



ROBOTIK UND BEHINDERUNGEN

Wie Maschinen morgen Menschen helfen

von Jakob Samochowiec, Angela Schmidt



Impressum

Autoren

Jakub Samochowiec, Angela Schmidt

Gastautor

Bertolt Meyer

Redaktion

Irène Dietschi

Illustrationen

Alain Schibli

www.biggerthannewyork.com

Layout

Angela Schmidt

GDI Research Board

David Bosshart, Karin Frick, Daniela Tenger, Alain Egli, Karin Stieger

Knowledge Partner

Prof. Dr. Robert Riener,

Sensory-Motor System Lab, ETH Zürich

Paraplegikerzentrum, Universitätsklinik Balgrist

© GDI 2017

Herausgeber

GDI Gottlieb Duttweiler Institute

Langhaldenstrasse 21

CH-8803 Rüschlikon / Zürich

Telefon +41 44 724 61 11

www.gdi.ch

Im Auftrag von

Schweizerische Stiftung für das cerebral gelähmte Kind

Erlachstrasse 14

CH-3012 Bern

www.cerebral.ch

Inhalt

- 09 **Einführung**
Definition Robotik
Diskrepanzabbau durch Technologie
- 12 **Individuelle Hilfsmittel**
Mobilität und physische Interaktion
Wahrnehmung
Steuerung/Kommunikation
Psyche
Monitoring
Physiologie
Der Weg zum Supermenschen?
Das Ende von Behinderungen?
- 52 **Umweltanforderungen**
Barrierefreiheit für Maschinen
Virtual Reality – Barrierefreiheit in der Maschine
Mainstream statt «behinderter» Technologie
3D-Druck & Vernetzung
- 64 **Gesellschaftliche Anforderungen**
Hohe Erwartungen (von Individuum und Gesellschaft)
Zugänglichkeit
Inklusion
Stereotype Content Model (Gastbeitrag von Prof. Dr. Bertolt Meyer)
- 78 **Fazit**

Summary

Was bedeutet «behindert»? Die Vereinten Nationen definieren Behinderung als Diskrepanz, die zwischen persönlichen Fähigkeiten einerseits sowie Anforderungen von Umwelt und Gesellschaft andererseits entsteht. Behinderungen manifestieren sich demnach immer in einem Kontext. Um eine Behinderung zu verringern oder gar gänzlich aus der Welt zu schaffen, kann folglich sowohl beim Individuum als auch beim Kontext, also bei Gesellschaft und Umwelt, angesetzt werden.

Technischer Fortschritt hat tiefgreifende Auswirkungen auf Individuen, Umwelt und Gesellschaft. Somit verändert technische Innovation auch die Bedeutung von Behinderung – egal, ob dies durch einfache Gehhilfen wie einen Stock, durch Rampen an Gebäuden oder durch auditive Signale bei Ampeln geschieht.

Heutzutage sind es die Robotik und digitale Innovationen, die das Leben erleichtern und die gewährleisten sollen, dass alle Menschen – mit oder ohne Behinderung – an der Welt teilhaben. Wir reden heute nicht mehr von einfachen Gehhilfen, sondern von Assistenzrobotern, Exoskeletten und intelligenten Prothesen, aber auch von neuartigen Technologien wie Retina-Implantaten oder Virtual Reality. Und am Horizont sind bereits neue Ideen aufgetaucht, die alles Bisherige an Innovationskraft in den Schatten stellen: Ideen, die wir gestern noch ins Reich der Science-Fiction verbannt hätten. Davon und von den gesellschaftlichen Implikationen dieser Entwicklung handelt die vorliegende Studie.

Der erste Teil präsentiert eine Übersicht aktueller Technologien, die das Individuum dabei unterstützen, Schwächen physischer oder psychischer Art auszugleichen. Beispiele: Assistenzroboter, die beim Aufstehen aus dem Bett helfen oder kleine

Handreichungen übernehmen; smarte Häuser, die zahlreiche Aufgaben rund um den Haushalt automatisieren; Exoskelette, die gehbehinderte Menschen wieder auf die Beine bringen; robotische Prothesen, die Funktionalität und Aussehen fehlender Körperteile ersetzen; Retina-Implantate, die Erblindeten wieder zu Augenlicht verhelfen – oder dies zumindest versprechen. Eine besonders spannende Entwicklung sind sogenannte Gehirnschnittstellen. Damit gemeint ist das Konzept, Maschinen, beispielsweise ein Exoskelett, mit Gedanken zu steuern. Die Gedankensteuerung erfolgt über eine Art Helm oder einen Chip direkt im Gehirn. Und bereits denken Forscher über Nanoroboter nach, die an beliebiger Stelle ins Gehirn eingeschleust werden, um mit den Nervenzellen zu interagieren. Das ist Zukunftsmusik, der aber ein riesiges Potenzial zugeschrieben wird.

Der zweite Teil diskutiert, wie Umweltbarrieren durch Technologie abgebaut werden können. Der Begriff «Barrierefreiheit» bezieht sich hier weniger auf schwellenlose öffentliche Plätze oder behindertengerechte Toiletten, sondern ist viel weiter gefasst: Er geht davon aus, dass analoge Informationen in immer grösserem Ausmass digitalisiert und Technologien sich verselbstständigen werden. Beispiele: selbstfahrende Autos oder Trams, die in den Städten unterwegs sind; Drohnen, welche die Post verteilen; Maschinen, die autonom die Strassen reinigen; Geräte, die Bilder – insbesondere Gesichter – und Sprache erkennen und vieles mehr. Solche Innovationen sind zwar nicht primär für Menschen mit Behinderung entwickelt worden, aber ihnen verhelfen sie möglicherweise ganz besonders zu einer verbesserten Teilhabe. Denn damit eine Maschine einem Menschen helfen kann, sich in seiner Umwelt zurechtzufinden, muss sich zunächst die Maschine in dieser Umwelt zurechtfinden.

Der dritte Teil beleuchtet die Frage, wie sich technologische Neuerungen auf gesellschaftliche Anforderungen und Erwartungen auswirken. Zwar helfen Robotik und sonstige Hilfsmittel dem Individuum, den Erwartungen von Gesellschaft und Umwelt eher gerecht zu werden, gleichzeitig steigern technische Innovationen aber auch eben diese Erwartungen – sie verändern, was in der Gesellschaft «normal» ist. Nur weil es solche Hilfsmittel gibt, bedeutet das nicht, dass sie auch alle nutzen (können). Gründe dafür sind: fehlendes Wissen bezüglich technischer Möglichkeiten, mangelnde technische Unterstützung im Umfeld und hohe individuelle Kosten. Diese Barrieren abzubauen, Menschen mit Behinderungen einen leichteren Zugang zu technologischen Hilfsmitteln zu geben, führt zu mehr Selbstständigkeit und damit auch zu mehr Inklusion innerhalb der Gesellschaft. Manche «Hilfsmittel» sind zu eigentlichen Enhancement-Werkzeugen geworden, insbesondere im Sport: Carbon-Prothesen beflügeln Weitspringer zu Traumleistungen, Rennrollstühle ermöglichen Rekordzeiten im Marathon. Angesichts solcher Ergebnisse erwarten Transhumanisten gar, dass Mensch und Maschine im nächsten Evolutionsschritt verschmelzen werden. Solche Bilder sind vielen unheimlich. Es wäre möglich, dass Menschen, die man einst bemitleidete, plötzlich als bedrohlich wahrgenommen werden. In beiden Fällen bleibt Inklusion aus.

Darf von Menschen mit Behinderungen gefordert werden, bestimmte technische Hilfsmittel zu nutzen? Was dürfen Menschen mit Behinderungen von der Gesellschaft fordern, was sind übertriebene Ansprüche? Die schnelle technische Entwicklung hält Gesellschaft und Individuen in ständiger Bewegung, weshalb klare ethische Orientierungspunkte schwer zu fassen sind. Klar scheint, dass technische Hilfsmittel das Potenzial haben, das

Leben von Menschen mit Behinderungen und deren Angehörigen zu vereinfachen. Dieses Potenzial muss aber richtig genutzt werden.



Vorwort

Robotik und behinderte Menschen – Zwischen Erwartungen, Chancen und ethischen Herausforderungen

Robotische Maschinen, selbstfahrende Autos, smarte Häuser, intelligente Textilien, Staubsauger-Roboter oder Wearables: Unser Alltag ist zunehmend von robotischen Systemen und verwandten Technologien durchdrungen. An den Hochschulen ist Robotik eines der Forschungsgebiete, denen für die Zukunft das meiste Entwicklungspotenzial zugeschrieben wird. Die Erwartungen sind allseits sehr hoch.

Auch für behinderte Menschen spielt die Robotik eine immer wichtigere Rolle. Moderne Assistenzsysteme, aber auch Haushaltsroboter, die bestimmte alltägliche Handgriffe übernehmen und so die Selbstständigkeit und Selbstbestimmung der Betroffenen unterstützen, sind heute schon auf dem Markt. Diese Systeme zeigen uns ansatzweise, welche Entwicklungen uns in nächster Zeit erwarten. Die Rede ist von alltagstauglichen Exoskeletten, klugen wie auch empathischen Assistenzrobotern oder neuartigen Prothesen, die ihre natürlichen Vorbilder an Funktionalität weit übertreffen. Sogar Nanoroboter soll es dereinst geben, die mit den Gehirnzellen interagieren sowie Signale senden und empfangen können.

Wohin führt dieser Weg? In welchem Mass wird die Robotik den Alltag von behinderten Menschen in Zukunft bestimmen? Welche Chancen bietet diese Entwicklung, welche Risiken sind zu bedenken?

Unsere Stiftung engagiert sich seit vielen Jahren, um die Forschung und Entwicklung neuer Hilfsmittel für behinderte Menschen voranzubringen. Auch die Entwicklung robotischer Systeme – für Menschen mit oder ohne Behinderung – verfolgen wir mit grossem Interesse. Wichtig ist uns, dass trotz des rasanten technischen Fortschritts der Mensch und seine Bedürfnisse im Fokus bleiben. Deshalb haben wir diese Studie in Auftrag gegeben. Sie soll uns dabei helfen, die Chancen, aber auch die anstehenden ethischen Herausforderungen der Robotisierung besser einzuschätzen. Mit dieser Studie wollen wir dazu beitragen, die Zusammenarbeit von Mensch und Maschine in Zukunft für alle Seiten gewinnbringend zu gestalten sowie die Weichen für die künftige Entwicklung robotischer Systeme für behinderte Menschen bereits heute zu stellen.

Wir danken dem Gottlieb Duttweiler Institute und der ETH Zürich sowie allen Personen mit und ohne Behinderungen, die bei dieser Studie mitgewirkt haben. Ein besonderer Dank geht an die Stiftung Accentus für ihr finanzielles Engagement.

Wir freuen uns sehr, Ihnen die Ergebnisse unserer Studie zu präsentieren.



Michael Harr, Geschäftsleiter Stiftung Cerebral

Einleitung

Technischer Fortschritt ermöglicht ein besseres Leben. Auch wenn wir uns über Stress in Bezug auf unseren Online-Auftritt, die Anonymität des modernen Lebens oder digitale Überwachung beschweren: Bei schweren Infektionen droht nicht mehr automatisch der Tod, im Winter sind wir nicht unterernährt oder unterkühlt, und selbst mit einer schweren Behinderung ist es heute möglich, ein langes und selbstbestimmtes Leben zu führen.

Für Menschen mit Behinderungen hat der technische Fortschritt nicht nur Hilfsmittel wie Rollstühle hervorgebracht, die sie im Alltag unterstützen. Der Fortschritt hat die Welt auch so verändert, dass eine grössere gesellschaftliche Vielfalt möglich ist, dass Überleben nicht mehr zwingend eine hohe Leistungsfähigkeit voraussetzt. Von einem voranschreitenden technologischen Fortschritt ausgehend, skizzieren wir in dieser Studie mögliche technologische und technologieübergreifende Entwicklungen der Zukunft, die Menschen mit Behinderungen betreffen. Wir zeigen anhand konkreter Beispiele, was heute technisch schon möglich ist und wo weiterhin technische wie auch gesellschaftliche Hindernisse bestehen.

Seit geraumer Zeit benutzt der Mensch Werkzeuge, um körperliche Einschränkungen zu minimieren. Angefangen mit dem Gehstock, hat sich die Technologie ungemein weiterentwickelt und die Menschheit mit ihr. Heutzutage sind wir auf eine Reihe von Technologien angewiesen, ohne die wir regelrecht behindert wären. Diese Technologien sind jedoch so selbstverständlich für uns, dass wir sie gar nicht mehr als solche wahrnehmen. Ein Beispiel für eine solche selbstverständliche Technologie ist die Brille. Noch seltsamer wirkt

es, bei Kleidung überhaupt noch von Technologie zu sprechen. Das Fehlen einer ausgeprägten Körperbehaarung, in tropischen Zonen von Vorteil¹, würde in kälteren Regionen einem Nachteil, ja sogar einer Behinderung gleichkommen. Ohne Bekleidung, die anfänglich aus einfachen Fellen bestand, hätte sich die (unbehaarte) Menschheit aber gar nicht erst ausserhalb tropischer Zonen ausbreiten können². Technologie ermöglicht also, neue Umwelten zu betreten. Sie hilft auch, bestehende Umwelten so zu verändern, dass sie lebensfreundlicher für den Menschen werden (z. B. durch Heizungen). Damit generiert sie aber auch das Potenzial für neue Behinderungen. Sensibilität auf elektromagnetische Strahlung, ob eingebildet oder nicht³, ist eine neue Behinderung, die erst durch die Verbreitung von Funkantennen und des drahtlosen Internets entstanden ist. Eine Behinderung entsteht also erst in einer bestimmten Umwelt – in einem bestimmten Kontext.

¹ www.scientificamerican.com/article/latest-theory-human-body-hair/

² Gilligan, I. (2010). The prehistoric development of clothing: archaeological implications of a thermal model. *Journal of Archaeological Method and Theory*, 17(1), 15–80.

³ Röösl, M. (2008). Radiofrequency electromagnetic field exposure and non-specific symptoms of ill health: a systematic review. *Environmental Research*, 107(2), 277–287.

Behinderungen als etwas zu verstehen, das von der Umwelt abhängt und sich nur in bestimmten Kontexten manifestiert: so werden Behinderungen von den Vereinten Nationen definiert. Die «UNO-Konvention über die Rechte von Menschen mit Behinderungen»^{4,5} hält fest:

«Zu den Menschen mit Behinderungen zählen Menschen, die langfristige körperliche, seelische, geistige oder Sinnesbeeinträchtigungen haben, welche sie in Wechselwirkung mit verschiedenen Barrieren an der vollen, wirksamen und gleichberechtigten Teilhabe an der Gesellschaft hindern können. Behinderung entsteht aus der Wechselwirkung zwischen Menschen mit Beeinträchtigungen und einstellungs- sowie umweltbedingten Barrieren.»
UNO-Konvention über die Rechte von Menschen mit Behinderungen

Behinderung wird also als Diskrepanz verstanden zwischen persönlichen Fähigkeiten einerseits und Anforderungen von Gesellschaft und Umwelt andererseits.

Definition Robotik

Wenn es darum geht, die Diskrepanz zwischen persönlichen Fähigkeiten und Anforderungen von Gesellschaft und Umwelt durch Einsatz von Technologie zu verringern, wird heutzutage oft Robotik ins Spiel gebracht. Robotik wird nicht nur als Chance für Menschen mit Behinderungen angesehen. Auch Menschen in fortgeschrittenem Alter sollen dank Robotik lange selbstbestimmt leben können.

Doch was genau ist Robotik? Viele denken dabei an menschenförmige Roboter aus Science-Fiction-Filmen. Als Hilfe für Menschen mit Behinderungen wären C3PO aus «Star Wars», Bender

aus «Futurama» oder Marvin aus «Per Anhalter durch die Galaxis» allerdings nicht besonders geeignet. Berühmte Sci-Fi-Roboter fallen meist durch menschliche Persönlichkeitszüge auf, nicht aber durch besondere (oder überhaupt irgendwelche) Fähigkeiten. Obwohl Science-Fiction die Bilder von Robotern stark geprägt hat, haben Science-Fiction-Roboter wenig mit den Robotern zu tun, die wir heute benutzen.

Heute spricht man von fernbedienten Bombenentschärfungs-Robotern, Staubsauger-Robotern oder einem Roboterarm am Fliessband. Verdienen diese Maschinen alle den Namen «Roboter»? Wie sollen dann ein selbstfahrendes Auto, Geschirrspülmaschinen oder die elektrische Plüschrobbe Paro⁶ genannt werden? Beziehen sich Robotik und Roboter überhaupt auf die gleiche Technologie?

Wir wählen in dieser Studie eine weitgefasste Definition und damit einen pragmatischen Zugang zum Thema. In dieser Studie wird zwar ein wichtiger Fokus auf Technologien gelegt, welche dem klassischen Verständnis von Robotik entsprechen, wie zum Beispiel Exoskelette, Assistenzroboter oder Prothesen. Dennoch erlauben wir uns einen Blick über das klassische Verständnis hinaus, hin zu Technologien wie Retina-Implantaten oder Virtual Reality. Statt des Begriffs «Robotik» sollen hier eher die Bedürfnisse von Menschen mit Behinderungen im Vordergrund stehen, die durch moderne Technik unterstützt werden können.

⁴ de.wikipedia.org/wiki/%C3%9Cbereinkommen_%C3%BCber_die_Rechte_von_Menschen_mit_Behinderungen#Definition_von_Behinderung

⁵ treaties.un.org/Pages/ViewDetails.aspx?src=TREATY&mtdsg_no=IV-15&chapter=4&clang=en

⁶ [de.wikipedia.org/wiki/Paro_\(Roboter\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Paro_(Roboter))

Beispielanwendungen in «Mobilität und Wohnen»



Monitoring (Seite 42)

Wheelblades (Seite 59)

Sip & Puff (Seite 33 & 73)

Smart Home (Seite 44)

Augmented Reality Hören (Seite 25)

Retina Implantate (Seite 28)

Exoskelette (Seite 22)

Prothesen (Seite 17 & 34)

Assistenzroboter (Seite 18)



Behinderung: Diskrepanz zwischen persönlichen Fähigkeiten einerseits und Anforderungen von Umwelt und Gesellschaft andererseits



Lösung 1: Stärkung persönlicher Fähigkeiten durch Technologie (Individuumsansatz)



Lösung 2: Abbau von Umweltbarrieren (Umweltansatz)



Lösung 3: Anpassung gesellschaftlicher Anforderungen (Gesellschaftsansatz)

Diskrepanzabbau

Die Diskrepanz zwischen persönlichen Fähigkeiten einerseits und Anforderungen von Umwelt und Gesellschaft andererseits, auf welcher die Definition von Behinderungen der UNO basiert, eignet sich als Struktur dieser Studie.

- **In einem ersten Teil dieser Studie wird auf Technologien eingegangen, die persönliche Fähigkeiten stärken, also beim Individuum ansetzen (Individuumsansatz).**
- **In einem zweiten Teil wird diskutiert, wie Technologien Umweltbarrieren verringern können (Umweltansatz).**
- **Im dritten Teil wird beleuchtet, wie sich technologische Innovationen auf gesellschaftliche Anforderungen und Erwartungen auswirken.**

Die Differenzierung zwischen dem Ansetzen beim Individuum (Kritiker sprechen von einem «Reparieren» des Individuums) und dem Abbau von Barrieren in der Umwelt erscheint auf den ersten Blick einleuchtend. Eine Beinprothese setzt beim Individuum an und weitet dessen Handlungsspielraum so aus, dass es sich zum Beispiel trotz fehlendem Unterschenkel fortbewegen kann. Eine Rampe für Rollstühle oder ein Lift setzen bei der Umwelt an und sorgen dafür, dass Höhenunterschiede auch im Rollstuhl gemeistert werden können. Doch nicht immer ist die Unterscheidung, was beim Individuum und was bei der Umwelt ansetzt, ganz so eindeutig. Während für die meisten ein Rollstuhl

ein individuumsbasierter Ansatz ist, wird es beim selbstfahrenden Auto schwieriger, insbesondere dann, wenn ein Auto von mehreren Menschen genutzt wird. Wird hier das Individuum oder die das Individuum umgebende Umwelt angepasst?

Die Unterscheidung zwischen Umwelt- und Individuumsansatz lässt sich auf mehrere Arten vornehmen. Man kann sie zum Beispiel körperlich definieren: Alles, was nicht am Körper befestigt ist, gehört zur Umwelt. Damit würde aber auch ein Rollstuhl, eine abnehmbare Prothese oder ein Exoskelett als Abbau von Umweltbarrieren angesehen werden. Es ist sinnvoller, die Unterscheidung zwischen individuellem Ansatz und Umweltansatz nicht an ein bestimmtes Gerät zu binden, sondern an die Exklusivität der Nutzung: Wird ein Gerät, zum Beispiel ein bestimmtes selbstfahrendes Auto, von nur einer Person benutzt, die etwa eine Sehbehinderung hat, dann betrachten wir das als Ansetzen beim Individuum. Fahren in der ganzen Stadt selbstfahrende Autos als Taxis herum, wird die gleiche Technologie, das selbstfahrende Auto, als Ansetzen bei der Umwelt durch Barriereabbau betrachtet.

Diese Systematisierung ist also auf Ebene der einzelnen Technologien nicht völlig trennscharf. Gewisse Technologien, die ursprünglich individuelle Anpassungen darstellten, können durch Verbreitung und öffentliche Zugänglichkeit zu Technologien werden, die Umweltbarrieren abbauen. Als Strukturierung der Studie ist die Unterscheidung zwischen individuellen und Umweltansätzen hilfreich, solange man sich bewusst ist, dass es keine starren Grenzen sind.



Lösung 1: Stärkung persönlicher Fähigkeiten durch Technologie (Individuumsansatz)

Individuelle Hilfsmittel

Welche Bedürfnisse haben Menschen mit Behinderungen und wie können technologische Hilfsmittel sie im Alltag, in der Schule, bei der Arbeit oder in gesundheitlichen Aspekten unterstützen? Dieser Frage wollen wir im Folgenden nachgehen. Die rund eine Million Menschen⁷, die in der Schweiz mit einer Behinderung leben, haben sehr unterschiedliche Bedürfnisse. Wir unterscheiden deshalb sechs Bedürfnisbereiche, in denen Technologien unterstützende Funktionen übernehmen können:

- 1. Mobilität und physische Interaktion:**
sich selber und Dinge um sich herum bewegen und manipulieren
- 2. Wahrnehmung:**
sehen, hören, riechen, schmecken, tasten
- 3. Steuerung/Kommunikation:**
mit Menschen und Maschinen interagieren
- 4. Psyche:**
Kognition und Emotionen regeln und unterstützen
- 5. Monitoring:**
Sicherheit gewährend, um Selbstständigkeit herzustellen
- 6. Physiologie:**
Körperfunktionen unterstützen

In dieser Studie werden nicht sämtliche technischen Hilfsmittel für Menschen mit Behinderungen im Sinne eines Kompendiums beschrieben; schon nur für einen einzigen der zuvor genannten Bereiche wäre die Liste zu umfangreich. Hinzu kommt, dass die Einträge eine ziemlich kurze Halbwertszeit hätten, da in rascher Folge stets neue Innovationen auf den Markt kommen und bisherige Produkte laufend verbessert werden⁸.

Die folgende Übersicht stellt die wichtigsten Technologien aus den verschiedenen Bereichen vor und soll eine Idee vermitteln, wie vielfältig das Feld ist. Die Technologien wurden nach folgenden Kriterien ausgewählt: Sie decken die besprochenen Bedürfnisbereiche ab, sie befinden sich bereits auf dem Markt (oder zumindest im Labor) und für die Zukunft wird ihnen ein grosses Entwicklungspotenzial attestiert. Fünf ausgewählte Technologien aus dieser Übersicht werden anschliessend im Detail besprochen. Innerhalb der einzelnen Bedürfnisbereiche wird unterschieden, ob die Technologie in unserem Umfeld («um uns»), an unserem Körper («an uns») oder gar im Inneren unseres Körpers («in uns») funktioniert.

⁷ www.proinfirmis.ch/en/medien/zahlen-fakten/behinderung-in-der-schweiz.html

⁸ Eine solche Liste würde eher auf einer Online-Plattform wie Wikipedia Sinn machen, welche regelmässig von einer Community auf dem neusten Stand gehalten wird.

Übersicht: Mobilität und physische Interaktion

In den Bereich «Mobilität und physische Interaktion» fallen alle technologischen Hilfsmittel, die Bewegungen vereinfachen. Das kann die eigene Mobilität betreffen (z. B. Hilfe beim Aufstehen und Gehen). Es können aber auch Hilfsmittel sein, welche das Bewegen und Bearbeiten von physischen Objekten erleichtern – einfache Handlungen wie Greifen, Tragen, Ziehen, Treten etc. Auch Menschen mit schweren Behinderungen können dadurch eine gewisse Selbstständigkeit erlangen (z. B. beim Essen).

Eine Hilfsbedürftigkeit im Bereich «Mobilität und Interaktion» kann sehr viele unterschiedliche Gründe haben. Beispiele sind fehlende, verletzte oder missgebildete Körperteile wie auch neurologische oder muskuläre Probleme, beispielsweise Rückenmarksverletzungen, degenerative Nervenleiden (Alzheimer, Parkinson, ALS etc.), cerebrale Bewegungsbehinderungen und Muskelerkrankungen (z. B. Duchenne-Muskeldystrophie). Die genaue Zahl von bewegungseingeschränkten Menschen lässt sich aufgrund der extrem unterschiedlichen Krankheitsbilder nicht bestimmen.



⁹ www.educationnews.org/technology/robot-gives-hospital-bound-girl-continuity-with-school/

¹⁰ stories.doublerobotics.com/

¹¹ www.driverless-future.com/?page_id=384

¹² www.myhandicap.ch/gesundheit/koerperliche-behinderung/amputation-prothese/endo-exo-prothese/

¹³ Moraud, E. M. et al. (2016). Mechanisms underlying the neuromodulation of spinal circuits for correcting gait and balance deficits after spinal cord injury. *Neuron* 89, 814–828.

Um uns

Assistenz-Roboter ● ● ● ○

Assistenz-Roboter sind meist grosse, bewegliche Maschinen, die Menschen helfen, aus dem Bett aufzustehen oder sie vom Bett in den Rollstuhl zu transferieren. Sie erledigen Hol- und Bringdienste und unterstützen Menschen bei diversen Alltagsaufgaben.

 SEITE 18

Smart Homes ● ● ● ○

Smart Homes sind Wohnungen oder Häuser, die mit vernetzter Sensorik und Motoren ausgestattet sind. Automatische Fensterläden, Türen, Heizungen, Lampen etc. können einfach per zentrale Bedienung (z. B. durch Sprache) gesteuert oder gänzlich automatisiert werden (etwa die Funktion «Kaffeemaschine anschalten», nachdem man aus dem Bett aufgestanden ist).  SEITE 44

Robot Doubles ● ● ● ○

Robot Doubles sind im einfachsten Fall ein iPad auf Rädern, das sich fernsteuern lässt. So können zum Beispiel Kinder, die eine längere Zeit im Spital verbringen, weiterhin die Schule besuchen^{9,10}. Dank Fortschritten im Bereich «Virtual Reality» wird es künftig möglich sein, andere Orte durch ein Robot Double immer lebensechter zu erfahren.

Selbstfahrende Autos ● ● ● ○

Selbstfahrende Autos sind Fahrzeuge, die selbstständig durch den Stadtverkehr manövrieren können. Sie bieten Menschen mit Behinderungen, die mit dem Autofahren Mühe haben, einen enormen Autonomiegewinn. Hersteller wie Ford, VW, Tesla oder Google rechnen damit, dass sie bis zum Jahr 2020 auf dem Markt sein werden¹¹. Wahrscheinlich werden bis dann aber nur Teilfunktionen automatisiert. Auf komplett autonome Fahrzeuge müssen wir vermutlich noch mindestens 15 Jahre warten.

An uns

Exoskelette ● ● ● ○

Exoskelette sind Roboteranzüge, welche die Gliedmassen stabilisieren, entlasten und führen. Damit erleichtern sie das Gehen und Tragen. Sie bestehen aus motorisierten Schienen, an die Beine und manchmal auch Arme befestigt werden, sowie Batterie und Rechner.  SEITE 22

Prothesen ● ● ● ●

Prothesen sind künstliche Gliedmassen, die Körperteile ersetzen, die durch Unfall, Krankheit oder Entwicklungsstörungen verloren gegangen oder unbrauchbar geworden sind. Einerseits soll dabei die Funktionalität des fehlenden Körperteils wiederhergestellt werden, andererseits sind ästhetische Aspekte wichtig, damit das Fehlen eines Körperteils nicht auffällt.

