

# Exoskelette in der Arbeitswelt

**Ralf Schick**

Dipl.-Ing. (FH) Produktionstechnik

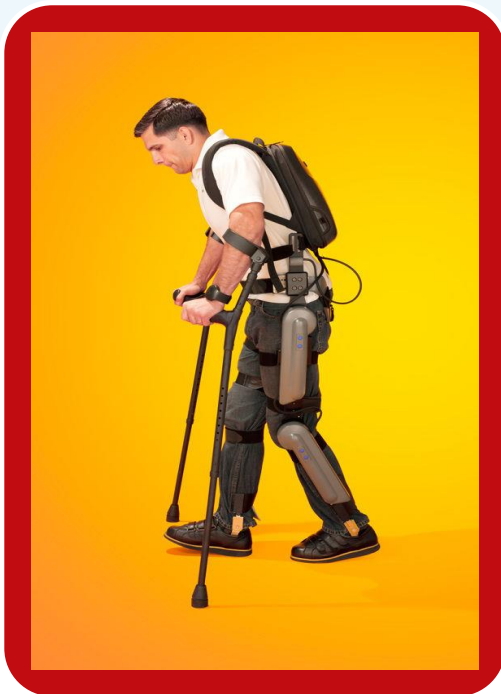
Leiter Sachgebiet Physische Belastungen

Dezernat Einwirkungen – Prävention – Mannheim

Berufsgenossenschaft

Handel und Warenlogistik (BGHW)

# Anwendungsbereiche von Exoskeletten



Quelle: <http://www.medicaexpo.fr/prod/rewalk-robotics/product-80949-510901.html>

Med. Rehabilitation  
z.B. ReWalk™



Quelle: <https://www.germanbionic.com/news-press/>

Arbeitsplätze  
z.B. Cray X©



Quelle: <http://singularityhub.com/wp-content/uploads/2010/07/hulc-field-tests.jpg>

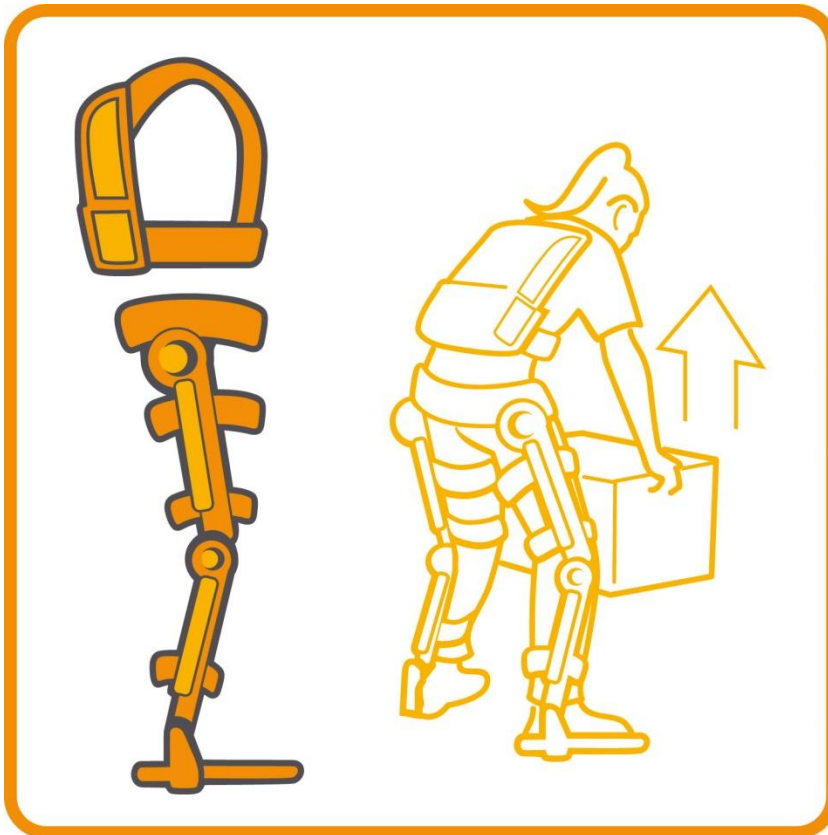
Militärischer Bereich  
z.B. HULC™

## Potentieller Nutzen durch Exoskelette

- Senkung physischer Belastungen am Arbeitsplatz
- Verringerung von Beschwerden des Muskel-Skelett-Systems
- Reduktion der Fehlzeiten
- Erhöhter Arbeitskomfort
- Steigerung der Produktivität und Qualität
- Erhöhung der Einsatzmöglichkeiten leistungsgewandelter Menschen

Quelle: <http://www.levitatetech.com/> und <https://www.noonee.com/>

## Definition: Was sind Exoskelette?



Exoskelette sind am Körper getragene Assistenzsysteme, die mechanisch auf den Körper einwirken.

