



Ein neues Skelett für den Menschen

A collage of black and white photographs of firefighters in various poses, arranged in a circular pattern around a central white hexagon. The firefighters are wearing full protective gear, including helmets, jackets, and pants with reflective stripes. Some are holding tools like axes or hoses, while others are in more dynamic poses. The background is white, and the overall composition is symmetrical and visually striking.

Copyright
Der Nachdruck von Artikeln ist unter Quellenangabe gestattet
Zürcher Hochschule der Künste, Toni-Areal, Pfingstweidstrasse 96,
8031 Zürich

Exoskelette

Einführung

6

Faul sein is fine!

Aussichten in Freizeit und Sport

10

**Alter?
No reason for excuse!**

Älterwerden und Rehabilitation

22

Alles ist möglich!

Perspektiven für Menschen mit Behinderung

28

Vollgas arbeiten!

Produktivität und Effizienzsteigerung

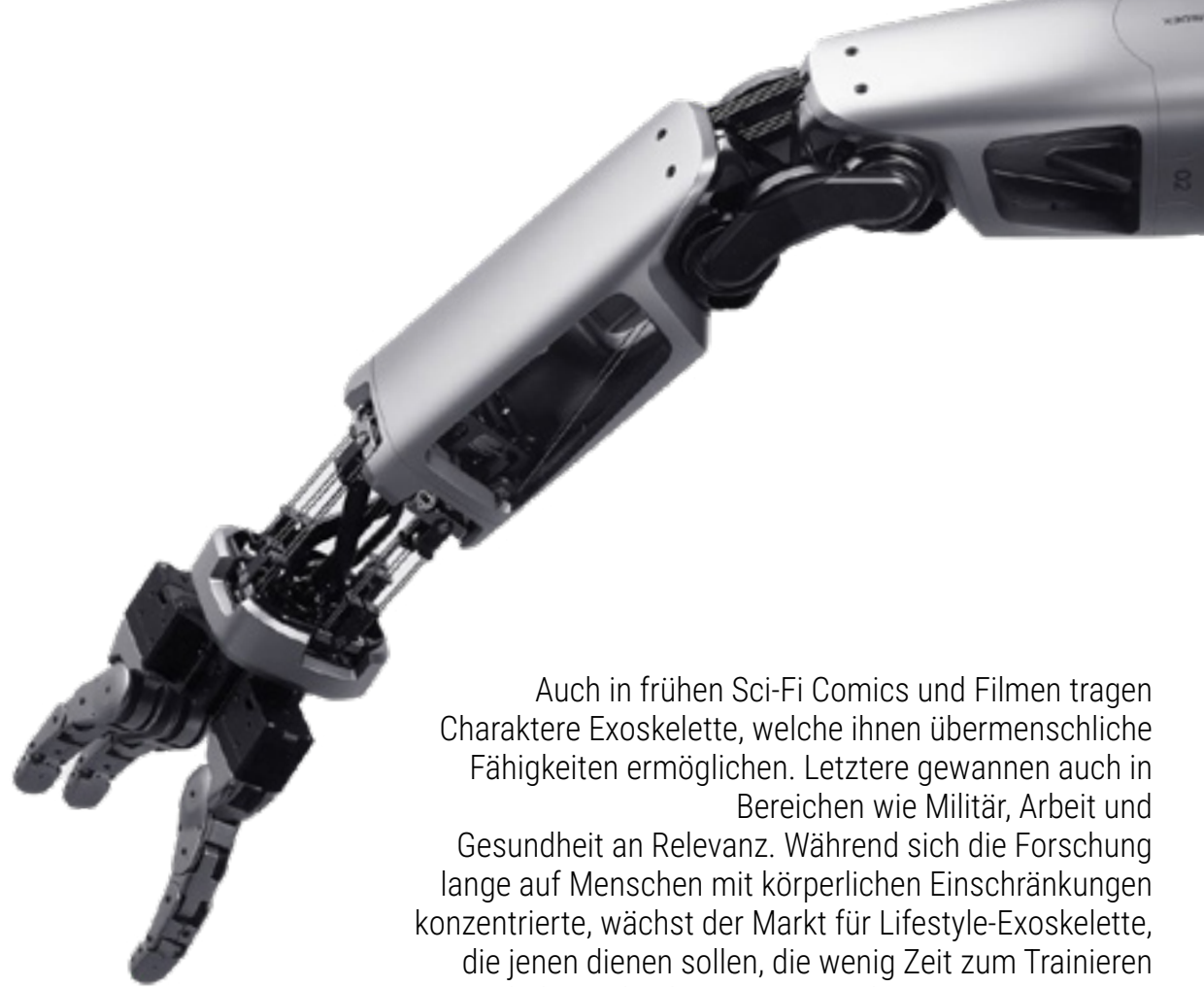
36

Einführung

Der Wunsch nach Effizienz prägt unsere heutige Gesellschaft immer stärker. Ob ein 15-minütiges Krafttraining im EMS-Zentrum, die schnelle E-Scooter-Fahrt zur Schule, wenn das Tram nicht rechtzeitig kommt, oder der Self-Checkout im Supermarkt nach einem langen Arbeitstag – überall suchen wir nach Wegen, Zeit und Aufwand zu sparen. Dabei geht immer häufiger körperliche Bewegung und Betätigung verloren.

Bewegung ist eine grundlegende menschliche Fähigkeit. Für Personen, deren natürliche Bewegungsmuster eingeschränkt oder gar nicht möglich sind, existieren verschiedenste technische Hilfsmittel wie Prothesen oder Exoskelette, die direkt mit dem Körper verbunden sind oder ausserhalb davon Unterstützung leisten. Technische Errungenschaften, die ursprünglich zu mehr oder vielseitigeren Bewegungsmöglichkeiten erfunden wurden, machen den gesunden Menschen nun aber ironischerweise immer unbeweglicher. Wir kehren wieder zum Ursprünglichen zurück: Faulsein gehört in die Natur des Menschen. Wieso trainieren, wenn Leistung gekauft werden kann?

Hier hat der Mensch bei Insekten, Spinnentieren und Krebsen abgeschaut: Sie besitzen alle ein natürliches Exoskelett, ansonsten sind sie wirbellos. Nebst der Muskulatur ermöglicht dies der Ameise beispielsweise das Tragen des bis zu 100-fachen Körpergewichts.



