

«Statt eine Brille zu tragen, lassen wir heute unsere Augen gegen die Kurzsichtigkeit lasern. Werden wir in Zukunft unsere Augen gleich ganz durch ein kompaktes Computer Vision System ersetzen, um uns mit digital augmentierter Sehfähigkeit besser in der Welt zurechtzufinden?»

Heinz Karrer
Stiftungsratspräsident Hasler Stiftung

Human Enhancement

Die Grenzen des Menschlichen überschreiten

Profisport gilt als die Reinform des Wettbewerbs: Hochtrainierte Athleten liefern sich einen offenen Schlagabtausch unter klar definierten Regeln. Gewinnen soll dabei der Beste. Aber wie fair ist Profisport eigentlich? Was entscheidet über Sieg und Niederlage?

Ein kurzsichtiger Golfer zum Beispiel wäre auf jeden Fall in seinem Leistungspotenzial eingeschränkt. Tiger Woods war 23jährig, als er sich zum ersten Mal die Augen lasern liess. Jahrelang habe er mit einem unsichtbaren Handicap Golf gespielt, sollte er später erzählen. Die Feinkonturen des Greens erkennen und die Fluglinie seiner Golfbälle mitverfolgen könne er erst seit dem medizinischen Eingriff. Die Öffentlichkeit nahm das Bekenntnis hin mit einem Schulterzucken. Es sei völlig verständlich, dass jemand seine genetisch bedingten Mängel mit den Möglichkeiten der Technologie beseitige. Aber wäre sie ähnlich gelassen geblieben, wenn der Eingriff Tiger Woods eine dreifach menschliche Sicht mit Zoom- und Aufnahme-funktion ermöglicht hätte? Oder wenn er sich die Arme hätte amputieren lassen, um sie mit perfekt schwingenden Prothesen zu ersetzen?

Hüftgelenk und Herzschrittmacher beweisen, dass sich unsere Gesellschaft längst mit der Erweiterung des Körperlichen durch das Unkörperliche abgefunden hat. Und doch fürchten sich viele vor einem Zeitalter, in dem der menschliche Körper durch den Einsatz von moderner Technologie über die von der Biologie gesetzten Limiten hinauswächst. Zu einer Maschine werden, wie wir sie etwa im «Terminator» gesehen haben, soll der Mensch auf keinen Fall.

Dieses Dossier steht im Zeichen der Erweiterung des Menschen: Wir sprechen mit Cyborgs und Transhumanisten über die Chancen und Risiken moderner Enhancementstechnologien, besuchen Schweizer Hersteller solcher und liefern einen Überblick über die neusten Ergebnisse aus der Forschung. Die futuristische Cyborggesellschaft ist überall da schon Realität, wo sie nicht mehr Zukunftsgeplauder ist.

Viel Vergnügen bei der Lektüre wünscht

die Redaktion

*Für die Unterstützung dieses Dossiers danken wir der Hasler Stiftung.
Redaktionell verantwortlich ist der «Schweizer Monat».*

An der Schwelle zum Übermenschlichen – oder in die Gegenrichtung?

Der Traum von der Selbstüberschreitung des Menschen ist alt. Über Nietzsche, den sprichwörtlichen «Schritt zu viel» und einen möglichen Abschied in Würde.

von Hans Ulrich Gumbrecht

In den intensiven Debatten des späten zwanzigsten Jahrhunderts über die Geschichte und das Potenzial der Gattung «Mensch» spielten die Thesen des 1986 verstorbenen französischen Paläontologen André Leroi-Gourhan zu den Folgen des «aufrechten Gangs» für die Evolution des Gehirns und für das Weltverhältnis der vom Gehen befreiten Hände eine zentrale Rolle. Schon damals hat mich allerdings stärker Leroi-Gourhans heute kaum mehr erinnerte Reflexion zur Beziehung zwischen den verschiedenen Phasen in der Entwicklung des Menschen fasziniert – und zwar wegen ihrer Bedeutung für den Problemkomplex «Human Enhancement». Nach einer im normalen (an anderen Stellen heisst es: im eher langsamen) biologischen Rhythmus ablaufenden Differenzierung des Homo sapiens aus der Gruppe der Primaten habe dessen Evolution seit dem Einsetzen der «Kultur», wo immer man chronologisch genau deren Anfang setzen will, eine enorme Beschleunigung erfahren. Diese Beschleunigung habe sich dann mit der Emergenz der Technologie aus der Kultur seit der frühen Neuzeit noch einmal exponentiell gesteigert. An dieser komplexen Perspektive schätze ich erstens den naturwissenschaftlich (aber keineswegs mechanistisch) anmutenden Gestus einer Distanz gegenüber euphorischen Selbstfeiern oder moralisierenden Selbstgeisselungen «des Menschen», wie sie jüngst wieder überhandgenommen haben, und zweitens ihre über jeden Anthropozentrismus hinausgehende Offenheit für kosmologische Perspektiven.