In uns

Knochenintegrierte Prothese ● ● ● ○

Knochenintegrierte Prothesen sind direkt im Knochen befestigt, wodurch eine viel bessere Kraftübertragung gewährleistet wird. Gleichzeitig besteht gerade deswegen auch eine grössere Infektionsgefahr. Die Schnittstelle zwischen Körper und Metall muss darum sorgfältig gepflegt werden¹².

Elektrische Muskelstimulation ● ● ● ○

Muskeln ziehen sich zusammen, wenn sie von Nerven elektrisch stimuliert werden. Diese Stimulation können auch Elektroden durchführen, die auf der Haut angebracht oder implantiert worden sind. Mit einem Gerät, welches die Muskelstimulation richtig koordiniert, können Menschen mit unterbrochenen Nervenbahnen die gelähmten Körperteile dennoch bewegen und zum Beispiel Velo fahren oder sogar an Krücken gehen.

Rückenmark-Stimulation ● ○ ○ ○

Anstatt der Muskeln lassen sich Nerven innerhalb des Rückenmarks durch ein Implantat elektrisch stimulieren. So werden mehrere Muskelgruppen gleichzeitig ohne Verkabelung der Muskeln angesteuert¹³. Die Steuerung dieses Implantats übernimmt ein Gehirn-Interface oder ein Steuerungspanel, das über Funk mit dem Implantat verknüpft ist.

Etablierungsgrad der Technologie

- ○ ○ ○ **Prototyp**
(Entwicklung im Laborstadium)
- ● ○ ○ **Eingesetzt**
(Begrenzter Einsatz, Machbarkeitstests)
- ● ● ○ **Technischer Durchbruch**
(Weitere Einsatzgebiete)
- ● ● ● **Etabliert**
(Die Technologie wird Teil unseres Lebens)

Vertiefung: Assistenzroboter

Für viele gelten Assistenzroboter als die Zukunft schlechthin, wenn es darum geht, die Betreuung von Menschen mit Behinderungen oder von älteren Menschen zu gewährleisten. Assistenzroboter sind sehr verschieden ausgestaltet und können – theoretisch – unterschiedlichste Aufgaben erledigen. Von kleinen Staubsauger-Robotern bis hin zu grossen, fahrerlosen Lastrobotern, die sich Container und Kisten aufladen, fallen viele Typen in diese Kategorie. Staubsauger-Roboter etwa sind relativ «dumm» und führen ein sehr simples Programm aus. An Türschwellen, Treppen oder zu viel Unordnung scheitern die meisten Modelle.

Doch für Menschen, die mit der Bewegung – insbesondere der Feinmotorik – Schwierigkeiten haben, wäre ein Roboter, der ihnen bei Alltagsaufgaben aller Art helfen könnte, eine Entlastung, indem er zum Beispiel die Wohnung staubsaugt, die Lesebrille holt, den Tisch abräumt oder den Geschirrspüler bewirtschaftet.

*«So ein Roboter, den ich über Sprache steuern und rumscheuchen kann: ‹Hol mir Wasser!› oder ‹Räum mein Pult auf!› – so wie im Film ‹Iron Man›. Als ich den gesehen habe, dachte ich mir: So einen will ich auch!»
Mirco Eisenegger,
von Duchenne-Muskeldystrophie Betroffener*

Die Vision eines robotischen Allrounders verfolgt das deutsche Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung mit dem

«Care-O-Bot»¹⁴: einem flexiblen, modularen Roboter, der je nach Anwendung anders zusammengesetzt wird. Er kann zum Beispiel als Lastenfahrzeug dienen. Montiert man an ihm ein oder zwei Greifarme, interagiert der «Care-O-Bot» auch mit seiner Umwelt. Er kann Essen und Getränke verteilen oder Menschen sicher führen, damit sie nicht stürzen. Über ein Display kann der «Care-O-Bot» Informationen darstellen, seien das Kochrezepte oder eine Blutdruckanzeige.

Noch gibt es diesen mobilen Roboterassistenten erst als Prototypen. Ausserhalb von kontrollierbaren Laborumgebungen scheint er den Anforderungen des Marktes noch nicht zu genügen. Scheinbar simple Alltagsaufgaben erfordern eine komplexe feinmotorische Koordination. Auch genaue Orientierung und Identifikation von Gegenständen im Wohnumfeld sind gefragt. Diese Kriterien erfüllt weder der «Care-O-Bot» noch ein anderer Allround-Roboter¹⁵. Maschinen sind noch nicht imstande, die unordentliche, chaotische Alltagswelt von Menschen zu bewältigen. Sie müssen erst noch lernen, damit umzugehen, wie wir es als Kinder auch lernen mussten. Mit kollaborativem Lernen ist es aber möglich, dass Maschinen zusammen lernen. So muss nur ein Roboter den Fehler machen, eine Schüssel mit Milch genau gleich

¹⁴ www.care-o-bot-4.de/

¹⁵ www.ipa.fraunhofer.de/fileadmin/user_upload/Publikationen/Studien/Studentexte/Studie_EFFIROB.pdf

ruckartig zu bewegen, wie dies eine Schüssel mit Joghurt erlaubt. Ein solches Prinzip wird schon bei «Tesla Fleet Learning» eingesetzt¹⁶. Man kauft etwa ein neues Auto mit der Erfahrung von 100'000en von Kilometern Fahrt.

Technisch einfacher sind Roboter, die zwar nicht besonders smart sind, aber viel Kraft auf sich vereinen. Menschen, die Mühe mit dem Aufstehen oder Gehen haben, können von einem solchen Roboter profitieren. Seien das ältere Menschen oder auch Menschen mit (selbst schweren) Behinderungen. Der Roboter kann sie zum Beispiel vom Bett in den Rollstuhl transferieren, vom Sofa zum Rollator führen oder selber die Rolle von Rollstuhl beziehungsweise Rollator übernehmen. Heutzutage sind es die Pflegefachkräfte, die solche schweren Arbeiten ausführen – Hilfsmittel wie der Gurtlifter oder einfache Hebesysteme bleiben häufig ungenutzt. Viele Pflegefachleute leiden deswegen unter Rückenbeschwerden. Ein Roboter, der auf Abruf bereitsteht, könnte hier helfen. Die menschliche Pflege würde dadurch nicht ersetzt, sondern optimal ergänzt. Denn ein solcher Roboter führt lediglich einfache Befehle aus, trifft aber keine Entscheidungen.

Ein Beispiel für einen solchen Assistenzroboter ist «Robear», der ursprünglich am japanischen Forschungsinstitut Riken in Nagoya gefertigt und dann an der Universität Meijo weiterentwickelt wurde¹⁷. Es ist kein Zufall, dass das Beispiel aus Japan kommt: Japan ist das Land, das weltweit am stärksten von Überalterung betroffen¹⁸ und des-

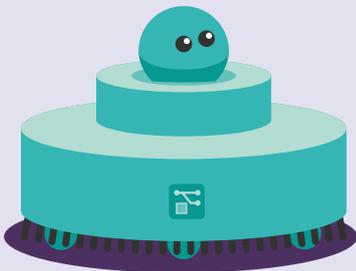
halb akut gefordert ist, Alternativen für die Pflege älterer Menschen zu finden. «Robear» ist ein 140 Kilo schwerer Roboter auf Rädern, der einem Bären ähnelt – gross, stark und putzig. Mit präzise agierenden Gelenken, verschiedensten Sensoren und grossen Polstern ist er dafür ausgelegt, Menschen möglichst sanft zu transportieren, um sie zum Beispiel vom Bett in einen Rollstuhl zu transferieren. Gesteuert wird «Robear» durch ein Tablet. Damit sich ein 140 Kilo schwerer Roboter frei bewegen kann, braucht es jede Menge Platz und auch eine gewisse Ordnung. Da diese Voraussetzungen in einem Heim eher gegeben sind als in einer Wohnung, ist dieser Roboter für den privaten Gebrauch nicht unbedingt geeignet. Ohnehin ist «Robear» nur ein Prototyp und noch nicht für den Massenmarkt tauglich. Zudem ist sein Preis von circa 200'000 Franken astronomisch hoch. Der Entwickler Toshiharu Mukai sieht «Robear» auch eher als Forschungsprojekt denn als fertiges Produkt. Er ist überzeugt, dass Roboter eines Tages in der Pflege allgegenwärtig sein werden, doch er zeigt sich skeptisch, ob dies in zehn Jahren schon der Fall sein wird¹⁹.

¹⁶ www.recode.net/2016/9/12/12889358/tesla-autopilot-data-fleet-learning

¹⁷ www.riken.jp/en/pr/press/2015/20150223_2/

¹⁸ Muramatsu, N., Akiyama, H. (2011). Japan: super-aging society preparing for the future. *The Gerontologist*, 51(4), 425–432.

¹⁹ www.theverge.com/2015/4/28/8507049/robear-robot-bear-japan-elderly



Da Roboter wie «Robear» oder «Care-O-Bot» für den persönlichen Gebrauch noch nicht ausgereift sind, ist es gegenwärtig sinnvoller, einzelne Prozesse separat zu automatisieren. Anstatt eines riesigen Roboters im Haus, der irgendwo stecken bleibt oder am Öffnen der Fensterläden scheitert, bietet sich zu diesem Zweck ein motorisierter Fensterladen an (SMART HOME, SEITE 44). Für leichteres Aufstehen eignet sich ein Aufstehbett, und der Gurtlifter hilft beim Transfer zum Rollstuhl.

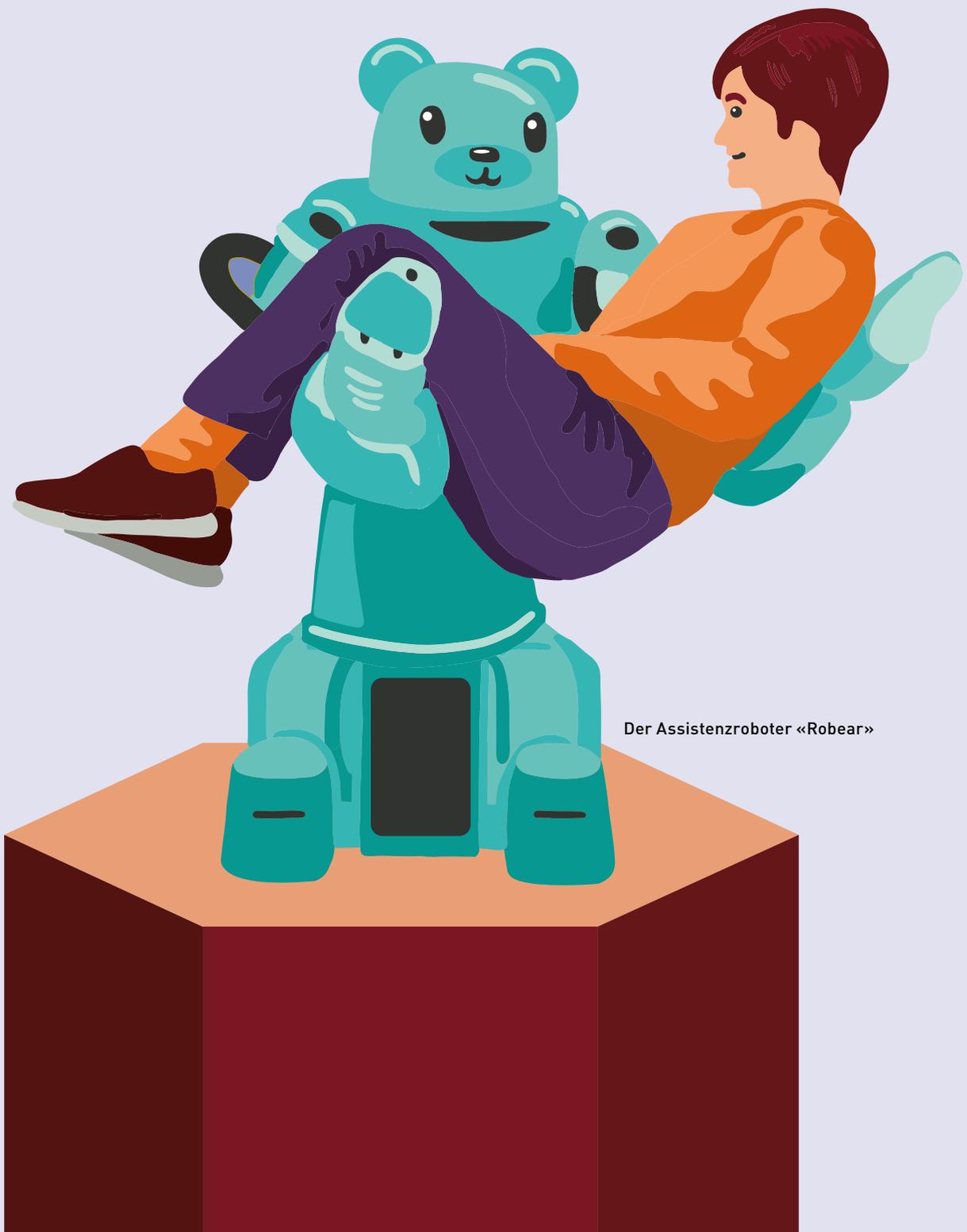
Personen, die alleine wohnen wollen, aber betreuungsbedürftig sind, können einen Roboter nutzen, welcher der Kommunikation dient. «MobiNa», der mobile Notfallassistent des Fraunhofer-Instituts, ermöglicht es, Kontakt mit verunfallten Personen im Haushalt herzustellen, auch wenn diese sich nicht bewegen können²⁰. Auf der Fraunhofer-Webseite wird «MobiNa» folgendermassen beschrieben:

«MobiNa» (Mobiler Notfallassistent) ist ein mobiler Roboter, der im Notfall – wie zum Beispiel nach einem Sturz – als Kommunikationsplattform eingesetzt werden kann. Der Roboter wird dafür mit einem stationären Notfallerkennungssystem

verknüpft, das diesem bei Bedarf die Koordinaten der gestürzten Person zuschickt. Der Roboter fährt selbstständig auf die gestürzte Person zu und stellt dabei über seinen Bildschirm und die integrierten Lautsprecher und Mikrofone den Kontakt zur Notfallzentrale her. Gemeinsam mit einem Mitarbeiter der Notfallzentrale kann dann entschieden werden, ob und welche weitere Hilfe benötigt wird.»

Der Einsatz eines solchen Kommunikationsroboters bedingt aber, dass die betreuungsbedürftige Person ständig elektronisch überwacht wird, damit ein Unfall sofort bemerkt wird. Ein Roboter – ob «Robear», «Care-O-Bot» oder «MobiNa» – funktioniert natürlich besser, wenn eine Wohnung vernetzt und technisiert ist (BARRIEREFREIHEIT FÜR MASCHINEN, SEITE 53). So kann vieles gemessen, registriert und automatisiert werden.

²⁰ www.ipa.fraunhofer.de/mobina.html



Der Assistenzroboter «Robear»

Vertiefung: Exoskelette

Exoskelette sind aktive Orthesen – Roboteranzüge, die der Stabilisierung, Entlastung und Führung von Gliedmassen dienen. Nutzer können in sie hineinsteigen, sich festschnallen und damit beim Gehen oder auch beim Heben schwerer Gewichte unterstützt werden. Die heute noch relativ klobigen Geräte bestehen aus motorisierten Schienen, an die Beine und manchmal auch Arme befestigt werden, sowie Batterie und Rechner. Gesteuert wird ein Exoskelett entweder über die Eigenbewegung, die durch das Exoskelett gemessen und verstärkt wird, oder über Controller (z. B. Knöpfe an Krücken), die Menschen mit Gehbehinderungen oft zusätzlich zum Exoskelett benutzen. Oft geschieht dies in Kombination mit anderen Sensoren, beispielsweise durch Kraftmessung an der Fusssohle oder Muskelaktivitätsmessung. In Zukunft werden Exoskelette vermutlich immer autonom funktionieren, sodass selbst Schwerstbehinderte damit gehen können. Mündliche Anweisungen eines Zielortes werden ausreichen, um sich in Gang zu setzen.

Mit heutigen Exoskeletten ist es möglich, sich mit einer Geschwindigkeit von ca. 1 km/h fortzubewegen²¹ (ein gesunder Erwachsener geht mit 3,5 km/h). Je grösser die Batterie, desto länger die Nutzungsdauer, desto schwerer aber auch das Exoskelett. Gewöhnlich hält die Batterie eines Exoskeletts zwischen 4 und 8 Stunden. Besonders eine Controller-gesteuerte Fortbewegung wirkt oft auch relativ ungeschickt. Scheinbar einfache Aufgaben, wie z. B. auf ein tiefes Sofa abzusetzen und wieder aufzustehen, stellen für Nutzer von Exoskeletten nach wie vor grosse Herausforderungen dar. Am «Cybathlon»²² war das Absitzen und Aufstehen von einem Sofa ein Posten des Exoskelett-Parcours, an dem mehrere Piloten scheiterten.

Um eine echte Alternative für Rollstühle darzustellen, müssen Exoskelette noch einige Hürden überwinden. Schon nur das Anziehen eines Exoskeletts dauert lange. Wenn es einmal angezogen ist, kommt man nur umständlich voran. Für viele Alltagsaufgaben ist der Rollstuhl darum die unkompliziertere Lösung. Exoskelette sind bereits im Verkauf²³, kosten aber zurzeit etwa so viel wie ein Kleinwagen²⁴, was für viele angesichts der eingeschränkten Möglichkeiten noch zu viel ist.

Trotz der technischen Einschränkungen heutiger Exoskelette: Die Technologie besitzt ein riesiges Potenzial. Interessant ist dabei, dass sie für sehr unterschiedliche Nutzer dienlich sein können, nicht nur ausschliesslich für Menschen mit Behinderungen (MAINSTREAM STATT «BEHINDERTER» TECHNOLOGIE, SEITE 56). Somit eröffnet sich ein viel grösserer Markt, als es z. B. bei Rollstühlen der Fall ist, was wiederum die Preise senkt und die technologische Entwicklung vorantreibt. Panasonic rechnet damit, dass Exoskelette in 15 Jahren breit angewendet werden²⁵. Jegliche Arbeit, die Kraft erfordert, könnte durch Exoskelette vereinfacht werden. Anwendungen auf dem

²¹ jneuroengrehab.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12984-015-0074-9

²² Ein sportlicher Event der ETH Zürich, der im Oktober 2016 zum ersten Mal stattfand. Am «Cybathlon» nutzen Menschen mit körperlichen Behinderungen unterschiedliche technische Assistenzsystemen, um sich im Wettkampf zu messen. (www.cybathlon.ethz.ch/)

²³ www.rewalk.com/de/

²⁴ www.technologyreview.com/s/546276/this-40000-robotic-exoskeleton-lets-the-paralyzed-walk/

²⁵ www.technologyreview.com/s/539251/the-exoskeletons-are-coming/

Bau, im Transportwesen, bei Feuerwehrleuten oder anderen Katastrophenhelfern sind naheliegend. Aber auch Pfleger, welche Patienten oft aus dem Bett in den Rollstuhl heben, könnten von Exoskeletten profitieren. Natürlich investiert auch das amerikanische Militär in die Entwicklung von Exoskeletten, damit Soldaten auf dem Schlachtfeld schwereres Equipment transportieren können²⁶. Die Nutzung von Exoskeletten würde nicht nur die Arbeit im Moment erleichtern, sondern auch gesundheitlichen Schäden von der Arbeit (z. B. Rückenprobleme) vorbeugen.

Eines Tages werden Exoskelette vielleicht so einfach anzuziehen sein wie eine Hose und auf den ersten Blick auch kaum von einer solchen zu unterscheiden sein. In der Zwischenzeit, und bis diese Hose auch mit genügend Energie versorgt werden kann, dass man sich damit auch längere Unternehmungen anzugehen getraut, werden wahrscheinlich Hybrid-Systeme zwischen Rollstuhl und Exoskelett entstehen. So wird es möglich sein, mit dem Rollstuhl längere Strecken zurückzulegen und dabei auch eine schwere Batterie zu transportieren, aber dennoch mit dem Exoskelett aufzustehen und herumzulaufen, falls dies nötig ist. So ist es durchaus denkbar, den Rollstuhl eine Treppe hochzutragen, um oben weiterzufahren. Barrierefreiheit könnte für einen solchen Fall auch bedeuten, dass bei Treppen und anderen Orten, wo es nötig ist aufzustehen, Stromversorgung garantiert ist, damit man nie in die Situation kommt, zu wenig Akkuladung zu haben.

²⁶ www.sciencemag.org/news/2015/10/feature-can-we-build-iron-man-suit-gives-soldiers-robotic-boost



Übersicht: Wahrnehmung

Der Bereich «Wahrnehmung» umfasst Technologien, die helfen, Informationen über die Umwelt aufzunehmen. Dies geschieht auf unterschiedliche Arten: Es können Signale aus der Umwelt verstärkt oder verändert werden (z. B. bei Hörgerät oder Brille), Informationen werden auf andere Sinneskanäle umgeleitet (z. B. Sprache zu Text), oder Teile der Signalkette innerhalb des Körpers werden ersetzt oder überbrückt (z. B. durch künstliche Augenlinse).

Die für ein Funktionieren in der Gesellschaft wohl wichtigsten Sinne sind der Sehsinn und der Hörsinn. Viele Menschen sind bei Hören und Sehen auf Hilfe angewiesen. In der Schweiz leben laut der Organisation für Menschen mit Hörproblemen «Pro Audito» rund 1'000'000 Menschen mit Hörbehinderungen. Der «Schweizerische Zentralverein für das Blindenwesen» schätzt die Zahl der sehbehinderten oder blinden Menschen in der Schweiz auf etwa 320'000. Durch eine zunehmende Alterung der Gesellschaft dürften diese Zahlen in Zukunft steigen.

Ein gestörtes Riech- oder Geschmacksempfinden behindert nicht unmittelbar und ist deshalb von der Statistik weniger gut erfasst. Die Zahlen der Personen mit Störungen des Tastsinns sind noch schwieriger zu eruieren, besonders, wenn man das Phänomen nicht pathologisch, sondern als Bedürfnis betrachtet. Trotzdem leiden nicht wenige Betroffene unter dem Ausfall ihres Tastsinns an bestimmten Körperteilen: Menschen mit neuronalen Erkrankungen, Infektionskrankheiten, chronischen Schmerzen, Durchblutungsstörungen und anderen Leiden. Auch Para- und Tetraplegiker sowie Menschen mit Amputationen oder zerebralen Bewegungsstörungen sind davon betroffen. Manchmal wird z. B. der Wunsch genannt, wieder einmal den Sand eines Strandes zwischen den Zehen spüren zu können. (PORTRAIT ABASSIA RAHMANI, SEITE 50)



²⁷ www.bemyeyes.org/

²⁸ www.webaim.org/techniques/screenreader/

²⁹ de.wikipedia.org/wiki/Braillezeile

³⁰ www.hpi.de/baudisch/projects/linespace.html

³¹ www.3ders.org/articles/20150417-father-uses-3d-printing-to-help-teach-his-blind-daughter-math.html

³² www.librarylyna.com/

³³ www.c2sense.com/technology/

³⁴ www.analytik-news.de/Presse/2011/201.html

³⁵ www.horus.tech/

³⁶ youtu.be/sNoPV0epfHA

³⁷ Ruiwei Shen, Tsutomu Terada, Masahiko Tsukamoto (2013). A system for visualizing sound source using augmented reality. *International Journal of Pervasive Computing and Communications*, Vol. 9 Iss: 3, pp.227–242

³⁸ www.scientificamerican.com/article/device-lets-blind-see-with-tongues/

³⁹ youtu.be/QtPs8d4JbwY

⁴⁰ www.wired.co.uk/article/darpa-creates-feeling-prosthetic-arm

⁴¹ Lewis, P. M., Ackland, H. M., Lowery, A. J., Rosenfeld, J. V. (2015). Restoration of vision in blind individuals using bionic devices: a review with a focus on cortical visual prostheses. *Brain research*, 1595, 51–73.

Um uns

Crowd Seeing ● ● ● ●

Eine Möglichkeit, Informationen auf andere Sinneskanäle umzuleiten, besteht darin, Visuelles hörbar zu machen. Die iPhone-App „Be My Eyes“²⁷ tut dies, indem das Sehen der Umwelt aufgetragen wird: Eine blinde Person fotografiert oder filmt ihre Umgebung mit dem Smartphone und eine ihr zugeteilte sehende Person, welche die App ebenfalls installiert hat, kann die Aufnahmen mündlich beschreiben.

Screen Reader ● ● ● ●

Dank einer klaren Trennung zwischen Inhalten und Layout lassen sich Texte von Webseiten relativ einfach vergrössern, von Screen-Reader-Software²⁸ vorlesen oder von einem Brailledisplay²⁹ als berührbare Pins darstellen lassen. Diese Möglichkeiten bestehen nicht nur zu Hause, sondern können auch bei Bank- oder Ticketautomaten gegeben sein.

3D-Druck ● ● ● ●

Ähnlich wie bei Miniaturmodellen von Sehenswürdigkeiten können auch 3D-Drucke vieles ertastbar machen. Ein Beispiel dafür ist das Linespace³⁰ Display System: eine 140 x 100 cm grosse Tafel, auf welche mithilfe eines 3D-Druckers erhöhte taktile Linien gedruckt werden. Damit können Blinde die Welt buchstäblich begreifen, von Landkarten über Excel-Tabellen bis hin zu mathematischen Gleichungen³¹. Für schulische Anwendungen hat die Lyna Library 3D-Druckvorlagen in den Fächern Biologie, Chemie, Mathematik und Physik³² entwickelt.

Maschinen-Riechen ● ● ● ○

Billige Chips sind heutzutage in der Lage, Gase zu erkennen, z. B. Äthylen, das von überreifen Früchten abgegeben wird³³. Das deutsche Fraunhofer Institut arbeitet an einer Sensorfolie, die farblich auf biogene Amine reagiert. Das sind Moleküle, die beim Zersetzungsprozess von Fleisch oder Fisch entstehen³⁴. Von solchen Produkten können Menschen mit Geschmacksempfindungsstörungen profitieren.

An uns

Maschinen-Sicht ● ● ○ ○

Maschinen erkennen durch Text-, Bild- und Gesichtserkennung unsere Umwelt. Sie können Sehbehinderte bei der Orientierung unterstützen, indem sie die Dinge benennen oder Hindernisse durch unterschiedlich modulierte Geräusche kennzeichnen (vergleichbar mit Parkhilfen beim Auto). Bisherige Prototypen sind entweder Brillen mit Kameras³⁵ oder eine Art Krage³⁶.

Maschinen-Hören - ● ○ ○ ○

Augmented Reality meint die Möglichkeit, auf einem Brillenglass erweiterte Informationen über die Umwelt zu darzustellen – z. B. die Anwesenheit unsichtbarer Objekte zu verschriftlichen, Geräusche zu visualisieren und mehr. Denkbar ist etwa, dass Gehörlose so auf Krankenwagensirenen aufmerksam gemacht werden³⁷. Mit Spracherkennungssoftware liessen sich sprachliche Äusserungen eines Gegenübers dereinst als „Untertitel“ darstellen.

Sehen mit der Zunge ● ● ○ ○

Die Zunge hat sehr viele Nerven. Ein Chip, welcher die Zunge abdeckt, kann Bilder elektrisch auf die Zunge projizieren. Ein Nutzer kann lernen, diese Bilder per Zunge zu interpretieren, die Welt mit der Zunge zu sehen³⁸.

In uns

Retina-Implantate ● ● ○ ○

Retina-Implantate sind Chips, die bei Patienten mit Netzhaut-Erkrankungen direkt auf die Retina implantiert werden. Eine Kamera an einer Brille sendet die Informationen über eine Induktionsspule an den Chip im Auge, der ein sehr grob aufgelöstes Bild auf die Netzhaut „projiziert“.  SEITE 28

Cochlea-Implantate ● ● ● ●

Das Cochlea-Implantat ist eine Hörprothese für Gehörlose, die über einen funktionsfähigen Hörnerv verfügen. Ein elektronisch aufgenommenes Signal wird über eine Spule an einen Prozessor innerhalb des Schädels geschickt, welcher die Nerven innerhalb der Hörschnecke (Cochlea) stimuliert. Dadurch wird Hören möglich, jedoch in einer deutlich schlechteren Qualität als organisches Hören.

