läuft auf der Datenbrille Pico Neo 3, einem mobilen VR-Gerät. Quelle: Autoren



orientiertem Lernen vergleichen. Deswegen haben wir zwei Trainings entwickelt: ViStra (**Abbildung 1**) und LeStra (**Abbildung 2**).

ViStra, das VR-basierte Training, ist ein sogenanntes Serious Game, also ein Videospiel mit einem pädagogischen Ziel [4]. Die virtuelle Umgebung hat das Institut für Mensch-Computer-Interaktion (H+CI) der Universität Trier nach den Empfehlungen der Stakeholder entwickelt [5]. Um zu wissen, ob ViStra nicht nur effektiv, sondern auch effektiver als konventionelle Methoden ist, haben wir zudem LeStra entwickelt, ein vorlesungsbasiertes Training. Hier besuchen die Teilnehmenden ein Seminar, das Unterrichtstechniken (Folien und Multimedia) und problemorientiertes Lernen mit echten Fallstudien verwendet.

2.2 Stichprobe

Unser Projekt möchte die Sicherheitseinstellungen von Arbeitskräften des Bausektors bewerten. In Kolumbien wurde der Rekrutierungsprozess von ARL-Sura, einer kolumbianischen Unfallversicherung, gemacht. Diese kontaktierten Bauunternehmen mit Baustellen, die zum einen mehr als zwei Stockwerke hohe Gebäude bauten und zum anderen zwischen acht und 40 Personen, die auf Gerüsten, Plattformen oder Platten arbeiteten, als Probanden zur Verfügung stellen konnten. Die Baustelle musste Arbeitnehmende beschäftigen, die täglich in einer Höhe von mehr als zwei Metern gearbeitet haben und zudem einen Fortgeschrittenenkurs für Arbeiten in der Höhe absolviert haben. Die multiplen Studien mit unterschiedlichen Stichproben (verschiedene Hintergründe) und unterschiedlichen Settings (Standorte, Baustellen) ermöglichen es, die externe Validität der Studie zu verbessern [6].

Abbildung 2: Screenshot von einer Fallstudie in LeStra. Quelle: Autoren



Die Stichprobengröße wurde mit der G*Power Software [7] unter Verwendung eines t-Tests für zwei unabhängige Gruppen (experimentell und alternativ) berechnet. Wir betrachteten eine mittlere Cohens d-Effektgröße als 0,5 [8]. Das Konfidenzniveau wurde auf $1 - \alpha = 0,9$ festgelegt, um die Wahrscheinlichkeit, einen Effekt als echt zu akzeptieren, nicht zu verringern, d. h. α kleiner zu machen [9]. Auch das Stärkeniveau bei $1 - \beta = 0,8$ auf 80 % Wahrscheinlichkeit wurde festgelegt, um einen Effekt zu entdecken, wenn er tatsächlich existiert [10]. Infolgedessen streben wir eine Mindeststichprobengröße von 74 Personen jeweils in Kolumbien und Deutschland an.

2.3 Studiendesign

Diese Studie ist ein Quasi-Experiment mit Pretest-Posttest Gruppensdesign (**Abbildung 3**) [11]. Quasi-Experiment heißt, dass die Firmen die teilnehmenden Probanden eigenständig ausgewählt haben, diese aber zum Zeitpunkt des Trainings nach dem Zufallsprinzip den jeweiligen Interventionen (ViStra und LeStra) zugeteilt wurden. Auf jeder Baustelle fanden Treffen mit vier oder fünf Personen statt, um die Einverständniserklärungen zu unterzeichnen. Danach kamen zwei Teilnehmende, um den Pretest (T1) auszufüllen. Dann wurde das Training durchgeführt. Hier konnten wir die zufälligen Zuordnungen vornehmen. Dann wurde der Posttest durchgeführt: in derselben Woche des Trainings (T2) und einen Monat nach dem Training (T3).

2.4 Prozessevaluation

Um die Wirksamkeit beider Trainings zu bewerten, boten *Kirkpatrick* und *Kirkpatrick* [12] vier Ebenen an (**Abbildung 4**). Dieses Bewertungsmodell ermöglicht es, sich auf einen bestimmten Aspekt des Trainings zu konzentrieren, um später zu wissen, wo man verbessern soll. Dazu wurden Fragebögen, die von anderen Autoren erstellt und validiert wurden, für jede Ebene ausgewählt. Nur der Wissenstest wurde spezifisch nach kolumbianischer Gesetzgebung gestaltet und unterschied sich damit von der in Deutschland angewandten Version.

- Reaktionen: Training Evaluations Inventar – TEI (Dimension des Trainingsergebnisses) [13]; sie werden nur nach dem Training evaluiert (T2),
- Lernen – Wissen: Wissenstest (selbst erstellt) und Fragebogen zur Risikowahrnehmung [14]; sie werden kurzfristig evaluiert (T1 vs. T2),
- Lernen – Einstellungen: Fragebogen zum Sicherheitsengagement [15, 16], Fragebogen zur Sicherheitsselbst-

wirksamkeit [17] und Motivationsfragebogen [18]; sie werden kurzfristig evaluiert (T1 vs. T2),

- Verhalten: Fragebogen zum Sicherheitsverhalten [18]; es wird langfristig evaluiert (T1 vs. T3),
- Organisatorische-Ergebnisse: Fragebogen zum Arbeitssicherheitsklima NOSACQ-50 (Dimension den Mitarbeitern:innen in Bezug auf das Management) [19]; es wird langfristig evaluiert (T1 vs. T3).

2.5 Statistische Analyse

Die Trainingseffektivität kann anhand der Effektgröße der Intervention abgeschätzt werden [8]. Dann ist die unabhängige Variable die Intervention mit zwei Methoden (ViStra oder LeStra) zu zwei Zeitpunkten (T1 vs. T2 oder T3). Die Wirksamkeit in Bewertungskriterien sollte ausgedrückt werden, die in die Kirkpatrick-Ebenen unterteilt sind: Reaktionen, Lernen, Verhalten und organisatorische-Ergebnisse [21]. Dann sind die abhängigen Variablen die Ergebnisse der von den Teilnehmenden erstellten Fragebögen. Daher lautet unsere Forschungsfrage: Verbessern die Teilnehmenden ihre Leistung nach dem VR-basierten Training im Vergleich zum vorlesungsbasierten Training?

Dazu ist es notwendig, ein Mehrebenen-Modell bzw. lineares gemischtes Modell (Linear mixed Model, LMM) zu berechnen, weil es in Baustellen verschachtelte Arbeitende (Random-Intercepts auf Gruppenebene) gibt. Um

das Ausmaß der Wirksamkeit zu kennen, muss man die Effektgröße (η^2) der Interventionen auf die Arbeitssicherheitsergebnisse berechnen.

3 Diskussion

Mit den Ergebnissen untersuchen wir, ob virtuelle Umgebungen authentisch genug sind, um das Lernen im Gegensatz zu Unterrichtstechniken zu erleichtern. Das Projekt liefert Informationen über die Wirksamkeit der virtuellen Techniken und wie die Arbeiter auf beide Arten von Schulungen reagieren.

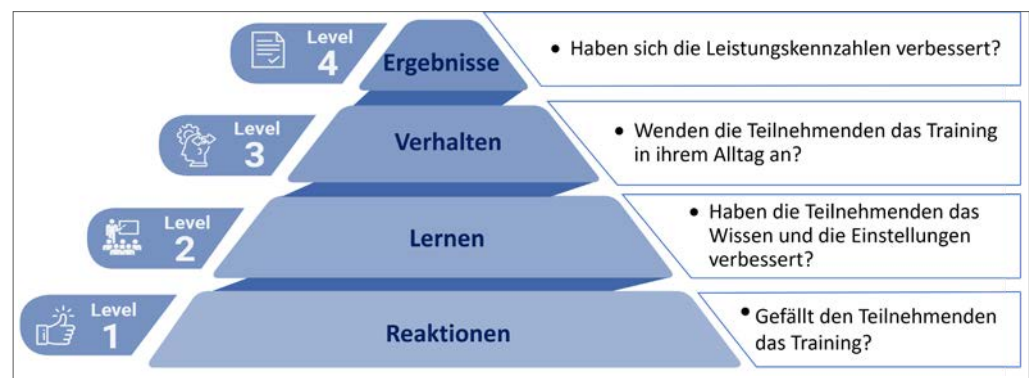
Dieses Projekt ist die uns einzig bekannte Studie, die alle Ebenen von Kirkpatrick bewertet. Die Hauptbeschränkung besteht darin, dass wir für Verhalten und Ergebnisse Selbstberichte anstelle von tragbaren Sensoren bzw. Risikomanagementindikatoren verwenden. Wir empfehlen, technologische Ressourcen zu objektiv evaluiertem Training zu nutzen, z. B. das Erkennen von Verhaltensweisen mithilfe künstlicher Intelligenz. Außerdem ist es eine der wenigen Studien, an der echte Arbeitende und keine Studierenden teilnehmen. Aufgrund der hohen Fluktuation in der Baubranche ist es möglich, dass sich die Stichprobengröße reduziert. Wir planen daher, mehr Unternehmen einzubeziehen.

Es wird erwartet, dass die zukünftige Nutzung der Ergebnisse dieses Projekts zur Verbesserung der Prävention von Absturzunfällen in Höhen beitragen wird. Idealer-

Abbildung 3:
Studiendesign der kolumbianischen Fallstudie.
Quelle: Autoren



Abbildung 4:
Kirkpatrick-Modell modifiziert von Fenix [20]



weise werden die Untersuchungsergebnisse positive Auswirkungen auf KSAs zeigen und somit Empfehlungen für die Gestaltung von VR-Trainings zur Prävention von Absturzunfällen in der Baubranche geben können.

Literatur

- [1] *Colligan, M. J.; Cohen, A.*: The role of training in promoting workplace safety and health. In: The psychology of workplace safety, Washington DC, US: American Psychological Association (2004), pp. 223-248
- [2] *Gao, Y.; Gonzalez, V. A.; Yiu, T. W.*: The effectiveness of traditional tools and computer-aided technologies for health and safety training in the construction sector: A systematic review. *Comput. Educ.*, vol. 138 (2018) no. July, pp. 101-115
- [3] *Rey-Becerra, E.; Barrero, L. H.; Ellegast, R.; Kluge, A.*: The effectiveness of virtual safety training in work at heights: A literature review. *Appl. Ergon.*, vol. 94 (2021) no. February, p. 103419
- [4] *Gao, Y.; González, V. A.; Yiu, T. W.*: Serious Games vs. Traditional Tools in Construction Safety Training: A Review. No. July (2017), pp. 653-660
- [5] *Kinkel, M. A. M.*: Development of a Serious Gaming VR-Training Module for Prevention of Fall Accidents at the Workplace. Universität Trier, 2021
- [6] *Reichardt, C. S.*: Quasi-Experimentation: A Guide to Design and Analysis. New York, Guilford Press 2019
- [7] *Faul, F.; Erdfelder, E.; Lang, A.-G.; Buchner, A.*: G*Power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behavior Res. Methods*, vol. 39 (2007), pp. 175-191
- [8] *Hager, W.*: Wirksamkeits- und Wirksamkeitsunterschiedshypothesen, Evaluationsparadigmen, Vergleichsgruppen und Kontrolle. In: W. Hager, J.-L. Patry, H. Brezing (Eds): *Handbuch Evaluation psychologischer Interventionsmaßnahmen*. Standards und Kriterien. pp. 180-201. Bern: Hans Huber, 2000
- [9] *Field, A.*: *Discovering: Statistics using Spss*. Second Edi. London: Sage Publications, 2009
- [10] *Cohen, J.*: A power primer. *Vol. 112* (1992) no. 1, p. 155
- [11] *Cook, T. D.; Campbell, D. T.*: *Quasi-experimentation: Design & Analysis Issues for Field Settings*. Boston: Houghton Mifflin, 1979
- [12] *Kirkpatrick, J. D.; Kirkpatrick, W. K.*: *Kirkpatrick's Four Levels of Training Evaluation*. Alexandria (VA), United States of America, 2016
- [13] *Ritzmann, S.; Hagemann, V.; Kluge, A.*: The Training Evaluation Inventory (TEI) – Evaluation of Training Design and Measurement of Training Outcomes for Predicting Training Success. *Vocat. Learn.* vol. 7 (2014) no. 1, pp. 41-73
- [14] *Xia, N.; Wang, X.; Griffin, M. A.; Wu, C.; Liu, B.*: Do we see how they perceive risk? An integrated analysis of risk perception and its effect on workplace safety behavior. *Accid. Anal. Prev.* vol. 106 (2017) no. May, pp. 234-242
- [15] *Kim, J.*: Development and Validation of Safety Commitment Scale. Catholic University of Korea, Bucheon, Korea, 2019
- [16] *Park, Y. J.; Lim, U. N.; Park, V.; Shin, J. H.*: Effect of brain and pulse waves on safety consciousness and safety commitment of workers at construction sites. *Sensors*, vol. 21(2021) no. 8
- [17] *Nykänen, M.; Salmela-Aro, K.; Tolvanen, A.; Vuori, J.*: Safety self-efficacy and internal locus of control as mediators of safety motivation – Randomized controlled trial (RCT) study. *Saf. Sci.* vol. 117 (2019) no. April, pp. 330-338
- [18] *Neal, A.; Griffin, M. A.*: A study of the lagged relationships among safety climate, safety motivation, safety behavior, and accidents at the individual and group levels. *J. Appl. Psychol.* vol. 91 (2006) no. 4, pp. 946-953
- [19] *Kines, P. et al.*: Nordic Safety Climate Questionnaire (NOSACQ-50): A new tool for diagnosing occupational safety climate. *Int. J. Ind. Ergon.* vol. 41 (2011) no. 6, pp. 634-646
- [20] *Fenix, B.*: (2018): How to Master Kirkpatrick Model of Training Evaluation. <https://kodosurvey.com/blog/how-master-kirkpatrick-model-training-evaluation>
- [21] *Arthur, W.; Bennett, W.; Edens, P. S.; Bell, T.*: Effectiveness of training in organizations: A meta-analysis of design and evaluation features. *J. Appl. Psychol.* vol. 88 (2003) no. 2, pp. 234-245

Präventive Arbeitsgestaltung

Angaben zum Personengewicht in Normen und Regeln

Katharina von Rymon Lipinski

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

Kurzfassung

Viele Normen nehmen 75 kg als Gewicht für eine erwachsene Person an, um z. B. Prüfmethode oder Anforderungen an Produkte zu formulieren. Dieses Gewicht entspricht aus Arbeitsschutzsicht jedoch nicht den aktuellen Körpermaßdaten. Die Kommission Arbeitsschutz und Normung (KAN) hat von der Fa. DIN Software eine Recherche durchführen lassen, bei der Dokumente (Normen und EU-Dokumente) daraufhin untersucht wurden, ob sie Angaben zum Gewicht von Personen enthalten. In einem KAN-Fachgespräch diskutierten Fachleute die Ergebnisse der Recherche. Mittelfristiges Ziel der KAN ist es, dass individuelle Lösungen für die jeweilige Norm auf der Grundlage aktueller Körpergewichte gefunden werden. Zudem möchte die KAN eine Änderung von europäischen Gesetzesgrundlagen in diesem Bereich anstoßen.

Personengewicht an die Realität anpassen

Es gibt viele Produkte, die Menschen (aus-)halten oder tragen müssen. Das können Liegen, Tragen, Sitze und Stühle, aber auch Skateboards, Schwimmhilfen, Medizinprodukte, Feuerwehrlaternen, Absturzschnur ausrüstung und vieles mehr sein. Die KAN ist in Normen und technischem Regelwerk vermehrt auf Werte für das Personengewicht einer erwachsenen Person von 75 kg gestoßen, was nicht mehr der Realität entspricht.

Problematisch wird es aus Sicht des Arbeitsschutzes, wenn die Konstruktion von Produkten, die dafür gedacht sind, Menschen zu tragen oder zu halten, auf einem zu niedrig angesetzten Gewicht der künftigen Nutzenden beruht. In manchen Fällen ist auch das maximal zulässige Gewicht schlicht nicht ersichtlich. Wenn sich die Normanforderungen oder die vorgesehenen Prüfungen auf 75 kg beziehen, kann die Nutzung für Personen über 75 kg eine Gefährdung darstellen. Ein Beispiel sind Rettungsdienstfahrzeuge: Hier werden z. B. die Verankerungen für die Trage auf das Gewicht der Trage und einen darauf liegenden Dummy von 75 kg geprüft. Wiegt ein Patient deutlich mehr als 75 kg, kann ein zusätzliches Sicherheitsrisiko entstehen, wenn die Verankerung nicht halten sollte. Es ist aus Sicht des Arbeitsschutzes notwendig, solche Produkte für das 1. bis 99. Perzentil zu konstruieren, um die Verwendung für möglichst viele Menschen sicher zu machen.

Perzentile bezeichnen die relative Summenhäufigkeit in einer Gruppe. Sie geben für ein Körpermaß an, wie hoch der prozentuale Anteil der Personen einer Stichprobe ist, die den angegebenen Perzentilwert nicht überschreiten. Wird z. B. der Wert des 99. Perzentils des Körpergewichts von Männern mit 129,1 kg angegeben, bedeutet das, dass 99 % der untersuchten Teilnehmer 129,1 kg oder weniger wiegen, 1 % hingegen ein höheres Körpergewicht haben.

Aktuelle Körpermaßdaten

Die DEGS-Studie Studie zur Gesundheit Erwachsener in Deutschland (www.degs-studie.de) hat 2012 zum Körpergewicht Folgendes ergeben: Das 99. Perzentil entspricht bei Männern einem Körpergewicht von 129,1 kg und bei Frauen 119,1 kg. Die Norm ISO 7250-3 „Wesentliche Maße des menschlichen Körpers für die technische Gestaltung – Teil 3: Weltweite und regionale Gestaltungsmaße für ISO-Produktnormen“ gibt für Europa als 99. Perzentil 142 kg für Männer und 119 kg für Frauen an. Es deutet also vieles darauf hin, dass statt der 75 kg ein weit höherer Wert anzusetzen ist, wenn man ein Produkt für möglichst viele Menschen sicher gestalten will.

Stellungnahme der BAuA

Die Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) hat in einer Stellungnahme für die KAN ausgeführt, dass sich die Definition von Nutzergewichten in der Normung an den ergonomischen Grundlagentexten (DIN EN ISO 6385 „Grundsätze der Ergonomie für die Gestaltung von Arbeitssystemen“ und DIN EN ISO 26800 „Ergonomie – Genereller Ansatz, Prinzipien und Konzepte“) orientieren sollte. Nach deren Gestaltungsgrundsätzen sollten für die ergonomische Gestaltung das 5. bis 95. Perzentil und für sicherheitstechnische Anwendungen das 1. bis 99. Perzentil zu Grunde gelegt werden. Außerdem ist es sinnvoll, Produkte so zu planen, dass sie von möglichst vielen Menschen verwendet werden können.

Recherche in Normen und anderen Dokumenten

Da die Werte in Normen und anderen Dokumenten häufig sicherheitsrelevant sind, z. B. bei Prüfungen für die Sicherheit von Sitzen, müssen sie aus Sicht des Arbeitsschutzes an aktuelle anthropometrische Daten angepasst werden.

In einem ersten Schritt hat die KAN-Geschäftsstelle 2019 die Fa. DIN Software mit einer Recherche zum Thema

Gewichtsangaben zu Personen in Normen und der europäischen Gesetzgebung beauftragt. Dabei wurde in den Volltexten der Dokumente nach Begriffen für Personen oder auch Prüfkörper, die für Personen stehen, im Zusammenhang mit einer Gewichtsangabe gesucht.

Die Auswertung hat gezeigt, dass in den durchsuchten Dokumenten 75 kg für eine Person der am häufigsten genannte Wert ist. In rund 100 Dokumenten werden 75 kg, in über 50 Dokumenten sogar unter 75 kg, teils unter 60 kg als Gewicht für eine Person angenommen. Es

gibt allerdings auch Dokumente, die weit höhere Werte ansetzen – insgesamt reicht die Spannweite von 50 bis 360 kg für eine Person (**Abbildung 1**). Thematische Schwerpunkte, in denen Gewichtsangaben für Personen besonders häufig vorkommen, sind die Bereiche Maschinenbau und Sport sowie europäische Richtlinien, Verordnungen und ECE-Regelungen (**Abbildung 2**).

Dabei wird in manchen Dokumenten zwischen leichten, schweren und sehr schweren Personen unterschieden. Ein Grund für die Angabe eines leichten Gewichtes ist

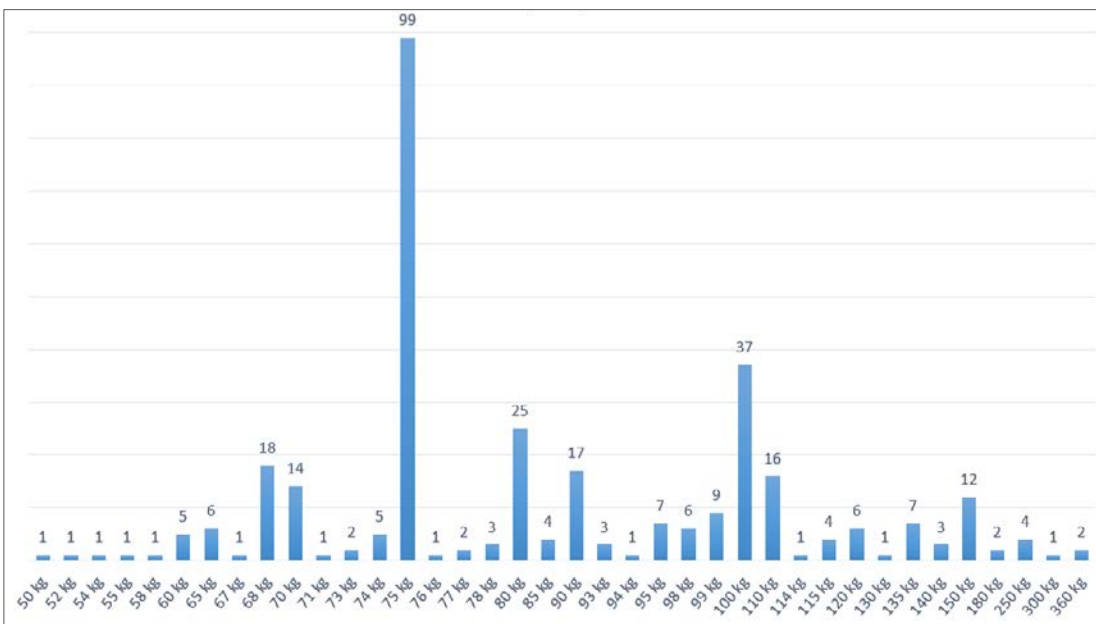


Abbildung 1: Verteilung der Gewichtsangaben in Normen/EU-Dokumenten (2019). Quelle: KAN

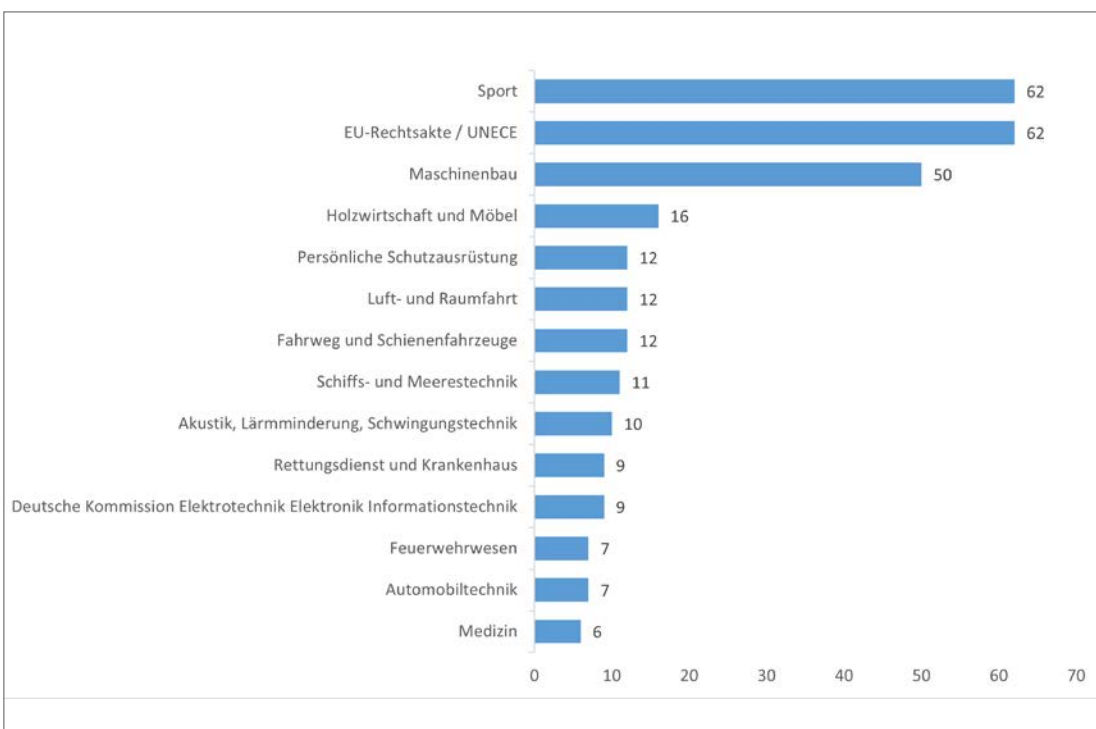


Abbildung 2: Anzahl der Normen/EU-Dokumente mit Angaben zum Körpergewicht (2019). Quelle: KAN

in DIN EN 13856-1 „Sicherheit von Maschinen – Druckempfindliche Schutzeinrichtungen – Teil 1: Allgemeine Leitsätze für die Gestaltung und Prüfung von Schaltmatten und Schaltplatten“ zu finden, wo es um die Auslösewerte von Schaltmatten geht. Hier ist entscheidend, dass auch Personen mit einem geringeren Gewicht den Schaltprozess auslösen können.

Einfach einen anderen Wert in die Normen zu schreiben, ist jedoch nicht ohne weiteres möglich. So gibt es auch Anwendungsfälle, bei denen nicht der höchste anzunehmende Wert relevant ist. Dazu gehören z. B. Fälle, in denen es eine Auslöseschwelle auch für niedrige Gewichte geben muss, wie bei einer Sitzfederung oder einem Drucksensor, der beim Betreten eine Maschine abschaltet.

KAN-Fachgespräch

Die Ergebnisse der Recherche hat die KAN im November 2021 in einem virtuellen Fachgespräch vorgestellt, an dem über 30 Fachleute der Unfallversicherungsträger, aus der Forschung, von Sozialpartnern und relevanten DIN-Normenausschüssen beteiligt waren.

In der Diskussion zeigte sich, dass es aus Sicht der Fachleute keine pauschale Lösung gibt. Die in den Normen angegebenen 75 kg flächendeckend durch einen höheren Wert zu ersetzen, führe nicht immer zwingend zu mehr Sicherheit. Bei Stoßdämpfern beispielsweise führe ein Heraufsetzen des Wertes in der Norm zum Herabsetzen der Sicherheit, da die Funktion dann bei einem geringen Personengewicht nicht mehr sichergestellt sei. Bei Produkten, die dafür gedacht sind, Menschen zu tragen oder zu halten, sei der Wert aber auf jeden Fall sicherheitsrelevant und müsse überprüft und ggf. angepasst werden.

Einige Normenausschüsse verwendeten Werte, die zum Teil aus anderen Normen, aber auch aus EU-Rechtsakten stammen, sodass diese erst in übergeordneten Dokumenten geändert werden müssten: Insbesondere viele EU-Regelungen im Bereich der Kraftfahrzeuge legen ein Personengewicht von 68 kg + 7 kg Gepäck zugrunde.

Auch in Normen beschriebene Testverfahren, mit denen das Gewicht von Anwendern simuliert wird, müssten

unter die Lupe genommen werden. Sie bildeten nach Ansicht der Experten des KAN-Fachgesprächs nicht immer die Realität ab und das in einer Norm festgeschriebene Gewicht für z. B. einen Prüfkörper sei nicht das eigentliche Problem. Außerdem seien gegebenenfalls auch Zuschläge für Kleidung oder Ausrüstung bei einer Gewichtsangabe zu berücksichtigen.

Festgestellt wurde, dass die Normenausschüsse ihre Thematik am besten kennen und eine Einzelfallprüfung notwendig sei. Die KAN sollte hierzu die Ergebnisse der Recherche den Normungsgremien zur Verfügung stellen.

Aktualisierung der Recherche

2022 hat die KAN die Fa. DIN Software erneut beauftragt, um die bisherigen Ergebnisse auf den neuesten Stand zu bringen. Dabei wurde erfasst, wenn Dokumente seit der ersten Auswertung zurückgezogen wurden, überarbeitet wurden oder auch ganz neu erschienen sind. Bei den überarbeiteten Dokumenten wurde zudem angegeben, ob und wie die Werte zum Personengewicht geändert wurden.

Anschließend verteilte die KAN diese Ergebnisse an die betroffenen Normenausschüsse mit der Bitte um Prüfung und ggf. Anpassung der Normen. Die Normenausschüsse wurden ebenfalls um eine Rückmeldung gebeten, wie sie mit den Ergebnissen der Recherche umgegangen sind. Die bisher eingegangenen Rückmeldungen aus den Normenausschüssen zeigen drei Tendenzen. Eine Änderung der Norm(en) wird:

- nicht als notwendig angesehen, da bereits deutlich höhere Personengewichte als 75 kg verwendet werden,
- noch geprüft oder
- nur möglich sein, wenn die (europäische) Gesetzesgrundlage geändert wird, die einen Wert z.B. von 75 oder 77 kg fordert.

Die KAN strebt deshalb mittelfristig eine Änderung dieser europäischen Gesetzesgrundlagen an und wird weiter für die Thematik sensibilisieren.

Körperhaltungs- und Vibrationsbelastungen während des Bedienens eines Schlagschraubers bei unterschiedlichen Arbeitsrichtungen

Nastaran Raffler, Thomas Wilzopolski

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

Kurzfassung

Überkopfarbeiten und ungünstige Hand-Arm-Haltungen können zu Muskel-Skelett-Belastungen führen. Eine zusätzliche Exposition beim Arbeiten mit einem vibrierenden Gerät kann zur Erhöhung der Gesundheitsschäden beitragen. Um die Kombination der ungünstigen Hand-Arm-Haltung und Vibrationsexposition zu untersuchen, hat das Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA) die Wechselwirkung zwischen den Expositionen und der Beanspruchung des Körpers anhand von Elektromyographie und Fragebögen analysiert. Hierbei wurden elf Testpersonen während der Bedienung eines elektrischen Schlagschraubers in drei Arbeitsrichtungen – nach oben, nach vorne und nach unten – untersucht. Obwohl bei allen Arbeitsrichtungen ähnliche Schwingungsgesamtwerte gemessen wurden ($a_{hv} = 4,8 \text{ m/s}^2$ nach oben, $a_{hv} = 4,4 \text{ m/s}^2$ nach vorne, $a_{hv} = 4,7 \text{ m/s}^2$ nach unten), zeigten sich bei der Körperhaltung und Muskelaktivität deutliche Unterschiede in den Arbeitsrichtungen. Im Vergleich zum Arbeiten nach vorne wurden beim Arbeiten nach unten/oben hohe Zeitanteile an ungünstiger Oberarm-Flexion und Handgelenk-Radialduktion beobachtet. Ebenso wurden deutlich höhere Muskelaktivitäten während der Tätigkeiten nach oben und unten (im Unter-Arm-Bereich) im Vergleich zur Tätigkeit nach vorne gemessen. Dies wurde durch die subjektive Einschätzung der Anstrengung von den Testpersonen, besonders für das Arbeiten nach oben, bestätigt. Die Ergebnisse verdeutlichen die Notwendigkeit, die Körperhaltung bei der Auswertung von Einwirkungen der Vibrationsexpositionen zu berücksichtigen. Sie spielt sowohl für die Prävention als auch für die retrospektiven Untersuchungen bezüglich der Berufskrankheiten eine große Rolle.

1 Einleitung

Langzeitige Expositionen durch Hand-Arm-Vibrationen (HAV) können zu chronischen Beschwerden oder Erkrankungen des Hand-Arm-Systems führen. In Deutschland werden jährlich etwa 1 600 Berufskrankheiten (BK) im Zusammenhang mit HAV gemeldet; ca. 350 sind anerkannte BK [1]. Beim Arbeiten mit vibrierenden Geräten sind die Bedienenden gezwungen, ungünstige Körperhaltungen wie Arbeiten über Kopf oder nach vorne gebeugt einzunehmen. Zur Bewertung der Arbeits-

belastung für die BK im Hand-Arm Bereich (BK-Nr. 2103, BK-Nr. 2104) wird jedoch nur die Größe der HAV-Exposition nach ISO 5349-1 [2] berücksichtigt. In neueren Studien gibt es viele wissenschaftliche Beweise, die die Bedeutung der Untersuchung von Begleitfaktoren wie der Körperhaltung betonen. Während *Taylor et al.* [3] signifikant geringere Vibrationsstärken für horizontales Arbeiten im Vergleich zu vertikalen Richtungen zeigten, konnten andere Studien nachweisen, dass durch unterschiedliche Körperhaltungen und daraus resultierende Vorschub- und Greifkräfte die Beschleunigung des Hauptgriffs beeinflusst werden konnte [4].

Darüber hinaus stellten mehrere Autoren fest, dass während einer HAV-Exposition die ungünstige Haltung von Handgelenk und Ellbogen im Vergleich zu einer neutralen Haltung zu einer höheren Kraftaufnahme in das Hand-Arm-System führt [5, 6]. Folglich kann die gesundheitsschädliche Wirkung von HAV beim Einnehmen einer ungünstigen Haltung unterschätzt werden. Inwieweit eine ungünstige Hand-Arm-Haltung die Auswirkung von Vibrationen auf das Hand-Arm-System beeinflussen kann, ist noch nicht genau untersucht. Deshalb war es Ziel des Projektes, die Auswirkung der kombinierten Belastungen anhand von elektromyographischen Untersuchungen und der subjektiven Wahrnehmung der Probanden in drei verschiedenen Arbeitsrichtungen darzustellen.

2 Methode

Für dieses Projekt wurden elf freiwillige Testpersonen (Rechtshänder, vier weiblich und sieben männlich, 36 ± 11 Jahre alt, 178 ± 8 cm groß; 76 ± 15 kg schwer) rekrutiert. Alle Testpersonen waren gesund und hatten keine Muskel-Skelett-Beschwerden in den letzten zwölf Monaten.

Um den Einfluss der Körperhaltungen zu untersuchen, wurden für die drei Arbeitsrichtungen (nach oben, unten und vorne) positionierbare Prüfkörper aufgebaut (**Abbildung 1**). Als Prüfkörper wurden Eichenholzblöcke ($800 \times 300 \times 100$ mm) ausgewählt, die vor jedem Versuch mit zwölf Vorbohrungen vorbereitet wurden.

Mit dem Schlagschrauber (Bosch Professional GDx 18V-Li) wurden dann Schraubtätigkeiten mit 100 mm langen Holzschrauben durchgeführt, um möglichst lange Arbeitsgänge zu erzielen. Die Reihenfolge der Arbeitsrichtungen

Abbildung 1: Testperson mit Tätigkeiten in drei Arbeitsrichtungen (links); Schlagschrauber mit einem adjustierten Beschleunigungssensor (rechts). Quelle: Autoren



wurde permutiert, sodass sich sechs unterschiedliche Arbeitsfolgen ergaben. Zwischen den Tätigkeiten für jede Arbeitsrichtung wurde eine zehnminütige Pause durchgeführt.

2.1 Hand-Arm-Vibration

Die Vibrationsexposition wurde über einen Zeitraum von zwölf Schraubvorgängen gemessen. Ein dreiaxiger Beschleunigungsaufnehmer wurde gemäß ISO 28927-5 [7] auf dem Schlagschrauber geklebt (Abbildung 1). Die Montage des Beschleunigungssensors und die Anwendung der erforderlichen Frequenzbewertungen wurden gemäß ISO 5349-1 [2] und ISO 5349-2 [8] durchgeführt. Die Expositionswerte wurden als Effektivwerte der frequenzbewerteten Beschleunigungen für jede Achse (a_{hwx} , a_{hwy} , a_{hwz}) und als Schwingungsgesamtwert a_{hv} (quadratischer Mittelwert) dargestellt:

$$a_{hv} = \sqrt{a_{hwx}^2 + a_{hwy}^2 + a_{hwz}^2}$$

Tabelle 1: Einteilung der Winkelbereiche in drei Kategorien: neutral, moderat und ungünstig

Kategorie	Körperwinkel			
	Kopfneigung (sagittal)	Oberarmneigung (sagittal)	Handgelenk-Flexion	Handgelenk-Radialduktion
neutral	0 bis 25°	0 bis 20°	-25 bis 20°	-10 bis 10°
moderat	25 bis 85°	20 bis 60°	-25 bis 50° oder 20 bis 45°	-10 bis -25° oder 10 bis 15°
ungünstig	< 0 oder > 85°	< 0 oder > 60°	< -50 oder > 45°	< -25 oder > 15°

Für die Auswertung wurden nur die Schraubvorgänge ohne Pause herangezogen, die unterbrochenen Schraubvorgänge wurden nicht berücksichtigt.

2.2 Körperhaltungen

Für die Messung der Körperhaltung wurde das Messsystem Xsens Awinda (18 Inertial-Messsensoren, kabellos) mit einer Abtastrate von 60 Hz verwendet. Die Körperwinkel Daten, ermittelt durch die MVN 2022.0 Analysesoftware der Fa. Xsens, wurden anschließend in die vom IFA entwickelte Analysesoftware WIDAAN [9] importiert und ausgewertet. Für die Bewertung der Körperwinkel (Tabelle 1) werden in Anlehnung an die Normen DIN EN 1005-4:2005 [10] und ISO 11226:2000 [11] drei Winkelbereiche definiert: neutral (grün), moderat (gelb) und ungünstig (rot). Wie oft ein Winkel in diesem Winkelbereich vorgekommen ist, wird als prozentualer Anteil der Messdauer angegeben.

Abbildung 2:
Borg-Skala für die Einschätzung der Anstrengung während der Tätigkeiten. Quelle: [12]

0	0.3	0.5	0.7	1	1.5	2	2.5	3	4	5	6	7	8	9	10
Absolut nichts		Extrem schwach		Sehr schwach		Schwach		Mittel-mäßig		Stark		Sehr stark			Extrem stark

2.3 Elektromyographie

Zur Analyse der elektrischen Muskelaktivität wurde das kabellose Oberflächenelektromyographie (EMG)-Messsystem Cometa Wave Plus verwendet. Auf der rechten Seite des Hand-Arm-Systems wurden dafür vier Sensoren platziert. Alle EMG-Signale wurden mit einer Frequenz von 2 000 Hz abgetastet. Die elektrische Muskelaktivität wird schließlich als ein Prozentwert (MVCP, maximum voluntary contraction) auf Basis der maximalen freiwilligen Kontraktion (MVC-Werte) der einzelnen Muskeln berechnet. Folgende Muskel wurden untersucht: Musculus (M.) trapezius descendens, M. biceps brachii, M. flexor carpi ulnaris und M. extensor digitorum.

2.4 Subjektives Empfinden der Testpersonen

Zur Ermittlung und Bewertung der empfundenen Anstrengung für die einzelnen Testabschnitte wurde die modifizierte Borg-CR10-Skala verwendet [12]. In **Abbildung 2** ist die Einstufung der Wahrnehmung von 0 für „absolut nichts“ bis 10 für „extrem stark“ dargestellt.

3 Ergebnisse

Durchschnittlich wurden für eine Schraube in die Vorwärtsrichtung 6,3 Sekunden, für die Richtung nach oben und unten 6,0 bzw. 5,8 Sekunden benötigt.

Hand-Arm-Vibrationen

Die Effektivwerte der frequenzbewerteten Beschleunigungen für jede Achse und der Schwingungsgesamtwerte sind in **Tabelle 2** für die drei verschiedenen Arbeitsrichtungen angegeben. Die Schwingungsgesamtwerte nach oben ($4,8 \text{ m/s}^2$) und nach unten ($4,7 \text{ m/s}^2$) sind vergleich-

bar. Für die Arbeitsrichtung vorwärts wurde ein Gesamtvibrationswert von $4,4 \text{ m/s}^2$ gemessen.

Die ausgewerteten Körperwinkel während der Schraubvorgänge sind in der **Abbildung 3** als Boxplot (5., 25., 50., 75. und 95. Perzentil) dargestellt.

Während die sagittale Kopfneigung (**Abbildung 3**, links oben) beim Arbeiten nach oben komplett im ungünstigen Bereich lag, war sie beim Arbeiten nach vorne und unten im moderaten Bereich.

Beim Arbeiten nach oben war die sagittale Oberarmneigung (**Abbildung 3**, oben rechts) ausschließlich im ungünstigen Bereich. Beim Arbeiten in Vorwärtsrichtung konnte die Arbeit vollständig im neutralen Bereich und in Abwärtsrichtung vollständig im moderaten Bereich durchgeführt werden.

Bezüglich der Handgelenk-Flexion (**Abbildung 3**, unten links) zeigten die Arbeitsrichtungen nach oben und nach vorne sehr ähnliche Ergebnisse und lagen beide im moderaten Bereich. Die Arbeit nach unten war ganz im neutralen Bereich.

Bei der Radialduktion des Handgelenks (**Abbildung 3**, unten rechts) lagen die Daten in einem neutralen bis moderaten Bereich, wenn nach oben und vorne gearbeitet wurde. Beim Arbeiten nach unten unterschieden sich die Daten für die Radialduktion jedoch sehr von denen der anderen Arbeitsrichtungen. In dieser Richtung lag die Radialduktion ganz in der mittleren Risikokategorie, wobei sich die Richtung der Radialduktion vollständig in die Ulnarduktion änderte (nach außen, negative Werte).

Tabelle 2:
Vibrationsexposition eines Schlagschraubers

Richtung	Dauer eines Schraubvorgangs in Sekunden	Vibrationsexposition Mittelwert \pm SD in m/s^2			
		a_{hwx}	a_{hwy}	a_{hwz}	a_{hv}
Nach oben	$6,0 \pm 1,3$	$2,6 \pm 0,3$	$2,4 \pm 0,3$	$3,0 \pm 0,4$	$4,8 \pm 0,6$
Nach vorne	$6,3 \pm 1,0$	$2,4 \pm 0,3$	$2,3 \pm 0,3$	$2,7 \pm 0,3$	$4,4 \pm 0,4$
Nach unten	$5,8 \pm 0,5$	$2,5 \pm 0,3$	$2,5 \pm 0,3$	$2,9 \pm 0,3$	$4,7 \pm 0,5$

In **Abbildung 4** sind die MVCP-Werte für die EMG-Daten für alle Messungen nach Muskeln und Arbeitsrichtungen gruppiert.

Beim M. trapezius descendens (Abbildung 4, oben links) war die Muskelaktivität bei der Arbeit nach oben mit einem MVCP-Medianwert von fast 52 % am höchsten. Bei der Arbeit nach vorne ist die Muskelaktivität mit einem Medianwert von 8 bis 6 % deutlich geringer als bei der Arbeit nach oben.

Für den Bizeps brachii (Abbildung 4, oben rechts) zeigt die Abbildung, dass der größte Medianwert für die Muskelaktivität bei der Arbeit nach oben beobachtet

wurde (49 %), gefolgt von der Arbeit nach vorne (28 % und nach unten (5 %).

Für den Flexor carpi ulnaris (Abbildung 4, unten links) wurde die höchste Muskelaktivität bei der Arbeit nach oben (50 %) beobachtet, gefolgt von der Abwärtsrichtung (41 %) und der Vorwärtsrichtung (26 %).

Im Gegensatz zum Flexor carpi ulnaris war beim Extensor digitorum (Abbildung 4, unten rechts) die höchste Muskelaktivität in Arbeitsrichtung nach unten (74 %). Die geringste Muskelaktivität wurde in Vorwärtsrichtung gemessen (42 %). Bei der Arbeit nach oben war die Muskelaktivität mit 61 % etwas höher als in Vorwärtsrichtung.

Abbildung 3: Körperhaltungsbelastung für drei Arbeitsrichtungen (nach oben, vorne und unten). Quelle: Autoren

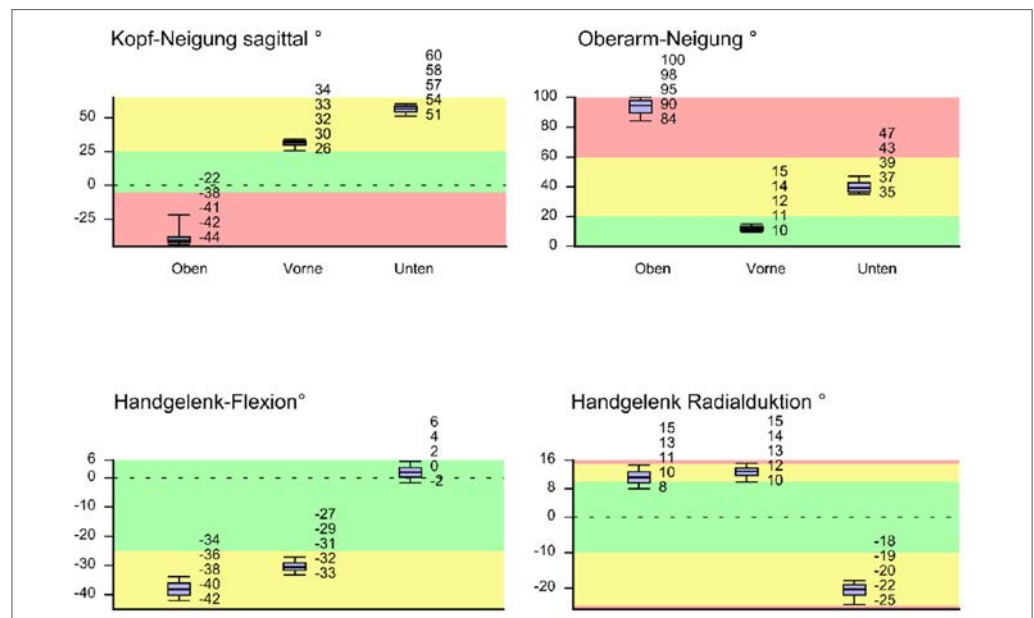


Abbildung 4: Elektrische Muskelaktivität als Prozentuale Angabe zur Maximalbelastung (MVCP) bei drei Arbeitsrichtungen (nach oben, vorne und unten) für vier Muskeln. Quelle: Autoren

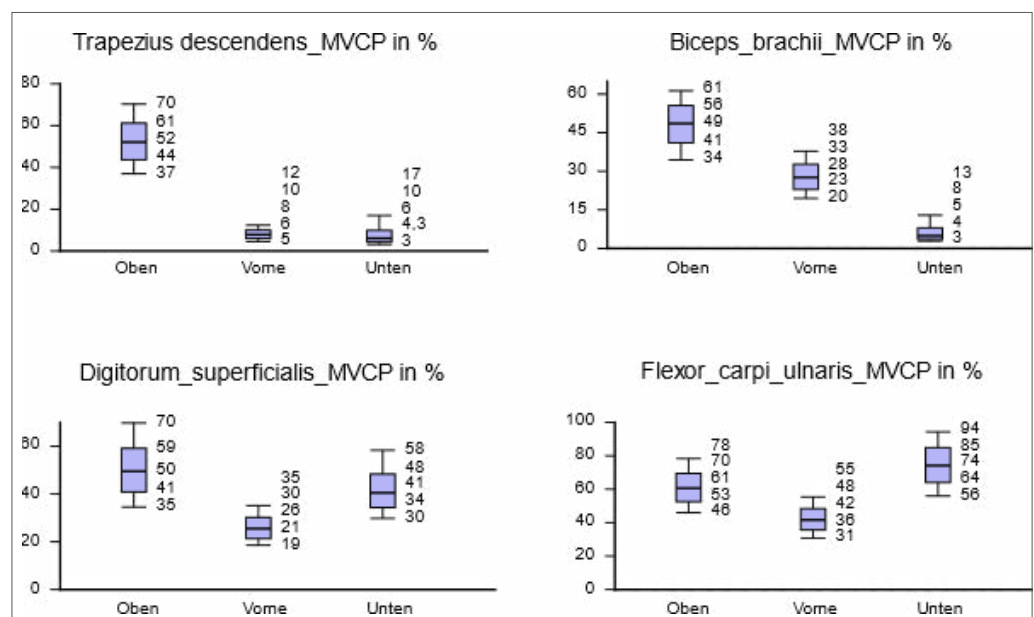


Abbildung 5 zeigt die Ergebnisse der Bewertungen der Probanden über die empfundene Anstrengung/Belastung als Maximum, Minimum und Median nach der Borg-Skala-Umfrage.