Mit Exoskeletten werden folgende Wirkungen angestrebt:

- Ausführbarkeit von Körperbewegungen und -haltungen
- Schädigungslosigkeit bei Körperbewegungen und -haltungen
- Beeinträchtigungsfreiheit bei Körperbewegungen und -haltungen

# Bauarten und Eigenschaften von Exoskeletten

Bauart	A) Passive Exoskelette	B) Aktive Exoskelette	
<b>Eigenschaften</b>	passive (Teil-) Unterstützung der Körpersegmente bei bestimmten Haltungen und Bewegungen	aktive (Teil-) Unterstützung der Körpersegmente bei bestimmten Haltungen und Lastenhandhabungen	aktive (Voll-) Unterstützung der Körpersegmente bei Haltung und Bewegung inkl. Lastenhandhabungen
<b>Unterstützte Körperregion</b>	Beine / Rumpf / Arme / Kombinationen / Ganzkörper	Beine / Rumpf / Arme / Kombinationen	Beine / Rumpf / Arme / Kombinationen / Ganzkörper
<b>Funktionsweise</b>	mech. Feder / Gasdruckfeder / ggfs. max. Beugewinkelbegrenzung (Stützfunktion), ggfs. Funktion schaltbar (An / Aus)	elektrischer / pneumatischer Antrieb mit einfacher Regelungsfunktion, Stärke der Unterstützung einstellbar	elektrischer / pneumatischer Antrieb mit komplexer Regelungs-/Steuerungsfunktion (Bewegungsprogramme, neurophysiologische Sensorik)
<b>Energiezufuhr</b>	keine – Speicherung von Energie beim Beugen vorzugsweise durch die Schwerkraft und teilweise Rückgewinnung beim Aufrichten entgegen der Schwerkraft	Akku / Druckluft / Stromnetz	Akku / Druckluft / Stromnetz

Quelle: Fachbereich-Information FBHL-006, <http://www.dguv.de/medien/fb-handelundlogistik/pdf-dokumente/exoskelette.pdf>

# Passive Exoskelette

## Beispiel: Laevo V2.5

- Oberkörper-Exoskelett
- Unterstützt den unteren Rücken
- beim Heben von Lasten
- und bei der Rumpfvorneigung



Foto: ©Audi

# Passive Exoskelette

## Beispiel: Paexo

- Oberkörper-Exoskelett
- Unterstützt Arme und Schulter
- bei Arbeiten über Schulterhöhe



Foto: ©Volkswagen

## Aktive Exoskelette

### Beispiel: German Bionic Cray X

- Oberkörper Exoskelett
- Unterstützt den unteren Rücken
- beim Heben von Lasten
- und bei der Rumpfvorneigung



Quelle: <https://www.germanbionic.de/produkt/>



# Aktive Exoskelette

## Beispiel: Exo Jacket

- Oberkörper-Exoskelett
- Unterstützt Arme und Schulter
- bei Arbeiten über Schulterhöhe



Fotos: Ludmilla Parsyak © Fraunhofer IPA



Quelle: <https://www.ipa.fraunhofer.de>

# Einsatzmöglichkeiten an gewerblichen Arbeitsplätzen

- Grundsätzlich sind Arbeitsplätze immer unter Berücksichtigung aller ergonomischen Aspekte menschengerecht zu gestalten.
- Zunächst sind alle technischen und organisatorischen Maßnahmen auszuschöpfen.
  - Das **TOP**-Prinzip leitet sich aus §4 Arbeitsschutzgesetz (ArbschG) ab.
    - ✓ **T**echnische Maßnahmen
    - ✓ **O**rganisatorische Maßnahmen
    - ✓ **P**ersönliche Maßnahmen

