

Exoskelette

Physisch unterstützende Assistenzsysteme an Produktionsarbeitsplätzen

Ursprünglich für militärische und medizinische Anwendungen konzipiert, werden Exoskelette zunehmend auch für den Einsatz in der Produktion, Montage und Logistik interessant. Exoskelette haben das Potenzial, die durch Heben und Tragen schwerer Lasten und einseitige Körperhaltungen verursachte physische Belastung des Menschen zu reduzieren. Dadurch können sie dazu beitragen, die Arbeits- und Leistungsfähigkeit von Beschäftigten an Produktionsarbeitsplätzen zu erhalten beziehungsweise auch leistungsgewandelte Personen wieder in den Arbeitsprozess zu integrieren. Mit dem Einsatz von Exoskeletten sind allerdings auch Herausforderungen verbunden, insbesondere im Bereich des Arbeitsschutzes und der Arbeitsplanung.

Begriff und Bedeutung der Exoskelette

Exoskelette sind am Körper getragene, physisch unterstützende technische Assistenzsysteme. Sie werden hauptsächlich verwendet, um Bewegungen des Menschen zu Komfortzwecken zu erleichtern, Gesundheitsgefährdungen am Arbeitsplatz, die zum Beispiel zu Rückenerkrankungen führen können, zu vermeiden und medizinische Rehabilitationsmaßnahmen zu begleiten. Exoskelette kombinieren die ausgeprägten Sensomotorik- und Kognitionsfähigkeiten sowie die hohe Flexibilität des Menschen mit der hohen Wiederholgenauigkeit und Ausdauer der Technik.

Exoskelette wurden zunächst für militärische Anwendungen und die Weltraumrobotik beziehungsweise Teleoperationen entwickelt. Eine Weiterentwicklung fand dann für die Rehabilitation und Unterstützung bewegungseingeschränkter Menschen statt. In jüngster Zeit werden Exoskelette auch für Unternehmen der produzierenden Industrie interessant. Dort werden sie vermehrt als körpergetragene Hebehilfen für die Kraftunterstützung und für ergonomisches Arbeiten auch bei physisch anspruchsvollen Aufgaben durch Entlastung des ganzen Körpers oder einzelner beanspruchter Körperteile eingesetzt.

Es werden verschiedene Formen von Exoskeletten unterschieden, zum Beispiel nach ihrer Komplexität oder ihrer bestimmungsgemäßen Verwendung (BGHM 2017). Exoskelette, die den Anwendenden eine aktive mechanische Unterstützung bei einzelnen oder kombinierten physischen Belastungsfaktoren bieten, werden als »aktive Exoskelette« bezeichnet. Sie weisen eine hohe Komplexität auf, da sie motorbetrieben sind und über eine Stromversorgung verfügen. Weniger komplexe »passive Exoskelette« hingegen unterstützen die Anwendenden lediglich durch eine mechanisch wirkende muskelkraftbetriebene Federunterstützung ohne Stromversorgung bei ihren Körperbewegungen oder Körperhaltungen.

Entwicklungstrends

Die International Federation of Robotics (IFR) verzeichnet in ihrer jährlichen World Robotics Studie eine dynamische Entwicklung des Marktes für Exoskelette (englisch Powered Human Exoskeletons, deutsch körpergetragene Roboter-Systeme). Wurden 2015 weltweit rund 5000 Exoskelette verkauft, so stieg der Absatz 2016 um 20 Prozent auf rund 6000 Einheiten und 2017 um weitere 35 Prozent auf schätzungsweise 8100 Einheiten weltweit (IFR 2017). Für die Jahre 2018 bis 2020 prognostiziert die IFR einen weltweiten Absatz von rund 13500 Einheiten pro Jahr. Monetär beziffert steigt das Marktvolumen für Exoskelette von derzeit (2016) 96 Millionen US-Dollar pro Jahr bis 2026 auf rund 4,6 Milliarden US-Dollar pro Jahr (BIS Research 2017).

Perspektiven und Herausforderungen für den Einsatz an Produktionsarbeitsplätzen

Anwendungsgebiete für Exoskelette finden sich im Produktionsbereich sowohl in der Fertigung, Montage als auch in der Intralogistik und in Lagerhausarbeiten. Ihr Einsatz empfiehlt sich grundsätzlich an nicht-stationären Arbeitsplätzen für Tätigkeiten, die sich durch Heben und



Stephan Sandrock
ifaa – Institut für
angewandte Arbeits-
wissenschaft



Sebastian Terstegen
ifaa – Institut für
angewandte Arbeits-
wissenschaft

Abb. 1: Exoskelette entlasten Mitarbeiter zum Beispiel bei über-Kopf-Arbeiten.