Auch in frühen Sci-Fi Comics und Filmen tragen Charaktere Exoskelette, welche ihnen übermenschliche Fähigkeiten ermöglichen. Letztere gewannen auch in Bereichen wie Militär, Arbeit und Gesundheit an Relevanz. Während sich die Forschung lange auf Menschen mit körperlichen Einschränkungen konzentrierte, wächst der Markt für Lifestyle-Exoskelette, die jenen dienen sollen, die wenig Zeit zum Trainieren haben oder ihren Körper anderweitig unterstützen wollen, denn "Gesund sein" ist bei jüngeren Generationen (Millenials, Z und Alpha) wichtig wie nie zuvor in der Geschichte der Menschheit.

Was passiert also, wenn ursprüngliche Hilfsmittel nicht mehr nur der Ermöglichung von Bewegung dienen, sondern der Effizienzsteigerung und Selbstoptimierung im Arbeitsalltag wie auch im freizeitlichen Sport „gesunder“ Menschen? Wo landen wir, wenn technische Anbauteile es uns erlauben, immer schneller, effizienter und leistungsfähiger zu werden?

EXO SKE LETT ?

Als ein Exoskelett (griechisch von exo „außen“ und skeletos „ausgetrockneter Körper“) bezeichnet man ein mechanisches Gerüst, welches dem Menschen am Außenkörper angebracht wird. Die Idee dahinter ist, den Körper mit einem Stützkorsett zu unterstützen. Ursprünglich stammt dieses System aus dem Reich der Tiere. Primär nutzen Gliedertiere (z.B. Krebse) kein inneres Skelett, sondern ein Außenskelett zwecks Stabilisierung.

Abb 1: Raytheons Exoskeleton im Einsatz



Faul sein ist fine!

Aussichten in Freizeit und Sport

Mit den Moonwalker Shoes beim Gehen zusätzlichen Antrieb bekommen und so Zeit sparen? Das alte Streben nach schneller, höher, weiter taucht längst auch in der Freizeit auf. Was einst unter anderem aus dem Gesundheitssektor kam, ist heute Teil der Selbstoptimierung. Technische Hilfsmittel lassen sich leichter kaufen als die eigene Fitness zu erarbeiten. Anstatt mühsam Beinmuskulatur für Ausdauersport aufzubauen, greift man zu einem Exoskelett, das kilometerweites Joggen ermöglicht und je nach Modell bis zu 30 Prozent Kraft einspart.

Diese technischen Anbauteile bleiben jedoch ein Luxusgut. Für die Mehrheit ist Fitness weiterhin eine beträchtliche zeitliche Investition; für gutverdienende Menschen wird sie kaufbar. Nach den anfänglichen, rudimentären Exoskelett-Entwürfen rückt nun auch deren Ästhetik in den Fokus. Wie lassen sich roboterhafte Strukturen möglichst smooth an den Menschen anbringen? Die Skelette sollen visuell ansprechbar sein, dezent und zurückhaltend wirken.

An den Mo/Go Hosen von Arcteryx und Skip (ein Robotik-Projekt von Google) lassen sich einerseits eine auf Ästhetik fokussierte Umsetzung beobachten, sowie auch das aufkommende Verlangen der Konsument:innen, genau zu verstehen, was im eigenen Körper abgeht. Das Exoskelett in Wanderhosenform – bietet verschiedene Fitnessmodi, zwischen denen man wählen kann. Eine App ermöglicht zusätzlich genauere Überwachung der persönlichen Leistung. Diese Features haben aber auch ihren Preis: Zur Zeit ist eine Vorbestellung der Hose für 99 US-Dollar möglich, sie kosten dann zusätzlich noch 4'900 US-Dollar.

Somit gilt heute nicht mehr nur schneller, höher, weiter, sondern, für die Personen, die sich den Luxus leisten können zudem noch: schöner, kontrollierter und länger.



Abb 2: Moonwalkers von Shift Robotics



Abb 3: Mo/Go Pants von Arcteryx & Skip, 2025



Abb 4: Mo/Go Pants von Arcteryx & Skip, 2025

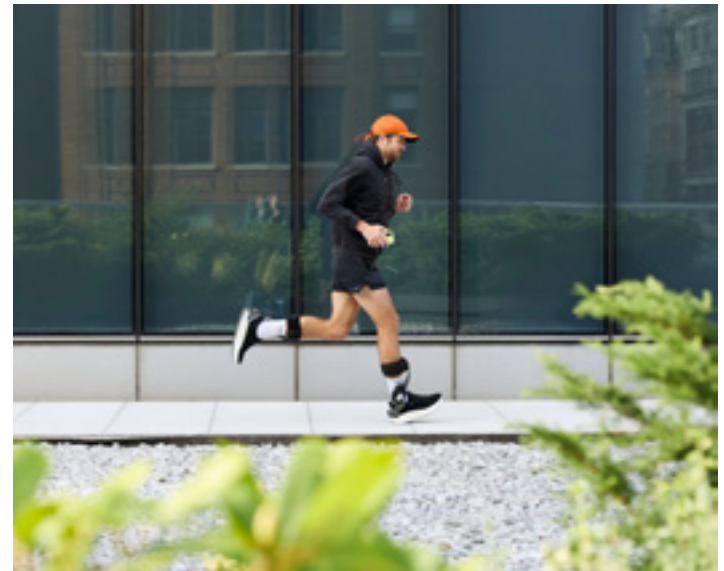


Abb 5: Nike Project Amplify, 2025

AUSBLICK

Sollten Exoskelette in naher Zukunft auch von Menschen ohne physische Behinderung, aus dem Grund der Selbstoptimierung und Leistungssteigerung genutzt werden und somit im Sport und Freizeitbereich Einhalt finden, wird die natürliche Bewegungsfähigkeit des Menschen an Bedeutung verlieren.