Schon bevor erste Versionen des Begriffs von einer natürlichen «Evolution» überhaupt im weiteren Kontext der Ausformung des historischen Weltbilds während der Jahrzehnte nach 1800 auftauchten, hatten Reflexionsschübe der Aufklärung den Menschen als Kollektiv eine Verantwortung und eine Fähigkeit zur Selbstveränderung übertragen. Als emblematische Illustration

dieses Schritts in der Entfaltung menschlicher Selbstreferenz gilt noch immer Immanuel Kants berühmte Formel vom «Heraustreten aus der selbstverschuldeten Unmündigkeit» in seiner Antwort auf die Frage «Was ist Aufklärung?». Hegels Philosophie vermittelte dann das Moment der Selbststeuerung und des sich eben erst abzeichnenden historischen Weltbilds zur bald nicht mehr allein philosophischen Vision von einem Fortschritt, der zunächst (vor allem in Hegels eigenem Denken) noch auf beschreibbare Zielpunkte ausgerichtet war, um dann bald schon entgrenzt und offen zu werden. Eigentümlich ambivalent wirkt auf uns heute der Status des Menschen in den nun schon bald hervortretenden säkular-mythologischen Diskursen von einem Fortschritt ohne Ende – wie vor allem anhand der Schriften von Karl Marx deutlich wird. Denn der Fortschritt sollte einerseits als «historisch» und zumal «evolutionär» garantiert gelten, andererseits aber doch menschlicher Beiträge bedürfen, um gleichsam auf Touren zu kommen.

Seiltanz über dem Abgrund

So gesehen kann es nicht überraschen, dass schon im Lauf des neunzehnten Jahrhunderts eine Reihe von Vorläufern des heute fast ausschliesslich mit Nietzsche assoziierten Worts vom «Übermenschlichen» für die Idee eines Hinausgehens über alle stabilen Selbstdefinitionen auftauchten – vor allem, wohl von wirtschaftlicher Expansion und der Rezeption Darwins getrieben, in den angloamerikanischen Kulturen, etwa bei T. H. Carlyle, W. R. Emerson oder R. A. Wallace. Vor diesem Hintergrund eines hochoptimistischen Zeitgeists wirken Nietzsches einschlägige Reflexionen, zumal die berühmten Passagen aus «Also sprach Zarathustra», durchaus verhalten. Schon im vierten Abschnitt der «Vorrede» taucht «ein Seil» auf, «geknüpft zwischen Thier und



Illustration von Stephan Schmitz.

Übermensch, – ein Seil über einem Abgrunde». Der «Seiltänzer» – als ein «letzter Mensch» wohl, der über sich hinauswill – unternimmt das Wagnis des Übergangs, wird nervös in der Gegenwart eines behenden «Possenreissers», der ihm folgt, um bald «wie ein Wirbel von Armen und Beinen in die Tiefe» zu stürzen und verzweifelt über sein Scheitern und den anstehenden Tod von Zarathustra getröstet zu werden: «Du hast aus der Gefahr deinen Beruf gemacht, daran ist nichts zu verachten. Nun gehst du an deinem Beruf zu Grunde: dafür will ich dich mit meinen Händen begraben.» Gerade die hier anklingende Zurückhaltung und Skepsis gegenüber den Gelingenschancen der Selbstüberschreitung scheint mir entscheidend für eine denkbare, aber bisher nur selten erwähnte Affinität Nietzsches zur Gegenwart und vorstellbaren Zukunft. Denn diese Einstellung setzt ja einerseits voraus, dass das Festhalten an einem gegebenen Status verachtenswert, wenn nicht unmöglich ist – keinen metahistorisch normativ gesetzten Begriff der einen «Menschlichkeit» soll es geben (und klingt uns nicht das Bestehen auf einem normativ und stabil gehaltenen Konzept des Menschseins zunehmend banal?). Andererseits ist Zarathustra weit entfernt von einer derzeit noch manchmal lauten Aufregung angesichts der durch Technologie (als «Enhancement») ermöglichten «Trans-» oder «Posthumanismen» (die aber im Abflauen begriffen ist). Die mit Leroi-Gourhan auf langfristige evolutionäre Tiefenschärfe zugeschnittenen und mit Nietzsche skeptischen Fragen im Blick auf die Gegenwart und für die Zukunft, die ich verfolgen möchte, lauten also: Was sind die spezifischen Schwellen potentieller Selbstüberschreitung, an denen wir derzeit stehen; welche Konsequenzen zeichnen sich für den Vollzug der je nächsten Schritte ab; und welche Reaktion auf solche Hochrechnungen von den Konsequenzen des Überschreitens legt eine kosmologische Sichtweise nahe?