Während die Probanden die Belastung der kombinierten Belastungen beim Arbeiten nach oben (Median 8) als „sehr stark“ bewerteten, wurden die kombinierten Belastungen in Vorwärts- (Median 4) und Abwärtsrichtung (Median 3) als mittel bewertet.

4 Diskussion

Bei einer durchschnittlichen Dauer von 5,8 bis 6,3 Sekunden gab es keinen signifikanten Unterschied zwischen den Vibrationsrichtungen (x, y und z).

Die Gesamtvibrationswerte des Schlagschraubers (4,4 bis 4,8 m/s^2) liegen knapp unter dem von der Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung angegebenen Grenzwert von 5 m/s^2 [13].

Im Gegensatz zur Studie von *Taylor et al.* [3], in der sich die Vibrationswerte für die verschiedenen Arbeitsrichtungen signifikant unterschieden, wurde in diesem Versuch kein Unterschied zwischen den Arbeitsrichtungen festgestellt. Dies könnte an der Art des Gerätes liegen. In diesem Experiment wurde ein Schlagschrauber mit Drehantrieb mit Schlagwerk verwendet, während in der Studie von *Taylor et al.* [3] eine Bohrmaschine nur mit Drehantrieb zum Einsatz kam. Dies sollte in zukünftigen Studien genauer untersucht werden.

Für die Körperhaltungsdaten gibt es im Allgemeinen eine sehr geringe Datenverteilung innerhalb des Datenpools. Dies zeigt, dass die Anpassung des Testaufbaus an die Körpergröße der Probanden gut gelungen ist und somit zusätzliche Einflüsse vermieden wurden. Bei der

Betrachtung der Risikokategorien fällt auf, dass die Testpersonen insbesondere beim Arbeiten nach oben häufig eine ungünstige Körperhaltung einnahmen. Die beobachteten Körperwinkel zeigen, dass sich die Arbeitsrichtung nach oben besonders auf die Kopfneigung durch die Streckung des Nackens infolge des Blickes nach oben und auf die Schultern durch die starke Schulterflexion auswirkt.

Bei der Betrachtung der Handgelenksbeugung zeigen die Ergebnisse, dass die Beugewinkel beim Arbeiten nach vorne und nach oben ähnlich sind und im mittleren (gelben) Bewegungsbereich liegen. Diese Handhaltung wird automatisch beim Ergreifen des Handgriffs der Werkzeugmaschine eingenommen. Beim Eindrehen des Werkzeugs führt dies zu einer Streckung des Unterarms in Richtung Handrücken. Beim Arbeiten nach unten wird die Flexion des Handgelenks verbessert, während eine starke Ulnardeviation zu sehen ist, da das Handgelenk für die Schraubbewegung nach unten stark abgewinkelt sein muss. Diese Ergebnisse stimmen mit denen der Studien von *Besa et al.* [5] überein, indem sie auch den Einfluss der Hand-Arm-Haltung auf die Energieübertragung auf das Hand-Arm-System untersucht haben.

Bezogen auf die MVCP-Werte zeigte beim *M. trapezius descendens* die Arbeitsrichtung nach oben die mit Abstand höchste Muskelaktivierung. Dies liegt daran, dass der *M. trapezius descendens* beim Anheben der Arme eine sehr wichtige Rolle spielt, da er das Gewicht des Arms und der Maschine ausgleichen und einen Teil der Vorschubkraft aufbringen muss. Beim Arbeiten in Vorwärts- und Abwärtsrichtung ist die Muskelaktivität im *M. trapezius descendens* sehr gering, da insbesondere bei letzterem kein Anheben der Arme erforderlich ist. Betrachtet man zusätzlich zu den EMG-Daten für diesen Muskel auch die Daten zur Oberarmneigung, so zeigt sich ein ähnliches Muster. Daher ist in Verbindung mit der

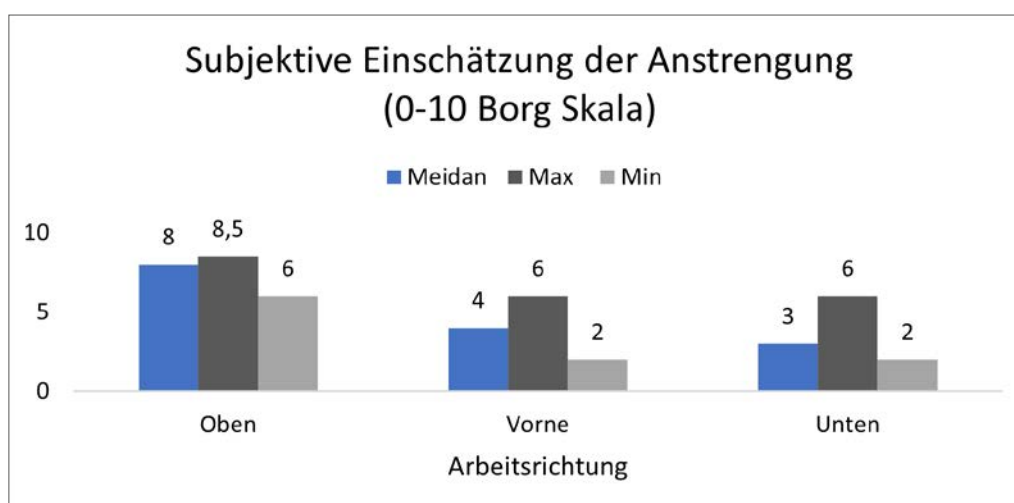


Abbildung 5: Subjektives Belastungsempfinden der Testpersonen in den Arbeitsrichtungen. Quelle: Autoren

Körperhaltung insbesondere beim Arbeiten nach oben mit einer hohen Arbeitsbelastung zu rechnen.

Für den Bizeps Brachii zeigen die Ergebnisse, dass die Arbeit nach oben die höchste Muskelaktivität erfordert und dass die Muskelaktivität bei Arbeiten nach vorne und unten abnimmt. Daher ist davon auszugehen, dass insbesondere bei der Arbeit nach oben die höchste Muskelkraft vom Bizeps aufgebracht wird. Die Muskelaktivität in diesem Muskel ist bei der Arbeit nach unten am geringsten, was einer geringeren Muskelkraft entspricht.

Sowohl der Extensor digitorum als auch der Flexor carpi ulnaris zeigen eine geringere Aktivierung in Vorwärtsrichtung im Vergleich zur Arbeit nach oben und unten. Dieses Muster wurde auch bei der Oberarmneigung beobachtet. Beim Flexor carpi ulnaris zeigte sich die höchste Muskelaktivierung in der nach unten gerichteten Arbeitsrichtung. Dies könnte durch die hohe Radialduktion verursacht worden sein. Ähnliche Verhaltensmuster wurden von Besa et al. [5] beobachtet, in dem die erhaltenen Resonanzfrequenzen für extreme Handgelenkspositionen höher sind als für die neutrale Position. Aufgrund fehlender Griffkraftmessungen ist es nicht möglich, diese Kräfte in Bezug auf EMG-Daten und Handgelenkshaltungen zu interpretieren. Dies sollte in zukünftigen Studien berücksichtigt werden.

Im Gegensatz zu den Vibrationsdaten zeigten die subjektiven Angaben der Testpersonen zur Höhe der Gesamtanstrengungen in drei Arbeitsrichtungen eine hohe Varianz. Während die empfundene Vibrationsbelastung für die Arbeitsrichtung nach vorne und unten als mittel eingestuft wurde, waren die Belastungen für die Testpersonen bei der Arbeit nach oben sehr stark. Diese Ergebnisse stimmen sehr gut mit den gemessenen Auswirkungen von Körperhaltung und Muskelaktivität überein.

5 Zusammenfassung

Haltungs- und Muskelaktivitätsuntersuchungen von elf Testpersonen wurden für drei Arbeitsrichtungen analysiert: nach oben, nach vorne und nach unten. Obwohl die Vibrationsbelastung in drei Richtungen ($4,8 \text{ m/s}^2$ nach oben, $4,4 \text{ m/s}^2$ nach vorne und $4,7 \text{ m/s}^2$ nach unten) keinen Größenunterschied aufwies, unterschieden sich EMG und Körperhaltungsverhalten der Testpersonen sehr deutlich. Die EMG-Analyse und Körperhaltungsmessungen zeigten eine viel höhere Belastung für die Arbeit nach oben im Vergleich zur Vorwärtsrichtung. Zusätzlich zeigten die EMG-Ergebnisse für das Arbeiten nach unten auch eine hohe Muskelaktivierung aufgrund der ungünstigen Handgelenkshaltung. Dies unterstreicht die Bedeutung

der Berücksichtigung der Handgelenkshaltung für Hand-Arm-Vibrationsuntersuchungen. Die subjektive Wahrnehmung der Testpersonen bestätigt ebenfalls, dass die Arbeitsbelastung nach oben extrem hoch ist. Dies ist ein sehr wichtiger Aspekt für die Prävention und retrospektive Analyse von Berufskrankheiten, um die tatsächliche Belastung durch vibrierende Werkzeuge zu bewerten und kompensieren. Weitere Untersuchungen sind auch erforderlich, um den Einfluss der Greifkraft zu verstehen und vorbeugende Maßnahmen zur Verringerung der Arbeitsbelastung durch Hand-Arm-Vibrationsbelastungen bereitzustellen.

6 Literatur

- [1] DGUV Statistiken für die Praxis 2019. Hrsg.: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung, Berlin, 2019. <https://publikationen.dguv.de>, Webcode: p021547
- [2] ISO 5349-1: Mechanical vibration – Measurement and evaluation of human exposure to hand-transmitted vibration – Part 1: General requirements. Beuth, Berlin 2001
- [3] Taylor, M.; Maeda, S.; Miyashita, K.: An Investigation of the Effects of Drill Operator Posture on Vibration Exposure and Temporary Threshold Shift of Vibrotactile Perception Threshold. *Vibration*. 4. (2021) No. 2., p. 395-405.
- [4] Lindenmann, A.; Uhl, M.; Gwosch, T.; Matthiesen, S.: The influence of human interaction on the vibration of hand-held human-machine systems – The effect of body posture. Feed force. And gripping forces on the vibration of hammer drills. *Applied Ergonomics* 95 (2021).
- [5] Besa, A. J.; Valero, F. J.; Suner, J. L.; Carballeira, J.: Characterisation of the mechanical impedance of the human hand-arm system: The influence of vibration direction, hand-arm posture and muscle tension. *Int. J. Ind. Ergon.* 37 (2007), p. 225-231
- [6] Aldien, Y.; Marcotte, P.; Rakheja, S.; Boileau, P.-E.: Influence of hand-arm posture on biodynamic response of the human hand-arm exposed to zh-axis vibration. *Int. J. Ind. Ergon.* 36 (2006), p. 45-59
- [7] ISO 28927-5: Hand-held portable power tools – Test methods for evaluation of vibration emission – Part 5: Drills and impact drills. Berlin, Beuth 2009

- [8] SO 5349-2: Mechanical vibration – Measurement and evaluation of human exposure to hand-transmitted vibration – Part 2: Practical guidance for measurement at the workplace. Berlin, Beuth 2001
- [9] *Hermanns, I.; Raffler, N.; Ellegast, R.; Fischer, S.; Goeres, B.*: Simultaneous Field Measuring Method of Vibration and Body Posture for Assessment of Seated Occupational Driving Tasks. *Int. J. Ind. Ergon.* 38 (2008) No. 3-4, p. 255-263.
- [10] DIN EN 1005-4: Safety of Machinery – Human Physical Performance – Part 4: Evaluation of Working Postures and Movements in Relation to Machinery. Berlin, Beuth 2009
- [11] ISO 11226: Ergonomics – Evaluation of Static Working Postures. Berlin, Beuth 2000
- [12] *Borg, G.*: Borg's Perceived Exertion and Pain Scales. Champaign (USA), Human Kinetics 1998
- [13] Verordnung zum Schutz der Beschäftigten vor Gefährdungen durch Lärm und Vibrationen (Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung – LärmVibrationsArbSchV), § 9 Expositionsgrenzwerte und Auslösewerte für Vibrationen vom 6. März 2007. BGBl. I (2007), S. 261; zul. geänd. BGBl. I (2021), S. 3115

Sicherheits- und Gesundheitskompetenz

Tobias Belz¹, Christina Heitmann², Hanna Zieschang²

¹ Verwaltungs-Berufsgenossenschaft (VBG), Hamburg

² Institut für Arbeit und Gesundheit der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IAG), Dresden

Sicherheits- und Gesundheitskompetenz im beruflichen Alltag

Vermutlich kennt es jeder oder jede: Wider besseres Wissen werden Gefahren ignoriert oder Risiken eingegangen, weil es schneller geht, weil es bequemer ist, weil es cool ist etc. Im Alltag heißt das, dass zu Hause eben doch der Stuhl als Leiterersatz dient, weil die Leiter gerade nicht da steht, wo sie gebraucht wird. Oder: In puncto Gesundheit wissen alle, wie wichtig Bewegung ist, und dennoch kapitulieren viele vor dem inneren Schweinehund.

Aber auch und gerade im beruflichen Kontext kann das Handeln gegen eigenes Wissen und gegen eigene Kompetenz gravierende Folgen haben. Möglicherweise ist jedoch auch die Kompetenz (noch) gar nicht vorhanden, entsprechende Situationen erkennen zu können, weil die berufliche Situation vielleicht neu und für den einzelnen aufgrund mangelnder Erfahrung nicht einschätzbar ist. Beispiele lassen sich aus allen Aufgabenfeldern der Gesetzlichen Unfallversicherung gemäß Siebtes Buch Sozialgesetzbuch (SGB VII) anführen:

1. Berufskrankheiten

Nur eben ein Brett mit der Kreissäge kappen oder ein Metallprofil abflexen? Selbst wer für längere Tätigkeiten im Lärmbereich Gehörschutz trägt, ist oft geneigt, diesen bei kürzeren Tätigkeiten nicht anzulegen. Oder der Auszubildende, der im Sommer seine Gärtnerlehre beginnt: Schwerlich wird er Kleidung mit UV-Schutz während der Arbeit tragen, wenn sein kollegiales Umfeld mit freiem Oberkörper arbeitet. Man könnte noch viele Beispiele aufführen, bei denen mangelnde oder missachtete Kompetenzen für Sicherheit und Gesundheit langfristig zu Berufskrankheiten führen können.

2. Arbeitsunfälle

Auch für die Verhütung von Arbeitsunfällen ist es von zentraler Bedeutung, Gefährdungen zu erkennen und Risiken richtig abschätzen zu können. Immer wieder passiert es, dass Beschäftigte entweder nicht über die notwendigen Kompetenzen verfügen oder diese – nicht selten in der Annahme, im Sinne der Arbeitgebenden zu handeln – trotz anderslautender Anweisungen ausblenden. So kann es passieren, dass eine ungeeignete (weil viel zu kurze) Leiter für die Durchführung von Baumpflegearbeiten herangezogen wird oder die

Tür zu einem gesicherten Bereich mit größeren Wertbeständen aufgrund sommerlicher Hitze offen bleibt. Arbeitsunfälle – bei den vorgenannten Szenarien beispielsweise durch Absturz oder einen Überfall – können die Folge sein.

3. Arbeitsbedingte Gesundheitsgefahren

Die Corona-Pandemie der letzten drei Jahre hat das Bewusstsein für Gesundheitsthemen stark gefördert und geprägt. Fast alle Beschäftigten mussten erfahren, wie schwierig die Einschätzung von Gefährdungen und sinnvollen, zielführenden präventiven oder nachsorgenden Maßnahmen bei der Arbeit oft sein kann – insbesondere im Homeoffice.

Anknüpfungspunkte zu Ergonomie

Das Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG) fordert eine menschengerechte Gestaltung der Arbeit. Das bedeutet, dass jede Arbeit – egal ob an der Arbeitsstätte im Unternehmen, mobil oder im Homeoffice – ergonomisch gestaltet sein muss.

Beim Arbeiten im Homeoffice folgen daraus Fragen wie: Wie sind die Arbeitsmittel gestaltet, kann bei der Arbeit mit ihnen eine gesundheitsschädigende Wirkung ausgeschlossen werden? Was kann man tun, wenn die Arbeitshöhe des Küchentisches eben nicht passt? Und ist die Aufgabe überhaupt für die Ausführung im Homeoffice geeignet? Lässt die möglicherweise fehlende räumliche Trennung zwischen Privat- und Arbeitsbereich ein ungestörtes Arbeiten zu Hause zu?

Das sind nur einige Fragen, die zu einer ergonomischen Bewertung des Arbeitsplatzes im Homeoffice, aber auch bei mobiler Arbeit mit digitalen Endgeräten in anderen Umgebungen herangezogen werden können. Meist stehen diese ergonomischen Überlegungen im Vordergrund. Aber andere Aspekte von Sicherheit und Gesundheit müssen an mobilen Arbeitsplätzen oder PC-Arbeitsplätzen in heimischer Umgebung genauso gewährleistet sein wie an der Arbeitsstätte im Unternehmen. Die eingangs beschriebenen Beispiele zeigen, dass nicht immer sorgsam abgewogene Risikobeurteilungen durchgeführt werden.

Oft wird der Fokus in technischen Arbeitsbereichen vorrangig auf Fragen der Sicherheit gelegt, während bei-

spielsweise bei der Beurteilung von Büroarbeitsplätzen eher Gesundheitsfragen im Vordergrund stehen. Jedoch sind im Homeoffice Sicherheitsaspekte gleichermaßen zu berücksichtigen. Da können Kinderspielzeug oder quer durch den Raum geführte Computerkabel Stolperfallen darstellen oder schadhafte Stecker zu tödlichen Gefährdungen werden. Umgekehrt birgt mobile Arbeit mit technischer Ausrichtung ebenso gesundheitliche Risiken: Wie sieht es mit Pausen im Außendienst aus, bei dem Beschäftigte beispielsweise zur Störungsbeseitigung gerufen werden? Wie sieht es unterwegs mit gesunder Ernährung aus? Gerade ein gesundheitsgerechtes Zeitmanagement in Eigenverantwortung – das hat sich nicht erst in Corona-Zeiten gezeigt – ist für viele Arbeitnehmende eine Herausforderung.

Aufgabe der Prävention

Laut ArbSchG müssen Arbeitgebende die Arbeitsbedingungen an allen Arbeitsorten beurteilen – egal wo sie liegen und auch dort, wo sie keinen direkten Einblick erhalten. Die Verantwortung für die Durchführung der Gefährdungsbeurteilung liegt weiterhin bei ihnen. Dieser Tatbestand wurde insbesondere in der Pandemiezeit erneut sehr klar hervorgehoben.

Arbeitgebende sind jedoch darauf angewiesen, dass Beschäftigte sie bei der Beurteilung unterstützen und den Vorgesetzten die eigene Einschätzung mitteilen. Dafür müssen Beschäftigte Know-how haben und das Vermögen, die Situation am eigenen Arbeitsplatz fern der Arbeitsstätte hinsichtlich Sicherheit und Gesundheit einschätzen zu können. Können sie das leisten, haben sie die notwendige Kompetenz dafür?

Eine Studie der Universität Bielefeld und Hertie School Berlin aus dem Jahr 2021 [1] hat gezeigt, dass sich die Gesundheitskompetenz der Bevölkerung in Deutschland in den dort betrachteten letzten sieben Jahren verschlechtert hat. Mit knapp 60 % weist deutlich mehr als die Hälfte der Bevölkerung eine geringe Gesundheitskompetenz auf. Während der Corona-Pandemie ist der

Anteil zwar leicht zurückgegangen. Doch nach wie vor ist mangelnde Gesundheitskompetenz kein Problem einer Minderheit, sondern der Mehrheit in Deutschland.

Laut Bundesministerium für Gesundheit (BMG) umfasst Gesundheitskompetenz das „Wissen, die Motivation und die Fähigkeiten von Menschen, relevante Gesundheitsinformationen zu finden, zu verstehen, zu beurteilen und im Alltag anzuwenden“. Diese Definition ist vorrangig auf Patientinnen und Patienten sowie die Verantwortlichen im Gesundheitswesen ausgerichtet. Entsprechend spielt Gesundheitskompetenz im Kontext der Gesunderhaltung und Krankheitsbewältigung eine wichtige Rolle [2].

Neben der Definition von Gesundheitskompetenz des BMG sind in der Literatur weitere zu finden. Einige beschränken sich auf „Health Literacy“, also die Fähigkeit, Gesundheitsinformation zu verstehen und entsprechend aufgeklärt zu handeln. Im Kontext der Arbeitswelt lässt „Health Literacy“ allerdings viele wichtige Kompetenzaspekte außer Acht, unter anderem die notwendige Motivation für entsprechendes Handeln, das Vorhersehen von sicherheits- und gesundheitsrelevanten Faktoren oder die Selbstregulation, Ziele auch tatsächlich umzusetzen. Andere Definitionen wiederum sind so umfassend, dass sie das Handeln in politischen und wirtschaftlichen Lebensbereichen einbeziehen und sich nur unzureichend auf konkrete Situationen im Arbeitskontext fokussieren lassen.

Bezug des Sachgebiets Beschäftigungsfähigkeit zum Thema

Die anfangs beschriebenen Beispiele von Fehleinschätzungen in gefährlichen Situationen am Arbeitsplatz zeigen, dass Gesundheitskompetenz im gängigen Verständnis nicht ausreicht, um sichere und gesunde Arbeitsbedingungen und entsprechendes Verhalten zu schaffen. Zum einen ist im Kontext der Arbeit eine Kompetenz erforderlich, die beides – Sicherheit und Gesundheit – einschätzen kann. Darauf haben bereits die Präventionsleitungen der Unfallversicherungsträger

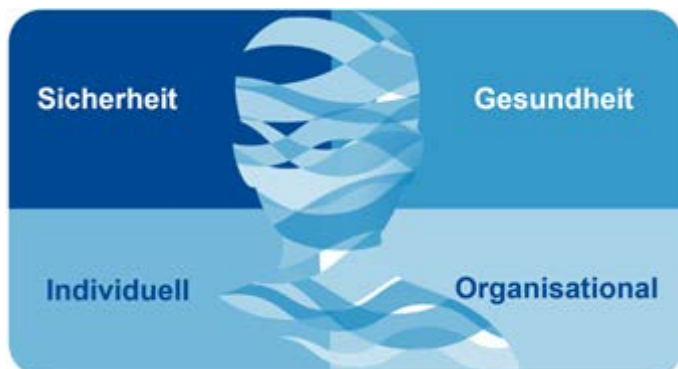


Abbildung 1: Es sollte immer ein Verständnis für beides, Sicherheit und Gesundheit, vorhanden sein, und zwar sowohl auf individueller als auch organisationaler Ebene. Quelle: Autoren

(UVT) in ihrer Präventionsleiterkonferenz (PLK) 2/2016 hingewiesen. In der entsprechenden Ergebnisdokumentation heißt es (S. 130): Die PLK befürwortet, den Begriff „Gesundheit“ nicht alleine, sondern im Paar „Sicherheit und Gesundheit“... (bedarfswise mit dem Zusatz „bei der Arbeit“) zu verwenden. Das bedeutet, dass die UVT nicht allein von Gesundheits-, sondern immer von Sicherheits- und Gesundheitskompetenz (S&G-Kompetenz) ausgehen.

Darüber hinaus formuliert das Sachgebiet Beschäftigungsfähigkeit in seinem gemeinsamen Verständnis von Beschäftigungsfähigkeit, einem Papier, das seine Arbeitsgrundlage darstellt: Sicherheits- und Gesundheitskompetenz ist einer der Schlüsselfaktoren für Beschäftigungsfähigkeit. Sie gilt als Schlüsselfaktor sowohl auf Seiten der Arbeitnehmenden als auch der Arbeitgebenden [3]. Daraus lässt sich folgern, dass diese Kompetenz sowohl auf einer individuellen als auch auf einer organisationalen Ebene betrachtet werden muss (**Abbildung 1**).

Individuelle Sicherheits- und Gesundheitskompetenz

In der Literatur ist bisher keine Definition zu finden, die beide Aspekte – Sicherheit und Gesundheit – in einem den Arbeitskontext ausreichenden Umfang umfasst. Hier war also die Neuentwicklung einer Definition notwendig. Als Grundlage dafür schien die Definition für Kompetenz von *Weinert* [4] geeignet. Danach gründet Kompetenz auf kognitiven Fähigkeiten und Fertigkeiten eines Menschen. Diese setzt der Mensch ein, um Probleme zu lösen und

die Lösungen motiviert und zielgerichtet in Handlungen münden zu lassen. Das heißt, Kompetenz erfordert Motivation und Bereitschaft zu Verantwortung in einem sozialen Umfeld.

Bezieht man diese Definition auf die Sicherheits- und Gesundheitskompetenz einer Person bei der Arbeit, bedeutet das (wörtliche Definition in **Abbildung 2**):

- Es werden kognitive Fähigkeiten und Fertigkeiten gebraucht, angeborenes wie auch erworbenes Können oder Wissen sowie
- die Motivation, sich überhaupt mit Sicherheits- und Gesundheitsthemen zu beschäftigen, sie zielorientiert in den Blick zu nehmen und daraus Handlungen abzuleiten.
- Unter Punkt 3 sind die Inhalte und Ziele der ureigenen Präventionsleistungen der UVT angesprochen, Gefahrensituationen zu erkennen oder vorherzusehen, sich also auch vorausschauend zu interessieren. Dafür sind die bereits erwähnten Fähigkeiten und Fertigkeiten wichtige Voraussetzung.
- Aus dem Erkennen und Vorhersehen müssen Ziele anvisiert, Maßnahmen abgeleitet und Entscheidungen hinsichtlich eines risikomindernden Vorgehens getroffen werden.
- Schließlich sind die Entscheidungen aus der eigenen Person heraus auch in Handlungen umzusetzen.

Abbildung 2:
Im Sachgebiet Beschäftigungsfähigkeit erarbeitete Definition von individueller S&G-Kompetenz. Quelle: Autoren



Der Begriff Sicherheit kommt in der neu entwickelten Definition nur an einer Stelle vor. Insgesamt hebt diese Definition stärker auf den Gesundheitsbegriff ab. Die Überlegungen bei der Entwicklung der neuen Definition ergeben, dass sich der Sicherheitsbegriff letztlich wesentlich auf den Begriff der Gesundheit zurückführen lässt. Grundlage dafür ist das Modell zu Gesundheit von *Antonovsky* [5]. Hier wird Gesundheit als Kontinuum zwischen einem negativen und einem positiven Pol verstanden (**Abbildung 3**). Im Kontext von „Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit“ könnte man das Fehlen von Sicherheit, also das potenzielle Eintreten von Unfällen, Berufskrankheiten und arbeitsbedingten Gesundheitsgefahren so verstehen, dass dadurch immer eine Schädigung der Gesundheit eintritt, also eine Verschiebung zum negativen Pol des Gesundheitskontinuums erfolgt.

Gesundheit lässt sich jedoch nicht nur durch Sicherheit gewährleisten bzw. dadurch, dass man Unfälle, Berufskrankheiten und arbeitsbedingte Gesundheitsgefahren vermeidet (pathogenetischer Ansatz). Es dürfte aber unstrittig sein, dass die Vermeidung derartiger Risiken wenigstens dem Erhalt der Gesundheit zuträglich ist.

Aus Sicht der Salutogenese hingegen, wie *Antonovsky* sie verstanden wissen möchte, reicht die auf Sicherheit und somit Vermeidung von Gesundheitsschäden fokussierte Sichtweise nicht aus. Ziel ist mindestens der Erhalt des Gesundheitszustands einer Person, besser aber noch ein Verschieben des Gesundheitszustands zum positiven Pol hin. „Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit“ beinhaltet somit auch den Erhalt und die Förderung der Gesundheit. Das bedeutet, dass Sicherheits- und Gesundheitskompetenz sowohl dem Schutz der Gesundheit vor Unfällen, Berufskrankheiten und arbeitsbedingten Gesundheitsgefahren (im Sinne der Pathogenese) als auch dem Erhalten und der Förderung der Gesundheit (im Sinne der Salutogenese) dient. Sicherheit wird in

der Anwendung des Modells von *Antonovsky* auf unsere Problemstellung also letztlich über den Begriff der Gesundheit definiert.

Es sei angemerkt, dass die Bedeutung des Begriffs Sicherheit unter anderem vom Kontext abhängt. Es kann in einem Arbeitssystem um die Sicherheit von Personen gehen, aber auch um die von Daten, Werten oder des laufenden Geschäftsbetriebs. Im hier vorgestellten Zusammenhang zu „Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit“ bezieht sich der Sicherheitsbegriff ausschließlich auf die direkten Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit.

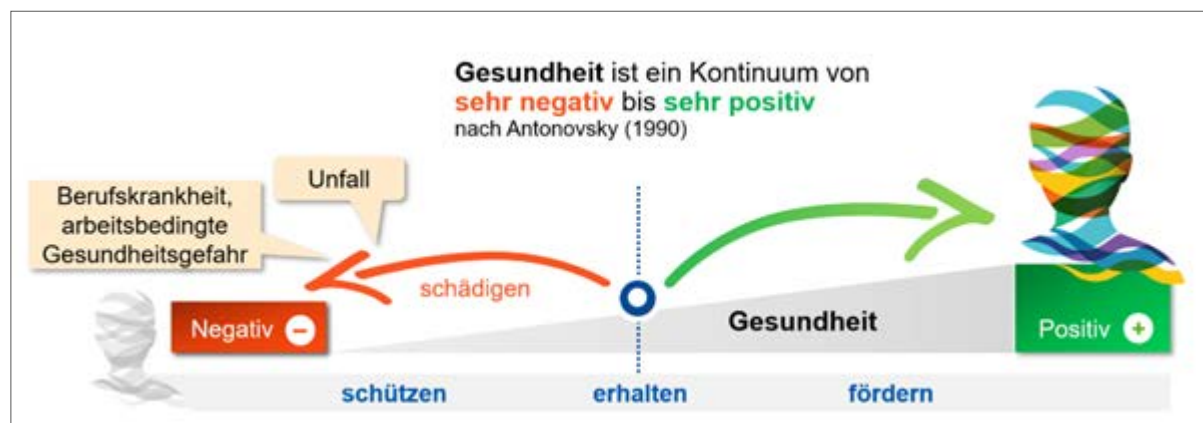
Organisationale Sicherheits- und Gesundheitskompetenz

Die Arbeitsgrundlage des Sachgebietes Beschäftigungsfähigkeit wurde oben bereits eingeführt. Sie postuliert nicht nur, dass Sicherheits- und Gesundheitskompetenz einer der Schlüsselfaktoren für Beschäftigungsfähigkeit ist. Sie legt auch die Ansicht zugrunde, dass Sicherheits- und Gesundheitskompetenz sowohl in der Verantwortung von Individuen liegt als auch in der Verantwortung von Organisationen.

Wie aber kann eine Organisation sicherheits- und gesundheitskompetent agieren? Insbesondere, indem sie die Schaffung einer Sicherheits- und Gesundheitskultur forciert und sich folgende Fragen stellt:

- Sind alle Organisationsangehörigen aufmerksam dafür, Risiken für Sicherheit und Gesundheit zu entdecken und Ansätze zur Verbesserung zu finden?
- Sind Sicherheit und Gesundheit zentrale Themen im Unternehmen bzw. in der Unternehmensphilosophie verankert?

Abbildung 3:
Modell zu Gesundheit von Antonovsky (eigene Darstellung). Quelle: Autoren



- Werden Sicherheit und Gesundheit nicht als Kostenfaktor gesehen, sondern als Investition in die erfolgreiche Zukunft?

Organisationale Sicherheits- und Gesundheitskompetenz lässt sich somit als Bereitschaft und das Vermögen einer Organisation definieren, eine Sicherheits- und Gesundheitskultur zu schaffen, um komplexe Anforderungen erfolgreich bewältigen zu können. Die Bewältigung gelingt, wenn Rahmenbedingungen entsprechend gestaltet sowie individuelle Sicherheits- und Gesundheitskompetenzen der Angehörigen der Organisation eingebracht werden (**Abbildung 4**).

Verbindung von individueller und organisationaler Gesundheitskompetenz

Organisationale und individuelle Ebene beeinflussen sich gegenseitig. Wenn keine oder nur sehr wenige Personen über individuelle Sicherheits- und Gesundheitskompetenz verfügen, kann auch die organisationale Sicherheits- und Gesundheitskompetenz kein hohes Level erreichen (**Abbildung 5**). Umgekehrt können sich auch in einer Organisation mit geringer organisationaler Sicherheits- und Gesundheitskompetenz die Mitarbeitenden nicht optimal sicherheits- und gesundheitskompetent entfalten.

Im positiven Fall führt die Beeinflussung von organisationaler und individueller Ebene zu einer neuen Qualität der Arbeitsbedingungen und des sicheren und gesunden

Miteinanders, respektive zu einer Kultur der Prävention (www.dguv.de; webcode d1183709).

Fazit und Ausblick

Bisherige Definitionen zur Gesundheitskompetenz waren nicht geeignet für den Arbeitskontext im Regelungsbereich der gesetzlichen Unfallversicherung. Durch eine Projektgruppe aus dem Sachgebiet Beschäftigungsfähigkeit wurde eine entsprechende Definition erarbeitet:

Individuelle S&G-Kompetenz umfasst die kognitiven Fähigkeiten sowie die Fertigkeiten und Motivation, in vielfältigen Situationen sicherheits- und gesundheitsrelevante Faktoren für sich und andere vorherzusehen oder zu erkennen, risikomindernde, gesundheits-erhaltende und -fördernde Entscheidungen zu treffen sowie die Selbstregulation, diese verantwortungsvoll umzusetzen.

Organisationale S&G-Kompetenz ist die Bereitschaft und das Vermögen einer Organisation zur Schaffung einer Sicherheits- und Gesundheitskultur, um komplexe Anforderungen erfolgreich bewältigen zu können. Die Bewältigung gelingt, wenn Rahmenbedingungen entsprechend gestaltet sowie individuelle S&G-Kompetenzen der Angehörigen der Organisation eingebracht werden.

Abbildung 4: Übertragung der Faktoren aus der individuellen Sicherheits- und Gesundheitskompetenz auf die organisationale Ebene. Dabei entsprechen die Farben den entsprechenden Inhalten aus Abbildung 2, nun übertragen auf die organisationale Ebene (S&G). Quelle: Autoren



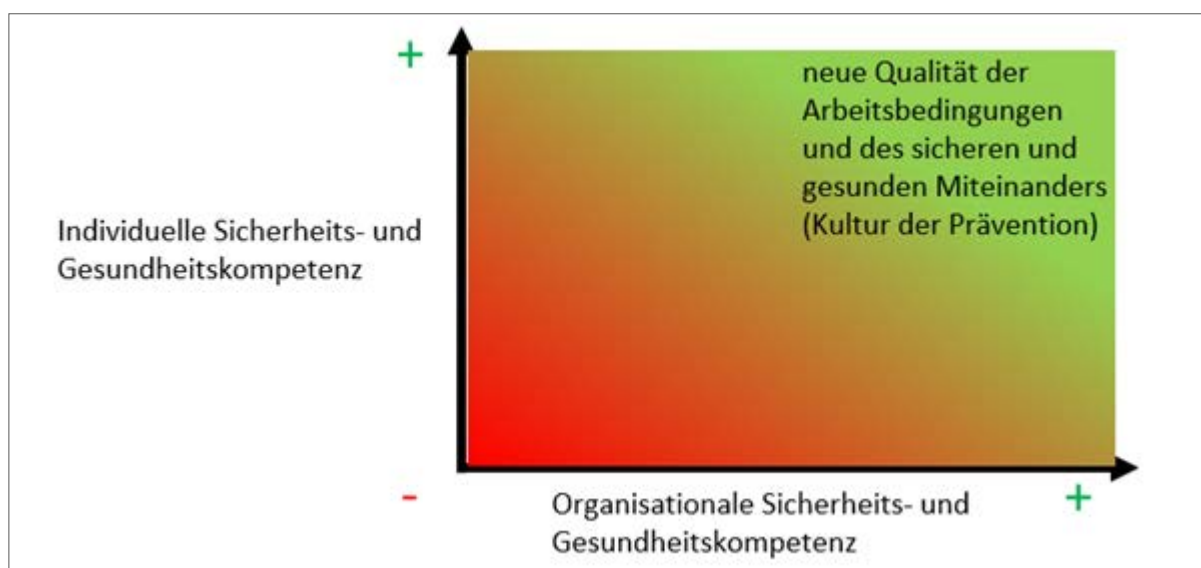
Individuelle und organisationale Ebene beeinflussen sich gegenseitig und führen – im positiven Fall – zu einer neuen Qualität der Arbeitsbedingungen und des sicheren und gesunden Miteinanders (Kultur der Prävention).

Die Ausarbeitungen bedürfen weiterer Abstimmungen und Überprüfungen. Die Projektgruppe freut sich über eine kritische Reflexion sowie entsprechende Rückmeldungen.

Literatur:

- [1] *Schaeffer, D., Berens, E.-M., Gille, S., Griese, L., Klinger, J., de Sombre, S.* et al.: Gesundheitskompetenz der Bevölkerung in Deutschland – vor und während der Corona Pandemie: Ergebnisse des HLS-GER 2. Hrsg.: Interdisziplinäres Zentrum für Gesundheitskompetenzforschung (IZGK) der Universität Bielefeld. Bielefeld 2021. <https://doi.org/10.4119/unibi/2950305>
- [2] Bundesgesundheitsministerium (BGM) zu „Gesundheitskompetenz“. <https://www.bundesgesundheitsministerium.de/gesundheitskompetenz.html>
- [3] Sachgebiet Beschäftigungsfähigkeit der DGUV „Gemeinsames Verständnis von Beschäftigungsfähigkeit als Arbeitsgrundlage im Sachgebiet Beschäftigungsfähigkeit“, 2018. https://www.dguv.de/medien/inhalt/praevention/fachbereiche_dguv/fb-gib/beschaefigung/beschaeft.pdf
- [4] *Weinert, F. E.*: (2001) Vergleichende Leistungsmessung in Schulen – eine umstrittene Selbstverständlichkeit. In: Weinert, F. E. (Hrsg.): Leistungsmessungen in Schulen. Weinheim und Basel
- [5] *Antonovsky, A.*: (1990) A Somewhat Personal Odyssey in Studying the Stress Process. In: Stress medicine, 2/1990

Abbildung 5:
Organisationale und individuelle Ebene haben Einfluss aufeinander. Quelle: Autoren



Handlungsempfehlung zur Individualprävention bei Muskel-Skelett-Erkrankungen

Rolf Ellegast, Dirk Ditschen, Fabian Ochs

Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA)

Einführung

Mit der im Januar 2021 in Kraft getretenen Weiterentwicklung des Berufskrankheitenrechts wurde die Individualprävention (IP) stärker in den Fokus zur Verhütung von Berufskrankheiten (BK) gerückt. Im Zuge dessen wurde das Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA) beauftragt, bestehende IP-Programme der Unfallversicherungsträger (UV-Träger) im Bereich Muskel-Skelett-Erkrankungen (MSE) zu sichten und ein Konzept zur Standardisierung und möglichen Erweiterung zu erarbeiten. Gemeinsam mit Expertinnen und Experten der UV-Träger und der Berufsgenossenschafts-Kliniken erarbeitete das IFA ein Konzept für eine entsprechende Handlungsempfehlung, die derzeit als DGUV-interne Gremienvorlage Entscheidungen zur Zukunft der IP-MSE innerhalb der gesetzlichen Unfallversicherung unterstützen soll. Dieser Artikel soll in Kürze den Hintergrund sowie die Inhalte der entstandenen Handlungsempfehlung skizzieren und über das weitere Vorgehen informieren.

Hintergrund

IP-Maßnahmen im Sinne des gesetzlichen Auftrags der Unfallversicherung sind jene Präventionsmaßnahmen, die darauf zielen, dass einem individuellen gesundheitlichen Risiko am Arbeitsplatz in geeigneter Weise begegnet werden soll. Damit ist die IP im Bereich der sekundären Präventionsmaßnahmen verortet. Maßnahmen der Individualprävention, die im Zusammenhang mit einer BK stehen, haben das Ziel, den versicherten Personen in geeigneter Weise eine Fortsetzung ihrer bisherigen Tätigkeiten am Arbeitsplatz zu ermöglichen, ohne dass dies zu einer weiteren Verschlimmerung des Gesundheitsschadens führt. Zum anderen gehören dazu arbeitsbedingte Gesundheitsgefahren infolge einer Erkrankung im Sinne von § 9 Abs. 2 Siebtes Buch Sozialgesetzbuch (SGB VII) oder eines Arbeitsunfalls, für die aufgrund eines individuell erhöhten Gesundheitsrisikos ein sinnvoller Ansatz für individuelle Maßnahmen der Verhaltens- oder Verhältnisprävention gesehen wird.

Die Weiterentwicklung des BK-Rechts, die zum 1. Januar 2021 in Kraft trat, beinhaltet den Wegfall des sogenannten Unterlassungszwangs bei insgesamt neun BK [1]. Im Zuge dieses Wegfalls ist für gefährdete versicherte Personen

in § 9 Abs. 4 SGB VII die Pflicht zur Teilnahme an IP-Maßnahmen sowie Maßnahmen zur Verhaltensprävention der UV-Träger eingeführt worden. Somit können betroffene versicherte Personen in der Berufstätigkeit verbleiben und die UV-Träger sind aufgefordert, vermehrt IP-Maßnahmen zur Prävention anzubieten.

Dies lässt eine erhöhte Nachfrage und einen steigenden Bedarf an IP-Programmen erwarten, von der auch vier Berufskrankheiten mit Bezug zu MSE betroffen sind (BK-Nummern 2101, 2108, 2109 und 2110). Dieser erwartete Anstieg des Bedarfs an IP-Programmen im Bereich MSE wird durch weitere Faktoren verstärkt. Zum einen wurde zum 1. August 2021 die „Koxarthrose durch Lastenhandhabung“ als BK-Nr. 2116 in die BK-Liste neu aufgenommen. Zum anderen zeigten auch die Ende 2021 publizierte wissenschaftliche Begründung für eine neue BK „Läsion der Rotatorenmanschette der Schulter (...)“ [2] sowie weitere aktuelle Beratungsthemen des Ärztlichen Sachverständigen Beirats „Berufskrankheiten“ beim Bundesministerium für Arbeit und Soziales (ÄSVB), dass in Zukunft mit weiteren BK mit MSE-Bezug zu rechnen ist.

Aktuell bieten die UV-Träger in Deutschland IP-Programme im MSE-Bereich vorrangig für den unteren Rücken (Rückenkollegs von BG BAU, BGN und BGW), die Kniegelenke (Kniekolleg der BG BAU) und seit Sommer 2022 auch für die Hüftgelenke (Hüftkolleg der BG BAU) an und dies vorwiegend für Tätigkeiten in der Pflege, der Bauwirtschaft sowie im Nahrungsmittel- und Gastgewerbe. Dagegen sind aktuell etwa für das Schultergelenk keine umfassenden IP-Programme bekannt. Zudem beinhalten die bestehenden MSE-IP-Programme nicht alle bekannten Belastungsarten, die als Risiko für die Entwicklung von MSE gelten [3 bis 5].

Folgende Ziele wurden für die Entwicklung der Handlungsempfehlung zu IP-MSE definiert:

- eine transparente Darstellung der inhaltlichen Anforderungen an die anzubietenden IP-Programme im Bereich MSE,
- die Erweiterung der bestehenden IP-Programme um weitere betroffene Berufsgruppen und Tätigkeiten bzw. Belastungsarten,

- die Entwicklung von IP-Programmen für weitere MSE in anderen Körperregionen (aktuell: Schulter),
- die Entwicklung einheitlicher Qualitätskriterien für IP-MSE-Maßnahmen,
- die Verbesserung des Zugangs zu den IP-Programmen (bei BK-Verdacht und Frühintervention),
- das Anstreben einer Kompatibilität zu den Instrumenten und Begrifflichkeiten in den Gefährdungsbeurteilungen der Gemeinsamen Deutschen Arbeitsschutzstrategie (GDA) und der arbeitsmedizinischen Vorsorge (AMV),
- ein einheitliches und gezieltes Vorgehen als Reaktion der UV-Träger auf die Änderung des SGB VII („Wegfall des Unterlassungszwangs“).

Inhalt der Handlungsempfehlung

Das vorgestellte IP-Konzept zeichnet sich durch einen modularen Aufbau mit fest vorgegebenen Qualitätsstandards („Grundbausteinen“) für die vier Lokalisationen unterer Rücken, Knie, Hüfte und Schulter aus. Während für die Bereiche Rücken und Knie bereits auf langjährige Erfahrungen und bestehende Strukturen zurückgegriffen werden konnte, waren für die Lokalisationen Hüfte und Schulter Neuentwicklungen notwendig. Zusätzlich wurden strukturqualitative und prozessqualitative Grundvoraussetzungen für die Maßnahmen definiert.

