

## **Exoskelette für den industriellen Kontext: Systematisches Review und Klassifikation**

Robert WEIDNER<sup>1,2</sup>, Christine LINNENBERG<sup>1</sup>, Niclas HOFFMANN<sup>1,2</sup>,  
Gilbert PROKOP<sup>1</sup>, Victoria EDWARDS<sup>1,2</sup>

*<sup>1</sup> Institut für Mechatronik/Fertigungstechnik  
Universität Innsbruck*

*Technikerstraße 13, A-6020 Innsbruck*

*<sup>2</sup> Laboratorium Fertigungstechnik*

*Helmut-Schmidt-Universität/Universität der Bundeswehr  
Holstenhofweg 85, D-22043 Hamburg*

**Kurzfassung:** Quantität und Qualität von Exoskeletten sind in den letzten Jahren kontinuierlich gestiegen. Entsprechende Systeme können verschiedene Anwendungen und Körperregionen unterstützen. Die verwendeten Grundtechnologien und die morphologische Struktur beeinflussen maßgeblich das exoskelettale Konzept. Dies hat wiederum einen großen Einfluss auf resultierende biomechanische, arbeitsphysiologische und psychologische Effekte. Dieser Beitrag stellt ein Review von Exoskeletten für den industriellen Kontext vor. Die Exoskelette werden u.a. hinsichtlich ihrer unterstützten Körperregion, ihrer Aktuatorik oder ihrer Materialien analysiert. Diese Unterscheidungsmerkmale können für spätere Akzeptanz- und Usabilityuntersuchungen herangezogen werden.

**Schlüsselwörter:** Exoskelette, Klassifikation, systematisches Review

### **1. Einleitung**

Trotz eines hohen Automatisierungsgrades industrieller Wertschöpfungsketten, begegnen industrielle Arbeitnehmer weiterhin mitunter hohen physischen Belastungen am Arbeitsplatz, die muskuloskeletale Erkrankungen verursachen können (Costa 2010). In vielen industriellen Bereichen ist die Automatisierung aufgrund geringer Losgrößen, der allgemeinen Produktdiversität oder einer gewünschten Flexibilität nur schwer technisch umsetzbar bzw. unwirtschaftlich. Exoskelette stellen einen Ansatz zur Unterstützung des Mitarbeiters dar, indem sie als anziehbare Systeme den Träger in seiner Bewegung oder Haltung unterstützen bzw. stabilisieren.

Allgemein ist festzustellen, dass die Quantität von Exoskeletten für industrielle Anwendungen in den letzten Jahren stetig anstieg (de Looze et al. 2017) und die Entwickler bestrebt sind die Systemqualität kontinuierlich zu verbessern. Klassisch werden sie hinsichtlich der Art und Weise der Bereitstellung der Unterstützungsleistung in aktive oder passive Systeme sowie nach Körperregion und Anwendungskontext unterschieden. Obwohl in zahlreichen Studien Wirkeffekte von Exoskeletten bereits beschrieben werden (Mcfarland & Fischer 2019), zeigt sich, dass verwendete Grundtechnologien und morphologische Strukturen einen großen Einfluss auf biomechanische, arbeitsphysiologische und psychologische Effekte haben können. Ihr Nachweis wird darüber hinaus durch unterschiedliche Untersuchungsmethoden erbracht (Hoffmann et al. 2019), wodurch die Vergleichbarkeit aktuell schwer und der tatsächliche Nutzen

hinsichtlich der Akzeptanz und Usability in der betrieblichen Praxis noch weitgehend unbekannt ist (Glitsch 2019).

Das vorliegende Review gibt zunächst einen Überblick über Exoskelette mit industriellem Anwendungskontext und klassifiziert diese anschließend nach klassischen Merkmalen (u.a. Körperregion und Aktuatorikkonzept). Zusätzlich werden die Systeme nach weiteren Merkmalen (u.a. relationales Muster (Karafillidis & Weidner 2018) und Anthropometriegrad) klassifiziert, um sie für weitere Akzeptanz- und Usabilityuntersuchungen heranziehen zu können.

