



IFA

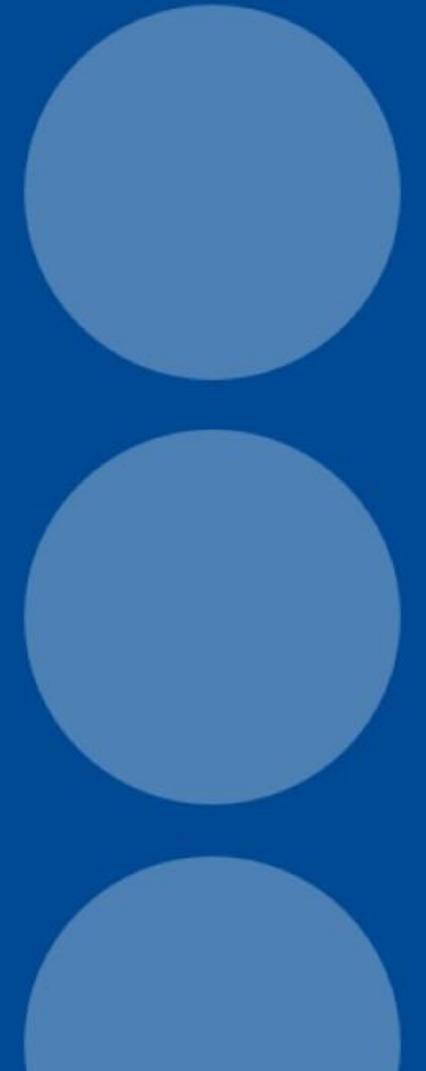
Institut für Arbeitsschutz der
Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung

Aspekte der Gefährdungsermittlung für den Einsatz von Exoskeletten

Kai Heinrich, Martin Liedtke, Ulrich Glitsch,
Thomas Bömer, Christian Werner, ...

