

Exoskelette – Aspekte der Gefährdungsermittlung

Martin LIEDTKE¹, Ulrich GLITSCH¹, Kai HEINRICH¹,
Thomas BÖMER², Christian WERNER²

¹ *Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA)
Fachbereich „Arbeitsgestaltung – Physikalische Einwirkungen“*

Alte Heerstraße 111, D-53757 Sankt Augustin

² *Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA)
Fachbereich „Unfallverhütung – Produktsicherheit“*

Alte Heerstraße 111, D-53757 Sankt Augustin

Kurzfassung: Auch für die Nutzung von Exoskeletten ist eine Gefährdungsbeurteilung nach Paragraph 5 „Beurteilung der Arbeitsbedingungen“ des Arbeitsschutzgesetzes der BRD (2015) erforderlich. Passiv gesteuerte Exoskelette weisen ähnliche Gefährdungen wie Persönliche Schutzausrüstungen (PSA) auf. Für Exoskelette kann auch auf Erfahrungen und Handlungshilfen zur Behandlung der Gefährdungen durch Körperkontakt von Menschen mit Robotern aus dem Bereich der kollaborierenden Roboter zurückgegriffen werden. Das IFA hat für Hersteller, Prüfstellen, Arbeitsschutzexperten und Anwender auf der Grundlage öffentlich dokumentierter Erkenntnisse (z.B. EU-Richtlinien, EU-Verordnungen, harmonisierte Normen) und der eigenen Erfahrungen eine Auflistung aller relevanter zu beachtender Gefährdungen bei der Nutzung von Exoskeletten zusammengestellt.

Schlüsselwörter: Exoskelette, Gefährdungsbeurteilung, Persönliche Schutzausrüstungen, kollaborierende Roboter, Maschinenrichtlinie

1. Einleitung

Exoskelette können unter spezielle europäische Produkt-Richtlinien/-Verordnungen fallen. Als Beispiele seien hier die Medizinprodukteverordnung der EU (2017), die PSA-Verordnung der EU (2016) und die Maschinenrichtlinie der EU (2006) genannt. Diese europäischen, gesetzlichen Vorschriften fordern schon vom Hersteller im Rahmen der Entwicklung und Produktion eine Beurteilung hinsichtlich der Gefährdungen, die für den Benutzer und Dritte vom Produkt ausgehen können. Auch wenn ein technisches Produkt nicht unter diese Vorschriften fällt, muss ein Hersteller im Rahmen seiner allgemeinen Produkthaftung immer eine entsprechende Gefährdungs- bzw. Risikobeurteilung durchführen.

Aber auch der Betreiber bzw. der Arbeitgeber, der Exoskelette einsetzen will, hat die Verpflichtung Gefährdungsbeurteilungen durchzuführen. Näheres hierzu ist in europäischen und nationalen Regelungen zu finden. Dies kann durchaus aufwändig und kompliziert sein, wie ein Blick auf die PSA-Benutzerverordnung der EU (1989) zeigt: Ergibt die Gefährdungsbeurteilung am Arbeitsplatz, dass nach Ausschöpfung aller anderen Maßnahmen PSA bereitzustellen ist, so muss in einem ersten Schritt vom Arbeitgeber geeignete PSA ausgewählt werden. Im zweiten Schritt ist eine sicherheitsbezogene Bewertung der PSA zur Berücksichtigung der verbliebenen Rest-

risiken vorzunehmen. Ziel ist das Vermeiden einer zusätzlichen Gefährdung von Sicherheit und Gesundheit durch die Benutzung von PSA selbst.

2. Gefährdungsbeurteilung bei Benutzung von PSA

2.1 Erkenntnisse aus der PSA-Herstellerverordnung der EU (2016)

Artikel 5 der PSA-Herstellerverordnung der EU (2016) fordert, dass PSA die auf sie anwendbaren grundlegenden Gesundheitsschutz- und Sicherheitsanforderungen gemäß Anhang II erfüllen müssen.