Die Handlungsempfehlung umfasst insgesamt vier Kapitel:

In Kapitel 1 werden die bestehenden IP-MSE-Programme der UV-Träger inklusive der angestrebten Zielgruppen, Zugangsvoraussetzungen, Zugangswege, Qualitäts-

kriterien und überschlägigen Kosten vorgestellt und die Strukturen am Beispiel der drei aktuellen Rückenkollegs skizziert.

Kapitel 2 fasst die Methoden der medizinischen Befundung sowie der Voruntersuchungen durch Eigenanamnese, ärztliche Anamnese und ärztliche Untersuchung zusammen und gibt einen Überblick zu den derzeit eingesetzten Erhebungsbögen.

In Kapitel 3 wird eine einheitliche Struktur für IP-MSE-Programme mit zehn festgelegten Grundbausteinen dargestellt. Zu diesen zählen: Feststellung der Präventionsfähigkeit, Sporttherapie, Ergonomie, Physiotherapie, Physikalische Therapie, Psychologisches Gesundheitstraining, Ernährungsberatung, Assessment und Evaluation, Sicherung der Nachhaltigkeit sowie UVT-Beratung (**Abbildung**). Wo notwendig, wurden lokalisations-spezifische Inhalte (Rücken, Knie, Hüfte, Schulter) beschrieben. In die lokalisations-spezifischen Grundbausteine, z. B. Sporttherapie und Ergonomie, sind zudem berufs- bzw. branchenspezifische Inhalte eingeflossen. Andere Grundbausteine enthalten branchen- und lokalisationsübergreifende Inhalte – wie Ernährungsberatung und Psychologisches Gesundheitstraining – und sind daher gelenkunspezifisch. Alle Grundbausteine sind ausführlich beschrieben und jeweils Gründe für die Durchführung, Anforderungen an die Therapierenden/Dozierenden und die Infrastruktur, Vernetzungsmöglichkeiten mit anderen Grundbausteinen, Ziele sowie ggf. spezifische Therapieinhalte je Lokalisation dargestellt.

Kapitel 4 umfasst schließlich Empfehlungen zur Umsetzung der IP-MSE-Programme in die Praxis mit den jeweils zu berücksichtigenden Rahmenbedingungen, zu möglichen Anknüpfungen an bestehende Angebote sowie zur Kommunikation der Angebote bei Betrieben und

Abbildung:

Grundbausteine von IP-MSE-Maßnahmen. Quelle: Autoren



Versicherten. Dazu werden auch die unterschiedlichen Anforderungen aus Sicht der Versicherten und der Arbeitgebenden berücksichtigt.

Abschließend werden Empfehlungen zu möglichen Weiterentwicklungen und einer kontinuierlichen Optimierung ausgesprochen, z. B. durch Vereinheitlichung der Erhebungsinstrumente, Ausbau übergreifender Evaluationsmöglichkeiten, Angebotsergänzungen und Ansätze für mögliche Digitalisierungen.

Ausblick

Die Handlungsempfehlung wurde Ende 2022 dem zuständigen Gremium der DGUV Geschäftsführerinnen- und Geschäftsführerkonferenz zur Prüfung vorgelegt und von diesem als grundlegende Struktur und Basis möglicher Weiterentwicklungen für IP-MSE-Programme der UV-Träger und ihrer Umsetzung in die Praxis befürwortet. Im nächsten Schritt soll eine systematische Bedarfsanalyse zu IP-MSE-Maßnahmen innerhalb der UV-Träger durchgeführt werden. Perspektivisch sollen zudem Optionen zur Etablierung von IP-Maßnahmen, die über die bisherigen IP-Maßnahmen hinausgehen, erarbeitet werden. Die Publikation der Handlungsempfehlung IP MSE wird derzeit in der DGUV vorbereitet.

Literatur

- [1] Hinweise zu den Berufskrankheiten Nr. 1315, 2101, 2104, 2108 bis 2110, 4301, 4302, 5101. BMAS, 2022. <https://www.baua.de/DE/Angebote/Rechtstexte-und-Technische-Regeln/Berufskrankheiten/Merkblaetter.html>
- [2] Läsion der Rotatorenmanschette der Schulter durch eine langjährige und intensive Belastung durch Überschulterarbeit, repetitive Bewegungen im Schultergelenk, Kraftanwendungen im Schulterbereich durch Heben von Lasten oder Hand-Arm-Schwingungen. GMBL. (2021) Nr. 64-65, S. 1411
- [3] GDA: Arbeitsprogramm: Muskel-Skelett-Erkrankungen. https://www.gda-portal.de/DE/Betriebe/Muskel-Skelett-Erkrankungen/Muskel-Skelett-Erkrankungen_node.html
- [4] Arbeitsmedizinische Regel AMR Nr. 13.2 „Tätigkeiten mit wesentlich erhöhten körperlichen Belastungen mit Gesundheitsgefährdungen für das Muskel-Skelett-System. GMBL, (2022) Nr. 7, S. 154
- [5] DGUV Information: Muskel-Skelett-Belastungen – erkennen und beurteilen (208-033). Hrsg.: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Berlin 2022
- [6] Merkblatt zur BK-Nr. 2101: Schwere oder wiederholt rückfällige Erkrankungen der Sehnenscheiden oder des Sehnengleitgewebes sowie der Sehnen- oder Muskelansätze. BArbBl. (1963) Nr. 24; zul. geänd. Bek. des BMAS v. 1.12.2007 - IVa 4-45222 - 2101/3

Konzipierende Ergonomie/Arbeitsplanung

Bewertung physischer Belastungen in virtueller Realität zur konzipierenden Arbeitsgestaltung – Zwischenstand Systematische Literaturrecherche

Robin Grießel^{1,2}, Britta Weber¹, Benjamin Weyers²,

¹ Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA), Sankt Augustin

² Bereich Human-Computer Interaction (HCI) der Universität Trier, Trier

Kurzfassung

Um die körperliche Belastung am Arbeitsplatz zu bewerten, werden ergonomische Gefährdungsbeurteilungen durchgeführt. Die Digitalisierung ermöglicht den Einsatz von virtueller Realität (VR) bzw. virtuellen Umgebungen zur ergonomischen Bewertung. Ein systematisches Literaturreview untersuchte den Einsatz von virtueller Realität in der Gefährdungsbeurteilung, potenzielle Vorteile und Herausforderungen sowie die Validität im Vergleich zu traditionellen Methoden. Die Recherche umfasste Veröffentlichungen seit 2012 in englischer oder deutscher Sprache, wobei 19 Studien eingeschlossen wurden. Die meisten Studien stammten aus den Bereichen Herstellung und Logistik und nutzten unterschiedliche Hardware für die Interaktion mit der virtuellen Realität. Es wurde festgestellt, dass VR ein vielversprechendes Tool für die ergonomische Bewertung ist, jedoch weitere Forschung benötigt wird, um standardisierte Verfahren und Richtlinien zu etablieren. Eine geplante Laborstudie wird den Vergleich der Gefährdungsbeurteilungsergebnisse zwischen realen und virtuellen Arbeitsplatzumgebungen untersuchen. Die Integration von virtueller Realität in den Planungsprozess könnte die Genauigkeit und Effizienz der ergonomischen Bewertung durch die frühzeitige Einbindung verbessern.

1 Hintergrund

Muskel-Skelett-Erkrankungen (MSE) sind eine häufige Berufskrankheit und in der Europäischen Union das häufigste arbeitsbedingte Gesundheitsproblem [1]. In Deutschland sind Arbeitgebende verpflichtet, die mit der Arbeit verbundenen Gefährdungen für die Beschäftigten zu ermitteln [2]. Zur Analyse, Bewertung und Beurteilung der körperlichen Arbeitsbelastung stehen verschiedene Verfahren der ergonomischen Gefährdungsbeurteilung zur Verfügung. Mit der fortschreitenden Digitalisierung ist es möglich, ergonomische Bewertungsverfahren und Gefährdungsbeurteilungen früher in den Planungsprozess von Arbeitsplätzen zu integrieren. Simulationswerkzeuge wie Jack Human Modelling (Jack) [3] oder SAMMIE [4] können zur ergonomischen Bewertung bei prototypenfreier Umsetzung eingesetzt werden. Als häufiger Standardfall werden aktuell zur Durchführung der ergonomischen Bewertungsverfahren digitale Menschmodelle in einer Simulation des Arbeitsplatzes, sogenanntes Digital

Human Modelling, untersucht. Dabei werden Bewegungsabläufe und somit deren Ausführung auch vereinfacht dargestellt. Darüber hinaus bieten Techniken der virtuellen Realität (VR) und virtuellen Umgebung (VE) ein vielversprechendes Potenzial für die ergonomische Bewertung am Arbeitsplatz. Bei diesen kann durch Motion Capture (MoCap) die reale Bewegungsausführung aufgenommen werden und neben den „einfachen“ beobachtungs-basierten Bewertungsverfahren auch für aufwendigere messwertbasierte Bewertungsverfahren eingesetzt werden. Um einen Überblick darüber zu erhalten, wie VR für die ergonomische Bewertung eingesetzt wird, welche potenziellen Vorteile und Herausforderungen in diesem Zusammenhang bestehen und wie valide und zuverlässig VR im Vergleich zu traditionellen Methoden als Instrument für die ergonomische Bewertung ist, wurde ein systematisches Literaturreview durchgeführt.

2 Systematische Literaturrecherche

Für die systematische Literaturrecherche haben wir uns an den Vorgaben des „Towards a Methodology for Developing Evidence-Informed Management Knowledge“ [5] gehalten. Außerdem wurde, da die Recherche insbesondere Themen aus dem Arbeits- und Gesundheitsschutz berücksichtigen soll, auch die Leitlinien des „Clearinghouse of Systematic Reviews“ der Partnership for European Research in Occupational Safety and Health (PEROSH) [6] angewandt. Zur Darstellung des Ablaufes der Ein- und Ausschlüsse von Veröffentlichungen wurde PRISMA [7] verwendet.

2.1 Methodik

Ein systematisches Literaturreview durchläuft gemäß *Tranfield et. al.* [5] drei Stufen. In der ersten Stufe (Planung) wurde festgelegt, dass untersucht werden soll, wie und zu welchen Zwecken VR-Techniken bereits in der Arbeitsplatzplanung für Ergonomie- und Gefährdungsbeurteilungen eingesetzt wird und welche Vorteile oder Hinderungsgründe existieren. Auch das Review-Protokoll wurde entwickelt, das ein Review-Komitee bestehend aus drei unabhängigen Reviewern vorsieht. Um in dem Review berücksichtigt zu werden, müssen die Veröffentlichungen nach 2012 sowie in englischer oder deutscher Sprache als Artikel in einer Zeitschrift oder als Beitrag einer Konferenz erschienen sein.

Tabelle:
Durchsuchte Datenbanken

Kurzform	Langform	URL
ACM DL	Association for Computing Machinery Digital Library	https://dl.acm.org/
dblp	Digital Bibliography & Library Project	https://dblp.org/
IEEE Xplore DL	Institute of Electrical and Electronics Engineers Xplore Digital Library	https://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp
PubMed		https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/
Science Direct		https://www.sciencedirect.com/
TVCG	Transactions on Visualization and Computer Graphics	https://www.computer.org/csdl/journal/tg
VR Journal	Springer Virtual Reality Journal	

Anschließend wurde in der zweiten Stufe (Durchführung) im Zeitrahmen Januar bis September 2022 die Stichwort-suche in den in der **Tabelle** aufgeführten Datenbanken durchgeführt. Die Suchergebnisse durchliefen das in Stufe 1 festgelegte Protokoll, um zu entscheiden, ob die jeweilige Veröffentlichung in das Review eingeschlossen wird. Zunächst wurden Duplikate aussortiert, bevor die verbliebenen Einträge ein Titel-Screening, ein Abstract-Screening und abschließend ein Volltext-Screening durchliefen. Nur Veröffentlichungen, die alle durchgeführten Screenings bestanden haben, sind in die finale Begutachtung des Reviews inkludiert worden.

In der dritten und letzten Stufe (Bericht) wurden die Ergebnisse zusammengefasst und dargestellt. Im Abschnitt 2.2 sind diese näher erläutert.

2.2 Ergebnisse

Zur Darstellung des Selektionsprozesses wurde ein PRISMA-Flow-Diagramm (**Abbildung**) erstellt. Diesem sind zu entnehmen, dass zunächst 4 377 Veröffentlichungen für die Inkludierung in Frage gekommen sind. Davon konnten in der Identifizierungsphase bereits 127 Duplikate und 640 ungewünschte Veröffentlichungs-

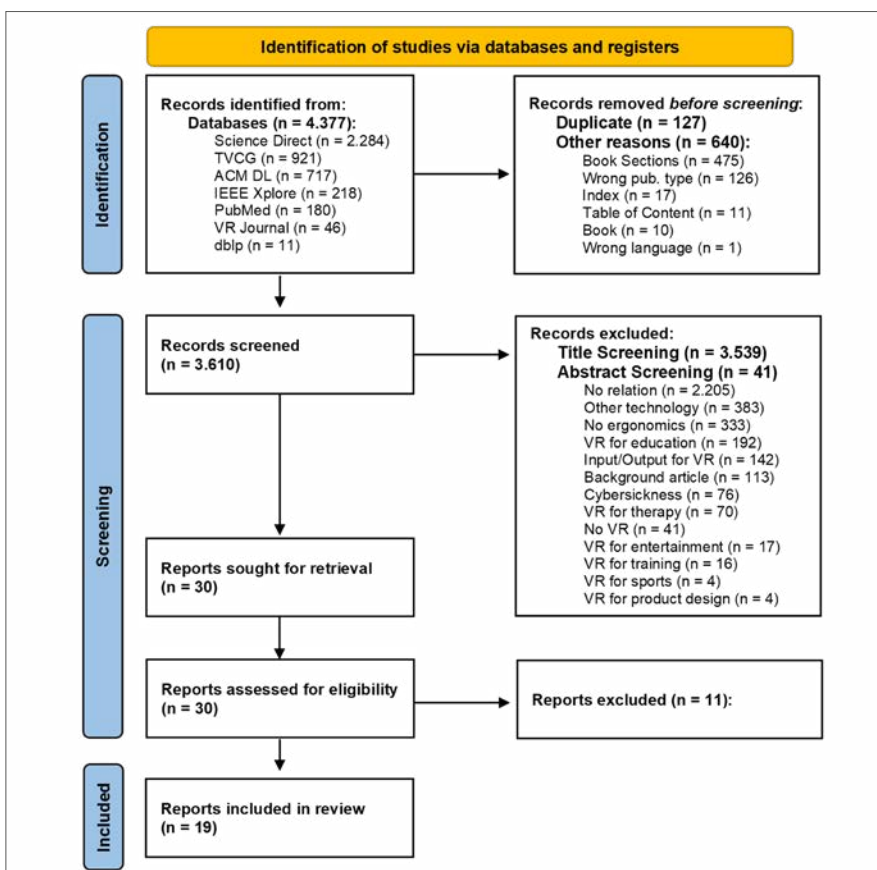


Abbildung:
PRISMA-Flow-Diagramm gemäß [7]

formate (wie Inhaltsverzeichnisse) ausgeschlossen werden, sodass 3 610 Publikationen in den eigentlichen Screening-Prozess gekommen sind. In diesem wurde die Anzahl durch die Anwendung der festgelegten Ein- und Ausschlusskriterien weiter verringert, sodass am Ende 19 Veröffentlichungen in das Review eingeschlossen worden sind.

Für einen ersten Überblick wurden allgemeine Charakteristika extrahiert und zusammengefasst. So handelt es sich bei 18 Publikationen um Journal-Artikel und bei einer Publikation um einen Konferenzbeitrag. Betrachtet man die Wirtschaftszweige, in denen die Untersuchungen durchgeführt worden sind, lassen sich gemäß der „Statistische[n] Systematik der Wirtschaftszweige in der Europäischen Gemeinschaft“ (NACE Rev. 2) [8] sieben Publikationen dem Verarbeitenden Gewerbe (Abschnitt C), fünf Publikationen dem Zweig Verkehr und Lagerei (Abschnitt H) sowie jeweils eine Publikation den Zweigen Bergbau und Gewinnung von Steinen und Erden (Abschnitt B) sowie Energieversorgung (Abschnitt D) zuordnen. Bei vier Publikationen war eine entsprechende Zuordnung nicht möglich, da es sich bei diesen um allgemeine Beschreibungen bzw. Studien handelt.

Beim Studiendesign können acht Publikationen als Vergleichsstudie und sieben als Fallstudie angesehen werden. Die verbleibenden vier Publikationen beschreiben entwickelte Methoden ohne tiefergehende Untersuchungen. Die Stichprobengröße, wenn angegeben, war bei allen Fallstudien kleiner als zehn und variierte zwischen elf und 26 bei den Vergleichsstudien.

In Bezug auf die Anwendung von VR wurden verschiedene Interaktionsformen mit der VE festgestellt. In 14 Publikationen war es möglich, direkt mit der VE zu interagieren, wohingegen bei drei Publikationen die VE nur beobachtet werden konnte. Zwei Publikationen kombinierten die beiden Interaktionsmöglichkeiten und in einer Publikation, in der nur die Beobachtung möglich war, bestand die Möglichkeit, die VE bzw. den dort abgebildeten Arbeitsplatz zu bearbeiten.

Auch in Bezug auf die verwendete VR-Hardware gab es Unterschiede zwischen den inkludierten Publikationen. Überwiegend – nämlich bei elf Publikationen – kamen sogenannte Head-Mounted Displays, also ein auf dem Kopf zu tragendes visuelles Ausgabegerät, zum Einsatz. Bei sieben Publikationen wurden Projektionstechniken verwendet und eine Publikation erwähnte allgemein VR, ohne spezifisch in Bezug auf die Hardware geworden zu sein.

Als weitere allgemeine Charakteristik wurde berücksichtigt, welche Arten und Formen der Ergonomiebewertung in den inkludierten Studien Anwendung gefunden haben. So erwähnten zwölf Publikationen rapid upper limb assessment (RULA) [9], sieben nutzten Zeiten (z. B. Ausführungszeiten) und sechs Bewegungsdaten (z. B. aufgenommen durch ein MoCap-System). Bei vier Publikationen kam Rapid Entire Body Assessment (REBA) [10] zum Einsatz und zwei verwendeten Ovako Working Posture Analysing System (OWAS) [11] für die Ergonomiebewertung.

3 Diskussion und Fazit

In Bezug auf die Wirtschaftszweige, denen die inkludierten Publikationen zugeordnet werden konnten, fällt auf, dass eine große Mehrheit bei Herstellung und Logistik anzusiedeln ist. Eine der Ursachen hierfür wird die Tatsache sein, dass es in diesen Bereichen häufig standardisierte Arbeitsplätze gibt, deren Umsetzung als VE mit weniger Aufwand zu erstellen ist. Auch handelt es sich um umsatzstarke Branchen, die finanzielle Mittel zur Verfügung haben, um ihre Arbeitsplätze bereits vollumfänglich durch digitale Planungsprozesse zu kreieren, wodurch ein digitaler Zwilling des Arbeitsplatzes bereits existieren könnte und nur ein geringerer zusätzlicher Entwicklungsaufwand entsteht.

Fast alle Publikationen ermöglichen in deren Umsetzungen eine Interaktion mit der VE. Dieser Umstand war zu erwarten, da dieses immersive Eintauchen einer der Vorteile des Einsatzes von VR ist. Den Partizipierenden wird dadurch die Möglichkeit gegeben, mit dem Arbeitsplatz zu interagieren, statt ihn lediglich zu beobachten. Bei der Umsetzung respektive der Hardwareauswahl für die VE kommen bei den inkludierten Publikationen mehrere unterschiedliche Produkte zum Einsatz. Warum sich die Autoren jeweils für diese entschieden haben, wird in den meisten Fällen nicht näher erläutert, obwohl diese auch einen Einfluss auf die untersuchten Parameter haben kann.

Wenig Berücksichtigung fand in den inkludierten Studien auch das subjektive Empfinden der Partizipierenden. Für ein benutzerzentriertes Design, das für die Akzeptanz und somit auch die Praktikabilität einer VE-Umsetzung wichtig ist [12], sind diese Parameter jedoch relevant und sollten bei zukünftigen Untersuchungen erhoben werden.

Betrachtet man die angewandten Bewertungsverfahren, fällt auf, dass die Mehrheit der inkludierten Publikationen beobachtungsbasierte Verfahren anwendet, obwohl teilweise kontinuierliche Bewegungsdaten durch MoCap-

Verfahren aufgezeichnet wurden. Hier bietet sich die Möglichkeit, die Untersuchungen auf tiefergehende messwertbasierte Bewertungsverfahren auszuweiten.

Im Rahmen des Literaturreviews wird aktuell noch untersucht, inwiefern die Resultate der angewandten Bewertungsverfahren beim Vergleich realer Aufbau und virtueller Aufbau ausfallen. Es zeichnet sich ab, dass sich keine allgemeingültigen Aussagen aus den inkludierten Publikationen ableiten lassen. Die Autoren der inkludierten Studien sind aber der Meinung, dass es sich bei VE um ein Tool handelt, das die bisherigen Werkzeuge sinnvoll ergänzen kann. Ohne allgemeingültige Aussagen sind jedoch weitergehende Einzeluntersuchungen, je nach Anwendungsfall, notwendig.

4. Ausblick

Eine ausführliche Publikation als Abschluss des durchgeführten systematischen Literaturreviews befindet sich aktuell in der Vorbereitung und nimmt insbesondere den Vergleich der Ergebnisse der Gefährdungsbeurteilung bei Anwendung im realen zur Anwendung bei Nutzung von VE in den Fokus. Daran anschließend soll eine Laborstudie untersuchen, inwiefern sich eine VE (digitales Mockup eines Arbeitsplatzes) für die Gefährdungsbeurteilung im Planungsprozess eignet. Hierbei soll der Fokus darauf liegen, ob und wie stark mögliche Unterschiede in der Bewegungsausführung bei der Ausübung der Arbeitstätigkeiten in VE im Vergleich zur Realität Einfluss auf die biomechanischen Messparameter und damit auf das Ergebnis der Gefährdungsbeurteilung haben und ob dies Konsequenzen für die Wahl der Gefährdungsbeurteilung in VE hat.

Literatur

- [1] *De Kok, J.; Vroonhof, P.; Snijders, J.; Roullis, G.; Clarke, M.; Peereboom, K.* et al.: Work-related musculoskeletal disorders: prevalence, costs and demographics in the EU. Hrsg.: European Agency for Safety Health at Work. Publications Office, 2020
- [2] Gesetz über die Durchführung von Maßnahmen des Arbeitsschutzes zur Verbesserung der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes der Beschäftigten bei der Arbeit (Arbeitsschutzgesetz – ArbSchG), 1996
- [3] *Badler, N. I.; Phillips, C. B.; Webber, B. L.*: Simulating Humans: Computer Graphics, Animation, and Control. Oxford University Press, 1993
- [4] *Porter, J. M.; Case, K.; Marshall, R.; Gyi, D.; Sims Neé Oliver, R.*: ‘Beyond Jack and Jill’: designing for individuals using HADRIAN. *International Journal of Industrial Ergonomics* 33 (2004) Nr. 3, S. 249-264
- [5] *Tranfield, D.; Denyer, D.; Smart, P.*: Towards a Methodology for Developing Evidence-Informed Management Knowledge by Means of Systematic Review. *British Journal of Management* 14 (2003), S. 207-222
- [6] OSH evidence – Clearinghouse of systematic reviews: METHODS. PEROSH, 2014
- [7] *Page, M. J.; Mckenzie, J. E.; Bossuyt, P. M.; Boutron, I.; Hoffmann, T. C.; Mulrow, C. D.* et al.: The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ* 372 (2021), S. n71
- [8] NACE Rev. 2 – Statistical classification of economic activities in the European Community, 1990
- [9] *Mcatamney, L.; Nigel Corlett, E.*: RULA: a survey method for the investigation of work-related upper limb disorders. *Applied ergonomics* 24 (1993) Nr. 2, S. 91-99
- [10] *Hignett, S.; Mcatamney, L.*: Rapid Entire Body Assessment (REBA). *Applied ergonomics* 31 (2000) Nr. 2, S. 201-205
- [11] *Karhu, O.; Kansi, P.; Kuorinka, I.*: Correcting working postures in industry: A practical method for analysis. *Applied ergonomics* 8 (1977) Nr. 4, S. 199-201
- [12] DGUV Information: Softwareergonomie (215-450). Hrsg.: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Berlin 2021

Digitale Fabrik – Prognose der physikalischen Umgebungsfaktoren (VDI 4499 Blatt 5)

Martin Liedtke¹, Gert Zülch²,

¹ Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA), Sankt Augustin

² Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Karlsruhe

Kurzfassung

Zur Unterstützung des prospektiven Arbeits- und Gesundheitsschutzes im Rahmen der Planung von Arbeitsstätten und -plätzen befasst sich der Verein Deutscher Ingenieure (VDI) seit einigen Jahren mit Simulationsverfahren und Werkzeugen der Digitalen Fabrik. Diese bieten Möglichkeiten zur Prognose der Belastung und Beanspruchung des arbeitenden Menschen. Nach dem VDI-Richtlinienblatt 3633-6 [1], das auf die Abbildung des Personals bei der Simulation von Produktionssystemen abzielt und 2001 veröffentlicht wurde, folgte im Jahre 2015 das Richtlinienblatt VDI 4499-4 [2], in dem anthropometrische und arbeitsphysiologische Aspekte in der Digitalen Fabrik behandelt werden. Dieser Beitrag greift auf der Grundlage des neuen Richtlinienblattes VDI 4499-5 [3] die Prognose von Belastungen des arbeitenden Menschen durch Umgebungseinflüsse in einem umschlossenen Arbeitsraum auf.

1 Einleitung

Simulationsverfahren und Werkzeuge der Digitalen Fabrik helfen dabei, Vorteile, aber auch Schwächen eines geplanten Produktionssystems vor dessen Realisierung zu erkennen. Ist neben anthropometrischen und arbeitsphysiologischen Aspekten auch die Wirkung von Umgebungseinflüssen auf den arbeitenden Menschen von Interesse, so findet man nur wenige Beispiele zur ergonomischen Prognose. Aber gerade diese Verfahren können für den prospektiven Arbeits- und Gesundheitsschutz von großer Bedeutung sein. Produktionslogistische Simulationsverfahren werden zunehmend genutzt, viel weniger jedoch die Möglichkeiten ergonomischer Prognosen. Auch in internationalen Expertenkreisen wie dem Technical Committee „Digital Modeling and Simulation“ der International Ergonomic Association (IEA) steht eher die biomechanische Menschmodellierung [4] im Fokus des Interesses. Auch auf inter-

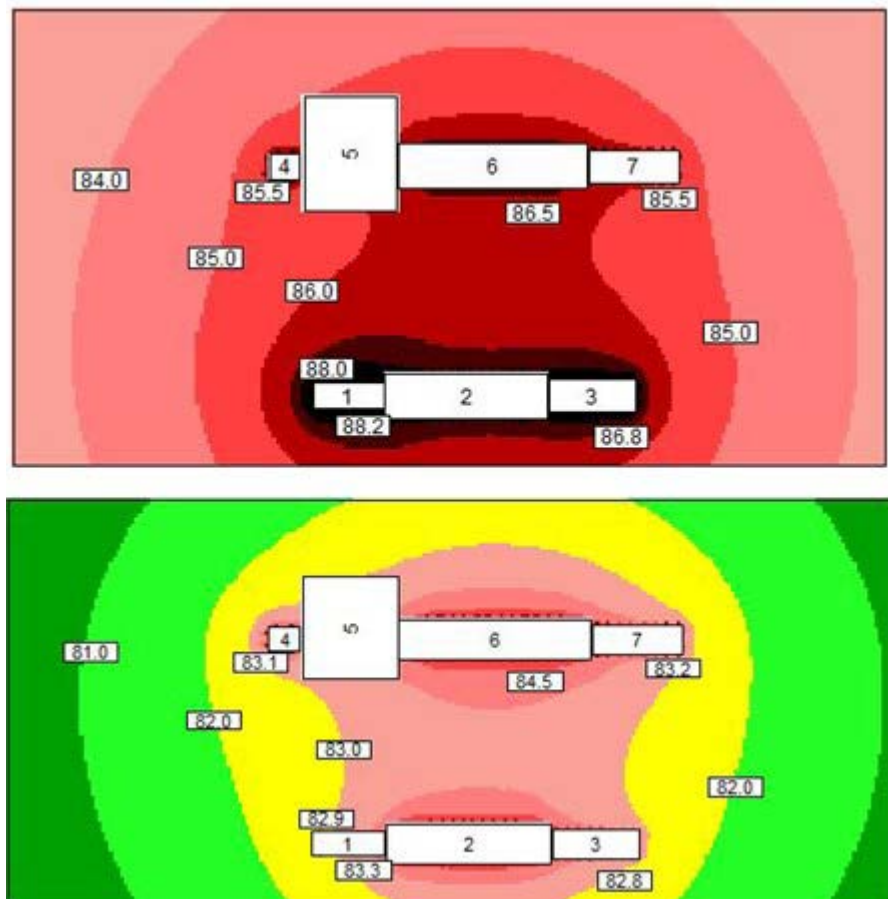


Abbildung 1:
Lärminderung in einer
Druckerei. Quelle: [8]

nationalen Ergonomiekongressen [5] und in neueren englischsprachigen Veröffentlichungen [6] finden sich kaum Hinweise auf die Bedeutung der Prognose von Umgebungseinflüssen. Im deutschsprachigen Bereich gibt es ebenfalls nur wenige Veröffentlichungen hierzu; eine Ausnahme ist Illmann et al. [7].

2 Inhalt der Richtlinie VDI 4499-5

Das VDI-Richtlinienblatt 4499-5 befasst sich mit der Prognose von Belastungen und Beanspruchungen des Menschen durch seine Arbeitsumgebung. Sie behandelt Berechnungsmethoden und Softwareverfahren, die im Rahmen der Planung und Verbesserung von Werksgebäuden in Zusammenhang mit Werkzeugen der Digitalen Fabrik verwendet werden können. Die Richtlinie orientiert sich an vom Richtlinienausschuss als vorrangig erkannten physikalischen Grundgrößen, die aus ergonomischer Sicht einen umschlossenen Arbeitsraum charakterisieren. Dabei werden die als wesentlich betrachteten Umgebungseinflüsse des Arbeitsraums (Geometrie, Reflexion, Absorption), der Raumluft (Klima, Gefahrstoffausbreitung) sowie mechanische Schwingungen (Lärm, Vibration) und elektromagnetische Schwingungen (Beleuchtung, elektromagnetische Felder, radioaktive Strahlung) betrachtet. Neben den Möglichkeiten der Bewertung von Umgebungseinflüssen erörtert die Richtlinie Methoden ihrer Beurteilung im Sinne des Arbeits- und Gesundheitsschutzes [3]. Die Richtlinie VDI 4499-5 nennt Bewertungsmethoden und in Deutschland verfügbare Softwareverfahren zu jedem der behandelten Umgebungseinflüsse. Außerdem behandelt sie die Grundlagen zur Beurteilung, die in Verordnungen und anderen normativen Regelungen vorliegen.

Zur Belastungsprognose gibt es bereits einige in Deutschland verfügbare Softwareverfahren. **Abbildung 1** zeigt ein

typisches Beispiel: Die Schalldruckpegelverteilung für einen Arbeitsraum in einer Druckerei und die Prognose des durch Lärminderungsmaßnahmen erreichbaren Erfolges.

Die Beanspruchung des menschlichen Gewebes (**Abbildung 2**) oder die Nervenreizung durch ein elektromagnetisches Feld gehört zu den weniger verfügbaren Prognoseanwendungen. Von größerer Bedeutung sind die thermophysiologicalische und die radioaktive Beanspruchung menschlicher Organe.

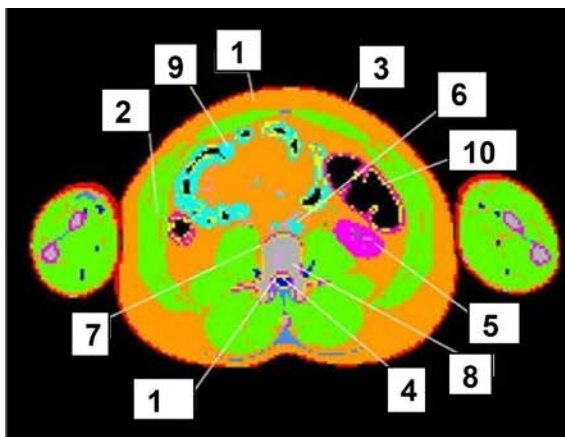
Als Beispiel für die Anwendung der Simulationsverfahren und Werkzeuge der digitalen Fabrik kann die Publikation „Simulation von Arbeitsumweltfaktoren zur Gestaltung von menschengerechten und effizienten Arbeitsplätzen“ [10] dienen, die aufzeigt, wie mit digitalen Werkzeugen der digitalen Fabrik für die Batteriemontage in einer Fabrikhalle mittels Simulationen von Arbeitsumweltfaktoren sowie der Arbeitsbedingungen bereits im Planungsprozess alternative Gestaltungsvarianten betrachtet werden können, um frühzeitig eine Optimierung der Arbeitsumgebung zur menschengerechten Arbeitsgestaltung zu erreichen.

3 Noch bestehende Lücken in der Richtlinie VDI 4499-5

Die Einbeziehung von Umgebungseinflüssen in die Simulationsverfahren und Werkzeuge der Digitalen Fabrik ist zurzeit weniger entwickelt als die Anwendungsbereiche der beiden anderen schon erwähnten Richtlinien. In der Richtlinie VDI 4499-5 fehlen noch Aspekte wie Arbeiten im Unter- und Überdruck, künstliche optische Strahlen (außer Beleuchtung) und radioaktive Korpuskularstrahlen. Auch chemische und biologische Faktoren, die beim (taktilen oder ingestiven) Kontakt

Abbildung 2:

Beanspruchung des menschlichen Gewebes durch elektromagnetische Felder. Quelle: [9]



Transversalschnitt des Rumpfes in 120 cm Körperhöhe

Nr./Farbe	Gewebeart	Gewebeleitfähigkeit in S/m
1	Fett	0,01
2	Muskel	0,02
3	Haut	0,0002
4	Nerven	0,006
5	Niere	0,05
6	Blut	0,7
7	Knochensubstanz kortikal	0,02
8	Knochenmark	0,07
9	Dünndarm	0,5
10	Dickdarm	0,01
11	Rückenmarkflüssigkeit	2
12	Luft	0,0

Frequenzbereich 50 Hz bis 20000 Hz
Feldstärke H (A/m / 1A)

mit Arbeitsgegenständen und Materialien auftreten können, werden von der Richtlinie nicht behandelt. Die Beschreibung der Belastungen und Beanspruchungen des Menschen durch chemische und biologische Faktoren beschränken sich auf die Ausbreitung in geschlossenen Arbeitsräumen durch physikalische Einwirkungen, vor allem in Folge von Luftströmungen.

4 Vision zukünftiger Anwendungen der digitalen Fabrik

Für die Ergonomie bleiben noch einige Aufgaben zu lösen. Dies sind z. B. die zeitraumbezogene Bewertung und Beurteilung sukzessiver und simultaner Belastungen, die insbesondere für kombinierte Belastungsarten große Bedeutung besitzen. Dafür gibt es zwar vereinzelt Berechnungsmethoden, aber ein genereller Ansatz ist nicht verfügbar. Auch für die notwendige Kopplung von Simulation und Digitaler Fabrik bei zeitraumbezogenen Analysen gibt es nur wenige Realisierungen. Zudem muss die Validität der Berechnungsverfahren immer wieder hinterfragt werden [11]. Auch die weitere Einbindung isolierter Werkzeuge (Insellösungen) in die Digitale Fabrik stellt weiterhin eine Herausforderung dar, ebenso wie die redundanzfreie Datenhaltung bei der Analyse mehrerer Umgebungseinflüsse. Dabei muss die Einbindung gesetzlicher und normativer Regelungen zur Beurteilung von Bewertungsergebnissen realisiert werden.

Für die Vision einer umfassenden ergonomischen Prognose bedarf es noch vielfacher Anstrengungen in Forschung und Entwicklung (Abbildung 3).

Literatur

- [1] VDI 3633-6:2001-10: Simulation von Logistik-, Materialfluss- und Produktionssystemen – Abbildung des Personals in Simulationsmodellen. Berlin: Beuth 2001. <https://www.beuth.de/de/technische-regel/vdi-3633-blatt-6/44890290>
- [2] VDI 4499-4:2015-03: Digitale Fabrik – Ergonomische Abbildung des Menschen in der Digitalen Fabrik. Berlin: Beuth 2015. <https://www.beuth.de/de/technische-regel/vdi-4499-blatt-4/222813009>
- [3] VDI 4499-5:2021-12 (Entwurf): Digitale Fabrik – Prognose von Umgebungseinflüssen auf den arbeitenden Menschen. Berlin: Beuth 2021
- [4] *Briceno, L.; Paul, G.: MakeHuman: A Review of the Modelling Framework.* In: Bagnara S, Tartaglia R, Albolino S, Alexander T, Fujita Y (Eds) IEA 2018: Proceedings of the 20th Congress of the International Ergonomics Association, AISC Volume 822:224-232. Cham: Springer 2018. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-319-96077-7>



Abbildung 3:
Vision der Prognose
von Arbeitsbelastungen
in der Digitalen Fabrik.
Quelle: [12]

- [5] *Nunes, I.L.* (Ed): AHFE: International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics, AISC Volume 781. Cham: Springer 2019. <https://link.springer.com/conference/ahfe>
- [6] *Neumann, W.P.; Winkelhaus, S.; Grosse, E.H.; Glock, C.H.*: Industry 4.0 and the human factor - A systems framework and analysis methodology for successful development. International Journal of Production Economics (2021), 233:107992.
- [7] *Illmann, B.; Fritzsche, L.; Ullmann, S.; Leidholdt, W.*: Ganzheitliche Gefährdungsbeurteilung mit digitalen Menschmodellen – Die Integration von Umgebungsbedingungen in die Digitale Fabrik. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Ed) VerANTWORTung für die Arbeit der Zukunft. Dortmund: GfA Press 2015. <http://gfa2015.gesellschaft-fuer-arbeitswissenschaft.de/inhalt/A.2.7.pdf>.
- [8] Lärminderung in einer Druckerei. Ausgabe 9/2014. In: Aus der Arbeit des IFA, Nr. 0198. Hrsg.: Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung, Sankt Augustin 2014. <https://publikationen.dguv.de/widgets/pdf/download/article/2292>
- [9] *Börner, F.*: Elektromagnetische Felder an handgeführten Punktschweißzangen. BGIA-Report 2/2009. Hrsg.: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), 2009
- [10] *Spitzhirm, M.; Liedtke, M.; Grün, G.; Matheis, C.*: Simulation of work environment factors for human-oriented and efficient workplaces. Z. Arb. Wiss. (2022), S. 416-439. Springer, 2022. <https://rdcu.be/c0tlq>
- [11] *Zülch, G.; Keller, V.*: Die neue VDI-Richtlinie zur Prognose von Umgebungseinflüssen in der Digitalen Fabrik. In: Franke, J.; Schuderer, P. (Hrsg.): Simulation in Produktion und Logistik 2021 (ASIM-Mitteilung Nr. 177). Göttingen: Cuvillier 2021, S. 1-10.
- [12] *Spitzhirm, M.*: Persönliche Mitteilung vom 13. Februar 2020. Chemnitz: imk automotive 2020

Berufskrankheiten

Berufskrankheiten mit MSE-Bezug – Aktuelle Hilfsmittel zur Ermittlung der Einwirkung

Dirk Ditchen,

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

Einleitung

Als Berufskrankheiten werden gemäß § 9 Abs.1 SGB VII Krankheiten per Rechtsverordnung bezeichnet, die nach den Erkenntnissen der medizinischen Wissenschaft durch besondere Einwirkungen verursacht sind, denen bestimmte Personengruppen durch ihre Arbeit in erheblich höherem Grad als die übrige Bevölkerung ausgesetzt sind [1]. Die Berufskrankheiten werden in der sogenannten Berufskrankheitenliste (BK-Liste) der Anlage 1 zur Berufskrankheiten-Verordnung (BKV) aufgeführt, die derzeit 82 Positionen umfasst [2].

Muskel-Skelett-Erkrankungen als Berufskrankheiten

Unter den Berufskrankheiten spielen unter anderem auch Muskel-Skelett-Erkrankungen (MSE) eine große Rolle. Für das Jahr 2021 finden sich unter den 20 am häufigsten angezeigten Berufskrankheiten sieben mit MSE-Bezug [3]. Insgesamt umfasst die aktuelle BK-Liste 13 Berufskrankheiten mit MSE-Bezug, auf die im Jahr 2021 etwa 12 760 Verdachtsanzeigen entfielen. Weitere MSE stehen derzeit zur Prüfung bzw. wurden vom Ärztlichen Sachverständigenbeirat „Berufskrankheiten“ beim Bundesministerium für Arbeit und Soziales bereits als neue Berufskrankheit empfohlen [4].

Die Unfallversicherungsträger (UV-Träger) haben den gesetzlichen Auftrag, Berufskrankheiten zu verhüten, aber auch bei Vorliegen einer Berufskrankheit die Versicherten oder deren Hinterbliebene zu entschädigen. Zu diesem Zweck sind die UV-Träger verpflichtet, beim Eingang einer Verdachtsmeldung den Sachverhalt zu ermitteln. Zu diesem Zweck sind neben den medizinischen Voraussetzungen insbesondere arbeitsbedingte Einwirkungen zu ermitteln und zu bewerten.

Die Grundzüge einer trägerübergreifend einheitlichen und qualitätsgesicherten Vorgehensweise bei der Ermittlung und Bewertung der Einwirkung sind in der DGUV Handlungsempfehlung „Ermittlung und Bewertung der Einwirkung im Berufskrankheitenverfahren“ zusammengefasst [5]. Neben diesen allgemeinen Hinweisen sind in der BK-Ermittlung aber häufig detailliertere Informationen zu Arbeitsplätzen und Tätigkeiten sowie gezielte Arbeitshilfen für fachspezifische Inhalte einer BK-Nummer

notwendig, um die arbeitsbedingte Einwirkung valide abschätzen zu können. Aus diesem Grund entwickelt die DGUV Arbeitsgruppe „BK-Einwirkung“ unter Federführung des Instituts für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA) regelmäßig Arbeitshilfen wie Handlungsempfehlungen oder Positiv-Listen, von denen hier eine aktuelle Auswahl mit Bezug zu MSE vorgestellt werden soll.

BK-Nr. 2113 „Carpaltunnel-Syndrom“

Am 1. Januar 2015 wurde das Carpal tunnel-Syndrom (CTS) in die Liste der Berufskrankheiten unter der Nummer 2113 mit folgender Definition aufgenommen:

„Druckschädigung des Nervus medianus im Carpal tunnel (Carpaltunnel-Syndrom) durch repetitive manuelle Tätigkeiten mit Beugung und Streckung der Handgelenke, durch erhöhten Kraftaufwand der Hände oder durch Hand-Arm-Schwingungen“ [6]

Die Vielzahl an unterschiedlichen arbeitsbedingten Einwirkungen, die im Rahmen der Ermittlungen zur BK-Nr. 2113 detailliert zu erfassen und bewerten sind, stellen eine große Herausforderung dar. Die seit Einführung der Berufskrankheiten gewonnenen Praxiserfahrungen bei den UV-Trägern sowie aktuelle wissenschaftliche Studien haben die Notwendigkeit zur Überarbeitung der ursprünglichen Handlungsanleitung gezeigt. Als Konsequenz konnte im November 2020 die „DGUV Handlungsempfehlung ‘Carpaltunnel-Syndrom (CTS)’ zur Ermittlung und Bewertung der arbeitsbedingten Einwirkung im Sinne der Berufskrankheit Nr. 2113“ (IFA-Ringbuch, Anhang 9500) publiziert werden. Das Dokument enthält Informationen zum medizinischen Hintergrund des CTS und zu den relevanten arbeitsbedingten Risikofaktoren (Repetition, Kraft, Vibration). Zudem gibt es konkrete Hinweise zum Ermittlungszeitraum und zur relevanten Einwirkungsdauer.

Als wichtigste Neuerung ist das empfohlene mehrstufige Verfahren zur Bewertung der Einwirkung zu nennen, wobei sich die jeweils höhere Verfahrensstufe durch einen erhöhten Detaillierungsgrad und entsprechend höheren Aufwand auszeichnet. Der Vorschlag umfasst ein einfaches „Listen-Verfahren“, ein klassisches Bewertungsverfahren und messtechnische Methoden.

Listen-Verfahren

Aufgrund mehrjähriger Praxiserfahrungen mit der BK-Nr. 2113 konnten die UV-Träger eine Liste mit Berufen zusammenstellen, bei denen die geforderte Einwirkung – eine berufstypische Ausübung in Vollzeit vorausgesetzt – regelmäßig vorliegt. Bei der Anwendung der Liste ist zu beachten, dass es auch weiterhin der Ermittlung im Einzelfall bedarf, ob die zu bewertenden beruflichen Tätigkeiten dem in der Liste beschriebenen Profil entsprechen, in entsprechendem zeitlichem Umfang ausgeübt wurden und in einem engen zeitlichen Zusammenhang zum Erkrankungsbeginn gestanden haben. Diese „CTS-Positiv-Liste“ (IFA-Ringbuch, Anhang 9510) kann ausschließlich zur Bestätigung des Vorliegens der BK-relevanten Einwirkung herangezogen werden, nicht aber zur Ablehnung, da auch bei auf der Liste fehlenden Berufen eine relevante Einwirkung vorliegen kann. In diesen Fällen ist eine weitere Ermittlung der Einwirkung und ggf. der Einsatz geeigneter Bewertungsverfahren erforderlich.

Bewertungsverfahren

Aufgrund neuer wissenschaftlicher Erkenntnisse konnte für die Bewertung von Einwirkungen durch Kraftaufwand und/oder Repetition auf das Handgelenk ein einheitliches Verfahren für die Praxis etabliert werden: die Hand Activity Level Threshold Limit Value (Schwellenwert-Verfahren für Hand-Aktivität, HAL-TLV-Methode) [7].

Repetitive Tätigkeiten mit Beugung und Streckung im Handgelenk lassen sich durch die Festlegung des Hand-Activity-Level (Grad der Hand-Aktivität, HAL) auf der Latko-Skala [8] bewerten. Als Hilfestellung sind in der Handlungsempfehlung Beispieltätigkeiten für die einzelnen Punktwerte angegeben.