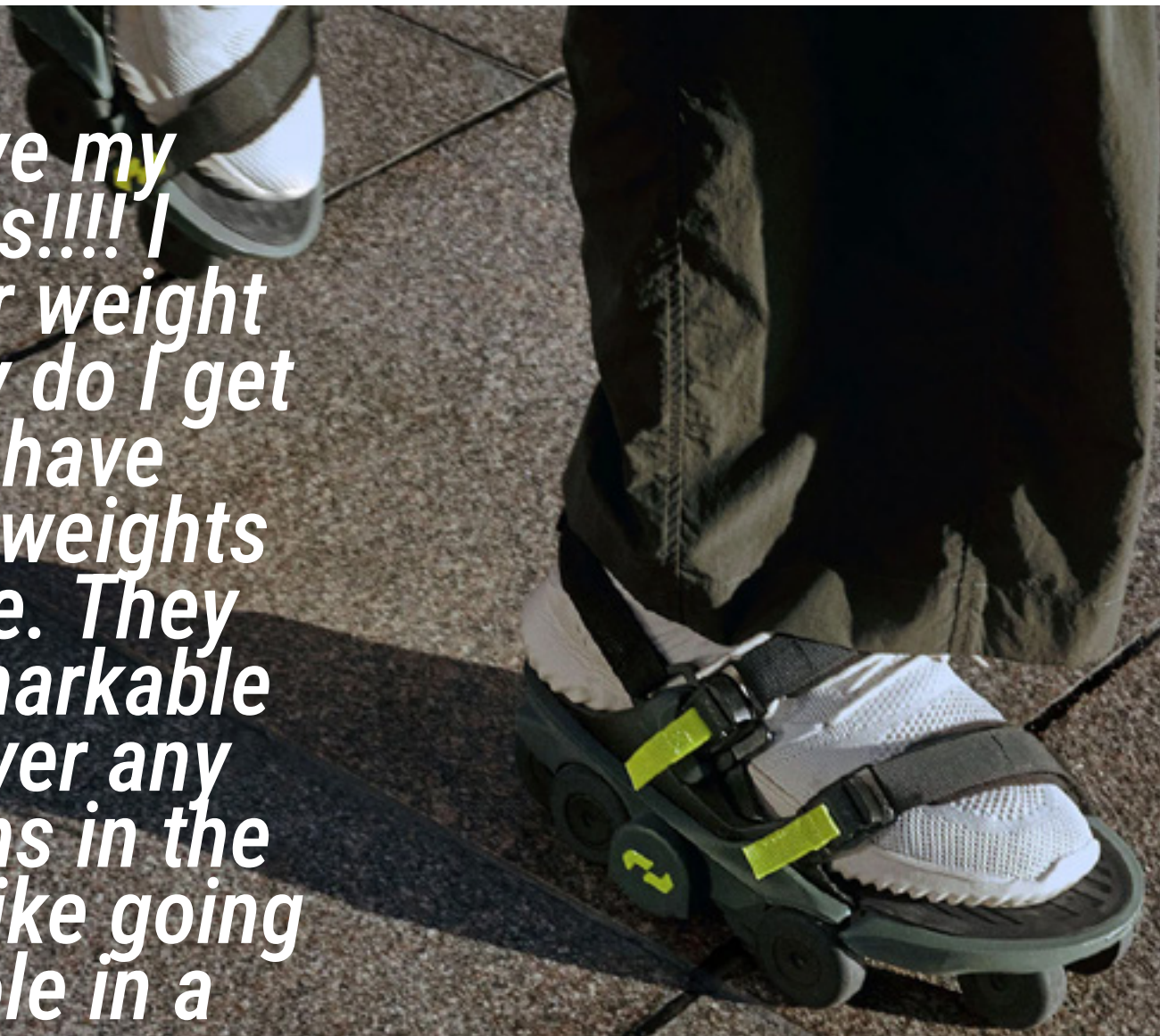
Müssen Kinder zukünftig überhaupt noch Bewegungsabläufe wie „auf einer Mauer balancieren“ oder „in eine Pfütze springen“ lernen oder werden sie bereits früh ein Exoskelett angezogen bekommen, welche alle Bewegungsabläufe übernimmt und diese steuern kann, auch wenn wir sie selbst noch nicht können oder nie gelernt haben? Ob und wann überhaupt der Zeitpunkt kommt, an welchem Exoskelette für die Mehrheit der mitteleuropäischen Bevölkerung erschwinglich wird, bleibt jedoch offen. Möglich wäre auch folgender Gegentrend: Die Ablehnung von jeglichen technischen Errungenschaften und skelettartigen Anbauteilen für den Menschen und die Rückkehr oder der Erhalt des komplett «natürlichen» Menschen.



Abb 6: E-Ski mountaineering, "E-Skimo", 2024



Abb 7: Exoskelett Modell X Ultra von Hypershell, 2025



"So far, I love my Moonwalkers!!!! I use them for weight loss and boy do I get a workout! I have added hand weights to my regime. They truly are remarkable and going over any imperfections in the roadway is like going over a pothole in a Cadillac. I hardly feel it. They are so amazing."

Susan S. Moonwalkers Besitzerin

Abb 8

Militärische Exoskelette



Abb 9: HULC (Human Universal Load Carrier) hydraulisches Exoskelett

Während in Industrie, Medizin und Rehabilitation grosse Fortschritte bei Exoskeletten erzielt werden, bleibt auch das Militär nicht untätig. Viele militärische Exoskelette ähneln ihren industriellen Gegenstücken: Sie ermöglichen Soldaten, schwerere Lasten über längere Distanzen zu tragen, reduzieren Ermüdung und senken das Verletzungsrisiko erheblich.

Doch das Interesse des Militärs geht deutlich über reine Lastunterstützung hinaus. Mehrere Unternehmen entwickeln bereits teilaktive Exoskelette, die Soldaten im Einsatz stärker, ausdauernder und widerstandsfähiger machen sollen. Zu den bekanntesten Projekten zählen:

1. Lockheed Martin ONYX – ein elektrisches, KI-unterstütztes Exoskelett zur Entlastung und Stabilisierung der Beine.
2. Sarcos Defense Guardian XO – ein vollmotorisiertes Ganzkörper-Exoskelett für schwere Aufgaben im Feld.
3. Fraunhofer Gesellschaft / Bundeswehr – Forschung an passiven Systemen wie ExoAtlet, die insbesondere zur Lastunterstützung dienen.

Vollwertige Kampf-Exoskelette, wie man sie aus Filmen kennt, gibt es derzeit noch nicht. Es existieren jedoch bereits funktionsfähige Prototypen, die in realistischen Tests erprobt werden. Systeme, die unmittelbar im Gefecht eingesetzt werden könnten, befinden sich noch in einem sehr frühen Entwicklungsstadium und werden hauptsächlich in spezialisierten Testeinheiten unter kontrollierten Bedingungen untersucht.

Obwohl einige dieser Technologien öffentlich präsentiert werden, bleibt ein grosser Teil der militärischen Forschung streng geheim und findet ausschliesslich in geschützten Versuchsanlagen statt. Klar ist jedoch: Exoskelette im direkten Kampf sind keine ferne Zukunftsvision mehr – sie stehen an der Schwelle zur Einsatzreife.