Exoskelette im Betrieb

Tübingen, 09.05.2019



**Ich erkläre hiermit, dass keine
Interessenkonflikte bestehen**

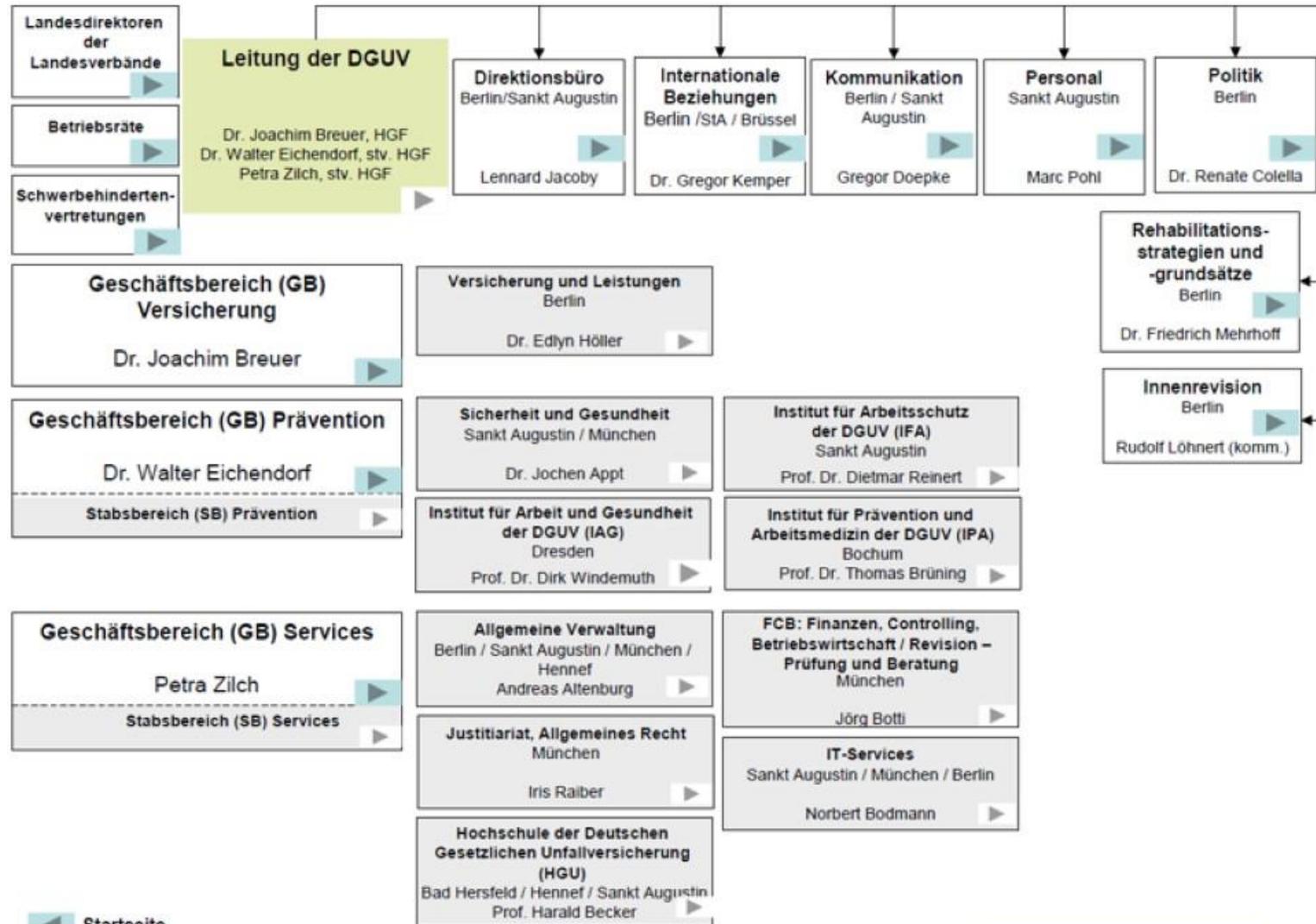
Kai Heinrich

Die verschiedenen Zweige der Sozialversicherung



Träger der gesetzlichen Unfallversicherung





◀ Startseite

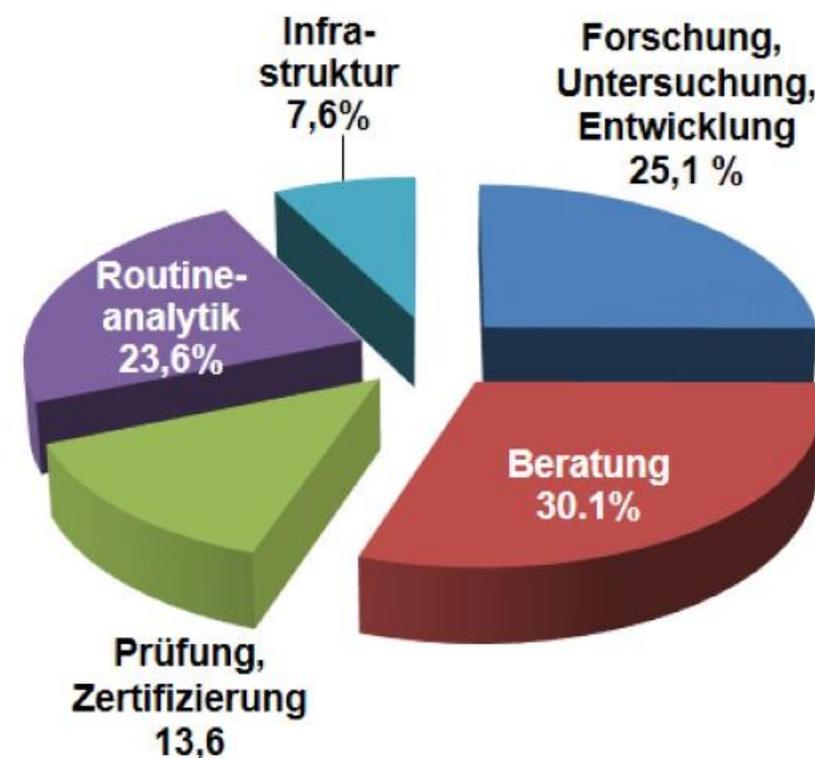
Stand: März 2017

Aufgabenverteilung im IFA



Aktivitäten

- 1/4 im Bereich Unfallverhütung
- 3/4 im Bereich Berufskrankheiten und arbeitsbedingte Gesundheitsgefahren



Was ist ein Exoskelett?

Historie Exoskelette

- 1889:** Nicholas Yagn konzipiert erstes Exoskelett, ein Geh-Lauf-Sprung-Apparat
- 1966:** General Electric konzipiert aktives Ganzkörper-Exoskelett "Hardiman" (30 DOF), Kraftanstieg um Faktor 25
- 1969:** aktives Exoskelett "kinematic walker" für Paraplegiker, 2 DOF pro Bein (Vukobratovic)
- 1970:** aktives Exoskelett mit 3 DOF je Bein
- 1978:** Exoskelett "active suit" mit servo-elektrischen Antrieben (100 W Hüfte, 50 W Knie) und Mikroprozessoren ausgestattet
- 1991:** Exoskelett "spring walker" für Laufgeschwindigkeiten
- ab 2000:** biomechatronische Systeme mit Feedback-Funktionen
- 2002:** Tsukuba Universität Japan entwickelt das "Hybrid Assistive Leg", vorwärts-dynamisch durch Gelenkmomente und EMG-Signale
- heute:** Piloteinsätze in der Arbeitswelt !?!

- Article types**
- Clinical Trial
 - Review
 - Customize ...
- Text availability**
- Abstract
 - Free full text
 - Full text
- Publication dates**
- 5 years
 - 10 years
 - Custom range...
- Species**
- Humans
 - Other Animals
- [Clear all](#)
- [Show additional filters](#)

Format: Summary ▾ Sort by: Most Recent ▾ Per page: 20 ▾

Send to ▾ Filters: [Manage Filters](#)

Best matches for exoskeleton:

- [Exoskeleton plantarflexion assistance for elderly.](#)
Galle S et al. Gait Posture. (2017)
- [Muscle recruitment and coordination with an ankle exoskeleton.](#)
Steele KM et al. J Biomech. (2017)
- [Clinical effectiveness and safety of powered exoskeleton-assisted walking in patients with spinal cord injury: systematic review with meta-analysis.](#)
Miller LE et al. Med Devices (Auckl). (2016)

Sort by:



Search results

Items: 1 to 20 of 2160 2160

[<< First](#)
[< Prev](#)
Page of 108
[Next >](#)
[Last >>](#)