Die Bewertung der Handkräfte erfolgt über die Abschätzung der maximalen Handkraft (Peak Force) bzw. der besser geeigneten normierten Spitzenkraft (Normalized Peak Force, NPF). Diese Kraft kann auch in Anlehnung an die Borg-Skala [9] beurteilt werden. Die Handlungsempfehlung unterstützt diese Einschätzung der Kraft durch Praxisbeispiele für die einsetzbaren Kraft-Scores.

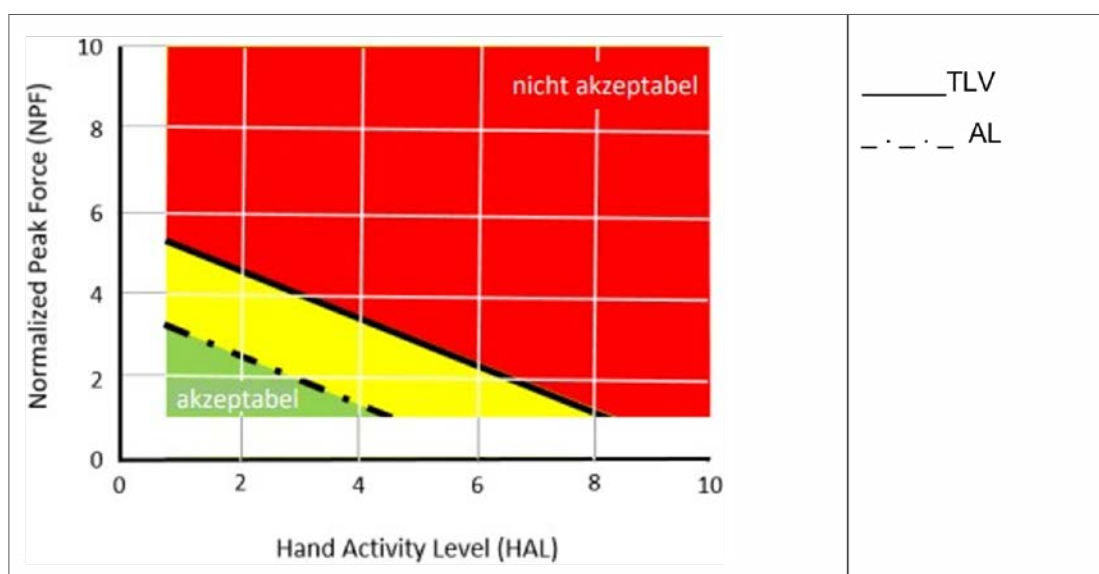
Die kombinierte Bewertung beider Einwirkungsarten erfolgt dann über ein Ampel-Schema (**Abbildung**). Für die Bewertung der Einwirkung wird folgende Einstufung vorgeschlagen:

HAL-TLV liegt im Farbbereich:

- Rot (\geq TLV): Es liegt eine relevante Einwirkung im Sinne der BK-Nr. 2113 aufgrund von „Repetition“ und/oder „Kraft“ vor.
- Gelb ($>$ AL, $<$ TLV): Es liegt eine erhöhte Einwirkung im Sinne der BK-Nr. 2113 durch „Repetition“ und/oder „Kraft“ vor. Weitere Faktoren wie Hand-Arm-Vibrationen sind zu prüfen.

Abbildung:

Ampelschema der HAL-TLV-Methode zur kombinierten Bewertung arbeitsbedingter Einwirkungen durch Kraft und Repetition auf das Handgelenk (verändert nach [7]); NPF = normalisierte Spitzenkraft; HAL= Hand Activity Level („Grad der Hand-Aktivität“); TLV = Threshold Limit Value („Schwellenwert“); AL= Action Limit („Eingriffsgrenze“). Quelle: verändert nach [7]



- Grün (AL): Es liegt keine relevante Einwirkung im Sinne der BK-Nr. 2113 durch „Repetition“ und/oder „Kraft“ vor. Weitere Faktoren wie Hand-Arm-Vibrationen sind zu prüfen.

Die Dokumentation und Beurteilung der Einwirkung gegenüber Hand-Arm-Vibrationen erfolgt analog zum Vorgehen bei der BK-Nr. 2104 „Vibrationsbedingte Durchblutungsstörungen an den Händen“ gemäß DIN EN ISO 5349-1 [10] und Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung (Lärm-VibrationsArbSchV) [11] für Hand-Arm-Vibrationen.

Da sich das CTS-Erkrankungsrisiko bei kombinierter Einwirkung mehrerer Risikofaktoren erhöht, wird empfohlen, das Vorliegen einer relevanten Einwirkung im Sinne der BK-Nr. 2113 immer dann anzunehmen, wenn mindestens einer der Faktoren den Risikoklassen „rot“ oder „gelb“ zugeordnet wird.

Zur Unterstützung der Ermittlung und Bewertung der Einwirkung steht den UV-Trägern die IFA Anamnesesoftware zur Verfügung.

Messtechnische Methoden

Messtechnische Methoden bieten eine Möglichkeit, Einwirkungen an bestehenden Arbeitsplätzen wissenschaftlich exakt zu ermitteln und zu bewerten [12]. Dies kann z. B. bei sehr dynamischen Tätigkeiten oder komplexen Belastungssituationen zielführend sein. Von besonderem Interesse sind derartige Methoden, wenn es darum geht, eine valide Datenerhebung zur Entwicklung von Einwirkungskatastern durchzuführen, sodass sie etwa für zukünftige BK-Ermittlungen genutzt werden können.

BK-Nr. 2116 „Koxarthrose“

Am 1. August 2021 wurde die arbeitsbedingte Hüftgelenksarthrose (Koxarthrose) als BK-Nr. 2116 in die BK-Liste aufgenommen. Die genaue Definition lautet:

„Koxarthrose durch Lastenhandhabung mit einer kumulativen Dosis von mindestens 9 500 Tonnen während des Arbeitslebens gehandhabter Lasten mit einem Lastgewicht von mindestens 20 kg, die mindestens zehnmal pro Tag gehandhabt wurden“. [13]

Auch hier konnte die DGUV Arbeitsgruppe „BK-Einwirkung“ frühzeitig tätig werden und Kriterien für eine trägerübergreifend einheitliche und qualitätsgesicherte Ermittlung und Bewertung der relevanten Einwirkung entwickeln. Diese Kriterien sind in der „DGUV Handlungsempfehlung „Koxarthrose“ zur Ermittlung und Bewertung der arbeitsbedingten Einwirkungen bei der Berufskrank-

heit Nr. 2116“ (IFA-Ringbuch, Anhang 9600) zusammengestellt.

Die Handlungsempfehlung umfasst Informationen zu dem medizinischen Hintergrund der Koxarthrose und den arbeitsbedingten Risikofaktoren in Form von manuellen Lastenhandhabungen (Heben/Umsetzen von schweren Lasten). Dabei stehen die in der wissenschaftlichen Begründung zur BK-Nr. 2116 geforderten Mindestkriterien wie Schwere der Last sowie tägliche und kumulative „Mindestdosen“ im Vordergrund. Die Autorinnen und Autoren geben entsprechende Hinweise zum Vorgehen bei der Ermittlung und der Bewertung der Einwirkung und zeigen beispielhaft die Dosis-Berechnung in der Praxis.

Die Empfehlungen sind – neben aufbereiteten Katasterdaten – ebenfalls in die IFA Anamnesesoftware eingeflossen, sodass auch für die BK-Nr. 2116 eine EDV-technische Unterstützung trägerübergreifend zur Verfügung steht.

BK-Nr. 2101 „Sehnenscheidenentzündungen“

Die Berufskrankheit Nr. 2101 besteht in ihren Grundzügen bereits seit 1963 [14] und wurde zuletzt am 1. Januar 2021 angepasst („Wegfall des Unterlassungszwangs“ [15]). Die aktuelle Definition lautet:

„Schwere oder wiederholt rückfällige Erkrankungen der Sehnenscheiden oder des Sehnengleitgewebes sowie der Sehnen- oder Muskelansätze“ [14].

Obwohl die Bearbeitung dieser Berufskrankheit bereits seit Jahrzehnten zur Aufgabe der UV-Träger zählt, bereitet die Ermittlung – und insbesondere die Bewertung – der arbeitsbedingten Einwirkung in der Praxis regelmäßig Schwierigkeiten. Folgerichtig wurde die BK-Nr. 2101 auf den BK-Qualitätssicherungstagen 2019 von den UV-Trägern mit zu den am schwierigsten zu bearbeitenden BK gezählt [16].

Die von der Arbeitsgruppe „BK-Einwirkung“ entwickelte und im Mai 2022 publizierte „DGUV Handlungsempfehlung „BK-Nr. 2101“ zur Ermittlung und Bewertung der arbeitsbedingten Einwirkungen bei der Berufskrankheit Nr. 2101“ (IFA-Ringbuch, Anhang 9520) soll nun helfen, diese Probleme in der BK-Praxis zu lösen.

Die neue Handlungsempfehlung bietet Informationen zu folgenden Themen: Medizinischer Hintergrund, arbeitsbedingte Risikofaktoren, Grundsätze der Ermittlung und Verfahren zur Bewertung der Einwirkung. Die Kriterien zur Bewertung sind anhand von Praxisbeispielen aus verschiedenen Berufsfeldern veranschaulicht.

Bei der Entwicklung der Handlungsempfehlung wurden neben der aktuellen Rechtsprechung und den über Jahrzehnte gesammelten Praxiserfahrungen der UV-Träger insbesondere auch neue Forschungsergebnisse berücksichtigt. So zeigten aktuelle Studien, dass das bereits bei der BK-Nr. 2113 empfohlene Bewertungsverfahren „HAL-TLV“ [7] auch geeignet ist, das Risiko zur Entstehung von Erkrankungen der oberen Extremitäten im Sinne der BK-Nr. 2101 zu bewerten.

Eine entsprechende Implementierung der Empfehlungen und der HAL-TLV-Methode zur Bearbeitung der BK-Nr. 2101 in die IFA Anamnesesoftware ist für das Jahr 2023 geplant.

Läsion der Rotatorenmanschette

Der Ärztliche Sachverständigenbeirat „Berufskrankheiten“ beim Bundesministerium für Arbeit und Soziales hat am 14. September 2021 empfohlen, eine neue Berufskrankheit in die Anlage 1 der Berufskrankheiten-Verordnung aufzunehmen und eine entsprechende wissenschaftliche Begründung publiziert. Der Titel der empfohlenen Berufskrankheit lautet:

„Läsion der Rotatorenmanschette der Schulter durch eine langjährige und intensive Belastung durch Überschulterarbeit, repetitive Bewegungen im Schultergelenk, Kraftanwendungen im Schulterbereich durch Heben von Lasten oder Hand-Arm-Schwingungen“. [17]

Als relevante Risikofaktoren für die empfohlene Berufskrankheit gelten laut wissenschaftlicher Begründung folgende Einwirkungen:

- Einwirkung durch Arbeiten mit den Händen auf Schulterniveau oder darüber mit einer kumulativen Dauer während des Arbeitslebens von 3 600 Stunden.
- Repetitive Bewegungen des Oberarms im Schultergelenk: Kumulative Dauer von Bewegungen des Oberarms im Schultergelenk mit moderater Repetition (4 bis 14 Schultergelenksbewegungen pro Minute) in Höhe von 38 000 Stunden während des Arbeitslebens oder kumulative Dauer von Tätigkeiten mit hochgradiger Repetition von Bewegungen des Oberarms im Schultergelenk (≥ 15 Schultergelenksbewegungen pro Minute) in Höhe von 9 400 Stunden während des Arbeitslebens.
- Kraftanwendungen im Schulterbereich in Form von Lastenhandhabung: Kumulative Dauer der Exposition während des Arbeitslebens in Höhe von 200 Stunden betreffend das ein- oder beidhändige Heben von Lasten mit einem Lastgewicht von mindestens 20 kg.
- Hand-Arm-Schwingungen mit einer Schwingungsbeschleunigung von ≥ 3 m/s² mit einer kumulativen Dauer während des Arbeitslebens von 5 300 Stunden.

Die Arbeitsgruppe „BK-Einwirkung“ erarbeitet derzeit eine Handlungsempfehlung zur Ermittlung und Bewertung der arbeitsbedingten Einwirkungen bei der empfohlenen Berufskrankheit. Die Inhalte basieren im Wesentlichen auf den entsprechenden Ausführungen in der wissenschaftlichen Begründung, der relevanten Fachliteratur und ersten Erfahrungen bei den UV-Trägern. In bewährter Weise werden der medizinische Hintergrund, die arbeitsbedingten Risikofaktoren, Empfehlungen zur Ermittlung der einzelnen Einwirkungen sowie Beispiele aus der beruflichen Praxis dargestellt.

Eine Fertigstellung der Handlungsempfehlung ist für 2023 geplant, parallel dazu erfolgt die Entwicklung eines entsprechenden Moduls der IFA Anamnesesoftware.

Literatur

- [1] Berufskrankheiten – Fragen und Antworten. Hrsg.: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Berlin 2022
- [2] Berufskrankheiten-Verordnung vom 31. Oktober 1997 (BGBl. I S. 2623), die zuletzt durch Artikel 1 der Verordnung vom 29. Juni 2021 (BGBl. I S. 2245) geändert worden ist
- [3] DGUV – Zahlen und Fakten. Hrsg.: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV). www.dguv.de (Webcode: d34910)
- [4] Ärztlicher Sachverständigenrat Berufskrankheiten. Hrsg.: Bundesministerium für Arbeit und Soziales (BMAS). <https://www.bmas.de/DE/Soziales/Gesetzliche-Unfallversicherung/Aerztlicher-Sachverstaendigenbeirat/aerztliche-sachverstaendigenbeirat-art.html>
- [5] DGUV Handlungsempfehlung „Ermittlung und Bewertung der Einwirkung im Berufskrankheitenverfahren“, Ausg. 05/2021. <https://publikationen.dguv.de/versicherungleistungen/berufskrankheiten/3652/dguv-handlungsempfehlung-ermittlung-und-bewertung-der-einwirkung-im-berufskrankheitenverfahren?c=23>

- [6] Wissenschaftliche Begründung für die Berufskrankheit „Druckschädigung des Nervus medianus im Carpal tunnel (Carpaltunnelsyndrom) durch repetitive manuelle Tätigkeiten mit Beugung und Streckung der Handgelenke, durch erhöhten Kraftaufwand der Hände oder durch Hand-Arm-Schwingungen“. Bek. des BMAS vom 1.5.2009 - IVa4-45226-2; GMBL., S. 573-581
- [7] Hand Activity. In: TLVs and BEIs based on the documentation of the Threshold Limit Values for chemical substances and physical agents AND Biological Exposure Indices. American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH), 2018, p. 186
- [8] *Latko, W.; Armstrong, T.; Foulke, J.; Herrin, G.; Rouborn, R.; Ulin, S.*: Development and Evaluation of an Observational, Method for Assessing Repetition in Hand Tasks. *Am Ind Hyg Assoc J* 58 (1997) Nr. 4, pp. 278-285
- [9] *Borg, G.*: Borg's perceived exertion and pain scales. Stockholm, Human Kinetics 1998.
- [10] DIN EN ISO 5349-1:2001-12: Mechanische Schwingungen – Messung und Bewertung der Einwirkung von Schwingungen auf das Hand-Arm-System des Menschen – Teil 1: Allgemeine Anforderungen (ISO 5349-1:2001); Deutsche Fassung EN ISO 5349-1:2001.
- [11] Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung vom 6. März 2007 (BGBl. I S. 261), die zuletzt durch Artikel 5 Absatz 5 der Verordnung vom 18. Oktober 2017 (BGBl. I S. 3584) geändert worden ist
- [12] MEGAPHYS – Mehrstufige Gefährdungsanalyse physischer Belastungen am Arbeitsplatz, Abschlussbericht zum Kooperationsprojekt von BAuA und DGUV, Band 2. DGUV Report 3/2020. Hrsg.: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Berlin 2020.
- [13] Berufskrankheiten-Verordnung: Empfehlung des Ärztlichen Sachverständigenbeirats „Berufskrankheiten“ - Koxarthrose durch Lastenhandhabung. Bek. des BMAS vom 25.03.2020. GMBL. 11 (2020), S. 218-227
- [14] Merkblatt zur BK-Nr. 2101: Schwere oder wiederholt rückfällige Erkrankungen der Sehnenscheiden oder des Sehneleitgewebes sowie der Sehnen- oder Muskelansätze. Merkblatt zur BK-Nr.43 (jetzt 2101) der Anl. 1 zur 7. BKVO (Bek. des BMA v. 18.2.1963, BArbBl. Fachteil Arbeitsschutz 1963, 24) unter Berücksichtigung der Änderungen vom 1.12.2007 (Bek. des BMAS v. 1.12.2007 - IVa 4-45222 - 2101/3)
- [15] Hinweise zu den Berufskrankheiten Nr. 1315, 2101, 2104, 2108 bis 2110, 4301, 4302, 5101 vom 30. März 2022. Hrsg.: Bundesministerium für Arbeit und Soziales, 2022. https://www.dguv.de/de/datenbanken/rundschreiben/rundschreibenausgabe/rundschreibendetail_488832.jsp?query=webcode+dp1319544
- [16] *Ditchen, D.; Nolde, T.; Rehme, G.; Rose, B.; Seibel, J.; Teich, E.*: Herausforderungen und Lösungsansätze in der Berufskrankheitenpraxis,“ DGUV Forum, Bd. 1 (2021), S. 25-31
- [17] Wissenschaftliche Begründung für die Berufskrankheit „Läsion der Rotatorenmanschette der Schulter durch eine langjährige und intensive Belastung durch Überschulterarbeit, repetitive Bewegungen im Schultergelenk, Kräfteanwendungen im Schulterbereich durch H. GMBL. (2021) Ausg. 64-65, S. 1411

BK-Nr. 2112 und GonKatast – neue Module, Überblick und Ausblick zu Expositionen und Prävention

Mark Brütting,

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

Kurzfassung

Die Ermittlung von körperlichen Belastungen in Berufskrankheitenverfahren zur Berufskrankheit (BK) Gonarthrose (BK-Nr. 2112) erfolgt über die Berechnung von Tagesbelastungen über das gesamte Arbeitsleben. Hierzu sind Annahmen oder bestenfalls Kenntnisse über durchschnittliche, die Knie belastende Körperhaltungen der Versicherten bei der Ausführung typischer Tätigkeiten im entsprechenden Beruf erforderlich. Messwertbasierte Katasterdaten sind dabei zu bevorzugen, da eine Rekonstruktion von Körperhaltungen während eines ganzen Arbeitslebens allein aufgrund von Erinnerungen naturgemäß erheblichen Abweichungen von der Realität unterliegen kann. Im Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA) wird die Erstellung solcher Kataster in Zusammenarbeit mit den Unfallversicherungsträgern (UVT) durch Messprojekte organisiert und den BK-Sachbearbeitern nach Auswertung der mit CUELA-Messsystemen gewonnenen Körperhaltungsdaten als repräsentative Daten in der IFA Anamnesesoftware zur Verfügung gestellt. Dieser Beitrag stellt aktuelle Ergebnisse von Katastermessungen vor, beschreibt einige Besonderheiten in den Tätigkeitsmodulen und gibt Hinweise und Anregungen für die Vorgehensweise bei der Berechnung. Die Katasterdaten liefern auch Hinweise für die Präventionsarbeit, da erst durch die Kenntnis des „Ist-Zustands“ (oder auch „War-Zustands“) entsprechend erfolgreiche Maßnahmen im Sinne der Verhältnis- und Verhaltensprävention ausgearbeitet und empfohlen werden können.

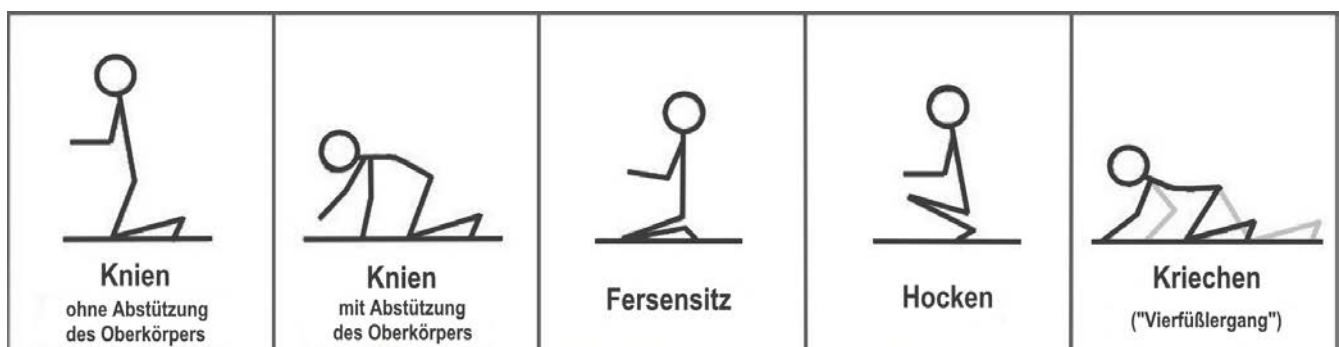
1 Hintergrund

Am 11. Juni 2009 wurde in Deutschland die Berufskrankheit (BK) „Gonarthrose durch eine Tätigkeit im Knieen oder vergleichbare Kniebelastung mit einer kumulativen Einwirkungsdauer während des Arbeitslebens von mindestens 13 000 Stunden und einer Mindesteinwirkungsdauer von mindestens einer Stunde pro Schicht“ in die Berufskrankheitenliste aufgenommen. In der wissenschaftlichen Begründung zur BK-Nr. 2112 [1] wurde als Ursache „eine erhöhte Druckkraft während einer beruflichen Tätigkeit im Knieen oder einer vergleichbaren Kniebelastung auf den Gelenkknorpel im Retropatellar- und Tibiofemoralgelenk“ angenommen. Als „Knieen und vergleichbare Kniebelastungen“ sind fünf verschiedene Körperhaltungen beschrieben: Knieen mit und ohne Abstützung des Oberkörpers, Knieen im Fersensitz, Hocken und Kriechen (Abbildung 1).

Zur Beurteilung der arbeitstechnischen Voraussetzungen einer BK-Nr. 2112 müssen daher die Zeitanteile mit Tätigkeiten in kniebelastenden Haltungen in den täglichen Arbeitsschichten für alle Beschäftigungszeiträume des/der Versicherten ermittelt werden. Nur diejenigen Arbeitsschichten, in denen sechzig Minuten kniebelastende Haltungen überschritten werden, gehen dabei in die Summe der „Lebensdosis“ ein. Zum Zeitpunkt der Festlegung der neuen BK lagen allerdings kaum gesicherte Erkenntnisse zu eingenommenen Körperhaltungen in den verschiedenen Berufen und deren jeweilige Zeitanteile vor. Daher hat das Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA) in Zusammenarbeit mit mehreren Unfallversicherungsträgern (UVT) ein Messwertkataster mithilfe des CUELA-Messsystems [2] auf-

Abbildung 1:

Kniebelastende Haltungen nach BK-Nr. 2112 „Gonarthrose“. Quelle: Autor



gebaut: Projekt 4138 GonKatast [3]. Ziel dieses Katasters war es, valide Daten zur Quantifizierung der relevanten Kniebelastungen innerhalb verschiedener Berufsgruppen zu erhalten und Grundlagen für Präventionsmaßnahmen sowie für arbeitstechnische Ermittlungen im Rahmen von BK-Feststellungsverfahren zu schaffen. Inzwischen wird die Anamnesesoftware „Kniegelenkserkrankungen“ mit den hinterlegten Katasterdaten von vielen UVT genutzt, Dies wird unter anderem auch durch die starke Nachfrage nach Softwareschulungen im IFA und das relativ hohe Aufkommen von BK-Verdachtsanzeigen (> 1 800 im Jahr 2021 [4]) belegt. In den letzten Jahren hat sich herausgestellt, dass neben den 17 in der wissenschaftlichen Begründung genannten Berufen mit kniebelastenden Tätigkeiten und den im Kataster aufgeführten Tätigkeitsmodulen verschiedene andere Berufe und Tätigkeiten bei BK-Verdachtsanzeigen ebenfalls häufiger vorkommen. Aus diesem Grund sollte das Messwert-Kataster kniebelastender Tätigkeiten um weitere Berufe und Tätigkeitsmodule erweitert werden.

2 Methoden

Unter Leitung des IFA wurde eine Arbeitsgruppe mit Vertretern verschiedener interessierter Berufsgenossenschaften (BG) und Unfallkassen (UK) gebildet. Diese benannten – aufgrund der in den letzten Jahren gesammelten Erfahrungen im Bereich der BK-Verdachtsanzeigen – jeweils die für sie relevanten Berufe und Tätigkeiten. Geplant wurden daraufhin Messungen von Tätigkeiten verschiedener Bauhandwerksberufe wie Maurer und Trockenbauer (BG BAU), Kraftfahrzeugmechaniker für Personenkraftwagentechnik (BG Holz und Metall), Küchenmonteure (BG Handel und Warenlogistik); Elektroinstallateure (BG Energie Textil Elektro Medien-erzeugnisse), Gärtnerei- und Erntehilfetätigkeiten (Sozialversicherung für Landwirtschaft, Forsten und Gartenbau – SVLFG) und Holzerntearbeiten bei Forstwirten (Unfallkasse NRW, Unfallkasse Hessen und IFA). Die UVT stellten den Kontakt zu interessierten Betrieben und Probanden selbst her und führten die CUELA-Messungen nach der Schulung im Umgang mit den Messsystemen auch selbst durch, teilweise unterstützt durch Messpersonal des IFA. Die Messdaten wurden jeweils durch Erhebungen mit Fragebögen ergänzt. Die Tätigkeitsmodule wurden dann nach den in [3] beschriebenen Methoden erzeugt, um Tagesschichtbelastungen mit der IFA Anamnesesoftware berechnen zu können. Bei mehr oder minder repetitiven Tätigkeiten, die ganztägig durchgeführt werden, ist die Messung einer vollständigen 8-Stunden-Schicht nicht zwingend erforderlich. Stattdessen können sich wiederholende Tätigkeitsabschnitte mit identischen Ausführungsbedingungen hinsichtlich der Körperhaltung softwaretechnisch auf beliebige andere Zeitabschnitte

gestreckt oder ausgeweitet werden, wenn die Tätigkeiten der nicht messtechnisch erfassten Zeitabschnitte z. B. anhand eines „Stundenplans“ dokumentiert wurden. Wegen der zu erwartenden Streuung der Messdaten durch z. B. unterschiedliche Ausführungsbedingungen und unterschiedliche Verhaltens- oder Vorgehensweisen sind je Tätigkeitsmodul im besten Falle mindestens drei verschiedene Probandenmessungen erforderlich. Die Messdaten werden im IFA in einer Datenbank gesammelt, ausgewertet und in Katasterform aufbereitet, um anschließend in der IFA Anamnesesoftware „Kniebelastungen“ den UVT zur Verfügung zu stehen.

Die Katasterdaten ermöglichen dann eine messwertbasierte Abschätzung von „Tagesdosen kniebelastender Haltungen“ (in % oder min), basierend auf repräsentativen Messdaten, und ermöglichen den UVT eine plausible Berechnung der kumulativen Lebensarbeitszeitdosis nicht nur aufgrund von Einschätzungen und Erinnerungen der Versicherten, die naturgemäß großen Fehleinschätzungen unterliegen können [5].

3 Ergebnisse

Aufgrund der Einschränkungen durch die Corona-Pandemie konnte während der Projektlaufzeit nur ein Teil der ursprünglich vorgesehenen Messungen durchgeführt werden. Somit stehen derzeit für einige Berufe und Tätigkeiten noch nicht ausreichend viele Messungen zur Erstellung von repräsentativen Tätigkeitsmodulen zur Verfügung. Im Folgenden werden Beispiele von aktuellen Messergebnissen zu Tätigkeiten in der Land- und Forstwirtschaft (Holzernte, Erdbeernte, Melken, Pflanzarbeiten) dargestellt und einige, auf den ersten Blick möglicherweise nicht offensichtliche Besonderheiten bei diesen Tätigkeiten und der Dosisermittlung angesprochen.

3.1 Beruf Forstwirt/Forstwartin, Tätigkeitsmodule Manuelle Holzernte

Ein Schwerpunkt der Arbeiten im Forst liegt auf der Holzernte. Vor der eigentlichen Arbeit des Fällens werden die Bäume entsprechend Ihrer späteren Verwendung (Möbelbau, Palettenholz, Bauholz, Konstruktionsholz, Brennholz, Hackschnitzel usw.) ausgewählt und gekennzeichnet. Der eigentliche Fällvorgang besteht aus dem Entfernen von Wurzelausläufen (**Abbildung 2**), der sogenannten Anlage des Fallkerbs, dem Setzen von Keilen und dem Fällschnitt. Anschließend erfolgt die Aufarbeitung: die Bruchkante wird abgesägt, der Stamm entastet, abgelängt, ausgemessen und gekennzeichnet. Das „Rücken“ zum Weg, um die Stämme aus dem Wald zu transportieren, kann ebenfalls zu den Aufgaben des Forstwirts gehören. Die Kettensäge muss regelmäßig

– abhängig von der Dimension des Holzes, d. h. nach dem Fällen von ein oder zwei Bäumen – mit Kraft- und Schmierstoffen aufgefüllt (Abbildung 2) und gelegentlich die Sägekette geschärft oder das Schwert ausgewechselt werden. Die Pflege und Wartung der Werkzeuge, Geräte und Fahrzeuge gehört in den Phasen der Holzernte zu den täglich anfallenden Arbeiten.

Die Knie belastende Haltungen treten hauptsächlich bei den Arbeiten mit der Kettensäge während des Fällvorgangs auf. Beim Entfernen von Wurzelanläufen, Anlage von Fallkerb und Ausführung des Fällschnitts wird eine einbeinig knieende Haltung angenommen, um die Schnitte bei sicherem Stand tief am Stamm in Bodennähe ansetzen zu können und rückenbelastende, stark vorgebeugte Haltungen dabei zu vermeiden. Außer beim Befüllen der Kettensäge waren ansonsten kaum knieende oder hockende Haltungen bei der Holzernte zu beobachten. Das Entasten und Ablängen der Stämme findet vorwiegend aufrechtstehend statt. Die Dauer der knieenden Haltungen am Stamm ist abhängig von der Baumart und Stärke des Stammes. Die Sägerätigkeiten nehmen mit zunehmenden Brusthöhendurchmesser (BHD) des Baumes, insbesondere bei Laubbäumen, zu. Denn mit größerer und ausladenderer Baumkrone wird die Standfestigkeit durch ein größeres Wurzelwerk gewährleistet. Grundsätzlich sind die Wurzelanläufe, bei vergleichbarem BHD, bei Laubbäumen ausgeprägter als bei Nadelbäumen. Die Dauer der Tätigkeiten direkt vor und nach dem Fällvorgang hängen ebenfalls von der Baumart und dem Standort des Baumes ab (der zeitliche Anteil des Entastens ist bei Nadelbäumen meist deutlich größer). Der Anteil nicht kniebelastender Haltungen kann beim Fällen von Bäumen in schwierigem Gelände und oder mit einem aufwendigen Fällverfahren mit Seilen und Zugmaschine oder Verwendung weiterer Hilfsmittel und Werkzeuge (z. B. funkferngesteuerte, hydraulische Keile) deutlich größer sein. Bei der Berechnung der Tagesdosen

wurden nur Messungen einbezogen, bei denen keine aufwendigen Methoden angewendet wurden, d. h. der durchschnittliche Anteil der kniebelastenden Haltungen wird mit diesen Messungen vermutlich eher etwas über- als unterschätzt. Bei Teamarbeit (Holzfällarbeiten sollten aus Sicherheitsgründen grundsätzlich von mindestens zwei Personen durchgeführt werden) sollte zudem die Aufteilung berücksichtigt werden, da nur ein Teil der Arbeiten kniebelastende Haltungen erfordert.

Die Tätigkeiten bei der Ernte von Laubholz (hier: Buche, Eiche, Birke) sind grundsätzlich mit denen der Ernte von Nadelholz (siehe unten) vergleichbar. Die Messzeiträume der acht vorgenommenen Messungen betragen zwischen einer und drei Stunden, währenddessen insgesamt über 50 Bäume mit einem BHD bis zu 80 cm gefällt wurden. Es stellte sich heraus, dass der Anteil der kniebelastenden Haltungen mit der Größe des BHD positiv korreliert. Je größer der BHD des Baumes war, desto mehr Zeit wurde für den eigentlichen Fällvorgang, im Besonderen für das Bearbeiten der „Wurzelanläufe“, aufgewendet. Diese Tätigkeit findet vorwiegend in einbeinig knieender Haltung statt. Zudem ist im Gegensatz zur Ernte von Nadelholz der relative Zeitaufwand bei der Aufarbeitung des bereits liegenden Baumes, insbesondere das Entasten, deutlich geringer. Ein Teil der Messungen fand unter „einfacheren“ Bedingungen statt (relativer lichter Wald mit großem Baumabstand, ebenes Gelände), während ein anderer Teil unter anspruchsvolleren Bedingungen (Einsatz von Seilen und Zugmaschinen sowie Fällarbeiten an einem steilen Hang) durchgeführt wurde. Dementsprechend variierte die Bearbeitungsdauer je gefällttem Baum zum Teil erheblich (1 bis 37 Minuten, MW 15 Minuten), die Zeitabschnitte der Tätigkeiten mit kniebelastenden Haltungen blieben davon jedoch innerhalb der jeweiligen Baumgröße nahezu unbeeinflusst. Die Dauer von kniebelastenden Haltungen eines Arbeitstages lässt sich daher bei Kenntnis der Anzahl der gefälltten

Abbildung 2:

Forstwirt beim Bearbeiten von Wurzelanläufen, Befüllen der Motorkettensäge Quelle: Autor



Bäume und Baumarten bei Bedarf deutlich genauer abschätzen als mit der Verwendung einer pauschalen Tagesdosis.

Die Holzernte von Nadelholz (hier: Fichte) wurde mit vier Probanden gemessen. Die Messzeiträume betragen zwischen einer und drei Stunden, währenddessen insgesamt 17 Bäume mit einem BHD zwischen 32 cm und 68 cm (MW 46 cm) gefällt wurden. Zwar besteht ein deutlicher Zusammenhang zwischen BHD und Dauer des gesamten Arbeitsvorgangs (Mittelwert: 26 Minuten/Baum), der allerdings größtenteils auf die Dauer des Entastens bzw. den Zeitraum der Aufarbeitung des bereits gefällten Baumes zurückgeführt werden kann. Demgegenüber zeigte sich kein Zusammenhang zwischen BHD und dem Ausmaß der kniebelastenden Haltungen. Eine Unterscheidung der kniebelastenden Haltungen bezüglich unterschiedlich großer BHD (wie bei der Ernte von Laubholz) ist daher nicht angezeigt. Die durchschnittliche Dauer der Arbeit an einem Nadelbaum mit einem BHD < 45 cm betrug ca. 20 Minuten, bei BHD > 45 cm ca. 38 Minuten. Der Anteil der kniebelastenden Haltungen nur während der Fällarbeiten (ohne Berücksichtigung von Anfahrtszeiten, Vor- und Nachbereitung usw. von insgesamt einer Stunde pro Tagesschicht) betrug im

Mittel 15,2 %, ansonsten 12,1 %. Das Erreichen der Tagesdosis von einer Stunde kniebelastenden Haltung pro 8-Stunden-Schicht kann somit angenommen werden. Die Messungen fanden am Rande eines Waldgebietes statt, wo die Bäume relativ komplikationslos auf eine Lichtung fallen konnten. Es ist daher davon auszugehen, dass der zeitliche Anteil der Aufarbeitung vergleichsweise gering war und somit der Anteil der kniebelastenden Haltung nicht überschätzt worden sein dürfte. Bei der individuellen Dosisberechnung von kniebelastenden Haltungen bei der Holzernte können somit bei Bedarf unterschiedliche Baumbestände berücksichtigt werden. **Tabelle 1** zeigt die statistisch aufbereiteten Messwerte.

Da kniebelastende Haltungen bei der Baumfällung im Wesentlichen nur bei zwei Teiltätigkeiten zu erwarten sind (das Fällen des Baumes an sich und das Befüllen von Kettensägen mit Kraft-/Schmierstoffen), kann eine Tagesdosis bei entsprechend vorliegenden Informationen auch anhand der Anzahl der gefällten Bäume pro Tag berechnet werden (**Tabelle 2**), z. B. bei Berechnung von Tagesdosen bei Akkordarbeit. Betankungsvorgänge fanden bei der Ernte von Nadelbäumen und Laubbäumen mit großen BHD meist nach jedem Fällvorgang statt, bei Laubbäumen mit kleinem BHD nach etwa zwei bis drei Fällvorgängen.

Tabelle 1:
Kniebelastende Haltungen bei der Holzernte (Tagesschichtauswertung)

Tätigkeitsmodul	n	Kniebelastung gesamt* in min.	Kniebelastung gesamt in %	Hocken in %	Fersensitz in %	Knien ohne Abstützung in %	Knien mit Abstützung in %	Kriechen in %
Holzernte Nadelholz	4	60 (+/- 35)	12,1 (+/- 7,4)	0,3 (+/- 0,5)	1,8 (+/- 2,4)	10,0 (+/- 8,6)	0,1 (+/- 0,2)	0,0 (0)
Holzernte Laubholz BHD > 50 cm	3	120 (+/- 85)	24,6 (+/- 17,4)	0,3 (+/- 0,4)	0,4 (+/- 0,7)	23,7 (+/- 28,9)	0,1 (+/- 0,2)	0 (0)
Holzernte Laubholz BHD < 50 cm	3	60 (+/- 40)	11,6 (+/- 7,8)	0,1 (+/- 0,1)	0,4 (+/- 0,9)	11,0 (+/- 13,3)	0,1 (+/- 0,2)	0,0 (0)

*bezogen auf eine Standard-Arbeitsschicht von 8 Stunden Dauer mit 1 Stunde nicht kniebelastender Haltungen (Anfahrt, Vorbereitung, Absperrung usw.)

Tabelle 2:
Kniebelastende Haltungen bei der Holzernte (Einzelbaumauswertung)

Tätigkeit	n	Kniebelastende Haltungen in % (MW +/- SD)	Kniebelastende Haltungen in min. (MW +/- SD)
Säge befüllen	43	92 (+/- 7)	1,4 (+/- 0,6)
Nadelbäume fällen	17	15 (+/- 6)	3,5 (+/- 1,1)
Laubbäume fällen (BHD > 50 cm)	25	31 (+/- 15)	5,4 (+/- 2,6)
Laubbäume fällen (BHD < 50 cm)	27	15 (+/- 8)	2,0 (+/- 1,3)

3.2 Beruf Erntehelfer/Erntehelferin, Tätigkeitsmodul Erdbeerernte

Der Anbau von Erdbeeren findet üblicherweise im Freiland oder in Gewächshäusern bzw. unter Folientunneln statt (**Abbildung 3**). Neben der Flachkultur ist auch die „Dammkultur“ verbreitet. Die Pflanzen werden nur etwa 20 bis 30cm hoch, die Früchte wachsen – daher der Name – bodennah. Dementsprechend erfordert das Ernten der Erdbeeren eine stark gebeugte, gebückte, hockende oder kniende Haltung.

Die Erntezeit ist wetterabhängig und kann sich auch regional unterscheiden. Typischerweise reifen Erdbeeren in Deutschland zwischen Mai und August. Mit einem Pflanzabstand von etwa 25 cm und einer überschaubaren Zahl von Früchten pro Pflanze ist die Verweildauer pro Pflanze relativ kurz und daher ist insgesamt auch eine zügige Fortbewegung in den Pflanzenreihen notwendig. Die Tätigkeit des Sammelns wird oftmals nur durch den Transport der gesammelten Früchte zur Sammelstelle am Feldrand unterbrochen. Als Besonderheit ist zu erwähnen, dass die Erdbeerernte üblicherweise jahreszeitlich beschränkt ist.

Bei den drei durchgeführten Messungen (zweimal Freiland, einmal Folientunnel) war eine deutliche Bevorzugung von gebückten gegenüber gehockten Haltungen zu beobachten. Aufgrund der kontinuierlichen Fortbewegung entlang der Reihen scheint die Rumpfbeugehaltung, insbesondere für Personen mit geringer Körperhöhe, ökonomischer zu sein. Bei zwei Messungen

waren überhaupt keine hockenden/knienden Haltungen zu verzeichnen; bei einer Messung wurden 32 Minuten (bezogen auf eine 8-Stunden-Schicht) erreicht. Das Überschreiten von einer Stunde kniebelastenden Haltungen pro 8-Stunden-Arbeitsschicht erscheint unter den beobachteten typischen Erntebedingungen unwahrscheinlich (**Tabelle 3**). Es ist denkbar, dass sich die Verweildauer pro Pflanze je nach Erntephase unterscheidet und es ökonomischer/angenehmer sein kann, bei Vorhandensein vieler Früchte an den Pflanzen eher eine hockende und somit kniebelastende Haltung im Sinne der BK-Nr. 2112 einzunehmen. Weitere Messungen sind geplant, um dies zu bestätigen oder zu widerlegen.

3.3 Beruf Landwirt/Landwirtin Tätigkeitsmodul, Melken in Anbindehaltung

Im Gegensatz zum zeitintensiven, früher üblichen „Kannenmelken“, das ohne maschinelle Unterstützung per Hand stattgefunden hat, sind heutzutage unterschiedliche Typen von Melkanlagen weit verbreitet. Auf einer Weide gehaltene Kühe werden zum Teil in überdachten Melkständen, sogenannten Durchtreibmelkständen, gemolken. Bei der Anbindehaltung in Ställen wird das Melkzeug dagegen zu den Tieren getragen und am Anbindeplatz an die Absaugmelkanlage angeschlossen. Grundsätzlich sind Tätigkeiten in Bodennähe den Messungen und Beobachtungen zufolge nur bei der direkten Arbeit am Euter notwendig. Dies ist der Fall bei der Reinigung und Vorbereitung des Euters sowie beim Ansetzen und Abnehmen der Melkbecher der Absauganlage.

Tabelle 3:
Kniebelastende Haltungen bei der Erdbeerernte

Tätigkeitsmodul	n	Kniebelastung gesamt* in min	Kniebelastung gesamt in %	Hocken in %	Fersensitz in %	Knien ohne Abstützung in %	Knien mit Abstützung in %	Kriechen in %
Erdbeerernte	3	10 (+/- 20)	2,3 (+/- 3,9)	2,2 (+/- 3,8)	0,0 (0)	0,0 (0)	0,1 (+/- 0,1)	0,0 (0)

*bezogen auf eine Standard-Arbeitsschicht von 8 Stunden Dauer

Abbildung 3:
Erntehelferinnen bei der Erdbeerernte auf dem Feld bzw. im Folientunnel. Quelle: Autor



Moderne Melkstände berücksichtigen bereits die Ergonomie, indem die Kühe relativ erhöht stehen und somit die Arbeit am Euter durch eine aufrechtstehende Person erfolgen kann. Hockende oder gebückte Haltungen können auf diese Weise minimiert werden (**Abbildung 4**).

Bei der Ermittlung und Berechnung der Tages- und Lebensdosis der kniebelastenden Haltungen beim Melken von Kühen in Anbindehaltung sind einige Besonderheiten zu beachten:

- Milchkühe werden täglich gemolken, d. h. anstelle der üblichen 220 Arbeitsschichten müssen bis zu 365 Schichten pro Jahr berücksichtigt werden.
- Kniebelastende Haltungen für das Melken können nicht als 8-Stunden-Schicht berechnet werden, da das Melken zu festen Zeiten zweimal täglich stattfindet. Der gesamte Melkvorgang ist dabei üblicherweise nach ein bis zwei Stunden für alle Milchkühe abgeschlossen. Eine Tagesdosis (nur für das Melken) ist daher eher anhand der Anzahl der gemolkenen Kühe zu bestimmen und das Tätigkeitsprofil eines gesamten Tages mit anderen Tätigkeiten zu ergänzen.
- Bei der Berechnung ist weiterhin zu beachten, dass die Anzahl der Kühe auf dem Hof nicht gleichgesetzt werden kann mit der Anzahl der zu melkenden Kühe. Milchkühe müssen in regelmäßigen Abständen (durchschnittlich einmal jährlich) kalben, um die Milch „verkehrstauglich“ zu erhalten. Vor dem Kalben werden sie ca. zwei Monate nicht gemolken, sodass die verwertbare Laktationsperiode rund 300 Tage dauert. Die Anzahl der tatsächlich gemolkenen Kühe reduziert sich

daher um ca. 15 %, da Milchkühe nur während ca. 85 % der Zeit eines Jahres gemolken werden können.

Fünf Messungen fanden beim Melken in Anbindehaltung (**Tabelle 4**) und eine Messung in einer Durchtreibemelkanlage auf einer Weide statt. Die Anzahl der Kühe betrug zwischen 28 und 36 und deren Gesamtmelkdauer lag zwischen 1 und 1,5 Stunden. (Anmerkung: Während einer Messung wurden die Tätigkeiten des Melkens gänzlich ohne kniebelastende Haltungen und nur mit vorgebeugtem Oberkörper durchgeführt (Abbildung 4, rechts). Diese Messung wird als „Sonderfall“ betrachtet und wurde bei der Berechnung der Mittelwerte nicht berücksichtigt. Sie deutet aber daraufhin, dass die ermittelte Gesamtkniebelastung für das Modul „Melken“ eher eine Über- als eine Unterschätzung darstellen könnte. Zu berücksichtigende Besonderheiten wie ein erhöhter Melkstand lagen bei den durchgeführten Messungen nicht vor. Der Mittelwert des zeitlichen Anteils für kniebelastende Haltungen während der Messungen betrug für die verbleibenden fünf Messungen ca. 16 %, was 45 Sekunden pro Kuh und Tag bei täglich zwei Melkvorgängen entspricht. Das Knien auf dem Boden wurde grundsätzlich wegen Verunreinigungen und Feuchtigkeit am Boden meist vermieden und die Tätigkeiten am Euter daher überwiegend in hockenden Haltungen durchgeführt.