## 2. Methode

Zur Ermittlung von bereits entwickelten Exoskeletten (Prototypen und kommerziell erhältliche Systeme) wurde ein systematisches Review durchgeführt. Hierzu wurden Übersichtswebseiten und graue Literatur (u.a. [exoskeletonreport.com](http://exoskeletonreport.com), [wearablerobotics.com](http://wearablerobotics.com) und [cybathlon.ethz.ch](http://cybathlon.ethz.ch)) nach Exoskeletten durchsucht. Die Ergebnisse wurden mit den internen Datenbanken der Arbeitsgruppe smartASSIST der Helmut-Schmidt-Universität Hamburg abgeglichen. Erweitert wurde dies mit einer systematischen Recherche wissenschaftlicher Beiträge, die zwischen Dezember 2018 und Februar 2019 stattfand. In den Datenbanken Web of Science (WoS) und Pubmed wurde systematisch nach Fachliteratur über entwickelte Exoskelette für die industrielle Anwendung der letzten fünf Jahre (2014-2018) recherchiert. Hierzu wurden drei Suchprofile gebildet, welche durch den booleschen Operator OR verbunden wurden. Die Schlagworte der Suchprofile wurden mit den Operatoren AND/OR verknüpft: "Exoskelett": (exoskeleton, exosuit, activ orthosis, powered suit), "Evaluation": (analysis, test, testing, evaluation, appraisal, judgement, valuation, estimation, characterization, characteristic, design, criteria), "Körperteil": (foot, ankle, knee, hip, back, upper, lower, neck, shoulder, elbow, wrist, finger, thumb).

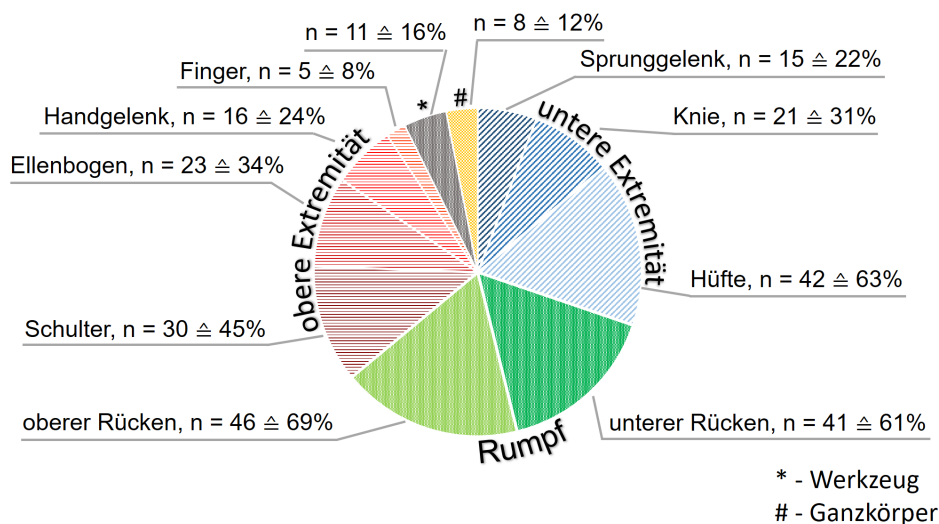
Die identifizierten Systeme wurden anschließend nach Kriterien bzw. Merkmalen wie unterstützte Körperregion (u.a. obere Extremitäten, Rücken), technische Eigenschaften (u.a. Aktuatorik, Struktur) und relationale Muster zwischen Mensch und Technik (Karafillidis & Weidner 2018) und Anthropometriegrad klassifiziert. In den Ergebnissen werden einzelne Exoskelette beispielhaft für das jeweilige Merkmal aufgeführt. Aufgrund mangelnder Dokumentation sind nicht alle Exoskelette einwandfrei zuzuordnen, sodass auf eine separate Anführung verzichtet wird.