Maschinen-Fühlen - ● ○ ○ ○

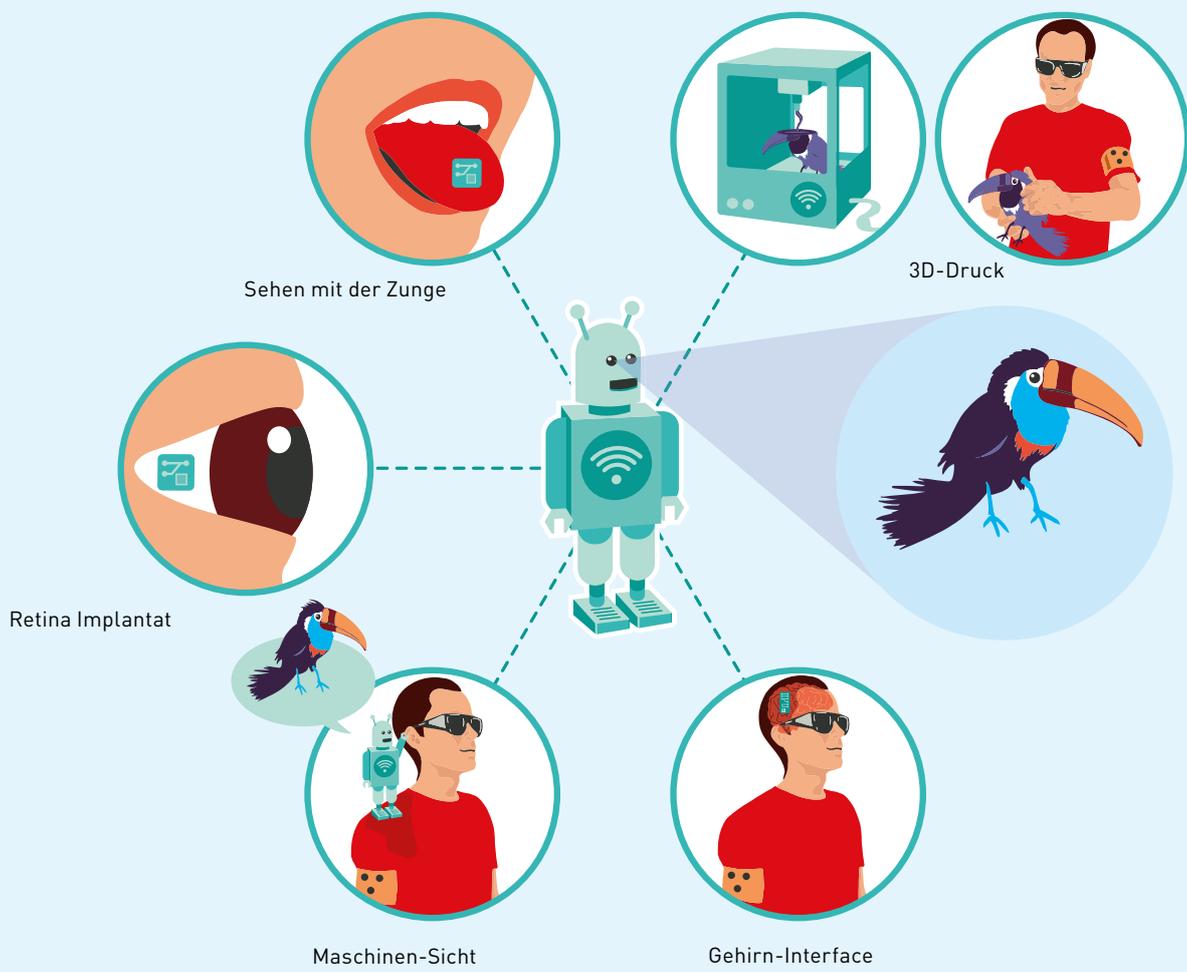
Klassische Prothesen erlauben keinen Tastsinn. Doch dieser wäre für die Feinmotorik sehr wichtig. Um einen Tastsinn bei Prothesen zu ermöglichen, werden Nervenenden mit Elektroden verbunden³⁹.

Gehirn Interface ● ○ ○ ○

Da jegliche sensorischen Signale im Gehirn verarbeitet werden, können in Zukunft vielleicht jegliche Nervenverbindungen umgangen werden, indem ein Chip direkt im Gehirn platziert wird. Entweder im somatosensorischen Cortex, um mit einer Prothese einen Tastsinn zu erleben⁴⁰ oder im visuellen Cortex, um zu sehen⁴¹.  SEITE 36

Etablierungsgrad der Technologie

- ○ ○ ○ **Prototyp**
(Entwicklung im Laborstadium)
- ● ○ ○ **Eingesetzt**
(Begrenzter Einsatz, Machbarkeitstests)
- ● ● ○ **Technischer Durchbruch**
(Weitere Einsatzgebiete)
- ● ● ● **Etabliert**
(Die Technologie wird Teil unseres Lebens)





Crowd Seeing

Vertiefung: Retina-Implantate

Etwa drei Millionen Menschen weltweit, davon allein in Deutschland ca. 30'000–40'000, leiden an der degenerativen Netzhauterkrankung Retinopathia pigmentosa⁴². Die Krankheit manifestiert sich in einer langsamen Verdunklung der Sicht, angefangen bei Schwierigkeiten, in der Nacht gut zu sehen, bis hin zur vollständigen Blindheit. Eine Möglichkeit dagegen vorzugehen ist es, einen Chip operativ auf die Netzhaut (Retina) zu positionieren. Der Patient trägt eine Brille mit Kamera, welche die Aufnahmen an den Chip funkt (PORTRAIT GOWRI SULDARAM, SEITE 30). Der Chip stimuliert die unter den Photorezeptoren befindlichen Ganglion-Zellen elektrisch. Diese leiten dann das Kamerabild über den Sehnerv ans Gehirn weiter. Solche Eingriffe sind in den ersten Jahren nach der Erblindung möglich. Je länger man wartet, desto stärker bauen sich die Nerven innerhalb der Retina ab und desto weniger empfänglich sind sie für die elektrische Stimulation durch den Chip.

Man darf sich dies aber nicht wie natürliches Sehen vorstellen: Das Implantat «Argus 2» zum Beispiel hat eine Auflösung von 6 x 10 Pixeln. Das bedeutet: Das Bild, das man sieht, besteht aus lediglich 60 Punkten (wenn alle 60 Elektroden von der Retina auch gut aufgenommen werden). Die Firma «Second Sight», welche das Implantat «Argus 2» verkauft, beschreibt ihr Produkt folgendermassen:

«Einigen Patienten fällt es leicht, Formen zu unterscheiden, gross geschriebene Buchstaben zu erkennen und Lichtquellen zu lokalisieren, während es anderen wiederum nicht gelingt, mit ihrem System räumliche Informationen im Gesichtsfeld zu interpretieren.»⁴³

Second Sight, Hersteller der «Argus 2»-Retina-Implantate

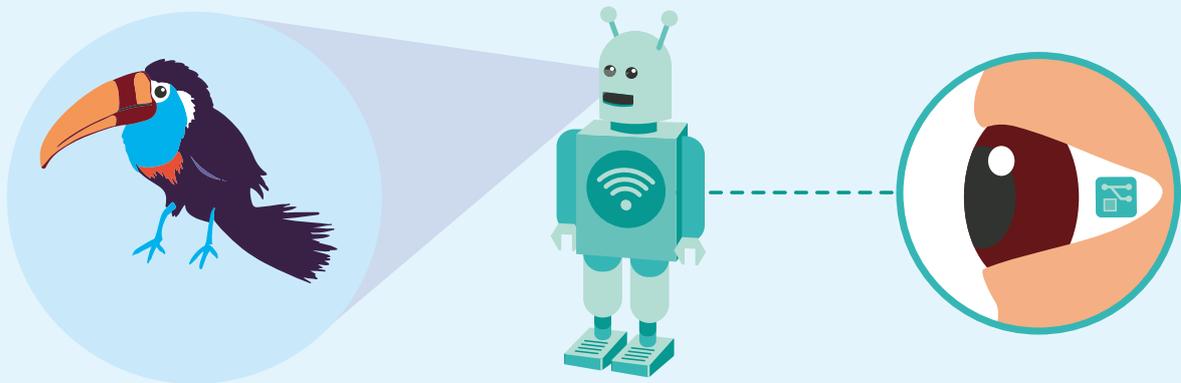
Mit einem Retina-Implantat ist es somit höchstens möglich, Umrisse zu sehen. Man kann damit Türrahmen erkennen, Lichtquellen, vielleicht einzelne Buchstaben. Wie gut diese relativ bescheidenen Sehleistungen ein Individuum tatsächlich umsetzen kann, kann von Person zu Person sehr verschieden sein und lässt sich schwer abschätzen. Dies im Gegensatz zum Beispiel zu einem Cochlea-Implantat, welches bei den meisten Nutzern etwa gleich gut funktioniert.

Dass der Erfolg nicht vorhergesagt werden kann, ist problematisch. Einerseits ist eine Operation am Auge nicht ohne Risiko. Andererseits kostet ein solches Implantat samt Einsetzen, individueller Adaptation und der sehr wichtigen gründlichen Schulung des Patienten in etwa 100'000 Franken. In der Schweiz wird das, im Gegensatz zu Deutschland und Frankreich, von Krankenversicherern nicht mitgetragen. Nach dem Einsetzen muss jede der 60 Elektroden separat geeicht werden. Das heisst, für jede Elektrode einzeln eruiert werden.

Dr. Jörg Sommerhalder, der am Universitätsspital Genf forscht, zeigt sich gegenüber Retina-Implantaten zunehmend skeptisch. «Von 2000 bis 2010 sind zwar bedeutende Fortschritte erzielt worden, aber seither geht es nur langsam voran», sagt der Physiker, der selber an dieser Forschung beteiligt ist. «Die Hersteller scheinen vorübergehend an eine Barriere gestossen zu sein.» Momentan versuche man deshalb auch, Optimierungen an der Software vorzunehmen, z. B. die Kontraste bei der Bildbearbeitung zu erhöhen, damit Umrisse deutlicher werden. Trotz langsamen Fortschrit-

⁴² de.wikipedia.org/wiki/Retinopathia_pigmentosa

⁴³ www.2-sight.com/frequently-asked-questions-pf-en.html



Nicht realitätsgetreues Symbolbild

tes seien die Firmen aber gezwungen auf dem Markt zu bestehen, damit sie die hohen Entwicklungsinvestitionen wieder erwirtschaften können. Sommerhalder hält Ihnen zugute, dass sie keine Falschaussagen machen und meist ziemlich ehrlich kommunizieren. Dennoch gibt es ein paar Tränendrüsen stimulierende Marketing-Videos von Menschen, die sich völlig begeistert zeigen und vor der Kamera behaupten, «zum ersten Mal wieder die eigene Frau sehen zu können». Ob sie die eigene Frau von einer anderen Person unterscheiden könnten, ist fraglich.

Ob und wann Retina-Implantate die technologischen und biologischen Schwierigkeiten überwinden werden, die sie im Moment behindern, ist

unklar. Vorstellbar ist auch, dass sich ein anderer Ansatz durchsetzt, wie zum Beispiel die Vertonung der visuellen Umwelt durch eine künstliche Intelligenz. Oder die Wissenschaft stösst auf eine Heilmethode für degenerative Retinaerkrankungen. Das Beispiel macht insgesamt deutlich, dass nicht jede Technologie automatisch mit zunehmendem Tempo besser wird. Weitere Entwicklungen bauen womöglich nicht auf einer Verfeinerung des Bestehenden auf, sondern bedürfen einer bahnbrechenden neuen Idee.

«Wieso nicht ausprobieren?»

Gowri Suldaram trägt einen Microchip im Auge, da er sonst nichts sehen würde.



«Der Abbau geschieht langsam, aber stetig – zu erst merkt man es fast gar nicht», sagt Gowri Suldaram, ein 68-jähriger Genfer mit indischer Herkunft. Suldaram leidet seit seiner Jugend an der Krankheit Retinitis pigmentosa, einer degenerativen Retina-Erkrankung, welche eine langsame Verdunklung des Augenlichts zur Folge hat.

Seit 15 Jahren sieht er nun gar nichts mehr. Dabei hat er nichts unversucht gelassen: Vitamine, eine Erhöhung der Blutzirkulation im Auge, sogar der Einsatz von Plazentazellen wurde erprobt. Keines dieser Verfahren hat nachhaltig genützt. Am ehesten habe die Plazentamethode funktioniert, doch durch das Aufkommen von Aids in den 1980er-Jahren seien diese Experimente eingestellt worden. Suldaram bedauert das; die Versuche, die eher «privat und nicht sehr wissenschaftlich» gewesen seien, hätten funktioniert. «Ich garantiere es!»

Als an einer Konferenz in Lausanne Freiwillige für eine Studie mit Retina-Implantaten gesucht wurden, zögerte Suldaram nicht lange. «Wieso nicht ausprobieren? Was kann es schaden?», sagt er. «Dann haben wir das Forschungsprogramm begonnen.» Im Februar 2008 liess er sich einen Microchip im Auge implantieren. Einer müsse ja damit anfangen, um zu sehen, was die Wissenschaft aus dieser Technologie herausholen könne. Wenn man mit Gowri Suldaram spricht, hat man den Eindruck, eher mit einem Forscher als mit einem Patienten zu sprechen.

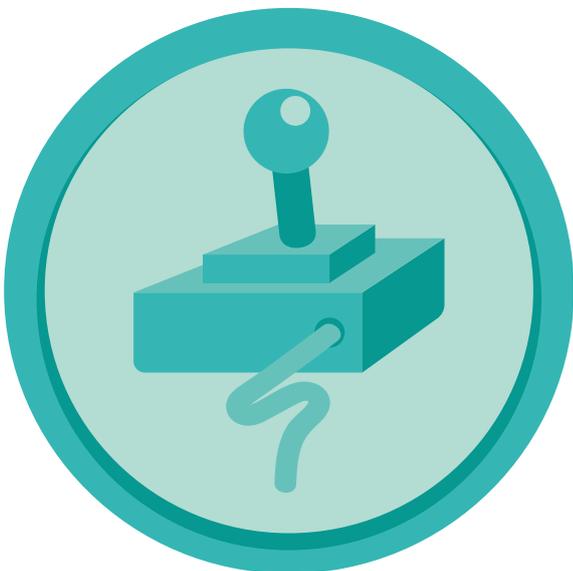
Die Brille, durch welche das Retina-Display mit Bildinformationen versorgt wird, trägt Gowri Suldaram während des Interviews im Universitätsspital Genf nicht. Mit ihr könne er ohnehin nur grobe Umrisse erkennen, erzählt er. Zu Hause wisse er ja, wo was sei. Um damit alleine auf die Strasse zu gehen, fühle er sich noch zu unsicher. Er müsse zuerst lernen, die Bildinformationen besser zu interpretieren. Im Gegensatz zum tatsächlichen Nutzen sind die Erwartungen, die an ein solches Gerät geknüpft sind, rundum hoch. Gowri Suldaram findet, das könne leicht zu Enttäuschungen führen: «Ich sehe das Gerät eher als eine Steigerung der Lebensqualität, sein praktischer Nutzen ist für mich zweitrangig.» Für viele sei es jedoch schön, einmal wieder Verwandte oder das Meer zu sehen.

Ob sich das Retina-Implantat-System in Zukunft als vielversprechendste Methode behaupten wird, ist für Gowri Suldaram fraglich. «Vielleicht setzen sich eher intelligente Systeme durch, die per Kamera die Welt erkennen und dem Nutzer dann per Sprachausgabe mitteilen, was sich in ihrer Umwelt befindet», überlegt er. So könne man das Auge völlig umgehen. Wie auch immer es in Zukunft weitergeht: Es braucht die engagierte Teilnahme von Betroffenen wie Gowri Suldaram, damit sich die Technologie weiterentwickeln kann.

Übersicht: Steuerung / Kommunikation

Oft wird bei Behinderungen die Sicherstellung von Mobilität als oberste Priorität angesehen. Mindestens genauso bedeutend wie Mobilität ist die Fähigkeit, seine Wünsche und Bedürfnisse mitzuteilen. Selbstbestimmung muss nicht heissen, dass man alles selber machen kann. Aber man muss selber mitteilen können, was man will. In dieser Kategorie sind technische Hilfsmittel beim Sprechen mit anderen Menschen gefragt. Gleichzeitig geht es um die Fähigkeit, mit Maschinen interagieren zu können. Besonders in der zunehmend digitalisierten Welt wird es immer wichtiger, dass alle Menschen Zugang zu Computern oder Smartphones haben und deren Möglichkeiten auch ausnutzen können.

Etwa 100'000 Menschen in der Schweiz haben laut Bundesamt für Statistik eine schwere oder totale Sprechbehinderung. Den Betroffenen fällt es schwer, mit anderen Menschen zu kommunizieren. Dazu kommen oft noch Schwierigkeiten, Geräte zu bedienen, etwa wegen Wahrnehmungsproblemen oder eingeschränkter Bewegung. Selbstverständliche Handlungen wie das Lesen auf dem Bildschirm, das Halten eines Stifts oder die Bedienung eines Smartphones bilden unüberwindbare Hürden.



⁴⁴ www.tobiidynavox.com/

⁴⁵ www.friendshipcircle.org/blog/2011/02/07/7-assistive-communication-apps-in-the-ipad-app-store/

⁴⁶ www.talkitt.com/

⁴⁷ www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4317279/

⁴⁸ www.permobil.com/en-GB/English/Other-products/Electronics/Magic-Drive-EC/

⁴⁹ www.yalescientific.org/2015/01/mind-controlled-prosthetics/

Um uns

Smart Assistants – ●●●●

Sprachsteuerung

Sowohl Menschen mit Sehbehinderungen als auch Menschen, die nicht mobil sind oder motorische Schwierigkeiten haben, können mittels Sprachsteuerungen wie «Siri» (Apple), «Google Assistant» oder «Alexa» (Amazon) mit Maschinen sprechen. So diktieren sie Nachrichten oder tätigen Suchanfragen. Auch das eigene «Smart Home» lässt sich via Sprachsteuerung bedienen: Türen und Fenster öffnen, Raumtemperaturen einstellen oder den Fernseher an- und ausschalten.

Eye-Tracking ●●●●

Eine weitere Alternative zu Maus und Keyboard, um den Computer zu bedienen, sind Eye-Tracker. Diese Geräte erkennen die genaue Blickrichtung des Benutzers. Dadurch wird der Blick zum Cursor, der den Computer steuert⁴⁴. Die Hände sind nicht mehr nötig.

Kommunikations-Apps ●●●●

Menschen mit Sprachstörungen können mittels Apps auf Smartphones oder Tablets mit anderen Menschen sprechen. Es lassen sich zum Beispiel Sprachsymbole anklicken – von Hand, per Eye-Tracker, mit dem Joystick oder mit einem am Stirnband montierten Stift –, die vom Gerät verbalisiert werden⁴⁵. Manche Menschen können zwar sprechen, sind jedoch nur sehr schwer zu verstehen. Für sie gibt es lernfähige Apps, die sich an solche Sprachmodi anpassen und diese für die Umwelt übersetzen⁴⁶.

An uns

Sip and Puff ●●●●

Die Sip-and-Puff-Steuerung ermöglicht durch Pusten (puff) und Saugen (sip) eines Röhrchens, zum Beispiel den Motor eines Rollstuhls zu bedienen. Starkes Pusten lässt den Rollstuhl vorwärtsfahren, starkes Saugen rückwärts. Durch leichtes, stetiges Pusten wird nach links abgebogen, durch stetiges Saugen nach rechts.

Elektromyographie ●●●○

Durch Muskelkontraktionen entsteht elektrische Spannung auf der Haut, welche mit aufgeklebten Elektroden gemessen werden kann. Das ermöglicht, zum Beispiel mit dem Muskel im Armstumpf Motoren einer Handprothese zu steuern. Welche Handbewegung durch die Muskelkontraktion ausgeführt wird, lässt sich heutzutage mit einer Smartphone-App bestimmen.

Ein noch experimentelles Verfahren ist die Targeted Muscle Reinnervation (selektive Nerven-Umleitung). Das Prinzip: Nerven, die zum fehlenden Glied führen, werden in einer Operation zum grossen Brustmuskel umgeleitet. Will man zum Beispiel die amputierte Hand bewegen, reagiert neu der Brustmuskel. Diese Kontraktion wird von Elektroden gemessen, welche wiederum das Öffnen der Prothesenhand veranlassen⁴⁷.

Joysticks ●●●●

Joysticks an Rollstühlen können nicht nur den Rollstuhl selber steuern, sondern auch dazu genutzt werden, Interfaces zu bedienen, die in einem vernetzten Umfeld zum Beispiel Fernseher anschalten oder Türen öffnen können⁴⁸.

In uns

Nerven-Elektroden- ●●○

Verbindungen

Schnelle Armbewegungen können bei myoelektrisch gesteuerten Prothesen zum Beispiel zum unbeabsichtigten Öffnen der Hand führen. Elektrische Geräte in der Nähe können Störsignale einstreuen⁴⁹. Alternativ ist es möglich, Elektroden direkt mit Nerven zu verbinden. Dies erlaubt auch Haptik und damit eine bessere Feinmotorik (Maschinen-Fühlen). Den richtigen Nerv zu isolieren und das schwache Nervensignal korrekt zu messen, ist die Schwierigkeit dabei.

Gehirn-Interfaces ●●○

Hirnsignale lassen sich direkt beim Hirn messen, wenn diese – zum Beispiel bei Tetraplegikern – nicht im Körper ankommen: entweder sehr ungenau durch Elektroenzephalografie an der Kopfoberfläche, die Spannungsschwankungen im Gehirn misst, oder durch Chips, die direkt unter der Schädeldecke auf dem Gehirn aufliegen. Ein direktes Gehirn-Interface kann Unterschiedliches messen: Gedanken an konkrete Muskelbewegungen (im motorischen Cortex) oder Absichten, bestimmte Ziele zu erreichen, beispielsweise ein Glas zu heben (im hinteren Parietallappen).  SEITE 36

Etablierungsgrad der Technologie

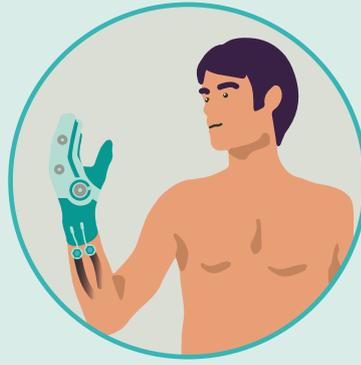
- ○ ○ ○ **Prototyp**
(Entwicklung im Laborstadium)
- ● ○ ○ **Eingesetzt**
(Begrenzter Einsatz, Machbarkeitstests)
- ● ● ○ **Technischer Durchbruch**
(Weitere Einsatzgebiete)
- ● ● ● **Etabliert**
(Die Technologie wird Teil unseres Lebens)

Sechs Möglichkeiten, eine Prothese zu steuern



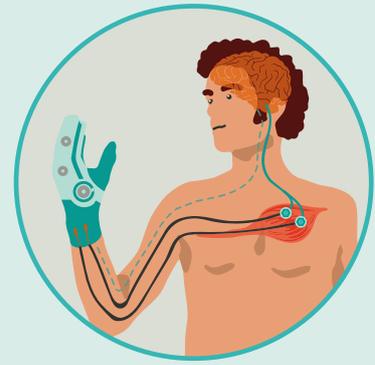
Kraftzugsteuerung

Wie bei einer Fahrradbremse kann ein Draht durch Bewegungen der gegenüberliegenden Schulter angespannt und entspannt werden. Das führt zum Schliessen und Öffnen der Prothesenhand.



Myoelektrische Steuerung

Durch Muskelkontraktionen am Armstumpf entsteht eine elektrische Spannung auf der Haut, welche mit aufgeklebten Elektroden gemessen werden kann. Dieses Signal ermöglicht eine Handbewegung. Welche spezifische Handbewegung ausgeführt wird, lässt sich seit dem Aufkommen von Smartphones mit einer App bestimmen.



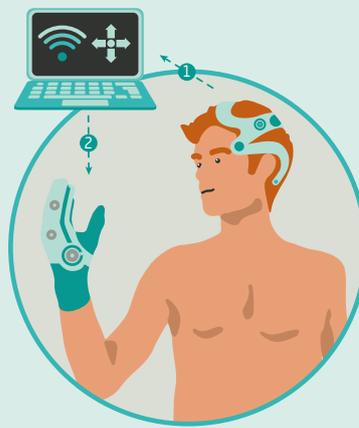
Myoelektrische Steuerung mit selektiver Nerven-Umleitung

Der zur fehlenden Hand führende Nerv wird in einer Operation zum Brustmuskel umgeleitet. Gedanken an das Bewegen der fehlenden Hand führt zur Kontraktion des Brustmuskels. Die Aktivität des Brustmuskels kann wiederum myoelektrisch gemessen werden und die Handprothese steuern.



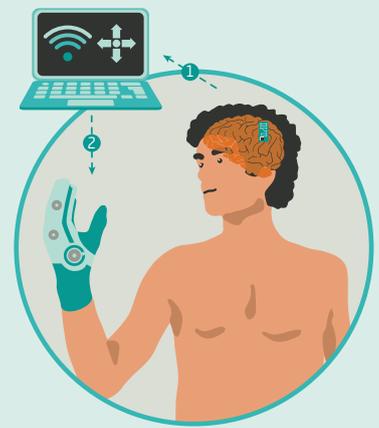
Nerven-Elektroden-Verbindung

Zur fehlenden Hand führende Nerven werden direkt im Körperinneren mit Elektroden verbunden, welche wiederum die Prothese steuern. Umgekehrt lassen sich auch haptische Gefühle der künstlichen Hand in Nerven einspeisen, die zum Gehirn führen. Damit wird ein künstliches Fingerspitzengefühl möglich.



Gedankensteuerung mit EEG

Unterschiedliche mentale Zustände (z. B. hohe Konzentration und Entspannung) lassen sich durch elektrische Spannungsunterschiede mittels Elektroenzephalographie (EEG) auf der Kopfoberfläche messen. Dieses Signal kann genutzt werden, um Bewegungen der Prothesenhand mit Gedanken zu steuern.



Gedankensteuerung durch einen Chip im Gehirn

Ein Chip wird im Gehirn platziert. Je nach Gehirnregion werden unterschiedliche Gehirnaktivitäten gemessen und in Bewegung umgesetzt. Entweder werden Gedanken an konkrete Muskelbewegungen im motorischen Cortex gemessen oder Absichten, bestimmte Ziele zu erreichen – beispielsweise ein Glas zu heben –, im hinteren Parietallappen.

Vertiefung: Gehirn-Interfaces

Es gibt diverse Möglichkeiten, wie der Mensch einer Maschine, z. B. einer robotischen Prothese, seine Wünsche mitteilen kann (SECHS MÖGLICHKEITEN, EINE PROTHESE ZU STEuern?, SEITE 34). Die Wünsche, vom Gehirn ausgehend, werden über Nervenenden, Muskelkontraktionen, durch gesprochene Instruktionen etc. der Maschine übermittelt. Da es schlussendlich immer darum geht, Informationen vom Gehirn zum Gerät zu befördern (oder umgekehrt bei der technisch unterstützten Wahrnehmung), bietet es sich an, das Gehirn direkt mit dem Gerät zu verbinden und nicht den Umweg über im Körper liegende Nerven zu nehmen. Zudem Letzteres bei Menschen mit durchtrennten Nervenbahnen nicht möglich ist.

Doch wie kann man das Gehirn direkt mit einer Maschine verbinden, um z. B. ein Exoskelett, die externe elektrische Stimulation der eigenen Muskeln oder eine körperfremde Maschine zu steuern? Zu diesem Zweck existieren mehrere unterschiedlich invasive Methoden. Eine einfache Methode besteht darin, per Elektroenzephalografie (EEG) die Spannungsschwankungen des Gehirns zu messen. Dies funktioniert, indem Elektroden auf die Kopfhaut gelegt werden. Bekannt sind Bilder etwa aus dem Schlaflabor, wo sich Versuchspersonen Mützen aufsetzen, die mit Dutzenden von verkabelten Elektroden versehen sind. Es gibt mittlerweile schon die Consumer-Variante davon, die eher einem Kopfhörerbügel gleicht, jedoch viel ungenauer misst.