“We’re gonna make them stronger, we’re gonna make them last longer , and we’re going to make them go faster and farther”

Article from Modern War Institute, 2016

Alter? No reason for excuse!

Älterwerden und Rehabilitation

Es findet weltweit eine Überalterung der Gesellschaft statt. Der demografische Wandel und die miteinhergehenden Probleme diesbezüglich sind unaufhaltsam.

Mittlerweile ist das Alter der Menschen aber nicht mehr direkt an den Gesundheitszustand ihrer Körper geknüpft. Unsere Zellen altern zwar, aber wir haben nun verschiedenste Möglichkeiten, diesen Prozess zu verlangsamen, beispielsweise mit Anti-Ageing-Cremes. Dem Alterungsprozess kann aber in gewisser Weise auch mechanisch entgegengewirkt werden: Das Exoskelett ermöglicht einen aktiven Lebensstil inklusive viel Bewegung, trotz des Alters. Letzteres soll kein limitierender Faktor im „bewegten Leben“ einer beispielsweise pensionierten Person sein, im Gegenteil, Bewegungsfähigkeit bleibt bis zum Lebensende erstrebens- und wünschenswert.

Zusätzlich ist der mitteleuropäische Mensch stärker denn je fokussiert auf den Aufbau und Erhalt der muskulären Gesundheit bis ins hohe Alter (Lsnglobal, 2025). Wir wollen bis zum Schluss unserer Leben nicht körperlich eingeschränkt sein. So erhält die zuerst skeptische Nonna auf Tiktok beispielsweise vom Enkel ein Exoskelett geschenkt, damit sie weiterhin selbständig zu Hause leben kann. Die Industrie setzt zusätzlich auf emotionale Wünsche wie „einmal noch auf den Lieblingsberg wandern, trotz 20 Jahren Knieproblemen“ und knüpft dort mit cleverem Marketing an: So beschreibt Danielle, Mo/Go Pants, die Erfahrung damit so: „Having something like this, it just opens up so many more options of how we can explore the world“ (Skip,2025).

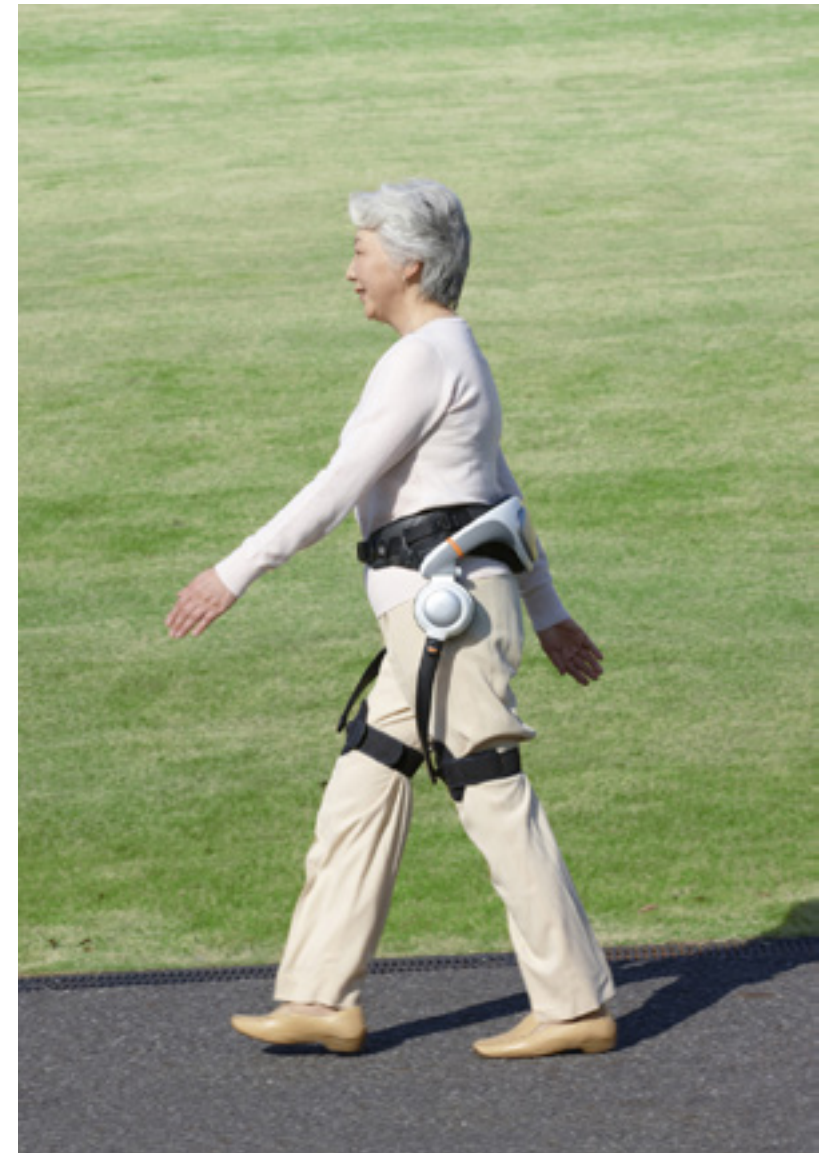


Abb 11: Honda Walking Assist Device, 2021

Unter anderem in asiatischen Ländern wie China und Japan stellt die Überalterung der Gesellschaft ein Problem dar, was wirtschaftliche und somit auch ökonomische Herausforderungen mitbringt. Es kann ein dementsprechend grosser Exoskelett-Markt und steigendes Interesse daran beobachtet werden. Menschen müssen zwingend länger in Form bleiben, länger arbeitsfähig sein, um jüngere Generationen versorgen zu können. Gerade bei körperintensiven Arbeiten kommen Exoskelette zum Einsatz, um die muskuläre Ermüdung und Abnützung der Arbeitnehmenden während des Arbeitstages herauszuzögern.



Abb 12: Ältere japanische Arbeiter mit Exoskelett, Courtesy of Daigo Orihara

AUSBLICK

In der Schweiz wird bekanntlich gerne gearbeitet, und auch längere Arbeitszeiten werden meist akzeptiert. Vor Kurzem wurde das Rentenalter erneut angehoben – von 64 auf 65 Jahre. Wie wird sich dies in Zukunft entwickeln? Müssen die Renten irgendwann gekürzt werden, wird die Arbeitszeit bis Ende 60 oder sogar noch darüber hinaus verlängert?

