

# Ein Upgrade für die menschliche Arbeitskraft?

Exoskelette können Arbeiten erleichtern – wissenschaftliche Erkenntnisse zum Langzeiteinsatz fehlen

**(MM)** Der menschliche Körper ist ein Wunderwerk und zu beachtlichen Leistungen fähig: Als schnellster Mensch erreichte der jamaikanische Sprinter Usain Bolt im Jahr 2009 eine Spitzengeschwindigkeit von über 44 Kilometern pro Stunde. Der georgische Gewichtheber Lasha Talachadse stemmte 2021 an der Langhantel knapp 265 Kilo in die Höhe – ebenfalls ein Weltrekord. Und den Gesetzen der Schwerkraft trotzte 2022 der indonesische Sportkletterer Kiromal Katibin. Der Rekordhalter im Speedklettern flitzte die 15 Meter hohe Wand aus dem Stand in gerade mal fünf Sekunden hoch. Auch im Beruf erbringen viele Beschäftigte tagtäglich Höchstleistungen – und das nicht über wenige Sekunden, sondern über acht

Arbeitsstunden und mehr: Sie stemmen, schleppen und stapeln unzählige schwere Getränkekisten oder Pakete. Andere arbeiten überwiegend mit den Händen über Kopf: beim Deckenstreichen oder in Kfz-Werkstätten bei Arbeiten am Fahrzeugunterboden. Andere legen im Gesundheitswesen zig Kilometer zurück, heben und (unter-)stützen Patienten und Pflegebedürftige in allen Lebenslagen. Diese Belastungen gehen langfristig buchstäblich auf die Knochen, konkret auf das Muskel-Skelett-System. So genannte Exoskelette können Beschäftigte in vielen Bereichen entlasten und unterstützen. Sie sind quasi ein Update für die ohnehin schon bemerkenswerte menschliche Arbeitskraft.



Foto: German Bionics System



Aber was genau ist eigentlich ein Exoskelett? „Das ist gar nicht so leicht zu beantworten“, sagt Markus Peters, wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Fachgruppe „Human Factors und Ergonomie“ bei der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) und Mitglied im Normenausschuss „Exoskelette“. Ein durch seinen Schnitt stützendes Textil oder ein Kinesiotape falle aber auf jeden Fall nicht unter die Definition. Der Experte schlägt folgende wissenschaftliche Eingrenzung vor: „Technische, robotische oder Assistenzsysteme, die am Körper getragen werden und einen Teil der Muskelkraft übernehmen oder umleiten.“

Unterschieden werden passive Lösungen, bei denen die Kraft etwa über ein System aus Seilzügen, Federn und Dämpfern umgeleitet wird, und aktive Lösungen, die über akkubetriebene Elektromotoren oder pneumatische Antriebe zur mechanischen Unterstützung verfügen. Möglich sind laut Peters auch hybride Systeme, die sowohl mit aktiven als auch passiven Elementen arbeiten. Je nachdem, welche Körperpartien entlastet werden, spricht man von Ganzkörper- oder Unterkörper-Exoskeletten (Die Kraft wird meist in den Boden abgeleitet.) und Oberkörper-Exoskeletten (Die Kraft wird zur Entlastung von den Armen/Schultern zum Beispiel auf die Oberschenkel verteilt).

### Junge Technologie mit langer Geschichte

In der Arbeitswelt sind „Exoskelette“ eine vergleichsweise junge Technologie – auch wenn die Ursprünge bis ins 19. Jahrhundert zurückreichen. So hatte bereits in den 1890er Jahren ein russischer Erfinder eine Konstruktion aus Blattfedern zum Patent angemeldet, welche die Laufgeschwindigkeit von Soldaten erhöhen sollte. Knapp

70 Jahre später stellte der US-Konzern General Electric mit dem „Hardiman“ eine Apparatur vor, die es ihrem Träger ermöglichen sollte, ein Gewicht von rund 700 Kilogramm zu stemmen. Allerdings brachte allein der Greifarm des massiven Geräts fast genauso viele Kilos auf die Waage und war mit der damaligen Steuerungstechnik kaum zu beherrschen.

Die Technik hat seit dieser Zeit große Sprünge gemacht. Die Entwicklung von Exoskeletten wurde dabei vor allem für militärische und medizinische Anwendungen vorangetrieben. So können dank moderner Technik zusätzliche Lasten geschultert und über längere Strecken getragen werden, Querschnittsgelähmte mit aktiven Prothesen wieder gehen oder die Extremitäten bewegen. Auch lässt sich mit dieser Technik geschwächte beziehungsweise verkümmerte Muskulatur wieder trainieren. Erst seit etwa fünf Jahren sind Exoskelette hierzulande auch in der Arbeitswelt angekommen und beschäftigen damit die Berufsgenossenschaften oder Organisationen wie die Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, an der Peters forscht.

### Noch keine Normen

„Für Exoskelette gibt es noch keine Normen“, sagt Peters. Dafür sei die Technik noch zu neu. Entsprechende Regularien seien in Arbeit, deren Entwicklung dürfte aber noch ein paar Jahre in Anspruch nehmen. Die Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV) orientiere sich bei der Klassifizierung an der „bestimmungsgemäßen Verwendung“ der Ausrüstung. Denn die Einordnung, was Exoskelette eigentlich sind, ist nicht ganz einfach. Dient das Exoskelett etwa der gesundheitlichen Rehabilitation, handelt es sich um ein Medizinprodukt. Wird es als „Technisches

Hilfsmittel“ verwendet, so fällt es in den Geltungsbereich der Maschinenrichtlinie. Erfüllt das Exoskelett aber überwiegend eine Schutzfunktion, ist es als Persönliche Schutzausrüstung (PSA) zu behandeln. In diesem Fall wären die Mitarbeiter dann zur Nutzung verpflichtet. Exoskelette sollten erst dann eingesetzt werden, wenn technische und organisatorische Maßnahmen zur Minimierung der Gefahren am Arbeitsplatz ausgeschöpft wurden.