Mit dem EEG-Verfahren können unterschiedliche Gehirnwellen gemessen werden, die Aufschluss über Gehirnaktivitäten geben. Gedanken werden nicht gelesen. Dennoch liefern die unterschiedlichen Frequenzen von Gehirnaktivität gewisse Informationen: Eine niedrige Frequenz (<13 Hz)

zeigt an, dass sich jemand entspannt, eine hohe Frequenz (>30 Hz) deutet auf hohe Konzentration hin⁵⁰. Ein Mensch kann also einer Maschine durch gezieltes Konzentrieren oder Entspannen simple Instruktionen vermitteln. Allerdings sind die Möglichkeiten beschränkt.

«Mit dem EEG können wir auf verlässliche Art und Weise nur drei bis vier Befehle unterscheiden.»

Prof. Dr. José del R. Millán,

Center for Neuroprosthetics, EPFL Genf

Auch erkennt die Maschine eine bestimmte Absicht nur verzögert – bis 10 Sekunden benötigt sie zum Reagieren. Durch Training dürfte es möglich sein, die zeitliche Verzögerung zu verringern und die Vielfalt der erkennbaren mentalen Zustände zu erhöhen. So weiss man, dass buddhistische Mönche aufgrund ihres langjährigen Meditationstrainings mehr als 30-fach stärkere Hochfrequenz-Wellen erzeugen können als Menschen, die nicht meditieren⁵¹. Für Menschen mit kognitiven Beeinträchtigungen ist ein solches System jedoch kaum hilfreich, insbesondere dann, wenn sie Mühe haben, sich länger zu konzentrieren oder das System überhaupt zu verstehen. Viel mehr als wenige Instruktionen mit ein paar Sekunden Verzögerung kann die EEG-Methode momentan nicht verarbeiten. Laut Prof. Dr. Millán der EPFL in Genf lässt sich damit aber bereits etwas tun. Auch gesunde Menschen steuern nicht jeden Muskel bewusst. Wenn wir zum Beispiel ein Glas vom Tisch nehmen wollen, müssen wir uns zu den genauen

⁵⁰ de.wikipedia.org/wiki/Elektroenzephalografie

⁵¹ www.pnas.org/content/101/46/16369.full

Fingerpositionen oder zur Spannung des Oberarmmuskels keine Gedanken machen. Das passiert automatisch, nicht nur unbewusst, sondern zum Teil auch gänzlich ausserhalb des Gehirns, durch Reflexe über das Rückenmark.

Wenn einfache Intentionen den Feinschliff durch Systeme wie das Rückenmark erhalten, könnte dieser Feinschliff auch durch ein elektronisches System erfolgen, das die Bewegungen etwa eines Exoskeletts aufgrund weniger Instruktionen automatisch ausführt. Selbst die wenigen Instruktionen sind nicht unbedingt nötig. Man kann sich auch vorstellen, dass ein intelligentes System gewisse Bewegungen von alleine ausführt (z. B. zum Feierabend geht das Exoskelett automatisch nach Hause). Wenn der Nutzer das nicht will, kann er den Handlungsablauf unterbrechen und neue Instruktionen eingeben. Zum Unterbrechen reichen wenige Anweisungen, die auch ein paar Sekunden verspätet erkannt werden. Allerdings ist dafür ein sehr intelligentes System nötig, das möglichst viel in der Umwelt erkennt und das auf die Körper- sowie andere Daten des Nutzers (z. B. den Kalender) zugreifen kann.

Ein Gehirn-Interface kann auch direkt mit dem Gehirn verbunden werden. Dafür wird ein Chip unter die Schädeldecke platziert, der mit seinen feinen Elektroden auch leicht ins Gehirn eindringt. Der Chip liegt entweder auf dem motorischen Cortex auf, wo einzelne Muskelbewegungen mental repräsentiert werden. Die daraus resultierenden Bewegungen sind allerdings ziemlich ruckartig und ungeschickt⁵². Alternativ kann der Chip im hinteren Parietallappen angebracht werden, wo nicht konkrete Bewegungen, sondern motorische Absichten repräsentiert werden. Diese Absichten werden vom Computer in konkrete

Bewegungen der künstlichen Glieder umgerechnet, was viel flüssigere und natürliche Bewegungen zur Folge hat⁵³. Die bewegten Glieder müssen aber nicht zwingend künstlich sein. Befehle des Gehirn-Interfaces können auch direkt die Muskeln gelähmter Glieder stimulieren (ELEKTRISCHE MUSKELSTIMULATION, SEITE 17). Forscher aus Lausanne haben kürzlich gezeigt, dass Rhesusaffen trotz durchtrenntem Rückenmark wieder gehen können, wenn ihnen ein Interface im «Beinbereich» des motorischen Cortex' eingesetzt wird, welches seinerseits per Funk mit einem Rückenmarkstimulator verbunden ist⁵⁴. Dieser aktiviert die entsprechenden Nerven im Rückenmark, welche zu diesen Muskeln führen. Auf diese Weise wird die verletzte Stelle überbrückt.

Gehirn-Interfaces haben den Markt bereits im Unterhaltungsmarkt erreicht⁵⁵, wo zum Beispiel Drohnen mit Gedanken gesteuert werden. Bisher ist es eher eine Spielerei – bestimmt jedoch wertvoll für einen Menschen, der seinen Körper nicht mehr bewegen kann. Damit Menschen mit Behinderungen Gehirn-Interfaces im Alltag nutzen können, müssen einerseits Maschinen unsere Welt viel besser verstehen als bislang (BARRIEREFREIHEIT FÜR MASCHINEN, SEITE 53). Andererseits müssen auch wir das Gehirn besser verstehen. Fakt ist: Es besteht kein einfacher Zusammenhang zwischen neuronaler Aktivität und Bewegungen.

⁵² www.newscientist.com/article/mg22630235-000-brain-implant-that-decodes-intention-will-let-us-probe-free-will/

⁵³ science.sciencemag.org/content/348/6237/906

⁵⁴ www.nature.com/nature/journal/v539/n7628/full/nature20118.html

⁵⁵ www.emotiv.com/

«Einer Bewegung liegt nicht immer das gleiche neuronale Muster zugrunde, auch wenn man immer die gleiche Bewegung ausführt. Die gemessenen Neuronen sind in einer Vielzahl anderer Funktionen beteiligt, die neuronale Aktivität ist abhängig vom Gemütszustand, von der Umwelt, der Körperposition, der Aufgabe etc.»

*Prof. Dr. José del R. Millán,
Center for Neuroprosthetics, EPFL Genf*

Und auch wenn wir das Gehirn besser verstehen würden, so kratzen wir wortwörtlich nur an der Oberfläche, da ein Chip nicht tief ins Gehirn gesetzt werden kann, ohne Gehirngewebe zu schädigen. Es lässt sich also nur mit denjenigen Gehirnaktivitäten arbeiten, die sich an der Oberfläche des Gehirns manifestieren. Dies zu umgehen gelingt wohl erst, wenn Nanoroboter die Blut-Hirn-Schranke überwinden und gezielt an einen beliebigen Ort im Gehirn positioniert werden können.

«Was es vielleicht irgendwann in der Zukunft mal geben wird, sind Nanoroboter, die als kleine Antennen oder Elektroden in eine bestimmte Hirnregion gesetzt werden können, die dann mit Neuronen interagieren sowie Signale senden und empfangen können.»

*Prof. Dr. Bradley Nelson,
Multi-Scale Robotics Lab, ETH Zürich*

Das Potenzial einer solchen Technologie ist für Menschen sowohl mit als auch ohne Behinderungen kaum zu überschätzen. Geräte müssten nicht mehr mit umständlichen Hilfsmitteln wie Blas-Röhrchen, Joysticks oder Eye-Tracking bedient werden (SEITE 33). Kombiniert mit «Virtual Reality» liessen sich Avatare (ROBOT DOUBLES, SEITE 17) in der analogen und in der virtuellen Welt einfach steuern (VIRTUAL REALITY - BARRIEREFREIHEIT IN DER MASCHINE, SEITE 55). Besonders, wenn es dann auch möglich ist, die Wahrnehmung dieser Avatare über mehrere Sinneskanäle direkt zu empfinden (WAHRNEHMUNG, SEITE 25); wenn also mit Gehirn-Interfaces nicht nur Instruktionen ausgesendet, sondern auch Informationen empfangen werden können.



Nicht realitätsgetreues Symbolbild

Übersicht: Psyche

Technologie wird oft mit Mechanik und Sensorik gleichgesetzt, besonders dann, wenn man an Roboter denkt. Unterstützung bei psychischen oder geistigen Behinderungen traut man den Maschinen in der Regel weniger zu. So wie Störungen, die vom Gehirn ausgehen, sehr unterschiedlich sein können, variieren auch die Möglichkeiten der technologischen Unterstützung sehr stark. Diese reicht von niederschwelligem Support (wie z. B. Coaching-Apps) über emotionale Unterstützung (etwa durch Plüsch-Roboter) bis hin zur Stimulation durch Gehirnschrittmacher.

Fast die Hälfte aller Rentnerinnen und Rentner, welche bei der schweizerischen Invalidenversicherung gemeldet sind, leiden an einem psychischen oder mentalen Problem⁵⁶. Während unsere Leistungsgesellschaft immer mehr Krankheiten in den Griff bekommt – und darum die Zahlen von Menschen mit körperlichen Behinderungen künftig sinken dürften –, nehmen psychische Leiden zu, unter anderem auch als Folge eben dieser Leistungsgesellschaft (Stressfolgeerkrankungen wie Burnout etc.). Hinzu kommt, dass mentalen Behinderungen mit technischen Hilfsmitteln weniger gut beizukommen ist, da es sich oft um sehr komplexe Krankheitsmuster handelt und wir das Gehirn nach wie vor kaum verstehen.



-
- ⁵⁶ www.tagesanzeiger.ch/schweiz/standard/jeder-zweite-ivrentner-ist-psychisch-krank/story/15921884
- ⁵⁷ www.techcrunch.com/2014/12/22/samsung-lookatme/
- ⁵⁸ www.nordicapis.com/20-emotion-recognition-apis-that-will-leave-you-impressed-and-concerned/
- ⁵⁹ www.beyondverbal.com/
- ⁶⁰ www.friendshipcircle.org/apps/browse/?filter_category=25&query_type_category=or
- ⁶¹ www.psychcentral.com/blog/archives/2013/01/16/top-10-mental-health-apps/
- ⁶² www.appfelstrudel.com/id/353763955/bellybio-interactive-breathing.html
- ⁶³ de.wikipedia.org/wiki/ELIZA
- ⁶⁴ www.autismspeaks.org/science/science-news/virtual-reality-training-improves-social-skills-and-brain-activity
- ⁶⁵ Gorini, A., Riva, G. (2014). Virtual reality in anxiety disorders: the past and the future. *Expert Review of Neurotherapeutics*.
- ⁶⁶ Hoffman, H. G., Patterson, D. R., Magula, J., Carrougner, G. J., Zeltzer, K., Dagadakis, S., Sharar, S. R. (2004). Water – friendly virtual reality pain control during wound care. *Journal of clinical psychology*, 60(2), 189–195.
- ⁶⁷ Brickel, C. M. (1981). A review of the roles of pet animals in psychotherapy and with the elderly. *The International Journal of Aging and Human Development*, 12(2), 119–128.
- ⁶⁸ Šabanović, S., Bennett, C. C., Chang, W. L., Huber, L. (2013, June). PARO robot affects diverse interaction modalities in group sensory therapy for older adults with dementia. In: *Rehabilitation Robotics (ICORR), 2013 IEEE International Conference on* (pp. 1–6). IEEE.
- ⁶⁹ journal.frontiersin.org/article/10.3389/fnhum.2016.00589/abstract
- ⁷⁰ www.theguardian.com/science/2014/dec/09/warning-experimental-brain-boost-equipment-research-oxford
- ⁷¹ Greenberg, B. D., Malone, D. A., Friehs, G. M., Rezaei, A. R., Kubu, C. S., Malloy, P. F., Rasmussen, S. A. (2006). Three-year outcomes in deep brain stimulation for highly resistant obsessive–compulsive disorder. *Neuropsychopharmacology*, 31(11), 2384–2393.
- ⁷² Schlaepfer, T. E., Cohen, M. X., Frick, C., Kosel, M., Brodessaer, D., Axmacher, N., Sturm, V. (2008). Deep brain stimulation to reward circuitry alleviates anhedonia in refractory major depression. *Neuropsychopharmacology*, 33(2), 368–377.

Um uns

Emotionen deuten ● ● ○ ○

Menschen mit Autismus haben oft Schwierigkeiten, Emotionen ihrer Mitmenschen richtig zu deuten. Mithilfe von Apps können Autisten lernen, Emotionen zu verstehen und selber auszudrücken⁵⁷. Das Erkennen von Emotionen aus Gesicht⁵⁸ und Stimme⁵⁹ kann aber auch direkt von einer Maschine übernommen werden.

Coaching-Apps ● ● ● ●

Für Menschen mit kognitiven Einschränkungen gibt es diverse Coaching-Apps, die ihnen und ihrem Umfeld helfen, tägliche Routinen richtig durchzuführen⁶⁰. Menschen mit psychischen Erkrankungen können ebenfalls von App-Coaches Gebrauch machen⁶¹. Bei Angststörungen helfen diese Apps, sich zu entspannen, indem sie zum Beispiel Atmung mit Biofeedback üben⁶².

Sprach-Assistenten – ● ● ○ ○ künstliche Psychotherapeuten, künstliche Freunde

Sprach-Assistenten wie «Siri» von Apple oder «Alexa» von Amazon werden in Zukunft smarter und könnten als Psychotherapeuten und Gesprächspartner dienen. Bereits das simple Konversationsprogramm ELIZA⁶³ aus den 1960er-Jahren liess viele Nutzer glauben, dass ELIZA ihre Probleme verstehe. Wirklich smarte Sprach-Assistenten könnten somit zu Weggefährten werden und für manche Menschen eine Art soziale Stütze darstellen.

An uns

Virtual Reality ● ● ● ●

Dank «Virtual Reality» – einer digitalen Umwelt, in die man mit einer Brille völlig eintaucht –, ist es möglich, Situationen in einem sicheren Umfeld zu üben. So können Menschen mit Autismus soziale Fähigkeiten trainieren⁶⁴. Phobikern wird ermöglicht, Konfrontationen mit angstauslösenden Situationen (Spinnen, enge Räume, Flüge etc.) virtuell zu simulieren⁶⁵. Auch Schmerzen lassen sich mit «Virtual Reality» besser aushalten. So helfen zum Beispiel virtuelle Welten, die von Schneemännern in Eishöhlen bevölkert sind, Verbrennungen besser zu ertragen⁶⁶. 📱 SEITE 55

«Plüschtech» ● ● ● ●

Der Kontakt mit Tieren kann psychologischen Halt liefern⁶⁷. Für Menschen, die keine Tiere halten können oder dürfen, gibt es flauschige Roboter. Ein Beispiel ist die Robbe «Paro», die ein Gefühl von Nähe und Geborgenheit vermitteln kann. «Paro» wird auch in Verhaltenstherapien mit Demenzkranken erfolgreich eingesetzt⁶⁸.

Gehirn-Stimulatoren ● ● ● ○ (Transcranial Direct Current Stimulation)

Durch eine leichte elektrische Stimulation des linken Frontallappens (an der Schläfe) mittels auf der Haut aufliegenden Elektroden ist es angeblich möglich, die Multitasking-Fähigkeit von Menschen zu erhöhen⁶⁹. Im Vergleich zu Medikamenten ist dies womöglich die sicherere Leistungssteigerungsmethode, sofern sie richtig angewendet wird. Falsch eingesetzt, kann die Methode zu Einschränkungen von Gehirnfunktionen führen⁷⁰.

In uns

Deep Brain Stimulation ● ● ● ○

So wie ein Herzschrittmacher den Takt für das Herz angibt, so gibt «Deep Brain Stimulation» – manchmal auch als «Hirnschrittmacher» bezeichnet – den Takt für das Gehirn an. Elektroden werden tief in bestimmte Gehirnbereiche eingesetzt und stimulieren diese Bereiche mit elektrischen Signalen. «Deep Brain Stimulation» konnte unter anderem Therapieerfolge bei besonders schweren Fällen von Zwangsstörungen⁷¹ und Depressionen⁷² aufzeigen.

Etablierungsgrad der Technologie

- ○ ○ ○ **Prototyp**
(Entwicklung im Laborstadium)
- ● ○ ○ **Eingesetzt**
(Begrenzter Einsatz, Machbarkeitstests)
- ● ● ○ **Technischer Durchbruch**
(Weitere Einsatzgebiete)
- ● ● ● **Etabliert**
(Die Technologie wird Teil unseres Lebens)

Übersicht: Monitoring

Die bisher besprochenen Technologien unterstützen Menschen mit Behinderungen bei einer bestimmten Handlung. Sei dies beim Bewegen, Wahrnehmen, Kommunizieren oder Denken. Anders funktioniert das Monitoring: Im Vordergrund steht hier das Schaffen von Sicherheit, welche den Betroffenen Selbstständigkeit ermöglicht. Wenn zum Beispiel ein Alarmsystem jemanden benachrichtigt, falls Hilfe nötig ist, oder wenn ein Haus automatisch immer die richtige Wohnungstemperatur einstellt, sind Menschen länger in der Lage, selbstständig zu wohnen oder eigenständig etwas zu unternehmen. Solche Sensoren werden in der Umwelt angebracht, in Form von Wearables getragen oder sie können sogar im Körper implantiert sein.

Ein solches Monitoring ermöglicht ganz unterschiedlichen Gruppen von Menschen eine wichtige Unterstützung: Menschen mit epileptischen Anfällen können vorgewarnt werden, bevor ein Anfall sie ereilt⁷³. Angehörige werden benachrichtigt, wenn gehbehinderte Menschen in der Wohnung gestürzt sind. Eine Bewegungsmessung kann daran erinnern, Übungen zwecks Dekubitusprophylaxe durchzuführen.



⁷³ www.sciencedaily.com/releases/2016/05/160511084122.htm

⁷⁴ Arcelus, A., Jones, M. H., Goubran, R., Knoefel, F. (2007, May). Integration of smart home technologies in a health monitoring system for the elderly. In: Advanced Information Networking and Applications Workshops, 2007, AINAW'07. 21st International Conference on (Vol. 2, pp. 820–825). IEEE.

⁷⁵ www.cheatsheet.com/technology/what-are-wearable-devices-really-capable-of.html/?a=viewall

⁷⁶ www.techtimes.com/articles/63868/20150628/google-smart-contact-lens-to-hit-the-market-soon.htm

⁷⁷ www.senseonics.com/products/sensor

⁷⁸ www.sjm.com/en/sjm/cardiomems

⁷⁹ www.phys.org/news/2015-08-biochemical-sensor-implanted-biopsy-doctors.html

Um uns

Smart Homes ●●●○

Mit Sensorik und Motoren ausgestattete Häuser automatisieren nicht nur häusliche Funktionen, sondern sammeln auch Daten über die Bewohner und erkennen so allfällige Probleme frühzeitig. Das ermöglicht pflegebedürftigen Menschen eher, alleine zu leben und eine gewisse Autonomie zu geniessen⁷⁴. Eine «smarte» Toilette kann Informationen über die Gesundheit ihrer Benutzer liefern, ein Lokalisierungssystem verlorene Gegenstände orten oder Inaktivität der Bewohner melden etc.  SEITE 44

An uns

Wearables ●●●●

«Smart Watches» und anderen Geräte, die auf dem Körper getragen werden, messen eine Vielzahl physiologischer Daten: Puls, Blutdruck, Körpertemperatur, Atmung oder Hautleitfähigkeit⁷⁵. Die Liste gemessener Daten dürfte sich in Zukunft laufend erweitern. So hat Google mit dem Pharmakonzern Novartis ein Patent für eine Kontaktlinse beantragt, die den Zuckerspiegel des Trägers kontinuierlich misst⁷⁶.

In uns

Monitoring-Implantate ●●●○

Unter die Haut werden Sensoren eingepflanzt, die zum Beispiel den Blutzuckerspiegel messen und die Werte an einen Transmitter weiterleiten⁷⁷. Oder es werden Sensoren in Arterien eingepflanzt, um Herzversagen zu prognostizieren⁷⁸. Bei Tumoren helfen eingesetzte Sensoren, um die Dosierung und den Erfolg von Chemotherapien abzuschätzen⁷⁹. In Blut, Speichel, Ausscheidungen etc. steckt noch eine nicht abschätzbare Fülle an medizinisch wertvollen Daten, die in Zukunft durch kontinuierliche Langzeitmessungen genauer erfasst werden können.

Etablierungsgrad der Technologie

- ○ ○ ○ **Prototyp**
(Entwicklung im Laborstadium)
- ● ○ ○ **Eingesetzt**
(Begrenzter Einsatz, Machbarkeitstests)
- ● ● ○ **Technischer Durchbruch**
(Weitere Einsatzgebiete)
- ● ● ● **Etabliert**
(Die Technologie wird Teil unseres Lebens)

Vertiefung: Smart Home

Assistenzroboter unterstützen Menschen mit Behinderungen, indem sie Menschen zu imitieren versuchen. Es sind Geräte, die Dinge tun, die auch ein Mensch tun könnte. Ihre äussere Gestalt ist häufig «menschlich» oder – wie im Beispiel von «Robear» – einem Tier nachempfunden. Sinnvoller, als einen Roboter zu bauen, der so unterschiedliche Alltagsaufgaben meistern kann wie Putzen, Fensterläden und Türen öffnen, die Heizung einstellen oder Lampen ein- und ausschalten, ist es, einen separaten Mechanismus für jede dieser Aufgaben einzusetzen. Damit kann jeder einzelne Prozess viel simpler gestaltet werden. Fensterläden und Türen können durch einfache Motoren in Bewegung gesetzt werden, putzen kann ein Staubsauger-Roboter, falls etwas im Kühlschrank fehlt, wird es automatisch bei einem Heimliefererservice nachbestellt, ein Aufstehbett hilft, aus dem Bett aufzustehen. Ein weiterer wichtiger Vorteil bei einem «Smart Home» ist, dass jeder Mechanismus auch einzeln ersetzt oder aufgerüstet werden kann.

Gesteuert werden kann eine solche «Smart Home»-Lösung durch Instruktionen des Nutzers, der etwa auf einem Tablet die Heizung einstellt, die Haustür für Besucher oder die Fenster öffnet oder den Fernseher einschaltet.

«Es gibt Bodenplatten für den Lift. Wenn man über diese fährt, wird der Lift automatisch gerufen. Türen, Fernseher und Lichtschalter lassen sich mit dem «Easy Rider»-System bedienen. Das heisst, eigentlich ist alles miteinander vernetzt.»
 Stefan Obrecht, Gruppenleiter «Mathilde Escher Heim» für Menschen mit Körperbehinderungen

Alternativ könnten solche Instruktionen auch mündlich an einen smarten Assistenten wie «Siri», «Assistant» von Google oder «Alexa» von Amazon gerichtet sein, der dann die ausgesprochenen Wünsche erfüllt. Viele Dinge lassen sich auch einfach automatisieren, im Idealfall vom Nutzer selbst, andernfalls von Pflegefachkräften

oder Angehörigen. Sonnenstoren können automatisch heruntergefahren werden, wenn die Sonne zu stark durchs Fenster scheint. Bodenplatten öffnen Türen automatisch. Nach dem Aufstehen fängt die Kaffeemaschine automatisch mit dem Brühen des Kaffees an. Lichter und Heizungen gehen aus, wenn niemand im Haus ist. All diese Dinge erlauben es Menschen mit Behinderungen ebenso wie auch älteren Menschen, selbstständig zu wohnen und nicht gezwungen zu sein, in ein Heim zu gehen.

Automatisation verlangt eine präzise Vermessung des Ortes. Ein zentraler Computer, der Sonnenstoren, Licht und Heizung steuert, muss auf dem Laufenden sein, wie warm es ist, ob es stark windet und vielleicht sogar wissen, was sich im Kühlschrank befindet – auf jeden Fall aber, wo sich der Bewohner befindet und wie es ihm geht. Stürzt er oder und ist er ausserstande, selber aufzustehen, kann das ein «Smart Home» registrieren und Hilfe anfordern⁸⁰. Mit sogenannten Wearables – tragbaren Sensoren – oder gar mit implantierten Sensoren kann ein solches Monitoring-System über den gesundheitlichen Zustand des Bewohners noch viel genauer Bescheid wissen. Das sind natürlich alles Eingriffe in die Privatsphäre, die ein Nutzer akzeptieren muss, die für manche aber erträglich sind, wenn sie ihnen dafür eine längere Selbstständigkeit im eigenen Zuhause ermöglichen

⁸⁰ www.ipa.fraunhofer.de/safe_at_home.html

Entsprechende Monitoring-Angebote befinden sich in der Entwicklung. In der Studie «Smart Home – Wie die Digitalisierung das Bauen und Wohnen verändert» des Gottlieb Duttweiler Institutes wird unter anderem die smarte Box «Onköl»⁸¹ vorgestellt:

«Onköl» beispielsweise ist eine smarte Box für die Gesundheitsüberwachung, welche die Daten verschiedener Sensoren und Tracker auswertet und bei Bedarf Alarm schlägt. Beliebig viele User (beispielsweise die Angehörigen von alleinstehenden Senioren) werden per Smartphone mit der Box verknüpft und erhalten so Updates über den Gesundheitszustand sowie die Vorkommnisse im Haus der Eltern. «Onköl» weiss, ob jemand im Haus ist und ob sich diese Person bewegt, kann ans Einnehmen von Medikamenten erinnern

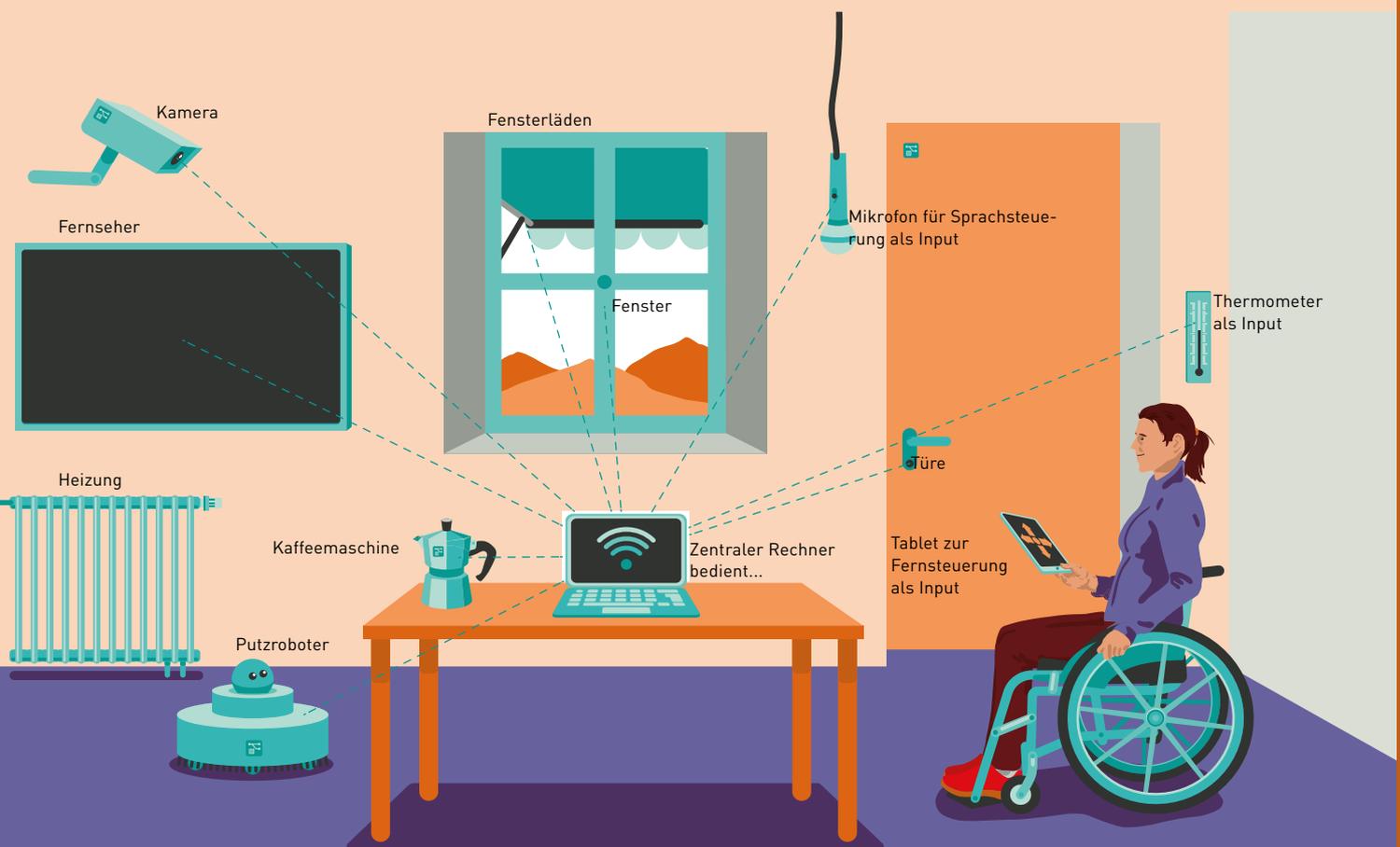
und lässt sich auch mit diversen «Smart Home»-Anwendungen wie Türschlössern, Rauchmeldern oder Fitness-Trackern verknüpfen.»