Was passiert, wenn unser Körper dank neuer Technologien viel länger leistungsfähig bleibt? Angenommen, jemand bricht sich das Bein und wird arbeitsunfähig, das Exoskelett funktioniert aber weiterhin – müsste diese Person dann trotz Schmerzen weiterarbeiten? Und was wäre, wenn 80-Jährige mit grossen, unterstützenden Gerüsten oder Exoskeletten weiterhin schwere Arbeit verrichten könnten? Würde unser Wirtschaftssystem solche Möglichkeiten ausnutzen?

Global ist der unethische Einsatz von Arbeitskräften besorgniserregend, in gewissen Ländern ist beispielsweise Unterbezahlung und zu lange Arbeitsschichten in der Textilbranche Normalität. Obwohl solche Arbeitsbedingungen nicht legal sind, gibt es oft keine staatliche Kontrolle in den Betrieben. Wenn wir bereits heute mit solch unglaublich unmoralischen Phänomenen zu kämpfen haben, wäre es dann in der Zukunft vorstellbar, dass „theoretisch“ pensionierte Personen bei der Arbeit mit Exoskeletten kontinuierlich Leistung bringen müssen und dass das Arbeiten sich bis Ende 70 oder gar ans Lebensende zieht?

Während dies aufgrund fehlender Altersvorsorge bereits in vielen postkolonialen Staaten Realität ist, ist eine solche Entwicklung in grossen Teilen Mitteleuropas vorübergehend eher unwahrscheinlich. Nichtsdestotrotz ist die Effizienzsteigerung und Produktivität in vielen Unternehmen omnipräsent und gleichzeitig Bedingung zur Marktfähigkeit. Inwiefern Bewegungsfähigkeit und Mobilität von Arbeitnehmenden dabei ausgebeutet wird, wird sich in den kommenden Jahrzehnten zeigen.

Alles ist möglich!

Perspektiven für Menschen mit Behinderung



Abb 13: „Rise-Exo-One“ für Cybathlon, 2024

Die neue Technologie im Bereich der Exoskelette ist wie ein frisch gebackener, warmer Kuchen, und zahlreiche Grossunternehmen wie Honda Robotics, Ekso Bionics und andere investieren Milliarden in Exoskelette für den Freizeit- und Arbeitsbereich, um für sich so das grösste Stück zu ergattern.

Ähnlich wie beim Boom der KI-gesteuerten Suchmaschinen setzen verschiedene Investor:innen auf schnelle Entwicklung und Marktfähigkeit, in der Hoffnung, dass «ihre» Technologie durchgesetzt und marktführend wird.

Auch die Community mit und rund um Menschen mit physischer Behinderung kennt diese Tendenzen der Grosskonzerne. Der Wunsch nach Unabhängigkeit durch autonome Fortbewegung im Alltag mit Hilfe des technischen Fortschritts ist gross. Doch aus der Perspektive der Investor:innen zählen Rehabilitationsprojekte, beispielsweise Exoskelette für Querschnittslähmungen, oft nicht zu den lukrativsten. Viele Forschungsinitiativen in der Rehabilitation bestehen aus kleinen Teams, Non-Profit-Organisationen, Medizinstudierenden oder jungen Ingenieur:innen.

Auch diese äussern den Wunsch nach schnellem Fortschritt, wenn es um die Entwicklung zukunftsfähiger Exoskelette geht. Jedoch bleibt dieser aktuell aufgrund technischer Limitationen in der Produktentwicklung und der notwendigen Beteiligung mehrerer geldgebender Akteur:innen noch aus. Nichtsdestotrotz geht es um die Verbesserung des menschlichen Lebens und der Verleihung von Würde – etwas, das für alle Menschen essenziell ist und echte Kooperation erfordert.

Exoskelett-Entwicklungen für Menschen mit physischer Behinderung ermöglichen schlussendlich Gesellschaftsinklusion. Hierzu ein konkretes Beispiel: Wandercraft, welches mit einer Minderheitsbeteiligung von Renault unterstützt wird, hat im Sommer 2024 das «First Self-Balancing Exoskeleton» präsentiert. Besonders daran ist, dass Menschen, welche paralysiert sind, aufrecht gehen können und dabei ihre Hände frei haben, um beispielsweise etwas zu greifen: Im Promotionsvideo des Exosketts mit dem Namen «Eve» von Wandercraft kauft der Proband einer weiblichen Person Blumen, während sie zusammen durch die Strasse spazieren.

Cyathlon

Events wie der Cyathlon, ein Wettbewerb, der von der ETH Zürich ins Leben gerufen wurde, fordert verschiedene Student:innen, Ingenieur:innen und andere Beitragende auf, an diesem Event teilzunehmen. Der Cyathlon wurde von Professor Robert Riener an der ETH Zürich ins Leben gerufen, um eine Plattform zu bieten, die Teams aus aller Welt dazu herausfordert, alltagstaugliche Assistenzsysteme für und mit Menschen mit Behinderungen zu entwickeln. Cyathlon hat die Vision, Innovationen im Bereich Assistenzsysteme voranzutreiben und die Inklusion von Menschen mit Behinderungen zu fördern. Während Wettkämpfen kommen unter anderem Handprothesen, Sensoren für Sehbehinderungen und Exoskelette, die bei querschnittsgelähmten Personen angewendet werden, zum Einsatz.

Beim Cyathlon 2024 traten 67 Teams aus 24 Nationen in der SWISS Arena in Kloten, Schweiz, sowie an den sieben verbundenen Hubs in den USA, Kanada, Südafrika, Ungarn, Thailand und Südkorea (2), in acht Disziplinen gegeneinander an. Mit dem grössten CYBATHLON aller Zeiten feierte das Projekt den Höhepunkt von Spitzentechnologie, Teamarbeit, Belastbarkeit und menschlicher Entschlossenheit. Auch wenn die Weiterführung des Cyathlon-Projekts an der ETH Zürich noch unsicher ist, bleibt sein Vermächtnis als globale Plattform für Innovation und Inklusion bestehen. Die nächste Ausgabe des Cyathlon könnte 2028 in Asien stattfinden und ein neues Kapitel für diesen aussergewöhnlichen Wettbewerb aufschlagen (CYBATHLON, 2024).