- [A SEMG-angle model based on HMM for human robot interaction.](#)
- 1. Chen Y, Liang L, Wu M, Dong Q. Technol Health Care. 2019 Apr 30. doi: 10.3233/THC-199035. [Epub ahead of print] PMID: 31045555 [Similar articles](#)
- [Inverse kinematic analysis and trajectory planning of a modular upper limb rehabilitation exoskeleton.](#)
- 2. Li G, Fang Q, Xu T, Zhao J, Cai H, Zhu Y. Technol Health Care. 2019 Apr 30. doi: 10.3233/THC-199012. [Epub ahead of print] PMID: 31045532 [Similar articles](#)
- [Rehabilitation strategy for post-stroke recovery using an innovative elbow exoskeleton.](#)

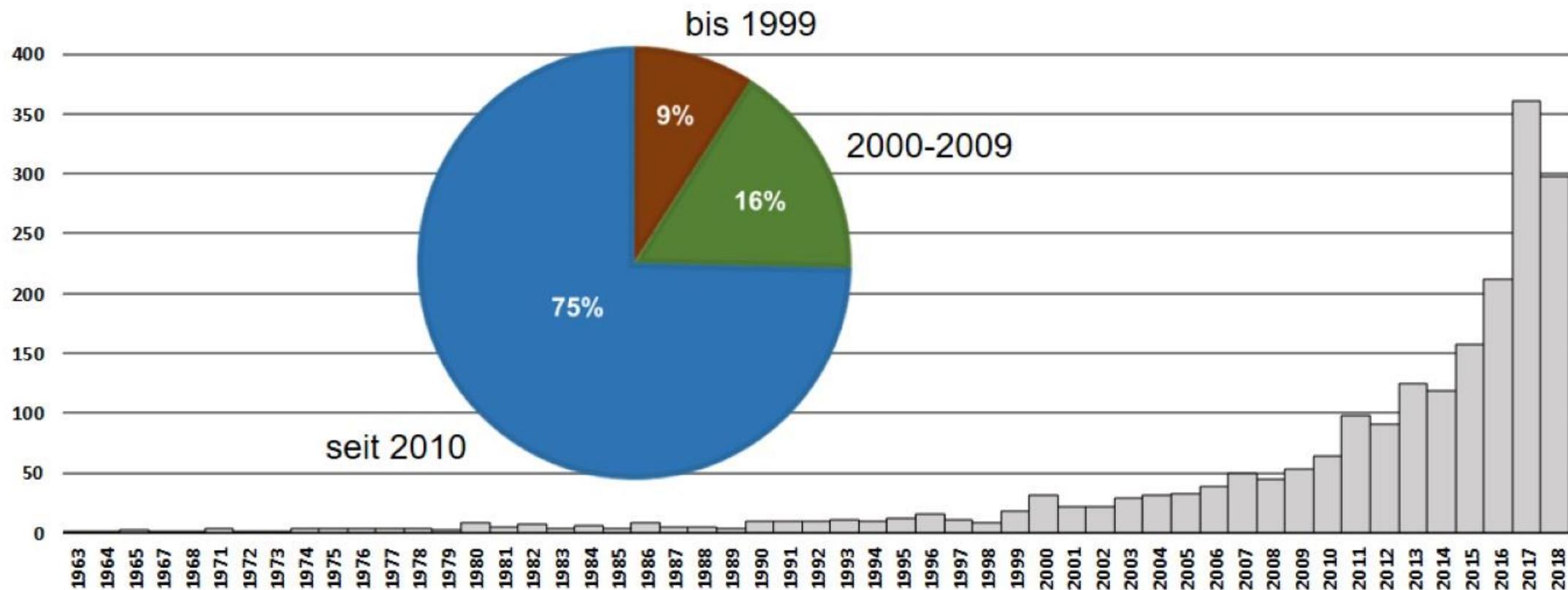
Related searches

[exoskeleton spinal cord injury](#)

