

Analyse der biomechanischen Wirksamkeit von Exoskeletten beim Einsatz im Feld an industriellen Arbeitsplätzen

Ulrich GLITSCH, Jasper JOHNS, Kai HEINRICH

*Institut für Arbeitsschutz der DGUV (IFA),
Alte Heerstr. 111, D-53757 Sankt Augustin*

Schlüsselwörter: Exoskelette, biomechanische Wirksamkeit, industrielle Arbeitsplätze, Muskel-Skelett-Belastungen

1. Einleitung

Seit einigen Jahren werden vermehrt Exoskelette (ES) speziell für den Einsatz an industriellen Arbeitsplätzen angeboten, die eine Reduktion der Muskel-Skelett-Belastungen bewirken und damit langfristig Muskel-Skelett-Beschwerden (MSB) vorbeugen sollen. In diversen Laborstudien konnten einzelne Wirkeffekte durch die ES nachgewiesen werden (Bock et al. 2022; Glitsch et al. 2020). Ob diese Effekte allerdings ausreichen, um auch in der Praxis an einem Arbeitsplatz einen nachhaltigen Entlastungseffekt zu erzeugen und MSB zu verringern bzw. deren Entstehung vorzubeugen, bleibt bisher weitgehend unbeantwortet. Ziel dieses Beitrages ist es, eine grundlegende arbeitswissenschaftliche Methodik bei der innerbetrieblichen Ersteinführung von Exoskeletten vorstellen und über erste Ergebnisse zu berichten.

2. Methodik

Feldstudien in der betrieblichen Praxis sollten möglichst immer eng mit Laborstudien assoziiert sein, die die biomechanische Unterstützungswirkung bei den im Feld anstehenden Tätigkeiten für das betreffende ES unter kontrollierten Umgebungsbedingungen charakterisieren (2). Neben der biomechanischen Belastungsanalyse ist hier insbesondere die Bestimmung der beugewinkelabhängigen Unterstützungskennlinie des Exoskeletts von besonderer Bedeutung.

Im Feld können nicht alle komplexen und hochpräzisen Bewegungsanalysemethoden, wie sie in Laborumgebungen zur Verfügung stehen, eingesetzt werden. Dennoch sollten mindestens ein mobiles Bewegungsanalyseverfahren z. B. mittels Inertialsensoren (IMUs) und die Elektromyografie (EMG) eingesetzt werden. Dadurch kann auf Grundlage der Exoskelett-Kennlinie die mechanische Unterstützungswirkung und die daraus resultierenden Entlastungen des Muskel-Skelett-Systems mittels des im Labor bereits eingesetzten biomechanischen Modells bestimmt werden. Zusätzlich ist ein detailliertes Tätigkeitsprotokoll mit allen Haupt- und Nebentätigkeiten zu erstellen, um die zeitliche Zuordnung der Messdaten zu gewährleisten. Wenn möglich, bietet sich hier auch eine parallele Videodokumentation der Arbeitstätigkeiten an. Dadurch können besondere Situationen und Ereignisse im Nachgang leicht identifiziert werden. Abgerundet wird das Instrumenten-Portfolio durch einen Fragebogen zur Selbsteinschätzung des Belastungs- und Komfortempfindens der Beschäftigten. Das generelle Studiendesign sollte als Interventionsstudie mit unmittelbarem Vergleich der

Bedingungen „mit Exoskelett“ vs. „ohne Exoskelett“ sein. Je nach Variationsbreite der Arbeitsabläufe sollte eine Messung einer Exoskelett-Kondition mindestens etwa 1 h betragen. Allerdings darf die Messdauer nicht zu lang gewählt werden, da evtl. dann in der anderen Exoskelett-Kondition bereits wieder zu unterschiedliche Arbeitsbedingungen herrschen.

3. Ergebnisse und Diskussion

Bisherige Feldmessungen – insbesondere mit rumpfunterstützenden Exoskeletten – haben gezeigt, dass die Zeitanteile mit effektiver Exoskelett-Unterstützung relativ gering sind, soweit diese Tätigkeiten durch überwiegende manuelle Lastenhandhabung geprägt sind. Auch an monotonen Arbeitsplätzen mit ausschließlicher Lastenhandhabung werden kaum mehr als 10 % Unterstützungszeit durch das Exoskelett erreicht. Allein die Zeitanteile des Tragens der Lasten übersteigt die des Anhebens und Absetzens. Gerade beim Tragen von Lasten leisten die meisten der bisher bekannten ES keine Unterstützung, sondern wirken ggf. sogar störend auf die Person. Insofern unterstützen ES meist nur bei einem Teil der körperlich belastenden Situationen an einem Arbeitsplatz.

Auch bei erforderlichen Nebentätigkeiten wie Gehen, Sitzen oder gar Führen von Fahrzeugen kann das ES stören oder diese Tätigkeiten gänzlich vereiteln. Daher spielt bei der Evaluation von ES im Feld die Betrachtung der Nebentätigkeiten eine wesentliche Rolle. Leider fehlt es in diesem Kontext an einer einheitlichen, objektiven Größe, um dieses Störmaß zu quantifizieren.

4. Literatur

- Bock SD, Ghillebert J, Govaerts R, Tassignon B, Rodriguez-Guerrero C, Crea S, Veneman J, Geeroms J, Meeusen R, Pauw KD (2022) Benchmarking occupational exoskeletons: An evidence mapping systematic review. *Applied Ergonomics* 98: 103582.
- Glitsch U, Bäuerle I, Hertrich L, Heinrich K, Liedtke M (2020) Biomechanische Beurteilung der Wirksamkeit von rumpfunterstützenden Exoskeletten für den industriellen Einsatz. *Zeitschrift für Arbeitswissenschaft* 74: 294–305.



Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.

Nachhaltig Arbeiten und Lernen

**Analyse und Gestaltung lernförderlicher
und nachhaltiger Arbeitssysteme
und Arbeits- und Lernprozesse**

69. Kongress der
Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.

Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover

01. – 03. März 2023

GfA-Press

Bericht zum 69. Arbeitswissenschaftlichen Kongress vom 01. – 03. März 2023

**Fakultät Maschinenbau, Institut für Berufswissenschaften der Metalltechnik (IBM) und
Institut für Fabrikanlagen und Logistik (IFA), Leibniz Universität Hannover**

Herausgegeben von der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.
Sankt Augustin: GfA-Press, 2023
ISBN 978-3-936804-32-4

NE: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft: Jahresdokumentation

Als Manuskript zusammengestellt. Diese Jahresdokumentation ist nur in der Geschäftsstelle (s. u.) erhältlich.

Alle Rechte vorbehalten.

© GfA-Press, Sankt Augustin

Schriftleitung: Prof. Dr. Rolf Ellegast

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.

Geschäftsstelle der GfA

Simone John, Tel.: +49 (0)30 1300-13003

Alte Heerstraße 111, D-53757 Sankt Augustin

info@gesellschaft-fuer-arbeitswissenschaft.de · www.gesellschaft-fuer-arbeitswissenschaft.de

Screen design und Umsetzung

© 2023 fröse multimedia, Frank Fröse

office@internetkundenservice.de · www.internetkundenservice.de