Abb 14: Cyathlon, durchgeführt von der ETH Zürich, 2024

„Der Film ‚Iron Man‘ hat mich auf die Idee gebracht, ein Exoskelett zu entwickeln, um Menschen mit Bewegungseinschränkungen zu helfen.“

Park Jeong-su, Mitglied des KAIST Team



Abb 15



Abb 16: "Eve" von Wandercraft, 2024

AUSBLICK

Wir Menschen sind visuelle Wesen. Noch sind wir nicht soweit, dass wir uns vorstellen könnten, uns im Pendlerverkehr zwischen Halb-Roboter-Halb-Menschen durchzudrängen oder beim Spazieren von querschnittgelähmten Personen, welche dank einem Exoskelett wieder aufrecht gehen können, begleitet zu werden. Damit Gesellschaftsinklusion möglich ist, muss eine Ästhetisierung der Exoskelette folgen. Da der Mensch eher träge mit Veränderungen umgeht, muss auch die Gestaltung der roboterähnlichen Skelette sanft passieren: Zuerst wird an den gesellschaftlichen Lifestyle angepasst. Wenn hier zu grosse Schritte gemacht würden, würde die breite Masse die Veränderung nicht annehmen. Es braucht also auch bei Exosketten eine ästhetische Evolution.

Das Exoskelett «Eve» von Wandercraft zeigt dies passend auf: Es hat zwar noch «roboterhafte» Bestandteile, sieht aber durch die Schulterträger fast wie ein Rucksack aus. Obwohl es klar als Hilfsmittel erkennbar ist, verfügt es über ein sauberes, wohldurchdachtes Design. Die benutzende Person sieht weniger wie ein Cyborg aus, sondern verfügt immer noch über eine gewisse Natürlichkeit – trotz des Exosketts.



Vollgas arbeiten!

Produktivität und Effizienzsteigerung

Die Industrie muss wachsen und mit ihr offenbar auch der menschliche Körper. Unternehmen werden jedes Jahr grösser, expandieren in neue Märkte und jagen höheren Profiten hinterher. Technologie spielt in diesem Streben eine zentrale Rolle. Immer häufiger greifen Firmen auf Maschinen und automatisierte Lösungen zurück, um Probleme schneller und effizienter zu bewältigen.

Ein aktuelles Beispiel: Die Deutsche Post setzt seit Kurzem auf Kraft-Exoskelette, um körperlich belastende Hebe- und Tragearbeiten in ihren Logistikzentren zu erleichtern. Doch diese Geräte sind längst nicht auf die Post beschränkt. Auch Amazon, BMW und die IKEA Group zeigen grosses Interesse an dieser neuen Technologie – und das ist kein Zufall. Die Vermarktung der Exoskelette richtet sich klar an Grossunternehmen, deren Geschäftsmodell auf hoher Produktivität und Effizienz beruht.

Doch genau hier liegt das grosse Aber: Die Technologie wird zugunsten der Effizienzsteigerung und Produktivität eingesetzt. Schon die Werbebotschaften machen deutlich, worum es wirklich geht. Statt den Arbeitsalltag menschlicher zu gestalten, wird suggeriert, dass Arbeiter:innen länger arbeiten können – angeblich dabei beispielsweise ohne Rückenschmerzen. Die eigentliche Verbesserung dient weniger dem Wohl der Beschäftigten, sondern vor allem der Steigerung ihrer Leistung.

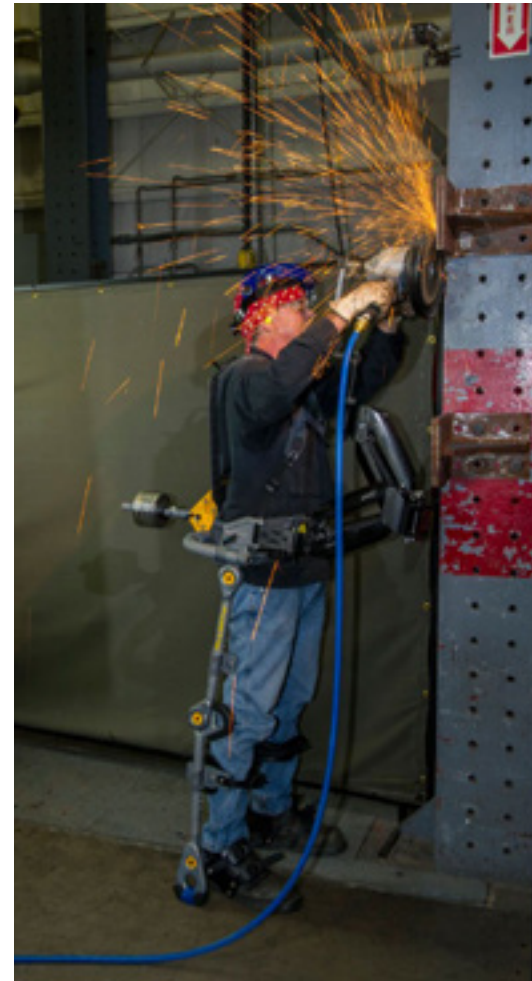


Abb 17



Abb 18

AUSBLICK

Heute kann man mit Maschinen schon erstaunlich vieles leisten. Doch was passiert, wenn sie richtig gehen können und sich komplex bewegen lernen? Moderne Exoskelette sammeln detaillierte Informationen über menschliche Bewegungsabläufe: wie sich Gelenke verhalten, wie ein Knie federt, wie man sich streckt oder Lasten hebt. Viele Unternehmen erfassen diese Daten und werten sie mithilfe von KI-Algorithmen aus. Dadurch entstehen immer genauere Modelle menschlicher Bewegungen. Gut vorstellbar ist, dass diese grosse Menge an Bewegungsdaten eines Tages als Grundlage für hochentwickelte, automatisierte Roboter dienen könnte...



Abb 19

“Ein Exoskelett ist kein Wundermittel. Aber wenn es sinnvoll eingesetzt wird, stellt es die Leistungsfähigkeit der Angestellten sicher - egal, welcher Altersklasse sie angehören - und beugt arbeitsbedingte Krankstände vor.

Tobias Baumer (Krones AG) Production Engineering

Exoskelette und Kunst

Augmented-Reality-Brillen (beispielsweise von Ray-Ban) und viele andere Produkte werden zunehmend ein Teil von uns. Das Konzept der „Maschine Mensch“ hat sich bereits seit einigen Jahren mit unserem Alltag verschmolzen. Smartphones sind für rund 70 % der Bevölkerung zu einem festen Bestandteil des Lebens geworden. Auch wenn wir sie abends an der Ladestation lassen, befindet sich diese meist in unmittelbarer Nähe unseres Körpers.