Das umfassendere Projekt «Nestor»⁸² kommt aus der Schweiz und ist in der «Smart Home»-Studie des GDI ebenfalls beschrieben:

«Es bietet interessierten Senioren die notwendige technische Infrastruktur zur Miete an, die es diesen ermöglichen soll, länger selbstbestimmt zu Hause zu leben. Zum Paket mit der IT-Plattform gehört auch eine 24/7-Betreuung, «Life Management» genannt. Hier werden sämtliche notwendige Betreuungsleistungen von Arztbesuchen über Putzarbeiten bis zu kleinen Besorgungen organisiert. Wenn die Angehörigen möchten, können sie Teile des «Life Managements» selbst übernehmen.»

⁸¹ www.onkol.net/

⁸² www.nestor-swiss.ch/



Übersicht: Physiologie

Die Möglichkeiten zur technischen Unterstützung physiologischer Vorgänge sind praktisch unbeschränkt: Es gibt kaum jemanden, der zu einem bestimmten Zeitpunkt im Leben nicht davon profitieren könnte, in seinen Körperfunktionen unterstützt zu werden. Wenn Technologie breit definiert wird, fallen auch sämtliche Medikamente in diese

Kategorie. Ausserhalb des Körpers kann physiologische Unterstützung zum Beispiel ein Physio-Roboter bieten, der beim Gehtraining hilft, einen Muskel aufzubauen. Innerhalb des Körpers können Organe entweder stimuliert (z. B. mit einem Herzschrittmacher) oder gänzlich durch künstliche Organe ersetzt werden.



⁸³ www.hocoma.com/world/de/produkte/lokomat/

⁸⁴ www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4562685/

⁸⁵ professional.medtronic.com/pt/gastro/ges/edu/about/#.V-Fdz5OLS3A

⁸⁶ www.heart.org/HEARTORG/Conditions/Arrhythmia/PreventionTreatmentofArrhythmia/Implantable-Cardioverter-Defibrillator-ICD_UCM_448478_Article.jsp

⁸⁷ Weaver, F. M. et al. (2009). Bilateral deep brain stimulation vs best medical therapy for patients with advanced Parkinson disease: a randomized controlled trial. *Jama*, 301(1), 63–73. 1

Um uns

Bewegungs-Apps ●●●●

Apps, die unsere Bewegungen messen, können uns auch daran erinnern, dass wir wieder einmal aufstehen und uns bewegen sollten. Bei weniger mobilen Menschen mit Behinderungen kann eine solche Erinnerung Folgeerkrankungen vorbeugen.

An uns

Physio-Roboter ●●●●

Physiotherapie-Roboter können Menschen helfen, Bewegungsabläufe zu trainieren. Es erinnert an Exoskelette – ausser, dass sie nicht die Fortbewegung zum Ziel haben, sondern das Training von Bewegungen⁸³. So hilft der Physio-Roboter unter anderem bei Gehübungen auf dem Laufband, etwa in der Rehabilitation nach einem Schlaganfall. Menschen mit muskulären oder neurologischen Erkrankungen hilft der Roboter, ihre Beweglichkeit aufrechtzuerhalten.

In uns

Nanoroboter ●○○○

Winzige Roboter werden vielleicht dereinst die Medizin revolutionieren. Es ist vorstellbar, dass sie z. B. arterielle Ablagerungen oder Aneurysmen entfernen, die Rolle von roten Blutkörperchen übernehmen und Sauerstoff im Körper verteilen oder gezielt Medikamente an bestimmten Stellen ausschütten. Auch könnten mit Nanorobotern sehr gezielte chirurgische Eingriffe an komplizierten Orten wie Auge oder Gehirn vorgenommen werden⁸⁴.

Interventions-Implantate ●●●●

Implantate an diversen Stellen innerhalb des Körpers können dessen Funktionsweise unterstützen: Elektrische Stimulatoren aktivieren bei Magenlähmungen den Magen und verhindern somit Übelkeit und Erbrechen⁸⁵. Herzschrittmacher und implantierte Defibrillatoren⁸⁶, Blasenschrittmacher und Atmungsstimulatoren sind weitere Beispiele für die elektrische Stimulation zur Förderung physiologischer Körperfunktionen. Hirnschrittmacher helfen Patienten mit Parkinson oder Epilepsie, mehr Kontrolle über ihren Körper zu behalten⁸⁷.

Etablierungsgrad der Technologie

- ○ ○ ○ **Prototyp**
(Entwicklung im Laborstadium)
- ● ○ ○ **Eingesetzt**
(Begrenzter Einsatz, Machbarkeitstests)
- ● ● ○ **Technischer Durchbruch**
(Weitere Einsatzgebiete)
- ● ● ● **Etabliert**
(Die Technologie wird Teil unseres Lebens)

Der Weg zum Super-Menschen?

Oft wird in Zusammenhang mit bionischen Prothesen oder Implantaten davor gewarnt, dass diese künstlichen Körperteile irgendwann leistungsfähiger sein werden als ihre natürlichen Vorbilder. Transhumanisten erwarten durch die Verschmelzung mit Maschinen den nächsten Evolutions-schritt der Menschheit. Das, so befürchten Skeptiker, würde dazu führen, dass sich Menschen aufgrund eines gesellschaftlichen Optimierungszwangs dazu gezwungen fühlen, ihre gesunden Arme, Augen oder sonstige Körperteile durch künstliche zu ersetzen, so wie sich Menschen heute schon durch Schönheitsoperationen optimieren. Behindert ist in dieser Optimierungswelt dann nicht, wem etwa ein Arm fehlt, sondern wer keine bionische Prothese, wer keinen Chip im Hirn und keine Kamera im Auge trägt.

Im Sport ist diese Diskussion schon länger bekannt. Der deutsche Weitspringer Markus Rehm, dessen rechtes Bein unterhalb des Knies amputiert ist, hat in Ulm die deutsche Qualifikation für die Europameisterschaft 2014 mit seiner Karbon-Federprothese gewonnen. Der Deutsche Leichtathletik-Verband entschied sich dagegen, Rehm an der EM zuzulassen, da die Prothese ihm einen unfairen Vorteil verschaffen könne⁸⁸.

«Ich war der Erste, der hier in der Schweiz am Zürich Marathon jemals schneller im Ziel war als der schnellste Läufer. ... Ich komme 5 Minuten vor dem Läufer ins Ziel und mir werden die Siegerlorbeeren umgehängt. Am Schluss sollte mir auch noch ein Siegerscheck von 5000 Franken übergeben werden. Da musste ich dann einschreiten und habe gesagt, dem Läufer gehören die Siegerlorbeeren und der Siegerscheck. Weil der alles «secklen» musste und ich konnte fahren.»

Heinz Frei, Paralympics-Pionier

Ein Rollstuhlfahrer hat zwar deutliche Vorteile im Marathon, ist aber in vielen Bereichen gegenüber Menschen mit gesunden Beinen benachteiligt. So verhält es sich mit vielen technischen Hilfsmitteln, die für Menschen mit Behinderungen konzipiert sind. Im Weitsprung können Karbon-Beine von Vorteil sein, im Sprint zumindest nicht stark beeinträchtigend. Sie sind aber völlig ungeeignet, um damit zu schwimmen oder auch nur ruhig zu stehen; eine dauernde Trippel-Bewegung ist nötig, um das Gleichgewicht zu bewahren. Für jede Anwendung ist eine andere Prothese nötig.

«Man braucht idealerweise für jede Funktion andere Beine. Für hohe Schuhe, für flache Schuhe, zum Baden, zum Rennen.»

Abassia Rahmani, Sportlerin mit Beinprothesen

Obwohl Prothesen für ganz enge Aufgabenbereiche auch höhere Leistungen erbringen können als menschliche Körperteile, ist in den nächsten Jahrzehnten nicht absehbar, dass eine Prothese an die Flexibilität herankommt, welche der gesunde menschliche Körper aufweist. Viele Forscher zögern deshalb, allzu hohe Versprechen abzugeben.

«Wenn Sie mich vor 10 Jahren gefragt hätten, was ich glaube, wann es für den Alltag wirklich nützliche Retina-Implantate geben wird, hätte ich gesagt: in 20 Jahren. Jetzt aber sind 10 Jahre vorbei, und ich denke, dass wir vermutlich noch eine recht lange Zeit warten müssen.»

*Dr. Jörg Sommerhalder,
Universitätsspital Genf*

⁸⁸ www.nytimes.com/2014/07/31/sports/long-jumper-markus-rehms-federation-deems-his-prosthetic-leg-unfair.html?_r=0

«Die Natur hat das wirklich, wirklich super gemacht. Man staunt, dass es so wenige Konstruktionsfehler gibt im Verhältnis zur Komplexität. Gesund sein wird immer besser sein, auch für die nächsten 500 Jahre.»

Prof. Dr. Maja Steinlin,
Neuropädiatrie Inselspital Bern

Das Ende von Behinderung?

Diese zuvor zitierten Zweifel der Wissenschaftler zeigen auch, dass transhumanistische Erwartungen, dass es irgendwann aufgrund von Prothesen oder Implantaten keine Behinderungen mehr geben wird, noch ziemlich illusorisch sind. Im Weg stehen dabei die mangelnde Flexibilität von Prothesen, die kurzen Laufzeiten schwerer Batterien, gewisse Schwierigkeiten, Nervenbahnen genau mit Elektroden zu verbinden, die eingeschränkten Möglichkeiten, Prothesen zu steuern, das mangelnde Verständnis, wie das Gehirn arbeitet, Infektionsgefahren und viele weitere Schwierigkeiten.

Darüber hinaus gibt es ein weiteres grosses Hindernis, das oft übersehen wird: Behinderungen beruhen nicht einfach auf defekten Körperteilen, die ersetzt werden, womit das Problem dann behoben wäre; vielmehr ist der menschliche Körper ein Gesamtsystem, das als Ganzes zum Bei-

spiel auf ein fehlendes Bein reagiert. Bereits eine einseitige Belastung durch Sport kann zu einem Beckenschiefstand führen. Wem ein Körperteil fehlt, der riskiert eine Vielzahl von körperlichen Fehlanpassungen, die auch nach dem Ersetzen dieses Körperteils bestehen bleiben – auch wenn die Betroffenen bedeutend bessere Chancen haben, ihre Behinderung zu überwinden als beispielsweise Menschen, die von einer Cerebralparese betroffen sind: Diese Behinderung manifestiert sich unter anderem durch Spastiken und ganzkörperliche Muskelanspannungen, die sich nicht einfach durch den Ersatz eines einzelnen Körperteils «regeln» lassen.

«Wir können nicht jede Einschränkung, jede Behinderung, einfach lösen, weil Fehlanpassungen auf allen körperlichen Ebenen stattfinden. Eines Tages ist das vielleicht möglich, dann müsste man aber alles anpassen, Muskeln, Sehnen ... alles!»

Prof. Dr. José del R. Millán,
Center for Neuroprosthetics, EPFL Genf

«Sprinten wie auf Wolken!»

Die 24-jährige Zürcherin Abassia Rahmani rennt 100 Meter in weniger als 14 Sekunden. Auf Carbonfedern unter den Knien



Wenn Abassia Rahmani über die Rennbahn fliegt, sehen Kinder sie oft als Superwoman. Kürzlich, erzählt die 24-Jährige, sei ein Bub hinter ihr hergelaufen und habe ihre Federn bestaunt. «Wo hast du die her?», habe er gerufen, «ich will auch solche!» In solchen Momenten genießt sie es aufzufallen, mit diesen geschwungenen Füßen aus Carbon unterhalb der Knie. Aber manchmal möchte sie auch «ganz normal» durch die Stadt laufen und in der Anonymität der Masse untergehen. Dann trägt sie ihre Alltagsbeine – denn «mit diesen Beinen kriegt man am wenigsten Fragen».

Diese Beine trägt Abassia Rahmani auch an diesem Maitag 2016, als sie um 15.30 Uhr von der Arbeit kommend auf dem Sportplatz zum Training auftaucht. Rahmani, deren Vater aus Algerien stammt, ist eine schöne junge Frau, bekleidet mit Jeans und Turnschuhen wie viele andere, vielleicht ein klein wenig steif auf den Füßen, aber sonst merkt man es nicht: dass sie keine Unterschenkel mehr hat. Die Ärzte mussten sie ihr amputieren, nachdem sie als 16-Jährige an einer lebensbedrohlichen Meningokokken-Sepsis erkrankt war.

Der Schock von damals ist längst der Entschlossenheit gewichen, das Beste aus dieser Situation herauszuholen. Rahmani will Profisportlerin werden. Ihr Schlüsselmoment war, als sie bei einem deutschen Paralympics-Sieger ein Joggingtraining besuchte und dort Lauffedern ausprobieren konnte. «Es fühlte sich an wie auf Wolken», erzählt sie, «einfach voll geil! Diese Lockerheit, die ich verloren hatte, war wieder da. Und dann kam die Begeisterung wieder.» Mittlerweile trainiert sie sechs Mal pro Woche. Im Juni 2016 gewann Abassia Rahmani an der Behinderten-Leichtathletik-EM die Bronzemedaille über 100 Meter. An den Paralympics in Rio im September 2016 erreichte sie den 4. Platz im 200-Meter-Final. Seit zweieinhalb Jahren hat sie ihre eigenen Federn, gesponsert vom Hersteller. Hätte sie weniger Erfolg, müsste sie ihre Sportbeine aus eigener Tasche bezahlen.

Überhaupt empfindet sie das Finanzielle als eines der Hauptprobleme: «Die Invalidenversicherung

bezahlt nur ein paar Beine alle vier Jahre, Sportbeine hingegen werden als Privatsache, als Luxus betrachtet.» Mit ihren Alltagsbeinen ist Rahmani zwar einigermassen zufrieden. Sie kann damit kurze Strecken zum Zug rennen, Snowboarden, Krafttraining machen oder einen 16-Stunden-Tag fast schmerzlos überstehen, und durch ihre Verkleidung sehen die Beine auch ziemlich natürlich aus. Trotzdem hat die junge Frau Wünsche: Beine, an denen sich der Absatz verstellen lässt – damit sie High Heels tragen und Salsa tanzen kann; Beine zum Baden; Beine, an denen sich der Knöchel biegt, wenn sie in die Knie geht, und die dabei keine hässlichen Falten werfen.

Abassia Rahmani hat eine Vielzahl von Füßen ausprobiert und ist «megafroh» über die technischen Fortschritte der Prothesen. Doch bei ihr zählt auch das Kosmetische. «Schon ein 1,5-Zentimeter-Absatz geht bei meinen Alltagsbeinen nicht, weil ich dabei wie gekippt aussehe», klagt sie. Hier liesse sich ihres Erachtens noch Einiges verbessern. Das sei wichtig, wenn man jung und weiblich sei.

Wie fände sie es, wenn Prothesen künftig noch ganz anders, nämlich sci-fi-mässig verbessert würden? Wenn sie zum Beispiel plötzlich Super-Beine hätte, mit denen sie rennen könnte wie Spiderman oder meterhoch in die Luft springen? Und damit «normalen» Zweibeinern gegenüber eindeutig im Vorteil wäre? Abassia Rahmani lächelt und denkt nach. «Das wäre schon cool», sagt sie schliesslich. «Wenn es solche Raketenbeine gäbe – ich würde sie bestimmt ausprobieren wollen.» Aber Vorteile gegenüber Zweibeinern? Da hätte sie Hemmungen. Und schon gar nicht wolle sie sich ausmalen, dass sich jemand womöglich seine gesunden Beine abschneiden lässt, um von solchen Super-Prothesen zu profitieren.

Abassia Rahmani träumt in technologischer Hinsicht in eine andere Richtung: Sie würde gerne das Sprunggelenk besser biegen können – und ein Gefühl in ihre Beine kriegen. «Wieder einmal den Sand zwischen den Zehen zu spüren, das wäre schön!»



Lösung 2: Abbau von Umweltbarrieren (Umweltansatz)

Umweltanforderungen

Barrierefreiheit für Maschinen

Technologie kann in ihrer einfachsten Form als Werkzeug angesehen werden, welches ein Bindeglied zwischen dem Menschen als Subjekt und der Natur als Objekt darstellt. Wir setzen dieses Werkzeug zwischen uns und die Natur, um unsere Interaktion mit der Natur zu vereinfachen. Ein Schuh ist zwischen uns und dem Boden, eine Gabel zwischen uns und einem Nahrungsmittel. Dient eine bestimmte Technologie dem Menschen, mit der Natur zu interagieren, spricht man von einer Technologie erster Ordnung⁸⁹.

Technologien zweiter Ordnung dienen nicht der Interaktion mit der Natur, sondern der Interaktion mit anderen Technologien. Ein Schraubenzieher interagiert nicht mit der Natur direkt, sondern mit einer weiteren Technologie: der Schraube. Autos interagieren mit Strassen, einem technologischen Erzeugnis, das für die meisten Autos notwendig ist.

Technologien dritter Ordnung sind solche, die Anwender-Technologien (als Subjekt) mit Technologien als Objekt verknüpfen. Es sind sozusagen Technologien, die von Technologien benutzt werden, um mit Technologien zu interagieren. Ein Beispiel: Eine Google-Suchanfrage kann eine Technologie dritter Ordnung sein, wenn sie von einem Internet-Bot verwendet wird. Der Auftraggeber ist eine Maschine; die Umwelt, in der gesucht wird, ist ebenfalls digital.

Die gleiche Technologie kann also je nach Nutzer und Verwendungszweck eine unterschiedliche Ordnungsebene aufweisen, weshalb es hier nicht darum geht, einzelne Technologien bestimmten Stufen zuzuordnen. Wichtiger ist es, zu verstehen, dass wir ein technologisches Ökosystem schaffen, in dem Technologien miteinander interagieren können. Dadurch, dass Technologien in einem klar definierten technologischen Umfeld funktio-

nieren, müssen sie sich nicht mit dem Chaos der natürlichen Welt auseinandersetzen – es entstehen für diese Technologien exponentielle Möglichkeiten. Software ist ein Beispiel für eine solche Technologie, die in einem technologischen Rahmen ohne Kontakt zur analogen Welt agieren kann. Unsere Zukunft ist deshalb stärker von Fortschritten im Bereich Software als im Bereich Hardware getrieben; konsequenterweise orientiert sich die Zukunft vor allem an Vernetzung und Digitalisierung. Oder wie es der Investor Peter Thiel ausdrückte: «We wanted flying cars, instead we got 140 characters.»⁹⁰ («Wir wollten fliegende Autos, stattdessen bekamen wir 140 Zeichen» – die maximale Länge von Twitter-Posts).

Das Internet ist eine solche technologische Zwischenebene, auf der Technologien miteinander interagieren können, ohne dass physikalische Gegebenheiten eine Rolle spielten. Unzählige Geräte können so miteinander kommunizieren, weil eine digitale Umwelt, eine Infosphäre, geschaffen wurde, die für technologische Akteure «begebar» ist. Durch das «Internet of Things» – die totale Vernetzung unterschiedlichster Objekte (von Kaffeemaschinen über Türschlösser bis zu Turnschuhen) –, durch die Verdatung unseres eigenen Verhaltens, Bild- und Spracherkennung durch Algorithmen etc. wird diese Sphäre noch viel stärker mit unserer analogen Alltagswelt verschmelzen. Während die ersten Computer noch immobil, blind, taub und orientierungslos waren, kommen sie heute immer besser in unserer Welt zurecht. Das hilft auch uns Menschen, sich besser zurechtzufinden. Indem Maschinen sich dank GPS jederzeit und überall orten können, finden wir unsere Ziele in fremden Städten schneller.

⁸⁹ Floridi, L. (2014). *The fourth revolution: How the infosphere is reshaping human reality*. OUP Oxford.

⁹⁰ www.businessinsider.com/founders-fund-the-future-2011-7

Wenn eine Technologie Menschen mit Behinderungen helfen soll, sich in dieser Welt zu orientieren, dann ist es hilfreich, wenn sich diese Technologie selber zurechtfindet. Eine Infosphäre, die sich als technologische Zwischenebene über die Welt legt, hilft der Maschine und somit auch dem Menschen – auch wenn die Technologie ursprünglich nicht für Menschen mit Behinderungen konzipiert wurde. Eine Strasse, gebaut für Autos, nützt auch Rollstuhlfahrern. Wir schaffen eine Welt, die maschinenfreundlicher ist, wir schaffen Barrierefreiheit für Smartphones, Staubsauger-Roboter und selbstfahrende Autos. Von dieser Barrierefreiheit profitieren auch Menschen mit Behinderungen.

Im Supermarkt tragen fast alle Produkte einen Strichcode. Dieser ermöglicht Maschinen, die Produkte zu erkennen. Obwohl der Strichcode nicht für sehbehinderte Menschen eingeführt wurde, können diese davon Gebrauch machen und sich von Apps, welche den Strichcode lesen, vorlesen lassen, um welches Produkt es sich handelt⁹¹. Es ist wahrscheinlich, dass in Zukunft immer mehr Produkte passive Sender enthalten werden. Dadurch wird das Erkennen von Produkten für Menschen mit Sehbehinderungen im Laden und auch zu Hause einfacher. GPS ist für Menschen mit Sehbehinderungen sehr nützlich, um sich draussen auf der Strasse zu orientieren. Innerhalb von Gebäuden können Sender wie «iBeacons» benutzt werden. Diese Sender wurden ursprünglich für die Orientierung von Geräten geschaffen. Sie erlauben es zum Beispiel, Maschinen und Werkstücke in der industriellen Fertigung für andere Maschinen erkennbar zu machen, sodass immer eine elektronische Übersicht über alle Fertigungsvorgänge erhalten bleibt. Sie ermöglichen es aber auch, Smartphones den exakten Standort innerhalb eines Gebäudes mitzuteilen, sodass Menschen etwa durch ein

Museum oder einen Supermarkt geführt werden können und an der richtigen Position Informationen über Ausstellungsstücke oder Sonderangebote erhalten⁹².

Wenn selbstfahrende Autos oder Trams auf der Strasse unterwegs sein werden, wenn Drohnen unsere Post verteilen und Maschinen autonom die Strasse reinigen, ist es durchaus wahrscheinlich, dass die ganze Stadt mit mehr Sendern ausgestattet sein wird, damit sich diese Maschinen dort besser zurechtfinden. Auch davon werden wiederum Menschen mit Behinderungen profitieren, da die Geräte, die sie benutzen, sich der-einst viel genauer verorten können, als es jetzt noch mit GPS möglich ist.

Eine Vielzahl weiterer Möglichkeiten, analoge Informationen zu digitalisieren, um sie für Maschinen verwertbar zu machen, ist heute schon vorhanden oder wird erforscht. Bild- und insbesondere Gesichtserkennung hilft auch Menschen mit Sehbehinderungen, andere Menschen zu identifizieren oder gar deren Mimik zu deuten. Von Spracherkennung, die für smarte Assistenten wie «Siri» oder «Alexa» nützlich ist, die aber auch gesprochene Sprache etwa auf YouTube für Maschinen erschliesst, können auch Menschen mit Hörbehinderungen profitieren. Software, die Emotionen erkennt (in Gesicht, Stimme, Verhalten), kann Menschen mit Autismus helfen, ihre Umwelt zu verstehen. Durch Selbst-Quantifying mit Wearables und Apps manifestiert sich das eigene Leben in digitalen Daten. In all diesen Fällen ist die Digitalisierung der analogen Information

⁹¹ www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4288446/

⁹² en.wikipedia.org/wiki/IBeacon

«Unsere physiotherapeutischen Geräte werden auch mit weiteren Technologien wie Virtual Reality kombiniert, sodass die Therapie auf dem Roboter noch spannender wird.»

Andreas Meyer-Heim, Chefarzt Rehabilitationszentrum Kinderspital Uni ZH

nicht in erster Linie für eine bestimmte Gruppe von Menschen entwickelt worden, sondern mit dem Ziel, die analoge Welt für Maschinen lesbar zu machen. Sobald das der Fall ist, sind die Anwendungsmöglichkeiten unendlich und die Nutzung für Menschen mit Behinderungen nur eine von vielen.

Wenn Assistenzroboter intelligent genug sind, um selber Entscheidungen zu treffen, und selbstfahrende Autos sich ausreichend gut in der Welt orientieren, kann man ihnen auch pflegebedürftige Menschen anvertrauen, ohne dass eine andere Person dabei sein muss. Und auch wenn es für Menschen mit schweren Behinderungen schön ist, mit anderen Menschen in Kontakt zu stehen, kann auch eine Fahrt in einem selbstfahrenden Auto oder Rollstuhl eine gewisse Stimulation mit sich bringen. Vor allem, wenn sonst niemand Zeit dafür hat.

«Bei Eva ist es so, dass Umarmungen das Liebste ist, das sie macht. Und das muss nicht immer ich sein, der umarmt und umarmt wird, das könnte auch mal ein Roboter sein. Zum Geburtstag hat Eva von einer Mitarbeiterin ein Plüschtier bekommen, das den Kopf bewegen kann. Eva hatte grosse Freude daran. Das zeigt eigentlich, dass sie nur etwas brauchen würde, das sich auch mit ihr beschäftigt ...»

Leo Wolfsberg,

Vater einer schwerbehinderten Tochter

Virtual Reality – Barrierefreiheit in der Maschine

Einerseits verschmilzt die digitale Welt immer stärker mit der analogen Welt und macht immer mehr Dinge für Maschinen erkenn- und verstehbar. Andererseits wird ein immer grösserer

digitaler Raum geschaffen, der grösstenteils unabhängig von analogen Gegebenheiten existiert und der die Nutzer von vielen physikalischen Einschränkungen der analogen Welt befreit. In getippten Chats wie WhatsApp oder Internetforen können Menschen mit Behinderungen teilnehmen, auch wenn sie nur schwer verständlich sprechen oder aufgrund ihrer Behinderung nur mühsam in Kontakt mit bestimmten Leuten kommen. In Computerspielen kann man in eine fremde Welt eintauchen, wo die eigene Behinderung keine Rolle spielt, wo man zum Beispiel fliegen oder sehr hoch springen kann und im Vergleich dazu jeder andere Mensch behindert ist. Mit Virtual Reality ist dieses Eintauchen viel unmittelbarer erlebbar, als es an einem Bildschirm möglich wäre, und Menschen können Sport treiben, lernen, einkaufen oder mit Freunden Abenteuer in fantastischen Welten erleben, wozu sie in der analogen Welt vielleicht nicht in der Lage wären. Virtual Reality ist auch dafür geeignet, um Trainingsprogramme auf Physiotherapie-Robotern motivierender zu gestalten.

Heute gilt dies noch als «unecht». Die virtuelle Welt wird als Gegensatz zur richtigen Welt gesehen (wie in der Internetabkürzung IRL – In Real Life – ausgedrückt, wenn man von Situationen spricht, die nicht online stattfinden). Die Vorstellung, dass Menschen mit Behinderungen in virtuelle Welten «abgeschoben» werden, klingt darum heutzutage zynisch. Warum nicht gleich mit Drogen vollpumpen? Die Unterscheidung zwischen online und offline, zwischen wahrer und falscher Welt wird vermutlich irgendwann der Vergangenheit angehören, wenn die beiden Welten miteinander verschmelzen. So sind die meisten Menschen bereits heute nie wirklich offline. Mit Augmented Reality, der Überlagerung von digitaler Information über die analoge Welt, wird die Grenze noch stärker verschwimmen.