## 3. Ergebnisse

Für die industrielle Anwendung wurden im Rahmen der Rechercharbeiten insgesamt 99 Exoskelette für industrielle Anwendungsszenarien identifiziert. Hierbei handelt es sich um Systeme, die bereits kommerziell erhältlich sind oder die sich aktuell in der Entwicklung befinden (auch wissenschaftliche Beiträge). Hiervon besitzen 67 Systeme – mit den bekannten Informationen – einen Reifegrad, der einen industriellen Einsatz im Rahmen von zumindest einer Pilotphase ermöglicht, weshalb diese Systeme nachfolgend für die Ergebnisdarstellung betrachtet werden. 32 der Systeme sind aktuell auf dem Markt erhältlich, jedoch nicht immer in Europa verfügbar. Abbildung 1 gibt einen Überblick, welche Körperregionen von den identifizierten Exoskeletten adressiert bzw. primär unterstützt werden. Die prozentuale Verteilung summiert sich dabei nicht auf 100 %, da einige Exoskelette mehrere Körperregionen unterstützen. Es sei zudem

angemerkt, dass sich eine primäre Unterstützung ggf. auch sekundär auf andere Körperregionen auswirken kann.

Auch existieren acht Ganzkörperexoskelette, die Gelenke der oberen und unteren Extremität sowie des Torsos unterstützen (z.B. Nio (Atoun 2020)) oder alternativ das Werkzeuggewicht direkt in den Boden leiten. Die Kategorie „Werkzeug“ beinhaltet elf Exoskelette, die als Dritte-Arm-Lösung entweder durch eine Kompensation des Werkzeuggewichtes (z.B. ZeroG (McNitt 2017), Fortis (Lockeed Martin 2020)) oder eine Erweiterung des Handhabungsbereiches unterstützen (z.B. Lifter (Exhauß 2020)).



**Abbildung 1:** Primär unterstützte Körperregionen von industriellen Exoskeletten (n=67).

### 3.1 Unterscheidung der Exoskelette nach unterstützter Körperregion

Es zeigt sich, dass die meisten Exoskelette auf eine Unterstützung der oberen Extremität (25 Systeme) abzielen. Systeme zur Unterstützung von Tätigkeiten in und über Überkopfhöhe sind meist als Rucksacksystem (Brustkorbharnisch und Beckengurt) aufgebaut und weisen eine kinematische Struktur mit Anbindung am Oberarm auf, wobei unterschiedliche Armschnittstellen Anwendung finden. Es existieren Systeme mit aktiven (z.B. Lucy (Otten et al. 2018), Stuttgarter Exo-Jacket (Rogge et al. 2016)) oder passiven (z.B. MATE (Comau 2020), Paexo (Maurice et al. 2019)) Aktuatoren, welche i.d.R. in vertikaler Richtung, also entgegen der Schwerkraft, wirken. Nur wenige solcher Systeme unterstützen den Träger hingegen über das Ellenbogengelenk hinaus (z.B. Robo-Mate (Constantinescu et al. 2016)). Die Vielfalt von Exoskeletten zur Unterstützung der Hand- und Fingerfunktion ist im industriellen Bereich im Gegensatz zum Einsatz in der Rehabilitation eher gering. Aktuelle Entwicklungen unterstützen entweder die Greifkraft oder fixieren einzelne Fingerglieder (z.B. Ironhand (Radder et al. 2020)).

