

AWMF-Leitlinie: Einsatz von Exoskeletten im beruflichen Kontext zur Primär-, Sekundär- und Tertiärprävention von arbeitsassoziierten muskuloskelettalen Beschwerden

Benjamin STEINHILBER¹, Tessy LUGER¹, Peter SCHWENKREIS²,
Stefan MIDDELDORF³, Hartmut BORK⁴, Bernhard MANN⁵,
Alexander VON GLINSKI⁶, Thomas SCHILDHAUER⁶, Stephan WEILER⁷,
Martin SCHMAUDER⁸, Kai HEINRICH⁹, Gabriele WINTER¹⁰, Gerhard SCHNALKE¹¹,
Peter FRENER¹², Ralf SCHICK¹³, Sascha WISCHNIEWSKI¹⁴, Matthias JÄGER¹⁵

¹ *Institut für Arbeitsmedizin, Sozialmedizin und Versorgungsforschung
Universitätsklinikum Tübingen*

Wilhelmstraße 27, D-72074 Tübingen

² *Neurologische Universitätsklinik,*

Berufsgenossenschaftliches Universitätsklinikum Bergmannsheil

Bürkle de la Camp-Platz, D-44789 Bochum

³ *Schön Klinik, Bad Staffelstein*

Am Kurpark 11, D-96231 Bad Staffelstein

⁴ *Reha-Zentrum am St. Josef-Stift Sendenhorst*

Westtor 7, D-48324 Sendenhorst

⁵ *Institut für Soziologie,*

Universität Koblenz-Landau

Universitätsstraße 1 D-56070 Koblenz-Metternich

⁶ *Chirurgische Klinik und Poliklinik*

Berufsgenossenschaftliches Universitätsklinikum Bergmannsheil

Bürkle de la Camp-Platz, 44789 Bochum

⁷ *Gesundheitszentrum Nord, AUDI AG*

Neuburger Straße 75, D-85045 Ingolstadt

⁸ *Institut für Technische Logistik und Arbeitssysteme*

TU Dresden

⁹ *Institut für Arbeitsschutz der DGUV*

Alte Heerstraße 111, D-53757 Sankt Augustin

¹⁰ *Berufsgenossenschaft Verkehr*

Mina-Rees-Straße 8, D-64295 Darmstadt

¹¹ *Ambulantes Reha-Centrum*

Hamburger Straße 49, D-38114 Braunschweig

¹² *Berufsgenossenschaft Holz und Metall*

Kreuzstraße 45, D-40210 Düsseldorf

¹³ *Berufsgenossenschaft Handel und Warenlogistik, M5, 7, D-68161 Mannheim*

¹⁴ *Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin*

Friedrich-Henkel-Weg 1-25, D-44149 Dortmund

¹⁵ *Leibniz-Institut für Arbeitsforschung an der TU Dortmund*

Ardeystraße 67, D-44139 Dortmund

Kurzfassung: Im Rahmen der Erarbeitung dieser Leitlinie wurden Studienergebnisse zur Wirkung von Exoskeletten auf das Muskel-Skelett-System systematisch zusammengefasst sowie durch Erfahrungen von Anwendern aus dem betrieblichen Setting ergänzt. Auf dieser Basis wurden insgesamt zehn Empfehlungen zur Primär-, Sekundär- und Tertiärprävention von arbeitsassoziierten muskuloskelettalen Beschwerden sowie zehn allgemeine

Empfehlungen zur Nutzung von Exoskeletten abgeleitet und in einer Konsensuskonferenz am 1. Oktober 2019 verabschiedet. Zentrale Inhalte dieser Empfehlungen sind die Einordnung von Exoskeletten in die Maßnahmenhierarchie des Arbeitsschutzes, eine Gefährdungsbeurteilung der Tätigkeit mit Exoskelett sowie eine Begleitung und Überwachung der exoskelettunterstützten Tätigkeit durch Praktiker des Arbeitsschutzes, insbesondere des betriebsbetreuenden Arztes. Weiterhin besteht ein hoher Forschungsbedarf zur potentiell präventiven Wirkung von Exoskeletten auf das Muskel-Skelett-System.