Schon heute treffen viele Menschen ihre Partner und Freunde im digitalen Raum. Über Computerspiele wie beispielsweise «Minecraft» entstehen neue Freundschaften. Das Aufhalten in völlig virtuellen Welten wird für eine immer breitere Bevölkerungsschicht selbstverständlich und ist nicht nur die Domäne einiger Computer-Nerds. Es ist durchaus plausibel, dass es dereinst nicht mehr aussergewöhnlich ist, in virtuellen Realitäten zu arbeiten, zu musizieren oder sich zu treffen. Diese Welt würde dann nicht mehr als «unecht» wahrgenommen, wie es heute manchmal noch der Fall ist.

Heutzutage ist das Fortbewegen innerhalb von virtuellen Welten noch sehr umständlich, da man, ausser mithilfe von komplexen Laufbändern, nicht einfach mit einem VR-Helm losrennen kann, ohne die eigene Wohnung zu zerlegen oder sich zumindest das Schienbein anzuschlagen. Die Steuerung eines eigenen Avatars durch Gedankenkraft könnte in dieser Welt zum Mainstream werden. Noch ist das nichtinvasive Messen von Gehirnaktivitäten im motorischen Kortex nicht in einer solchen Detailstufe möglich, dass es die Steuerung einzelner Bewegungen eines Avatars erlauben würde (GEHIRN-INTERFACES, SEITE 36). Die Nachfrage nach einer solchen Lösung, nach der Ausweitung der Infosphäre aus unseren Gedanken, der Digitalisierung von Gehirnaktivitäten, ist aber sicherlich weit ausserhalb der Domäne der Assistenzsysteme für Menschen mit Behinderungen gegeben. Für Menschen mit Behinderungen erzeugt das einen riesigen Vorteil, da Mainstream-Technologien, die ihre Bedürfnisse decken, billiger sind und – vom Massenmarkt angetrieben – schneller entwickelt werden als spezifische «Behinderten»-Geräte.

Mainstream statt «behinderter» Technologie

Die Ausweitung der Infosphäre und die Fähigkeit von immer mehr Geräten, sich in dieser Infosphäre zurechtzufinden, führt dazu, dass die Einsatzmöglichkeiten dieser Geräte noch vielfältiger werden. Menschen mit Behinderungen können darum immer öfter auf Geräte für den Massenmarkt zurückgreifen, was vor allem zwei Vorteile hat: Einerseits wird die Assistenztechnologie viel

günstiger, da diese Geräte für den Massenmarkt gefertigt und deshalb auch in viel grösserer Zahl hergestellt werden als etwa ein spezifisch für Menschen mit Sprachbehinderungen konzipiertes Gerät. Ein weiterer sehr wichtiger Punkt, der oft vergessen wird: Menschen mit Behinderungen wollen keine «behinderten» Geräte benutzen. Was bedeutet das? Geräte, die für Menschen mit Behinderungen konzipiert wurden, haben oft ein Stigma der Behinderung an sich. Technologien für Menschen ohne Behinderungen werden mit Kompetenz, Zugehörigkeit und Unabhängigkeit verbunden, während Technologien für Menschen mit Behinderungen mit Einschränkung, Unterscheidung und Abhängigkeit assoziiert werden⁹³. Laut einer Studie aus dem Jahr 2004 hören etwa 30 Prozent der Anwender von Assistenzsystemen nach einer Weile wieder auf, diese zu nutzen⁹⁴. Das damit einhergehende Stigma ist ein wichtiger Faktor dabei. Apps, die spezifisch für Menschen mit Behinderungen konzipiert wurden, jedoch auf Smartphones oder Tablets funktionieren, umgehen diese Problematik.

«Es wird auch viel normaler, man ist kein Sonderling mehr, wenn man ein iPad hat.»

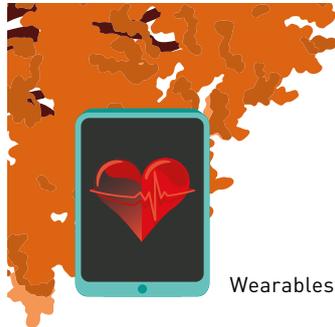
*Prof. Dr. Maja Steinlin,
Neuropädiatrie Inselspital Bern*

Wichtig dabei ist – und das wird von Behindertenorganisationen immer wieder gefordert –, dass die Entwicklung dieser Mainstream-Technologien von Anfang an Menschen mit Behinderungen einbezieht. Oft werden Geräte für den Massenmarkt entwickelt und erst anschliessend taucht die Idee auf, dass ein Zugang für Menschen mit Behinderungen wünschenswert wäre. Ähnlich wie bei der Architektur funktioniert dieser Vorsatz aber viel besser, wenn er – statt im Nachhinein aus Verlegenheit – von Anfang an eingepflanzt wird.

⁹³ Söderström, S., Ytterhus, B. (2010). The use and non-use of assistive technologies from the world of information and communication technology by visually impaired young people: A walk on the tightrope of peer inclusion. *Disability & Society*, 25(3), 303–315.

⁹⁴ Scherer, M. J. (2004). Connecting to learn: Educational and assistive technology for people with disabilities. American Psychological Association.

Beispielanwendungen in «Pflege und Medizin»



Wearables (Seite 43)



Assistenzroboter (Seite 18)

Monitoring (Seite 42)

Inklusion durch Design (Seite 70)

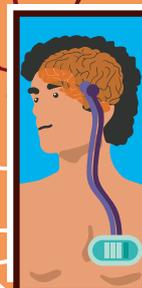


Crowd Seeing (Seite 25)

Gehirn-Interfaces (Seite 36)



«Plüschtech» (Seite 41)



Deep Brain Stimulation (Seite 41)

«Ich träume davon, dass wir alle maximal mobil sind»

Der Alpinist Patrick Mayer ist inkomplett querschnittsgelähmt, möchte aber nicht auf das Vorwärtskommen im Schnee verzichten. Darum entwickelte er kurzerhand selber Kufen für den Rollstuhl.



«Ich bin aus einer persönlichen Erfahrung heraus zum Unternehmer geworden», erzählt der 37-jährige Patrick Mayer. Seit dem Jahr 2000 ist der gebürtige Tübinger inkomplett querschnittsgelähmt und auf Gehilfen sowie einen Rollstuhl angewiesen. Er ist ein Macher, ein Erfinder, ein Designer – kurz: ein Typ, der nicht zu stoppen ist. Er sei ja selbst betroffen, sagt Mayer. Daraus zieht er seine Energie und Motivation, die Welt für sich selbst und andere Menschen mit Behinderung zugänglicher zu machen. Das erste Produkt, das Mayer entwickelt hat, zielt genau darauf ab: «Wheelblades» ist der Name der Kufen, die an die Vorderräder des Rollstuhls angebracht werden und so das Vorwärtskommen im Schnee erleichtern.

Im Industriegebiet von Maienfeld, einer kleinen Bündner Gemeinde mit bestem Anschluss an diverse Wintersportgebiete, befindet sich der Hauptsitz der Wheelblades GmbH. Hier werden alle Einzelteile der schnittigen Schneekufen angeliefert und von Mayer persönlich zusammengesetzt. «Made in Switzerland», das ist ihm wichtig. «Ich möchte mein Netzwerk an Produzenten und Entwickler persönlich kennen», sagt Mayer, «so kann ich die Qualität bieten, die auch ich von einem Produkt erwarten würde.»

Mit neun Jahren begann Patrick Mayer mit Snowboarden. Der Wunsch, Freestyleboarder zu werden, hat ihn als Jugendlichen in die Schweizer Berge geführt. Er besuchte das Hochalpine Institut in Ftan, bis er im Jahr 2000 bei einer Sprung-

landung schwer verunfallte. Doch der ehrgeizige Athlet kämpfte sich ins Leben zurück und nahm nur acht Monate nach seinem Reha-Aufenthalt als Monoskifahrer an den Winter-Paralympics in Salt Lake City teil.

Als passionierter Wintersportler ärgerte sich Mayer darüber, dass es kein Produkt auf dem Markt gab, welches das Vorwärtskommen im Schnee erleichtert. Darum machte er sich an die Entwicklung der «Wheelblades», deren erste Prototypen er selber bastelte und testete. Das Institut für Produktdesign, Entwicklung & Konstruktion (IPEK) der Fachhochschule Ostschweiz unterstützte Patrick Mayer schliesslich bei den letzten Entwicklungsschritten. Das fertige Produkt kann sich sehen lassen. Die «Wheelblades» erhielten mehrere Design-Preise.

Patrick Mayer ruht sich auf dem Erfolg nicht aus. Schon entwickelt er die nächsten Hilfsmittel für Menschen mit Behinderungen. «Ich träume davon, dass wir alle maximal mobil und flexibel sind», sagt er, «denn Mobilität und Flexibilität bringen Lebensfreude zurück!». Funktion und Design sind für den Start-up-Gründer unzertrennbar: Ihm ist wichtig, dass die Produkte aus der Sicht der Nutzer konzipiert werden. «Ob behindert oder nicht, die Menschen wollen heute einfach unkompliziert und flexibel leben», sagt Mayer. «Ich möchte, dass die Menschen trotz Behinderung nicht eingeschränkt sind und einfach alles selbstverständlicher wird.»

3D-Druck & Vernetzung

Im 20. Jahrhundert stammten fast alle Medien, die wir konsumierten, von grossen Unternehmen. Grosse Filmstudios produzierten fast alle Filme, Musikkonzerne die Musik, die wir hörten und zu der wir tanzten, und fast alles, was wir lasen, wurde von grossen Verlagen herausgegeben. Mittlerweile ist die Medienindustrie völlig umgekrempelt worden. Technologien wie Smartphones, Laptops und das Internet ermöglichen es allen Menschen, für wenig Geld Musik, Filme und Texte zu produzieren wie auch zu verbreiten. Das ist sehr einfach, da es sich um ausschliesslich digitale Informationen handelt. Jeder von uns hat die Möglichkeit, diese mit Lautsprechern oder Bildschirmen in eine analoge Form, in Bild und Ton, umzuwandeln.

Demgegenüber stehen Geräte und handfeste Dinge. Noch ist es meistens so, dass Möbel, Küchenutensilien, Kleidung etc. von grossen Unternehmen bezogen werden, da wir zu Hause nicht die Produktionsmöglichkeiten dafür haben. Mit dem Aufkommen von 3D-Druckern wird es aber möglich sein, immer mehr Produkte selber herzustellen. Wie bei Filmen oder Musik wird dann nur noch die digitale Information aus dem Netz geladen; die Umwandlung von digitaler Information in ihre physische analoge Form findet zu Hause oder in der Nachbarschaft durch 3D-Drucker statt.

Gerade Prothesen können sehr teuer sein, wenn sie von grossen Firmen in kleinen Stückzahlen hergestellt werden. Eine robotische Armprothese zum Beispiel kostet rasch Zehntausende von Franken⁹⁵. Besonders bei Kindern, die aufgrund ihres Wachstums ein- bis zweimal pro Jahr eine neue Prothese benötigen, sind das enorme Kosten. Aus diesem Grund sind in den letzten Jahren mehrere Projekte entstanden, die Prothesen oder Teile von Prothesen im 3D-Drucker herstellen und so die

Produktionskosten auf wenige Tausend Franken reduzieren können. Einige davon wie Open Bionics⁹⁶ verkaufen persönlich angepasste Drucke selber. Andere wie e-NABLE⁹⁷ vermitteln zwischen Personen, die einen Bedarf haben, und Besitzern von 3D-Druckern. Das können Einzelpersonen oder sogenannte FabLabs sein – Orte, an denen allgemein zugängliche 3D-Drucker stehen (siehe Makery.info für eine Übersicht über FabLabs⁹⁸ in der Nähe). 3D-Drucker bilden somit einen Barriereabbau, der Individuen dazu dient, an massgeschneiderte Hilfsmittel zu gelangen.

Open Bionics wie auch e-NABLE haben gemein, dass sie die Pläne nicht als Betriebsgeheimnis hüten, sondern sie als Open-Source-Material der Welt zur Verfügung stellen. Das heisst, dass sie jede und jeder nach Belieben nutzen und verändern kann. Das freie Teilen der Open-Source-Druckdaten bietet in einer vernetzten Welt ungeahnte Entwicklungsmöglichkeiten, die Firmen, welche sich nicht offen mit anderen austauschen, nie erreichen können. So wie eine einzelne Firma nie ein «Wikipedia» organisieren könnte. Auf diese Weise können Prothesen auch zu individuell gestaltbaren Designerstücken werden, die nicht versteckt, sondern mit Stolz getragen und gezeigt werden. Für Kinder gibt es zum Beispiel solche, die an Superhelden oder Disneyfiguren angelehnt sind.

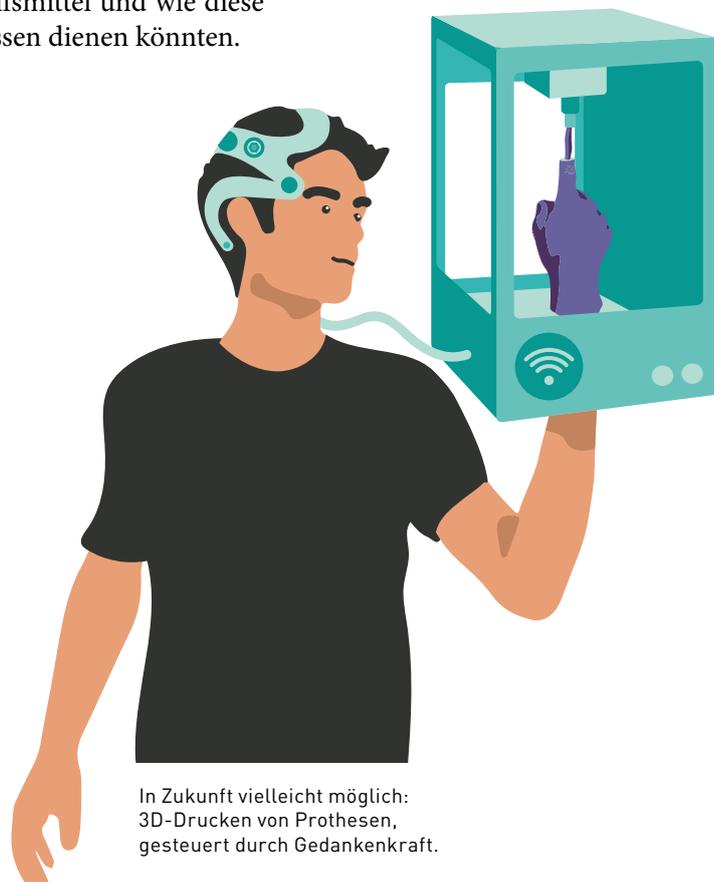
⁹⁵ www.bbc.com/news/technology-34044453

⁹⁶ www.openbionics.com

⁹⁷ www.enablingthefuture.org/

⁹⁸ www.makery.info/en/map-labs/

Schon immer haben Tüftler ihre eigenen Rollstühle umgebaut und Änderungen vorgenommen. Dies hat man in der Regel aber nur für sich selbst oder für das nahe Umfeld gemacht. Eine weltweite Vernetzung und ein offener Datenaustausch durch Open Source ermöglichen, dass Tüftler aus der ganzen Welt als Community neue Ideen teilen und Konzepte verbessern können. Oft wird bemängelt, dass sich Firmen oder Universitäten zu wenig mit den Betroffenen austauschen und an deren Bedürfnissen vorbeiproduzieren. Eine Vernetzung und die Möglichkeit eines jeden, selber Hand anzulegen, garantieren, dass die Bedürfnisse Betroffener berücksichtigt werden. Darüber hinaus erzeugt die Vernetzung generell ein breiteres Wissen über technische Hilfsmittel und wie diese den persönlichen Bedürfnissen dienen könnten.



In Zukunft vielleicht möglich:
3D-Drucken von Prothesen,
gesteuert durch Gedankenkraft.

«Es geht darum, für alle was zu finden, das sie mental stärkt!»

Seinen ersten Rennrollstuhl baute er an ein paar Samstagnachmittagen in der Garage, heute ist Heinz Frei Olympiagoldträger und für viele Sportler ein Vorbild.



Bei den Vorbereitungen für eine Sportsstaffette verunfallte Heinz Frei und brach sich die Brustwirbelsäule zwischen dem vierten und fünften Wirbel. Das war vor 38 Jahren. Heute zählt der Paracycling-Weltmeister zu den erfolgreichsten Schweizer Sportlern aller Zeiten.

Mit einem zu nur einem Drittel funktionierenden Körper fiel es dem gelernten Vermessungszeichner im ersten Moment schwer, an eine Zukunft als Sportler zu glauben. «Im Nachhinein gesehen», sagt Frei, «lag das auch daran, dass der Rollstuhlsport in der Schweiz zu diesem Zeitpunkt quasi noch nicht existierte.» Die Angst, er könne nie wieder Sport ausüben, liess ihn zum Tüftler werden. Mit einem Freund – auch im Rollstuhl – baute er in der Garage seinen ersten Rennrollstuhl «Marke Eigenbau». Das war Pionierarbeit. So fand er einen Weg, wieder Sport zu treiben, seinen Körper zu spüren und Muskelkater zu bekommen. Schnell merkte er, dass sich ganz neue Welten auftun, wenn man bereit ist, an sich selbst zu arbeiten. Diese Erkenntnis möchte er heute weitergeben, darum ist er als Coach und Mentor am Paraplegiker-Zentrum in Nottwil tätig.

1980, bei einem Besuch in Montreal, sah Frei zum ersten Mal Marathonteilnehmer mit einem Rennrollstuhl. Bis dahin hatte er nicht gewusst, dass er als Rollstuhlfahrer die Möglichkeit hatte, einen Marathon zu bestreiten. Motiviert durch dieses Erlebnis, trainierte er noch intensiver und härter. 1984 nahm Frei das erste Mal an den Paralympischen Sommerspielen teil. Bis heute hat er 15 Olympische Goldmedaillen gewonnen. 1987, sieben Jahre nach seinem ersten Besuch in Montreal, gewinnt Heinz Frei den dortigen Marathon. Diesen Sieg bezeichnet er heute noch als einen seiner grössten Triumphe. 2005 feierte er seinen 100. Marathonsieg in Berlin. Mit 58 Jahren – einem Alter, in dem andere Spitzensportler

längst den Ruhestand angetreten haben – ist Frei noch immer erfolgreich aktiv. An den Paralympischen Sommerspielen in Rio de Janeiro 2016 erlangte er mit seinem Team die Bronzemedaille in der Mixed-Staffel der Handbiker und war im Zeitfahren nach 20km nur mit 22 und 112 Hundertstelsekunden Rückstand an Silber und Bronze vorbei gerast.

Der erste Rollstuhl, den Heinz Frei 1978 von seinem Ergotherapeuten angepasst bekam, war aus Stahl, 18 Kilogramm schwer, mit starrer Rückenlehne. «Seither hat sich zum Glück schon sehr viel getan», erzählt Frei, «heute kann ein Rollstuhl ein modisches Accessoire mit technischen Raffinessen sein, das nur noch 6 Kilo wiegt.» Das hat für ihn auch enorme gesundheitliche Vorteile, muss er doch seinen Stuhl mehrmals am Tag ins Auto und wieder hinaushieven. Oft wird er von Leuten kontaktiert, die ihm Neuerungen zeigen. Es sei wichtig, dass Betroffene bei der Entwicklung von Hilfsmitteln involviert würden, betont er. «So gelingen praxisnahe und direkt von den Nutzern geprüfte Entwicklungsschritte.»

Auch als Mentor und Coach hat Heinz Frei ein grosses Interesse an technischen Innovationen. Er möchte anderen zeigen können, was alles möglich ist. Das öffnet neue Perspektiven und gibt Hoffnung. Dabei ist ihm aber bewusst, dass der Sport kein Patentrezept für jeden ist. «Ich bin realistisch genug zu wissen, dass ich aus Sportmuffeln keine Sportcracks machen kann. Und nicht alle sind physisch überhaupt noch in der Lage, Sport auszuüben.» Heinz Frei möchte in gemeinsamen Gesprächen die Stärken von jedem Einzelnen herausspüren und sie dann auf eine Entdeckungsreise der eigenen Möglichkeiten schicken. «Es geht darum, für alle etwas zu finden, das sie mental stärkt.» Dies sei aber nur möglich, wenn auch der Patient seinen Beitrag leiste.



Lösung 3: Anpassung gesellschaftlicher Anforderungen (Gesellschaftsansatz)

Gesellschaftliche Anforderungen

In dieser Studie betrachten wir Behinderungen als eine Diskrepanz zwischen individuellen Fähigkeiten und Anforderungen von Umwelt und Gesellschaft. Neue Technologien, welche bei individuellen Fähigkeiten ansetzen, verringern die Diskrepanz, weil sie das Individuum flexibler machen. Andere Technologien wie Smartphones oder GPS verringern die Anforderungen, welche die Umwelt an Menschen stellt, wodurch weniger Menschen behindert sind.

Neue Technologien können auch neue Behinderungen schaffen. Menschen, die von sich behaupten, auf elektrische Strahlung «allergisch» zu sein, haben in unserer modernen Welt eine Behinderung, die es früher gar nicht gab. Die Verbreitung von Chats auf WhatsApp hat für Sehbehinderte einen gewissen sozialen Ausschluss zur Folge, der bei Festnetztelefonen noch gar nicht möglich war. Wenn Post oder Bahn ihre Schalter schliessen, kann dies für Menschen mit Behinderungen zu einem Ausschluss führen.

Hohe Erwartungen (von Individuum und Gesellschaft)

Neue Technologien können auch Behinderungen schaffen oder verstärken, indem sie gesellschaftliche Erwartungen hochschrauben. Was «normal» ist, was erwartet wird, kann durch Technologie verschoben werden.

«Und wenn der Druck des Enhancements generell gross wird, und das beginnt beim Doping der Studenten, was passiert dann mit denen, die das nicht mitmachen? Gelten sie dann als „behindert“? Doping macht Menschen, die nicht bereit sind zu dopen, zu Menschen mit einer Behinderung.»

Ruth Baumann-Hölzle,

Leiterin des Instituts «Dialog Ethik»

Ein anderes Beispiel ist der Lift: Früher waren Aufzüge allgemein zugänglich, damit auch Menschen mit Gehbehinderungen diese nutzen konnten. Dann wurde der «Eurokey» eingeführt⁹⁹: ein Schlüssel, der es Menschen mit Behinderungen ermöglicht, Lifte zu nutzen, die sonst nicht für die Öffentlichkeit zugänglich sind. Mit der Einführung des «Eurokey» waren die Besitzer der Aufzüge nicht mehr verpflichtet, die Lifte öffentlich zu machen. Doch leider verfügen nicht alle Menschen im Rollstuhl über einen solchen Schlüssel. Schwerer Behinderte, die in der Lage waren, selbstständig Lift zu fahren, kann der Einsatz eines Schlüssels überfordern, weil sie zum Beispiel nicht über die nötige Feinmotorik verfügen. Die neue Technologie bringt zwar für viele Menschen Vorteile, schliesst aber einen Teil der früheren Lift-Nutzer aus.

«Das kann man ja jetzt lösen» oder «Jetzt gibt es keine Ausrede mehr» – solche Gemeinplätze könnten die Folge neuer technischer Möglichkeiten sein. Es entsteht ein Normierungszwang, den gar nicht alle erfüllen können, geschweige denn wollen. Der Wunsch vieler Menschen mit Behinderungen, zum Beispiel ihre Prothese zu verstecken, deutet auch darauf hin, dass eine gesellschaftliche Anforderung an eine Norm besteht. Würde eher Diversität statt Normierung im Vordergrund stehen, würde das Bedürfnis, Prothesen möglichst ähnlich dem biologischen Vorbild herzustellen, vielleicht gar nicht existieren. Natürlich erzeugt jede Entwicklung Gewinner und Verlierer, und das soll kein Grund sein, auf neue Entwicklungen zu verzichten. Der Einbezug von Menschen mit Behinderungen bei der Konzeption neuer technologischer Hilfsmittel

⁹⁹ www.eurokey.ch/

kann die Anzahl der Verlierer aber minimieren. Die Verantwortung dafür liegt nicht nur beim Staat, sondern auch bei einzelnen Unternehmen, die neue Technologien entwickeln.

Zugänglichkeit

Viele Menschen mit Behinderungen warten nicht darauf, dass es das allerneueste Exoskelett endlich zu kaufen gibt. Für sie ist viel wichtiger, dass sie bestehende Produkte richtig nutzen können.

«Technologie alleine nützt nichts. Wir nutzen extrem wenig technische Möglichkeiten, die es heute schon gibt. Wir könnten sehr viel mehr erreichen, wenn das Umfeld, die Einstellung, die Betreuung stimmen würden.»

Verena von Holzen,

Stiftung für elektronische Hilfsmittel

Die Möglichkeiten, Technologie zu nutzen, sind aus mehreren Gründen eingeschränkt, wie im Folgenden gezeigt wird.

Finanzierung

«Die Allgemeinheit zahlt für unsere Forschung, welche einst Menschen helfen soll. Nutzen werden es aber zunächst nur diejenigen können, die genug Geld haben.»

Prof. Dr. José del R. Millán,

Center for Neuroprosthetics, EPFL Genf

Technologische «State of the Art»-Produkte sind zu Beginn meistens sehr teuer. Hochtechnologie und Fortschritt sind aber nötig, um die Technik des «Normalverbrauchers» zu verbessern. Die teuren «State of the Art»-Produkte von heute sind die Massenprodukte von morgen. Heutige Rollstühle und Prothesen waren auch einst un-

«Wir begrüßen es, dass man ein iPhone nutzen kann, es gibt hier aber noch Schwierigkeiten mit der IV-Finanzierung, weil die IV nicht Produkte finanzieren darf, die im Alltag von jedermann benützt werden können.»

Fiore Capone, Active Communication

bezahlbare Hochtechnologie. Wenn ein Gerät sich als besonders praktisch erweist, wird es in höheren Stückzahlen produziert, wodurch der Preis massiv sinkt. Besonders, wenn Geräte noch nicht Massenprodukte sind, können sie sich viele Menschen nicht leisten. Die IV steht finanziell unter hohem Druck; Betroffene berichten denn auch von Problemen und Frustration, wenn es darum geht, von der IV Mittel zu beziehen. Einerseits wird ein neues Gerät nur in einem bestimmten Jahrestakt finanziert. Erweist es sich im Alltag als unpassend, wartet man auf eine neue Beinprothese trotzdem wieder vier Jahre, auf einen Rollstuhl gar sechs Jahre. Andererseits müssen die Betroffenen stets belegen, dass sie auf das Hilfsmittel angewiesen sind. Es darf kein Alltagsgerät sein. Ein Kommunikationsgerät, das für Menschen mit Sprachbehinderungen konzipiert ist und mehrere Tausend Franken kostet, wird von der IV eher finanziert als ein Tablet für 700 Franken. Denn ein Tablet ist ein Alltagsgegenstand.

«Jeder hat (von der IV) ein Paar Beine zugute, oder auch nur ein Bein, wenn nur eines fehlt, und alle vier Jahre gibt es ein neues Paar. Mehr wird nicht bezahlt. Und Sportbeine sind komplett durch mich oder durch Sponsoren finanziert. Das wird als Sportgerät betrachtet und als nicht notwendig. Also, das Finanzielle ist ein ziemlich grosses Problem.»

Abassia Rahmani, Sportlerin mit Beinprothesen

Die IV zahlt auch nicht für Sportgeräte oder Fahrräder, ausser, wenn das Rad zum Beispiel für den Schulweg benötigt wird. Es ist verständlich, dass die IV darauf achten muss, wie sie ihre Mittel verteilt. Und grundsätzlich muss die Gesellschaft eine Diskussion darüber führen, was Grundbedürfnisse sind und was Luxus ist. Braucht eine

beinamputierte Person Prothesen zum Schwimmen? Muss ein Rollstuhlfahrer Wanderwege befahren können? Diese Fragen müssen spezifisch bearbeitet werden, es gibt keine allgemeingültige Antwort auf die Frage, wo die Grenze liegt.

Zusätzlich zur Frage nach den Rechten sind auch die Folgekosten relevant. Wer Sport treiben oder mit anderen Kindern Velo fahren kann, riskiert weniger, an psychischen Folgeerkrankungen der Behinderung zu leiden, die ebenfalls Kosten mit sich bringen. Wer sich dank Technologie bewegt, kann vielleicht eine Dekubitus-Erkrankung vermeiden. Bei Unfällen kann es allerdings sein, dass die IV gar keinen Anreiz hat, mehr Gelder auszugeben und Folgeerkrankungen zu verhindern, da die Kosten von der Unfallversicherung übernommen werden.