Für die Unterstützung der unteren Extremität konnten insgesamt zehn Exoskelette identifiziert werden, die sich in die Teilkategorien Unterstützung des Sitzes (z.B. Chairless Chair (Groos et al. 2019)) oder Hebehilfe mit oder ohne Gangunterstützung (z.B. LegX (SuitX 2020), Hercule (RB3D-2 2020)) einteilen lassen. Zwar sind diese Exoskelette größtenteils an der unteren Extremität verortet, zielen dabei aber auf die Unterstützung unterschiedlicher Körperregionen ab (Rücken vs. Beine). Es bleibt auch festzuhalten, dass die meisten identifizierten Exoskelette nur die Hüfte und die Kniegelenke aktiv unterstützen, während die Aktuierung der Sprunggelenke nur bei insgesamt vier Systemen (z.B. REX (Birch et al. 2017)) zusätzlich integriert wurde.

26 Systeme wurden für die Unterstützung des Rumpfes konzipiert, wobei sie nach Herstellerangaben primär den unteren Rücken entlasten sollen. Für die Zuordnung wird der obere Rücken vom ersten Brustwirbel bis zum letzten Brustwirbel (TH1-TH12) und der untere Rücken vom ersten bis zum letzten Lendenwirbel (L1-L5) definiert. Die meisten Systeme weisen eine Schnittstelle am Oberschenkel (z.B. MuscleSuit (Innophys 2020), HAL labor (Cyberdyne 2020)) und eine Brustkorbfixierung (z.B. Softexo (Hunic 2020)), Kawasaki power assist suit (Kawasaki 2020)) auf. Für Exoskelette mit harter Struktur finden sich meist aktive Aktuatoren auf Hüfthöhe, um das Aufrichten des Oberkörpers zu unterstützen (z.B. CrayX (Cavatorta et al. 2019), MuscleSuit (Innophys 2020)). Exoskelette mit weicher Struktur verlaufen hingegen parallel zur unterstützten Muskelkette der Streckmuskulatur und die Aufrichtung des Oberkörpers wird durch einen vorgespannten, elastischen Gurt unterstützt (z.B. Rakunie (N-ippin 2020)).

### *3.2 Unterscheidung der Exoskelette nach technischen Eigenschaften*

Exoskelette können auch auf Basis ihrer technischen Eigenschaften unterschieden werden. Die Aktuatorik der Systeme kann bspw. passiv (28 Systeme) oder aktiv (39) sein, wobei eine genauere Unterteilung der aktiven Systemansätze zeigt, dass elf Systeme elektrisch, sieben pneumatisch und 21 unbestimmt aktiv angetrieben werden. Näher beschriebene passive Systeme gliedern sich in sieben federbasierte Systeme (Gasdruck, Spiralfeder) und vier Systeme erzeugen ihre passive Wirkung über elastische Stoffeigenschaften.

Die Strukturelemente von 56 Systemen bestehen aus rigiden Materialien für die Kraftleitung wie Hartplastik, Carbon oder Aluminium, wobei nur sechs Exoskelette (nahezu ausschließlich) weiche Materialien wie Textilien verwenden. Fünf Systemen nutzen sowohl harte als auch weiche Systemkomponenten.

Eine oder mehrere physische Schnittstellen mit den Extremitäten besitzen 85 % der identifizierten Exoskelette, wobei 89 % von diesen die jeweiligen Extremitäten durch einen zirkulären Aufbau der Schnittstelle fixieren. Dabei bestehen die meisten Schnittstellen aus drei Komponenten: Hartschale (zur Verteilung der Kraft auf eine größere Fläche), Gurtsystem (zur Fixierung) und Polsterung (zur Verringerung von Druckspitzen). Sechs Exoskelette besitzen eine oder mehrere offene physische Schnittstellen (z.B. Airframe (Gillette et al. 2018) bzw. acht Systeme haben keine direkte Fixierung an den Extremitäten (z.B. Laevo (Bosch et al. 2016)).