Die Pole schmelzen

Gleichsam in der Mitte unter diesen Szenarien der Gegenwart steht unsere individuelle Wahrnehmung des Alltags, welche sich derzeit global von einem Feld der Kontingenz zu einem Universum der Kontingenz verschiebt. Dabei entspricht die Formel vom «Feld der Kontingenz» der seit den bürgerlichen Revolutionen dem Subjekt zugeschriebenen Form der Freiheit. Sie besteht aus einem Horizont von für je verschiedene Entscheidungen offenen Situationen (Kontingenz), der sich zwischen Situationen ohne Freiheit («Notwendigkeit») und Situationen mit vorgestellter, aber nicht realisierbarer Freiheit («Unmöglichkeit») erstreckt. Die beiden das Feld der Kontingenz begrenzenden Pole von «Notwendigkeit» und «Unmöglichkeit», meine ich, befinden sich derzeit in einem Schmelzprozess. Wenn sich etwa sexuelle Identität früher als Notwendigkeit aus der Anatomie jeweiliger Genitalien ergab, so hat die Transgenderchirurgie mittlerweile begonnen, hier einen neuen Bereich der Kontingenz zu eröffnen. Und während Allgegenwart schon immer vorstellbar war, aber als eine für Menschen nicht erreichbare Imagination zum Gottesprädikat wurde,

ist inzwischen aus dieser Unmöglichkeit eine ganz normale, sich erweiternde Wirklichkeit geworden (ohne die es uns zum Beispiel viel schwerer gefallen wäre, die Covid-Zeit zu überleben). Das fortschreitende Schmelzen der beiden Kontrapole des Felds von Kontingenz mit seiner Tendenz, in ein Universum von Kontingenz umzuschlagen, ist gewiss ein enormer Zuwachs an Freiheit. Doch vor allem schlägt das Universum der Kontingenz existentiell in eine zur Panik anschwellende menschliche Angst um, in Absenz des Notwendigen und des Unmöglichen vom Anwachsen alltäglicher Komplexität hoffnungslos überfordert zu werden.

Die zweite Schwelle lässt sich markanter an ein naturwissenschaftliches Ereignis binden, nämlich die Entzifferung des menschlichen Genoms – und an die von ihm untrennbare Utopie, einen in vieler Hinsicht «besseren Menschen» zu züchten. Auf der Hand lagen hier schon immer eine Reihe von – nicht allein historisch – hochproblematischen Affinitäten. Andererseits habe ich die Logik von Peter Sloterdijks intellektuell riskanter Intervention nie vergessen, nach der es sich die Menschheit nicht leisten kann, diese Chance zur Selbstverbesserung ungenutzt zu lassen. Derzeit scheinen die Visionen von Genmanipulation – wohl aufgrund des Aspekts derzeit noch nicht kontrollierbarer langfristiger Nebenwirkungen – unter ein Tabu gefallen zu sein. Rückgängig und mithin unschädlich können sie allerdings – ebenso wenig wie das Potenzial einer nuklearen Selbstzerstörung der Menschheit – nie mehr gemacht werden.

Künstliche Intelligenz als dritte Schwelle sollte streng genommen gar nicht mehr zum menschenbetriebenen «Enhancement» gerechnet werden, weil seit einigen Jahren schon die Algorithmen der Software selbst via «Deep Learning» beschleunigend den Vollzug immer neuer Schritte hin zu einer der menschlichen überlegenen Intelligenz vollziehen. Nicht auszuschliessen, dass eine solche machtvollere Intelligenz bereits existiert und die Menschheit ohne deren Wissen steuert (hier konvergieren Covid-ausgelöste und wahrscheinlich paranoide Fantasien von der Menschheitsmanipulation mit der erschreckenden Hochrechnung realistischer denkbaren Entwicklungen). Nachdem sich im Zukunftsblick auf eine solche von Menschen ausgelöste Möglichkeit der Gedanken jedenfalls nicht mehr neutralisieren lässt, dass künstliche Intelligenz die Menschheit unterwerfen oder sogar eliminieren könnte, haben auch hier (vielleicht zu spät) politische Diskussionen zur Unterbindung potentieller Fortschritte eingesetzt, deren je nächster der sprichwörtliche «Schritt zu viel» sein könnte.