Ausgehend von den oben geschilderten Bedingungen kann folgende Formel zur Berechnung einer Tagesdosis (nur für das Melken!) der kniebelastenden Haltungen pro Tag (in Minuten) verwendet werden:

$$\text{Tagesdosis (Melken)} = \text{Anzahl der Kühe} * 0,85 * 0,75 \text{ min.}$$

Abbildung 4: Landwirt beim Melken mit Absauganlage. Quelle: Autor



Tabelle 4:
Kniebelastende Haltungen beim Melken von Kühen in Anbindehaltung

Tätigkeitsmodul	n	Kniebelastung gesamt* in min	Kniebelastung gesamt in %	Hocken in %	Fersensitz in %	Knien ohne Abstützung in %	Knien mit Abstützung in %	Kriechen in %
Melken	5	0,75 (+/- 0,39)	16,2 (+/- 6,9)	13,7 (+/- 9,0)	0,2 (+/- 0,2)	2,3 (+/- 5,0)	0,0	0,0

*bezogen auf eine gemolkene Kuh

3.4 Beruf Gärtner/-in bzw. Friedhofsgärtner/-in, Tätigkeitsmodul Grabbepflanzung

Die Friedhofsgärtnerei ist eine spezielle Fachrichtung der Gärtnerei, bei der vornehmlich Grabstätten und Friedhofsanlagen angelegt, bepflanzt und gepflegt werden. Die Fertigstellung von Grabschmuck und floralen Dekorationen kann ebenso zum Berufsbild gehören wie die Vermehrung und Kultivierung von Pflanzen in Gewächshäusern. Die Pflege der Friedhofsanlage erfordert auch Bodenbearbeitungen, Rasen mähen, Hecken und Sträucher schneiden, Baumpflege u.v.m. Außer in Gewächshäusern findet die Arbeit meist im Freien statt und die Tätigkeiten sind jahreszeitenabhängig. Die Bepflanzung

von Gräbern und Beeten kann, mit Ausnahme der Wintermonate, im Verlaufe des Jahres wiederholt stattfinden. Bei Wechselbepflanzungen müssen dabei zunächst die alten oder verblühten Pflanzen entfernt werden. Es kann auch eine Aufbereitung des Bodens erforderlich sein. Mit der Bepflanzung gehen oft auch Tätigkeiten wie Reinigung (Entfernung von Laub, Unkraut, Pflanzenteilen), Düngen, Wässern oder Herrichten des Grabrands einher.

Während der drei Messungen wurden Bepflanzungen an insgesamt 18 Gräbern unterschiedlicher Größe vorgenommen. Der Zeitaufwand pro Grab betrug dabei im Mittel 9,5 Minuten (+ 5,9 Minuten). Die bevorzugte Körperhaltung war eine breitbeinige, vorgebeugte Haltung (Abbildung 5).

Tabelle 5:
Kniebelastende Haltungen bei der Grabbepflanzung

Tätigkeitsmodul	n	Kniebelastung gesamt* in min	Kniebelastung gesamt in %	Hocken in %	Fersensitz in %	Knien ohne Abstützung in %	Knien mit Abstützung in %	Kriechen in %
Grabbepflanzung	3	20 (+/- 25)	3,8 (+/- 5,4)	3,3 (+/- 5,7)	0,0 (0)	0,4 (+/-0,8)	0,1 (+/-0,1)	0,0 (0)

*bezogen auf eine Standard-Arbeitsschicht von 8 h Dauer



Abbildung 5:
Gärtner bei der Grabbepflanzung. Quelle: Autor

Kniebelastende Haltungen wurden in nennenswertem Umfang nur bei einem Probanden beobachtet. Es handelte sich dabei fast ausschließlich um hockende Haltungen bei der Arbeit an einem einzelnen Grab (Zeitanteil an dieser Messung ca. 10 %). Im Mittel ergaben sich ca. 4 % kniebelastende Haltungen (**Tabelle 5**), bezogen auf eine 8-Stunden-Arbeitsschicht. Ein relevanter Anteil kniebelastender Haltungen im Sinne der BK-Nr. 2112 durch diese Tätigkeit an einer Tagesschicht beim Bepflanzen von Grabanlagen ist somit eher unwahrscheinlich.

4 Diskussion

Wie in anderen Studien gezeigt, kann die Selbsteinschätzung und -wahrnehmung während der Arbeitszeit eingenommener Körperhaltungen bezüglich des zeitlichen Anteils erheblich von der Realität abweichen. Dies ist auch abhängig vom Zeitpunkt der Befragung und von Art und Ausmaß der Körperhaltung. Eine belastende/anstrengende oder womöglich schmerzhafte Situation kann überschätzt oder überhöht werden und aufgrund dessen länger erinnerbar sein. Objektive Messungen sind daher unverzichtbar, um durchschnittliche Körperhaltungen bei definierten Tätigkeiten/Aufgaben zu ermitteln und z. B. in Berufskrankheitenverfahren verwendet zu werden. Zudem können solche Daten und Erkenntnisse eine entscheidende Rolle bei der Entwicklung von digitalen Menschmodellen spielen, um sie z. B. bei der Konzeption und Planung von zukünftigen Arbeitsplätzen einzusetzen. Das Verhalten und die voraussichtlich eingenommenen Körperhaltungen bestimmen dabei die Arbeitsplatzbewertung. Kenntnisse darüber, ob die Beschäftigten voraussichtlich knien, in die Hocke gehen oder eine vorgebeugte Haltung einnehmen werden, sind vermutlich von vielen Faktoren abhängig, die zum Teil noch nicht vollständig aufgeklärt sind: Die Anthropometrie (Körperhöhe, Gewicht, Armlänge, Beinlänge usw.) spielt dabei ebenso eine Rolle wie Konstitution, Trainingszustand, Erfahrungen, (Vor-)Erkrankungen, die von der ausübenden Person abgeschätzte voraussichtliche Dauer der Tätigkeit, die Ausübungsfrequenz (einmalig lange oder wiederholt immer wieder) oder jahreszeitlich schwankende äußere Bedingungen, die auf Faktoren wie Bekleidung und Bodenbeschaffenheit Einfluss nehmen u.v.m. Insofern sind Körperhaltungsmessungen an realen Arbeitsplätzen mit erfahrenen und unerfahrenen Beschäftigten unverzichtbar und derzeit noch durch keine andere Technik ersetzbar.

5 Fazit

Nach wie vor besteht bei den UVT ein Bedarf an Katasterdaten zu den die Knie betreffenden Berufskrankheiten. In einem Folgeprojekt sollen deshalb weitere repräsentative Messungen durchgeführt werden, um neue Tätigkeitsmodule zu entwickeln und zu vervollständigen. Die bei den Körperhaltungsmessungen für die Kataster gewonnenen Erkenntnisse geben zudem Hinweise auf erforderliche Präventionsmaßnahmen und können bei der Entwicklung von digitalen Menschmodellen genutzt werden.

Literatur

- [1] Wissenschaftliche Begründung für die Berufskrankheit Gonarthrose. Bekanntmachung des BMGS vom 1. Oktober 2005. BArbBl. (2005) Nr.10, S. 46-54
- [2] *Ellegast, R. P.; Hermanns, I.; Schiefer, C.*: Feldmesssystem CUELA zur Langzeiterfassung und -analyse von Bewegungen an Arbeitsplätzen. Zeitschrift für Arbeitswissenschaft 64 (2010) Nr. 2, S. 101-110
- [3] *Ditchen, D., Ellegast, R., Rehme, G.*: GonKatast – Ein Messwertkataster zu beruflichen Kniebelastungen, IFA Report 1/2010. Hrsg.: Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA), Sankt Augustin 2010. <https://publikationen.dguv.de/widgets/pdf/download/article/2067>
- [4] Anzeigen auf Verdacht einer Berufskrankheit. Hrsg.: Deutsche gesetzliche Unfallversicherung, Berlin. <https://www.dguv.de/de/zahlen-fakten/bk-geschehen/bk-verdachtsanzeigen/index.jsp>
- [5] *Ditchen, D.*: Erfassung arbeitsbedingter Kniebelastungen in ausgewählten Berufen, IFA Report 2/2012. Hrsg.: Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA), Sankt Augustin 2012. <https://publikationen.dguv.de/widgets/pdf/download/article/2568>

Messwertbasierte Gefährdungsbeurteilung von Schulterbelastungen

Kai Heinrich, Britta Weber, Vera Schellewald, Ingo Hermanns, Rolf Ellegast,
Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung, Sankt Augustin

Kurzfassung

Das Schultergelenk ist eines der komplexesten Gelenke des menschlichen Bewegungsapparates. Neuere systematische Übersichtsarbeiten haben gezeigt, dass Schulterbeschwerden mit berufsbedingten Risikofaktoren in Verbindung gebracht werden können. Dazu gehören Arbeiten mit der Hand auf Schulterhöhe und darüber, repetitive Bewegungen des Schultergelenks und Kraftwirkungen auf das Schultergelenk. Neben mobilen Bewegungserfassungssystemen bietet sich auch der Einsatz moderner Messtechnik zur objektiven Erfassung von Muskel-Skelett-Belastungen (MSB) und Risikobereichen an. Da bisher nur wenige Studien objektive messtechnische Bewertungsansätze liefern, wurde ein umfassender Ansatz zur Bewertung der MSB der Schulter entwickelt (CUELA-Modul „Schulter“). Hier werden alle Risikofaktoren auf der Basis kontinuierlicher und präziser Messungen adressiert. In den Bewertungsansätzen werden die Risikofaktoren einzeln und in Kombination dargestellt und ermöglichen eine kumulative Gesamtbewertung.

1 Einleitung

Muskel-Skelett-Erkrankungen (MSE) sind nach wie vor die häufigste Ursache für Arbeitsunfähigkeitstage, die mit hohen Kosten für die Unternehmen verbunden sind [1]. Solche Erkrankungen sind in Produktionsumgebungen, in denen Beschäftigte während des Arbeitstages repetitive Tätigkeiten und schwere körperliche Arbeit ausführen müssen, weit verbreitet [2]. Aus diesem Grund haben MSE in der erwerbstätigen Bevölkerung einen erheblichen Einfluss sowohl auf die Lebensqualität als auch auf die Kosten, die der Gesellschaft dadurch entstehen. Präventionsmaßnahmen gelten als wirksames Mittel zur Verringerung von berufsbedingten MSE, was sich wiederum auf die individuelle und kollektive Lebensqualität auswirkt.

In dieser Hinsicht ist die ergonomische Bewertung von Arbeitsplätzen besonders geeignet, um ergonomische Belastungs- und Gefahrenschwerpunkten zu ermitteln, die ein Risiko für die Arbeitnehmenden darstellen. Darüber hinaus ist die Identifikation der Belastungsfaktoren wichtig, um Präventionsmaßnahmen abzuleiten [3]. Oft werden verschiedene Beobachtungsverfahren zur Gefährdungsbeurteilung von auftretenden Muskel-Skelett-Belastungen (MSB) eingesetzt. Diese Beobachtungsverfahren sind in industriellen Umgebungen schnell einsetzbar, da sie mit wenigen Instrumenten auskommen. Da in der Regel nur

vordefinierte Vorlagen für handschriftliche Notizen und ggf. eine Kamera benötigt werden, erfreuen sich diese Verfahren großer Beliebtheit.

MSB sind jedoch oft komplex und können nicht immer mit beobachtungs-basierten Methoden erfasst werden. *Ranavolo et al.* empfehlen daher den Einsatz mobiler Messsysteme zur objektiven und detaillierten Erfassung von Belastungs- und Gefahrenschwerpunkten [4]. Zur objektiven Erfassung der MSB und der Risikobereiche eignet sich neben mobilen Bewegungserfassungssystemen auch der Einsatz moderner Messtechnik wie Elektromyografie (EMG) und Kraftsensorik [4]. Diese messwertbasierte Methode sollen auf effiziente Weise Tätigkeitsprofile liefern, die es ermöglichen, die ergonomischen Risiken jedes bewerteten Arbeitsplatzes zu identifizieren. Dabei wird zwischen den verschiedenen Körpersegmenten unterschieden. Die festgestellten Belastungs- und Gefährdungsschwerpunkte können so gezielt auf ihre Ursachen hin untersucht werden, um Präventionsmaßnahmen abzuleiten. Vor diesem Hintergrund ermöglicht die messwertbasierte Gefährdungsbeurteilung eine automatisierte ergonomische Bewertung von Arbeitsplätzen.

Eine Bewegungserfassung auf der Basis von Inertial-Bewegungssensoren (Inertial Measurement Unit, IMU) bietet erhebliche Vorteile. IMUs sind elektronische Geräte, die Bewegungen durch Signalverarbeitung der Ausgangsdaten verschiedener eingebauter Sensoren (Beschleunigungsmesser, Gyroskope und Magnetometer) erfassen [11]. Ihr Einsatz erfordert keine übermäßige Vorbereitungszeit und sie sind nicht übermäßig störend, da sie direkt auf oder unter der Kleidung des Mitarbeitenden angebracht werden können. Damit ist diese IMU-basierte Bewegungserfassungstechnologie sehr mobil und ermöglicht so eine Datenerfassung an einem realen Arbeitsplatz, während der Ausführung der beruflichen Tätigkeit etc. [5; 6]. Neben der einfachen Anwendbarkeit der IMU-Technologie im industriellen Umfeld ist auch die Auswahl der eingesetzten messwertbasierten Bewertungsverfahren ein wichtiger Faktor.

Um die große Menge an Sensordaten auswerten zu können, hat das Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA) die spezielle Software WIDAAN (Winkel-Daten-Analyse) entwickelt [7]. Diese Software ermöglicht den gleichzeitigen Zugriff auf Sensor-, Bewegungs- und Videodaten, die mit dem CUELA-System (Computer-unterstützte Erfassung und Langzeit-Analyse von Belastungen des Muskel-Skelett-

Systems) erfasst wurden [8]. Einen ähnlichen Ansatz verfolgen auch andere Gruppen, die messwertbasierte Daten einsetzen, um unter anderem Methoden wie EAWS und RULA anzuwenden [9 bis 11].

In den letzten Jahren wurde das messwertbasierte Verfahren zur Gefährdungsbeurteilung CUELA mit der zugehörigen Software WIDAAN unter Berücksichtigung der Möglichkeiten der IMU-Bewegungserfassung zur Erfassung der Bewegungen der Beschäftigten am Arbeitsplatz weiterentwickelt. Diese Methode ermöglicht die Bestimmung der Risiken für bestimmte Körperregionen und die Ermittlung eines Gesamtrisikos für den bewerteten Arbeitsplatz. Für die Berechnung der MSB werden von WIDAAN die aufgezeichneten Körperhaltungen und -bewegungen sowie die gemessenen Kräfte oder bewegten Lastgewichte, die auf den Körper wirken, verwendet. In diesem Beitrag wird die CUELA-Methode am Beispiel der messwertbasierten Gefährdungsbeurteilung von Schulterbelastungen (CUELA-Modul „Schulter“) beschrieben.

Das Schultergelenk (SG) ist eines der komplexesten Gelenke des menschlichen Bewegungsapparates. Es besteht aus drei Hauptgelenken, die in Verbindung mit dem Schulterblatt einen sehr großen Bewegungsumfang von bis nahezu 180° ermöglichen. Die bei beruflichen Tätigkeiten von außen auf die Hand einwirkenden Belastungen (z. B. Kräfte) werden über die Hand, den Unterarm und den Oberarm auf das SG übertragen. Dort verursachen sie Muskel-Skelett-Belastungen (MSB), da den äußeren Krafteinwirkungen die von den Schultermuskeln aufgebrauchten inneren Muskelkräfte entgegengesetzt werden müssen. Ein Ungleichgewicht zwischen Beanspruchung und Erholung der die Schulter umgebenden Strukturen wird mit der Entwicklung von Muskel-Skelett-Beschwerden in Verbindung gebracht. Aktuelle systematische Literaturreviews haben bestätigt, dass Schulterbeschwerden mit beruflichen Risikofaktoren zusammenhängen können, z. B. Arbeiten mit der Hand auf Schulterniveau und darüber, repetitiven Bewegungen im SG und Kraftanwendung im SG [12]. Die Risikofaktoren müssen daher in entsprechenden Gefährdungsbeurteilungen ermittelt und dann einzeln und ggf. in Kombination bewertet werden.

Da bisher nur wenige Studien messtechnisch objektive Bewertungsansätze vorgestellt haben, z. B. *Rempel et al.* [13], wurde ein umfassender Ansatz zur Bewertung der MSB der Schulter mit dem Ziel entwickelt, eine unterschiedlich komplexe Messmethodik für verschiedene Anwendungsfälle und Anwendergruppen (CUELA-Modul „Schulter“) zur Verfügung zu haben.

2 Methoden

Die zugrunde liegenden Risikofaktoren wurden in aktuellen epidemiologischen Studien ermittelt, unter anderem *Seidler* [12] und *Dalbøge* [14]. Die Bewertungsverfahren für die messtechnisch erfassten Belastungsparameter wurden zum einen aus arbeitsphysiologischen und biomechanischen Erkenntnissen und den dazugehörigen Studien mit messtechnischen Expositionsermittlung übernommen bzw. abgeleitet [13; 15 bis 18]. Zum anderen bildeten Häufigkeitsverteilungen aus IFA internen Expositionsdatenbanken eine Grundlage zur Ableitung von Bewertungsverfahren [19].

3 Ergebnis

In Anlehnung an das MEGAPHYS-Risikokzept [20] und die Arbeitsmedizinische Regel (AMR) 13.2 [21] wurde eine standardisierte Messung und Bewertung muskuloskelettaler Belastungen auf der Basis biomechanischer und physiologischer Messdaten, bezogen auf die Körperregion der Schulter, entwickelt. Die ermittelten MSB werden nach dem MEGAPHYS-Risikokzept den Risikobereichen 1 bis 4 zugeordnet. Die Zuordnung basiert auf epidemiologischen [12] und fundierten arbeitsphysiologischen und biomechanischen Erkenntnissen [16] sowie messtechnischen Untersuchungen [17] und Häufigkeitsverteilungen von tätigkeits- und arbeitsschichtbezogenen Risikofaktoren aus CUELA-Expositionsdatenbanken und Messwertkatastern [19].

Als Hauptrisikofaktoren für die Entstehung von arbeitsbedingten Muskel-Skelett-Erkrankungen des Schultergelenkes gelten ungünstige Haltungen des Oberarmes (Haltung), Arbeiten mit Kraftaufwendungen im Schultergelenk (Kraft), repetitive Bewegungen im Schultergelenk (Repetition), Hand-Arm-Vibrationen (HAV) und die Kombination von Expositionen (Kombination) [2; 12; 14; 22; 23]. Den wichtigsten Risikofaktor stellen Arbeiten mit Kraftaufwendungen im Schulterbereich dar [14; 24].

Zunächst werden auf der Grundlage der messtechnischen Analysen für jeden Messzeitpunkt verschiedene situative Kenngrößen ermittelt. Mithilfe der ausgewählten Bewertungsverfahren wird in der situativen Belastungssituation die Höhe des biomechanischen Risikowertes der betreffenden Körperregion in Bezug auf die jeweilige situative Kenngröße ermittelt (Bewertung der situativen Belastungsindikatoren). Nachfolgend werden für jede untersuchte Belastungssituation verschiedene kumulative Kenngrößen abgeleitet. Die kumulativen Werte können z. B. als Zeitanteil nicht empfohlener Körperhaltungen/Bewegungen/Kraftanstrengungen pro Tätigkeit oder Schicht angegeben werden (Bewertung der kumulati-

ven Belastungsindikatoren). Anschließend wird der kumulative Wert entsprechend dem allgemeinen Risikokonzzept von MEGAPHYS in vier Risikokategorien eingeteilt.

3.1 Risikofaktor Haltung

Unter den Risikofaktor Haltung fallen Arbeiten mit ungünstigen Haltungen des Oberarmes bzw. ungünstigen Stellungen des Schultergelenkes, z. B. durch Arbeiten mit den Händen auf oder über dem Schulterniveau.

3.1.1 Situative Belastungsindikatoren

Die Grundgedanken aus der Normung [25; 26] wurden für die Bewertung übernommen. Die in dieser Norm durchgeführten Bewertungen beruhen auf einer auf Beobachtung basierenden Ermittlung der Haltung. Hinsichtlich der diskreten Winkel der jeweiligen Freiheitsgrade bietet eine messtechnische Analyse aber eine höhere Genauigkeit und einen höheren Detailgrad. Dafür wurden einige Grenzen für die Schulterbewegung

angepasst (Tabelle 1). Entsprechend beginnt der Neutralwinkelbereich für die Schulterflexion und -adduktion bei -5° (Extension) statt bei 0° wie in der Normung [19].

Außerdem wurde die Dauer, ab der eine Haltung als statisch definiert wird, auf 10 s festgelegt. Eine Erweiterung ist auch die Berücksichtigung des Kriteriums Dauer innerhalb < 20 s oder ≥ 20 s der mittelgradigen Bewegungsintensitätskategorie. Auf diese Weise wurde der Tatsache Rechnung getragen, dass Haltungen in den mittleren Winkeln erst nach einer gewissen Zeit als ungünstig im Sinne einer Zwangshaltung zu betrachten sind. Im Gegensatz dazu bedeutet dies, dass das Verfahren eine kurzfristige Körperhaltung im mittelgradigen Bereich als akzeptabel ansieht [19]. Auf der Basis der IFA internen Expositionsdatenbank konnte mithilfe des CUELA-Messverfahrens ermittelt werden, dass der Oberarm in Bezug zum Rumpf um ca. 60° angehoben ist, wenn auf Schulterniveau gearbeitet wird. Dementsprechend können Arbeiten in aufrechter Körperhaltung mit einer Oberarmhebung von 60° als Arbeiten in Schulterhöhe definiert werden.

Tabelle 1: Kategorisierung der Gelenkwinkel bzw. Segmentlagewinkel in neutrale, mittelgradige und endgradige Winkelbereiche

Freiheitsgrad	neutral in °	mittelgradig in °	endgradig in °	Einteilung in Anlehnung an
Schultergelenk Adduktion (+)	< 5 bis > -20°	≤ -20° bis > -60°	≤ -60° oder ≥ 5°	DIN EN 1005-4 (2005)
Schultergelenk Flexion (+)	> -5 bis < 20°	≥ 20° bis < 60°	> 60° oder ≤ -5°	DIN EN 1005-4 (2005)
Schultergelenk Innenrotation (+)	≥ -15° bis < 30°	< -15° bis ≥ -30° ≥ 30° bis < 60°	< -30° > 60°	Nach Drury 1987

3.1.2 Kumulative Belastungsindikatoren

Die kumulativen Indikatoren lassen sich entsprechend über die zeitlichen Anteile der Verweildauern im jeweiligen Risikobereich bestimmen (siehe auch Kapitel 4.2.2):

- Anteil [%] neutrale/mittelgradige/endgradige Körperwinkel
- Anteil [%] statische (Zwangs)Haltungen
- Anteil [%] Arbeit über Schulterhöhe/über Kopfhöhe

3.2 Risikofaktor Bewegung/Repetition

Der Risikofaktor Bewegung/Repetition umfasst Arbeiten, bei denen sich wiederholende Oberarmbewegungen im Schultergelenk mit ungünstigen Bewegungsgeschwindigkeiten verbunden sind.

3.2.1 Situative Belastungsindikatoren

Zur Bestimmung der Intensität der Schultergelenkbewegung wird die Oberarmneigung als absoluter Hebewinkel im Raum bestimmt – Oberarmhebung (+). Zur Beschreibung der Bewegung des Oberarms im Schultergelenk mithilfe der Winkelgeschwindigkeit (ω) erfolgt eine Einteilung der Bewegungsintensität in die Kategorien statisch, (neutral-)dynamisch und hochdynamisch. Für statische Messdatensequenzen gelten unabhängig vom Freiheitsgrad folgende Kriterien [19]:

- Anfang: Wenn $\omega < 5^\circ/s$
- Ende: (Wenn $\omega \geq 10^\circ/s$ oder Winkeldifferenz (Anfang, Ende) $\geq 7,5^\circ$) und Dauer $> 10s$

Die Bewertung der Winkelgeschwindigkeit zu jedem Zeitpunkt der Messung im Hinblick auf hoher Dynamik erfolgt auf der Grundlage der Häufigkeitsverteilungen aller unter-

suchten Arbeitsschichten [19]. Die Grenzwerte wurden aus dem Mittelwert der P90-Werte der Winkelgeschwindigkeitsverteilungen aller Arbeitsschichten abgeleitet. Der so ermittelte Wert von 55°/s stellt einen Grenzwert für hochdynamische Oberarmneigungen dar. Die Bewegung wird also als hochdynamisch eingestuft, sobald die Winkelgeschwindigkeit den Grenzwert hinsichtlich der Oberarmneigung überschreitet. Wenn dieser Grenzwert für mehr als ein Drittel einer Minute überschritten wird, gilt die gesamte zu beurteilende Minute als hochdynamisch. Die auf diese Weise kategorisierte Bewegungsintensität wird nachfolgend mit dem Winkelbereich der Oberarmneigung in Beziehung gesetzt (**Abbildung 1**). Die Einteilung in neutrale, mittelgradige und endgradige Winkelbereiche erfolgt nach Tabelle 1.

3.2.2 Kumulative Belastungsindikatoren

Der Belastungsindikator „Zeitanteil nicht empfohlene Haltungen/Bewegungen“ (%NEH) wird aus der Kombination von Bewegungsintensität und Winkelbereich ermittelt. Dieser Indikator bewertet die Belastung einer Körperregion aus kinematischer Sicht. Die Einteilung unterscheidet zwischen Dauern innerhalb einer Bewegungsintensitätskategorie (statisch, dynamisch oder hochdynamisch) unter 20 s und über 20 s. In **Abbildung 1** ist dargestellt, welche Kombinationen von Bewegungsintensität und Winkelbereich als akzeptabel (Wert = 0) und welche als nicht empfohlen (Wert = 1) gelten.

Die Umrechnung der %NEH-Werte in Risikokategorien (**Tabelle 2**) erfolgte mithilfe von Angaben zum selbst eingeschätzten Belastungsempfinden [19].

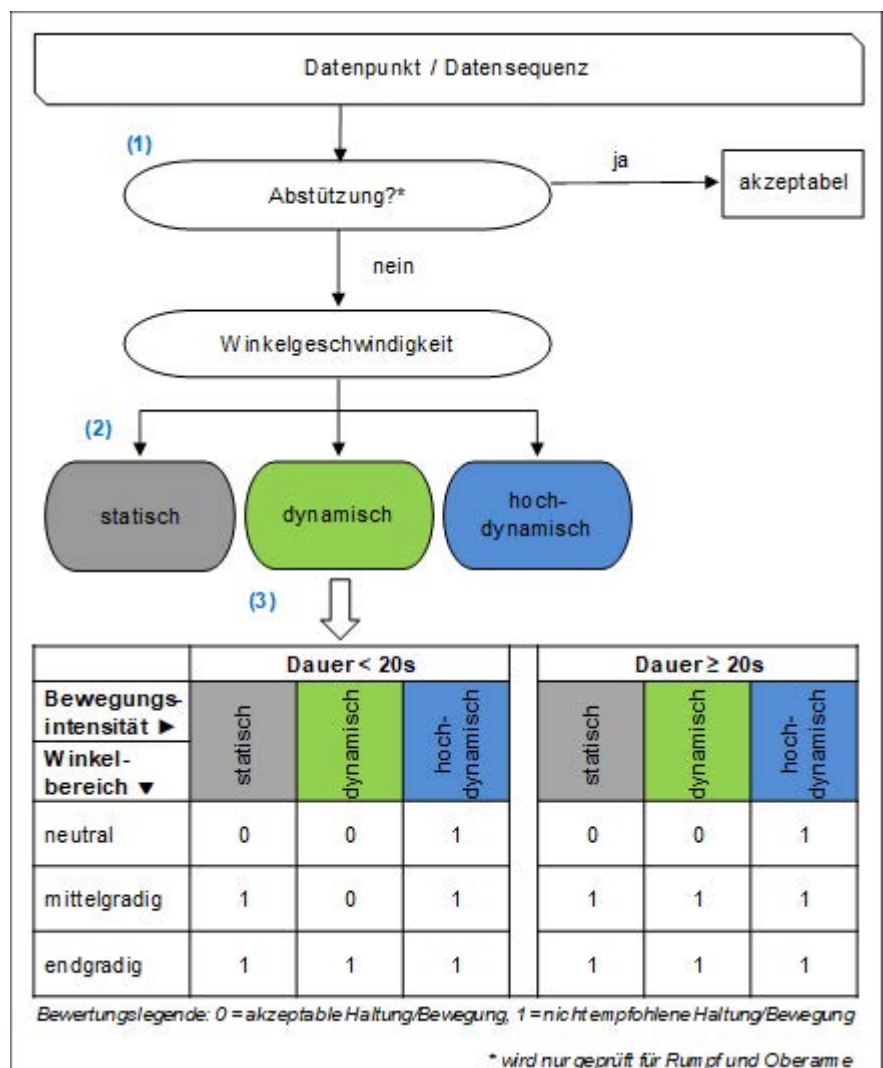


Abbildung 1: Schematische Darstellung der Bewertung von Körperhaltungen und -bewegungen. Quelle: [19]

Tabelle 2:
Grenzen der Risikokategorien für den Belastungsindikator Zeitanteil nicht empfohlene Haltungen/Bewegungen in % [19]

Zielregion des Belastungsindikators Zeitanteil nicht empfohlene Haltungen/Bewegungen in %	Grenzen der Risikokategorien			
	1	2	3	4
Oberarme (links/rechts)	< 4	4 bis < 13	13 bis < 20	≥ 20

3.3 Risikofaktor Kraft

Dem Risikofaktor Kraft werden Arbeiten mit Kraftaufwendungen im Schultergelenk, z. B. kraftbetonte Bearbeitung von Werkstücken oder Lastenhandhabung, zugeordnet [12]. Das externe Drehmoment (eM) gilt als aussagekräftiger Indikator für die Krafteinwirkung, da die Muskulatur entsprechende interne Kräfte aufbringen muss, um dem eM entgegenzuwirken. Das eM stellt somit einen wichtigen Parameter zur Beurteilung der Gelenkbelastung dar und ermöglicht die Unterscheidung zwischen stark und weniger stark belasteten Gelenken [16].

3.3.1 Situative Belastungsindikatoren

Die Bezugsgrundlage für die Bewertung des eM, das situativ durch äußere Lasten auf die Schulter wirkt, ist das maximale innere Drehmoment (maxFlexMS), das von der

entsprechenden Muskelgruppe über die internen Kräfte in der jeweiligen Gelenkstellung willkürlich erzeugt werden kann.

Wird das dem eM entgegenwirkende situativ erzeugte innere Drehmoment (FlexMS) durch das maxFlexMS dividiert, so erhält man den prozentualen Anteil am maxFlexMS. Dieses Vorgehen orientiert sich an der Publikation von *Svensson et al.* [16]. Sie nennen den prozentualen Anteil Muskelkraftausnutzungsgrad (MUR):

$$MUR = \frac{FlexMS}{max. Kraftfähigkeit der Schultermuskulatur(maxFlexMS)}$$

Mit dem MUR lässt sich die situative Belastungssituation hervorragend beschreiben. Das Bezugsmaß maxFlexMS wurde ausgehend von der Publikation von *Svensson et al.* und weiteren entsprechenden Literatur-

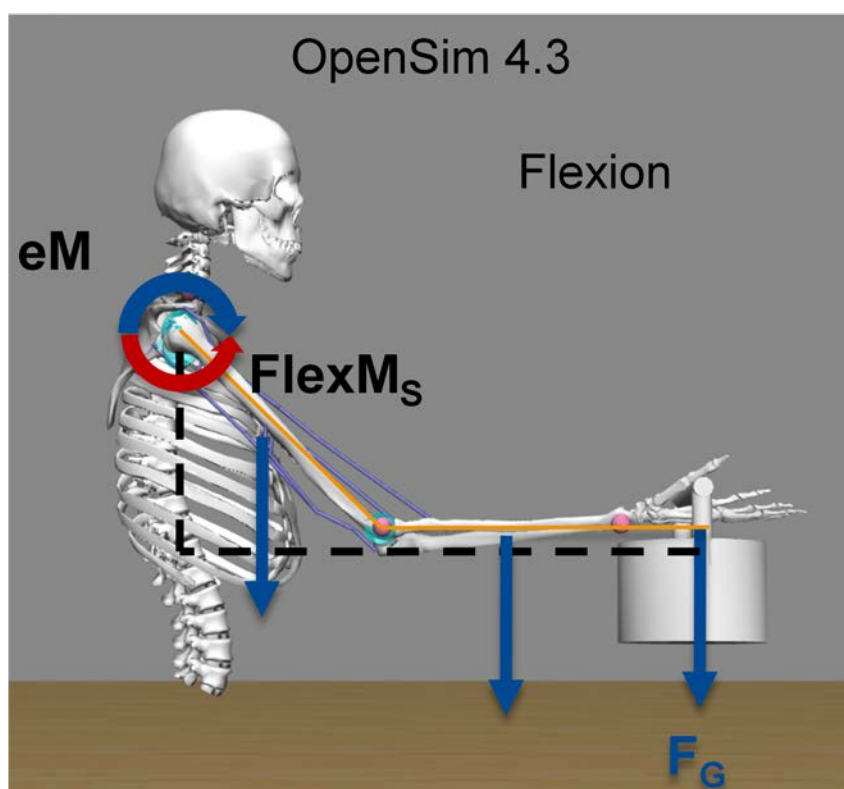


Abbildung 2:
Das durch Muskelkraft im Schultergelenk erzeugte interne Muskelmoment (FlexMS) wirkt dem externen Drehmoment (eM) entgegen. Quelle: modifiziert nach [27]

studien, die das maxFlexMs der Schulter untersucht haben, abgeleitet [28]. Aus diesen Studien ergibt sich eine Schulterwinkelabhängigkeit des maxFlexMs.

Die Belastungsintensität, ausgedrückt durch den MUR, ist ein Maß für den Kraftaufwand, der für eine Aufgabe erforderlich ist. Damit spiegelt der MUR das Ausmaß der Muskelanstrengung wider, die für die einmalige Ausführung der Aufgabe erforderlich ist. Definiert als Prozentsatz von maxFlexMS steht die Belastungsintensität in Beziehung zur physiologischen Belastung (Prozentsatz der maximalen Kraftfähigkeit) und zur biomechanischen Belastung der die Schulter umgebenden Muskel-Sehnen-Einheiten [29]. Die vorgeschlagene Methode beinhaltet die Beschreibung der Belastungsintensität durch verbale Deskriptoren, welche die berechnete Anstrengung in Worte fassen (Tabelle 3). In dieser Hinsicht ähnelt sie der Borg CR-10 Skala. Sie hat jedoch weniger Auswahlmöglichkeiten.

Die Ergebnisse weiterer Untersuchungen zeigen, dass weibliche Versuchspersonen sowohl bei statischen als auch bei dynamischen Kraftmessungen im Durchschnitt ein nur halb so hohes Drehmoment aufbringen wie männliche Versuchspersonen [30].

In Anlehnung an den Montagespezifischen Kraftatlas und weitere Studien wird die situative Belastung der Schulter über den MUR wie in Tabelle 3 kategorisiert [29; 31; 32].

3.3.2 Kumulative Belastungsindikatoren

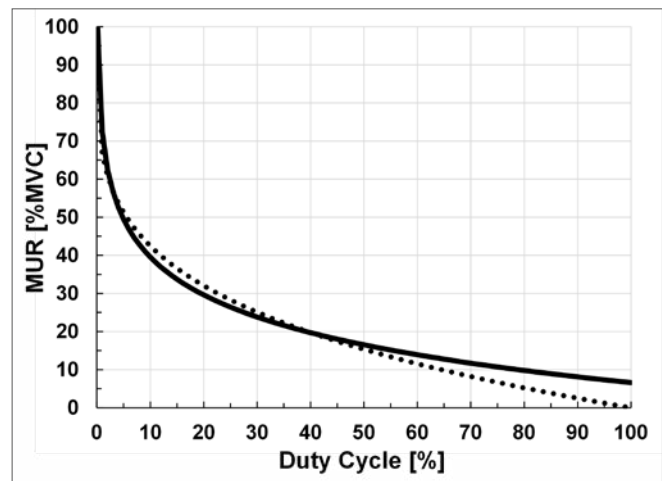
Aus den Zeitanteilen der Verweildauern in den jeweiligen Risikobereichen lassen sich die entsprechenden kumulativen Kenngrößen ermitteln:

- Anteil [%] leicht/mittelschwer/schwer/sehr schwer
- Dosis Momente [Nmh] (Expositionshäufigkeitsverteilungen): Die Summe der ermittelten Schultermomente über die gesamte Schicht ergibt einen Dosiswert in Nmh, der als Expositions Kenngröße angegeben werden kann.
- P50 bzw. P90 [%MVC] nach [33 bis 35]
- Kumulativ gehandhabte Lastgewichte [kgs]
- Muskelkraftausnutzungsgrad [%] / Duty Cycle [%] nach [17; 36]: Der Einfluss von Ermüdung kann berücksichtigt werden, indem die Empfehlungen zur maximal akzeptablen Kraftanstrengung (MAE) [36] oder der lokale ACGIH-Ermüdungsgrenzwert für die oberen Gliedmaßen [17] herangezogen werden (Abbildung 3).

Tabelle 3:
Kategorisierung der situativen Belastung der Schulter

MUR in %	Belastungsbewertung
< 25	leicht, mühelos
< 50	mittelschwer
< 75	schwer
≥ 75	sehr schwer

Abbildung 3:
Max. akzeptabler MUR in Abhängigkeit des Duty Cycle; für Einzeltätigkeiten ≤ 2 Std. (durchgezogene Linie) [36] und eine Arbeitsschicht (gestrichelte Linie) [17].
Quelle: Autoren



3.4 Sensorsystem

Mindestens ein IMU-Sensor am Oberarm der dominanten Hand ist erforderlich, um die Risikofaktoren Haltung und Wiederholung für das Schultergelenk zu erfassen. Zusätzliche IMUs, z. B. am Rumpf, an beiden Armen und an den Händen, ermöglichen eine detailliertere Betrachtung kinematischer Belastungsfaktoren, wie die Orientierung des Oberarms zum Rumpf oder die Handstellung. Sind die Lastgewichte bzw. die aufzubringenden Aktionskräfte bekannt, können bereits mit je einem Bewegungssensor an Ober- und Unterarm die Schultergelenkmomente abgeschätzt werden. Für komplexere biomechanische Modellrechnungen (z. B. zur Bestimmung dreidimensionaler Schultergelenkmomente) sind zusätzliche IMUs zur Bewegungserfassung der gesamten biomechanischen Kette der oberen Extremitäten und ggf. Kraftsensoren zur Messung externer Kräfte erforderlich. Die optional per EMG erfasste Aktivität der

Schultermuskulatur kann auch als Indikator für die Kräfteinwirkung auf das Schultergelenk verwendet werden. Für die Untersuchung von Hand-Arm-Vibrationen werden frequenz- und richtungsgewichtete Beschleunigungen aus 3D-Beschleunigungssensor- oder IMU-Beschleunigungsdaten ermittelt.

Je nach Fragestellung können Messsysteme unterschiedlicher Komplexität (Kategorie 1 bis 3) für verschiedene Anwendungsszenarien und anwendende Personen zum Einsatz kommen (**Abbildung 4**) [37].

Für die Bewegungserfassung werden IMUs in allen drei Kategorien eingesetzt, von einzelnen IMUs bis hin zu „Full Body MoCap“-Systemen. Ab Kategorie 2 können weitere Messtechniken eingesetzt werden, z. B. zur Quantifizierung der Muskelaktivität (EMG), Herzfrequenz, Kraft oder Vibration. Bei Bedarf können zeitsynchrone Videoaufzeichnungen zur Unterstützung der Analyse und Dokumentation herangezogen werden. Die Verarbeitung und Visualisierung der Messdaten erfolgt mithilfe der CUELA-Software WIDAAN [7]. Die biomechanischen und ggf. physiologischen Belastungsparameter werden auf verschiedenen Berechnungsebenen – z. B. Zeitverläufe der Gelenkwinkel, Perzentile der Winkelgeschwindigkeitsverteilung oder Dosis der Gelenkmomente – ausgewertet, bewertet und dargestellt. Die Bewertungsmethode stellt die Risikofaktoren sowohl einzeln als auch in Kombination dar. Neben der Bewertung der einzelnen Risikofaktoren erfolgt eine Gesamtbewertung der ermittelten Schulterbelastung. Es können einzelne Situationen,

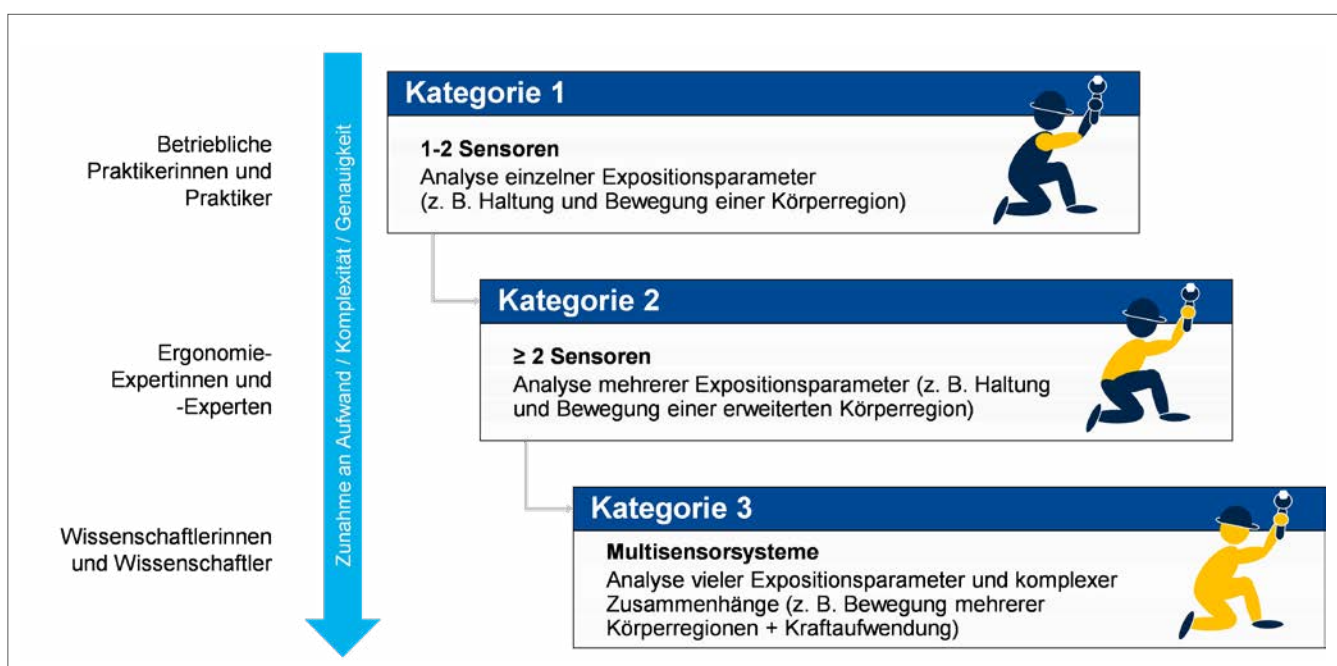
ganze Tätigkeiten oder ganze Schichten Gegenstand der Bewertung sein.

4 Fazit

Die hier vorgestellte CUELA-Methode ist ein ergonomisches Verfahren zur direkten, messwertbasierten Erfassung berufsbedingter MSB und des daraus abgeleiteten Risikos für die Entwicklung von Erkrankungen im anatomischen Bereich der Schulter. Es wird vor Ort am Arbeitsplatz mit einem tragbaren Inertialsensor-Bewegungserfassungssystem eingesetzt und liefert eine automatische Gefährdungsbeurteilung.

Die CUELA-Methode liefert eine große Menge an präzisen und objektiven Informationen. Dies erleichtert die Analyse und fördert die Automatisierung des gesamten ergonomischen Bewertungsprozesses. Die Gefährdungsbeurteilung basiert auf den erfassten Bewegungen und ggf. externen Kräften, denen der Beschäftigte während des Arbeitszyklus ausgesetzt ist. Wenn die einwirkenden Kräfte nicht gemessen werden können, werden die Gelenkbelastungen anhand der Kenntnis der bewegten Lasten geschätzt. Die messwertbasierte Bewertungsmethode ermöglicht die Darstellung der Risikofaktoren sowohl einzeln als auch in Kombination und die Erstellung einer kumulativen Gesamtbewertung. Es ist auch möglich, einzelne Situationen, ganze Tätigkeiten oder ganze Schichten zu bewerten. Die Methode stellt somit ein wirksames und leistungsfähiges Instrument zur Unterstützung der objektiven Gefährdungsbeurteilung

Abbildung 4:
Kategorien von Messsystemen. Quelle: nach [37]



arbeitsbedingter Belastungen des Bewegungsapparates dar.