Oft ist es nicht damit getan, ein Gerät zu finanzieren. Es braucht auch Betreuung, damit das Gerät richtig bedient wird.

«Bei der Sprache/Kommunikation braucht es einen grossen pädagogischen Prozess, um die Technologie richtig anzuwenden. Die Betreuung, die nötig ist, damit die Anwendung einer Technologie klappt, ist oft schwieriger zu finanzieren als das Gerät selber.»

Verena von Holzen,

Stiftung für elektronische Hilfsmittel

Betreuung durch das Umfeld

Smartphones und Tablet-Computer werden bei Menschen mit Behinderungen, auch solchen mit schweren Behinderungen, immer allgegenwärtiger. Die Geräte selber sind kostengünstiger als dedizierte Geräte für Menschen mit Behinderungen, zudem sind sie dank stets neuen Apps (z. B.

«Kommunikations-Apps») sehr flexibel einsetzbar. Was aber bei Mainstream-Technologien häufig fehlt, ist eine individuelle Betreuung. Gerade bei Apps und Webdiensten fehlt oft jegliche Unterstützung. Man kann nicht bei Google anrufen, wenn das Synchronisieren des Online-Kalenders mit dem Smartphone Probleme bereitet. Man muss sich selber zu helfen wissen.

Viele Menschen mit Behinderungen benötigen auch bei Mainstream-Technologien spezifische, auf ihre persönlichen Bedürfnisse und Fähigkeiten zugeschnittene Anpassungen. Unklar ist, wer ihnen dabei hilft. Fachleute aus dem Technikbereich sind mit Bedürfnissen von Menschen mit Behinderungen oft überfordert. Pflegefachkräfte sind wiederum oft von der Technologie überfordert.

Besonders schwierig ist es, wenn eine Bedienungs-Schnittstelle nötig ist; wenn das Smartphone zum Beispiel mit dem Rollstuhl-Joystick bedient wird. Diese Schnittstellen sind sehr seltene Anwendungen. Deshalb weiss auch ein technischer Support-Angestellter im Elektronikladen meist nicht weiter, selbst wenn Schnittstellen spezifisch für nur eine Marke von Smartphones und Tablets ausgerichtet sind. Es braucht deshalb vermehrt Fachleute, die sowohl über pflegerisches als auch technisches Know-how verfügen.

«Es ist eine grosse Herausforderung für unsere Branche, Personen zu finden. Sie brauchen eine pädagogische Ausbildung und müssen trotzdem technisch affin sein. Das ist eine grosse Spannweite.»

Fiore Capone,

Active Communication

Für Nutzer von solchen Geräten ist das besonders frustrierend, da die technischen Möglichkeiten im Grunde vorhanden sind, die Geräte dann aber doch nicht funktionieren.

«Ich kann mit einem Joystick das iPhone steuern und so über das iPhone zum Beispiel den Computer. Aber das System, das da eingebaut ist, ist auch noch nicht so ganz ausgereift. Irgendwie funktioniert es nicht richtig. Es gibt eine App, in die ich jedes Gerät im Zimmer einprogrammieren kann. Der Techniker hat das letzte Mal den Fernseher einprogrammiert. Aber das funktioniert jetzt nicht. Das ist schon mühsam, muss ich sagen.»

Mirco Eisenegger,

von Duchenne-Muskeldystrophie Betroffener

Viele Geräte sind Prototypen. Hier wären zwar Möglichkeiten gegeben, die Entwickler selber nochmals zu konsultieren, doch das ist teuer – und die IV kommt für solche Dienstleistungen nicht auf. Verena von Holzen von der Stiftung für elektronische Hilfsmittel gibt zu bedenken, dass auch Consumer-Technologie individuell angepasst werden muss. Oft sei das den Leuten nicht bewusst. Sie meinten, mit dem Kauf eines iPads sei es getan.

Die schnelle Entwicklung solcher Geräte stellt die Nutzer immer wieder vor Probleme. Die persönliche Entwicklung verläuft oft langsamer als die technische. Auch können allfällige Schnittstellen zwischen Hilfsmitteln und Consumer-Geräten plötzlich nicht mehr funktionieren respektive müssen neu eingestellt werden.

Nicht nur die persönliche Entwicklung ist ein Faktor, auch die des Umfelds spielt eine Rolle. Damit ein Gerät nicht im Schrank landet, muss zum Beispiel das betreuende Team mitziehen. Gerade bei jüngeren Menschen ist das eine He-

erausforderung, weil ihr Umfeld häufig wechselt. Übergänge zwischen verschiedenen Institutionen sind besonders heikel. Wenn jemand von der Schule in eine Erwachseneninstitution wechselt, kann es sein, dass die Unterstützung für ein bestimmtes Gerät wegbricht.

Information

Es gibt enorm viele Geräte, die Menschen mit Behinderungen helfen können oder könnten. Doch die Fülle von Angeboten zu überblicken und das für die eigenen Bedürfnisse richtige Gerät zu finden, ist sehr schwierig.

«Als Einzelperson, auch als Fachperson, kann man kaum noch den Überblick über das Angebot behalten. Therapeuten, Ärzte und Patientenorganisationen spielen hier eine grosse Rolle. Denn für Patientengruppen mit ähnlichen Problemen sind sie eine sehr gute Informationsquelle. Aber auch Patienten selber müssen sich auf die Suche machen und sich untereinander vernetzen. Diejenigen mit mehr Drive und Eigeninitiative sind da sicher im Vorteil.»

Prof. Dr. Maja Steinlin,

Leiterin Neuropädiatrie, Inselspital Bern

Es ist wichtig, dass sich alle Interessengruppen miteinander austauschen. Für Nutzer ist es hilfreich, wenn sie wissen, wo sie sich Informationen über neue, auf sie zugeschnittene Produkte beschaffen, wo sie sich mit anderen Menschen, die ähnliche Bedürfnisse haben, austauschen können. Unser Informationszeitalter bietet viele Möglichkeiten für eine solche Vernetzung. Es gibt eine Vielzahl von Foren und Webseiten für Menschen mit Behinderungen (z. B. startrampe.net, paraforum.ch oder disabilities-r-us.com). Trotzdem ist das Potenzial noch gross, solche Plattformen auszubauen. Vor allem wenn es da-

«Ein Wunsch wäre, dass die Technologieentwicklung wirklich auf die Bedürfnisse der Leute eingeht, und zwar auch auf die Bedürfnisse von Menschen mit Behinderung. Man muss sie miteinbeziehen. Was wollen die wirklich?»

Verena von Holzen,
Stiftung für elektronische Hilfsmittel

rum geht, eine gute, möglichst vollständige und möglichst aktuelle Übersicht über technologische Hilfsmittel zu geben. Ein solches Webtool müsste einfach verständlich sein und dem Nutzer selber, wie bei Wikipedia, die Möglichkeit geben, selber neue Einträge vorzunehmen. Nur so kann man dem Tempo der technischen Entwicklung gerecht werden. Ein behinderungsübergreifendes Tool wäre nützlich, da viele unterschiedliche Handicaps ähnliche Probleme generieren. Paraplegiker zum Beispiel könnten auch vom Wissen von Menschen mit Amputationen profitieren. Falls sich Nutzer nicht selber informieren, sind sie darauf angewiesen, dass etwa Therapeuten oder Hersteller neue Entwicklungen an sie herantragen.

Auch der Paralympics-Pionier Heinz Frei betont, wie wichtig die Vernetzung Betroffener untereinander ist:

«Ich habe Vorbilder im Rollstuhlclub gefunden. Ich konnte von ihnen auch für Alltagssituationen profitieren. Die haben mir zum Beispiel beigebracht, wie man sich im Rollstuhl sitzend die Kleider anziehen kann. Im Spital hatte ich das nur im Bett liegend oder auf der Matratze sitzend gelernt.»

Heinz Frei, Paralympics-Pionier

Nebst nützlichen Tipps für konkrete Alltagsprobleme können andere Betroffene einem auch den Ansporn vermitteln, sich neuen Herausforderungen zu stellen.

«Als ich noch relativ frisch nach der Amputation im Elektrorollstuhl sass, konnte ich mich kaum bewegen. Ich war überrascht, als ich jemanden mit amputierten Oberschenkeln eine Treppe hochgehen sah, und war sofort motiviert, das auch zu lernen. So ist bei mir die Motivation wiedergekommen. Und ich hoffe, dass das bei anderen

auch so ist, wenn sie mich sehen.»

Abassia Rahmani, Sportlerin mit Beinprothesen

Beim Thema «Vernetzung» ist es also wichtig, dass Menschen mit Behinderungen über technische Angebote stets auf dem Laufenden sind. Doch dies ist nur die eine Seite der Medaille. Andererseits müssen auch die Hersteller wissen, welche Bedürfnisse Menschen mit Behinderungen genau haben, und mit Nutzern sowie Therapeuten zusammenarbeiten.

«Bei uns im Haus arbeitet ein Ingenieur der ETH. Er sitzt bei uns zwischen den Therapeuten, translationale Forschung findet hier so statt, <from bed to bench>. Die Entwicklung des Ingenieurs soll nahe zur Anwendung in der Reha gebracht werden. Es ist wichtig, dass man die gleiche Sprache spricht.»

Andreas Meyer-Heim,

*Chefarzt Rehabilitationszentrum, Kinderspital
Uni ZH*

Inklusion

Technologie hat durch Stärkung der individuellen Autonomie eine Inklusionswirkung. Zumindest für diejenigen Menschen, die von diesen Technologien profitieren können. Diejenigen, welche die technologische Entwicklung nicht mitmachen können, dürfen trotzdem nicht vernachlässigt werden. Bei den Technologien muss es sich nicht immer um robotische Prothesen oder Gehirn-Interfaces für Paralympics-Stars handeln. Schon eine simple App wie etwa «Skype» oder «Facetime» kann auch bei Menschen mit schweren Behinderungen sehr viel bewirken.

«Ja, Digitalisierung öffnet, vereinfacht. Ein junger Mann hat ein Kommunikationsgerät und zusätzlich ein iPad, jetzt kann er auch <Facetime> benutzen, er kann nicht verbal reden, also nicht

ein normales Telefon gebrauchen, dank <Facetime> sehen seine Eltern aber seinen Gesichtsausdruck und verstehen ihn so. Jetzt kann er also dank <Facetime> telefonieren.»

*Verena von Holzen,
Stiftung für elektronische Hilfsmittel*

Natürlich muss das Umfeld auch akzeptieren, dass durch neue Kommunikationsformen auch unerfreuliche Dinge gesagt werden können. Auch das Dulden unangenehmer Äusserungen gehört zur Inklusion.

«Man gibt Betroffenen die Möglichkeit, sich im normalen Alltag zu bewegen und teilzunehmen, mit allen negativen und positiven Folgen. Er kann auch plötzlich fluchen und vielleicht auf die Nerven gehen. Dieses Recht haben wir alle. Bei der Programmierung von Tablets braucht es beispielsweise auch Tasten für negative Äusserungen.»

Fiore Capone, Active Communication

Das Benutzen von «nichtbehinderten» Geräten, also von Smartphones und Tablets, ist ein wichtiges Bedürfnis von Menschen mit Behinderungen, da sie sich davon auch weniger Abgrenzung, sprich mehr Inklusion, erhoffen. Das Verstecken der Behinderung ist nicht nur bei Geräten wie Smartphones ein Thema. Bei Prothesen wird oft versucht, ein möglichst natürlich aussehendes Modell auszusuchen.

Das muss aber nicht sein. Ein Hilfsmittel kann auffallen, ohne zu stigmatisieren. Nach dem Motto «Hauptsache es funktioniert» wurde bei vielen Geräten lange Zeit kaum Wert auf das Design gelegt. Heutzutage gibt es jedoch zum Beispiel immer mehr «cool» designte Rollstühle, die modisch und viel leichter sind als noch vor zehn Jahren.

«Im Rehabereich gibt es viele Produkte, die sehr gut funktionieren aber sehr behindert aussehen. Teilweise unterstreichen sie die Behinderung zusätzlich oder sie heben sie sogar hervor.

Ich finde, dass ein Rollstuhl alleine durch sein Aussehen eine Präsenz haben und Stärke vermitteln sollte. Diese Stärke kann dann auf den Nutzer abfärben und zusätzlich die Interaktion zwischen behinderten und nichtbehinderten Menschen fördern. Technik und Design bilden die Grundlage

für den Austausch und fördern somit auch die Inklusion. Der Behinderte wird zum cleveren Piloten seines Hightech-Gefährts.»

Patrick Mayer, Unternehmer und Rollstuhlfahrer

Was genau als «behindert» gilt und was nicht, ist eher kulturell bedingt und nicht klar zu definieren oder gar für zukünftige Technologien vorherzusagen. So haben Hörgeräte ein viel stärkeres Behinderungs-Stigma an sich als Brillen, die als modische Accessoires getragen werden. Zahnsparren sind seit einigen Jahren bei asiatischen Teenagern in Mode¹⁰⁰. Vielleicht werden Hörgeräte mit zunehmender Verbreitung durch Rave-geschädigte junge Menschen auch immer normaler und damit weniger von einem Stigma belastet.

Inklusion kann erreicht werden, indem Hilfsmittel stolz zur Schau gestellt werden. Das ist natürlich nicht für jeden gleich einfach und wäre eher eine Aufgabe der «Stars» wie zum Beispiel Paralympics-Sportler. Durch die Konfrontation mit solchen Geräten werden Berührungsängste abgebaut.

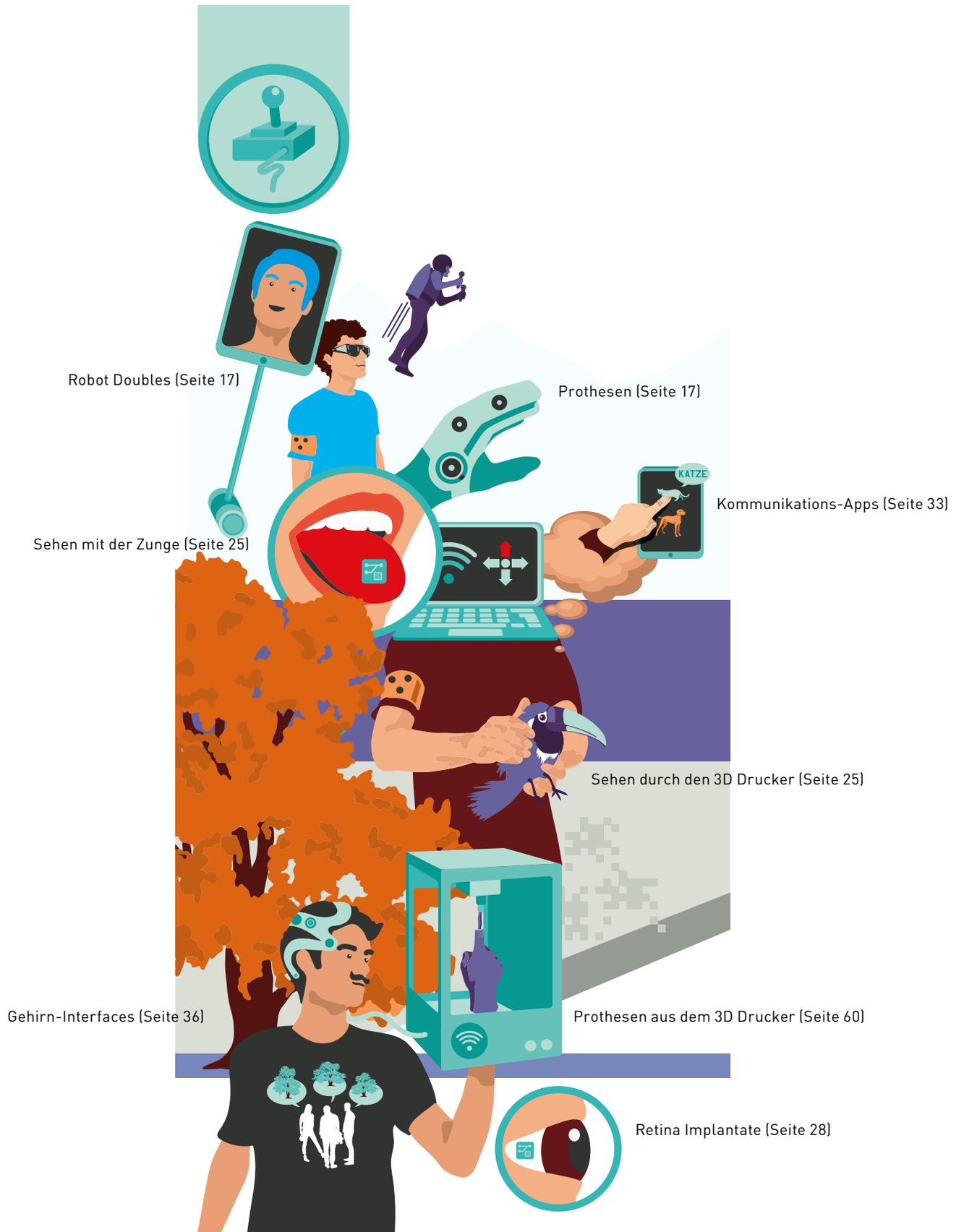
«Aber ich versuche schon, die Leute aufzuklären und ihnen zu versichern, dass sie auf meine Beine schauen dürfen. Oder auch die Fragen der Kinder zu beantworten, um Berührungsängste abzubauen. Vor Kurzem ist mir ein Junge hinterhergelaufen, der sagte: <Woah, woher hast du die Beine? Ich will auch solche!> Also Kinder, die mich dann voll als Superwoman sehen. Die Reaktionen sind eigentlich alle durchweg positiv.»

Abassia Rahmani, Sportlerin mit Beinprothesen

Grundsätzlich führt jegliche Form von Interaktion, von Kontakt zwischen Menschen mit und ohne Behinderungen dazu, dass Berührungsängste abgebaut und Inklusion gestärkt werden. Will man Inklusion fördern, ist es wichtig, dass Menschen mit Behinderungen an regulären Aktivitäten wie zum Beispiel am Schulunterricht teilnehmen können. Dies verringert auch Berührungsängste gegenüber Menschen mit schwerer Behinderung, die nicht in der Lage sind, am Schulunterricht teilzunehmen.

¹⁰⁰ www.businessinsider.com/fake-braces-trend-takes-asia-by-storm-2013-1

Beispielanwendungen in «Schule und Arbeit»



«Wenn ich mein Handy nicht bedienen könnte –
das wäre eine Katastrophe!»

Mirco Eisenegger und Jonas Brändli, beide von Duchenne-Muskeldystrophie betroffen und gelähmt, wollen mithilfe von Technik selbstständig bleiben. Das klappt oft nur halbwegs.



«Seht ihr, es funktioniert nicht!» Mirco Eisenegger ist genervt. Auf seinem iPhone, das an der rechten Rollstuhllehne an einer Stange befestigt ist, spuckt eine Mickey-Mouse-Stimme in unverständlichem Tempo die Information aus, die er gerade gegoogelt hat. Das Handy des 30-Jährigen ist so programmiert, dass er damit über einen Joystick, den er mit der rechten Hand bedient, sämtliche Geräte in seinem Umfeld ansteuern kann – Rollstuhl, Fernseher, Computer etc. «Aber das klappt nur theoretisch, immer wieder fällt das Interface aus!» Obermühsam sei das.

Sein Kollege Jonas Brändli pflichtet ihm bei. «Bei mir funktioniert *«Easy Rider»* zwar ganz gut», sagt er. Mit diesem System bedient Brändli über vier Buttons an der Kopfstütze seinen Rollstuhl, ebenso wie Türen, den Lift oder Lichtschalter. Trotzdem findet der 32-Jährige, dass technische Hilfsmittel im Alltag oft unzuverlässig seien.

Mirco Eisenegger und Jonas Brändli sind seit dem neunten beziehungsweise elften Lebensjahr auf den Rollstuhl angewiesen. Beide leiden an Duchenne-Muskeldystrophie und leben in einem Heim. Obwohl sie den Körper nicht mehr aus eigener Kraft bewegen können, ist für die zwei jungen Männer das Wichtigste, so selbstständig wie möglich zu bleiben; bei einfachen Dingen wie dem Öffnen einer Tür oder dem Bedienen des Fernsehers nicht auf Hilfe angewiesen zu sein. «Die technischen Geräte haben einen sehr grossen Einfluss auf meinen Alltag», sagt Mirco Eisenegger, der Draufgängerische der beiden. «Wenn ich mein Handy nicht bedienen könnte – das wäre eine Katastrophe.»

Für ihn ist es so schon schlimm genug mit der Technik: Nichts ist ausgereift, nichts klappt! Oder nur halbbatzig. Eisenegger geniesst zum Beispiel die selbstständigen Ausflüge in die Stadt, die er im Rollstuhl oft unternimmt, die Batterie hält immerhin für 30 Kilometer. Doch dann braucht sie 9 Stunden zum Aufladen – «zu lange», klagt der junge Rotschopf, «ich schlafe nur 7 Stunden!» Moderne Ionen-Batterien seien zwar bereits nach 2 Stunden komplett aufgeladen, aber leider unbezahlbar.

Oft fehle es, sobald es um Technik gehe, an der Betreuung. Wie beim QuadStick – ein Joystick für Spielkonsolen, der über den Mund bedient wird, mit Röhrchen, in die man pustet, oder Steuerungen, die mit Zunge oder Kinn bewegt werden. Eisenegger hat einen Prototyp des Geräts in seinem Zimmer. Mit dem QuadStick könnte er schnelle und komplexe Games spielen: «Ego-Shooter», ein Fussballspiel oder sogar «Assassin's Creed». Auch arbeiten liesse sich damit. Das Problem: Niemand ist imstande, das Gerät zu programmieren. «Der Typ, der das könnte, sitzt in Deutschland und will dafür bezahlt werden.» Und er allein schaffe das nicht ohne Hilfe.

Trotz seiner Ungeduld ist Mirco Eisenegger überzeugt, dass die Zukunft noch viele technische Neuerungen bereithält, die das Leben mit Duchenne vereinfachen – Gehirn-Interfaces, intelligente Rollstühle und dergleichen. Und auch Jonas Brändli glaubt, dass das kommen werde.

Stereotype Content Model

Gastbeitrag von Prof. Dr. Bertolt Meyer

Bertolt Meyer ist Professor und Geschäftsführer der Direktor am Institut für Psychologie an der Technischen Universität Chemnitz. Er forscht zu sozialer Heterogenität und zu den gesellschaftlichen Folgen bionischer Technologie und ist selber Nutzer einer bionischen Hand.

Die neuen technologischen Entwicklungen für Menschen mit Körperbehinderungen (z. B. neue «bionische» Prothesen, Exoskelette und Retina-Implantate) haben auch das Potenzial, die gesellschaftlichen Stereotype über Menschen mit Körperbehinderungen zu verändern. Stereotype sind sozial geteilte Annahmen über Angehörige sozialer Gruppen, die Individualität ausser Acht lassen. Stereotype besagen beispielsweise, dass Schweizer pünktlich und Rentner schwerhörig sind. Laut dem «Stereotype Content Model» (SCM), das auf Forschungen der amerikanischen Sozialpsychologin Susan Fiske¹⁰¹ basiert, transportieren Stereotype Informationen auf zwei zentralen Dimensionen: Wärme (was haben Mitglieder dieser Gruppe für Absichten – von schlecht [kalt] bis gut [warm]) sowie Kompetenz (wie gut können Mitglieder dieser Gruppe ihre Absichten in die Tat umzusetzen – von schlecht [inkompetent] bis gut [kompetent]). Vereinfacht ergeben sich so vier Arten von stereotypisierten Gruppen: Da sind zunächst die Kompetenten mit den guten Absichten. So sehen Menschen in der Regel die Gruppen, denen sie sich selbst zugehörig fühlen oder solche, die sie bewundern und verehren. Ausserhalb dieser Eigengruppe gibt es noch drei Felder, um «die anderen» (die sogenannte Aussengruppe) zu kategorisieren: Die Inkompetenten mit den schlechten Absichten (Lehrbuchbeispiele sind Drogensüchtige und Obdachlose), die Inkompetenten mit den guten Absichten (das Lehrbuchbeispiel sind Rentner) und die Kompetenten mit den schlechten Absichten (in fast allen Kulturen werden Reiche und Banker hier eingeordnet).

Die Stereotypisierung «warm, aber inkompetent» heisst auch «paternalistischer Stereotyp».

Empirische Forschungen aus über 35 Ländern bestätigt diese zweidimensionale Struktur des Bedeutungsinhalts von Stereotypen¹⁰². In einer Untersuchung aus Deutschland zum SCM zeigte sich beispielsweise, dass Hausfrauen als eher warm und inkompetent angesehen, dass Feministinnen als eher kalt und kompetent gesehen werden und dass Menschen mit einer Körperbehinderung genau wie Rentner als eher warm und inkompetent angesehen werden¹⁰³.

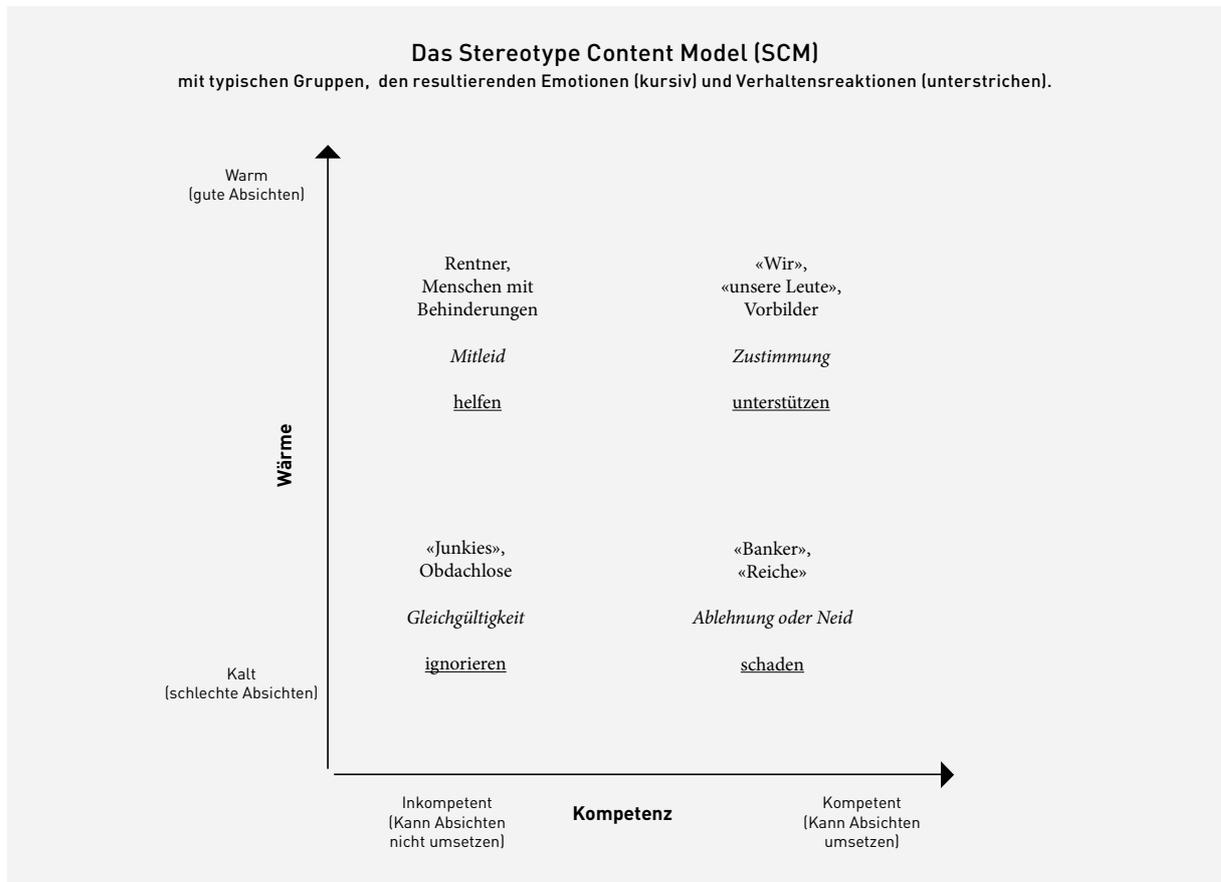
Die Einordnung einer gesellschaftlichen Gruppe im SCM beeinflusst die Emotionen und das Verhalten gegenüber Menschen aus dieser Gruppe¹⁰⁴. Gruppen, deren Angehörige wir als kalt und inkompetent wahrnehmen, begegnen wir mit Gleichgültigkeit und ignorieren sie. Wir bewundern Gruppen, deren Angehörige wir als warm und kompetent sehen und unterstützen sie. Sehen wir Gruppen als kalt und kompetent, reagieren wir mit Neid oder Ablehnung und schädigen ihre Mitglieder. Und Menschen aus Gruppen, die wir als warm und inkompetent wahrnehmen, begegnen wir mit Mitleid und versuchen, ihnen zu helfen.