Die Angaben zur Unterstützungsleistung der Systeme variieren über die Hersteller und Publikationen hinweg. Es finden sich Angaben über die Verringerung der Muskelaktivität gegenüber der nicht unterstützten Tätigkeit, wobei insbesondere häufig aber nicht einheitlich bei der Angabe der Muskelaktivität eine Entlastung hinsichtlich der Maximalaktivität einzelner Muskeln referenziert wird. Andere Hersteller geben die Entlastung in Kilogramm an. Weiter zeigen sich vereinzelt Angaben zu Drehmomenten und Kräften der Federsysteme oder die Systemleistung wird in Watt oder prozentualer Energiereduktion angegeben. Insgesamt wird hierdurch deutlich, dass die Unterstützungsleistung als Merkmal nicht klar definiert ist und stark von der jeweiligen Aktuatorik des Systems abhängt, wodurch ein objektiver Vergleich verschiedener Systeme durch die Vielfalt der Angaben nicht möglich ist.

Prinzipiell sind alle Exoskelette für den industriellen Gebrauch ortsflexibel einsetzbar. Ihr Einsatz wird eher durch die Bereitstellungsdauer der Unterstützungsleistung, die Anfälligkeit gegenüber äußeren Einflüssen sowie den benötigten Bewegungsfreiraum aufgrund der zum Teil ausladenden, exoskelettalen Strukturen limitiert.

### 3.3 Unterscheidung nach relationalem Muster zwischen Mensch und Maschine

Eine Betrachtung der Unterstützungsform zeigt, dass 54 Exoskelette dynamisch Bewegungen erleichtern oder verstärken und zwölf Systeme ausschließlich in statischen Positionen Bewegungen stabilisieren, wobei dynamische Systeme in der Regel auch statische Tätigkeiten unterstützen können.

Der überwiegende Teil der Exoskelette (45) ist als körpernahes Exoskelett mit parallel liegenden Strukturen zu den Körpersegmenten aufgebaut (z.B. Lucy (Otten et al. 2017), Airframe (Gillette et al. 2018)). 13 Systeme weisen einen eher körperfernen Aufbau auf (z.B. H-CEX (Hyundai 2020)). Die exoskelettale Struktur verläuft hierbei nicht parallel zu den menschlichen Körperteilen. Drei Exoskelette werden als biomimetisch beschrieben und sind den biologischen Strukturen, Formen und Aufbauten des menschlichen Körpers nachempfunden (z.B. Soft Robotik Exosuit (Wyss Institute 2020), Soft Power Suit (Yao et al. 2019)). Eine weitere Teilkategorie des Anthropometriegrades bilden Dritte-Arm-Lösungen (6), welche mittels Teleskoparm den Bewegungsradius des Trägers erweitern (z.B. Exopush (RB3D-1 2020)).

## 4. Diskussion

Das systematische Review von Exoskeletten für industrielle Anwendungen zeigt grundsätzlich, dass die Quantität und mit den Systemversionen auch die Qualität der Exoskelette steigt. Allgemein nimmt Deutschland neben den USA, China und Italien den vierten Rang bei den Publikationen zum Thema robotische Exoskelette ein (Bao et al. 2019). Deutlich wird auch, dass Exoskelette eine hohe Varianz an Merkmalsausprägungen aufweisen. So unterscheiden sich die Systeme nicht ausschließlich nach den klassischen Merkmalen, sondern weisen grundsätzlich andere Grundtechnologien auf. Ein Grund weshalb biomechanische, arbeitsphysiologische und auch psychologische Effekte unterschiedlich ausfallen (z.B. Kim 2018, Weston 2018) könnte u.a. darin liegen, dass zur Klassifikation neben klassischen Größen wie der Antriebsart und des Gewichts auch relationale Interaktionsmuster, Morphologien, Kraftpfade, Unterstützungsleistung in Relation zur unterstützten und freien Bewegungssituation oder der Anthropometriegrad herangezogen werden sollten. In Zukunft könnten die oben beschriebenen Unterscheidungsmerkmale verstärkt in den Mittelpunkt der Betrachtung rücken, um mit Hilfe von Testparcours, die aus konkreten Anwendungsfällen und ihren Rahmenbedingungen (z.B. Standzeiten, Beständigkeit gegenüber Staub und Nässe und Kompatibilität mit vorgeschriebener persönlicher Schutzausrüstung) abgeleitet werden, eine vergleichbare Aussage über die Wirksamkeit, Akzeptanz und Usability von Exoskeletten in der industriellen Anwendung zu erhalten.