Pessimistische Tönung

Am deutlichsten hörbar freilich, vor allem in bezug auf die Konsequenzen (unsere zweite Frage), ist die derzeit durchaus «politische» Rede von einer Schwelle «in Gegenrichtung» sozusagen, von einer Schwelle, die wir schon überschritten haben könnten – ohne dass die Möglichkeit einer Umkehr zurück zum Erhalten des Lebens der Menschheit auf der Erde verbleibt. Es handelt sich um jene Schwelle, die vor allem mit bedrohlichen Syndromen wie

dem «Klimawandel» verbunden wird, aber und auch mit dem abstrakteren Konzept des «Anthropozäns» als der Zeitspanne zwischen den ersten schädlichen Auswirkungen menschlicher Präsenz auf die Biosphäre des Planeten und dem in nähere oder ferne Zukunft projizierten, meist als «selbstverschuldet» gedeuteten Ende dieser Präsenz. Rhetorisch wie politisch haben die Untergangsszenarien solch pessimistischer Tönung – intensiviert durch die Furcht vor den Folgen einer fahrlässigen Überschreitung anscheinend noch vor uns liegender Schwellen (wie «Alltag als Universum der Kontingenz», «Genmanipulation», «künstliche Intelligenz») – machtvolle Vorschläge und beginnende Energien zur kollektiven, ökologisch motivierten Selbsteinschränkung der Menschen mit globaler Wirkung auf den Weg gebracht. Ihr gemeinsames Ziel ist die aktive Aufhebung der von Leroi-Gourhan skizzierten Dynamik einer beschleunigenden Evolution in den nichtbiologischen Medien von Kultur und Technologie – mit dem Letztziel einer langfristigen, wenn nicht unbegrenzten Erhaltung menschlichen Lebens auf dem Planeten.

Abschied in Würde?

Wie steht es aus kosmologischer Perspektive um die Chancen und um den Status dieser Selbstrettungsstrategie der Menschheit? Obwohl sie nur die menschengetragene Dimension der Evolution anvisiert, wird der Drang nach kollektiver Selbsterhaltung generell als alternativenlos und mithin als «natürlich» erlebt. Dagegen liesse sich zunächst einwenden, dass nach aller Wahrscheinlichkeit keine andere biologische Gattung auf unserem Planeten je eine Vorstellung von ihrer eigenen Zukunft gehabt hat. Mit anderen Worten: die unbegrenzte Erhaltung der Menschheit ist ein durchaus anthropozentrisches Ziel ohne denkbare ökologische Rechtfertigung. Unter dieser Voraussetzung aber taucht die kaum je diskutierte Frage auf, wie einschneidend die zum langfristigen Erhalt der Menschheit notwendigen Einschränkungen denn wären – und ob wir (die gegenwärtigen und die anstehenden Generationen) tatsächlich bereit sind, einen wohl grundsätzlichen existentiellen Verzicht zugunsten von Menschen einer entfernten Zukunft hinzunehmen. Dies einmal ganz abgesehen von der nicht aufzuhebenden Ungewissheit hinsichtlich des Erfolgs solcher Opfer.

Kosmologisch gesehen erscheint das Ende der Menschheit jedenfalls als der anzunehmende Normalfall, woraus – ganz im Gegensatz zur Alternativenlosigkeit der maximalen Selbsterhaltung – als Alternative die Frage hervorgeht, ob sich die Menschheit auf einen Abschied in Würde vom Planeten einstellen könnte. Wenn immer ich freilich in den vergangenen Jahren diesen Gedanken formuliert habe, bin ich auf Lachen gestossen, ausgelöst offenbar von dem Missverständnis, er sei das Ergebnis eines ironischen Impulses. Mich hat diese Reaktion eher an Passagen bei Nietzsche erinnert, wo Zarathustra vom Lachen – und vom Tanzen – als Symptomen der Schwelle zwischen dem Menschen und dem Übermenschen spricht: «Wie vieles ist noch möglich! Lernt über euch selber lachen, wie man lachen muss!» Anders

gesagt: Könnten wir, ohne es bisher geahnt zu haben, an einer Schwelle zum Übermenschen stehen?

Natürlich kann es nicht im Ernst um die Vermessenheit gehen, einen eigenen Gedanken – als Symptom – in der Nachbarschaft des Begriffs vom «Übermenschen» zu platzieren. Für relevant halte ich an dieser Stelle der Reflexion jedoch die Konvergenz zwischen dem Übermenschen und dem Motiv von der «ewigen Wiederkunft», das Nietzsche ja aus den kosmologischen Überlegungen seiner Zeit übernommen hatte und philosophisch weiterentwickelte. Zur Zeitlichkeit der ewigen Wiederkunft sollen Phasen des Untergangs gehören, und für die Weiterführung dieser Einsicht in die Einsicht von der Möglichkeit oder gar der Unvermeidlichkeit eines Endes der Menschheit als Erfüllung des Übermenschen gibt es Text-Evidenz: «Zarathustra aber fragt als der Einzige und Erste: Wie wird der Mensch *überwunden*? Der Übermensch liegt mir am Herzen, *der* ist mein Erstes und Einziges –, und *nicht* der Mensch: nicht der Nächste, nicht der Ärmste, nicht der Leidenste, nicht der Beste – oh meine Brüder, was ich lieben kann am Menschen, das ist, dass er ein Übergang ist und ein Untergang.» Hier erscheint der Übermensch als derjenige, der – im Kontext der ewigen Wiederkunft – um das Verschwinden der Menschen weiss. Offen bleibt, ob der Untergang auch den Übermenschen betreffen wird, der um ihn weiss. Wenige Sätze weiter stösst man auf eine Intuition, welche dies naheulegen scheint. Sie führt den Gedanken von der Einsicht in den Untergang des Menschen als Teil der ewigen Wiederkunft weiter zu der Vorstellung darüber, wie sich ein Abschied der Menschen vom Planeten Erde «in Würde» vollziehen könnte: «Herz hat, wer Furcht kennt, aber Furcht *zwingt*, wer den Abgrund sieht, aber mit *Stolz*.»