In den Vorbemerkungen des Anhang II der PSA-Herstellerverordnung der EU (2016) ist zu finden:

„Der Hersteller nimmt eine Risikobeurteilung vor, um mit seiner PSA verbundene Risiken zu ermitteln. Entwurf und Herstellung erfolgen dann unter Berücksichtigung dieser Beurteilung.

Bei Entwurf und Herstellung der PSA und bei Verfassung der Anleitungen sind vom Hersteller nicht nur die bestimmungsgemäße Verwendung, sondern auch die normalerweise vorhersehbaren Verwendungen zu berücksichtigen. Gegebenenfalls wird die Gesundheit und die Sicherheit anderer Personen als des Nutzers gewährleistet.“

Zu „allgemeinen Anforderungen an alle PSA“ listet der Anhang II u.a. Anforderungen hinsichtlich

- „Ergonomie“,
- „Schutzgrade und Schutzklassen“,
- „Unschädlichkeit der PSA“,
- „Bequemlichkeit und Effizienz“,
- „Anleitungen und Informationen des Herstellers“,
- „PSA mit Verstellsystem“,
- „PSA, die die zu schützenden Körperteile umhüllen“,
- „PSA, die einer Alterung ausgesetzt sind“,
- „PSA, die bei ihrer Benutzung mitgerissen werden können“,
- „PSA zur Verwendung in explosionsfähigen Bereichen“,
- „PSA mit vom Nutzer einstellbaren oder abnehmbaren Bestandteilen“ und
- „PSA für mehrere Risiken“.

Besonders interessant dürften die folgenden Punkte für Exoskelette sein:

„1.1.2.1 Optimaler Schutzgrad

Als optimaler Schutzgrad, dem bei dem Entwurf Rechnung zu tragen ist, gilt der Schutzgrad, bei dessen Überschreitung die Beeinträchtigung beim Tragen der PSA einer tatsächlichen Benutzung während der Risikodauer oder einer normalen Ausführung der Tätigkeit entgegenstehen würde.“

„1.2.1.3 Höchstzulässige Behinderung des Nutzers

Jede durch die PSA hervorgerufene Behinderung bei den durchzuführenden Handlungen, den einzunehmenden Körperhaltungen sowie bei der Sinneswahrnehmung ist auf ein Mindestmaß zu beschränken. Außerdem darf die Nutzung von PSA nicht zu Handlungen führen, die den Nutzer gefährden könnten.“

„1.3.1 Anpassung der PSA an die Gestalt des Nutzers

PSA müssen so entworfen und hergestellt werden, dass sie so einfach wie möglich dem Nutzer in der geeigneten Position angelegt werden können und während

der vorhersehbaren Tragedauer unter Berücksichtigung von Umgebungseinflüssen, der auszuführenden Handlungen und der einzunehmenden Körperhaltungen in ihrer Position bleiben. Dazu müssen PSA mit allen geeigneten Mitteln wie passenden Verstell- und Haltesystemen oder einer ausreichenden Auswahl an Größen so gut wie möglich an die Gestalt des Nutzers angepasst werden können.“

„1.3.2 Leichtigkeit und Festigkeit

Unbeschadet ihrer Festigkeit und Wirksamkeit müssen PSA so leicht wie möglich sein. PSA müssen zusätzliche besondere Anforderungen erfüllen, damit ein wirksamer Schutz vor den Risiken, für die sie bestimmt sind, gewährleistet ist, und eine ausreichende Festigkeit gegen die unter den voraussehbaren Einsatzbedingungen üblichen Umweltbedingungen aufweisen.“