PMC Images search for exoskeleton

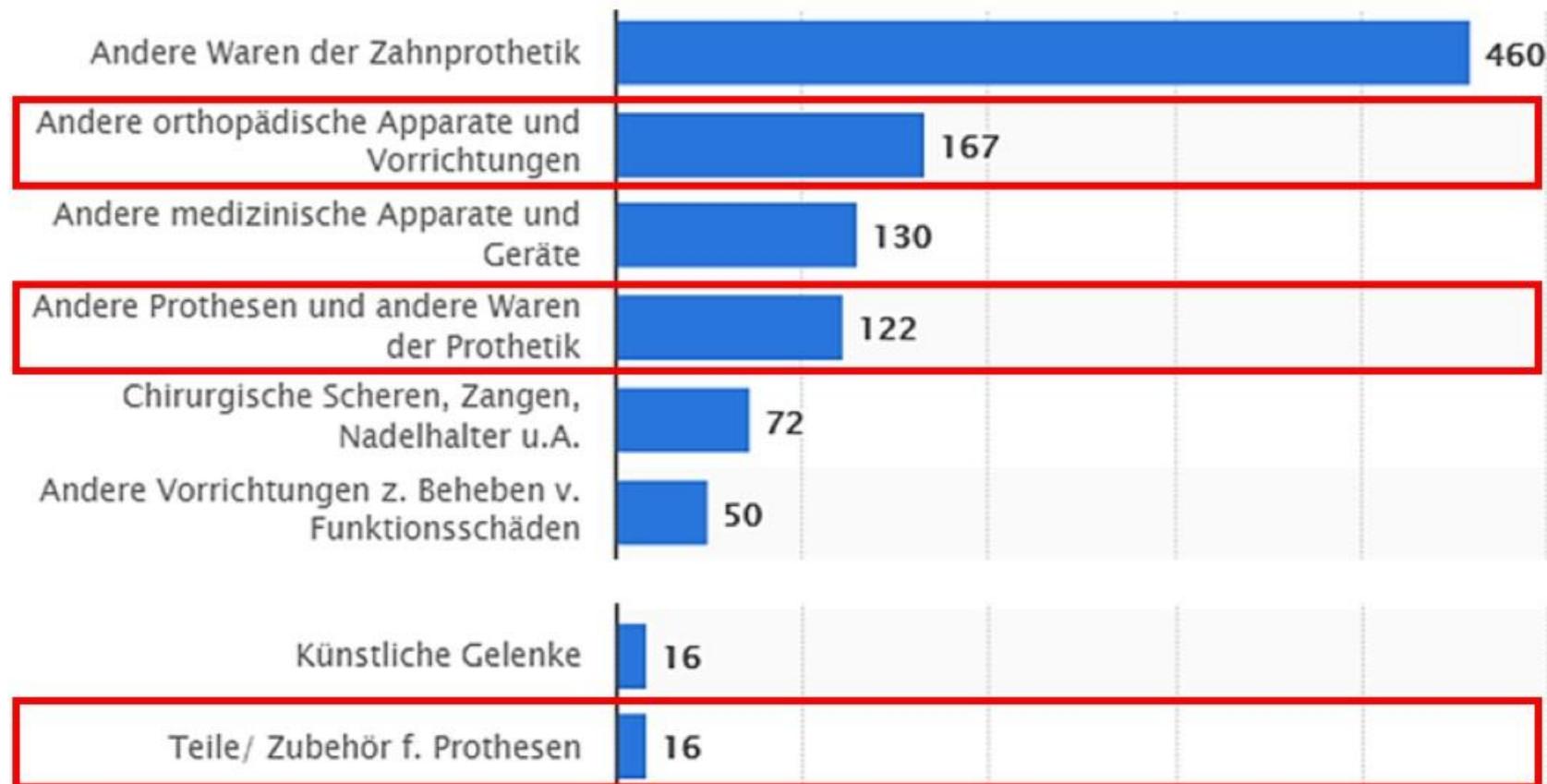
- Titles with your search terms**
- The effect of a passive trunk exoskeleton on metabolic costs during lifting. [Ergonomics. 2019]
 - Proportional Joint-Moment Control for Instantaneous: [IEEE Trans Neural Syst Rehabil...]
 - Feasibility of integrating robotic exoskeleton gait training in inpatient [Disabil Rehabil Assist Technol...]
- [See more...](#)

Anzahl der Publikationen pro Jahr (PubMed)



(Stand: 31.12.2018)

Medizintechnikunternehmen in D nach Produktgruppen



(statista. de; Stand 09.04.2019)

Was ist ein Exoskelett?

Definition Exoskelett aus der Wissenschaft

Orthetisch-bionisches Assistenzsystem, welches die Problematik von ergonomisch bedenklichen Tätigkeiten für bestimmte Anwendungsfälle effektiv reduzieren soll. Es handelt sich um ein **Tragbares System (Orthese)**, das **aus körpernahen Textil- oder leichtgewichtigen Hartschalen-Komponenten** besteht und **den Arbeiter physisch unterstützt**.

(<https://www.technik-zum-menschen-bringen.de/projekte/ortas>;
BMBF-Projekt: ORTAS, 2013-16)

Ein **benutzergeführter Roboter**, der **vom Körper getragen** wird oder eng am Körper anliegt, **mit dem Ziel, Handlungen zu unterstützen oder auszuführen**, die direkt zur Verbesserung der Qualität der Arbeit des Benutzers beitragen, indem es die **Funktionen des Bewegungsapparates bei körperlicher Arbeit erweitert**.

(Van der Vorm, 2014; robo-mate.eu;
EU-Projekt: RoboMate 2013-16)

Definition Exoskelett aus der DGUV

Exoskelette sind **am Körper getragene Assistenzsysteme** (mit unterschiedlicher technischer Komplexität), die verschiedene **Belastungsfaktoren bei körperlicher Arbeit optimieren** und **bei Bewegungseinschränkungen unterstützen** können.