Schlüsselwörter: Exoskelette, Leitlinie, Prävention, Belastung und Beanspruchung, Beschwerden und Erkrankungen, Muskel-Skelett-System

1. Einleitung

Exoskelette sind am Körper getragene Assistenzsysteme, die mechanisch auf den Körper einwirken. Je nach Energiebereitstellung werden dabei aktive und passive Assistenzsysteme unterschieden; aktive Systeme sind eher noch in der Entwicklungsphase und nutzen elektromechanische oder pneumatische Aktuatoren, passive sind vielfältiger verfügbar und nutzen stützende Materialien oder solche, die während einer Bewegung Energie aufnehmen und speichern können, beispielsweise elastische Bänder. Im beruflichen Kontext zielen Exoskelette darauf ab, Funktionen des Skelett- und Bewegungssystems bei körperlicher Arbeit zu unterstützen. Durch die Anwendung an gewerblichen Arbeitsplätzen soll es zu einer Reduktion arbeitsbezogener körperlicher Belastungen kommen und eine verringerte Beanspruchungsreaktion sowie eine Beschwerdeverhinderung oder -linderung bei den Beschäftigten erreicht werden. Ein Nachweis der präventiven Wirkung von Exoskeletten auf Beschwerden oder Erkrankungen des Muskel-Skelett-Systems ist anhand der aktuellen wissenschaftlichen Literatur (Stand Juli 2019) nicht möglich. Dennoch werben insbesondere Hersteller von Exoskeletten mit zahlreichen positiven Wirkungen durch die Anwendung dieser Assistenzsysteme, obwohl mehrere Studien sogar mögliche negative Auswirkungen thematisieren (z.B. Weston et al. 2018). Vor diesem Hintergrund hat die Deutsche Gesellschaft für Arbeitsmedizin und Umweltmedizin e.V. eine Leitlinie zum Einsatz von Exoskeletten im beruflichen Kontext bei der Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften (AWMF) initiiert. Ziel ist es dabei, vor allem betriebliche Praktiker bei der Abwägung eines potentiellen Einsatzes von Exoskeletten für berufliche Tätigkeiten zu unterstützen.

2. Leitlinienarbeit

Nach der Anmeldung der Leitlinie im Dezember 2017 wurden verschiedene Fachgesellschaften und Organisationen angefragt, um eine repräsentative Leitliniengruppe zusammenzustellen. Die erarbeiteten Empfehlungen einer AWMF Leitlinie werden, sofern keine wissenschaftliche Evidenz vorhanden ist, in einem Konsensusverfahren durch eine repräsentative Leitliniengruppe verabschiedet. Die stimmberechtigten Mandatsträger werden von den beteiligten Fachgesellschaften gestellt (Tab.

1), die anderen Teilnehmer der Leitliniengruppen fungieren beratend (Tab. 2). Die aktuelle Leitliniengruppe hat sich insgesamt dreimal innerhalb von etwa 2 Jahren getroffen und dabei die Inhalte und Zielsetzungen der Leitlinie ausführlich diskutiert sowie insgesamt 20 Empfehlungen. Schließlich wurden die entwickelten Empfehlungen in einer Konsensuskonferenz am 1. Oktober 2019 verabschiedet.

3. Inhalte der Leitlinie

Die Leitlinie enthält Empfehlungen und Kernaussagen zur Primär-, Sekundär-, und Tertiärprävention von Muskel-Skelett-Beschwerden insbesondere mit Bezug zur allgemeinen Nutzung, Implementierung sowie Gefährdungsbeurteilung von Tätigkeiten bei Ausführung mit Exoskelettunterstützung. Diese wurden auf Basis einer umfangreichen Literaturrecherche (ca. 200 Beiträge) sowie anhand von Erfahrungen aus der betrieblichen Praxis erarbeitet.