¹⁰¹ Fiske, S., Cuddy, A., Glick, P., Xu, J. (2002). A model of (often mixed) stereotype content: Competence and warmth respectively follow from perceived status and competition. *Journal of Personality and Social Psychology*, 82, 878–902.

¹⁰² Cuddy, A. et al. (2009). Stereotype content model across cultures: Towards universal similarities and some differences. *British Journal of Social Psychology*, 48, 1–33.

¹⁰³ Asbrock, F. (2010). Stereotypes of social groups in Germany in terms of warmth and competence. *Social Psychology*, 41, 76–81.

¹⁰⁴ Cuddy, A., Fiske, S., Glick, P. (2007). The BIAS map: Behaviors from intergroup affect and stereotypes. *Journal of Personality and Social Psychology*, 92, 631–648.



Und genau diese Erfahrung machen Menschen mit Körperbehinderungen häufig: dass man ihnen mit Mitleid begegnet und ihnen Hilfe anbietet, obwohl sie es eventuell gar nicht nötig haben oder möchten. Durch diese Erfahrungen lernen Menschen mit Behinderungen auch, dass sie in den Augen der Gesellschaft als weniger kompetent als ihre nichtbehinderten Mitmenschen gelten.

Sichtbare Prothesen und Hilfsmittel mit einer Ausstrahlung von Hochtechnologie und Zukunft haben das Potenzial, das «Warm, aber inkompetent»-Stereotyp gegenüber Menschen mit Körperbehinderungen zu verändern: Nichts strahlt so viel Kompetenz aus wie Hightech. Eine moderne bionische Roboter-Handprothese, ein Exoskelett oder eine Laufprothese aus Carbon signalisieren eben nicht Inkompetenz und Hilfs-

bedürftigkeit, sondern Technologie, Fortschritt und (neue) Fähigkeiten. Dadurch ändert sich das Verhalten gegenüber Menschen mit solchen Hilfsmitteln: Gemäss den Vorhersagen des SCM wandelt sich Mitleid in Interesse und Bewunderung – genau wie es Abassia Rahmani im vorherigen Abschnitt bei der Begegnung mit dem Jungen und dessen Interesse an ihren Prothesen beschreibt.

Eine Verschiebung des Stereotyps gegenüber Menschen mit Behinderungen, die Hochtechnologie am Körper tragen, von inkompetent zu kompetent hat zwei positive Potenziale, aber auch ein Risiko. Das erste Potenzial liegt darin, dass die Betroffenen eine andere Beziehung zu ihrer Behinderung entwickeln: Dadurch, dass ihnen nicht mehr mit Mitleid begegnet wird, gibt es für sie keinen Grund (mehr), für ihren Körper Scham zu emp-

finden. Das kann enorm zum Selbstwertgefühl beitragen und ist der potenzielle psychologische Nutzen solcher Hilfsmittel für ihre Anwender. Der zweite Nutzen liegt im potenziellen Abbau von Stereotypen auf gesellschaftlicher Ebene: Je mehr sich beispielsweise in den Medien das Bild des «kompetenten» Menschen mit Körperbehinderung durchsetzt, desto weniger werden Angehörige dieser Gruppe dem paternalistischen Stereotyp ausgesetzt. Die Verschiebung ihrer Wahrnehmung in Richtung Kompetenz verschiebt diese Gruppe in Richtung der Eigengruppe, von «den anderen» zum «wir». Auf diese Weise haben technische Hilfsmittel das Potenzial, zu mehr Inklusion beizutragen, indem sie nicht nur die körperliche Beeinträchtigung ausgleichen, sondern gleichsam auch die psychologische «Beeinträchtigung» der geringeren zugeschriebenen Kompetenz. Dabei ist es natürlich problematisch, dass diese Aufwertung möglicherweise nur denjenigen zugutekommt, die Zugang zu hochtechnologischen Hilfsmitteln haben.

Dieser potenzielle Nutzen kann sich aber nur dann manifestieren, wenn die Verschiebung der Wahrnehmung von Menschen mit «robotischen» Hilfsmitteln in Richtung Kompetenz nicht auf Kosten der ihnen unterstellten Absichten – also auf Kosten der Wärmedimension – geschieht. Das Risiko dieser Entwicklung besteht deshalb darin, dass Menschen mit technischen Hilfsmitteln als kompetent, aber kalt wahrgenommen werden. So würde aus der Aussengruppe der Menschen mit Körperbehinderungen (warm, aber inkompetent) lediglich eine andere Aussengruppe (kompetent, aber kalt). Da der kompetenten, aber kalten Grup-

pe der «Cyborgs» nicht mit Mitleid, sondern mit Ablehnung (und schlimmstenfalls mit Schädigung) begegnet wird, wäre dies für die Betroffenen eher eine Verschlimmerung als eine Verbesserung.

Stereotype haben unter anderem die psychologische Funktion, die eigene Gruppe durch Abwertung der Aussengruppe aufzuwerten. Aus Sicht der Nichtbehinderten ist es deshalb eher wahrscheinlich, dass die Aufwertung von Menschen mit Behinderungen auf der Kompetenzdimension zu ihrer Abwertung auf der Wärmedimension führt, da nur so die Hierarchie der Wertigkeit von sozialen Gruppen gewahrt werden kann. Anzeichen für diesen Prozess kann man etwa im medialen Diskurs über Menschen mit Körperbehinderungen, die Hightech-Prothesen tragen, erkennen. Paralympische Sportlerinnen und Sportler, die sich für die Teilnahme an Wettbewerben nicht-behinderter Athleten bewarben, wurden in der Presse mit dem Vorwurf konfrontiert, aufgrund ihrer Prothesen einen unfairen Vorteil zu haben. Von «Techno-Doping»¹⁰⁵ war die Rede. Dieser Begriff impliziert böse Absichten und Kompetenz – passend zum SCM. Die mediale Berichterstattung über neue Prothesen stellt häufig deren Potenzial in den Vordergrund, «normale» menschliche Fähigkeiten in Zukunft zu übertreffen. Von möglichen Superkräften ist die Rede, und es wird geraunt, dass die

¹⁰⁵ www.dw.de/techno-doping-debate-levels-the-playing-field/a-16207304

Wissenschaft eventuell «zu weit» gehe¹⁰⁶. Selbst von «Prothesenneid»¹⁰⁷ ist neuerdings die Rede. Dies sind sehr realitätsferne Diskurse, da heutzutage auch die modernsten bionischen Prothesen nicht ansatzweise an die Funktionalität von natürlichen Körperteilen heranreichen, geschweige denn diese übertreffen.

Menschen mit fortschrittlichen Arm- und Beinprothesen werden in neuen Filmen, Comics und Computerspielen häufig in bedrohlichen Kontexten oder sogar als Bösewichte dargestellt. Beispiele dafür sind der Bösewicht mit dem bionischen Arm in «Wolverine», die Bösewichtin Gazelle mit den Messern an ihren Beinprothesen im Film «Kingsmen», die Borg aus «Star Trek», der «Terminator» und das Computerspiel «Deus Ex». Es gibt sogar Top-Ten-Listen der besten Bösewichte mit Prothesen im Internet¹⁰⁸. Hier werden Menschen mit hochtechnischen Ersatzteilen als bedrohliche Mischwesen aus Mensch und Maschine inszeniert, als Cyborgs, denen stets mehr oder weniger schlechte Absichten unterstellt werden. Dabei manifestieren sich wahrscheinlich im Wesentlichen die Ängste und Vorurteile von denjenigen, die diese Geschichten schreiben. Die Gesellschaft muss aufpassen, dass das ausgrenzende Stereotyp des bemitleidenswerten (inkompetenten) Behinderten nicht durch das (unrealistische) Zerrbild des bedrohlichen Cyborgs ersetzt wird, denn dadurch wäre der Inklusion kein Dienst erwiesen. Im Gegenteil.

Alles in allem zeigt sich auch auf der gesellschaftlichen Ebene, dass in der neuen Hilfsmitteltechnologie Chance und Risiko zugleich vereint sind.

Die Chance besteht in einer verbesserten Teilhabe von Menschen mit Körperbehinderungen und in einem Abbau von paternalistischen Stereotypen ihnen gegenüber, hin zu einer besseren Inklusion. Das Risiko besteht in der medialen Überzeichnung der neuen Hilfsmitteltechnologie als bedrohlich und mit (potenziellen) Superkräften verknüpft, wodurch Menschen mit solchen Hilfsmitteln als bedrohliche «Cyborgs» stereotypisiert und deshalb ausgegrenzt werden. Besonders im medialen Diskurs sollte darauf hingewirkt werden, die Chancen der neuen Technologien zu nutzen und ihr Risiko zu minimieren, beispielsweise durch eine weniger sensationsgetriebene und überzeichnete Darstellung. Manchmal ist weniger mehr.

¹⁰⁶ Ware, J. (Producer), Coveney, T. (Director) (2013). How to build a bionic man [TV Documentary]. United Kingdom: Darlow Smithson Productions Ltd for Channel4.

¹⁰⁷ www.virtualfutures.co.uk/event/vfsalon-prostheticenvy/

¹⁰⁸ www.therobotsvoice.com/2015/11/furiosa-prosthetic-amputee-justice-league-star-wars-httyd-evil-dead.php

Fazit

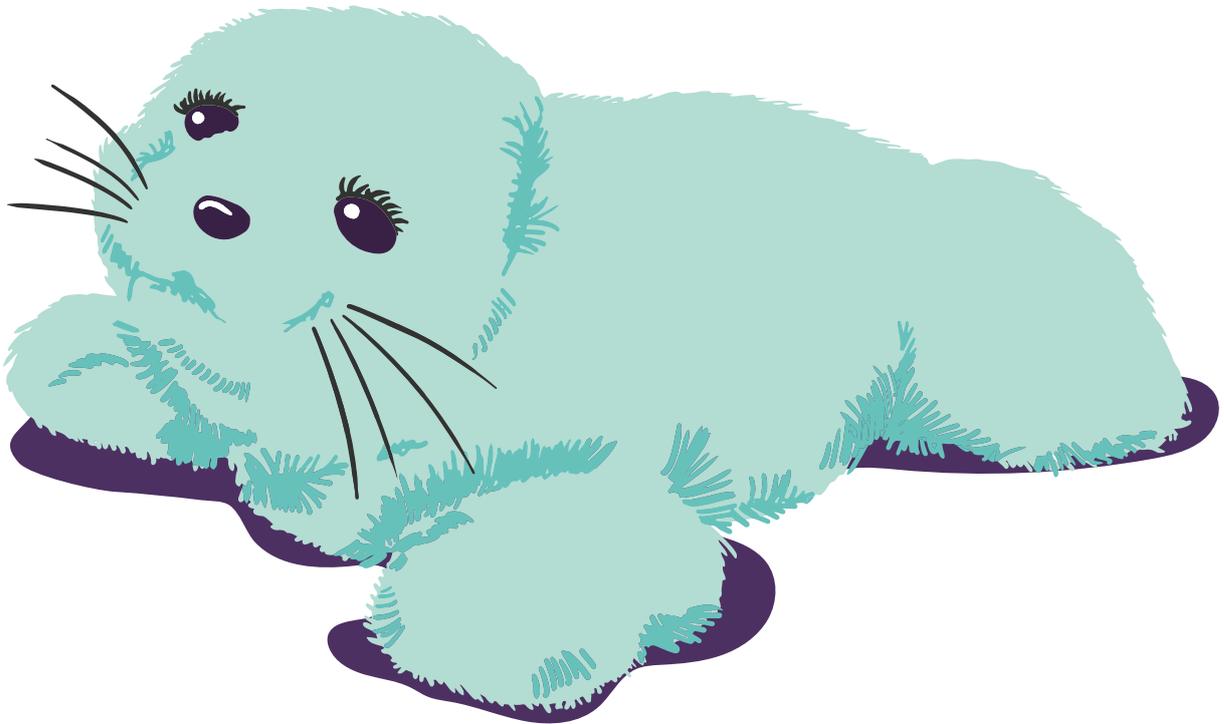
Vielleicht werden in ferner Zukunft Menschen mit Behinderungen Nanoroboter im Gehirn tragen, über welche sie ein Exoskelett steuern. Dieses Exoskelett wird sich nicht von einer Hose oder einem Anzug unterscheiden lassen und wenig mit den schwerfälligen und sperrigen Geräten von heute zu tun haben. Ein solches Exoskelett würde womöglich auch nur für kurze Zeit getragen werden, zum Beispiel bis der Spinalnerv im Rückenmark wieder zusammengewachsen ist. Es gäbe so vielleicht gar keine körperlichen Behinderungen mehr, nur noch temporäre Verletzungen. Robotik würde bei Rückenmarkverletzungen therapeutisch eingesetzt, um das Nervenwachstum zu fördern und Bewegungen neu zu trainieren.

In einer solchen Zukunft wäre es möglich, körperliche Behinderungen mit einem technologischen, individuumsbasierten Ansatz aus der Welt zu schaffen. Sei es durch Heilung oder durch Werkzeuge, die körperliche Einschränkungen kompensieren. Doch wie sieht es mit psychischen und geistigen Behinderungen aus? Nach wie vor verstehen wir kaum, wie das Gehirn funktioniert. Das macht es schwierig, sich technologische Lösungen für etwa Depressionen oder schwere Cerebralpareesen vorzustellen. Aber vielleicht könnten Nanoroboter dereinst auch mentale Negativspiralen unterbrechen oder die Konzentrationsfähigkeit steigern. Oder Exoskelette werden so empathisch, dass sie Wünsche und Bedürfnisse von Menschen mit schweren geistigen Behinderungen besser verstehen und umsetzen können, als es Betreuenden je möglich wäre.

Die technische Anpassung des Individuums – manchmal kritisch als «Reparatur» bezeichnet – ist nur eine der Möglichkeiten, die Benachtei-

ligung eines Menschen mit Behinderungen in unserer Welt zu reduzieren. Das Abbauen von Umweltbarrieren und die Akzeptanz von Vielfalt sind weitere Möglichkeiten. Manches davon geschieht automatisch: Werden selbstfahrende Autos unsere Strassen erobern, baut das für Menschen mit unterschiedlichen Behinderungen Barrieren ab. Unser Wohlstand brachte auch automatisch eine Toleranz von Vielfalt mit sich. Heute können Menschen mit Behinderungen lange und glücklich leben, auch wenn sie keine hohe Leistungsfähigkeit aufweisen. Gewisse Dinge müssen aber auch politisch durchgesetzt werden, wenn die Benachteiligung von Menschen mit Behinderungen verringert werden soll. Klar ist, dass nie alle Benachteiligungen aus der Welt geschafft werden können. Darum stellt sich nicht die Frage, ob wir Ungerechtigkeiten tolerieren wollen, sondern eher, welche Ungerechtigkeiten wir tolerieren und welche nicht. Welche Möglichkeiten wollen wir jedem einzelnen Mitglied unserer Gesellschaft garantieren und was wird als Luxus angesehen?

Barriereabbau und Förderung von Vielfalt sind wichtig und entsprechen einem humanistischen, weniger technokratischen Ideal. Dennoch sind sie nicht in jedem Fall der technischen Anpassung des Individuums vorzuziehen. Sollte jemand, der aufgrund einer Sehbehinderung arbeitsunfähig ist, eine Rente erhalten, auch wenn diese Behinderung einfach mit einer Brille behoben werden könnte? Vermutlich wäre es sinnvoller, diese Ressourcen jenen Menschen zukommen zu lassen, deren Behinderung nicht so leicht aus der Welt zu schaffen ist. Vielleicht sind Exoskelett-Hosen in ferner Zukunft so ausgereift, dass sie auch Menschen ohne Behinderungen im Alltag nutzen.



Roboter-Robbe «Paro»

Die Zumutbarkeit einer solchen Hose entspräche dann vielleicht der einer Brille. Könnte man dann nicht von den Betroffenen verlangen, diese Hose zu tragen? Ob eine individuelle Anpassung zumutbar ist, hängt von mehreren Fragen ab. Wird die Integrität und Würde des Individuums ange-tastet? Führen Implementierung und Nutzung zu Schmerzen? Wie teuer ist ein solcher Eingriff für das Individuum? Vielleicht wird es einmal möglich, jegliche Muskeln, Sehnen und Knochen eines Menschen mit Cerebralparese durch künstliche Körperteile zu ersetzen. Will man die Würde und Integrität des Menschen achten, sollte ein solcher Eingriff allerdings nicht unter Androhung von Leistungskürzungen geschehen. Zumindest, solange künstliche Körper nicht so selbstverständlich sind, wie es heute Kleidung ist. Eine solche Welt wäre von der unseren dermaßen verschieden, dass es anmassend wäre, die Legitimation von Anpassungsforderungen in dieser spekulativen Welt heute zu beurteilen. Klar ist nur, dass die Bedeutung von Behinderungen eine völlig andere wäre.

Auch der Einsatz von Gedanken verändernden Nanorobotern, zum Beispiel bei psychischen oder geistigen Behinderungen, ist ein Eingriff in die menschliche Integrität und Autonomie. Tref-fe ich eine Entscheidung noch selber, wenn ich Nanoroboter im Gehirn trage, die meine Denkweise beeinflussen, oder wenn ein Exoskelett meine Wünsche erahnt und ausführt? Die Vor-stellung, die Kontrolle über den eigenen Körper und die eigenen Gedanken zu verlieren, ist für die allermeisten Menschen ein Graus. Gleichzeitig überlassen wir immer mehr Entscheidungen Algorithmen. Je länger, desto mehr werden uns diese Algorithmen darin überflügeln, vorherzu-sagen, was uns glücklich macht¹⁰⁹. Macht es dann nicht Sinn, diese zu nutzen und einen Teil der ei-genen Autonomie abzugeben?

¹⁰⁹ www.ft.com/content/50bb4830-6a4c-11e6-ae5b-a7cc5dd5a28c

Gibt es überhaupt so etwas wie Autonomie? Der schottische Philosoph David Hume (1711–1776) stellte die Einheit menschlicher Identität infrage und verstand Gedanken und unser Bewusstsein als Interaktion und Kampf unterschiedlicher Subjekte in uns¹¹⁰. Man könnte darum auch den Standpunkt vertreten, dass es keine Rolle spielt, ob wir neben Algorithmen, unserem sozialen Umfeld, Werbung, unserer Erziehung, unseren Genen etc. auch noch von Nanorobotern beeinflusst werden. Autonomie, das von allem unabhängige «Ich», existiert ohnehin nicht. Es existiert lediglich ein Narrativ, welches unser Verhalten, unsere Gedanken und unsere Gefühle zu einer einheitlichen «Identität» zusammenbindet. Studien mit sogenannten Split-Brain-Patienten¹¹¹ legen nahe, dass wir extern verursachte Verhaltensweisen als autonome Entscheidungen ansehen, wenn wir die wahren (externen) Ursachen für unser Verhalten nicht erkennen. So gesehen könnten wir auch mit Nanorobotern im Gehirn als eine weitere Einflussquelle von vielen das Gefühl von Autonomie empfinden.

Auch wenn Algorithmen autonome Entscheidungen treffen, so sollte die Gesellschaft mitreden können, nach welchen Prinzipien und Werten diese Algorithmen diese Entscheidungen treffen¹¹². Und wie auch immer diese Entscheidung im Individuum zustande kommt: Wie stark man seine eigenen Gedanken von Maschinen beeinflussen lassen will, sollte jeder selber entscheiden. Nur: Was ist mit jenen Menschen, die diese Entscheidung nicht selber treffen können? Soll man Menschen mit zum Beispiel schwerer

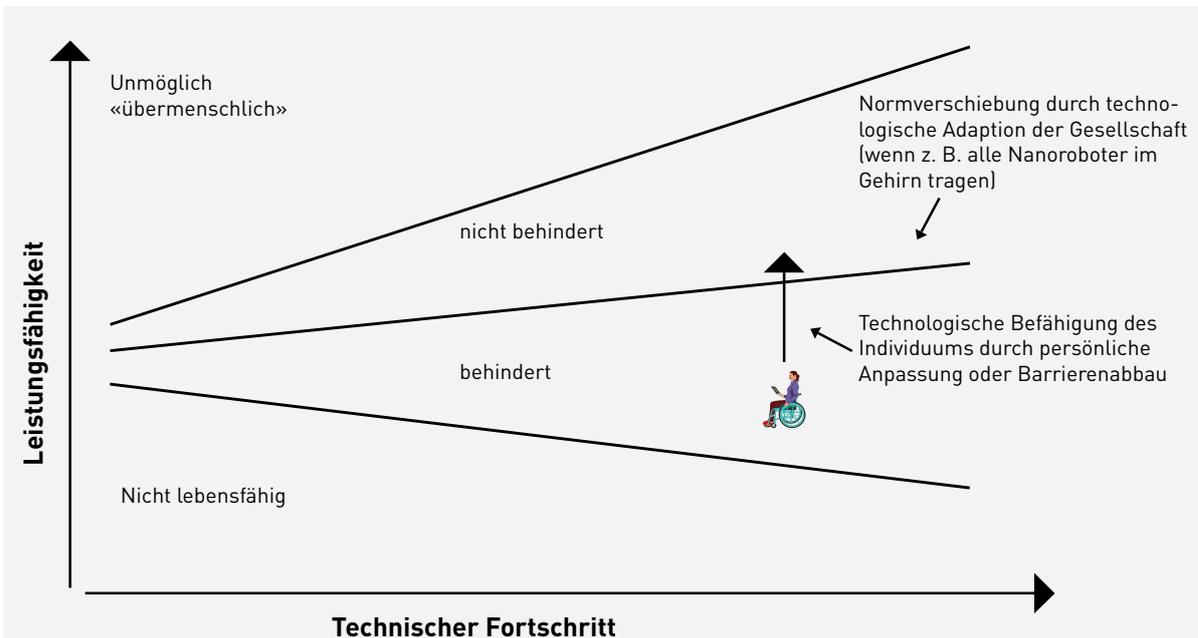
Cerebralparese durch Nanoroboter «zwangsbe-glücken»? Auch hier hängt es wohl davon ab, wie verbreitet solche Gehirnprothesen sind. Wenn alle Menschen Gehirnprothesen tragen, macht es dann Sinn, Menschen mit schweren Behinderungen diese vorzuenthalten? Müsste man dann Menschen mit schweren Behinderungen auch Kleidung vorenthalten, solange diese Menschen ihr Einverständnis dafür nicht geben können?

Um das Leben von Menschen mit (schweren) Behinderungen zu vereinfachen, müssen wir nicht auf Gehirn-Nanoroboter und unsichtbare Exoskelette warten. Es gibt heute schon eine Vielzahl von Technologien, deren Potenziale bei Weitem nicht ausgeschöpft sind (ZUGÄNGLICHKEIT, SEITE 66). Ausserdem ist das Abbauen von Barrieren nicht nur eine technologische Frage. Es ist auch eine Frage der Bereitschaft. Wenn Technologie uns anstrengende Arbeiten abnimmt, erlaubt sie uns, mehr Zeit mit dem Menschen und weniger Zeit mit der Behinderung zu verbringen. Diese Zeit nutzen müssen wir aber selber.

¹¹⁰ David Hume (1739). Treatise of Human Nature.

¹¹¹ www.nature.com/news/the-split-brain-a-tale-of-two-halves-1.10213

¹¹² joi.ito.com/weblog/2016/06/23/society-in-the-.html



Technischer Fortschritt ...

... erlaubt mehr Vielfalt. Menschen, die noch vor wenigen Jahrzehnten nicht lebensfähig gewesen wären, können heute lange und selbstbestimmt leben. Einerseits dank direkter technologischer Unterstützung (z. B. Herzschrittmacher), andererseits hat der Fortschritt unsere Gesellschaft wohlhabender gemacht. Das stärkt die Bereitschaft, Menschen mitzutragen, die keine hohen Leistungen erbringen können.

... erhöht die Leistungsfähigkeit der Gesellschaft. Damit wird auch die Norm erhöht, was man können muss, um nicht als behindert zu gelten.

... erhöht die Leistungsfähigkeit von Menschen mit Behinderungen durch persönliche Anpassung oder Barrierenabbau. Damit können sie Behinderung teilweise oder gänzlich kompensieren. So sind Menschen mit Behinderungen unabhängiger, was ihr Betreuungsbedürfnis abbaut und ihre Inklusion in die Gesellschaft fördert.

Technischer Fortschritt erhöht somit die Leistungsfähigkeit von Menschen mit Behinderungen, steigert aber gleichzeitig auch gesellschaftliche Normen durch die Technisierung der Gesellschaft. Ob die gesellschaftliche Entwicklung Menschen mit Behinderungen davoneilt, oder ob die Kluft zwischen Menschen mit Behinderungen und gesellschaftlichen Normen kleiner wird, hängt davon ab, ob bei der Konzeption von Technologien für den Massenmarkt Menschen mit Behinderungen einbezogen werden.

Experten

Mit folgenden Experten durften wir ein Interview führen oder im Rahmen eines Workshops am GDI Thesen zu «Behinderungen und Robotik» diskutieren. Für ihren wertvollen Beitrag, ihre guten Ideen und produktive Mitarbeit bedanken wir uns herzlich!

Dr. Ruth Baumann-Hölzle, Leiterin Institut Dialog Ethik (I)

Jonas Brändli, Nutzer technologischer Hilfsmittel (I)

Fiore Capone, Geschäftsleiter Active Communication (I)

Gery Colombo, Hocoma, CEO (I)

Alessandro D'Elia, Senior Executive Advisor, GDI (W)

Irène Dietschi, Wissenschaftsjournalistin (W)

Mirco Eisenegger, Nutzer technologischer Hilfsmittel (I)

Heinz Frei, Paralympics Sportler; Schweizer Paraplegiker-Zentrum, Nottwil (I)

Karin Frick, Head Think Tank, GDI (W)

Angela Frotzler, Schweizer Paraplegiker-Zentrum, Nottwil (W)

Wolfgang Gessner, Fachhochschule Nordwestschweiz (W)

Michael Harr, Geschäftsleiter, Stiftung Cerebral (W)

Bernhard Heinser, Stiftung «Zugang für Alle» (W)

Dr. Yoram Levanon, Wissenschaftler bei «Beyond Verbal» (I)

Albert Marti, Schweizer Paraplegiker-Zentrum, Nottwil (W)

Patrick Mayer, Nutzer technologischer Hilfsmittel, Erfinder, Unternehmer (I/W)

Prof. Dr. Bertolt Meyer, Institut für Psychologie, TU Chemnitz (W)

Dr. Andreas Meyer-Heim, Chefarzt Reha Lokomat Roboter (I)

Prof. Dr. José del R. Millán, Center for Neuroprosthetics, EPFL Genf (I)

Prof. Dr. Bradley Nelson, Multi-Scale Robotics Lab, ETH Zürich (I)

Stefan Obrecht, Gruppenleiter «Mathilde Escher Heim» für Menschen mit Körperbehinderungen (I)

Abassia Rahmani, Paralympics Sportlerin (I)

Prof. Dr. Robert Riener, Sensory-Motor System Lab, ETH Zürich; Paraplegikerzentrum, Universitätsklinik Balgrist (I/W)

Dr. Jörg Sommerhalder, Retina-Implantat-Forscher, Universitätsspital Genf (I)

Prof. Dr. Maja Steinlin, Neuropädiatrie Inselspital Bern (I)

Gowri Suldaram, Nutzer Retina-Implantat (I)

Dr. Huub van Hedel, Rehabilitationszentrum Affoltern am Albis (W)

Verena von Holzen, Stiftung für elektronische Hilfsmittel (I)

Leo Wolfisberg, Vater einer schwerbehinderten Tochter (I)

(I) steht für Interview

(W) steht für Workshopteilnahme

(I/W) steht für Interview und Workshopteilnahme



© GDI 2017

Herausgeber:
GDI Gottlieb Duttweiler Institute
Langhaldenstrasse 21
CH-8803 Rüschlikon / Zürich
Telefon +41 44 724 61 11
info@gdi.ch
www.gdi.ch

Knowledge Partner

ETH zürich

Finanzierungspartner

 ACCENTUS