## Einsatzmöglichkeiten an gewerblichen Arbeitsplätzen

- Exoskelette sind dort sinnvoll, wo Lasten manuell bewegt werden oder Tätigkeiten in Zwangshaltungen durchgeführt.
  - Technische Hilfsmittel, wie Gabelstapler, Kran, Vakuumheber etc., nicht zum Einsatz kommen können.
  - Bei nicht stationären Arbeitsplätzen ist dies oft der Fall, z. B.:
    - bei der Möbelauslieferung,
    - im Rettungsdienst, etc.,
  - An stationären Arbeitsplätzen bei Arbeiten in Zwangshaltungen, z. B.:
    - bei zahnärztlichen Operationen

# Einsatzmöglichkeiten an gewerblichen Arbeitsplätzen

- Auf Grund der bestimmungsgemäßen Verwendung:
  - Persönliche Schutzausrüstung (PSA),
    - Im Rahmen von Präventionsmaßnahmen nach dem TOP-Prinzip.
  - Medizinisches Hilfsmittel,
    - Inklusion
    - betriebliche Wiedereingliederung (BEM)
  - Technische Hilfsmittel
    - Erhöhung des Arbeitskomforts
    - Produktivitätssteigerung

# Anforderungen zur Erhöhung der Akzeptanz

- Ergonomische und benutzerfreundliche Gestaltung
  - Hoher Tragekomfort
    - ✓ Geringes Eigengewicht
    - ✓ Individuell einstellbar
  - Einfache Handhabung
    - ✓ geringer Aufwand beim An- und Ablegen
- Störungsfreie Funktion
- Wetter- und Umgebungstauglich
- Nebentätigkeiten sollten nicht erschwert werden
- Arbeitsgeschwindigkeit sollte sich nicht verringern

# Sicherheitstechnische Anforderungen

- Auf Grund der bestimmungsgemäßen Verwendung:

## Persönliche Schutzausrüstung

Richtlinie 89/686/EWG  
wird bis 2019 ersetzt durch  
PSA-Verordnung 2016/525

## Technisches Hilfsmittel

Maschinenrichtlinie RL  
2006/42/EG (Anhang 1)  
Produktsicherheitsgesetz

## Medizinisches Hilfsmittel

(z.B. bei beruflicher  
Wiedereingliederung)  
Medizinproduktegesetz



Schutzziele

## Beurteilung der Gefährdungen

- Die Beurteilung der Gefährdungen am Arbeitsplatz leitet sich aus §5 Arbeitsschutzgesetz (ArbschG) ab.
- Der Arbeitgeber hat die Aufgabe alle Gefährdungen der **Sicherheit** und **Gesundheit** der Beschäftigten, die durch die Nutzung von Exoskeletten auftreten können:
  - zu ermitteln,
  - zu beurteilen und
  - ggf. Präventionsmaßnahmen abzuleiten und umzusetzen.

**Frage:** Welche Gefährdungen für die Sicherheit und Gesundheit der Beschäftigten können auftreten?

**Frage:** In welchem Umfang wird die Beanspruchung reduziert?

# Mögliche Gefährdungen für Beschäftigte

- **Gefährdungen der Arbeitssicherheit:**
  - durch Fehlfunktionen und Störungen,
  - durch fehlende Sicherheitsstandards,
  - durch Einsatz an ungeeigneten Arbeitsplätzen (Kollisionsgefahr),
  - durch Stolper-, Rutsch- und Sturzunfälle,
  - durch Notfälle am Arbeitsplatz (z. B. im Brandfall),
  - ...



# Mögliche Gefährdungen für Beschäftigte

- **Gefährdungen der Gesundheit:**

- durch Erhöhung der Belastung (z. B. höhere Lastgewichte),
- durch Verlagerung der Belastung (Lastumverteilung),
- durch Verlagerung der Muskelaktivität,
- durch Reduzierung der Rückenmuskelaktivität,
- durch Druckstellen (Verletzungen der Haut),
- durch Durchblutungsstörungen (z. B. bei Überkopfarbeiten)
- durch psychische Belastung,
- ...
- Langzeitauswirkungen durch die Nutzung bisher unbekannt.