Zur Durchführung von Harmonisierungsrechtsvorschriften der EU (wie z.B. die PSA-Herstellerverordnung der EU (2016)) kann die Europäische Kommission in Abstimmung mit den Mitgliedstaaten gemäß der Verordnung Nr. 1025 der EU (2012) zur europäischen Normung die europäischen Normungsorganisationen auffordern, sogenannte „harmonisierte Normen“ zu erarbeiten. Bei Anwendung einer harmonisierten Norm ist automatisch von der Konformität mit den wesentlichen Anforderungen, die sie abdeckt, auszugehen („Konformitätsvermutung“). Für die sichere Gestaltung von Exoskeletten sind daher die entsprechenden Normen gute Fundstellen, um aus den allgemeinen Anforderungen der zugehörigen Produkt-Richtlinien und –Verordnungen detaillierte Anforderungen an Exoskelette für die Praxis zu gewinnen.

2.2 Erkenntnisse aus der PSA-Benutzerverordnung der EU (1989)

Artikel 6 der *PSA-Herstellerverordnung* der EU (2016) verweist hinsichtlich der Anforderungen an die Verwendung von PSA auf die *PSA-Benutzerrichtlinie* der EU (1989). Dort wird der Arbeitgeber verpflichtet Folgendes sicher zu stellen: PSA muss immer

- *„Schutz gegenüber den zu verhütenden Risiken bieten, ohne selbst ein größeres Risiko mit sich zu bringen,“*
- *„für die am Arbeitsplatz gegebenen Bedingungen geeignet sein,“*
- *„den ergonomischen Anforderungen und den gesundheitlichen Erfordernissen des Arbeitnehmers Rechnung tragen,“*
- *„dem Träger nach erforderlicher Anpassung passen.“*

Weitere Arbeitgeberpflichten z.B. hinsichtlich der Kompatibilität mit anderen Ausrüstungen, Dauer des Einsatzes, Hygiene bei Verwendung von PSA durch mehrere Benutzer, Wartungs-, Reparatur- und Ersatzmaßnahmen, Lagerung, und Information, Unterweisung, Schulung der Benutzer werden spezifiziert. Auch wenn es die ein oder andere Norm zur Anwendung von PSA gibt, so stellen in Deutschland die Regeln und Informationen des DGUV-Fachbereichs PSA zu Auswahl, Einsatz und Pflege von PSA (www.dguv.de/fb-psa) eine ergiebige Quelle für alle Fragen zur PSA-Benutzung dar. Hier sollten sich für PSA etablierte Verfahren finden, die so oder modifiziert auch auf Exoskelette übertragen werden können.

3. Gefährdungsbeurteilung beim Betrieb/bei Nutzung von Maschinen

Exoskelette sind gemäß der bekannten Definition nach EN ISO12100 – DIN (2011) - als Maschine anzusehen, da sie eine „mit einem Antriebssystem ausgestat-

tete oder dafür vorgesehene Gesamtheit miteinander verbundener Teile oder Vorrichtungen [bilden], von denen mindestens eine(s) beweglich ist und die für eine bestimmte Anwendung zusammengefügt sind“. Das Arbeitsschutzgesetz der BRD (2015) verpflichtet Arbeitgeber nach Paragraph 5 eine Gefährdungsbeurteilung für die bereitgestellten Betriebsmittel durchzuführen. Grundlage für diese Gefährdungsbeurteilung kann die Risikobeurteilung sein, welche vom Hersteller eines Exoskelettes durchzuführen ist. In einer Risikobeurteilung werden sowohl die Grenzen des Exoskelettes bestimmt als auch die Gefährdungen, welche von dem Exoskelett ausgehen können, identifiziert. Für jede der festgestellten Gefährdungen muss anschließend das Risiko bestimmt werden, welches für den Träger eines Exoskelettes bestehen kann. Können nicht alle Risiken durch eine inhärent sichere Konstruktion oder technische Maßnahmen hinreichend minimiert werden, muss der Hersteller in seiner Betriebsanweisung auf bestehende Restrisiken hinweisen und gegebenenfalls den Einsatzbereich des Exoskelettes einschränken.