### Verbreitung und Akzeptanz

„Exoskelette sind zwar schon an einigen Arbeitsplätzen angekommen, werden nach meinem Kenntnisstand dort gar nicht so häufig verwendet“, sagt Peters. Die meisten der derzeit am Markt angebotenen Produkte seien von den Herstellern als „Technisches Hilfsmittel“ deklariert und die Nutzung daher freiwillig. Das Problem sei oft die Akzeptanz der neuen Technologie und dass die Exoskelette im Laufe der Zeit immer weniger getragen würden. Denn auch wenn diese die Belastungen bei bestimmten Tätigkeiten gegebenenfalls deutlich reduzieren beziehungsweise gleichmäßiger auf den Körper verteilen können, spielen für die Anwender offenbar weitere Aspekte – wie der Tragekomfort und die Handhabung – eine bedeutendere Rolle. So sind Exoskelette für bestimmte Arbeiten konzipiert und können bei anderen Tätigkeiten die Bewegungsfreiheit einschränken und störend wirken. Auch empfindet mancher das An- und Ablegen der Ausrüstung, etwa für Toilettengänge, Pausen oder andere Tätigkeiten, möglicherweise als zu umständlich. Zudem kann das Gewicht des Exoskeletts – und daraus resultierend Druck- und Scheuerstellen sowie erhöhtes Schwitzen an den Auflagepunkten – die Akzeptanz im Alltag negativ beeinflussen.



„Exoskelette sollen in erster Linie dazu beitragen, Überlastungen zu vermeiden und vor Erkrankungen zu schützen – sie dienen nicht der Effizienzsteigerung“, betont Peters. „Sie leisten überall dort einen sinnvollen Beitrag, wo sich ein ergonomisches Arbeiten nicht ohne Weiteres umsetzen lässt, etwa bei Tätigkeiten auf Baustellen, bei Speditionen, in der Pflege oder bei Notfalleinsätzen.“ Dass Exoskelette Belastungen des Muskel-Skelettsystems punktuell reduzieren können, wurde in Laboruntersuchungen nachgewiesen. Studien darüber, wie sich die Umleitung der Kräfte aber langfristig auf Muskeln und Gelenke auswirkt und ob man den Exoskelett-Einsatz beispielsweise mit parallelen Muskeltrainings flankieren sollte, stehen aufgrund der vergleichsweise jungen Technologie noch aus.

### Sicherheitsrelevante Faktoren

Es mag banal klingen: Aber der Einsatz neuer Technologien am Arbeitsplatz darf keine zusätzlichen Gesundheitsgefahren verursachen. Entsprechend muss die verpflichtende Gefährdungsbeurteilung unter Einbeziehung der Exoskelette durchgeführt werden. Ausgeschlossen sein müssen etwa Einschränkungen der Bewegungsfreiheit, die zu Fehlbelastungen oder gar Stürzen führen könnten. Berücksichtigt werden müssen beispielsweise auch die einwirkenden Motorkräfte, mögliche Fehlfunktionen und bei akkubetriebenen Systemen das Risiko durch elektrische Schläge.

### Was sollte man beachten?

Wer sich für den Einsatz von Exoskeletten interessiert, dem bietet die DGUV eine „Checkliste für den betrieblichen Einsatz von Exoskeletten“ ([www.dguv.de](http://www.dguv.de), Webcode: p021553) sowie eine Mustergefährdungsbeurteilung für Exoskelette (Webcode: d1182315) zum kostenfreien Download an. Peters rät außerdem, die Maßnahmenhierarchie – technische

vor organisatorischen und persönlichen Schutzmaßnahmen – zu beachten. Geklärt werden sollten im Vorfeld auch organisatorische Fragen, beispielsweise zur Aufbewahrung, Reinigung, Pflege und Wartung der Ausrüstung.

### Fazit und Ausblick

„Wir werden in Zukunft sicher nicht alle Exoskelette tragen“, sagt Peters. Schließlich sind Exoskelette für bestimmte Anwendungen gemacht und nicht überall erforderlich beziehungsweise sinnvoll. Die Technik ist in vielen Branchen bereits erfolgreich im Einsatz, steckt aber insgesamt noch in den Kinderschuhen und wird ihr volles Potential sicher erst in den nächsten Jahren und Jahrzehnten entfalten. Gerade im Hinblick auf den demographischen Wandel und den Fachkräftemangel können Exoskelette die Beschäftigten bei körperlich fordernden Tätigkeiten entlasten und diese möglicherweise länger im Erwerbsleben halten. Auch bietet die unterstützende Technik körperlich eingeschränkten Personen die Chance, stärker am Berufsleben teilzunehmen als bisher. Ebenso können Exoskelette einen wichtigen Beitrag im Rahmen der beruflichen Wiedereingliederung nach einem Arbeitsunfall oder Krankheit leisten.

Beim Einsatz von Exoskeletten sollt man aber immer im Hinterkopf behalten, dass diese den Anwendern keine Superkräfte verleihen. Die neue Technik kann aber dazu beitragen, dass die täglich erbrachten Höchstleistungen keine gesundheitlichen Beschwerden verursachen – und lange Fehlzeiten und hohe Folgekosten vermieden werden.

**BAuA**

[www.baua.de](http://www.baua.de)



Foto: Ottobock