

Haltung durch Technik

Tragbare Assistenzsysteme verleihen Menschen Kraft, Halt oder Bewegungsfreiheit – nicht nur in der Arbeitswelt

TEXT Kerstin Albers-Joram

Das Exoskelett: Ist das ein Roboter-Anzug, der uns künftig Superkräfte verschafft? Nein, die neuen Assistenzsysteme werden zwar am Körper getragen. Aber sie machen uns nicht zum fantastischen „Iron Man“. Exoskelette unterstützen den Körper, zum Beispiel beim Heben, Bewegen oder Stehen. Ein Überblick über die neue Technik in Arbeitswelt, Medizin und Alltag.



Unsere Gesellschaft hat ein Haltungsproblem. Eine zentrale Ursache dafür sind physische Belastungen am Arbeitsplatz, die sich mit steigendem Lebensalter stärker auswirken. Nur 23 % aller Bundesbürger*innen sind, über einen Zeitraum von sechs Monaten betrachtet, frei von Rückenschmerzen. Demgegenüber haben rund 32 % täglich oder mehrfach in der Woche ein schmerzendes Rückgrat.¹ Die Berufsgenossenschaft für Gesundheitsdienst und Wohlfahrtspflege gibt an, dass sich bei Berufskrankheiten 3 % der Meldungen der unter 25-Jährigen auf Wirbelsäulenerkrankungen beziehen.² Bei der Gruppe der über 45-Jährigen steigt die Zahl bereits auf 28 %.

Ein wachsendes Problem in einer alternden Gesellschaft. Nicht nur, dass immer mehr Arbeitsjahre bis zur Rente erbracht werden müssen, viele Arbeitnehmende laufen Gefahr, aufgrund von Arbeitsbelastungen vorzeitig aus dem Erwerbsleben auszuschneiden. Ob Produktion, Logistik oder Pflege, täglich werden unzählige Handgriffe beim Heben von Lasten oder bei Überkopparbeit ausgeführt, die körperlich belastend sind. Bereits das einhändige Heben von mehr als 5 kg (Frauen) bzw. 10 kg (Männer) bei „ca. 250 Hebe- oder Umschlagvorgängen pro Tag oder einer Gesamttagedauer von ca. 30 Minuten pro Tag“ gilt als gefährdend.³ Und schließlich sind Muskel- und Skeletterkrankungen für mehr als ein Fünftel aller krankheitsbedingten Fehlzeiten in Deutschland verantwortlich.⁴

Längst hat der digitale Pioniergeist Lösungen für einen der Haltung zuträglichen Arbeitsschutz entwickelt: „Kollege Roboter“ wird schon bald in vielen Arbeitsbereichen zum Alltag gehören, viele digitale Eingliederungsmaßnahmen in Arbeitsprozesse gibt es bereits. Dass Roboter jedoch alle kraftaufwändigen Aufgaben übernehmen und menschliche Arbeitskräfte hier verdrängen, ist erst einmal unwahrscheinlich. Eine realistische Zwischenstufe verbindet aber heute schon Mensch und Maschine: Exoskelette.

WAS SIND EXOSKELETTE?

Exoskelette sind am Körper getragene Assistenzsysteme, die Beine und Becken, Schultern und Arme unterstützen. Sie helfen durch zusätzliche Kraft, Halt oder Bewegungsfreiheit.

Viele denken bei Exoskeletten unweigerlich an Figuren aus Science-Fiction-Filmen wie „Terminator“ oder an Marvel-Helden wie „Iron Man“. Dahinter steckt die Idee, die körperliche Leistungsfähigkeit eines Menschen ins Unermessliche zu steigern: durch einen Roboter-Anzug, der Superkräfte verleiht. Das ist weit gefehlt. Für die Arbeitswelt steht im Fokus, Arbeitsplätze ergonomischer zu gestalten und dadurch Negativfolgen wie Überlastung, Schmerzen und krankheitsbedingte Ausfälle zu vermeiden.

Exoskelette lassen sich in drei Kategorien unterteilen: komplexe, mittelkomplexe und geringkomplexe. Diese Systeme ermöglichen, verstärken, erleichtern oder stabilisieren Bewegungen. Der Aufbau von Exoskeletten richtet sich aus am Anwendungskontext und dem Zweck, etwa Prävention, Rehabilitation oder Erweiterung der Fähigkeiten.

1 Vgl. Statista-Umfrage von 2019, <https://bit.ly/2yXPchz>, Abruf 2.4.2020 (auch für alle folgenden Links).
2 BGM 2013, <https://bit.ly/2w7tbl1>.
3 So in einem Merkblatt für Berufskrankheiten von 2006, vgl. Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAUA), <https://bit.ly/250W0nd>.
4 2018: 22 %. Vgl. B. Badura et al., Fehlzeitenreport 2018, Berlin/Heidelberg 2019, S. 45, www.bit.ly/3cgjhCQ.