Friedrich Nietzsche gehört zu jenen Philosophen, deren Texte ihre – auch entfernten – Leser zu eigenen Gedanken ermutigen, statt ihnen die Übernahme nahtloser Argumente aufzuerlegen. Welche Begriffe und Bilder ihm unsere Gegenwart als eine Zeit vielfältig dramatischer Schwellen abverlangt hätte, werden wir nie wissen. Doch seine Gedanken können Gespräche über diese Gegenwart eröffnen, für die ein Abschied der Menschen vom Planeten zur Bejahung des Lebens im kosmologischen Sinn wird. Gerade weil die Evolution der Menschen, wie André Leroi-Gourhan bemerkte, von der biologischen Dynamik abgewichen war und sie durch Kultur und Technologie ersetzt hatte, sind wir grundsätzlich fähig und frei, das Ende des Über-Lebens als Bejahung des biologischen Lebens zu sehen und zu wählen. ◀

Hans Ulrich Gumbrecht

ist der Albert-Guérard-Professor emeritus in Literatur an der Stanford University. Daneben ist er ständiger Gastprofessor an der Universidade de Lisboa sowie Presidential Professor an der Hebrew University in Jerusalem. Zuletzt von ihm erschienen: «Prosa der Welt: Denis Diderot und die Peripherie der Aufklärung» (Suhrkamp, 2020).

Eine spannende Gehhilfe

Der Myosuit hilft Personen mit Muskelschwäche beim Gehen. Auch mir? Ein Selbstversuch.

von *Lukas Leuzinger*

Ein Ruck geht durch meinen Körper, als der Myosuit startet. Ich spüre die Spannung der Seile, die vom Motor auf meinem Rücken zu den Manschetten um meine Knie führen. Vorsichtig mache ich einige Schritte, während derer das Gerät meine Bewegungsabläufe aufzeichnet und sich darauf einstellt. Dann setzt die technische Hilfe ein: Mache ich einen Schritt mit dem linken Bein, spannt das Seil an meinem rechten Bein und stabilisiert es dadurch. Diese Prozedur wiederholt sich beim nächsten Schritt seitenverkehrt.

Was für mich eine eigenartige Erfahrung ist, bringt anderen Menschen eine bedeutende Verbesserung der Lebensqualität. Wer eine schwache Beinmuskulatur hat, etwa aufgrund von multipler Sklerose, hat oft Mühe, gewisse Bewegungen auszuführen. Diese Menschen unterstützt der Myosuit beim Gehen und hilft ihnen, ihre Muskeln zu trainieren. Der Anzug funktioniert über Sensoren an den Beinen, die erkennen, welche Bewegung der Träger gerade macht. Er unterstützt dann diese Bewegung mittels der Seile. Mechanische Hilfen in Form von Bändern erleichtern das Anheben der Füsse und der Knie.

Die Abwärtsspirale durchbrechen

Begonnen hat die Geschichte des Myosuit an der ETH Zürich, wo Jaime Duarte und Kai Schmidt im Labor von Robotikprofessor Robert Riener die ersten Prototypen entwickelten. «Es gibt zwar Exoskelette, dank denen Querschnittsgelähmte wieder gehen können, aber kaum Hilfsmittel für Leute, die weniger stark eingeschränkt sind in ihrer Bewegungsfähigkeit», sagt Duarte im Gespräch. Es gehe bei diesen Personen nicht zuletzt darum, die Abwärtsspirale mit Erfolgserlebnissen zu durchbrechen. Solche ermögliche ihr Gerät.

Schmidt und er glaubten an das Potenzial der Technologie und gründeten 2017 das ETH-Spin-off MyoSwiss, dessen CEO Duarte wurde. Das Zürcher Unternehmen beschäftigt heute etwa 15 Mitarbeitende und hat 20 Exemplare des Myosuit verkauft – den grössten Teil an Physiotherapeuten, einige aber auch an Privatpersonen. Noch immer bestehen enge Verbindungen zur ETH, wo etwa die Wirksamkeit des Myosuit untersucht wird. Dies ist auch wichtig, um Krankenkassen oder IV-Stellen vom Apparat

zu überzeugen. Deren finanzielle Unterstützung ist zentral, damit der Myosuit bei einem Preis von knapp 7000 Franken eine grössere Nachfrage erreichen kann.