Tabelle 1: *Beteiligte Fachgesellschaften und Mandatsträger*

Mandatsträger (*stellvertretend)	Fachgesellschaft / Organisation
B. Steinhilber	Deutsche Gesellschaft für Arbeitsmedizin u. Umweltmedizin e.V.
St. Weiler	Deutsche Gesellschaft für Arbeitsmedizin u. Umweltmedizin e.V.
M. Jäger	Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.
P. Schwenkreis	Deutsche Gesellschaft für Neurologie e.V.
H. Bork	Deutsche Gesellschaft für Orthopädie u. Orthopäd. Chirurgie e.V.
Th. Schildhauer	Deutsche Gesellschaft für Orthopädie und Unfallchirurgie
Bernhard Mann	Deutsche Gesellschaft für Sozialmedizin u. Prävention
St. Middeldorf	Deutsche Schmerzgesellschaft e.V.
T. Luger*	Deutsche Gesellschaft für Arbeitsmedizin u. Umweltmedizin e.V.
M. Schmauder*	Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.
A. von Glinski*	Deutsche Gesellschaft für Orthopädie und Unfallchirurgie

Zusätzlich zu den Empfehlungen und Kernaussagen wurden die wichtigsten Ergebnisse der wissenschaftlichen Literatur (Stand Juli 2019) zusammengefasst. Dabei ergaben sich keinerlei Hinweise, dass die Anwendung von passiven wie auch aktiven Exoskeletten am Arbeitsplatz zu einer Reduktion von Muskel-Skelett-Beschwerden oder -Erkrankungen führt, d.h. die gesichteten Studien adressieren „ersatzweise“ die Wirkung von Exoskeletten auf physische Belastungen und Beanspruchungen. In einigen Studien konnte eine Reduktion der physischen Belastung gefunden werden (z.B. Abdoli et al. 2006, Bosch et al. 2016, Kim et al. 2018). In anderen Studien – wie z.B. der von Theurel et al. (2018) – ergaben sich je nach Tätigkeit keine physischen Belastungsreduktionen.

Teilweise traten „neue“, d.h. zusätzliche relevante Belastungen durch das Tragen eines Exoskeletts an anderen als den durch das Exoskelett unterstützten Körperpartien auf (z.B. Weston et al. 2018, Alabdulkarim et al. 2019). Die unterschiedlichen Wirkungen scheinen dabei stark von der Tätigkeit (z.B. Theurel et al. 2018) und dem Exoskelettmodell abzuhängen (z.B. Alabdulkarim et al. 2019). Zudem wurden keine

Studien gefunden, die Auswirkungen von Exoskeletten bei Beschäftigten mit einer Vorschädigung des Muskel-Skelett-Systems untersuchten; dies bedeutet, dass sich keine Hinweise für die Anwendung von Exoskeletten zur Sekundär- und Tertiärprävention gefunden haben.

Tabelle 2: *Beteiligte Organisationen und Berater*

beratende Teilnehmer	Organisation
K. Heinrich	Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung
S. Wischniewski	Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin
G. Winter	BG Verkehrswirtschaft, Post-Logistik und Telekommunikation
P. Frener	Berufsgenossenschaft Holz und Metall
R. Schick	Berufsgenossenschaft Handel und Warenlogistik
G. Schnalke	EFL-Akademie (Evaluation funktioneller Leistungsfähigkeit)

Aufgrund der geringen wissenschaftlichen Evidenz sollte die Anwendung von Exoskeletten vorsichtig und überlegt erfolgen. Dabei gilt es, die Maßnahmen-hierarchie des Arbeitsschutzes entsprechend dem S-T-O-P-Prinzip zu berücksichtigen (Substituieren von Gefahrenquellen, technische, organisatorische, personenbezogene Maßnahmen) sowie eine umfassende Gefährdungsbeurteilung der Tätigkeit bei Ausführung mit Exoskelett – ausdrücklich vor Tätigkeitsbeginn – vorzunehmen. Außerdem sollten Personen des praktischen Arbeitsschutzes, wie der betriebsbetreuende Arzt und auch die Fachkraft für Arbeitssicherheit, in den Einführungsprozess von Exoskeletten eingebunden werden, um mögliche, derzeit nicht auszuschließende negative Auswirkungen frühzeitig zu erkennen und entsprechende Gegenmaßnahmen ergreifen zu können.