Literatur

- [1] BMAS (Hrsg.): Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit – Berichtsjahr 2018: Unfallverhütungsbericht Arbeit. Bundesministerium für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Dortmund/Berlin/Dresden 2019
- [2] *Da Costa, B. R.; Vieira, E. R.*: Risk factors for work-related musculoskeletal disorders: a systematic review of recent longitudinal studies. *Am. J. Ind. Med.* (2010), S. n/a-n/a
- [3] *Schaub, K.; Kugler, M.; Bierwirth, M.; Sinn-Behrendt, A.; Bruder, R.*: Prevention of MSD by means of ergonomic risk assessment (tools) in all phases of the vehicle development process. *Work* (2012) Nr. 41, S. 4409-4412
- [4] *Ranavolo, A.; Draicchio, F.; Varrecchia, T.; Silvetti, A.; Iavicoli, S.*: Wearable Monitoring Devices for Biomechanical Risk Assessment at Work: Current Status and Future Challenges – A Systematic Review. *Int. J. Environ. Res. Public. Health* (2018) Nr. 15, S. 2001
- [5] *Marín, J.; Blanco, T.; De La Torre, J.; Marín, J. J.*: Gait Analysis in a Box: A System Based on Magnetometer-Free IMUs or Clusters of Optical Markers with Automatic Event Detection. *Sensors* (2020) Nr. 20, S. 3338
- [6] *Cutti, A. G.; Giovanardi, A.; Rocchi, L.; Davalli, A.; Sacchetti, R.*: Ambulatory measurement of shoulder and elbow kinematics through inertial and magnetic sensors. *Med Biol Eng Comput* (2008) Nr. 46, S. 169-78
- [7] *Hermanns, I.; Raffler, N.; Ellegast, R. P.; Fischer, S.; Göres, B.*: Simultaneous field measuring method of vibration and body posture for assessment of seated occupational driving tasks. *Int. J. Ind. Ergon.* (2008) Nr. 38, S. 255-263
- [8] *Ellegast, R.; Hermanns, I.; Schiefer, C.*: Feldmesssystem CUELA zur Langzeiterfassung und -analyse von Bewegungen an Arbeitsplätzen. *Z. Für Arbeitswissenschaft* (2010) Nr. 54, S. 101-110
- [9] *Caputo, F.; Greco, A.; D'Amato, E.; Notaro, I.; Spada, S.*: IMU-Based Motion Capture Wearable System for Ergonomic Assessment in Industrial Environment. In: *Ahram, T. Z.* (Hrsg.): *Advances in Human Factors in Wearable Technologies and Game Design*. Springer International Publishing, Cham 2019 Nr. 795, S. 215-225
- [10] *Peppoloni, L.; Filippeschi, A.; Ruffaldi, E.; Avizzano, C. A.*: A novel wearable system for the online assessment of risk for biomechanical load in repetitive efforts. *Int. J. Ind. Ergon.* (2016) Nr. 52, S. 1–11
- [11] *Maurer-Grubinger, C.; Holzgreve, F.; Fraeulin, L. et al.*: Combining Ergonomic Risk Assessment (RULA) with Inertial Motion Capture Technology in Dentistry – Using the Benefits from Two Worlds. *Sensors* (2021) Nr. 21, S. 4077
- [12] *Seidler, A.; Romero Starke, K.; Freiberg, A.; Hege-wald, J.; Nienhaus, A.; Bolm-Audorff, U.*: Dose-Response Relationship between Physical Workload and Specific Shoulder Diseases – A Systematic Review with Meta-Analysis. *Int. J. Environ. Res. Public. Health* (2020) Nr. 17, S. 1243
- [13] *Rempel, D.; Potvin, J.*: A design tool to estimate maximum acceptable manual arm forces for above-shoulder work. *Ergonomics* (2022), S. 1-14
- [14] *Dalbøge, A.; Frost, P.; Andersen, J. H.; Svendsen, S. W.*: Associations between single and combined occupational mechanical exposures and surgery for subacromial impingement syndrome: a nationwide Danish cohort study. *Scand. J. Work. Environ. Health* (2022) Nr. 48, S. 490-497
- [15] *Kulig, K.; Andrews, J. G.; Hay, J. G.*: Human strength curves. *Exerc. Sport Sci. Rev.* (1984) Nr. 12, S. 417-466
- [16] *Svensson, O. K.; Arborelius, U. P.; Ekholm, J.*: Relative mechanical load on shoulder and elbow muscles in standing position when handling materials manually. A study of packing work. *Scand. J. Rehabil. Med.* (1987) Nr. 19, S. 169-178
- [17] ACGIH: 2018 TLVs® and BEIs®: based on the documentation of the threshold limit values for chemical substances and physical agents & biological exposure indices. 2018

- [18] *Abdel-Malek, D. M.; Foley, R. C. A.; Wakeely, F.; Graham, J. D.; La Delfa, N. J.*: Exploring Localized Muscle Fatigue Responses at Current Upper-Extremity Ergonomics Threshold Limit Values. *Hum. Factors J. Hum. Factors Ergon. Soc.* (2022) Nr. 64, S. 385-400
- [19] MEGAPHYS – Mehrstufige Gefährdungsanalyse physischer Belastungen am Arbeitsplatz – Band 2. Berlin: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e. V. (DGUV), (2020), S. 984
- [20] MEGAPHYS – Mehrstufige Gefährdungsanalyse physischer Belastungen am Arbeitsplatz – Band 1. Dortmund: Bundesanstalt Für Arbeitsschutz Und Arbeitsmedizin (BAuA), (2019)
- [21] Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA): AMR 13.2 „Tätigkeiten mit wesentlich erhöhten körperlichen Belastungen mit Gesundheitsgefährdungen für das Muskel-Skelett-System“. In: GMBI. 2022, S. 154
- [22] *Bernard, B. P.*: *Bernard, B. P.* (Hrsg.): Musculoskeletal disorders and workplace factors. A critical review of epidemiologic evidence for work-related musculoskeletal disorders of the neck, upper extremity, and low back. Department of health and Human Services, NIOSH, Cincinnati, OH: U.S. 1997
- [23] *van der Molen, H. F.; Foresti, C.; Daams, J. G.; Frings-Dresen, M. H. W.; Kuijjer, P. P. F. M.*: Work-related risk factors for specific shoulder disorders: a systematic review and meta-analysis. *Occup. Environ. Med.* (2017) Nr. 74, S. 745
- [24] *Weber, B.; Douwes, M.; Forsman, M.* et al.: Assessing Arm Elevation at Work with Technical Assessment Systems. (2018)
- [25] Norm DIN EN 1005-4 (2009-01-00) Menschliche körperliche Leistung Teil 4: Bewertung von Körperhaltungen und Bewegungen bei der Arbeit an Maschinen. Berlin: Beuth 2009
- [26] ISO 11226. Ergonomics – Evaluation of static working postures.
- [27] *Delp, S. L.; Anderson, F. C.; Arnold, A. S.* et al.: OpenSim: open-source software to create and analyze dynamic simulations of movement. *IEEE Trans. Biomed. Eng.* (2007) Nr. 54, S. 1940-1950
- [28] *Arborelius, U. P.; Ekholm, J.; Nisell, R.; Németh, G.; Svensson, O.*: Shoulder load during machine milking. An electromyographic and biomechanical study. *Ergonomics* (1986) Nr. 29, S. 1591-1607
- [29] *Moore, J. S.; Garg, A.*: The Strain Index: a proposed method to analyze jobs for risk of distal upper extremity disorders. *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.* (1995) Nr. 56, S. 443-458
- [30] *Koski, A. V.; McGill, S. M.*: Dynamic shoulder flexion strength: for use in occupational risk analysis and clinical assessment. *Clin. Biomech.* (1994) Nr. 9, S. 99-104
- [31] *Wakula, J.; Berg, K.; Schaub, K.; Bruder, R.; Glitsch, U.; Ellegast, R.*: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e.V. (Hrsg.): Der montagespezifische Kraftatlas. BGIA, Sankt Augustin 2009
- [32] *Borg, G.*: Psychophysical scaling with applications in physical work and the perception of exertion. *Scand. J. Work. Environ. Health* (1990) Nr. 16, S. 55-58
- [33] *Hansson, G.-Å.; Balogh, I.; Ohlsson, K.* et al.: Physical workload in various types of work: Part I. Wrist and forearm. *Int. J. Ind. Ergon.* (2009) Nr. 39, S. 221-233
- [34] *Hansson, G.-Å.; Balogh, I.; Ohlsson, K.; Skerfving, S.*: Measurements of wrist and forearm positions and movements: effect of, and compensation for, goniometer crosstalk. *J. Electromyogr. Kinesiol.* (2004) Nr. 14, S. 355-367
- [35] *Hansson, G.-Å.; Balogh, I.; Ohlsson, K.* et al.: Physical workload in various types of work: Part II. Neck, shoulder and upper arm. *Int. J. Ind. Ergon.* (2010) Nr. 40, S. 267-281
- [36] *Potvin, J. R.*: An equation to predict maximum acceptable loads for repetitive tasks based on duty cycle: evaluation with lifting and lowering tasks. *Work* (2012) Nr. 41, S. 397-400
- [37] *Holtermann, A.; Schellewald, V.; Mathiassen, S. E.* et al.: A practical guidance for assessments of sedentary behavior at work: A PEROSH initiative. *Appl. Ergon.* (2017) Nr. 63, S. 41-52

Umsetzung GDA: Muskel-Skelett-Belastungen

Handlungshilfen für die Gefährdungsbeurteilung bei Muskel-Skelett-Belastungen – unsere Unterstützung für KMU

Ralf Schick,

Berufsgenossenschaft Handel und Warenlogistik (BGHW), Mannheim

1 Einleitung

Seit Inkrafttreten des Arbeitsschutzgesetzes (ArbSchG) im Jahr 1996 sind alle Arbeitgebenden verpflichtet, eine Gefährdungsbeurteilung durchzuführen. Dabei sind die Arbeitsbedingungen der Beschäftigten zu beurteilen, geeignete Maßnahmen zur Vermeidung oder Verringerung von bestehenden Gefährdungen festzulegen, diese umzusetzen und auf ihre Wirksamkeit zu überprüfen [1].

Die gesetzlichen Unfallversicherungsträger (UVT) fordern in Vorschrift 1 „Grundsätze der Prävention“ der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (DGUV) ebenfalls, eine Gefährdungsbeurteilung durchzuführen [2]. Seit 2008 bietet die Leitlinie „Gefährdungsbeurteilung und Dokumentation“ der Gemeinsamen Deutschen Arbeitsschutzstrategie (GDA) eine Orientierung für das Aufsichtspersonal von UVT und Arbeitsschutzbehörden der Länder zur Bewertung der durchgeführten Gefährdungsbeurteilung in den Betrieben [3]. Die GDA hat ebenfalls die „Qualitätsgrundsätze zur Erstellung von Handlungshilfen für eine Gefährdungsbeurteilung nach dem Arbeitsschutzgesetz“ 2009 veröffentlicht [4]. Die darin formulierten Mindeststandards, die bei der Erstellung von Handlungshilfen zu berücksichtigen sind, bildeten die Grundlage des im März 2020 veröffentlichten DGUV Grundsatzes 311-033 „Erstellung von Handlungshilfen zur Gefährdungsbeurteilung“ [5].

2 Ziel und Zielgruppen

In der 3. Periode der GDA sollen insbesondere kleine und mittlere Unternehmen (KMU) mit der Bereitstellung von Handlungshilfen im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung bei Muskel-Skelett-Belastungen (MSB) durch die UVT und Arbeitsschutzbehörden der Länder unterstützt werden. Dadurch soll die Anzahl der angemessenen Gefährdungsbeurteilungen bei MSB in den KMU erhöht werden [6].

Die Dokumente „Leitlinie Gefährdungsbeurteilung und Dokumentation“ der GDA sowie der DGUV Grundsatz 311-033 „Erstellung von Handlungshilfen zur Gefährdungsbeurteilung“ beinhalten Mindestanforderungen und stellen somit die Grundlage für das Konzept der Handlungshilfen für die Gefährdungsbeurteilung bei MSB dar. Trotz der unterschiedlichen Voraussetzungen in den einzelnen Branchen und Betrieben sollen die Handlungshilfen dazu beitragen, in den KMU eine grundsätzlich gleiche Vorgehensweise bei der Durchführung der Gefährdungs-

beurteilung bei MSB zu gewährleisten. Dabei sollen die Vorgaben der GDA berücksichtigt, zusätzlich aber auch ein Wiedererkennungswert der Handlungshilfen von MSB für Betriebe und Einrichtungen etabliert werden.

3 Konzept der Handlungshilfen für die Gefährdungsbeurteilung bei MSB

Handlungshilfen stellen den Nutzen der Gefährdungsbeurteilung heraus und gewährleisten eine gute Handhabbarkeit. Dadurch sollen die Betriebe motiviert und bei der Durchführung der Gefährdungsbeurteilung bei MSB unterstützt werden.

Das Konzept der Handlungshilfen für die Gefährdungsbeurteilung bei MSB soll die Unternehmen in die Lage versetzen, mithilfe von vergleichbaren und bereits bewerteten Tätigkeiten eine Gefährdungsbeurteilung für Tätigkeiten mit MSB einfach und angemessen zu erstellen. Das Konzept besteht aus dem Leitfaden, der die UVT und Landesbehörden bei der Erstellung von Beurteilungshilfen unterstützen soll, sowie den Arbeits- und Beurteilungshilfen, die Arbeitgebende bei der Erstellung einer Gefährdungsbeurteilung unterstützen (**Abbildung 1**).

Die bereitgestellte Arbeitshilfe führt die KMU durch die sieben Prozessschritte der Gefährdungsbeurteilung bei MSB. Vollständig ausgefüllt stellt sie gleichzeitig eine angemessene Dokumentation der Gefährdungsbeurteilung dar. Die Arbeitshilfe kann auf der Seite des GDA Arbeitsprogramms MSB unter https://www.gdabewegt.de/resource/blob/62132/75ec4f65b7f0c515e2fcd830451d78f1/GDA_ArbeitshilfeMSB_v13_bf.pdf heruntergeladen werden [7].

Die Beurteilungshilfe unterstützt Arbeitgebende beim Ermitteln und Bewerten der Gefährdungen und beschreibt darüber hinaus konkrete und geeignete Arbeitsschutzmaßnahmen nach dem Stand der Technik.

3.1 Leitfaden für die Erstellung von Beurteilungshilfen

Der Leitfaden richtet sich an die UVT und die Arbeitsschutzbehörden der Länder. Er beschreibt Inhalte und Gestaltung von Beurteilungshilfen für die Gefährdungsbeurteilung bei MSB. Der Leitfaden unterstützt die UVT und Arbeitsschutzbehörden der Länder bei der

Erstellung von Beurteilungshilfen. Er gibt Hinweise über Aufbau, Inhalte, Umfang und mediale Aufbereitung von Beurteilungshilfen sowie zur Vorgehensweise bei der Gefährdungsbeurteilung von MSB.

3.2 Beurteilungshilfen für die Gefährdungsbeurteilung bei MSB

Um KMU passgenaue Beurteilungshilfen für die Gefährdungsbeurteilung bei MSB anbieten zu können, sollte die Vielfalt an Branchen und Tätigkeiten berücksichtigt werden. Für Auswahl und Priorisierung der Tätigkeiten kann das Geschehen bei Berufskrankheiten, die Muskel-Skelett-Erkrankungen betreffen, in den verschiedenen Branchen Hinweise geben. Aber auch Berufe und Tätigkeiten, die sehr häufig vorkommen und/oder Berufe und Tätigkeiten mit gut vergleichbaren Arbeitsbedingungen können Gründe für das Erstellen von Beurteilungshilfen sein.

Bei branchenübergreifenden Tätigkeiten sollte eine Abstimmung zwischen den betreffenden Trägern erfolgen, um Erfahrungen auszutauschen und Doppelarbeit zu vermeiden. Diese Abstimmung kann direkt zwischen den zuständigen Personen der betreffenden Träger erfolgen. Bei der Erstellung von Beurteilungshilfen empfiehlt es sich, die Akteurinnen und Akteure für Sicherheit und Gesundheit in den Betrieben vor Ort mit einzubeziehen.

Die erstellten Beurteilungshilfen unterstützen die Betriebe beim Ermitteln und Bewerten der Gefährdungen durch MSB (**Abbildung 2**). Sie beschreiben darüber hinaus konkrete und geeignete Arbeitsschutzmaßnahmen nach dem Stand der Technik.

Ziel ist die systematische Ermittlung aller Gefährdungen für das Muskel-Skelett-System. Bei der Ermittlung der Gefährdungen sind Planungs- oder Ist-Zustände z. B. durch Beobachten, Befragen, Messen, Berechnen oder Abschätzen zu erfassen. Anschließend sind die Gefährdungen durch MSB zu benennen und zu beschreiben. Hierbei werden acht Belastungsarten unterschieden:

- Manuelles Heben, Halten und Tragen von Lasten (HHT),
- Manuelles Ziehen und Schieben von Lasten (ZS),
- Manuelle Arbeitsprozesse (MA), z.B. repetitive Tätigkeiten,
- Ganzkörperkräfte (GK),
- Körperzwangshaltungen (KH),
- Körperfortbewegung (KB),
- Ganzkörper-Vibrationen (GKV),
- Hand-Arm-Vibrationen (HAV).

Informationen zu den verschiedenen Belastungsarten finden Sie in der DGUV Information 208-033 „Muskel-Skelett-Belastungen – erkennen und beurteilen“ [8].

Die Ermittlung von Gefährdungen bezieht sich auf einen festgelegten Arbeitsbereich, eine Tätigkeitsgruppe, eine Personengruppe oder auf bereichsübergreifende Arbeits-

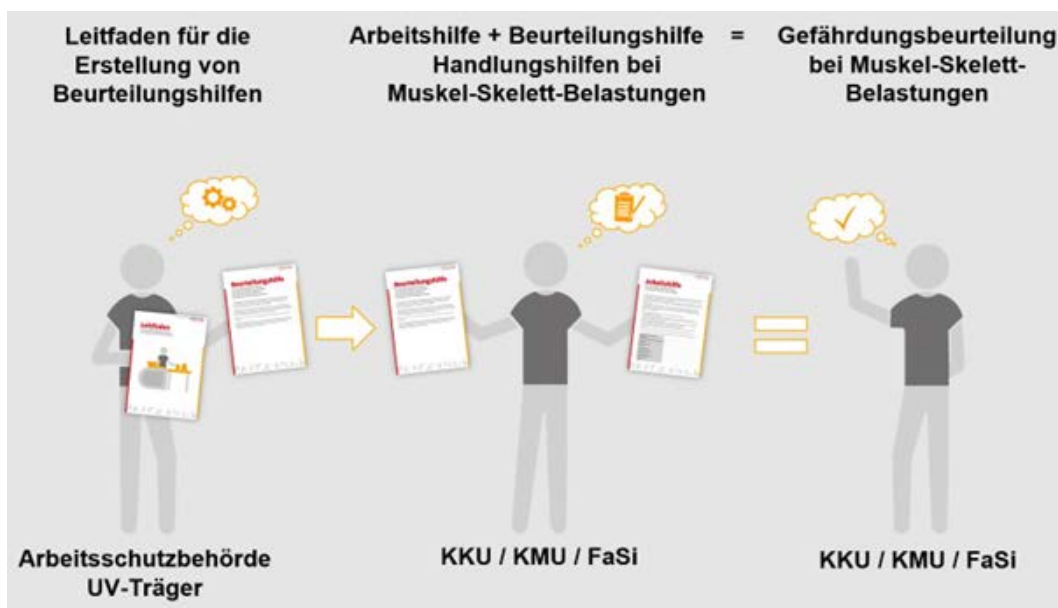


Abbildung 1: Konzept der Handlungshilfen. Quelle: GDA AP MSB

aufgaben. Sie betrachtet dabei die Gefährdungs- und Belastungsfaktoren und deren Wechselwirkungen.

Die oben genannten sechs Belastungsarten (ohne Vibrationsbelastungen) wurden im Rahmen des MEGAPHYS-Projektes vereinbart und festgeschrieben [9, 10]. In der Arbeitsmedizinischen Regel (AMR) 13.2 ist in der Neufassung vom 25. Februar 2022 für diese Belastungsarten ein Risikokzept mit vier Risikobereichen definiert (siehe Abbildung 4), das für die Beurteilung von Beanspruchungen durch körperliche Belastung verwendet werden soll [11]. Die AMR 13.2 konkretisiert, wann eine arbeitsmedizinische Vorsorge angeboten werden muss. Den vier Risikobereichen des Risikokzeptes, die in einem Ampelschema „grün-gelb-rot“ eingestuft werden, wird jeweils eine bestimmte Belastungshöhe zugeordnet. Zusätzlich werden die vier Risikobereiche mit der Wahrscheinlichkeit einer körperlichen Überbeanspruchung und den entsprechenden gesundheitlichen Folgen sowie erforderlichen Maßnahmen verbunden.

Der Inhalt der Beurteilungshilfen gliedert sich wie folgt:

- Titel mit Tätigkeit/Beruf und Branche,
- Hinweise und trägerspezifische Informationen,
- Tätigkeitsbeschreibung,
- Gültigkeitsbereich,

- Belastungen und Gefährdungen,
- Bewertung und Ergebnis,
- Geeignete Präventionsmaßnahmen,
- Erfolg der Präventionsmaßnahmen.

Die Beschreibung der Tätigkeit ist ein wesentlicher Bestandteil der Beurteilungshilfe. Anhand der Tätigkeitsbeschreibung sollen Unternehmerinnen und Unternehmer entscheiden können, ob die im eigenen Betrieb durchgeführte Tätigkeit vergleichbar ist und die vorgenommene Bewertung in der Beurteilungshilfe als Unterstützung für die eigene Gefährdungsbeurteilung herangezogen werden kann.

Die Tätigkeit muss daher so genau wie möglich beschrieben sein und die wesentlichen Informationen enthalten, die den Vergleich mit anderen Tätigkeiten ermöglichen. Ziel ist es, vergleichbare Tätigkeiten zu erkennen und nicht vergleichbare Tätigkeiten für die Verwendung der Beurteilungshilfe auszuschließen. Hierbei ist es wichtig, die üblichen betrieblichen Arbeitsabläufe und Verhältnisse zu erfassen, die in der überwiegenden Anzahl der Schichten pro Jahr vorkommen. Es sollte also immer der Regelfall beschrieben werden und nicht der Sonder- oder Einzelfall.

Gleichartige Arbeitsplätze oder Tätigkeiten mit identischen Belastungshöhen können zusammengefasst werden. Bei ähnlichen Tätigkeiten wie Kommissionierung

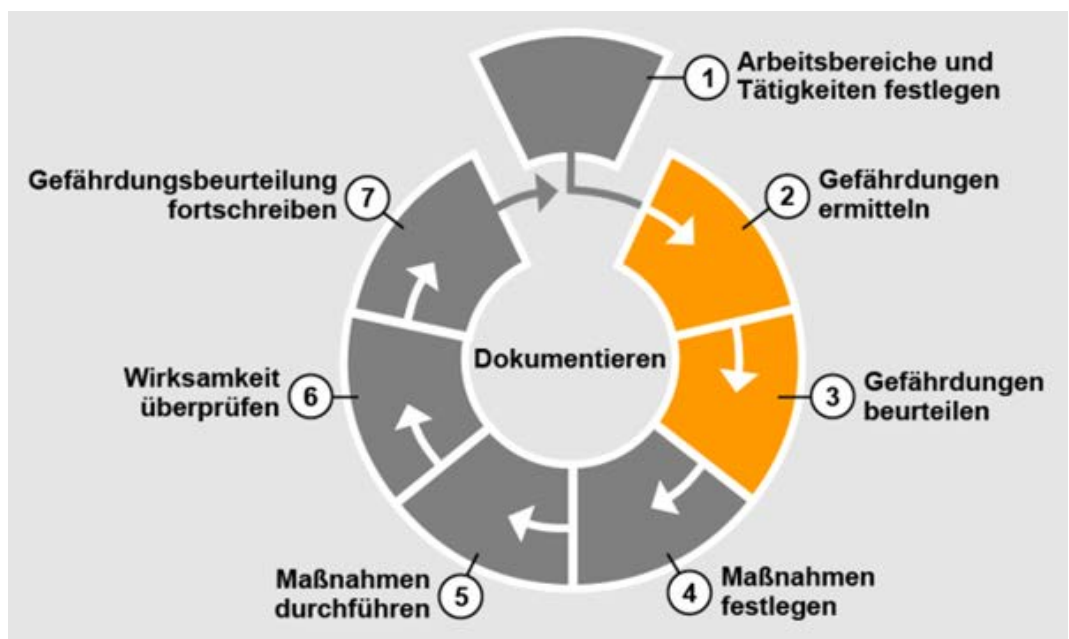


Abbildung 2:
Prozessschritte der Gefährdungsbeurteilung.
Quelle: GDA AP MSB

von Lebensmitteln in den Bereichen „Trockensortiment“ und „Frischesortiment“ ist zu prüfen, ob die Höhe der Belastung in beiden Bereichen identisch ist. Ist dies der Fall, ist das Erstellen einer Beurteilungshilfe ausreichend. Ist dies nicht der Fall, sind für die beiden Bereiche getrennte Beurteilungshilfen zu erstellen.

Ändert sich bei einer Tätigkeit die Belastungshöhe im Verlauf einer Woche, eines Monats oder eines Jahres wesentlich, sind ebenfalls getrennte Beurteilungshilfen zu erstellen. Beispielsweise treten bei der Reifenmontage im Reifenhandel saisonal bedingte Unterschiede in der Belastungshöhe auf. Für diesen Fall ist eine Beurteilungshilfe für die Schichten im Jahr mit höherer Belastung (Hauptsaison) und für die Schichten im Jahr mit niedriger Belastung (Nebensaison) zu erstellen.

Die Angabe eines Gültigkeitsbereichs dient als weitere Entscheidungshilfe für das Unternehmen, ob die im eigenen Betrieb durchgeführte Tätigkeit vergleichbar ist und somit das Ergebnis der Bewertung in der Beurteilungshilfe als Unterstützung für die eigene Gefährdungsbeurteilung herangezogen werden kann.

Der Gültigkeitsbereich gibt Grenzen für Belastungsfaktoren (Lastgewichte, Häufigkeiten, Zeitanteile etc.) einer höheren oder niedrigeren Belastung an, die im Ergebnis einen höheren oder niedrigeren Risikobereich

zur Folge haben können und somit von der in der Beurteilungshilfe ermittelten Belastungshöhe abweichen.

Ein weiterer wesentlicher Bestandteil der Beurteilungshilfe ist die Nennung von geeigneten Präventionsmaßnahmen (Abbildung 3). Ziel ist es, den KMU passende und effektive Maßnahmen für die ermittelten und bewerteten Belastungsarten der jeweiligen Tätigkeit in der Beurteilungshilfe vorzuschlagen. Hierbei bildet das Ergebnis der Bewertung der Belastungsarten die Grundlage dafür, welche erforderlichen konkreten Maßnahmen vorgeschlagen und festgelegt werden.

Unter Berücksichtigung der Grundsätze von § 4 ArbSchG werden die Maßnahmen für die ermittelte Tätigkeit so festgelegt, dass vorhandene Gefährdungen für das Leben sowie für die physische Gesundheit vermieden werden. Hierbei haben technische Lösungen stets Vorrang vor organisatorischen Regelungen und personenbezogenen Arbeitsschutzmaßnahmen (TOP-Prinzip).

Dem Unternehmen wird darüber hinaus aufgezeigt, welchen Erfolg die Umsetzung der in der Beurteilungshilfe vorgeschlagenen Präventionsmaßnahmen bewirken. Dadurch sollen die Akzeptanz und die Bereitschaft zur Umsetzung der vorgeschlagenen Maßnahmen erhöht werden. Dabei ist es besonders wichtig dem Unternehmen aufzuzeigen, wie sich die Belastungshöhe reduzieren

Beurteilungshilfe
im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung bei Muskel-Skelett-Belastungen bei Lagerarbeiten im Baustoffhandel

Belastungsart: Manuelles Heben, Halten, Tragen

Männer	Belastungshöhe		Frauen	Belastungshöhe	
	gering	mäßig erhöht		gering	mäßig erhöht
<input type="checkbox"/>	gering	mäßig erhöht	<input type="checkbox"/>	gering	mäßig erhöht
<input type="checkbox"/>	mäßig erhöht	erheblich erhöht	<input type="checkbox"/>	mäßig erhöht	erheblich erhöht
<input checked="" type="checkbox"/>	erheblich erhöht	hoch	<input checked="" type="checkbox"/>	erheblich erhöht	hoch

Belastungsart	Risikobereich	
	Frauen	Männer
Manuelles Heben, Halten, Tragen	+	+
Manuelles Drehen und Schieben	-	-
Manuelle Arbeitsgriffe	-	-
Gezielte Einwirkung	-	-
Stofftransportbehälter	-	-
Manuelle Einwirkung	-	-
Gezielte Einwirkung	-	-
Manuelle Einwirkung	-	-

Geeignete Maßnahmen zur Reduzierung von Gefährdungen und Belastungen nach dem TOP-Prinzip

Substanz

- Einseitig von Gehhilfen oder Hebehilfen um das Heben und Tragen von Lasten (mehr als 20 kg) zu vermeiden
- Für Einzelgewichte ab 15 kg Hebehilfen an Lagerplätzen bereitstellen

Organisatorisch

- Lager optimieren, um häufig verwendete Waren ergonomisch gut zu handhaben (kurze Wege u. gute Einwirkung)
- Handhabung von Lasten > 20 kg unbedingt vermeiden - Anzahl der zu handhabenden Waren pro Schicht verringern
- Eine arbeitsmedizinische Voruntersuchung durchführen

Technisch

- Nützlichere Hebe- und Tragetechniken einsetzen - Erhaltungsausschuss nach Beurteilungsergebnis
- Falls notwendig schwere Lasten zu zwei Personen und tragen oder Hilfe möglichen schweren Lasten aufteilen
- muskuläres Training für den Rücken und zur Bewegung (Schwimmen, Walking, Radfahren)

Erfolg der Maßnahmen

Die Umsetzung der o. g. Maßnahmen führt zu einer Verringerung der Belastung durch Heben- und Tragetätigkeiten der Beschäftigten. Eine erneute Beurteilung der Tätigkeit mit der LMB 1007 kann im Ergebnis zu einer Einweisung in den Risikobereich 1 (Einseitig von Hebehilfen ab 20 kg) oder 2 (Einseitig von Hebehilfen ab 15 kg) führen.

Abbildung 3: Auszug aus einer Beurteilungshilfe. Quelle: BGHW

lässt und damit auch die Zuordnung in einen niedrigeren Risikobereich möglich ist.

3.3 Arbeitshilfe für die Gefährdungsbeurteilung bei MSB

Die Arbeitshilfe führt Arbeitgebende durch die sieben Prozessschritte der Gefährdungsbeurteilung bei MSB. Durch die Festlegung von verantwortlichen Personen und Terminen für den jeweiligen Prozessschritt gewährleistet sie gleichzeitig die geforderte angemessene Dokumentation der Gefährdungsbeurteilung. Das Dokument umfasst insgesamt acht Seiten.

Auf der ersten Seite werden allgemeine Hinweise zur Benutzung der Arbeitshilfe und zur Gefährdungsbeurteilung erläutert. Auch die an der Gefährdungsbeurteilung beteiligten Personen können hier eingetragen werden. Auf der zweiten Seite können unter Schritt 1 die Arbeitsbereiche oder Tätigkeiten festgelegt und eingetragen werden. Der Prozessschritt 2 „Gefährdung ermitteln“ befindet sich ebenfalls auf Seite 2 der Arbeits-

hilfe. Sie kann zusammen mit einer eigenen Beurteilung, beispielweise mit einer Leitmerkalmethode, oder mit einer Beurteilungshilfe angewendet werden. Dies ist entsprechend auf Seite 2 anzugeben. In beiden Fällen kann das Ergebnis der Bewertung der körperlichen Belastung aus der entsprechenden Leitmerkalmethode oder einer Beurteilungshilfe in den Prozessschritt 3 „Gefährdung ermitteln“ auf Seite 3 in die Tabelle (**Abbildung 4**) eingetragen werden. Hier können die verschiedenen Belastungsarten, entsprechend dem Ergebnis der Bewertung der körperlichen Belastung, dem jeweiligen Risikobereich durch ankreuzen zugeordnet werden.

4 Erprobung des Konzeptes in der Praxis

Das Konzept der Handlungshilfen soll den Nutzen der Gefährdungsbeurteilung bei MSB herausstellen und eine gute Handhabbarkeit gewährleisten. Die Betriebe sollen motiviert werden, die Gefährdungsbeurteilung für Tätigkeiten mit MSB durchzuführen und ggf. Präventionsmaßnahmen zu prüfen und umzusetzen.

Belastungsart	Risikobereich	Belastungshöhe	a) Wahrscheinlichkeit körperlicher Überbeanspruchung b) Mögliche gesundheitliche Folgen	Maßnahmen
<input type="checkbox"/> Heben, Halten u. Tragen <input type="checkbox"/> Ziehen und Schieben <input type="checkbox"/> Manuelle Arbeitsprozesse <input type="checkbox"/> Ganzkörperkräfte <input type="checkbox"/> Körperfortbewegung <input type="checkbox"/> Körperzwangshaltung	1	gering	a) unwahrscheinlich b) Nicht ausgeschlossen für vermindert belastbare Personen	Im Einzelfall sind Maßnahmen zur Gestaltung der Arbeit und sonstige ergänzende Präventionsmaßnahmen zu prüfen. Eine arbeitsmedizinische Wunschvorsorge ist zu ermöglichen.
<input type="checkbox"/> Heben, Halten u. Tragen <input type="checkbox"/> Ziehen und Schieben <input type="checkbox"/> Manuelle Arbeitsprozesse <input type="checkbox"/> Ganzkörperkräfte <input type="checkbox"/> Körperfortbewegung <input type="checkbox"/> Körperzwangshaltung	2	mäßig erhöht	a) selten b) Ermüdung, geringgradige Anpassungsbeschwerden, die in der Freizeit kompensiert werden können	
<input type="checkbox"/> Heben, Halten u. Tragen <input type="checkbox"/> Ziehen und Schieben <input type="checkbox"/> Manuelle Arbeitsprozesse <input type="checkbox"/> Ganzkörperkräfte <input type="checkbox"/> Körperfortbewegung <input type="checkbox"/> Körperzwangshaltung	3	wesentlich erhöht	a) möglich b) Beschwerden (Schmerzen) ggf. mit nicht dauerhaft anhaltenden Funktionsstörungen	Maßnahmen zur Gestaltung der Arbeit sind zu prüfen. Eine arbeitsmedizinische Vorsorge ist anzubieten.
<input type="checkbox"/> Heben, Halten u. Tragen <input type="checkbox"/> Ziehen und Schieben <input type="checkbox"/> Manuelle Arbeitsprozesse <input type="checkbox"/> Ganzkörperkräfte <input type="checkbox"/> Körperfortbewegung <input type="checkbox"/> Körperzwangshaltung	4	hoch	a) wahrscheinlich b) Stärker ausgeprägte Beschwerden und/oder Funktionsstörungen, Strukturschäden mit Krankheitswert möglich	Maßnahmen zur Gestaltung der Arbeit sind erforderlich. Eine arbeitsmedizinische Vorsorge ist anzubieten.

Abbildung 4: Risikokzept, in Anlehnung an die Tabelle aus AMR 13.2. Quelle: nach AMR 13.2

Im Rahmen einer Erprobung in der Praxis wurden daher die Vollständigkeit, Anwendbarkeit und Praxistauglichkeit des Leitfadens, der Arbeitshilfe sowie der Beurteilungshilfe überprüft. Die Arbeits- und Beurteilungshilfe wurde demnach in 30 Betrieben getestet. Das Ergebnis dieser Erprobung fiel überwiegend positiv aus. So waren beispielsweise etwa 90 % der Befragten der Meinung, dass die Beurteilungshilfe für die KMU nützlich ist und diese beim Ermitteln und Bewerten der Gefährdungen bei körperlichen Belastungen unterstützt (**Abbildung 5**).

Das Zusammenwirken von Arbeitshilfe und Beurteilungshilfe sehen über 80 % der Befragten Betriebe als sinnvolle Unterstützung bei der Durchführung und Dokumentation der Gefährdungsbeurteilung bei MSB. Ein etwa gleich großer Anteil der befragten Unternehmen würde die Anwendung der Arbeits- und Beurteilungshilfe anderen KMU empfehlen.

5 Zusammenfassung und Ausblick

In der 3. Periode der GDA sollen den KMU Handlungshilfen zur Unterstützung bei der Gefährdungsbeurteilung bei MSB durch die UVT und Arbeitsschutzbehörden der Länder bereitgestellt werden, um die Anzahl der angemessenen Gefährdungsbeurteilungen bei MSB in diesen Betrieben zu erhöhen.

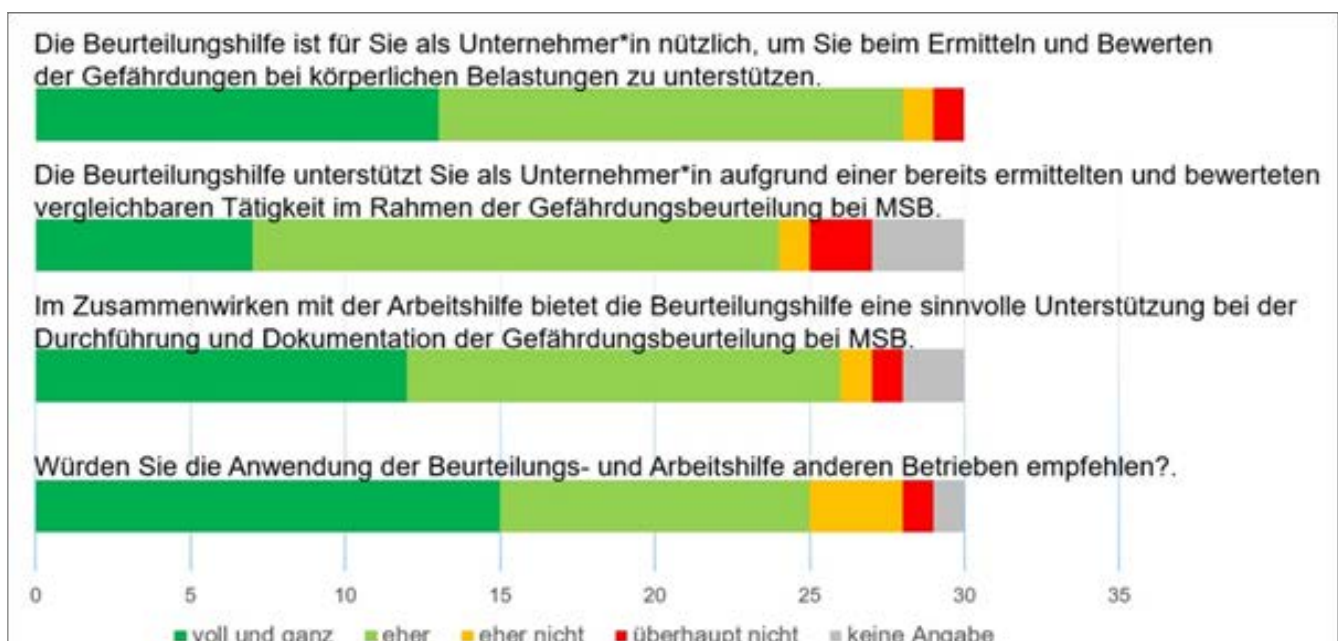
Hierzu wurde im GDA Arbeitsprogramm MSB ein entsprechendes Konzept von Handlungshilfen entwickelt. Mindestanforderungen für dieses Konzept sind in der

„Leitlinie Gefährdungsbeurteilung und Dokumentation“ der GDA sowie dem DGUV Grundsatz 311-033 „Erstellung von Handlungshilfen zur Gefährdungsbeurteilung“ enthalten. Diese beiden Dokumente stellen somit die Grundlage für das Konzept der Handlungshilfen für die Gefährdungsbeurteilung bei MSB dar.

Das neu entwickelte Konzept der Handlungshilfen soll die KMU in die Lage versetzen, mithilfe von vergleichbaren und bereits bewerteten Tätigkeiten eine Gefährdungsbeurteilung für Tätigkeiten mit MSB einfach und angemessen zu erstellen. Das Konzept besteht aus einem Leitfaden, der bei der Erstellung von Beurteilungshilfen durch die Träger der GDA unterstützen soll, sowie der Arbeits- und Beurteilungshilfe, die sich direkt an die KMU richten.

Eine Erprobung des Konzeptes der Handlungshilfen in der Praxis fiel überwiegend positiv aus. So würden beispielsweise über 80 % der befragten Unternehmen die Anwendung der Arbeits- und Beurteilungshilfe anderen Unternehmen empfehlen. Aus diesem Grund ist es wichtig, dass die Träger der GDA in der verbleibenden Laufzeit der 3. GDA-Periode weitere Beurteilungshilfen für Tätigkeiten in verschiedenen Branchen erstellen und sie den KMU zur Verfügung stellen, damit diese im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung bei MSB unterstützt werden.

Abbildung 5:
Auszug aus Ergebnissen der Erprobung. Quelle: GDA AP MSB



Literatur

- [1] Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG) mit Stand vom 16. September 2022. Hrsg.: Bundesministerium für Arbeit und Soziales, Berlin 2022
- [2] DGUV Vorschrift 1: Grundsätze der Prävention. Hrsg.: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Berlin 2013
- [3] Leitlinie Gefährdungsbeurteilung und Dokumentation. Hrsg.: Gemeinsame Deutsche Arbeitsschutzstrategie (GDA), Stand 22. Mai 2017
- [4] Qualitätsgrundsätze zur Erstellung von Handlungshilfen für eine Gefährdungsbeurteilung nach dem Arbeitsschutzgesetz. Hrsg.: Gemeinsame Deutsche Arbeitsschutzstrategie (GDA), 2009
- [5] [5] DGUV Grundsatz 311-033: Erstellung von Handlungshilfen zur Gefährdungsbeurteilung. Hrsg.: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Berlin 2020
- [6] Arbeitsprogramm Muskel-Skelett-Belastungen. Hrsg.: Gemeinsame Deutsche Arbeitsschutzstrategie (GDA). https://www.gda-portal.de/DE/GDA/3-GDA-Periode/AP-MSB/AP-MSB_node.html
- [7] Arbeitshilfe im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung bei Muskel-Skelett-Belastungen. Hrsg.: Gemeinsame Deutsche Arbeitsschutzstrategie (GDA). https://www.gdabewegt.de/resource/blob/62132/75ec4f65b7f0c515e2fcd830451d78f1/GDA_ArbeitshilfeMSB_v13_bf.pdf
- [8] DGUV Information 208-033: Muskel-Skelett-Belastungen – erkennen und beurteilen. Hrsg.: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Berlin 2023
- [9] MEGAPHYS – Mehrstufige Gefährdungsanalyse physischer Belastungen am Arbeitsplatz. Band 1. Hrsg.: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Dortmund 2019. <https://www.baua.de/DE/Forschung/Forschungsprojekte/f2333.html>
- [10] MEGAPHYS – Mehrstufige Gefährdungsanalyse physischer Belastungen am Arbeitsplatz. Abschlussbericht Band 2, DGUV Report 3/2020). Hrsg.: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Berlin 2020. <https://www.dguv.de/ifa/fachinfos/ergonomie/megaphys-mehrstufige-gefaehrungsanalyse-physischer-belastungen-am-arbeitsplatz/index.jsp>
- [11] Arbeitsmedizinische Regel 13.2 (AMR Nr. 13.2): Tätigkeiten mit wesentlich erhöhten körperlichen Belastungen mit Gesundheitsgefährdungen für das Muskel-Skelett-System. GMBI. (2022) Nr. 7, S.154

Praxiserfahrungen mit den Instrumenten zur Gefährdungsbeurteilung von Muskel-Skelett-Belastungen bei der BG ETEM

Torsten Wagner,

Berufsgenossenschaft Energie Textil Elektro Medienerzeugnisse (BG ETEM), Köln

Kurzfassung

Seit 2019 gibt es aktualisierte und erweiterte Instrumente zur Gefährdungsbeurteilung von Muskel-Skelett-Belastungen (MSB), basierend auf den Untersuchungen des MEGAPHYS-Projektes. Ein Problem für die Praxis stellt dabei derzeit noch die Bewertung von Mischbelastung auf der Ebene der Speziellen Screeningverfahren dar. Darüber hinaus ist die Gefährdungsbeurteilung von MSB gerade für Klein- und Kleinstunternehmen (KKU) mit den Instrumenten auf dieser Ebene nicht einfach durchzuführen, da es sich in diesen Betrieben nicht selten um stark wechselnde Tätigkeiten handelt. Ein zusammenfassender Blick aus Expertensicht könnte an dieser Stelle hilfreich sein – dies ist auch die Zielrichtung der trägerspezifischen Instrumente in der aktuellen GDA-Periode. Der Beitrag stellt zwei Ergänzungen zu den bisher veröffentlichten Tools der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) und der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (DGUV) vor: einen Entwurf der Leitmerkmalmethode Mischbelastung (LMM-MB) sowie den ErgoChecker für KKU.

1 Einleitung

Seit Abschluss des Projektes MEGAPHYS [1] wurden die in Deutschland verbreiteten Beurteilungsverfahren zur Gefährdungsbeurteilung von MSB weiterentwickelt. Das führt unter anderem dazu, dass man nun insgesamt sechs Belastungsarten mit den Leitmerkmalmethoden beurteilen kann (zuvor waren es drei) [2]. Somit ist die Beurteilung von erhöhten Belastungen situationsspezifischer möglich als zuvor.

2 Entwurf der Leitmerkmalmethode-Mischbelastung

Die Leitmerkmalmethoden wurden bewusst als einfach anzuwendende Instrumente der Gefährdungsbeurteilung konzipiert und fokussieren sich primär auf eine Belastungsart. Über die ebenfalls neue Leitmerkmalmethode „LMM-Multi-E“ hat man in einem PDF-Formular nun außerdem die Möglichkeit, die Beurteilungen mit den Leitmerkmalmethoden über verschiedene Teiltätigkeiten hinweg bei gleichen Belastungsarten zusammenzufassen, was z. B. bei Umsetztätigkeiten mit stark unterschiedlichen Lasten eine methodische Erleichterung darstellt. Man kann diese nun durch mehrfache Anwendung der Leitmerkmalmethoden beurteilen und sich das Gesamt-

ergebnis über alle Einzelbeurteilungen in LMM-Multi-E berechnen lassen. Die Verrechnung erfolgt dabei über einen inkrementellen Ansatz, der ebenfalls von der BAuA dokumentiert und veröffentlicht ist [3].

Hat man jedoch mehrere Teil-Tätigkeiten zu beurteilen, die unterschiedlichen Belastungsarten entsprechen, kann die LMM-Multi-E diese Ergebnisse nicht weiter zusammenfassen. Hierzu soll es in Zukunft eine eigene Leitmerkmalmethode-Mischbelastung (LMM-MB) geben, die diese Einzelbeurteilungen körperregionsspezifisch zusammenfassen kann. Ein entsprechender Algorithmus wurde in Band 1 des MEGAPHYS-Berichtes in Kapitel 6.3 erläutert; dieser ist jedoch noch nicht validiert. Es existiert ein Konzeptentwurf in Excel, der aber erst nach Validierung des Algorithmus durch die BAuA zu einem späteren Zeitpunkt veröffentlicht werden soll.

Für die Praktiker ist eine kombinierte Belastungssituation daher aktuell in manchen Fällen nicht auf der Ebene der Speziellen Screeningverfahren zu beurteilen. Für den besonderen Fall der Zusammenfassung der Belastungsarten „Heben, Halten und Tragen“ sowie „Ziehen und Schieben“ kann man alternativ noch das Tool „Multipla“ [4] nutzen, das sich laut den Methodenentwicklern noch in der Erprobung befindet.

Gemäß der Annahme, dass einem Praktiker mehr damit geholfen ist, mit einem plausiblen, wenn auch nicht validierten Instrument zumindest vorläufige Beurteilungen von Mischbelastungen zu erhalten, hat die Berufsgenossenschaft Energie Textil Elektro Medienerzeugnisse (BG ETEM) gemäß dem beschriebenen Algorithmus ebenfalls eine Entwurfsversion der LMM-MB als Excel-Datei erstellt (Abbildung 1).

Diese Datei wurde anhand der in Band 1 des MEGAPHYS-Berichtes gezeigten Abbildungen in Kapitel 6.3 und 6.5 überprüft und darüber hinaus zum Testen an einzelne Projektteilnehmer des MEGAPHYS-Projektes geschickt. Bisher wurde trotz kritischer Begutachtung noch kein Fehler zurückgemeldet.