Die Reaktionen der Patienten seien mehrheitlich positiv, sagt Verkaufsleiterin Carmen Wyss. «Manche brechen in Tränen aus, wenn sie wieder eine Bewegung ausführen können, zu der sie jahrelang nicht mehr in der Lage waren.» Bislang dient der Myosuit vor allem therapeutischen Zwecken, wie Wyss erklärt. Das langfristige Ziel ist aber, dass er im Alltag eingesetzt werden kann. Dazu sind jedoch noch einige Hürden zu überwinden. Eine davon ist, dass die Einstellungen des Geräts manuell geändert werden müssen, wenn man beispielsweise eine Treppe hinauf- oder hinuntergehen will. Das soll sich mit einem der nächsten Softwareupdates ändern. Auch die Batterielaufzeit von drei bis vier Stunden beeinträchtigt die Alltagstauglichkeit, auch wenn zwei Batterien mitgeliefert werden.

Einsatz beim Wandern

Jaime Duarte denkt bereits weiter. Dereinst könnte der Myosuit auch für Personen ohne Beeinträchtigungen interessant sein. Etwa bei einer längeren Wanderung, bei der die nötige Fitness fehlt. Versuche haben bereits gezeigt, dass Personen ohne Beeinträchtigungen mit dem Myosuit die gleiche Leistung, etwa Treppensteigen, mit deutlich geringerem Energieaufwand bewältigen. Duarte zieht den Vergleich zum E-Bike: «Vor einigen Jahren waren E-Bikes für die meisten Leute zu kompliziert und unpraktisch. Jetzt verbreiten sie sich rasend schnell.»

Momentan haben Duarte und sein Team mit dem Fokus auf Personen mit Beeinträchtigungen aber genug zu tun. Die Devise lautet: Ein Schritt nach dem anderen. Als er im firmeneigenen Trainingszentrum einer Patientin begegnet, die dort gerade ihre Physiotherapie absolviert, bedankt sie sich strahlend bei ihm für seine Arbeit. Und widmet sich dann mit langsamen Schritten der nächsten Übung. ◀

Lukas Leuzinger

ist stv. Chefredaktor dieser Zeitschrift.

Cyborg? Ja, bitte!

Auch die modernste Prothese kann einen menschlichen Körperteil nur teilweise ersetzen. Dennoch sind solche Prothesen für Direktbetroffene eine hochwillkommene Unterstützung.

von Jannik Belser

Der grosse Zeh aus Holz geschmeidig gehobelt und geschliffen, die Konstruktion sorgfältig mit Leder und Leinenfäden am menschlichen Fuss befestigt: So sieht sie aus, die wahrscheinlich älteste Prothese der Welt. Archäologen haben im Jahr 2000 einen künstlichen Zeh an der Mumie einer ägyptischen Priestertochter entdeckt und ihr Alter auf knapp 3000 Jahre geschätzt. Ein internationales Forscherteam bildete die Prothese im Anschluss originalgetreu nach. Das Ergebnis ist erstaunlich: Die älteste Prothese der Welt funktioniert einwandfrei und wird von Testpersonen als «besonders bequem» beschrieben.

Moderne Prothesen hingegen bieten sogar mehr als Tragkomfort: Mit eingebauten Motoren und Elektroden reagieren sie auf die Muskelimpulse des Trägers und imitieren die Bewegungsmuster eines menschlichen Körperteils. Für Prothesenträger ist die Erweiterung des eigenen Körpers durch eine Maschine weder unheimlich noch furchterregend: Sie ist eine willkommene Alltagserleichterung.

Die Ästhetik der Prothese

Aimee Mullins liebt und führt ein vielseitiges Leben: Als 21-Jährige erprobte sie sich an Olympischen Spielen im 100-Meter-Lauf und im Weitsprung. Mit 23 eröffnete sie als Model auf dem Laufsteg eine Modeschau von Stardesigner Alexander McQueen. Mit 26 lancierte sie ihre Laufbahn als Schauspielerin: Man kennt die Amerikanerin zum Beispiel als Terry Ives aus der bekannten Netflix-Serie «Stranger Things». Noch häufiger als ihren Beruf wechselt Mullins aber ihre Beine: Die heute 45-Jährige wurde mit einer Fehlbildung der Wadenbeine geboren, im Alter von einem Jahr wurden die Unterschenkel bis zu den Knien amputiert – sie läuft seit ihrer frühen Kindheit beidseitig auf Prothesen.