Foto: Fraunhofer IPA



Literatur

BGHM Berufsgenossenschaft Holz und Metall (2017) Einsatz von Exoskeletten an (gewerblichen) Arbeitsplätzen; BGHM FAQ-Liste. https://www.bghm.de/fileadmin/user_upload/Arbeitsschuetzer/Fachinformationen/Fachinformationen/FI-0059_Einsatz-von-Exoskeletten-an-gewerblichen-Arbeitsplaetzen.pdf

BIS Research (2017) Global Wearable Robotic Exoskeleton Market – Analysis and Forecast (2017-2026)

IFR International Federation of Robotics (2017) World Robotics 2017 Service Robots

Literaturhinweise

Fachbereich Handel und Logistik der DGUV (2018) Einsatz von Exoskeletten an gewerblichen Arbeitsplätzen. <http://www.dguv.de/medien/fb-handelundlogistik/pdf-dokumente/exoskelette.pdf>

Autoren-Kontakt

Dr. rer. pol. Stephan Sandrock
ifaa – Institut für angewandte Arbeitswissenschaft
Tel.: +49 211 542263-33
E-Mail: s.sandrock@ifaa-mail.de

Dipl.-Ing. Sebastian Terstegen
ifaa – Institut für angewandte Arbeitswissenschaft
Tel.: +49 211 542263-42
E-Mail: s.terstegen@ifaa-mail.de

Tragen schwerer Lasten auszeichnen und die gleichzeitig – beispielsweise aufgrund eingeschränkter Bau- oder Fügeräume – den Einsatz technischer Hilfsmittel wie Gabelstapler, Kräne oder Lastenmanipulatoren ausschließen.

Der Einsatz von Exoskeletten im Produktionsbereich reduziert die physische Belastung des Menschen, die durch Heben und Tragen schwerer Lasten oder gebeugte Haltungen – sogenannte Zwangshaltungen – entstehen und zu gesundheitlichen Beschwerden der Beschäftigten führen können. Auch einseitig belastende Tätigkeiten, zum Beispiel langes Stehen oder ständige Rotationsbewegungen des Beckens, werden durch Exoskelette mechanisch unterstützt: das reduziert die physische Belastung. Exoskelette bieten damit die Chance, die Arbeits- und Leistungsfähigkeit der Beschäftigten zu erhalten und zu verbessern. Darüber hinaus können körperlich eingeschränkte beziehungsweise leistungsgewandelte Beschäftigte durch Exoskelette derart unterstützt werden, dass sie zu Tätigkeiten befähigt werden, die sie ohne physisch-technische Assistenz nicht durchführen könnten.

Trotz positiver Effekte sollte der Einsatz eines Exoskeletts am Produktionsarbeitsplatz sorgfältig vorbereitet und geplant werden. Aktuell werden Exoskelette als personenbezogene beziehungsweise personengebundene Maßnahme eingeordnet (BGHM 2017). Daher ist der Arbeitgeber gemäß Arbeitsschutzgesetz verpflichtet, die durch ein Exoskelett am Arbeitsplatz möglicherweise entstehenden Gefährdungen für Sicherheit und Gesundheit der Beschäftigten zu vermeiden. Der Arbeitgeber sollte mit einer Gefährdungsbeurteilung Gefährdungen ermitteln und bewerten, entspre-

chende wirksame Schutzmaßnahmen ableiten und umsetzen und die Beschäftigten in der Benutzung des Exoskeletts unterweisen. Mögliche Gefährdungen, die von Exoskeletten ausgehen und die zu ungünstigen physischen oder auch psychischen Belastungskonstellationen oder zu Unfällen führen können, sind beispielsweise Fehlfunktionen der Steuerung oder eine Fehlbedienung des Exoskeletts, Einengung oder Fremdsteuerung, Stolper- oder Sturzunfälle aufgrund des zusätzlichen Gewichts oder der ausladenden mechanischen Komponenten, eine fehlende Notbefehleinrichtung oder mangelhafte ergonomische Anpassung des Exoskeletts an die Anwendenden.

Auch wenn Exoskelette zahlreiche Anwendungsmöglichkeiten und Chancen bieten, lässt sich das Schutzziel, die physische Belastung des Menschen zu reduzieren, in den meisten Fällen schon durch eine ergonomische Arbeitsplatzgestaltung realisieren – insbesondere an stationären Produktionsarbeitsplätzen. Dazu ist bei der Arbeitsplanung sinnvollerweise das Prinzip Substitution – Technik – Organisation – Personal (STOP) anzuwenden. Das STOP-Prinzip legt die Hierarchie der Schutzmaßnahmen fest: An erster Stelle kann geprüft werden, ob Anlagen oder Arbeitsmittel durch andere ersetzt werden können. Häufig ist das nicht möglich, sodass im Folgenden geprüft werden muss, ob Gefährdungen durch technische Maßnahmen direkt an der Quelle beseitigt oder entschärft werden können. Zur Verringerung der physischen Belastung des Menschen durch gebeugte Haltungen oder Heben und Tragen schwerer Lasten können beispielsweise Lastenmanipulatoren, Gabelhubwagen, Scherenhubtische, Vakuumbreher oder höhenverstellbare Arbeitstische eingesetzt werden. Ergänzend zu diesen technischen Maßnahmen können organisatorische Maßnahmen ergriffen werden, zum Beispiel eine Beschränkung der Tätigkeitsdauer bei Arbeiten mit hoher körperlicher Belastung. Erst an letzter Stelle sollten personenbezogene Maßnahmen ergriffen werden, zum Beispiel die Benutzung einer persönlichen Schutzausrüstung. Da Exoskelette tendenziell als personenbezogene beziehungsweise personengebundene Maßnahme eingeordnet werden (siehe oben), sollten sie erst dann eingesetzt werden, wenn substituierende, technische und organisatorische Maßnahmen nicht zum vollständigen Erreichen des gewünschten Schutzziels führen. In diesem Fall ist der Einsatz eines Exoskeletts eine sinnvolle personenbezogene Maßnahme. ■