## 5. Literatur

- Atoun (2020). Nio. <http://atoun.co.jp/prototypes/nio>. \*
- Bao G, Pan L, Fang H, Wu X, Yu H, Cai S, Yu B, Wan Y (2019). Academic Review and Perspectives on Robotic Exoskeletons. *IEEE Trans. on Neural Sys. and Rehab. Engin.* 27(11): 2294-2304.
- Birch N, Graham J, Priestley T, Heywood C, Sakel M, Gall A, Nunn A, Signal N (2017). Results of the first interim analysis of the RAPPER II trial in patients with spinal cord injury: ambulation and functional exercise programs in the REX powered walking aid. *Journal of neuroeng. and rehab.* 14(1).
- Bosch T, Eck JV, Knitel K, Looze MP (2016). The effects of a passive exoskeleton on muscle activity, discomfort and endurance time in forward bending work. *Applied Ergonomics* 54: 212-7.
- Cavatorta MP, Spada ES, Karam J. (2019). Human-centred approach in Industry 4.0: 59-60.
- Comau (2020). MATE. <https://www.comau.com/de/unsere-kompetenzen/robotik/exoskeleton>. \*

- Constantinescu C, Popescu D, Muresan P, Todorovic O (2016). Optimisation of advanced manufacturing environments with integrated intelligent Exoskeletons. International Conference on Production Research—Africa, Europe and the Middle East, Cluj-Napoca, Romania: 24-27.
- Costa BR (2010). Risk Factors for Work-Related Musculoskeletal Disorders : A Systematic Review of Recent Longitudinal Studies 323: 285-323.
- Cyberdyne (2020). HAL Lumbar Type Labor. [https://www.cyberdyne.jp/english/products/Lumbar\\_Labor\\_Support.html](https://www.cyberdyne.jp/english/products/Lumbar_Labor_Support.html). \*
- de Looze MP, Krause F, O'Sullivan LW (2017). The Potential and Acceptance of Exoskeletons in Industry. In González-Vargas J, Ibáñez J, Contreras-Vidal J, van der Kooij H, & Pons J (Hrsg.), Wearable Robotics: Challenges and Trends (16th ed.). Springer.
- Exhauss (2020). Lifter. [http://www.exhauss.com/pdf/EXHAUSS\\_LIFTER\\_Early\\_2018.pdf](http://www.exhauss.com/pdf/EXHAUSS_LIFTER_Early_2018.pdf). \*
- Gillette J, Stephenson M (2018). EMG analysis of an upper body exoskeleton during automotive assembly.
- Glitsch U (2019). Analyse der Wirksamkeit von Exoskeletten. In: Aus Der Arbeit des IFA 406, (01).
- Groos S, Fuchs M, Kluth KZ (2019). Belastungs- und Beanspruchungsanalyse beim Einsatz eines passiven Exoskelettes zur Bein- und Rückenunterstützung während simulierter Montagetätigkeiten
- Hoffmann N, Argubi-Wollesen A, Linnenberg C, Weidner R (2019). Towards a Framework for Evaluating Exoskeletons. Production at the leading edge of technology: 441-450.
- Hunic (2020). Softexo. <https://www.hunic.com/>. \*
- Hyundai (2020). H-CEX. <https://www.therobotreport.com/industrial-exoskeletons/>. \*
- Innophys (2020). MuscleSuit. <https://innophys.jp/en>. \*
- Karafillidis A, Weidner R (2018). Distinguishing Support Technologies. A General Scheme and Its Application to Exo-skeletons. Developing Support Technologies, Springer: 85-100.
- Kawasaki (2020). Kawasaki power assist suit. <https://www.digitaltrends.com/cool-tech/need-to-lift-something-try-wearing-a-kawasaki-robotic-exoskeleton/>. \*