# Forschungsprojekt Exo@work – Bewertung exoskelettaler Systeme in der Arbeitswelt

## Gründe für das Projekt:

- Keine gesicherten arbeitswissenschaftlichen Erkenntnisse zur
  - Wirksamkeit sowie
  - möglichen Gefährdungen der Sicherheit und Gesundheit und
  - Langzeitfolgen durch die Nutzung von Exoskeletten vorhanden.
- Keine Verfahren zur Bewertung von Exoskeletten am Arbeitsplatz
- Keine Handlungshilfen für die Nutzung von Exoskeletten in der Praxis

# **Forschungsprojekt Exo@work – Bewertung exoskelettaler Systeme in der Arbeitswelt**

## **Arbeitspakete:**

- Literatur- und Marktstudie
- Ermittlung der Beanspruchungsreduktion (Labor- u. Feldstudie)
- Ermittlung der Einflussfaktoren hinsichtlich der Akzeptanz
- Ermittlung der möglichen Gefährdungen für Sicherheit und Gesundheit
- Ergebnisdarstellung mit Ableitung von Bewertungskriterien und Handlungsempfehlungen

**Laufzeit: 36 Monate**

**Projektstart: Oktober 2018**

Sachgebiete ▾

Prüf- und Zertifizierungsstelle ▾

FB-Informationen ▾

Ansprechpersonen ▾

Wir über u

▶ Bauliche Einrichtungen und Handel

▶ Fördern, Lagern, Logistik im Warenumschat

▶ **Physische Belastungen**

▶ Lastenhandhabung

▶ Zwangshaltungen

▶ Kraftanstrengung oder Krafteinwirkung

▶ Repetitive Tätigkeiten

▶ Gefährdungsbeurteilung

▶ **Maßnahmen zur Primärprävention**

▶ Hilfsmittel zur Handhabung von Lasten

▶ Arbeitsmedizinische Vorsorge

▶ Publikationen

▶ Weiterführende Informationen

Fachbereichs-Information

## Einsatz von Exoskeletten an gewerblichen Arbeitsplätzen

Ausgabe 02/2018

FBHL 006

### 1. Was sind Exoskelette und welche Bauarten werden unterschieden?

Exoskelette sind am Körper getragene Assistenzsysteme, die mechanisch auf den Körper einwirken.

Mit Exoskeletten werden folgende Wirkungen angestrebt:

- Ausführbarkeit von Körperbewegungen und -haltungen
- Schädigungslosigkeit bei Körperbewegungen und -haltungen
- Beeinträchtigungsfreiheit bei Körperbewegungen und -haltungen

Der Einsatz von Exoskeletten kann (in Abhängigkeit der bestimmungsgemäßen Verwendung) geeignet sein für:

- Personen ohne gesundheitliche Risiken, Einschränkungen oder körperlichen Fähiigkeitseinschränkungen des Bewegungsapparates
- Personen mit gesundheitlichen Risiken für den Bewegungsapparat
- Personen mit (vorübergehenden) gesundheitlichen Einschränkungen des Bewegungsapparates
- Personen mit (permanenten) körperlichen Fähiigkeitseinschränkungen des Bewegungsapparates


Hinsichtlich ihrer Bauart kann in passive und aktive Exoskelette unterschieden werden (siehe Tabelle1). Beide Varianten sind auch als Hybrid umsetzbar. Bei Hybrid Systemen werden die Steuerimpulse mittels Elektromyographie (EMG) oder Gehirnströmen an das Exoskelett weitergeben.“

Während der medizinischen Rehabilitation unterstützen Exoskelette bewegungseingeschränkte Menschen. Auch in militärischen Bereichen werden solche Systeme intensiv erprobt, um die Wirkung körpereigener Kräfte zu erhöhen.

Der Einsatz von Exoskeletten an Arbeitsplätzen ist noch nicht sehr verbreitet. Tests von Prototypen im industriellen Kontext werden bereits immer mehr durchgeführt.

Nach dem aktuellen Kenntnisstand können Exoskelette aus Sicht des Arbeitsschutzes wie folgt eingeteilt werden:

### Leiter des Sachgebiets



Ralf Schick  
 Tel.: +49 621 183 5943  
 ✉ E-Mail

### Gesetze



§ Arbeitsschutzgesetz



**DGUV**

Fachbereich Handel und Logistik  
Berufsgenossenschaft  
Handel und Warenlogistik

**Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!**

**Ralf Schick**

Dipl.-Ing. (FH) Produktionstechnik

Leiter Sachgebiet Physische Belastungen

Dezernat Einwirkungen – Prävention – Mannheim

Berufsgenossenschaft

Handel und Warenlogistik (BGHW)

Fachsymposium „Arbeit 4.0“

13. November 2018, DGUV Berlin-Mitte