Auf Grundlage der Risikobeurteilung und der Angaben des Herstellers muss der Betreiber eines Exoskelettes die Gefährdungen, welche beim Einsatz des Exoskelettes vorherrschen oder entstehen können bewerten. Bei dieser Bewertung wird der komplette Lebenszyklus des Exoskelettes von der Beschaffung über den Einsatz in allen Betriebssituationen bis zur Entsorgung betrachtet. Ziel der Gefährdungsbeurteilung ist es, alle notwendigen Maßnahmen für eine sichere Bereitstellung und Verwendung des Exoskelettes zu bestimmen. Der Betreiber hat dabei insbesondere die Gefährdungen bei der Verwendung und der Wechselwirkung mit der Umgebung des Exoskelettes zu untersuchen. Die Tätigkeiten bei der Verwendung von Exoskeletten müssen ebenfalls Teil der Gefährdungsbeurteilung sein. Hierbei spielen alle Tätigkeiten neben der eigentlichen Haupttätigkeit eine Rolle sowie mögliche Alltags- oder auch Ausnahmesituationen. Hierzu zählen zum Beispiel das Verhalten während Pausenzeiten oder eines Feueralarms, aber auch Arbeitstätigkeiten, die ohne Unterstützung des Exoskelettes durchgeführt werden sollen.

Die Gefährdungsbeurteilung für die Verwendung eines Exoskelettes muss initial bei der Beschaffung und der Umgestaltung des Arbeitsplatzes durchgeführt werden und sollte in regelmäßigen Abständen überprüft werden. Die umfassende Betrachtung erfordert auch, dass im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung Paragraph 10 des Mutterschutzgesetzes der BRD (2017) berücksichtigt werden muss, was die Betrachtung von Gefährdungen für werdende Mütter und ungeborene Kinder zur Folge hat.

Die Norm DIN EN ISO 13482 – DIN (2014) - zu persönlichen Assistenzrobotern bezeichnet ein Exoskelett als am Körper fixierten bewegungsunterstützenden Roboter, der während der Anwendung an einer Person befestigt ist. Als relevante Gefährdungen durch den Betrieb/das Tragen werden aufgeführt:

- Gefährdungen im Zusammenhang mit dem Laden der Batterie
- Gefährdungen durch Energiespeicherung und -versorgung
- Einschalten des Roboters und Wiederaufnahme des normalen Betriebs
- Elektrostatisches Potential
- Gefährdungen aufgrund der Form des Roboters
- Gefährdungen durch Emissionen
- Gefährdungen durch elektromagnetische Störung
- Gefährdungen durch Stress, Körperhaltung und Benutzung
- Gefährdungen durch die Bewegung des Roboters
- Gefährdungen durch unzureichende Haltbarkeit
- Gefährdungen durch falsche autonome Entscheidungen und Handlungen

- Gefährdungen durch Kontakt mit beweglichen Bauteilen
- Gefährdungen durch fehlende Wahrnehmung des Roboters durch den Menschen
- Gefährdende Umgebungsbedingungen
- Gefährdungen durch Lokalisierungs- und Navigationsfehler

Schon der Hersteller/Inverkehrbringer muss eine größtmögliche Risikominderung der einzelnen Gefährdungen anvisieren, es bleiben für den Benutzer zu treffende Schutzmaßnahmen einschließlich organisatorischer Maßnahmen. Nicht alle oben aufgeführten Gefährdungen lassen sich allein konstruktiv lösen. Daher stellt die obige Aufzählung auch für die Gefährdungsbeurteilung des Betreibers eine gute Grundlage dar.

Die bisherigen Erkenntnisse aus der Forschung zu und Anwendung von kollaborierenden Robotersystemen können unter gewissen Voraussetzungen auch für den Einsatz von Exoskeletten Anwendung finden. Die dort zugrundeliegende Beurteilungs- und Messmethodik zu auf den Menschen einwirkenden Kräften und Drücken (siehe z.B. www.dguv.de/ifa/fachinfos/kollaborierende-roboter) kann aus heutiger Sicht adaptiert werden.