Gegenüber dem Konzeptentwurf im Bericht weicht die Datei zum einen in der Rundung von Zwischenergebnissen als auch in der Darstellung des Endergebnisses bewusst ab. In letzterem Fall wird hier aus dem Maximum der Einzelbewertungen pro Zielregion anschließend der Risikobereich für eine Gesamtbewertung der Misch-

belastung ermittelt, was den Praktiker bei der finalen Priorisierung des Handlungsbedarfes unterstützt. Interessenten wird die Datei im Rahmen des BG ETEM-Seminars 435 auf Wunsch zugesandt oder kann per E-Mail beim Autor des Beitrags angefragt werden.

Mit den Daten aus den Leitmerkmalmethoden, die ggf. belastungsartenspezifisch über die LMM-Multi-E zusammengefasst werden, kann somit auch provisorisch eine Gesamtbewertung einer Mischbelastung erfolgen. Aufgrund des noch nicht validierten Algorithmus sollte die Datei nicht pauschal in einem Unternehmensworkflow genutzt werden – was auch nicht immer nötig ist.

Sind einzelne Teiltätigkeiten einer Mischbelastung bereits als hoch belastend identifiziert (roter Risikobereich), so wird dieses Ergebnis auch nicht durch zusammenfassende Gesamtbewertung heruntergerechnet: Eine einzelne hoch belastende Teiltätigkeit ergibt im vorläufigen Algorithmus auch immer eine Gesamtbeurteilung im roten Risikobereich. Im Umkehrschluss bedeutet dies, dass bei einer hoch belastenden Teiltätigkeit auch immer eine Priorität im Handlungsbedarf für die komplette Tätigkeit besteht.

Nur in dem Fall, dass sich mehrere niedrigere Belastungen zu einer höheren Gesamtbelastung in einem anderen Risikobereich kumulieren (quasi in der Erkennung einer „unsichtbaren“ hohen Gesamtbelastung), ergibt sich der besondere Nutzen der erstellten Excel-Datei. Die dabei entdeckten kritischen Tätigkeiten sollten dann mit höherer Priorität arbeitsplatzgestalterisch verbessert werden.

3 Das Instrument ErgoChecker für KKU

Die Arbeit mit den Leitmerkmalmethoden erfordert streng genommen keine Schulung. Jedoch haben einerseits nicht alle Leitmerkmalmethoden den gleichen Schwierigkeitsgrad in ihrer Anwendung, andererseits sind Tätigkeiten, die sich von Tag zu Tag deutlich unterscheiden, selbst für Experten schwierig einzuschätzen. Stark variierende Tätigkeiten sind dabei gerade im Handwerk bei KKU zu finden, da hier oft einzelne Beschäftigte viele Tätigkeiten beherrschen, um die Aufträge möglichst flexibel erfüllen zu können.

Eine Gefährdungsbeurteilung mit den Leitmerkmalmethoden ist gerade bei einer starken Variation der Tätigkeiten komplex und für KKU kaum zu bewerkstelligen. In der aktuellen GDA-Periode wurde dieses Problem auf-

Abbildung 1: Entwurf der Leitmerkmalmethode Mischbelastung in Excel. Quelle: Autoren

Entwurf
Leitmerkmalmethode zur Beurteilung und Bewertung von Mischbelastungen (LMM-MB)
erstellt in Anlehnung an Megaphys Band 1 (2019), Kapitel 6.3

Belastungsart (LMM)	LMM-Punkte <small>(gerundet auf ganze Zahlen) Bitte hier eintragen</small>	Zielregion											
		Nacken und oberer Rücken		Schulter und Oberarme		Unterarme und Hände		Unterer Rücken bis Hüfte		Knie / Füße		Herz-Kreislauf / Energieumsatz	
		Faktor	Teilpunkte	Faktor	Teilpunkte	Faktor	Teilpunkte	Faktor	Teilpunkte	Faktor	Teilpunkte	Faktor	Teilpunkte
Heben / Halten / Tragen (HHT)		0,2	0	0,5	0	0,2	0	0,5	0	0,2	0	0,5	0
Ziehen / Schieben (ZS)		0,5	0	0,5	0	0,2	0	0,5	0	0,2	0	0,5	0
Manuelle Arbeitsprozesse (MA)		0,2	0	0,2	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0
Körperfortbewegung (KB)		0	0	0,2	0	0	0	0,2	0	0,2	0	0,5	0
Ganzkörperkräfte (GK)		0,5	0	0,5	0	0,5	0	0,5	0	0,2	0	0,2	0
KH Teil A Rückenhaltung		0,2	0	0	0	0	0	0,5	0	0,2	0	0,2	0
KH Teil B Schulter/Oberarm		0,5	0	0,5	0	0,2	0	0	0	0	0	0,2	0
KH Teil C Knie-/Beinbelastung		0	0	0	0	0	0	0,2	0	0,5	0	0,2	0

Gesamtbewertung Mischbelastung	1	0	0	0	0	0	0
		Zielregion					
		Nacken und oberer Rücken	Schulter und Oberarme	Unterarme und Hände	Unterer Rücken bis Hüfte	Knie / Füße	Herz-Kreislauf / Energieumsatz

Die Felder mit den höchsten Werten geben Hinweise auf die am stärksten belasteten Körperregionen.

Höchster Risikobereich

Tätigkeitsbeschreibung

gegriffen: Der Ansatz besteht in der berufsspezifischen Betrachtung durch MSB-Experten, die mit Ihrem Überblick Schwerpunkte bei der Beurteilung von MSB setzen, diese für einen typischen Fall dokumentieren und den jeweiligen Berufsgruppen zur Verfügung stellen. In der GDA-Kampagne werden diese Tools als „trägerspezifische Instrumente“ bezeichnet.

Die Erstellung dieser trägerspezifischen Instrumente ist jedoch in der Praxis mit hohem Abstimmungsbedarf verbunden. Daher wurde bei der BG ETEM der ErgoChecker entwickelt [5], der aus einem Mantelbogen für Führungskräfte sowie einem Fragebogen für die Beschäftigten besteht (Abbildung 2), der je nach Bedarf dupliziert werden kann.

Mit diesem relativ einfach gehaltenen Tool sollen sich Beschäftigte auf kollegialer Ebene zunächst gegenseitig bei der Arbeit beobachten, dabei aus ihrer Sicht problematische Teiltätigkeiten identifizieren und Verbesserungsvorschläge auf einem zweiseitigen Fragebogen notieren. Als Indikation für problematische Teiltätigkeiten wird hierbei die empfundene Arbeitsschwere bzw. auftretende Beeinträchtigungen der Personen herangezogen. Dadurch sollen die Beschäftigten unter sich nicht nur über die Arbeitsverhältnisse, sondern auch über ihr Arbeitsverhalten nachdenken und offensichtliche Vorschläge zur Belastungsminderung dokumentieren.

Diese Vorschläge können anschließend von der Führungskraft in einer Besprechung in dem dafür vorgesehenen Dokument gesammelt und davon ausgewählte Maßnahmen später in die Tat umgesetzt werden. Der Frage-

bogen für die Beschäftigten muss dabei nicht an die Führungskraft ausgehändigt werden; alle Angaben der Beschäftigten sind freiwillig.

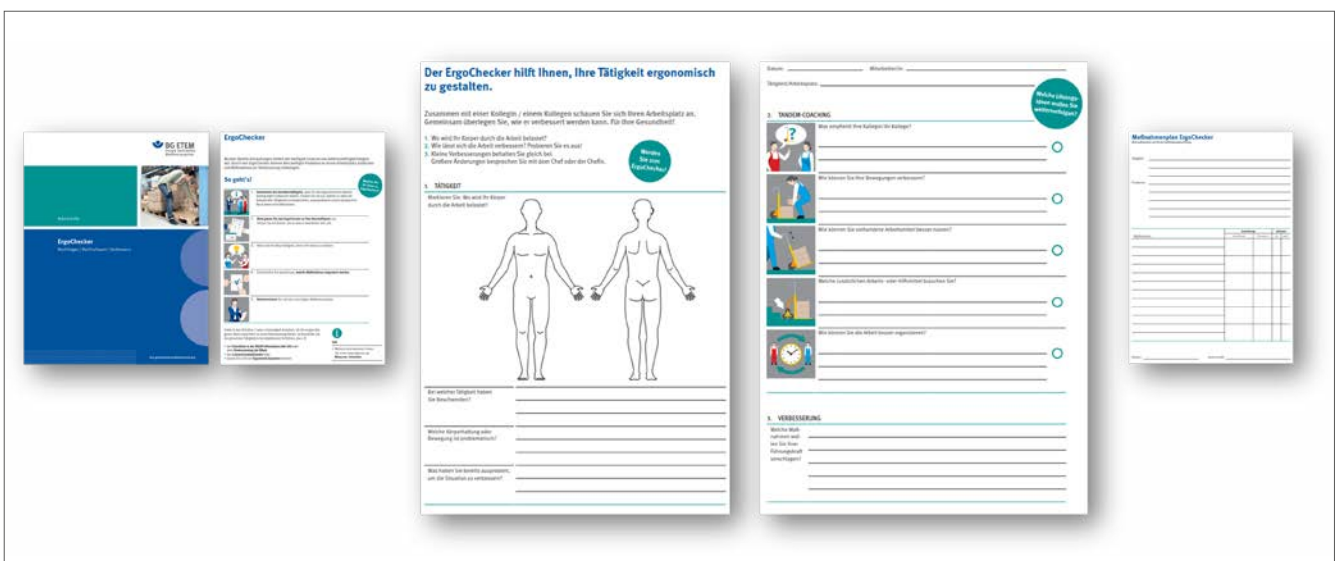
4 Zusammenfassung

Derzeit besteht offiziell noch ein „weißes Feld“ bei der einfachen Beurteilung von Mischbelastungen auf der Ebene der Speziellen Screeningverfahren. Mit der beschriebenen und zur Verfügung gestellten Entwurfsversion der LMM-MB soll ein Hilfsmittel für derzeit noch nicht einfach beurteilbare Belastungssituationen bereitgestellt werden, um „unsichtbare“ hoch belastende Tätigkeiten zu erkennen. Sobald in Zukunft eine offizielle Version der LMM-MB von der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) veröffentlicht wird, sollte diese offizielle Version genutzt werden.

Da die in der GDA geplanten trägerspezifischen Instrumente für ausgewählte Berufsgruppen bzw. Tätigkeiten nach wie vor Diskussionsgegenstand und in Entwicklung sind, hat die BG ETEM mit dem „ErgoChecker“ ein einfaches Tool entwickelt.

Das Instrument verfolgt einen teilhabeorientierten Ansatz, unabhängig von Berufen oder abgegrenzten Tätigkeiten. Mit den Angaben aus dem „ErgoChecker“ soll die Wahrnehmung belastender Tätigkeiten geschärft und die Umsetzung von offensichtlichen Verbesserungen der Arbeitsplatzgestaltung unterstützt werden. Die primäre Zielgruppe ist im Bereich der KKV avisiert, kann aber selbstverständlich auch in den kleinsten Organisationseinheiten von größeren Unternehmen angewandt werden.

Abbildung 2: ErgoChecker, bestehend aus Mantelbogen für Vorgesetzte (klein) sowie Fragebogen für die Beschäftigten (groß).
Quelle: BG ETEM



5 Literatur

- [1] MEGAPHYS – Mehrstufige Gefährdungsanalyse physischer Belastungen am Arbeitsplatz. Band 1. Hrsg.: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA), Dortmund 2019. <https://www.baua.de/DE/Angebote/Publikationen/Berichte/F2333.html>
- [2] Gefährdungsbeurteilung mit den Leitmerkmalmethoden. Hrsg.: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Dortmund 2019. <https://www.baua.de/LMM>
- [3] Erweiterte Leitmerkmalmethoden (LMM-E): Algorithmen für Interpolation und Zusammenfassung. Hrsg.: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Dortmund 2020. <https://www.baua.de/DE/Angebote/Publikationen/Fokus/Algorithmen-Leitmerkmalmethoden.html>
- [4] Multiples Lastentool „Multipla“. Hrsg.: Institut für Arbeitswissenschaft der TU Darmstadt, 2019. https://www.iad.tu-darmstadt.de/forschung_iad/forschungsgruppen_iad/abg_iad/methodenentwicklung_anwendung_iad/megaphys_iad/megaphys_iad.de.jsp
- [5] ErgoChecker. Hrsg.: Berufsgenossenschaft Energie Textil Elektro Medienerzeugnisse (BG ETEM), Hamburg 2022. <https://medien.bgetem.de/medienportal/artikel/UzI5MQ-->

Workshop: Nachhaltigkeit und Ergonomie

Nachhaltigkeit und Ergonomie – ein Workshop zum 8. Fachgespräch Ergonomie

Fabian Ochs¹, Maria Klotz²

¹ Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA), Sankt Augustin

² Institut für Arbeit und Gesundheit der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IAG), Dresden

Kurzfassung

Im Rahmen des Fachgesprächs Ergonomie 2023 wurde ein Workshop zur Erarbeitung nachhaltiger Lösungen für die ergonomische Arbeitssystemgestaltung durchgeführt. Auf Basis einer klaren Definition von Nachhaltigkeit wurde der Zusammenhang zwischen Ergonomie und Nachhaltigkeit näher betrachtet und eine Auswahl wichtiger, aktueller und zukünftiger Herausforderungen an die ergonomische und nachhaltige Gestaltung unserer Arbeitssysteme vorgestellt. Es folgte eine Gruppenarbeit, in der die Auswirkungen des Klimawandels auf unsere Arbeitssysteme sowie Lösungsansätze zur ergonomischen Gestaltung von Arbeitssystemen unter ökologischen Aspekten für einen nachhaltigen Klimaschutz diskutiert und erarbeitet wurden. In der Gruppenarbeit wurde deutlich, dass die Beherrschung der Komplexität der Aufgabenstellung ebenso wie die Gestaltung günstiger Rahmenbedingungen für Nachhaltigkeit entscheidende Faktoren für eine erfolgreiche Umsetzung von Nachhaltigkeitszielen in der Prävention darstellen.

1 Hintergrund

Das Thema Nachhaltigkeit ist heutzutage in aller Munde – und das aus gutem Grund. Längst haben nicht nur Umweltverbände sondern auch Wirtschaft und Politik erkannt, dass wir Menschen deutlich besser mit natürlichen Ressourcen umgehen und dies in unseren Alltag

integrieren müssen. Besonders in den jüngeren Generationen ist die Motivation sehr hoch, etwas zu verändern. Nur was genau? Und wie?

Im Frühjahr 2022 brachte die Bundesregierung ein Maßnahmenprogramm „Nachhaltigkeit“ auf den Weg. An deren zehn Leitprinzipien einer nachhaltigen Entwicklung orientiert sich auch die DGUV in der Umsetzung ihrer Nachhaltigkeitsmaßnahmen in den internen Verwaltungsprozessen. Doch wie steht es mit dem Auftrag zur Prävention? Sollte hier nicht auch Nachhaltigkeit gefordert, gefördert und gelebt werden? So besagt beispielsweise das Arbeitsschutzgesetz in § 4, dass „Gefahren an ihrer Quelle zu beseitigen sind“. Wie können wir dies umsetzen? Und wie genau kann die Ergonomie dazu beitragen? Diesen Fragen nachzugehen war Ziel des Workshops „Nachhaltigkeit und Ergonomie“ des diesjährigen Fachgesprächs Ergonomie am Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA).

2 Nachhaltigkeit – Was genau verstehen wir darunter?

Nachhaltigkeit definiert sich prinzipiell durch das langfristige Ermöglichen einer stabilen Entwicklung der Gesellschaft in einer Weise, dass auch künftige Generationen in der Lage sein werden, ihre Bedürfnisse zu befriedigen. Wichtig ist dabei, dass alle drei Bereiche (Gesellschaft, Wirtschaft und Umwelt) berücksichtigt werden

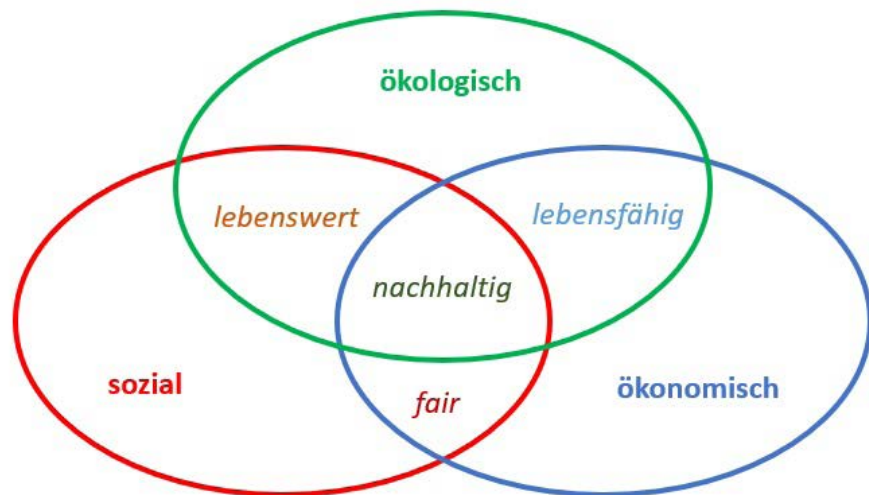


Abbildung 1:
Dreisäulenmodell der
Nachhaltigkeit. Quelle: IFA

(Abbildung 1). Dabei gibt es unterschiedliche Modelle, diese drei Bereiche im Rahmen der Wertschöpfungskette zu gewichten.

1. **Ökologische Nachhaltigkeit:** Sie orientiert sich am stärksten am ursprünglichen Gedanken, keinen Raubbau an der Natur zu betreiben. Ökologisch nachhaltig wäre eine Lebensweise, die die natürlichen Lebensgrundlagen nur in dem Maße beansprucht, wie diese sich regenerieren.
2. **Soziale Nachhaltigkeit:** Ein Staat oder eine Gesellschaft sollte so organisiert sein, dass sich die sozialen Spannungen in Grenzen halten und Konflikte auf friedlichem und zivilem Wege ausgetragen werden können.
3. **Ökonomische Nachhaltigkeit:** Eine Gesellschaft sollte wirtschaftlich nicht über ihre Verhältnisse leben, da dies zwangsläufig zu Einbußen der nachkommenden Generationen führen würde. Allgemein gilt eine Wirtschaftsweise dann als nachhaltig, wenn sie dauerhaft betrieben werden kann.

Zu beobachten ist derzeit ein Paradigmenwechsel vom sogenannten Shareholder Value (Aktionärswert), bei dem die finanzielle Rendite im Vordergrund steht und der Mensch sowie die Umwelt als Ressourcen betrachtet werden, zum Stakeholder Value, bei dem verschiedene Anspruchsgruppen berücksichtigt werden (Abbildung 2). Dieser Paradigmenwechsel führt zum sogenannten Integrativen Nachhaltigkeitsmodell.

2.1 Integratives Nachhaltigkeitsmodell

Beim Integrativen Nachhaltigkeitsmodell wird der Tatsache Rechnung getragen, dass unter den drei Dimensionen Wirtschaft, Umwelt und Gesellschaft in der Realität diverse Wechselwirkungen und Überschneidungen herrschen, weshalb sie nicht getrennt voneinander dargestellt werden sollten. So können sich beispielsweise Änderungen in der Art des Wirtschaftens sowohl auf die Natur als auch auf das soziale Miteinander auswirken. Der Bau von Wohnungen sichert beispielhaft Arbeitsplätze und Steuereinnahmen und bietet darüber hinaus neuen Wohnraum für die Menschen in der Region. Allerdings führt er auch dazu, dass die Natur zurückgedrängt und damit Lebensraum für Tiere und Pflanzen zerstört wird. Um diese Verbindungen auch optisch darzustellen, wurde das Drei-Säulen-Modell weiterentwickelt. Die Dimensionen werden nun zumeist als sich teilweise überschneidende Kreise dargestellt. Nur in der Mitte dieser drei Kreise ist echte nachhaltige Entwicklung möglich (vgl. Abbildung 1).

2.2 Vorrangmodell

Das Ziel beim nachhaltigen Wirtschaften stellt allerdings der sogenannte System Value (systemische Wertschöpfung) dar (vgl. Abbildung 2). Dabei wird die finanzielle Wertschöpfung mit der Verbesserung sozialer und ökologischer Systeme in Einklang gebracht. Es entsteht das sogenannte Vorrangmodell. Während das Drei-Säulen-Modell und das integrative Nachhaltigkeitsmodell beide auf die Gleichrangigkeit der drei Nachhaltigkeitsdimensionen abzielen, nimmt das Vorrangmodell eine eindeutige Gewichtung vor: Ökologie vor Soziales vor Ökonomie. Warum diese Gewichtung?

Abbildung 2:
Paradigmenwechsel der Wertschöpfungskette. Quelle: IAG/kleonstudio.com



Durch die Gleichrangigkeit der Bereiche Wirtschaft, Soziales und Ökologie (siehe Stakeholder Value) wird unterstellt, dass die Verschlechterung in einem Bereich durch den Fortschritt in einem anderen Bereich miteinander aufgerechnet werden können. Hierbei spricht man auch von schwacher Nachhaltigkeit. Wird beispielsweise ein Schwimmbad an der Stelle gebaut, an der vorher ein natürlicher See war, so ist dies im Sinne des Drei-Säulen-Modells und des integrativen Nachhaltigkeitsmodells in Ordnung, da das Schwimmbad die soziale Nachhaltigkeit verbessert. Auch die Zerstörung des Ökosystems „See“ wird akzeptabel, da durch den Bau des Schwimmbads Arbeitsplätze entstehen und sich somit das Wirtschaftswachstum erhöht.

Aus Sicht des Vorrangmodells ist dies der falsche Ansatz. Denn ohne eine intakte Ökologie fehlt die Grundvoraussetzung für soziale Stabilität. Und ohne soziale Stabilität wäre keine ökonomische Stabilität möglich. Ökologische Nachhaltigkeit kann demnach nur in geringem Maße bzw. gar nicht durch ökonomische und soziale Nachhaltigkeit ersetzt werden. Diese Sichtweise nennt man auch starke Nachhaltigkeit. Die Einhaltung ökologischer Grenzen ist demnach unabdingbar, da nur so langfristig stabile Lebensbedingungen auf der Erde gesichert werden können. Sie bilden somit gewisse Leitplanken, innerhalb derer wirtschaftliche und soziale Ziele verfolgt werden können.

3 Nachhaltigkeit und Ergonomie – wie passt das zusammen?

Im Fachgebiet der Ergonomie stellt sich unweigerlich die Frage, ob die Ergonomie eine wirklich nachhaltige Disziplin ist. Aktuelle Themen wie der Klimawandel und dessen Folgen für den Arbeitsschutz, mit denen sich die Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV) intensiv befasst, rücken diese Frage zudem in einen noch stärkeren Fokus.

Die International Ergonomics Association (IEA) [1] liefert eine sehr breite Definition für Ergonomie [3]: „Ergonomie ist eine wissenschaftliche Disziplin, die sich mit dem Verständnis der Wechselwirkungen zwischen Menschen und anderen Elementen eines Systems befasst und diese gestaltet, um das menschliche Wohlbefinden und die Gesamtsystemleistung zu optimieren.“

Auf den ersten Blick bietet diese Definition Raum für alles, was wir in einer Systemform denken können, schließt somit nichts aus. Beim Blick auf die erklärten Ziele der Ergonomie wird jedoch schnell deutlich, dass mit Begriffen wie Effektivität, Effizienz, Gesundheit, Sicherheit und Nutzbarkeit ein klarer Fokus auf technischen,

ökonomischen und sozialen Gesichtspunkten liegt. Ökologische Ziele suchen wir hier noch vergeblich.

Diese Erkenntnis nahmen Wissenschaftler wie Prof. *Andrew Thatcher* von der University of the Witwatersrand in Johannesburg oder Dr. *Gabriel García-Acosta* von der National University of Colombia zum Anlass, neue Felder der Ergonomie zu etablieren. Disziplinen wie die „Green Ergonomics“ oder die „Ergo-Ökologie“ (Ergo-Ecology) stellen genau diese noch fehlende Verbindung zur Nachhaltigkeit her, indem sie die Ökologie als wichtigen Faktor mit einbeziehen und eine wissenschaftliche Betrachtung unserer soziotechnischen Systeme in Bezug auf die umliegenden ökologischen Systeme sicherstellen. Diese Disziplinen ermöglichen es der Ergonomie, alle drei Bereiche der Nachhaltigkeit abzudecken und sich somit als wirklich nachhaltige Wissenschaft zu etablieren.

Ein anschauliches, wenn auch von der Komplexität und Tragweite her noch sehr begrenztes Beispiel hierfür wäre die Bürogestaltung nach Ansätzen des „Green Office Designs“ oder „Green Buildings“. Dabei werden vermehrt unter anderem Pflanzen und natürliches Licht in die Innenraumgestaltung integriert, um die Arbeitsstätte in einen Ort zu transformieren, der gleichermaßen Arbeitsplatz und Lebensraum für Menschen ist. Dies verbessert nicht nur die Gesunderhaltung der Beschäftigten, indem es dem „Sick-Building-Syndrom“ entgegenwirkt, sondern kann auch Stress reduzieren sowie Produktivität, Kreativität und Wohlbefinden fördern [2, 3].

Dass dieses Beispiel jedoch lediglich einen Anfang der Entwicklung darstellen kann, steht außer Frage. Um Ökologie mehr in die Ergonomie zu integrieren, müssen wir wahrscheinlich neue Wege entwickeln, Ergonomie zu denken. Möglicherweise benötigen wir eine (breitere) Schnittstelle zu Biologie, Bionik oder Umweltwissenschaften. Zudem benötigen wir Mittel, die Komplexität der Arbeitssysteme in allen drei Dimensionen (Wirtschaft, Soziales und Ökologie) zu erfassen, um wirkungsvolle Innovationen entwickeln zu können und vermeintlich nachhaltige Lösungen, die sich im System jedoch an anderer Stelle als nicht nachhaltig herausstellen, zu minimieren oder bestenfalls komplett zu vermeiden.

4 Ergonomie und die 17 Nachhaltigkeitsziele

Der Einfluss der Ergonomie zeigt sich auch deutlich im Hinblick auf die 17 Ziele einer nachhaltigen Entwicklung (**Abbildung 3**), die 2015 von den Vereinten Nationen im Rahmen der Agenda 2030 verabschiedet wurden. Hier liefert die Ergonomie ganz offensichtlich einen direkten Beitrag zu den Zielen 3 „Gesundheit und Wohlergehen“,

8 „Menschenwürdige Arbeit“ und 17 „Partnerschaften zur Erreichung der Ziele“.

Doch auch zu einigen weiteren Zielen trägt die Ergonomie direkt bei:

- **Ziel 4: Hochwertige Bildung**
An Hochschulen und Forschungsinstituten wird hochwertiges, ergonomisches Fachwissen generiert und weitergegeben.
- **Ziel 5: Geschlechtergleichheit**
Ergonomie zielt auf eine Gestaltung von Arbeitssystemen ab, in denen Männer und Frauen gleichermaßen gesundheitsschonend arbeiten können.
- **Ziel 9: Industrie, Innovation und Infrastruktur**
Ergonomische Lösungen sind meist innovativ und alle Industriebereiche profitieren von ergonomischen Arbeitssystem-Lösungen.
- **Ziel 10: Weniger Ungleichheit**
Eine Förderung der Geschlechtergleichheit am Arbeitsplatz geht unweigerlich mit dem Abbau von Ungleichheiten einher. Hinzu kommen Themen wie z.B. die

Inklusion am Arbeitsplatz, die erst durch ergonomische Lösungen wirklich umsetzbar wird.

- **Ziel 12: Nachhaltige/r Konsum und Produktion**
Die Ergonomie liefert einen großen Beitrag zu einer nachhaltigen Produktion, indem sie die Ressourcen der Produktionsarbeitenden schont und deren Gesundheit am Arbeitsplatz fördert.

Und beziehen wir den Bereich der „Green Ergonomics“ noch mit in die Betrachtung ein, dann kann die Ergonomie auch ihren wichtigen Beitrag zu den Zielen 13: Maßnahmen zum Klimaschutz sowie 14 und 15: Schutz der Ökosysteme im Wasser und an Land leisten.

5 Welchen Herausforderungen muss sich eine nachhaltige Ergonomie stellen?

Werfen wir nun einen Blick auf die aktuellen und zukünftigen Herausforderungen an unsere Arbeitssysteme, denen es durch möglichst nachhaltige ergonomische Lösungen zu begegnen gilt. Die **Tabelle** liefert eine Auswahl an bedeutenden Herausforderungen sowie deren Bezug zur Ergonomie (ohne Anspruch auf Vollständigkeit).

Abbildung 3: 17 Nachhaltigkeitsziele (SDGs). Quelle: Engagement Global 2021



Tabelle:
Herausforderungen an unsere Arbeitssysteme (eine Auswahl)

Herausforderung	Erläuterung
Physische Belastungen	Physische Belastungen (z. B. Heben von Lasten, Körperzwangshaltung) hängen stark von Arbeitsmitteln, Arbeitsstätte und den herrschenden Umgebungsfaktoren, die sich durch neue Entwicklungen stetig verändern, ab.
Psychische Belastungen	Psychische Belastungen (z. B. durch Arbeitsverdichtung, Zeitdruck, Entgrenzung von Arbeit und Freizeit) verändern sich mit den Arbeits-Rahmenbedingungen und wirken sich direkt auf Gesundheit, Wohlergehen und Leistungsfähigkeit aus.
Spezifische Schutzausrüstung	Die Notwendigkeit sowie die Art von benötigter Schutzausrüstung (z. B. intelligente Schutzkleidung, Hitze- und UV-Schutzkleidung, Exoskelette) verändern sich durch neue Entwicklungen.
Demographischer Wandel	Eine immer älter werdende Belegschaft mit einer altersbedingt abnehmenden physischen und ggf. auch psychischen Leistungsfähigkeit muss gleichbleibend hohe Leistungen erbringen.
Inklusion	Gefordert wird eine Gestaltung von Arbeitssystemen zur Chancengleichheit am Arbeitsplatz für Menschen mit Behinderung.
Neue Arbeitsformen	Die Möglichkeit, ortsungebunden zu arbeiten (z. B. Homeoffice, mobile Bildschirmarbeit), beinhaltet das Potenzial vieler physischer und psychischer Belastungen und Gefährdungen.
Alternative Bauweisen	Neue Bauweisen können Berufsbilder mit neuen Anforderungen erforderlich machen, z. B. die Pflege von grünen (bewachsenen) Gebäudefassaden, die neue Gefährdungen mit sich bringen.
Klimawandel	Der Klimawandel beeinflusst durch Hitze und Trockenheit, zunehmende Extremwetterlagen etc. unsere Arbeitssysteme von außen (z. B. führt ein heißeres Klima zur Abnahme der physischen Leistungsfähigkeit und erhöht psychische Belastungen, ausgeprägte Dürreperioden erschweren einen händischen Bodenaushub).
Dekarbonisierung	Der verstärkte Fokus auf Ressourceneffizienz und Energieeinsparung führt zu teilweise deutlichen Verfahrensumstellungen, was sich stark auf die Anforderungen an die Arbeitssysteme und -abläufe sowie auf die damit einhergehenden Belastungen und möglichen Gefährdungen auswirken kann.
Erneuerbare Energien	Die Entwicklung im Sektor der erneuerbaren Energien kreiert neue, sich rasch verändernde Tätigkeitsprofile mit neuen, teilweise noch unbekanntem Belastungen und Gefährdungen („Green Jobs“).
Kreislaufwirtschaft	Eine Stärkung der Kreislaufwirtschaft führt möglicherweise zu neuen Gefährdungen durch Schadstoff- und/oder physikalischen Expositionen (z. B. beim Recycling oder der inversen Logistik).
Digitalisierung und Künstliche Intelligenz	Durch Digitalisierung verändern sich seit den letzten Jahrzehnten viele Tätigkeitsprofile. Der Einsatz künstlicher Intelligenz verstärkt diese Entwicklung zusätzlich und erweitert diesen Einfluss auf immer mehr Tätigkeitsfelder.
Maschinensicherheit	Durch den Einsatz von KI und eine zunehmende digitale Vernetzung von Maschinen ergeben sich neue Herausforderungen (z. B. für eine sichere Gestaltung von Mensch-Maschine-Schnittstellen).
Weitere	Weitere, im Vorangegangenen nicht beschriebene Effekte können einen Einfluss auf unsere Arbeitssysteme nehmen und die Erarbeitung innovativer ergonomischer Lösungen notwendig machen.

6 Was haben die Gruppen im Workshop erarbeitet?

Wie wir sehen, sind die Herausforderungen zahlreich und vielfältig und beeinflussen sich zum Teil gegenseitig. Diese gegenseitigen Wechselwirkungen gepaart mit einer Vielzahl von (teils nicht hinreichend bekannten) Einflussfaktoren und Effekten spannen ein sehr großes und komplexes Feld auf, in dem die Erarbeitung von Lösungsansätzen nicht linear ableitbar ist. Aus Zeitgründen und aufgrund der derzeit hohen politischen Brisanz des Themas, haben wir uns im Rahmen dieses Workshops auf die Auswirkungen des Klimawandels auf die Arbeitssysteme und die Erarbeitung von Lösungsansätzen zu diesem Themenfeld fokussiert. Hierzu wurde eine Gruppenarbeit mit folgenden Fragen angeleitet:

1. Wie genau werden sich Ihrer Meinung nach die Herausforderungen durch den Klimawandel auf die ergonomische Arbeitssystemgestaltung auswirken? Welche Beispiele können hier genannt werden?
2. Wie können in der Umsetzung von Präventionsmaßnahmen bzw. bei der ergonomischen Gestaltung von Arbeitssystemen ökologische Aspekte für einen effektiven Klimaschutz mitberücksichtigt werden? Welche konkreten Praxisbeispiele fallen Ihnen dazu ein?

Die wichtigsten Ergebnisse der Gruppenarbeit:

Frage 1:

- Änderungen an Regelungen für Arbeits- und Pausenzeiten
- Veränderung der Mobilität
- Versorgung der Beschäftigten (Ernährung/Wasser) muss sichergestellt werden
- Neue/veränderte Arbeitsmittel (z. B. für veränderte Bodenverhältnisse oder Vegetation)
- Auf negative Auswirkungen des Klimawandels reagieren, z. B. höhere/verstärkte Schutzmaßnahmen für Beschäftigte notwendig, zusätzlich zu PSA (Krankheiten, Gebäudeschutz gegen Extremwetterereignisse)
- Chancen positiver Auswirkungen des Klimawandels nutzen, wie:
 - längere Betriebszeiten möglich (z. B. auf Baustellen)
 - weniger Schnee und Glätte (sichereres Fahren möglich)

Frage 2:

- Flexibilisierung der Arbeitszeit
- PSA aus umweltschonenden Materialien (oder Recycling)
- Erhöhte Flexibilität in Arbeitsformen und -abläufen → Anpassungsfähigkeit (z. B. Arbeitswege verkürzen, Energie sparen, Fahrgemeinschaften)
- Homeoffice und Desk-Sharing
- Videokonferenzen
- Kreislauffähige Materialien in der Ergonomie nutzen

Während der Gruppenarbeitsphase zeigten sich Schwierigkeiten bei der Beantwortung der gestellten Fragen. Die Schwierigkeiten lagen zum einen in der großen Komplexität des Themas („Wie können wir die Komplexität, Mehrdimensionalität und die vielen Wechselwirkungen erfassen, gezielt damit umgehen und dabei ‚Greenwashing‘ erkennen und vermeiden?“). Zum anderen in der Herstellung günstiger Rahmenbedingungen und Strukturen für ein gezieltes und schnelles Einstellen auf neue Bedürfnisse („Wie können wir Flexibilität regeln/systematisieren?“).

Als Ressourcen für eine gelungene Umsetzung von Nachhaltigkeit in der Ergonomie wurden genannt:

- Eigenverantwortlichkeit und der Wille, Nachhaltigkeit im eigenen Arbeitsbereich zu leben,
- Eigenverantwortung sowie Kompetenzen und Wissen zum Thema Nachhaltigkeit aufbauen,
- ggf. neue Arbeits- und Gremienstrukturen, die schneller und flexibler auf Krisen reagieren können,
- Rückbesinnung auf die Natur als unsere Herkunft und Lebensgrundlage,
- mehr Möglichkeiten der Mitgestaltung und Mitbeeinflussung schaffen,
- Veränderung als Chance begreifen.

7 Fazit

Das Thema Nachhaltigkeit ist ein breites und hochkomplexes Feld, dessen Umsetzung gerade erst begonnen hat. Die Ergonomie kann, wenn sie die ökologische Dimension integriert, einen sehr großen Beitrag zur nachhaltigen Entwicklung unserer Gesellschaft leisten, indem sie elf der 17 Nachhaltigkeitsziele der Vereinten Nationen direkt beeinflusst (sekundäre Einflüsse sind in dieser Zahl nicht berücksichtigt). Forschungsfelder wie die „Green Ergonomics“ oder „Ergo-Ökologie“ arbeiten an der Umsetzung dieser Integration der Ökologie in die klassischen Bereiche der Ergonomie. Eine große Herausforderung hierbei stellen die Komplexität unserer Systeme und deren starke, globale Vernetzung dar. Dies zeigte sich auch in der Gruppenarbeit des Workshops als eine der größten Schwierigkeiten in der Lösungsfindung.

Mit diesen Ergebnissen und den aufgekommenen Fragen werden wir uns in der DGUV weiter befassen. Auch das Thema Klimawandel und dessen Folgen für den Arbeitsschutz werden von der DGUV weiterhin intensiv bearbeitet. Im Zuge dessen erfolgte z. B. eine Befragung von Führungskräften und Beschäftigten durch das

Institut für Arbeit und Gesundheit der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IAG) im September 2022 zum Thema „Auswirkungen des Klimawandels auf die Sicherheit und Gesundheit von Beschäftigten bei der Arbeit“. Weitere Projekte und Aktivitäten sind bereits angelaufen, um die Prävention noch nachhaltiger und klimagerechter zu gestalten.

Literatur

- [1] What is Ergonomics (HFE)? Ed.: International Ergonomics Association (IEA). <https://iea.cc/about/what-is-ergonomics/>
- [2] *Thatcher, A.; Milner, K.*: Changes in productivity, psychological wellbeing and physical wellbeing from working in a ‘green’ building. *Work* 49 (2014); 381-393.
- [3] *Smith, A.; Pitt, M.*: Sustainable workplaces: improving staff health and well-being using plants. *Journal of Corporate Real Estate* (2009) no. 11, pp. 52-63.

Poster

Erkennen und Bewältigen von Einsamkeit im betrieblichen Kontext

Marlen Rahnfeld

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

Kurzfassung

In einem ersten Projekt soll der aktuelle Forschungsstand zum Thema Einsamkeit im Betrieb insbesondere durch Literaturrecherche, gegebenenfalls ergänzt um vertiefende Interviews, aufbereitet werden.

1 Hintergrund

Wenn Menschen ihre sozialen Beziehungen als qualitativ oder quantitativ unzureichend empfinden, erleben sie Einsamkeit [1]. Dies betrifft sowohl die Beziehungen im privaten als auch im beruflichen Bereich und ist nicht allein durch das Vorliegen von objektiver Isolation erklärbar. Hält Einsamkeit für einen längeren Zeitraum an, kann dies Betroffene sehr stark belasten. Es ist aber keine Krankheit im engeren Sinne, die unmittelbar zur Nutzung psychosozialer, psychotherapeutischer oder medizinischer Hilfsangebote führt. Anders gesagt werden einsame Menschen lange Zeit kaum auffällig. Da Einsamkeit gesellschaftlich mit Schuld- und Schamgefühlen besetzt ist, geraten Betroffene nicht selten in einen Teufelskreis, aus dem sie nur schwer ohne externe Hilfe herauskommen [2].

Dass andauernde Einsamkeit im Zusammenhang mit psychischen und psychosomatischen Erkrankungen steht, ist wissenschaftlich belegt [3]. Prognosen weisen darauf hin, dass das Problem Einsamkeit in Zukunft zumindest nicht geringer wird und sich unter anderem durch den demografischen Wandel, die Digitalisierung und neue Arbeitsformen weiter verstärken könnte [4]. Auch wenn die Ursachen für Einsamkeit nicht nur im Kontext der Arbeit zu finden sind, wirken sich die Folgen auch auf das berufliche Umfeld aus, z. B. durch verringerte Leistung oder Fehlzeiten [5]. Das bedeutet, dass durch die gesundheitlichen Folgen von Einsamkeit neben persönlichem Leid insbesondere für Krankenkassen als auch für die Gesetzliche Unfallversicherung hohe Kosten entstehen können.

Das Setting am Arbeitsplatz bietet jedoch auch ideale Voraussetzungen, um Einsamkeit vorzubeugen bzw. für das frühzeitige Erkennen von einsamen Menschen: Hier stehen die meisten Menschen mit anderen Menschen in Kontakt; einige Betriebe bieten psychosoziale Beratungsstrukturen an. Zudem können Leistungsabfall, psychische Veränderungen usw. Kollegen und Kolleginnen sowie Vorgesetzten auffallen.

2 Fragestellungen

1. Hat sich die Prävalenz von Einsamkeit in den vergangenen Jahren in Deutschland verändert? Welche Prognosen gibt es bereits? Effekte der Pandemie sind gesondert zu berücksichtigen.
2. Inwiefern wirken sich neue Konzepte der Arbeitsorganisation (Stichwort: New Work) auf die Einsamkeit aus?
3. Ist das Problem Einsamkeit in Betrieben oder öffentlichen Einrichtungen bekannt und gibt es Schätzungen zu betrieblichen Folgekosten, die aus Einsamkeit resultieren bzw. liegen Kostenschätzungen zu den volkswirtschaftlichen Folgekosten vor?
4. Welche Präventions- und Früherkennungsmaßnahmen sind in Betrieben installiert?
5. Welche Tools zur Erkennung von Einsamkeit stehen zur Verfügung?
6. Welche Angebote, Strukturen und Hilfsangebote können im Betrieb genutzt werden, um betroffene Beschäftigte am Arbeitsplatz zu identifizieren und zu unterstützen? Welche Kosten und Chancen ergeben sich jeweils daraus?

3 Durchführung und Methoden

Im deutsch- und englischsprachigen Raum gibt es eine Reihe von Publikationen zum Thema Einsamkeit sowohl in der wissenschaftlichen als auch in der praxisorientierten Literatur. Diese sollen gezielt mit dem Fokus auf betriebliche Prävention und Gesundheitsförderung recherchiert und in einer selektiven Literaturübersicht (Überblicksarbeiten sowie Einzelstudien) aufbereitet werden. Insbesondere wenn Fragestellungen offengeblieben sind, sollen gegebenenfalls vertiefende Interviews erfolgen.

4 Erwartete Ergebnisse/Nutzen

- Sensibilisierung für das Thema bei gesetzlicher Kranken- und Unfallversicherung
- Zusammenstellen von Empfehlungen für Betriebe, um Einsamkeit frühzeitig erkennen zu können
- Aufzeigen betrieblicher Möglichkeiten zur effektiven Stärkung des Managements von Sicherheit und Gesundheit
- Im Idealfall resultierende Kostenreduzierung bei der gesetzlichen Kranken- und Unfallversicherung

Literatur

- [1] *Perlman, D.; Peplau, L. A.*: Toward a social psychology of loneliness. *Personal relationships* 3 (1981), S. 31-56
- [2] *Cacioppo, J. T.; Chen, H. Y.; Cacioppo, S.*: Reciprocal Influences Between Loneliness and Self-Centeredness: A Cross-Lagged Panel Analysis in a Population-Based Sample of African American, Hispanic, and Caucasian Adults. *Personality and Social Psychology Bulletin* 43 (2017) Nr. 8, S. 1125-1135
- [3] *Strauß, B.; Berger, U.; Rosendahl, J.*: Folgen der COVID-19-Pandemie für die psychische Gesundheit und Konsequenzen für die Psychotherapie – Teil 1 einer (vorläufigen) Übersicht. *Psychotherapeut* 66 (2021), S. 175-185
- [4] Deutscher Bundestag: Einsamkeit – Erkennen, evaluieren und entschlossen entgegenzutreten. Schriftliche Stellungnahme für die öffentliche Anhörung BT-Drs. 19/25249, 2021
- [5] *Ozcelik, H.; Barsade, S.*: Work loneliness and employee performance. *Academy of management proceedings*, 1 (2011), S. 1-6

BGHW-Lagerhallensimulator in Virtual Reality – Simulationsschulungstool für das ENTRAPon-Projekt

Jan Zimmermann, Andy Lungfiel, Albert Bohlscheid

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

Hintergrund

Das DGUV Forschungsförderungsprojekt ENTRAPon (FP470) widmet sich der Entwicklung neuer Trainingselemente zur Prävention von Stolper-, Rutsch- und Sturzunfällen [1, 2]. Dabei werden unter anderem Beispielszenarien aus Unternehmen der Stahlerzeugung sowie der Post- und Paketzustellung mithilfe von virtueller Realität dargestellt. Für dieses Projekt wird der Lagerhallensimulator weiterentwickelt, den das Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA) und die Berufsgenossenschaft Handel und Warenlogistik (BGHW) bereits erstellt haben [3 bis 5].

Funktion und Nutzen des Lagerhallensimulators

In der Schulungsumgebung wird die Bewegung der Trainierenden durch ein omnidirectionales Laufband (Virtualizer) erfasst und direkt in die virtuelle Umgebung im Head Mounted Display (HMD) übertragen, sodass sie sich in einer virtuellen Welt fortbewegen. Diese enthält Szenarien mit typischen Gefahrenstellen, die das Stolpern, Rutschen oder Fehltreten (SRF) begünstigen und zum Stürzen führen können. Die Trainierenden sollen diese Stellen finden und können sich in einem Auswahlmenü jeweils für eine oder mehrere problemabstellenden Maßnahmen entscheiden.

Abbildung 1: Darstellung des Lagerhallensimulators. Quelle: Autoren

Der BGHW-Lagerhallensimulator

- Interaktion & Realistisches Erlebnis
- Finden von Stolper- und Rutschgefahren
- Auswahl von Maßnahmen
- Mitmachen und NICHT Ignorieren!