(<https://www.bghm.de/arbeitschuetzer/fachinformationen/fachinformationen/>;
FI Nr. 0059 der DGUV, 2017)

Einordnung von Exoskeletten hinsichtlich EG-Richtlinien

Bestimmungsgemäße Verwendung:

Muskelkraftbetrieben, federunterstützt zur
Bewegungserleichterung (Komfort)

EG-Richtlinien:

- „Maschinen-Richtlinie“ (Richtlinie 2006/42/EG)
RL 2006/42/EG Art. 2 Nr. a) 5. Spiegelstrich



(BGHM FAQ-Liste Nr. 0059 – Einsatz von Exoskeletten an (gewerblichen) Arbeitsplätzen, 2017)

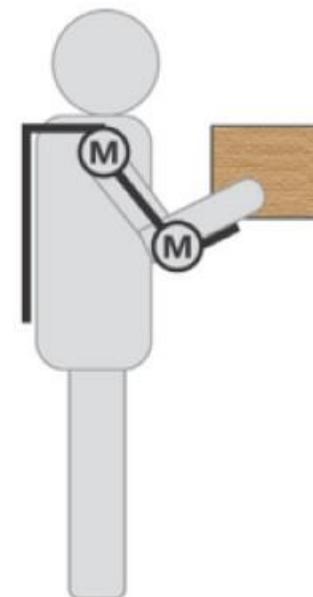
Einordnung von Exoskeletten hinsichtlich EG-Richtlinien

Bestimmungsgemäße Verwendung:

Motorbetrieben zur Bewegungserleichterung (Komfort)

EG-Richtlinien:

- „Maschinen-Richtlinie“ (Richtlinie 2006/42/EG)
 - Verbesserung der Lebensqualität: EN ISO 13482
 - Gewerblicher Einsatz: EN ISO 10218-1



(BGHM FAQ-Liste Nr. 0059 – Einsatz von Exoskeletten an (gewerblichen) Arbeitsplätzen, 2017)

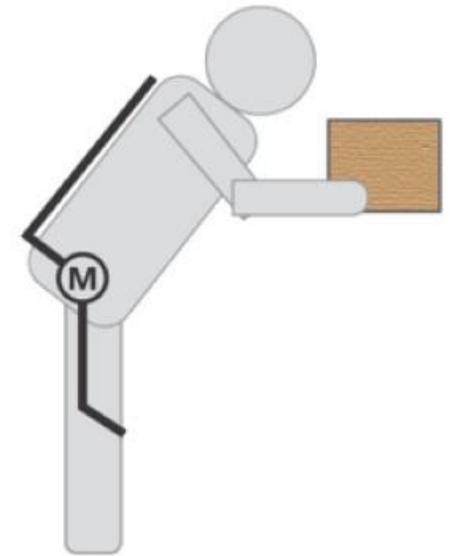
Einordnung von Exoskeletten hinsichtlich EG-Richtlinien

Bestimmungsgemäße Verwendung:

motorbetrieben zur Vermeidung von Gesundheitsgefahren am Arbeitsplatz (z. B. bei Rückenerkrankungen)

Richtlinien:

- „Maschinen-Richtlinie“ (Richtlinie 2006/42/EG)
Verbesserung der Lebensqualität: EN ISO 13482
Gewerblicher Einsatz: EN ISO 10218-1
- „PSA-Hersteller-Verordnung“ (Verordnung (EU) 2016/425)



(BGHM FAQ-Liste Nr. 0059 – Einsatz von Exoskeletten an (gewerblichen) Arbeitsplätzen, 2017)

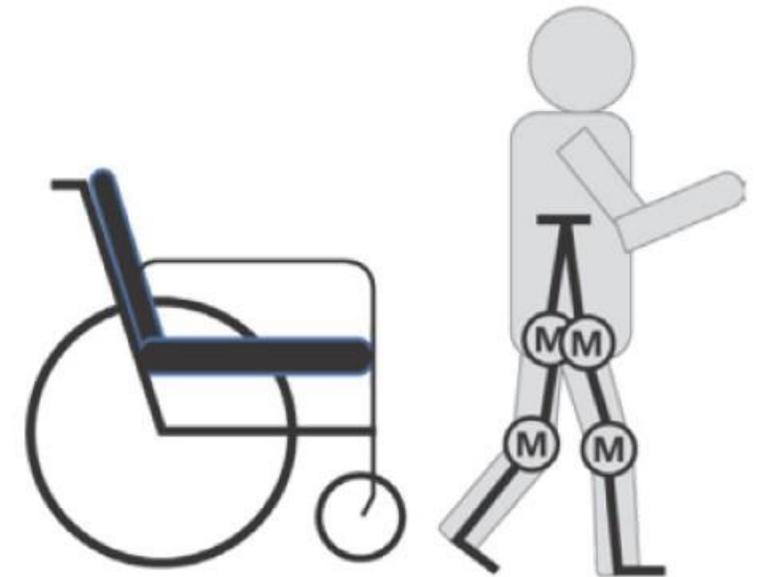
Einordnung von Exoskeletten hinsichtlich EG-Richtlinien

Bestimmungsgemäße Verwendung:

motorbetrieben zur medizinischen Behandlung
(z. B. Reha-Maßnahmen nach Querschnittslähmung)