4. Diskussion

Auch wenn Produkte wie Exoskelette neue Entwicklungen darstellen und neuartige Anwendungen ermöglichen, so können sie dennoch - auch zum eigenen Vorteil - unter schon Jahrzehnte gültige Regelungen zur Produktsicherheit fallen. Exoskelette können so aus über lange Zeiträume gesammelten Erfahrungen für Produkte mit ähnlich engem Benutzerkontakt profitieren, denn hierzu liegen nicht nur Forschungsergebnisse, sondern auch genormte und etablierte Prüfverfahren vor. Viele der zurzeit auf dem EU-Binnenmarkt erhältlichen Exoskelette weisen diesbezüglich noch Defizite auf, die durch weitere Forschung und Entwicklung geeigneter Prüfverfahren beseitigt werden müssen, damit die Sicherheit und die Vorteile von Exoskeletten für den Nutzer klar herausgestellt werden können.

5. Literatur

- BRD, Arbeitsschutzgesetz vom 7. August 1996 (BGBl. I S. 1246), das zuletzt durch Artikel 427 der Verordnung vom 31. August 2015 (BGBl. I S. 1474) geändert worden ist.
- BRD, Mutterschutzgesetz vom 23. Mai 2017 (BGBl. I S. 1228).
- DIN EN ISO 12100, Sicherheit von Maschinen – Allgemeine Gestaltungsleitsätze – Risikobeurteilung und Risikominderung, Beuth Verlag, Berlin, März 2011
- DIN EN ISO 13482, Roboter und Robotikgeräte – Sicherheitsanforderungen für persönliche Assistenzroboter, Beuth Verlag, Berlin, November 2014
- EU, Richtlinie 89/656/EWG des Rates vom 30. November 1989 über Mindestvorschriften für Sicherheit und Gesundheitsschutz bei Benutzung persönlicher Schutzausrüstungen durch Arbeitnehmer bei der Arbeit, Amtsblatt Nr. L 393 vom 30/12/1989 S. 0018 – 0028.
- EU, Richtlinie 2006/42/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 17. Mai 2006 über Maschinen, OJ L 157, 9.6.2006, p. 24–86.
- EU, Verordnung (EU) Nr. 1025/2012 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 25. Oktober 2012 zur europäischen Normung, OJ L 316, 14.11.2012, p. 12–33.
- EU, Verordnung (EU) 2016/425 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 9. März 2016 über persönliche Schutzausrüstungen, OJ L 81, 31.3.2016, p. 51–98.
- EU, Verordnung (EU) 2017/745 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 5. April 2017 über Medizinprodukte, OJ L 117, 5.5.2017, p. 1–175.



Gesellschaft für
Arbeitswissenschaft e.V.

Arbeit interdisziplinär analysieren – bewerten – gestalten

65. Kongress der
Gesellschaft für Arbeitswissenschaft

Professur Arbeitswissenschaft
Institut für Technische Logistik und Arbeitssysteme
Technische Universität Dresden

Institut für Arbeit und Gesundheit
Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung

27. Februar – 1. März 2019

GfA-Press

Bericht zum 65. Arbeitswissenschaftlichen Kongress vom 27. Februar – 1. März 2019

**Professur Arbeitswissenschaft, Institut für Technische Logistik und Arbeitssysteme,
Technische Universität Dresden;
Institut für Arbeit und Gesundheit, Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung, Dresden**

Herausgegeben von der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.
Dortmund: GfA-Press, 2019
ISBN 978-3-936804-25-6

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 Konferenzband oder Teile daraus in irgendeiner Form (durch Fotokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren) zu vervielfältigen,
- den Konferenzband 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

© 2019 fröse multimedia, Frank Fröse

office@internetkundenservice.de · www.internetkundenservice.de