Die Vorstellung von Cyborgs (Verschmelzung von Mensch und Maschine) ist nicht neu. Schon in den 90er-Jahren – und sogar davor – waren sie ein zentrales Element der Sci-Fi-Kultur. Filme wie Matrix oder Terminator prägten diese Ideen, dies nicht nur im Westen: Auch in asiatischen Produktionen (z. B. Ghost in the Shell) waren solche Visionen fester Bestandteil der filmischen Gestaltung.

Heute rücken Fantasie und Realität immer näher zusammen. Die ersten kommerziellen Exoskelette sind bereits auf dem Markt, und Musiker:innen, Fotograf:innen sowie Künstler:innen integrieren die Idee «Mensch-Maschine» in ihre visuelle Sprache. Wer weiss, wie die Zukunft aussieht – vielleicht tragen wir eines Tages statt Lederjacken glänzende Chromstahl-Cyborg-Rüstungen und sprechen durch eingebaute Autotune-Module, die unsere Stimmen optimieren?

Solche Visionen werden nicht von allen unterstützt. Viele wehren sich dagegen und sehen eine düstere Zukunft: eine Zukunft systematischer Abhängigkeit, der optimierten Produktion und der Suche nach Effizienz, die letztendlich einem kapitalistischen System dient.

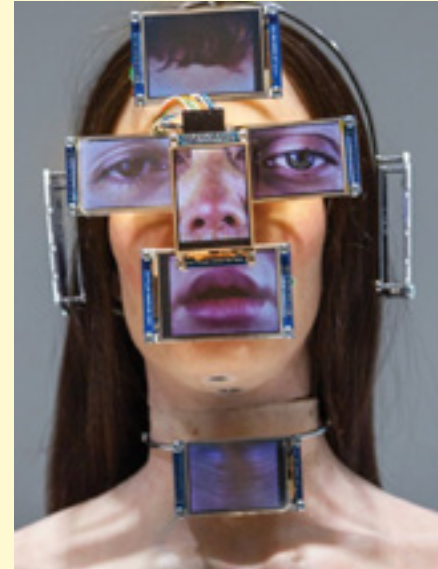


Abb 20: pi(x)el by filip cusic, 2022



Abb 21: Gentle Monster Store Installation 2019

Zukunftsblick

Es ist zu vermuten, dass Exoskelette Teil von uns Menschen wird. Nicht mehr länger ist es nur eine Sci-Fi-Idee der 90er, sondern teilen wir unseren Alltag bereits heute mit Exoskeletten. Zwar kommt es vielen von uns noch nicht so vor, da sie aktuell nur in bestimmten, meist Arbeitssektoren angewendet werden. Jedoch ist mit einer rekordzeitartigen Anpassung oder gar Verschmelzung des Menschen mit Exoskeletten zu rechnen. Computer, KI, das Internet haben schliesslich bewiesen, dass sich der Mensch sehr rasch sehr anpassungsfähig ist. Mit dem Einsatz der Exoskeletten wird es vermutlich auch nicht anders sein. Das Exoskelett hat durch seine simple Funktion der Unterstützung des menschlichen Bewegungsapparats die Möglichkeit, die Welt zu verändern, denn damit können grundlegende Körperfunktionen verbessert werden und dies nicht nur im Arbeitssektor, sondern auch in der Rehabilitation und im freizeitlichen Sportbereich. Dies kann zu erheblicher Verbesserung der Lebensqualität führen, gerade für Menschen mit physischer Behinderung.

Zurzeit sind die Exoskelette immer noch robust gebaut und ähneln Sci-Fi Charakteren aus den 90er Jahren. Wie bereits erwähnt, ist aber im Sinne einer Normalisierung der Skelette eine ästhetische Evolution im Gange. Auch wenn sich davon aktuell noch kein klares Bild abzeichnet, ist eine technische Entwicklung in Richtung Effizienz, Schlichtheit und Stringenz zu erwarten, ähnlich wie dies beispielsweise bei der Festplatte beobachtet werden konnte.

Wie lange es noch dauert, bis wir die ersten Menschen in Exoskeletten durch den Wald spazieren sehen, ist schwierig zu sagen. Das eidgenössische Department für Wirtschaft, Bildung und Forschung hat zusammen mit dem Staatssekretariat SECO und der Suva eine Informationskampagne lanciert, in welcher sie auf den Einsatz von Exoskeletten und die damit einhergehende Prävention von gesundheitlichen Beschwerden am Arbeitsplatz eingehen. Sie raten, typisch schweizerisch, eher zu Vorsicht und bedachtem Einsatz am Arbeitsort und weisen zudem auf Gefahren hin, welche durch fälschlichen Gebrauch von Exoskeletten verursacht werden. (Seco, 2025)

Gefährlich ist vorallem die Privatisierung des technischen Fortschritts im Bereich der Exoskelette, Tech Unternehmen werden sehr wahrscheinlich schon bald diese neuen Technologien für ihren eigenen Profit ausbeuten.

Positiv bleibt, dass Exoskelette in Zukunft die Lebensqualität von Menschen mit physischer Behinderung und solchen in Rehabilitation stark verbessern wird. Auch kann durch die schleichende Ästhetisierung von Exoskeletten eine Normalisierung deren und beispielsweise den aufrechten Gang von Menschen mit Querschnittlähmung und somit deren Teilhabe am öffentlichen Leben und Alltag möglich gemacht werden. Die revolutionäre Gesellschaftsinklusion durch Exoskelette naht! Es besteht die Hoffnung auf eine bessere Zukunft trotz und mit Exoskeletten!

Quellen

Bilder

Abb 0: Krzysztof Wodiczko, Dis-Armor, 2001, mission of art, museum in progress, Der Standard, 08.10.2001, S. 17, Zeitungs-Multiple
<https://www.mip.at/werke/mission-of-art-04/>

Abb 1: Raytheons Exoskeletton im Einsatz
<https://www.heise.de/news/High-Tech-Ruestung-fuer-den-Soldaten-von-morgen-204933.html>

Abb 2: Moonwalkers von Shift Robotics
<https://i.pinimg.com/1200x/8a/95/de/8a95de8fb70da654f901a02c9119afe4.jpg>

Abb 3: Mo/Go Pants von Arcteryx & Skip, 2025
<https://images.squarespace-cdn.com/content/v1/6610863f6933fa7ae296729a/bb381b23-af99-4ca5-9498-94cd2edccc31/nocableheroshot.jpg>

Abb 4: Mo/Go Pants von Arcteryx & Skip, 2025
<https://d3m889azn1r23d.cloudfront.net/img/events/id/459/459014758/assets/51752501b26bf94b99fd674b135e0638.About.jpg>