In ihrem Kleiderschrank stehen unterschiedliche Prothesenpaare: Für ein möglichst menschliches Aussehen zum Beispiel wählt sie Silikonprothesen, auf längeren Spaziergängen läuft sie auf Kohlenstofffaserprothesen, die dank Abfederung eine schonende Wirkung auf die Hüftgelenke haben. Auch hier zeigt Mullins sich experimentierfreudig: Während ihrer Modelkarriere präsentierte sie sich auf hölzernen, mit Ornamenten verzierten Prothesen, bei renommierten Forschern stellt sie sich als Testper-

son für neueste Kunststoffprothesen zur Verfügung. Mullins regt zum Nachdenken an: «Wieso gilt eine gemachte Nase als Schönheitsideal, während die Prothese häufig noch immer kritisch gemustert wird? Wer bestimmt, was als schön gilt?»

Mullins sieht sich als Versuchskaninchen einer neuen Generation, in welcher Menschen dank den Möglichkeiten der Technologie ihren Körper selber designen: «Jeden Morgen wählen wir unsere Kleider und stylen unsere Haare so, wie es uns gefällt. Wo liegt das Problem, wenn wir das auch mit unseren Beinen machen? Menschen werden bald ihren eigenen Körper auf das persönliche Optimum ausrichten können. Für manche wird das Ideal der menschliche Körper bleiben – für andere wird es darüber hinausgehen.» Sie hat grosse Hoffnungen auf den technologischen Fortschritt: «Ich hätte wahrscheinlich nie die Möglichkeit gehabt, eine professionelle Balletttänzerin zu werden. Aber wer weiss schon, ob das in 50 Jahren nicht trotz einer körperlichen Behinderung möglich sein könnte?» Das Wichtigste sei jedoch, dass man sich im eigenen Körper wohlfühle: «Wenn jemand eine Prothese nicht als Teil seines Körpers akzeptiert, wird er sie auch nicht tragen», meint Mullins.

Superheld mit Handprothese

Michel Fornasier ist 42 Jahre alt und kam ohne rechte Hand zur Welt – er brauchte lange, bis er sich mit seinem Schicksal abfinden konnte. «Mit 7 Jahren erhielt ich zum ersten Mal eine Patschhand aus Silikon – der Besuch beim Orthopäden war ziemlich traumatisierend: Wie in einem Horrorfilm stapelten sich dort im Schrank Beine und Hände», erzählt er mir. Mit den rudimentären Handprothesen wurde Fornasier nie warm – erst vor fünf Jahren fand er mit der bionischen Handprothese des schwedischen Herstellers Össur endlich ein Modell, das ihn auch ästhetisch anspricht. Dessen Funktionsweise überzeugt: Mit dem Smartphone wählt man aus insgesamt 25 Bewegungsmustern aus, touchiert mit den Muskeln im Unterarm die Felder von zwei Elektroden und gibt so den Befehl zur Ausführung. Hände schütteln, eine Wasserflasche öffnen oder im Kino Popcorn naschen – die Maschine macht es möglich. Zu einem Preis von knapp 55 000 Euro gewinnt ein Träger ungefähr 15 Prozent der Mobilität einer menschlichen

Hand zurück. Eine Ernüchterung? Fornasier trainierte vier Monate lang, bis er mit seiner neuen Prothese einen Ball werfen konnte. Er kam dabei zur Einsicht, dass der menschliche Körper bis anhin unerreichbar sei: «Es hat mich extrem dankbar gemacht, eine menschliche linke Hand zu haben.»

Michel Fornasier hat die Prothese als Teil seines Körpers akzeptiert – und es sich zur Vision gemacht, dass möglichst viele Kinder es ihm gleichtun. Mit seiner Stiftung «Give Children a Hand» finanziert er ihnen eine Handprothese. In Zusammenarbeit mit SwissProsthetics und der ETH wird die Prothese mit einfacher Griff-funktion in einem 3D-Drucker hergestellt und von den Kindern eigenhändig designt – der Kreativität sind dabei keine Grenzen gesetzt. Während die Mädchen vor allem für Motive aus dem Disneyfilm «Frozen» schwärmen, eifern die Jungen ihren Comicidolen nach. Wieso also nicht gleich eine Hulk-grüne Zauberhand, die im Dunkeln sogar leuchtet? Mit dem richtigen Look wird die Prothese plötzlich zur grossen Pausenplatzattraktion.