Bauarten und Eigenschaften von Exoskeletten

Bauart	a) Passive Exoskelette	b) Aktive Exoskelette	
Eigenschaften	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
Unterstützte Körperregion	Beine / Rumpf / Arme / Kombinationen / Ganzkörper	Beine / Rumpf / Arme / Kombinationen	Beine / Rumpf / Arme / Kombinationen / Ganzkörper
Funktionsweise	mech. Feder / Gasdruckfeder / ggfs. max. Beugewinkelbegrenzung (Stützfunktion), ggfs. funktionsschaltbar (An / Aus)	elektrischer / pneumatischer Antrieb mit einfacher Regelungsfunktion, Stärke der Unterstützung einstellbar	elektrischer / pneumatischer Antrieb mit komplexer Regulations- / Steuerungsfunktion (Bewegungsprogramme, neurophysiologische Sensorik)
Energiezufuhr	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: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung, <https://bit.ly/2R4DXtF>, S. 5, Abruf 2.4.2020.

WELCHE BEISPIELE AUS DER ARBEITSWELT GIBT ES BEREITS?

Die Automobilhersteller Audi, BMW und Volkswagen sind offensichtlich Pioniere beim Einsatz von Exoskeletten in der Werkhalle.⁵ „Sitzen ohne Stuhl!“ – das erprobt Audi bei der Automobilmontage mit dem „Chairless Chair“.⁶ Im Rahmen des Pilotprojektes im Audi-Werk Neckarsulm tragen die Mitarbeitenden die Konstruktion wie ein zweites Paar Beine. Das Gestell aus Karbon stützt sie immer dann, wenn es gebraucht wird und ermöglicht ihnen, in einer ergonomisch günstigen Position zu sitzen statt zu stehen – selbst bei kurzen Montage-Intervallen.⁷ Das Gewicht des „stuhllosen Stuhls“ beträgt lediglich 2,4 Kilogramm.

Auch BMW arbeitet bereits mit der Technologie. Im US-Werk in Spartanburg unterstützen die modernen Assistenzsysteme Mitarbeiter*innen bei der oft körperlich sehr anstrengenden Überkopf-Montage. Der Autobauer hat dort 68 Exoskelett-Westen im Serieneinsatz. Aber auch in Deutschland haben es Exoskelette bei BMW schon in die Serienfertigung geschafft. „Die Tests

Der Mitarbeiter in der Automobilmontage trägt die Konstruktion wie ein zweites Paar Beine.

5 Auch DB Schenker testet Exoskelette. Der Logistikdienstleister prüft, ob die Arbeitshilfen konzernweit Anwendung finden sollen. Vgl. auch <https://tsp.de/ryv8>.
6 Vgl. <https://tsp.de/8fza>.
7 Vgl. <https://tsp.de/8fza>; <https://tsp.de/2lmz>; <https://tsp.de/hnfz>.



Beispiel eines Exoskeletts, das die Armbewegung bei wiederkehrenden manuellen Arbeiten unterstützen soll.

mit den Exoskeletten für den Unterkörper konnten wir 2017 in unseren deutschen Werken erfolgreich abschließen“, berichtet Christian Dahmen von der BMW Group.⁸ Jeder eingewiesene Mitarbeiter könne jederzeit auf diese Sitzhilfen zurückgreifen.

Auch im Volkswagenwerk Bratislava sind Exoskelette eingesetzt worden. Sie werden als äußere Stützstrukturen einfach wie ein Rucksack angelegt. Die Exoskelette dienen dazu, die Mitarbeitenden bei der Überkopf-Montage ergonomisch zu entlasten.⁹

Ohne Zweifel, Exoskelette im Einsatz in Montage oder Produktion bieten Chancen. Dr. Peter Heiligen-setzer, CEO von German Bionic Systems (CBS), erklärt in diesem Zusammenhang: „Exoskelette sollen keine Übermensch für die Produktion erschaffen, sondern Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmer durch physische Ergonomieunterstützung vor gefährlichen Bewegungsrichtungen schützen, welche mittel- und langfristig zu Erkrankungen des Muskel-Skelett-Systems führen.“¹⁰

WELCHE RISIKEN GIBT ES?