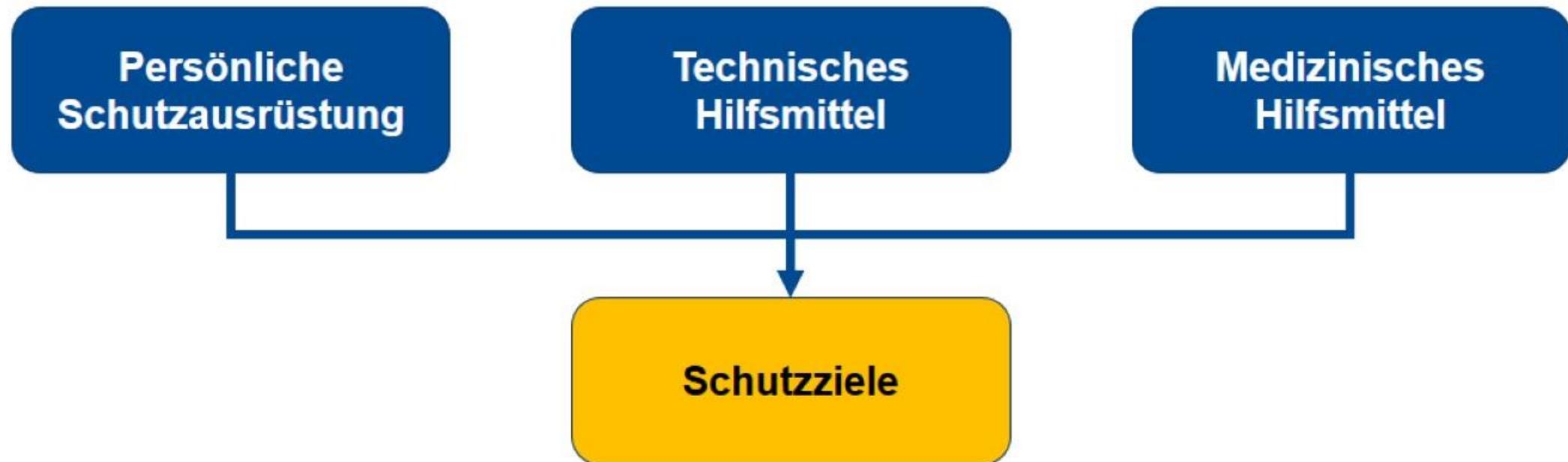
Richtlinien:

- „Maschinen-Richtlinie“ (Richtlinie 2006/42/EG)
- „Medizinprodukte-Richtlinie“ (Richtlinie 93/42/EWG über Medizinprodukte / Verordnung (EU) 2017/745)
- „persönliche Assistenzroboter“ EN ISO 13482



(BGHM FAQ-Liste Nr. 0059 – Einsatz von Exoskeletten an (gewerblichen) Arbeitsplätzen, 2017)

Einteilung aufgrund der bestimmungsgemäßen Verwendung



Keine Produktnorm für Exoskelette

Gefährdungsbeurteilung I – Arbeitgeber

Die Beurteilung der Gefährdungen am Arbeitsplatz leitet sich aus §5 Arbeitsschutzgesetz ab:

Risiken bei Beschaffung, Bereitstellung und Einsatz (un)sicherer Produkte:

- **Pflicht:**
 - Gefährdungen beurteilen (auch durch Arbeitsmittel)
 - erforderliche Arbeitsschutzmaßnahmen ermitteln
 - ggf. Präventionsmaßnahmen ableiten und umsetzen

Arbeitgeber:

Verantwortung für die **sichere Bereitstellung und Benutzung** der in Ihrem Unternehmen verwendeten **Arbeitsmittel** [§ 3 Betriebssicherheits-Verordnung (BetrSichV)]

Gefährdungsbeurteilung I – Arbeitgeber

Die Beurteilung der Gefährdungen am Arbeitsplatz leitet sich aus §5 Arbeitsschutzgesetz ab:

Risiken bei Beso

- **Pflicht:**

- Gefährdung (nach PSA-Benutzungsverordnung [PSA-BV] darf der Arbeitgeber nur PSA mit CE-Zeichen bereitstellen)
- erforderliche Arbeitsschutzmaßnahmen ermitteln
- ggf. Präventionsmaßnahmen ableiten und umsetzen

Vorhandensein einer **CE-Kennzeichnung** am Arbeitsmittel **entbindet nicht von der Pflicht** zur Durchführung einer Gefährdungsbeurteilung [BetrSichV, § 3 (1)]

Arbeitgeber:

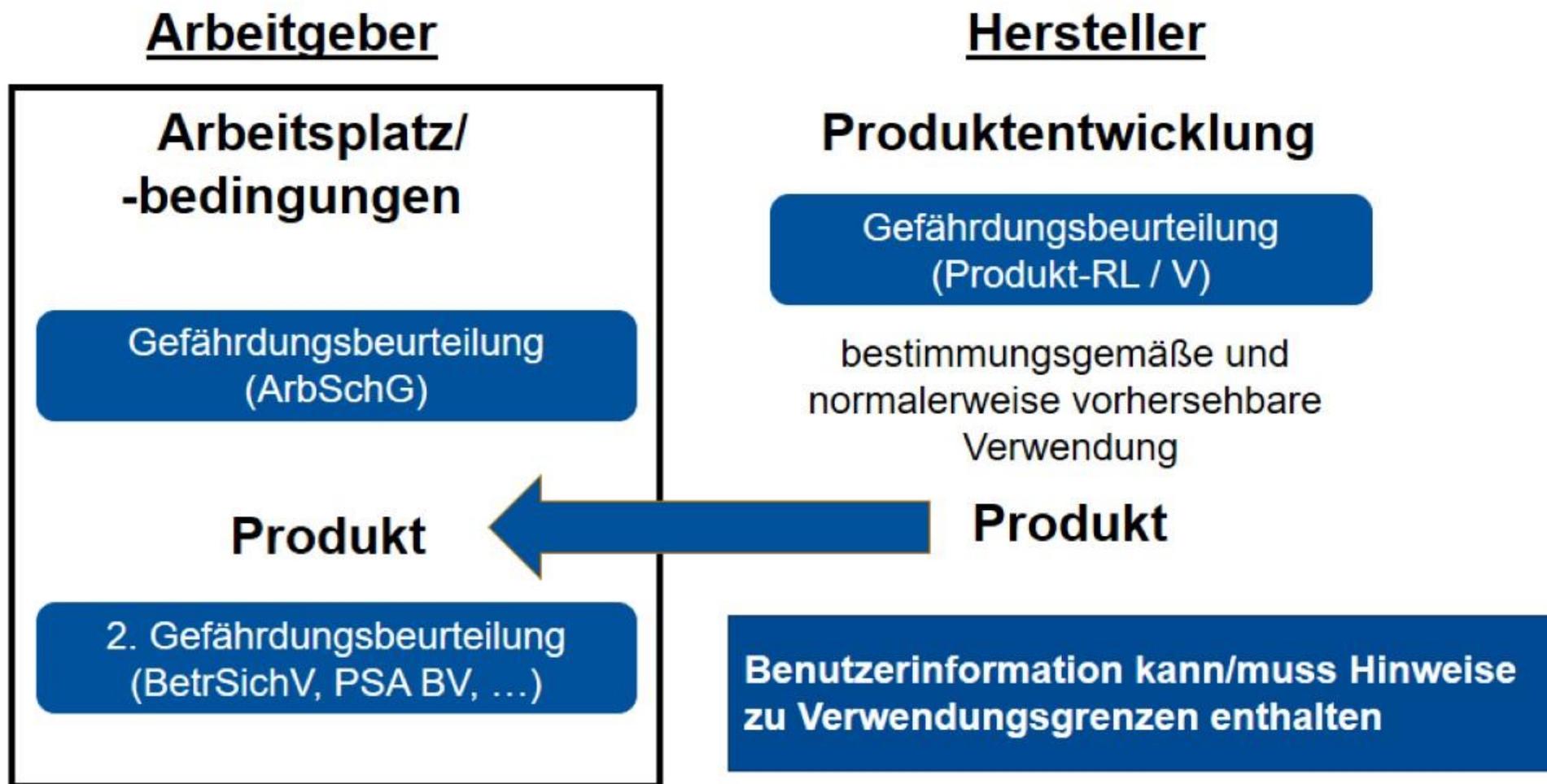
Verantwortung für die **sichere Bereitstellung und Benutzung** der in Ihrem Unternehmen verwendeten **Arbeitsmittel** [§ 3 Betriebssicherheits-Verordnung (BetrSichV)]

Gefährdungsbeurteilung II – Arbeitgeber

- In die Beurteilung sind **alle Gefährdungen** einzubeziehen, die bei der **Verwendung von Arbeitsmitteln/PSA** ausgehen, und zwar von [BetrSichV]
 1. den Arbeitsmitteln selbst,
 2. der Arbeitsumgebung und
 3. den Arbeitsgegenständen, an denen Tätigkeiten mit Arbeitsmitteln durchgeführt werden.
- „Tätigkeiten“: bei Verwendung von Exoskeletten, aber auch die in **Alltags- oder Ausnahmesituationen** (Pause, Feuersalarm, ...)
- **§10 Mutterschutzgesetz**

Gefährdungsbeurteilung II – Arbeitgeber

- In die Beurteilung sind **alle Gefährdungen** einzubeziehen, die bei der **Verwendung von Arbeitsmitteln/PSA** ausgehen, und zwar von [BetrSichV]
 1. den Arbeitsmitteln selbst,
 2. der Arbeit **auch der Hersteller muss Gefährdungs-**
 3. den Arbeitsmitteln **bzw. Risikobeurteilungen durchführen** führt werden.
- „Tätigkeiten“: bei Verwendung von Exoskeletten, aber auch die in **Alltags- oder Ausnahmesituationen** (Pause, Feuersalarm, ...)
- **§10 Mutterschutzgesetz**



Gefährdungsbeurteilung - Grundsätzliches

- Ein Exoskelett darf **nicht als Maßnahme** verwendet werden, **um eine bereits festgestellte Gefährdung so zu reduzieren oder zu beseitigen, dass dadurch die Tätigkeit erst ermöglicht wird**
 - ... es sei denn, es handelt sich um eine Persönliche Schutzausrüstung (**PSA**)
- Arbeitsplätze oder Tätigkeiten mit gleichartigen Arbeitsbedingungen können zusammen beurteilt werden.
- Gefährdung nach **mutterschutzrechtlichen** Vorschriften:
 - ... Gestaltung der Arbeitsplätze, so dass keine Gefährdung mehr vorliegt

Erstellung der Gefährdungsbeurteilung für Exoskelette

- Kooperationsprojekt **Exo@Work** – Bewertung exoskelettaler System in der Arbeitswelt
Partner ist die BGHW (Handel und Warenlogistik)
 - Kooperation mit **Leitliniengruppe "Exoskelette"** der Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften e. V. (AWMF)
 - **IFA Fachexperten** aus den Bereichen PSA, Maschinensicherheit und Gefährdungsanalyse physischer Belastungen
- Ziel: Weiterentwicklung der Mustergefährdungsbeurteilung im Dialog