Ein Auftrag des IFA

- Eine Virtual Reality (VR) Anwendung für die Unterstützung bei der Präventionsarbeit zum Thema Stolper-, Rutsch- und Sturz- (SRS-) Unfällen
- Nutzung einer VR-Bewegungsplattform, um virtuelle Umgebung möglichst real zu erfahren
- Bekanntes Thema, neue Technik
- Gemeinsame Entwicklung mit fachlicher Unterstützung der BGHW

Ziel: das Bewusstsein und die Aufmerksamkeit der Versicherten zu stärken: „Sicher Handeln“

- ✓ Aufmerksamkeit
- ✓ Mitdenken und mitmachen
- ✓ Ordnung und Sauberkeit



omnidirectionales Laufband auf dem BGHW mobil



Lagerhalle in Virtueller Realität



Fund einer Gefahrenstellen



Auswahlmenü mit Maßnahmen

Ein Ziel des Einsatzes des Lagerhallensimulators ist es, die Nutzer/-innen in Bezug auf diverse Gefahrenstellen zu sensibilisieren und ihnen bewusst zu machen, dass Gefahren durch eigenes Handeln beseitigt werden können. Über erkannte und nicht erkannte Risiken sowie über ergriffene Maßnahmen kann im Anschluss diskutiert werden, um so die Gefahrenstellen und die Möglichkeit eines eigenständigen Handelns zu konkretisieren und zu kommunizieren.

Abbildung 1 zeigt einen Auszug vom vorgestellten Poster: Zu erkennen ist zum einen der verwendete Virtualizer auf dem BGHW mobil und zum anderen wird die Lagerhalle und eine Gefahrenstelle exemplarisch dargestellt. Zudem ist das Auswahlmenü, das zum interaktiven Handeln einlädt, abgebildet.

Entwicklung eines Stadtszenario

Der bisherige Simulator präsentiert überwiegend typische Gefährdungen aus dem Bereich der Lagerlogistik. Darum wurde in Zusammenarbeit mit dem Lehrstuhl Arbeits-, Organisations- und Wirtschaftspsychologie der Ruhr-Universität Bochum und dem Arbeitsbereich Ergonomie und Virtuelle Realität am RheinAhrCampus der Hochschule Koblenz ein zusätzliches Szenario erstellt [6]. Dieses bildet innerhalb einer virtuellen Stadtumgebung (**Abbildung 2**) insbesondere Gefahrenstellen für Zustelldienste ab, sodass für die Trainierenden eine höhere Identifikation mit der virtuellen Umgebung ermöglicht wird.

Dabei werden spezifische Gefahrenquellen einer Arbeit unter freiem Himmel mit aufgenommen. Diese sind häufig Folge von wechselnden Witterungsverhältnissen, jahreszeitenabhängig oder durch externe Gegebenheiten wie Baustellen oder Verkehr beeinflusst. Im öffentlichen Raum ist es den Zustellenden aber nicht immer möglich, die Gefahren sofort und eigenständig zu beseitigen. Laub, Pfützen, lose Stufen oder anderes können nicht einfach entfernt oder ausgetauscht werden. Aber auch wenn man die Gefahr nicht beseitigen kann, kann man seine Kolleginnen und Kollegen darauf aufmerksam machen oder seine eigene Bewegung den Begebenheiten anpassen. Ist eine Zustellung wegen bestimmter Begebenheiten zu riskant, können die Zustellenden diese außerdem abbrechen und die Kundinnen und Kunden auf die Gefahr aufmerksam machen. Solche Lösungsmöglichkeiten werden ebenfalls im Simulationsschulungstool implementiert und sollen zu erhöhtem Bewusstsein bei den Trainierenden im Umgang mit Gefahrenstellen führen.

Ausblick

Neben der Nutzung der beiden beschriebenen Simulationsschulungstools im ENTRAPON-Projekt soll die verfügbare Technik auch auf andere Branchen übertragen werden. Dazu können mit etwas Aufwand weitere Module entstehen (z. B. für den Einzelhandel), die in der Präventionsarbeit, wie beim BGHW mobil, eingesetzt werden sollen [3, 7].



Abbildung 2: Straßenszene der virtuellen Stadtumgebung, die zur Schulung von Zustelldiensten verwendet wird. Quelle: Autoren

Literatur

- [1] Forschungsprojekt ENTRAPon, FP470. Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV). <https://www.dguv.de/ifa/forschung/projektverzeichnis/ff-fp0470.jsp>
- [2] *Kaufmann et al.*: Entwicklung zusätzlicher Trainingselemente zur Prävention von Stolper-, Rutsch- und Sturzunfällen unterstützt durch den Einsatz von virtueller Realität am Beispiel von Unternehmen der Stahlerzeugung und der Post- und Paketzustellung (ENTRAPon) 22. Workshop Psychologie der Arbeitssicherheit und Gesundheit (PASIG) vom 5. Bis 7. September 2022, Gera
- [3] BGHW mobil. Berufsgenossenschaft Handel und Warenlogistik (BGHW). <https://www.bghw.de/arbeitschutz/wie-wir-sie-im-arbeitsschutz-unterstuetzen/showtruck-und-mobil>
- [4] *Heyer, Y.*: Entwicklung von Mensch-System-Interaktionen zur Sensibilisierung für Stolper-, Rutsch- und Sturzgefahren mit Hilfe virtueller Realität. Bachelorarbeit Hochschule Koblenz, RheinAhrCampus Remagen, 2018
- [5] *Lungfiel A., Nickel, P. and Wetzel, C.*: BGHW Warehouse Simulation – Virtual Reality Supports Prevention of Slip, Trip and Fall (STF) Accidents. HCI International 23.-28. July 2023, Copenhagen, Denmark. https://doi.org/10.1007/978-3-031-35741-1_21
- [6] *Schmitz, T.*: Ein Spaziergang durch die virtuelle Realität, möglich durch den Lagerhallensimulator in Kombination mit dem Virtualizer. In: AOW Newsletter Nr. 64, Ausg. 4, September 2022
- [7] Unfallprävention im Einzelhandelsszenario mithilfe von Techniken der virtuellen Realität, IFA-Projekt 5173. Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV). <https://www.dguv.de/ifa/forschung/projektverzeichnis/ifa5173.jsp>

Anforderungen an die Informationsverarbeitung zur Entdeckung von Personen auf Kamera-Monitor-Systemen (KMS) mobiler Maschinen

Peter Nickel¹, Shuaixin Qi², Marino Menozzi²

¹ Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA), Sankt Augustin

² Eidgenössische Technische Hochschule Zürich (ETHZ), Human Factors Engineering Group

Kurzfassung

In einem Forschungsprojekt der DGUV Forschungsförderung ermittelt die Eidgenössische Technische Hochschule Zürich (ETHZ), Gruppe Human Factors Engineering, die erforderliche Mindesthöhe der Darstellung von Personen auf Monitoren von Kamera-Monitor-Systemen (KMS), die für ein sicheres Entdecken unter realitätsnahen Arbeitsbedingungen erforderlich ist. Das Vorgehen im Projekt wird vorgestellt und diskutiert.

1 Einführung

Für viele Beschäftigte zählt Steuern und Überwachen zu ihren alltäglichen Arbeitsaufgaben. Häufig geht es dabei um die Steuerung von Anlagen, Maschinen oder Geräten und ihre Überwachung sowie die von Arbeitsumgebungen oder Räumen. Solche Arbeitsaufgaben werden andauernd, z. B. in Leitzentralen der verfahrenstechnischen Industrie, oder variierend bzw. gelegentlich, wie in der Fertigungsindustrie oder der Arbeit mit mobilen Maschinen auf Baustellen, bearbeitet [6, 7, 21, 34]. Durch den Einsatz von Automatisierungstechnik und Assistenzfunktionen wird ein Endeffektor nur noch mittelbar vom Menschen durch einen Aktuator gesteuert, da etwa technische Wandler (z. B. Servoantrieb) zwischen Aktuator und Endeffektor die Regelung verändern oder der Mensch mangels Direktsicht einen Endeffektor nur noch vermittelt dargestellt bekommt. Dadurch wird die Überwachung von Veränderungsprozessen für den Menschen komplexer und beeinflusst eine sichere und gesunde Aufgabenbearbeitung in größerem Umfang. Ein Gestalten von Mensch-Maschine-Schnittstellen nach Anforderungen aus Human Factors und Ergonomie bietet für den Arbeitsschutz geeignete Lösungsansätze und kann auch dazu beitragen, sogenannte Ironien der Automation [1] zu vermeiden.

Eine sichere und gesunde Bearbeitung von Überwachungsaufgaben durch den Menschen ist erforderlich als direkte Rückmeldung während seiner Steuerungstätigkeiten, zur Vorbereitung intendierter Handlungen oder zur vorausschauenden Planung ggf. erforderlicher Steuerungseingriffe. Bei direkter Sicht auf Endeffektoren können Steuerungseingriffe unmittelbar überwacht werden (z. B. Direktsicht auf Löffel beim Baggern, auf Fahrradvorderrad beim Lenken). In vielen Fällen ist direkte Sicht auf einen Endeffektor zur Überwachung

eigener Steuerungstätigkeit wenig hilfreich (z. B. Heizstab in Speicher) oder nicht möglich (z. B. Füllstand eines geschlossenen Tanks). Dann werden dem Menschen Informationen zur Überwachung mittelbar über Anzeigen präsentiert, die meist auf der Basis von Sensordaten aufbereitet werden, wie Temperatur- bzw. Füllstandsanzeigen oder Anzeige von Videoaufzeichnungen eines rückwärtigen Gefahrenbereichs.

Aus Human Factors und Ergonomie liegen zwar einige Anforderungen an die Gestaltung von Anzeigen vor [13, 24, 18], damit Menschen die Anzeigen selbst und die darauf dargestellten Informationen für eine sichere und gesunde Bearbeitung von Überwachungs- und Steuerungstätigkeiten heranziehen können. Auch existieren Erkenntnisse zur erforderlichen Darstellungsgröße von Schriftzeichen zur Lesbarkeit [11, 15, 30]. Die in Normen wie der DIN EN ISO 16001 [16] genannte erforderliche Darstellungshöhe von Personen auf KMS, ab der Maschinenführerinnen und -führer z. B. Personen im rückwärtigen Gefahrenbereich mobiler Maschinen auf einer Anzeige sicher erkennen können, liegen keine geeigneten Erkenntnisse aus Human Factors und Ergonomie zugrunde. Auch betriebspraktische Bedingungen und der Kontext eines Arbeitssystems werden in der Norm nicht berücksichtigt. Schließlich erscheinen die dokumentierten Mindesthöhen unzureichend, „um für die visuelle Erkennung als akzeptabel angesehen“ [16] werden zu können.

Die Gruppe Human Factors Engineering der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich (ETHZ) wurde daher von der DGUV Forschungsförderung beauftragt, zur Prävention im Arbeitsschutz betriebspraktisch erforderliche Darstellungsgrößen von Personen auf Kamera-Monitor-Systemen (KMS) zu erforschen. Dieses Forschungsprojekt (FF-FP0472, <https://www.dguv.de/ifa/forschung/projektverzeichnis/ff-fp0472.jsp>) wird von der Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft (BG BAU), der Berufsgenossenschaft Holz und Metall (BGHM), der Berufsgenossenschaft Handel und Warenlogistik (BGHW), der Berufsgenossenschaft Verkehrswirtschaft, Post-Logistik, Telekommunikation (BG Verkehr), der Unfallkasse Hessen (UKH) und der Schweizerischen Unfallversicherungsanstalt (Suva) unterstützt. An den Forschungsaktivitäten im Rahmen der Simulationsstudien, unterstützt durch Techniken der virtuellen Realität (VR) und der Feldstudien unter betriebspraktischen Einsatzbedingungen, ist das Institut für Arbeitsschutz

der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA) beteiligt.

2 Geplantes Vorgehen

Erkenntnisse aus Human Factors und Ergonomie zum Thema werden in der Literatur recherchiert und dabei auch Informationen zur Gestaltung und zum Einsatz von KMS und zur Personendarstellung auf Monitoren zusammengetragen, die insbesondere aus Perspektiven des Arbeitsschutzes und der betriebspraktischen Anwendung relevant sind [4, 8, 12, 25, 31].

Neben diesen Recherchen wird auch eine Cognitive Work Analysis (CWA) [28, 5] genutzt, um relevante Aufgaben einschließlich Ausführungsbedingungen für ein sicheres und zuverlässiges Entdecken von Personen durch Personen mithilfe von KMS beim Einsatz in mobilen Maschinen zu ermitteln und zu bewerten. Ein Schwerpunkt der Analysen wird auf den ersten Prozessschritten der CWA liegen, wie etwa den Analysen des Arbeitsbereichs, der Überwachungs- und Steuerungsaufgaben sowie der Strategien der Aufgabenbearbeitung [20, 23]. Der Arbeitsbereich wird mittels der Methode der Abstraktionshierarchie beschrieben, aus der für die Arbeit relevante Objekte, Objektfunktionen, Systemfunktionen, Werte und Prioritäten, Funktionszweck sowie deren Beziehungen untereinander hervorgehen. Analog dem in [29] beschriebenen Verfahren wird eine vorab konsolidierte Fassung der Beschreibung des Arbeitsbereichs mit Fachexperten aus verschiedenen Bereichen (z. B. Maschinenführerinnen und -führer, Betreiber, Entwickler

etc.) in Werkstattgesprächen mit dem Ziel diskutiert, für die Arbeitssicherheit kritische Elemente und Szenarien zu identifizieren.

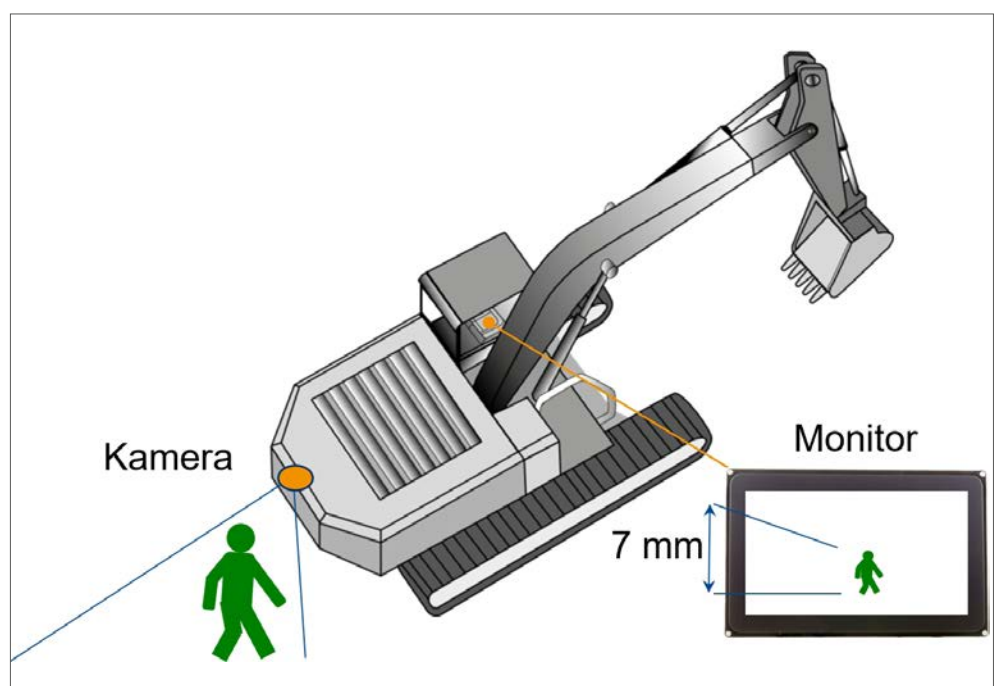
So identifizierte, im praktischen Arbeitskontext kritische Bedingungen im Arbeitssystem [14] werden danach in Simulationsstudien detailliert untersucht. Dazu bearbeiten dann Probanden Aufgaben in realitätsnahen Szenarien, die mithilfe von VR-Techniken modelliert und simuliert werden. Daraus werden weitere Anforderungen an die Mindesthöhe zur Personendarstellung auf Monitoren von KMS abgeleitet.

Schließlich wird in Feldstudien der Einsatz von KMS unter realen Einsatzbedingungen untersucht, um Ergebnisse aus Simulationsstudien abzugleichen und Erfahrungen aus dem betriebspraktischen Einsatz zu ergänzen. Anforderungen an eine Mindesthöhe der Personendarstellung auf Monitoren von KMS werden zur Dokumentation in Normen aufbereitet.

3 Ausblick

Ein Bezug zu Mindesthöhen für die Darstellung von Personen auf Monitoren von KMS in der DIN EN ISO 16001 von 2018 [16] geht mittlerweile über ihren Anwendungsbereich von Erdbaumaschinen hinaus. Diese Anforderungen werden für Erdbaumaschinen (z. B. Bagger, Radlader, Planier- raupe [22]) sowie andere Einsatzbereiche anderer mobiler Maschinen (z. B. Harvester [33], Radlader mit Leichtgutschaufel [8]) herangezogen. Sie sind beim Einsatz von KMS zur Einsicht in Gefahrenbereiche von allgemein steigen-

Abbildung:
Anforderung an Personendarstellung auf dem Monitor eines KMS zur Einsicht in den rückwärtigen Gefahrenbereich aus DIN EN ISO 16001 [16] erscheint unzureichend
Quelle: Autoren



dem Interesse (z. B. Lkw [17], Traktoren mit Frontanbau [19, 32], Hubladebühnen [10], Schrapperanlagen [9]).

Wie begründet die Gestaltungsanforderung an bzw. Auslegung auf Monitordarstellungen von KMS für eine Mindesthöhe von 7 mm bzw. 10 % der Monitorhöhe in den Normtext [16] gelangte, lässt sich nicht mehr nachvollziehen (**Abbildung**). Als Anforderung greift hier eine Höhenangabe als absoluter Wert für die Darstellung auf einem Monitor zu kurz und ist im gegebenen Kontext ungeeignet. Bei einer im Kontext notwendigen mensch-zentrierten Betrachtung muss auch die für die Größewahrnehmung von Informationen durch den Menschen relevante Betrachtungsentfernung in die Anforderung aufgenommen werden, d. h. eine Mindesthöhe muss zumindest in Winkelminuten (z. B. entspricht 24' ca. 7 mm Höhe in 1 000 mm Entfernung) angegeben werden [30].

Zusätzlich legen die Angaben aus der Norm einen für die betriebspraktische Nutzung nicht angemessenen Bezug zur Sehschärfestimmung mit Landoltringen nahe [26], da z. B. Personen als Figuren mit Arbeitsbedingungen als Hintergrund in der betriebspraktischen Realität nicht mit idealen Figur-Hintergrund-Kontrasten wie auf Sehtafeln zur Sehschärfepfung dargestellt sind. Auch ist zu bedenken, dass die Entdeckungsaufgabe am KMS durch die Aufmerksamkeit im Führerstand beeinflusst wird und somit nicht, wie auch unten aufgeführt, mit einer Sehschärfepfung in einer störungsfreien Umgebung zu vergleichen ist. Die normativen Anforderungen an die Gestaltung berücksichtigen somit nicht die im betriebspraktischen Arbeitsalltag gegebenen tatsächlichen Bedingungen der Informationsverarbeitung des Menschen und sind daher zur Dokumentation in der oben erwähnten Norm nicht geeignet.

Der Einsatz von KMS breitet sich nach ihrer Menge und ihren Einsatzsituationen weiter aus. KMS werden bei der Arbeit mit mobilen Maschinen unter anderem deshalb empfohlen, um Maschinenführenden mit indirekter Sicht per Monitor bei mangelnder oder nicht ausreichender Direktsicht behilflich zu sein [12]. In jüngerer Zeit fällt allerdings eine steigende Zahl von Unfällen mit mobilen Maschinen auf – auch bei solchen, die mit KMS mit dem Ziel ausgestattet sind, dem Menschen die Sicht in Gefahrenbereiche zu ermöglichen. Das trifft beispielsweise auf die Hälfte der von der BG BAU für den Zeitraum von 2016 bis 2020 identifizierten 42 Unfälle mit mobilen Maschinen im Zusammenhang mit mangelnder oder eingeschränkter Sicht zu [2]. Über ähnliche Hinweise berichtet die Berufsgenossenschaft Rohstoffe und chemische Industrie (BG RCI), die derzeit Informationen dazu zusammenträgt [3]. Inwieweit solche Unfälle mit mangelnder Erkennbarkeit von Personen auf Monitoren durch eine

unzureichende Gestaltung der Informationsdarstellung verbunden sind, bleibt zwar unklar. Mit Blick auf wissenschaftliche Erkenntnisse zur Schnittstellengestaltung aus Human Factors und Ergonomie [25] erscheint ein Einfluss aber durchaus möglich.

Das Konzept der Arbeitssystemgestaltung aus Human Factors und Ergonomie liefert auch für Gestaltungsanforderungen an Darstellungshöhen auf Monitoren von KMS wichtige Ansatzpunkte. In einem Arbeitssystem wirken Beschäftigte mit ihren Arbeitsmitteln im Arbeitsablauf am Arbeitsplatz in einer Arbeitsumgebung zur Bearbeitung ihrer Aufgaben zusammen [14]. So ist etwa bei der Gestaltung der Darstellungshöhe auf dem Arbeitsmittel Monitor zu berücksichtigen, dass die Arbeitsaufgabe der Überwachung eines Gefahrenbereichs nur eine von sehr vielen weiteren Aufgaben der Beschäftigten ist und relevante Informationen mit einem relativ kurzen Blick auf den Monitor erfasst werden sollen. Anforderungen der Arbeitsaufgabe sind somit bei der Schnittstellengestaltung einzubeziehen. Arbeitsumgebungsbedingungen als weitere Dimension eines Arbeitssystems sind bei der Gestaltung zu berücksichtigen, da sich etwa bei Baggerarbeiten in Nebel oder Regen die Sicht für den Beschäftigten verändert, sich die Informationsdarstellung auf dem Monitor wegen der Videoaufzeichnung von Nebel oder Regen verschlechtert und die Erkennbarkeit durch den Menschen beeinträchtigt wird. Ebenso können Vibrationen auf mobilen Maschinen die Erkennbarkeit von Informationen auf KMS erheblich beeinflussen [27]. Wenn in Normen Anforderungen an die Mindesthöhe von Personen vorgegeben werden, dann müssen sie ggf. nach betriebspraktischen Einsatzbedingungen von KMS differenziert dargestellt werden. Damit forscht das Projekt zu einer drängenden Fragestellung im Arbeitsschutz mit dem Ziel, neue betriebspraktisch relevante Lösungen für die Prävention zu entwickeln. Nicht zuletzt wird das Projekt dank der eingangs durchgeführten Systemanalyse mittels CWA kritische Arbeitsbedingungen identifizieren und beschreiben, die als Testszenarien bei der Entwicklung von sensorgestützter Personenerkennung Einsatz finden.

Literatur

- [1] *Bainbridge, L.*: Ironies of automation. In: G. Johansen, J.E. Rijnsoorp (Eds.): Proceedings of the IFAC Analysis, Design and Evaluation of Man-Machine systems (September 27-29., 1982, Baden-Baden) pp.129-135. Oxford: Pergamon 1983
- [2] BG BAU (2021). Mündliche Kommunikation des DGUV Fachbereichs Bauwesen.

- [3] BG RCI (2023). Mündliche Kommunikation DGUV/ UVT-Arbeitsgruppe Assistenzsysteme, Arbeitskreis Ergonomie.
- [4] Kamera-Monitor-System (KMS) zur Vermeidung von Abbiegeunfällen. Auszug aus der Studie des IFA für die BG Verkehr. Berufsgenossenschaft Verkehrswirtschaft, Post-Logistik, Telekommunikation (BG Verkehr). Hamburg 2016
- [5] *Bisantz, A.M.; Burns, C.M.* (Eds.): Applications of cognitive work analysis. Boca Raton: CRC Press 2009
- [6] *Bockelmann, M., Nachreiner, F.; Nickel, P.:* Bildschirmarbeit im Leitwarten - Handlungshilfen zur ergonomischen Gestaltung von Arbeitsplätzen nach der Bildschirmarbeitsverordnung (Forschung, Projekt 2249). Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA), Dortmund 2012
- [7] *de Bruijn, D.; Jansen, J.; Lenior, D.; Pikaar, R.; Schreibers, K.* (2016). Human factors guidelines and workload in CCTV design. In: *D. de Waard, K.A. Brookhuis, A. Toffetti, A. Stuiver, C. Weikert, D. Coelho* et al. (Eds.): Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Europe Chapter 2015 Annual Conference "Human Factors & User Experience in everyday life, medicine, and work (pp. 209-219). Groningen: HFES Europe Chapter (online).
- [8] Fachbereich aktuell. Radlader mit Leichtgutschaufel. Sicherer Einsatz in der Holzbranche bei Vorwärtsfahrt. Hrsg.: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Berlin 2021
- [9] Fachbereich aktuell. Sicherheitskonzepte für den Automatikbetrieb von Schrapperanlagen in der Betonindustrie (FBRCI-014). Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Berlin 2022
- [10] DGUV Information 208-056: Kamera-Monitor-Systeme zur Überwachung fahrerkabinengesteuerter Hubladebühnen für Güter. Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Berlin 2019
- [11] DGUV Information 215-450: Softwareergonomie. Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Berlin 2021
- [12] DGUV Vorschrift 38: Unfallverhütungsschrift Bauarbeiten. BG BAU, Berlin 2019
- [13] DIN EN 894: Sicherheit von Maschinen – Ergonomische Anforderungen an die Gestaltung von Anzeigen und Stellteilen – Teil 1: Begriffe und allgemeine Leitsätze (1/2009); Teil 2: Anzeigen (2/2009); Teil 3: Stellteile (1/2010); Teil 4: Lage und Anordnung von Anzeigen und Stellteilen (11/2010). Berlin, Beuth 2009
- [14] DIN EN ISO 6385: Grundsätze der Ergonomie für die Gestaltung von Arbeitssystemen. Berlin, Beuth 2016
- [15] DIN EN ISO 11064-5: Ergonomische Gestaltung von Leitzentralen – Teil 5: Anzeigen und Stellteile. Berlin, Beuth 2008
- [16] DIN EN ISO 16001: Erdbaumaschinen – Objekterkennungssysteme und Sichthilfsmittel - Leistungsanforderungen und Prüfverfahren. Berlin, Beuth 2018
- [17] *Fischer, M.; Ostermann, B.; Wilbig, E.; Heider, G.; Schemel, A.; Hedtmann, J.; Paridon, H.:* Belastung von Lkw-Fahrern beim Rechtsabbiegen: Kamera-Monitor-Systeme als Präventionsmaßnahme. *Sichere Arbeit. Internationales Fachmagazin für Prävention in der Arbeitswelt* 5 (2018), S. 30-35
- [18] ISSA MSS 2023. Display design principles by the Working group "Human Factors" in the ISSA International Prevention Section on Machine and System Safety. <https://www.safe-machines-at-work.org/human-factors/work-equipment/displays>
- [19] *Mastrogiovanni, S.:* Kamera-Monitor-Systeme in der Landwirtschaft. Einsatz bei Sichtfeldeinschränkungen durch Vorbaumaßüberschreitung von mehr als 3,5 m. DLG-kompakt 4/2019, S.1-2
- [20] *Menozzi, M.; Nickel, P.:* Erforderliche Mindesthöhe auf Bildschirmen von Kamera-Monitor-Systemen zur Entdeckung von Personen unter realitätsnahen Manövrierbedingungen bei mobilen Maschinen. Posterpräsentation zum DGUV Fachgespräch Assistenzsysteme für die Unfallprävention „Sicherheit mobiler On- und Off-Road-Arbeitsmaschinen, Nutz- und Schienenfahrzeuge“ am 24.-25.05.2022, Dresden

- [21] *Nachreiner, F.*: Arbeits- und ingenieurpsychologische Aspekte der Gestaltung von Leitwarten für automatisierte Produktionssysteme. In: Gottlieb Daimler- und Karl Benz-Stiftung (Hrsg.): 2. Internationales Kolloquium Leitwarten „Einsatz neuer Informations- und Leitsysteme in Verkehr, Prozessführung, Fertigung“ (421-434). Köln: Verlag TÜV Rheinland 1990.
- [22] Netzwerk Baumaschinen NRMM CV: Personen-/ Objekterkennung, Warnung in Gefahrenbereichen. Kamera-, Sensoriksysteme, intelligente Software bei mobilen Arbeitsmaschinen (Baumaschinen). Fact3 network e.K., Kassel 2022
- [23] *Nickel, P.; Menozzi, M.*: Mit Cognitive Work Analysis (CWA) das Entdecken von Personen im Gefahrenbereich mobiler Maschinen mithilfe von Kamera-Monitor-Systemen untersuchen. In: S. Rehmer; C. Eickholt (Hrsg.): 22. Workshop: Psychologie der Arbeitssicherheit und Gesundheit. Transfer von Sicherheit und Gesundheit (65-68). Kröning, Asanger 2022.
- [24] *Proctor, R.W.; Vu, K.-P.L.*: Location and arrangement of displays and control actuators. In: W. Karwowski, A. Szopa; M. M. Soares (Eds): Handbook of standards and guidelines in human factors and ergonomics (513-524). Boca Raton, CRC Press 2021
- [25] *Proctor, R.W.; van Zandt, T.*: Human factors in simple and complex systems. Boca Raton, CRC Press 2018
- [26] *Qi, S.; Menozzi, M.; Nickel, P.*: Untersuchung der erforderlichen Abbildungsgrößen von Personen auf Kamera-Monitor-Systemen mobiler Maschinen nach einer Cognitive Work Analysis des Arbeitsbereiches. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (GfA) (Hrsg.), Nachhaltig Arbeiten und Lernen – Analyse und Gestaltung lernförderlicher und nachhaltiger Arbeitssysteme und Arbeits- und Lernprozesse (A.1.14, 1-6). Dortmund, GfA-Press 2023
- [27] *Qi, S.; Menozzi, M.; Wascher, E.*: Effect of simulated vibration and noise exposure on human contrast sensitivity function. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (GfA) (Hrsg.): Nachhaltig Arbeiten und Lernen – Analyse und Gestaltung lernförderlicher und nachhaltiger Arbeitssysteme und Arbeits- und Lernprozesse (B.6.12, 1-6). Dortmund, GfA-Press 2023
- [28] *Rasmussen, J., Pejtersen, A.M.; Goodstein, L.P.*: Cognitive systems engineering. New York, Wiley 1994
- [29] *Read, G.J.M.; Salmon, P.M.; Lenné, M.G.; Stanton, N.A.; Mulvihill, C.M.; Young, K.L.*: Applying the prompt questions from the Cognitive Work Analysis Design Toolkit: a demonstration in rail level crossing design. Theoretical Issues in Ergonomics Science 17 (2016) Nr. 4, S. 354-375
- [30] *Schmidtke, H.; Rühmann, H.*: Betriebsmittelgestaltung. In: H. Schmidtke (Hrsg.): Ergonomie (521-554). München, Hanser 1993
- [31] *Terzis, A.* (Ed.) (2016): Handbook of camera monitor systems. The Automotive Mirror-Replacement Technology based on ISO 16505. Basel, Springer 2016
- [32] *Vaupel, M.*: Landwirtschaftliche Fahrzeuge im Straßenverkehr 2020 (Informationen des Bundesinformationszentrum Landwirtschaft BZL). Hrsg.: Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE), Bonn 2020
- [33] *Weise, G.*: Die Sicht aus Forstmaschinen. Ergebnisse eines DIN Forschungsprojekts aus dem INS-Programm. Forstmaschinen & Zubehör 6 (2015), S. 9-15.
- [34] *Wickens, C.D., Hollands, J.G., Banbury, S.; Parasuraman, R.*: Engineering Psychology and Human Performance. Upper Saddle River, Pearson 2013

Trendbeobachtung und Trendsammlung in der DGUV: Risikoobservatorium und Trendsuchen

Katrien Wittlich¹, Angelika Hauke¹, Susanne Roscher², Christoph Schiefer¹

¹ Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA), Sankt Augustin

² Verwaltungs-Berufsgenossenschaft (VBG), Hamburg

Die Arbeitswelt entwickelt sich kontinuierlich weiter. Doch wo müssen wir genau hinschauen? Welche neuen Technologien und Arbeitsformen gibt es? Welche Trends begegnen uns bei der Arbeit? Was bedeuten sie für die Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit? Dies sind wichtige Fragen für alle Unfallversicherungsträger und für die Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV).

Die DGUV verfügt über eigene Instrumente zur Trendsammlung und -beobachtung: Das Risikoobservatorium und die Trendsuche. Beide Instrumente sind sehr eng miteinander verzahnt und unterstützen die Unfallversicherungsträger bei einer proaktiven Prävention. Denn durch die Beobachtung technischer, ökonomischer, ökologischer, gesellschaftlicher oder politischer Entwicklungen lassen sich mögliche Gefährdungen und Chancen für die Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit frühzeitig identifizieren und aufgreifen. Eine rechtzeitige und erfolgreiche Reaktion auf neue Entwicklungen und Krisen wird dadurch wahrscheinlicher.

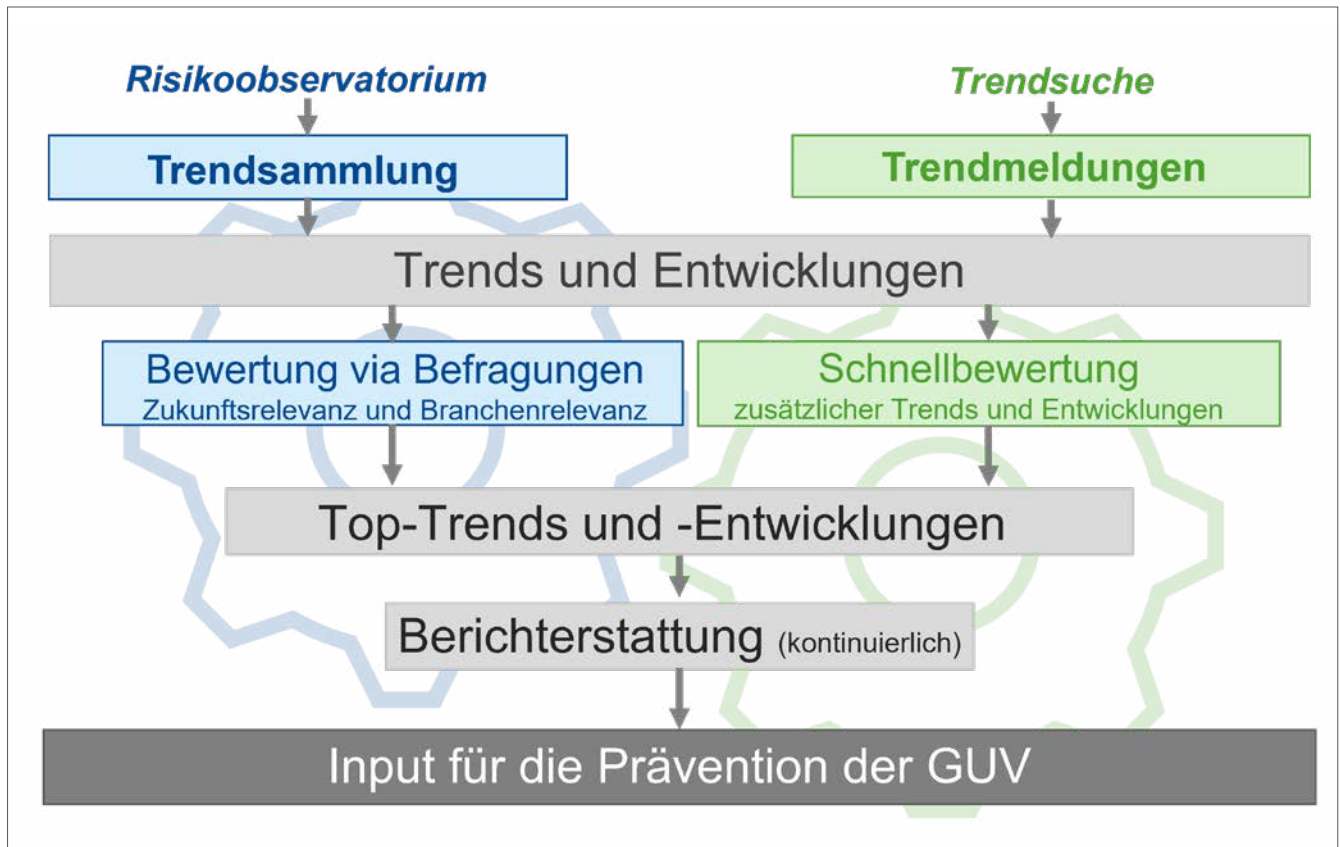
Das Risikoobservatorium ist im Institut für Arbeitsschutz der DGUV (IFA) angesiedelt und ein Instrument der mittelfristigen Planung. Es sammelt globale Trends und ihnen zugeordnete Entwicklungen systematisch und kontinuierlich aus verschiedensten Quellen (Online und Print). Zur Bewertung der Entwicklungen stützt es sich auf zwei unabhängige Befragungen, die alle drei Jahre durchgeführt werden sollen: die Branchenrelevanz- und die Zukunftsrelevanz-Befragung.

In der Branchenrelevanz-Befragung schätzen Branchenfachleute der gesetzlichen Unfallversicherung alle Entwicklungen der aktuellen Befragungsrunde hinsichtlich ihres Einflusses auf die Sicherheit und Gesundheit der Versicherten ihrer jeweiligen Branche ein.

In der Zukunftsrelevanz-Befragung bewerten Fachleute aus wissenschaftlichen Einrichtungen und Gesellschaften sowie aus Arbeitsschutzinstituten innerhalb und außerhalb der gesetzlichen Unfallversicherung Entwicklungen

Abbildung:

Schematische Darstellung der Zusammenarbeit von Risikoobservatorium und Trendsuche. Quelle: Autoren



aus dem Bereich ihrer Expertise, d. h. alle Entwicklungen, die dem zu ihrer Expertise passenden Globaltrend zugeordnet sind.

Ziele der Befragungen sind die Identifikation und Beschreibung von branchenübergreifenden und branchenbezogenen Top-Entwicklungen, d. h. Entwicklungen, die die Sicherheit und Gesundheit der Versicherten stark beeinflussen werden. Weitere Informationen zu den Befragungen finden Sie hier: https://www.dguv.de/medien/ifa/de/fac/arbeiten_4_0/dguv_ifa_hg_risikoobservatorium.pdf

Das Sachgebiet „Neue Formen der Arbeit“ im Fachbereich „Organisation von Sicherheit und Gesundheit“ (FB ORG) der DGUV betreibt die Trendsuche. Sie bietet eine Plattform, über die alle Personen, egal ob der gesetzlichen Unfallversicherung zugehörig oder nicht, neue Trends und Entwicklungen melden können (z. B. per E-Mail an Trendsuche@dguv.de). Diese Trendmeldungen gehen nach Prüfung in die Trendsammlung des Risikoobservatoriums ein. Die Meldungen können bei akuter Dringlichkeit zu einer kurzfristigen Reaktion durch die DGUV oder die Unfallversicherungsträger führen, wodurch die Trendsuche ihre Funktion als kurzfristiger Impulsgeber für proaktives Handeln erfüllt.

Die im Risikoobservatorium durchgeführten Befragungen finden alle drei Jahre statt. In der Zwischenzeit wird die Trendsammlung jedoch erweitert und neu auftauchende Entwicklungen müssen bewertet werden, damit sie bei entsprechend großem Einfluss unter den Top-Entwicklungen berücksichtigt werden können. Hier unterstützt die Trendsuche-Gruppe des Sachgebiets „Neue Formen der Arbeit“ das Risikoobservatorium: In regelmäßigen Abständen bewertet sie diese neuen

Entwicklungen. Die Zusammenarbeit von Risikoobservatorium und Trendsuche ist in der Abbildung dargestellt.

Nach der Bewertung wird für jede Top-Entwicklung eine Kurzbeschreibung angefertigt, die die Entwicklung vorstellt, ihre Auswirkungen auf die Sicherheit und Gesundheit der Versicherten beschreibt und besonders betroffene Branchen ausweist. Die Erstellung der Beschreibungen wird durch Recherchen und vertiefende Interviews mit Fachleuten flankiert.

Zum Ende des Drei-Jahres-Zyklus entsteht ein Gesamtbericht, in dem die Beschreibungen der Top-Entwicklungen zusammengefasst und veröffentlicht werden.

Die Trendbeobachtung und Trendsammlung in der DGUV bietet den Unfallversicherungsträgern

- eine abgestimmte Sammlung, Bewertung und Analyse von neuen Trends und Entwicklungen,
- Einschätzungen der Entwicklungen durch interne und externe Befragungskollektive,
- Einen Überblick über Top-Entwicklungen für den Arbeitsschutz und damit einhergehenden Chancen und Risiken,
- die Identifikation neuer Forschungsfelder,
- Unterstützung bei der Identifikation neuer Präventionsbedarfe und Handlungsfelder.

Autorinnen und Autoren

Name	Institution
<i>Lope H. Barrero</i>	Fachbereich Wirtschaftsingenieurwesen, Fakultät für Ingenieurwissenschaften, Pontificia Universidad Javeriana Kolumbien
<i>Tobias Belz</i>	Verwaltungs-Berufsgenossenschaft (VBG), Hamburg
<i>Albert Bohlscheid</i>	Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA) Sankt Augustin
<i>Mark Brütting</i>	Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA) Sankt Augustin
<i>Manigée Derakshani</i>	Unfallkasse NRW, Münster
<i>Dirk Ditchen</i>	Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA) Sankt Augustin
<i>Jochen Eckardt</i>	Berufsgenossenschaft Holz und Metall (BGHM), Dresden
<i>Christian Ecke</i>	Berufsgenossenschaft Verkehr, Berlin
<i>Omar El-Edrissi</i>	Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA) Sankt Augustin
<i>Rolf Ellegast</i>	Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA) Sankt Augustin
<i>Benjamin Ernst</i>	Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA), Sankt Augustin Institut für Arbeitsmedizin, Prävention und Betriebliches Gesundheitsmanagement der Universität zu Lübeck, Lübeck
<i>Thomas Fietz</i>	Institut für Arbeit und Gesundheit der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IAG) Dresden
<i>Susan Freiberg</i>	Institut für Arbeit und Gesundheit der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IAG) Dresden
<i>Ulrich Glitsch</i>	Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA) Sankt Augustin
<i>Christiane Golze</i>	Institut für Arbeit und Gesundheit der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IAG), Dresden
<i>Stephanie Griemsmann</i>	Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA) Sankt Augustin
<i>Robin Grießel</i>	Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA) Sankt Augustin
<i>Ulrich Hartmann</i>	Hochschule Koblenz, RheinAhrCampus, Remagen

Name	Institution
<i>Volker Harth</i>	Zentralinstitut für Arbeitsmedizin und Maritime Medizin, Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf, Hamburg
<i>Kai Heinrich</i>	Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA) Sankt Augustin
<i>Christina Heitmann</i>	Institut für Arbeit und Gesundheit der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IAG), Dresden
<i>Ingo Hermanns-Truxius</i>	Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA) Sankt Augustin
<i>Jenny Hook</i>	Institut für Arbeit und Gesundheit der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IAG), Dresden
<i>Jasper Johns</i>	Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA) Sankt Augustin
<i>Kiros Karamanidis</i>	School of Applied Sciences, London South Bank University, London, Großbritannien
<i>Maria Klotz</i>	Institut für Arbeit und Gesundheit der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IAG), Dresden
<i>Annette Kluge</i>	Lehrstuhl Arbeits-, Organisations- & Wirtschaftspsychologie, Ruhr-Universität Bochum, Bochum
<i>Matthias Koch</i>	Berufsgenossenschaft Verkehr, Duisburg
<i>Ulrich Koch</i>	Unfallkasse NRW, Münster
<i>Mirko Kaufmann</i>	Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA), Sankt Augustin Hochschule Koblenz, RheinAhrCampus, Remagen Zentralinstitut für Arbeitsmedizin und Maritime Medizin, Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf, Hamburg
<i>Sören Lauff</i>	Klinik für Anästhesiologie der Universitätsmedizin Göttingen, Göttingen
<i>Martin Liedtke</i>	Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA), Sankt Augustin
<i>Andy Lungfiel</i>	Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA) Sankt Augustin
<i>Marino Menozzi</i>	Eidgenössische Technische Hochschule Zürich (ETHZ), Human Factors Engineering Group, Zürich, Schweiz
<i>Peter Nickel</i>	Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA) Sankt Augustin

Name	Institution
<i>Fabian Ochs</i>	Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA) Sankt Augustin
<i>Frank Petzke</i>	Klinik für Anästhesiologie der Universitätsmedizin Göttingen, Göttingen
<i>Shuaixin Qi</i>	Eidgenössische Technische Hochschule Zürich (ETHZ), Human Factors Engineering Group, Zürich, Schweiz
<i>Nastaran Raffler</i>	Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA), Sankt Augustin
<i>Marlen Rahnfeld</i>	Institut für Arbeit und Gesundheit der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IAG), Dresden
<i>Lennart Ralfs</i>	Universität Innsbruck, Institut für Mechatronik, Professur für Fertigungstechnik, Innsbruck/Österreich
<i>Estefany Rey-Becerra</i>	Lehrstuhl Arbeits- Organisations- und Wirtschaftspsychologie, Fakultät für Psychologie, Ruhr Universität Bochum;
<i>Katharina von Rymon Lipinski</i>	Geschäftsstelle der Kommission Arbeitsschutz und Normung (KAN), Sankt Augustin
<i>Vera Schellewald</i>	Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA) Sankt Augustin
<i>Ralf Schick</i>	Berufsgenossenschaft Handel und Warenlogistik (BGHW), Mannheim
<i>Christoph Schiefer</i>	Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA) Sankt Augustin
<i>Moritz Schneider</i>	Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA) Sankt Augustin
<i>Inga Schultes</i>	Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA) Sankt Augustin
<i>Torsten Wagner</i>	Berufsgenossenschaft Energie Textil Elektro Medienerzeugnisse (BG ETEM), Hamburg
<i>Anika Weber</i>	Hochschule Koblenz, RheinAhrCampus, Remagen School of Applied Sciences, London South Bank University, London, Großbritannien
<i>Britta Weber</i>	Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA) Sankt Augustin
<i>Robert Weidner</i>	Universität Innsbruck, Institut für Mechatronik, Professur für Fertigungstechnik, Innsbruck/Österreich Helmut-Schmidt-Universität, Universität der Bundeswehr Hamburg, Laboratorium Fertigungstechnik, Hamburg

Name	Institution
<i>Konstantin Wechsler</i>	Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA) Sankt Augustin
<i>Benjamin Weyers</i>	Bereich Human-Computer Interaction (HCI) der Universität Trier, Trier
<i>Thomas Wilzopolski</i>	Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA) Sankt Augustin
<i>Gabriele Winter</i>	Berufsgenossenschaft Verkehr, Darmstadt
<i>Hanna Zieschang</i>	Institut für Arbeit und Gesundheit der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IAG) Dresden
<i>Jan Zimmermann</i>	Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA) Sankt Augustin
<i>Gert Zülch</i>	Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Karlsruhe

**Deutsche Gesetzliche
Unfallversicherung e.V. (DGUV)**

Glinkastraße 40
10117 Berlin
Telefon: 030 13001-0 (Zentrale)
E-Mail: info@dguv.de
Internet: www.dguv.de