Das Interesse am Einsatz von Exoskeletten in der Arbeitswelt ist generell hoch, ob in der Automobilindustrie, in der Pflege oder in anderen Bereichen. Arbeitsschützer*innen, Betriebsärzt*innen und Berufsgenossenschaften begehen der Entwicklung und dem Einsatz aber auch kritisch. „Niemand kann momentan sagen, welche Chancen die Systeme bieten und welche neuen Probleme sie bringen“, unterstreicht Sport-

mediziner Benjamin Steinhilber von der Universität Tübingen.¹¹

Wichtig ist es, genau zu wissen, was für Tätigkeiten auszuführen sind und danach die richtige Systemtechnik auszuwählen. Es gibt nicht das eine Unterstützungssystem, sondern vielmehr unterschiedliche Ansätze, die an den Menschen und den konkreten Kontext anzupassen sind. So betont das Institut für angewandte Arbeitswissenschaft (ifaa): „Trotz positiver Effekte sollte der Einsatz eines Exoskeletts am Produktionsarbeitsplatz sorgfältig vorbereitet und geplant werden. Aktuell werden Exoskelette als personenbezogene bzw. personengebundene Maßnahme eingeordnet.“¹² Daher ist der Arbeitgeber gemäß Arbeitsschutzgesetz verpflichtet, die durch ein Exoskelett am Arbeitsplatz möglicherweise entstehenden Gefährdungen für Sicherheit und Gesundheit der Beschäftigten zu vermeiden.

Eine explorative Feldstudie mit 30 Probanden an acht verschiedenen Arbeitsplätzen bei Audi ergibt ein weitestgehend positives Bild des Exoskeletts in der Erprobung. „Jedoch muss der Nutzer in den Mittelpunkt sowohl der Entwicklung als auch der Pilotierung und Implementierung von Exoskeletten rücken“, betont die Studie. „Für die Implementierung industrieller Exoskelette als menschenzentrierte, ergonomische Assistenzsysteme müssen neben deren biomechanischer Fundierung vor allem Aspekte wie Ergonomie, Komfort, Usability, Sicherheit, Nutzerakzeptanz und psychische Belastung adäquat berücksichtigt

8 Vgl. <https://tsp.de/wmsj>; <https://tsp.de/6jvl>.
9 Vgl. <https://tsp.de/5vxb>.
10 Vgl. <https://tsp.de/6jvl>.
11 Vgl. <https://tsp.de/h4pt>.
12 Vgl. <https://tsp.de/hoy>.
13 <https://bit.ly/3aoAb18>.



Ein Querschnittsgelähmter Patient trainiert im Universitätsklinikum Bergmannsheil in Bochum in einem Exoskelett der Firma Cyberdyne Care Robotics auf dem Laufband und wird dabei von einer Therapeutin betreut.

14 <https://bit.ly/2RAcJhV>.

15 Ebda.

16 Vgl. <https://bit.ly/3bJaU09>.

17 Vgl. <https://rip.def/jomy>.

18 Vgl. ebda.

19 Am Powered Exoskeleton Race, einer der sechs Disziplinen beim Cybathlon, nehmen Querschnittsgelähmte Personen teil, die ein Exoskelett tragen. Die Exoskelette ermöglichen den Teilnehmenden, zu gehen und Alltagsaufgaben zu lösen. Robert Rieneer, Professor für Robotik an der ETH Zürich, initiierte den Cybathlon im Jahr 2013 als eine Art Plattform für die Entwicklung von alltagsnahe Assistenzsystemen. Vgl. <https://rip.def/kody>; vgl. auch <https://rip.def/839m>.

werden.“¹⁴ Unerlässlich sei ferner ein partizipativer Prozess: Gleichberechtigt sollten „Ergonom, Betriebsmediziner, Arbeitssicherheit, Arbeitnehmervertretung (unter Berücksichtigung der Mitbestimmungsrechte nach BetrVG) und vor allem die betroffenen Mitarbeiter frühzeitig in die Pilotierung und den Rollout einbezogen werden.“¹⁵

Exoskelette – ein „Hype“ oder die Kardinallösung für eine ergonomisch-nachhaltigere Arbeitswelt? Damit sie den prophezeiten gewinnbringenden Nutzen „ohne Nebenwirkungen“ leisten können, müssen grundsätzliche Risiken berücksichtigt werden, etwa Gefährdungen der Arbeitssicherheit durch Fehlfunktionen oder Störungen, fehlende Sicherheitsstandards oder den Einsatz an ungeeigneten Arbeitsplätzen (Kollisionsgefahr). Grundlegend gilt: Wenn ein Exoskelett verwendet wird, braucht es für den Arbeitsplatz eine neue Gefährdungsbeurteilung. Exoskelette werden stetig weiterentwickelt, deshalb ist einen umfassender sowie transparenter Austausch zwischen allen Beteiligten nötig.¹⁶