- Kim S, Nussbaum MA, Esfahani MIM, Alemi MM, Alabdulkarim S, Rashedi E (2018). Assessing the influence of a passive, upper extremity exoskeletal vest for tasks requiring arm elevation: Part I – “Expected” effects on discomfort shoulder muscle activity, and work task performance. Applied Ergonomics: 1-8.
- Lockeed Martin (2020). Fortis. <https://www.lockheedmartin.com/en-us/products/exoskeleton-technologies/industrial.html>. \*
- Maurice P, Camernik J, Gorjan D, Schirrmeister B, Bornmann J, Tagliapietra L, Latella C, Pucci, D, Fritzsche L, Ivaldi, S, Babič J (2019). Evaluation of PAEXO, a novel passive exoskeleton for overhead work.
- Mcfarland T, Fischer S (2019). Considerations for Industrial Use : A Systematic Considerations for Industrial Use : A Systematic Review of the Impact of Active and Passive Upper Limb Exoskeletons on Physical Exposures. IISE Transactions on Occupational Ergonomics and Human Factors: 1-26.
- McNitt B. (2017). Locomotive Training for Motor-Incomplete SCI in the Sub-Acute Setting: A Case Study
- N-ippin (2020). Rakunie. <https://www.morita119.com/en/products/supportwear/rakunie/001.html>. \*
- Otten B, Weidner R, Argubi-Wollesen A (2018). Evaluation of a novel active exoskeleton for tasks at or above head level. IEEE Robotics and Automation Letters 3(3).
- Radder B, Prange-Lasonder GB, Kottink AI, Holmberg J, Sletta K, Van Dijk M, Meyer T, Burke JH, Rietman JS (2020). The effect of a wearable soft-robotic glove on motor function and functional performance of older adults. Assistive technology 32(1): 9-15.
- RB3D-1 (2020). Exopush. <https://www.rb3d.com/produits/exosquelettes/exopush/>. \*
- RB3D-2 (2020). Hercule. <https://www.rb3d.com/en/exoskeletons/exo/>. \*
- Rogge T, Daub U, Ebrahimi A, Schneider U (2016). Der interdisziplinäre Entwicklungsprozess von aktiv angetriebenen, körpergetragenen Exoskeletten für die oberen Extremitäten am Beispiel des „Stuttgart Exo-Jacket“. In: Technische Unterstützungssysteme, die die Menschen wirklich wollen.
- SuitX (2020). LegX. <https://www.suitx.com/legx>. \*
- Weston EB, Alizadeh M, Knapik GG, Wang X, Marras WS (2018). Biomechanical evaluation of exoskeleton use on loading of the lumbar spine. Applied Ergonomics: 101-108.
- Wyss Institute (2020). Soft Robotik Exosuit. <https://wyss.harvard.edu/warrior-web-exosuit-study/>. \*
- Yao Z, Linnenberg C, Weidner R, Wulfsberg JP (2019). Development of a soft power suit for lower back assistance, in: Proc. - IEEE Int. Conf. Robot. Autom., May: 5103–5109.

\* Auf die angeführten Internetquellen wurde am 14.01.2020 zuletzt zugegriffen.

**Danksagung:** Der Beitrag ist im Rahmen des Forschungsprojekts „Exo@Work“ entstanden, welches von der Berufsgenossenschaft Handel und Warenlogistik (BGHW) gefördert wird. Die Autoren sind alleinig für die Inhalte des Beitrags verantwortlich.



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](mailto:office@internetkundenservice.de) · [www.internetkundenservice.de](http://www.internetkundenservice.de)