Abb 5: Nike Project Amplify, 2025
<https://www.gearpatrol.com/wp-content/uploads/sites/2/2025/10/nike-project-amplify-gear-patrol-11.webp>

Abb 6 E-Ski mountaineering, "E-Skimo", 2024
<https://i.pinimg.com/1200x/41/e4/d0/41e4d01b8dbde44ba31b0c4518562a0e.jpg>

Abb 7: : Exoskelett Modell X Ultra von Hypershell, 2025
https://hypershell.tech/cdn/shop/files/1-PC_c8004a8d-de35-40e5-89ee-17e36c881397.png?v=1757415790

Abb 8: Moonwalkers, Shift Robotics, 2023
<https://shiftrobotics.io/products/moonwalkers>

Abb 9: HULC (Human Universal Load Carrier) hydraulisches Exoskelett
<https://eksobionics.com/de/past-products/>

Abb 10: Soldier during an intensive three-day Operation
(Photo Credit: U.S. Army)

Abb 11: Honda Walking Assist Device, 2021
<https://www.fiercebiotech.com/medtech/honda-bags-eu-nod-for-exoskeleton-style-walking-device>

Abb 12: Ältere japanische Arbeiter mit Exoskelett, Courtesy of Daigo Orihara
<https://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-7798313/Elderly-people-Japan-wearing-mechanical-exoskeletons-wok-70s.html>

Abb 13: „Rise-Exo-One“ für Cybathlon, 2024
<https://taz.de/Exoskelett-fuer-Querschnittsgelaehmte/!6066683/>

Abb 14: Cybathlon, durchgeführt von der ETH Zürich, 2024
<https://cybathlon.com/de>

Abb 15: Cybathlon
<https://cybathlon.com/de>

Abb 16: „Eve“ von Wandercraft, 2024
<https://www.wandercraft.eu/articles/wandercrafts-atalante-x-enables-significant-gait-improvements-in-post-stroke-gait-rehabilitation-in-new-case-study>

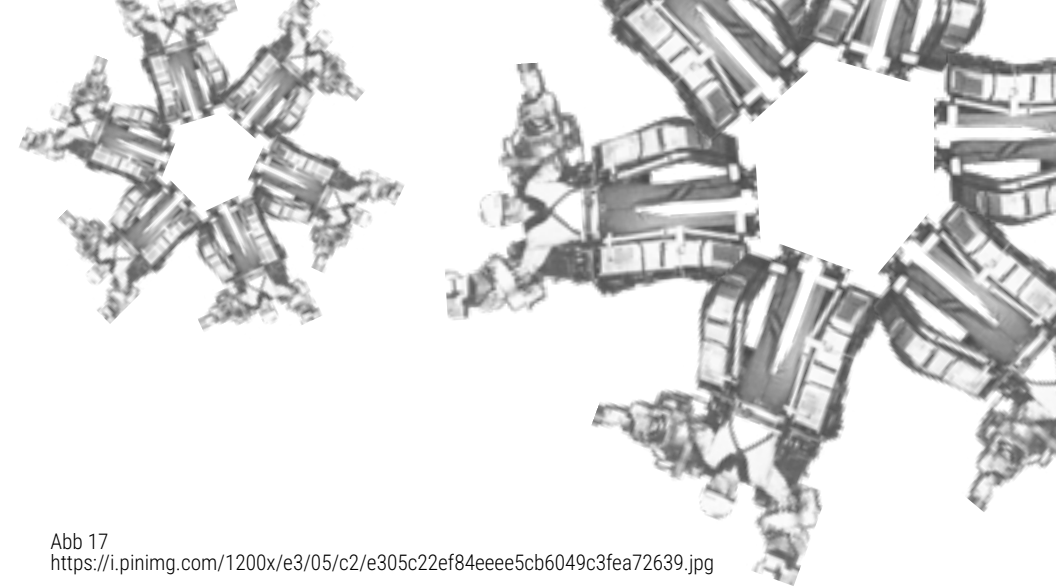


Abb 17
<https://i.pinimg.com/1200x/e3/05/c2/e305c22ef84eeee5cb6049c3fea72639.jpg>

Abb 18:
<https://i.pinimg.com/1200x/47/b2/ba/47b2babca96c61d66a3a3f587d86d2d6.jpg>

Abb 19:
<https://www.safetysieldglobal.com/insights/construction-exoskeleton-technology>

Abb 20: pi(x)el by filip cusic, 2022
<https://www.artbasel.com/stories/art-and-tech?lang=de>

Abb 21: Gentle Monster Store Installation 2019
<https://www.designscene.net/2019/07/gentle-monster-interview.html>

Text

Artikel / Journals

Rodríguez-Fernández, A., et al. (2021). Wearable lower-limb exoskeletons for gait rehabilitation are still in their early stages of development and randomized control trials are needed. Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation, 18(21). <https://doi.org/10.1186/s12984-021-00815-5>

Qiu, S., Pei, Z., Wang, C., & Tang, Z. (2023). Systematic review on wearable lower extremity robotic exoskeletons for assisted locomotion. Journal of Bionic Engineering, 20, 436–469. <https://doi.org/10.1007/s42235-022-00289-8>

Siviy, C., L. M. B., B. T. Q., et al. (2022). Opportunities and challenges in the development of lower-extremity exoskeletons: A review. Nature Biomedical Engineering. <https://doi.org/10.1038/s41551-022-009XX-X>

Mashud, G., Hasan, S., & Alam, N. (2025). Advances in control techniques for rehabilitation exoskeleton robots: A systematic review. Actuators, 14(3), 108. <https://doi.org/10.3390/act14030108>

Webseiten / Berichte

LSN Global. (n.d.). Muscle longevity. <https://www.lsnglobal.com/big-ideas/article/32472/muscle-longevity>

Skip Robotics. (n.d.). Mo/Go Pants and exoskeleton technology overview. <https://www.skipwithjoy.com>

Staatssekretariat für Wirtschaft SECO. (2023). Exoskelette – Informationen zu Chancen und Risiken am Arbeitsplatz (Flyer). https://www.seco.admin.ch/dam/seco/de/dokumente/Publikationen_Dienstleistungen/Publikationen_Formulare/Arbeit/Arbeitsbedingungen/Broschueren/ab_flyer_exoskelette.pdf.download.pdf/710081d_Exoskelette_web.pdf

Shift Robotics. (n.d.). Moonwalkers – Product overview. <https://shiftrobotics.io/products/moonwalkers>