4. Geplante Fertigstellung und Aktualisierung der Leitlinie

Nachdem die abgeleiteten Empfehlungen verabschiedet wurden, arbeitet die Leitliniengruppe derzeit an der Finalisierung des Leitlinientextes, so dass eine Publikation der Leitlinie im Frühjahr 2020 erfolgen kann – vorbehaltlich der Zustimmung der entsprechenden Gremien der initiierenden Fachgesellschaft. Aufgrund des hohen Interesses an Exoskeletten zur Unterstützung beruflicher Tätigkeiten ist ein deutlicher wissenschaftlicher Erkenntnisgewinn innerhalb der kommenden Jahre wahrscheinlich, außerdem sammeln zahlreiche Unternehmen derzeit wichtige Erfahrungen mit diesen Assistenzsystemen. Vor diesem Hintergrund hat die Leitliniengruppe beschlossen, die Leitlinie bereits nach drei Jahren und nicht wie üblich nach sechs Jahren zu aktualisieren, so dass die Leitlinie der rasanten Entwicklung der Exoskelette, aber auch den zunehmenden Forschungsbemühungen zur Wirkung von Exoskeletten gerecht werden kann.

5. Literatur

- Abdoli EM, Agnew MJ, Stevenson JM (2006). An on-body personal lift augmentation device (plad) reduces emg amplitude of erector spinae during lifting tasks. *Clin Biomech (Bristol, Avon)* 21 (5), 456-65.
- Alabdulkarim S, Kim S, Nussbaum MA (2019). Effects of exoskeleton design and precision requirements on physical demands and quality in a simulated overhead drilling task. *Appl Ergon* 80, 136-145.
- Bosch T, Van Eck J, Knitel K, De Looze M (2016). The effects of a passive exoskeleton on muscle activity, discomfort and endurance time in forward bending work. *Applied Ergonomics* 54, 212-217.
- Kim S, Nussbaum MA, Mokhlespour Esfahani MI, Alemi MM, Jia B, Rashedi E (2018). Assessing the influence of a passive, upper extremity exoskeletal vest for tasks requiring arm elevation: Part ii - "unexpected" effects on shoulder motion, balance, and spine loading. *Appl Ergon* 70, 323-330.
- Theurel J, Desbrosses K, Roux T, Savescu A (2018). Physiological consequences of using an upper limb exoskeleton during manual handling tasks. *Applied Ergonomics* 67, 211-217.
- Weston EB, Alizadeh M, Knapik GG, Wang X, Marras WS (2018). Biomechanical evaluation of exoskeleton use on loading of the lumbar spine. *Appl Ergon* 68, 101-108.

Danksagung: Das Institut für Arbeitsmedizin, Sozialmedizin und Versorgungsforschung, Universitätsklinikum Tübingen, erhält eine institutionelle Förderung durch den Verband der Metall- und Elektroindustrie Baden-Württemberg e.V. (Südwestmetall).



Gesellschaft für
Arbeitswissenschaft e.V.

Digitale Arbeit, digitaler Wandel, digitaler Mensch?

66. Kongress der
Gesellschaft für Arbeitswissenschaft

TU Berlin
Fachgebiet Mensch-Maschine-Systeme

HU Berlin
Professur Ingenieurpsychologie

16. – 18. März 2020, Berlin

GfA-Press

Bericht zum 66. Arbeitswissenschaftlichen Kongress vom 16. – 18. März 2020

**TU Berlin, Fachgebiet Mensch-Maschine-Systeme
HU Berlin, Professur Ingenieurpsychologie**

Herausgegeben von der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.
Dortmund: GfA-Press, 2020
ISBN 978-3-936804-27-0

NE: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft: Jahresdokumentation

Als Manuskript zusammengestellt. Diese Jahresdokumentation ist nur in der Geschäftsstelle erhältlich.
Alle Rechte vorbehalten.

© **GfA-Press, Dortmund**
Schriftleitung: Matthias Jäger

im Auftrag der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.

Ohne ausdrückliche Genehmigung der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V. ist es nicht gestattet:

- den Kongressband oder Teile daraus in irgendeiner Form (durch Fotokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren) zu vervielfältigen,
- den Kongressband oder Teile daraus in Print- und/oder Nonprint-Medien (Webseiten, Blog, Social Media) zu verbreiten.

Die Verantwortung für die Inhalte der Beiträge tragen alleine die jeweiligen Verfasser; die GfA haftet nicht für die weitere Verwendung der darin enthaltenen Angaben.

Screen design und Umsetzung

© 2020 fröse multimedia, Frank Fröse

office@internetkundenservice.de · www.internetkundenservice.de