IN DER MEDIZIN: HILFE NACH LÄHMUNG ODER SCHLAGANFALL

Sind Rollstühle für Querschnittsgelähmte bald Vergangenheit? Die Erforschung und Weiterentwicklung von Exoskeletten für Menschen im Rollstuhl ist eine der aufsehenerregendsten Neuentwicklungen. Für Querschnittsgelähmte gibt es zukunftsweisende Modelle wie beispielsweise das Exoskelett ReWalk.¹⁷ Nach einer intensiven Übungszeit können Patient*innen verschiedene Bewegungsprogramme wie Sitzen, Stehen, Gehen oder Treppensteigen ausführen.¹⁸ Beim Wettkampf Cybathlon (2016 in Zürich) wurde die Bewegung mit robotischen Exoskeletten in die Liste der Disziplinen aufgenommen. Im Gegensatz zu anderen Wettkampfprogrammen spiegeln die Aufgaben des „Parcours für Exoskelette“ klassische Alltagsaktivitäten, wie etwa die Überwindung von Hindernissen wie Treppen, Rampen und Gefälle oder auch das Aufstehen vom Sofa. Weitere Herausforderungen stellen sich bei der Navigation auf engstem Raum, zum Beispiel an Türen oder zwischen Möbeln.¹⁹

Intelligente Assistenzsysteme sind schon jetzt in der Lage, die Lebensqualität von Menschen im Alter zu erhalten und zu steigern.

Ein bereits stärker erforschtes Anwendungsgebiet ist die Rehabilitation mit Exoskeletten nach einem Unfall oder Schlaganfall. Hier steht im Fokus, dass Bewegungen ermöglicht oder verstärkt werden. Bezeichnend für die positive Akzeptanz ist die Tatsache, dass der Spitzenverband der gesetzlichen Krankenkassen erstmals ein Exoskelett in das Hilfsmittelverzeichnis aufgenommen hat.²⁰

„SENIOR IRON MAN“ ANSTELLE VON ROLLATOR – EXOSKELETTE IN EINER ÄLTER WERDENDEN GESELLSCHAFT

Die Wichtigkeit des Exoskeletts und die vielfältigen Einsatzmöglichkeiten werden insbesondere angesichts der prognostizierten Gesellschaftsentwicklung deutlich. Der demographische Wandel und steigende Lebenserwartungen stellen heute bereits zentrale Herausforderungen an Medizin, Wirtschaft und Wissenschaft. Intelligente Assistenzsysteme sind schon jetzt in der Lage, die Lebensqualität von Menschen im Alter zu erhalten bzw. zu steigern. Tragbare Zukunftstechnologien können den natürlichen Bewegungsablauf des Menschen technisch unterstützen und die Gesundheit erhalten. Der Einsatz von Exoskeletten ermöglicht eine längere nachhaltige Teilhabe am Alltags- und Berufsleben. Konkret heißt das: Die Assistenzsysteme können sensomotorische und kognitive Funktionseinbußen ausgleichen und darüber hinaus das Wiedererlernen von Tätigkeiten erleichtern. Der Medizin wird an dieser Stelle eine ganz besondere Rolle zukommen. Denn auch im Alter will kein Mensch auf grundlegende Bewegungsfreiheit und Mobilität verzichten.

INNOVATION MIT CHANCEN UND RISIKEN FÜR ARBEITSWELT, MEDIZIN UND FREIZEIT

Sensorik, Bionik und Digitalisierung ermöglichen die Verbindung von Roboter und Mensch. Ursprünglich für militärische und medizinische Anwendungen konzipiert, finden Exoskelette zunehmend Verwendung in der Arbeitswelt. Sie haben augenscheinlich das Potenzial, physische Belastungen zu reduzieren, die durch Heben und Tragen schwerer Lasten und einseitige Körperhaltungen verursacht sind, so das Institut für angewandte Arbeitswissenschaft. „Dadurch können Exoskelette dazu beitragen, die Arbeits- und Leistungsfähigkeit von Beschäftigten zu erhalten und darüber hinaus auch leistungsgewandelte Personen wieder in den Arbeitsprozess zu integrieren.“²¹

Mit dem Einsatz von Exoskeletten seien allerdings auch Herausforderungen verbunden, insbesondere im Bereich des Arbeitsschutzes und der Arbeitsplanung. Der innovative Fortschritt der Exoskelett-Technik, ob in der Arbeitswelt oder beim „Verlängerungsspiel“ im Alter, ist somit vor einem gesamtgesellschaftlichen Hintergrund zu sehen. Der Mensch soll stets die Hoheit über jede Aktivität behalten und im Mittelpunkt stehen. ■

20 Vgl. <https://rip.def/6q8u>.
21 <https://bit.ly/3aoAb18>.