Gefährdungsbeurteilung

Gefährdungsbeurteilung für Exoskelette Version 1.0 – Entwurf

(Dokumentation gemäß § 6 Arbeitsschutzgesetz und § 14 Mutterschutzgesetz)

1 Mechanische Gefährdungen

Mögliche Gefährdung	Situationen, Arbeitsabläufe oder Geräteteile, die diese Gefährdung hervorrufen können	Maßnahmen zur Verringerung oder Beseitigung der Gefährdung	Risiko-bewertung		Handlungs-bedarf?	
					Ja	Nein
Ungeschützte bewegte Teile	<p>Sind am Exoskelett ungeschützte bewegte Teile vorhanden? Wenn ja: Welche?</p> <p>Kann man beim Tragen des Exoskeletts an Gefahrstellen gelangen und verletzt werden?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Quetschen von Händen oder Fingern • Erfassen von Kleidung oder Haaren • Scherstellen • Stoßen an großen Teilen <p>Können Gefahrstellen in besonderen Situationen oder Betriebszuständen entstehen (z. B. Reinigung, An- oder Ausziehen, Wechsel von Teilen des Exoskeletts)?</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Bei Neuanschaffung auf sichere Geräte achten (Falls erforderlich: CE-Zeichen für Maschinenrichtlinie, EMV-Richtlinie, etc.; relevante Normen beachten) • Exoskelette ohne scharfe Kanten, Quetschstellen oder andere gefährliche Oberflächen einsetzen • Herstellerangaben zu Schutzeinrichtungen beachten • Schutzeinrichtungen auf ihre Wirksamkeit überprüfen • Gefahrstellen kennzeichnen 	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bemerkung/Begründung						
Teile mit gefährlichen Oberflächen	<p>Können durch das Exoskelett Riss- oder Schnittverletzungen auftreten? Z. B. durch:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ecken, scharfe Kanten, Spitzen • Raue Oberflächen • Verwendete Werkzeuge • Stechen an spitzen Teilen • Bruch 	<ul style="list-style-type: none"> • Angaben der Herstellfirma zu Alterung und Funktionsprüfungen für Exoskelett und Komponenten beachten • Schutzhandschuhe, ggf. Schutzkleidung zusätzlich tragen • Lagerungshinweise für Exoskelett und Komponenten beachten • Angaben der Herstellfirma zu Restrisiken beachten 	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Gefährdungsbeurteilung

1. Mechanische Gefährdungen
 - ungeschützte bewegliche Teile
 - Teile mit gefährlichen Oberflächen
 - **Sturzgefahr**
 - ...
2. Fluidtechnische Gefährdungen
 - unter Druck stehende Behälter (z.B. Gase) am Exoskelett
 - ...
3. Elektrische Gefährdungen
 - Akku, Antriebe/Motoren
4. Gefahrstoffe
 - Reaktionen von freigesetzte Stoffen mit Legierungen u.s.w.
 - ...
5. Biologische Arbeitsstoffe
 - Pilze, Bakterien, Hygiene ...
 - ...
6. Brandgefährdung
 - enthält das Exoskelett leicht brennbare Stoffe?
 - ...

Gefährdungsbeurteilung

7. Thermische Gefährdungen

- Überhitzen bei starker Umhüllung durch Exoskelett
- ...

8. Physikalische Einwirkungen

- Lärm, Schwingungen, elektromagnetische Felder
- ...

9. Arbeitsumgebungen

- Raumklima
- Mitgerissen werden
- ...

Alter in Jahren	Last in kg für Frauen	Last in kg für Männer
15 bis 17	10	15
18 bis 39	15	25
ab 40	10	20

10. Psychische Faktoren

- Mentale, psychische Belastungen (fehlende Akzeptanz, Zwang, Isolation ...)
- ...

11. Physische Belastung/Arbeitsschwere

- **werden zusätzliche Lasten übertragen?**
- **werden Lasten gehoben, die in der Summe bestimmte Werte übersteigen?**
- **ungünstige Körperhaltungen**
- ...

Gefährdungsbeurteilung

12. Arbeitsorganisation und Verhalten

- Motivation zum Arbeitsschutz
- **Ist der Arbeitsplatz für Exoskelette geeignet?**
- Gefährdung durch Kombination Exoskelett mit PSA
- ...

13. Sonstige Gefährdungen/Belastungen

- **Nebentätigkeiten (ausführbar?)**
- Notfälle, z.B. Feuersalarm
- ...

14. Mutterschutz

- Gefahrstoffe
- Erreger (Viren, Bakterien, Pilze)
- Biostoffe
- ...

Zusammenfassung

- **Regelungen zur Produktsicherheit auch für Exoskelette gültig**
- **bei der Verwendung von Exoskeletten am Arbeitsplatz ist der Arbeitgeber zur Durchführung einer Gefährdungsbeurteilung verpflichtet (Arbeitsschutzgesetz)**
- **Gefährdungen für die Sicherheit und Gesundheit der Beschäftigten sind zu ermitteln und zu bewerten**
- **wirksame Schutzmaßnahmen inkl. Unterweisungen sind abzuleiten und umzusetzen**
- **Schutzziele und Anforderungen der Betriebssicherheitsverordnung sowie ggf. die Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz sind bei der Benutzung persönlicher Schutzausrüstungen bei der Arbeit zu berücksichtigen**

**Vielen Dank
für Ihre Aufmerksamkeit.**