Gemeinsam mit dem Comiczeichner David Boller hat Fornasier die Trickfigur Bionicman geschaffen – einen Superhelden mit Armprothese, der sich gegen Ungerechtigkeiten und Mobbing einsetzt. Regelmässig schlüpft Fornasier selber in ein Bionicman-Kostüm, besucht Schulen oder Kindergärten und vermittelt den Kindern, dass ihre persönlichen Eigenheiten keine Schwäche, sondern eine Stärke sind. Als WarnerBrothers im vergangenen Jahr die Rechte an Bionicman erwerben und aus dem Superhelden eine Actionfigur machen wollte, lehnten Fornasier und Boller ab; es war nie ihre Absicht, dass die Figur à la Batman auf Rachestreifzügen durch die Strassen zieht. Doch vielleicht erlebt Bionicman schon bald sein nächstes Abenteuer: Fornasier möchte die Trickfigur zum Serienhelden ausbauen und führt aktuell Gespräche mit Netflix.

Mensch oder Maschine?

Die Supermensen bleiben bis anhin in den Comics oder auf der Kinoleinwand: Stand heute würde wohl niemand freiwillig eine gesunde Hand für eine Roboterhand eintauschen. Zweifelsohne hat die Prothetik massive Fortschritte erzielt: Eine Prothese kann gegenwärtig dank Muskelimpulsen eine Handgelenkrotation simulieren oder eine Öffnung der Handfläche ausführen. Es ist durchaus denkbar, dass in absehbarer Zukunft weitere Bewegungsmuster dazukommen und den Unterschied von Maschine und menschlichem Körper verringern. Erste Forscher tüfteln sogar an Anwendungen, die einer Steuerung «über Gedanken» gleichkommen sollen.

Oskar Aszmann ist Professor an der Medizinischen Universität Wien und Spezialist für die Wiederherstellung von menschlichen Extremitäten. Er ist ein Pionier der Targeted Muscle Reinnervation, bei der in aufwendigen Operationen neue sensomotorische Schnittstellen zwischen Maschine und Mensch geschaffen werden. Nach einer Amputation sucht Aszmann im Stumpf die Nerven, die zuvor den Arm und die Hand gelenkt hatten, und ver-

pflanzt sie an einen Muskel im intakten Körperbereich, zum Beispiel den Bizeps oder die Brustmuskulatur. «In Folge etablieren sich in diesem Muskel dann Bewegungssignale, die eigentlich für die Hand verantwortlich sind. Durch den neuen Nerv wird er intelligenter und kann plötzlich Dinge, die er vorher nicht konnte», erklärt Aszmann. Der Patient denkt also an eine Bewegung seines Daumens – und über die muskelbedingte Steuerung der Prothese setzt sich der Daumen des Roboters dann in Bewegung. Der Informationsaustausch von Gehirn zu Maschine wird so fluider, differenzierter und effizienter.

Doch eine menschliche Hand ist viel mehr als nur ein Empfänger, der die Befehle des Gehirns gefügig wie eine Puppe ausführt. Die Verkehrsachse Hand–Gehirn ist nämlich keine Einbahnroute: Auf einer Fläche von einem Quadratzentimeter befinden sich auf jeder einzelnen unserer Fingerbeeren knapp 1 Million Mechanorezeptoren, die elektrische Signale an unser Gehirn senden. «Sie können sich so blind ein ziemlich genaues Abbild Ihrer Hosentasche machen», erzählt Aszmann: «Wir betrachten hier eine Komplexität, die eine Maschine unmöglich reproduzieren kann.» Eine umfassende Feedbackfunktion von Hand zu Gehirn bleibt auch den Trägern der modernsten Handprothese bis heute verwehrt. Erste Prothesen experimentieren mit Kompressionen oder Vibrationen im Unterarm, die dem Träger ein Indiz über das Ausmass von Druck auf der Maschinenhand liefern können. Zweifellos ist das aber nach wie vor nicht das Gleiche, wie wenn man mit dem menschlichen Zeigefinger sanft über samtweiche Watte oder die Stacheln eines Kaktus streichelt.

Oskar Aszmann glaubt, dass schon bald kerngesunden Menschen Sensoren im Körper implantiert werden, um so Herzfrequenz und Blutzuckerspiegel messen und in Echtzeit an unser Smartphone in der Hosentasche rapportieren zu können. Auch die Prothetik wird vom steigenden Innovationsdruck durch die fortschreitende Technologisierung profitieren: Es scheint realistisch, dass wir den Informationsaustausch zwischen Mensch und Maschine in den kommenden Jahren massiv verbessern werden und die kommende Prothesengeneration noch alltagstauglicher wird. Aber werden Menschen jemals freiwillig eine natürliche Hand amputieren und sie durch eine Roboterhand ersetzen? Die komplette Aufgabe des menschlichen Körpers wird nach der Meinung des Mediziners immer die skurrile Träumerei einiger Technologieoptimisten bleiben: «Diese Menschen haben die Komplexität biologischer Organismen nicht verstanden. Die Technologie kann kein Refugium für das Phänomen Mensch werden.» Die Zukunft wird also in absehbarer Zeit menschlich bleiben – zumindest aus biologischer Sicht. ◀

Jannik Belser

ist Redaktor dieser Zeitschrift.

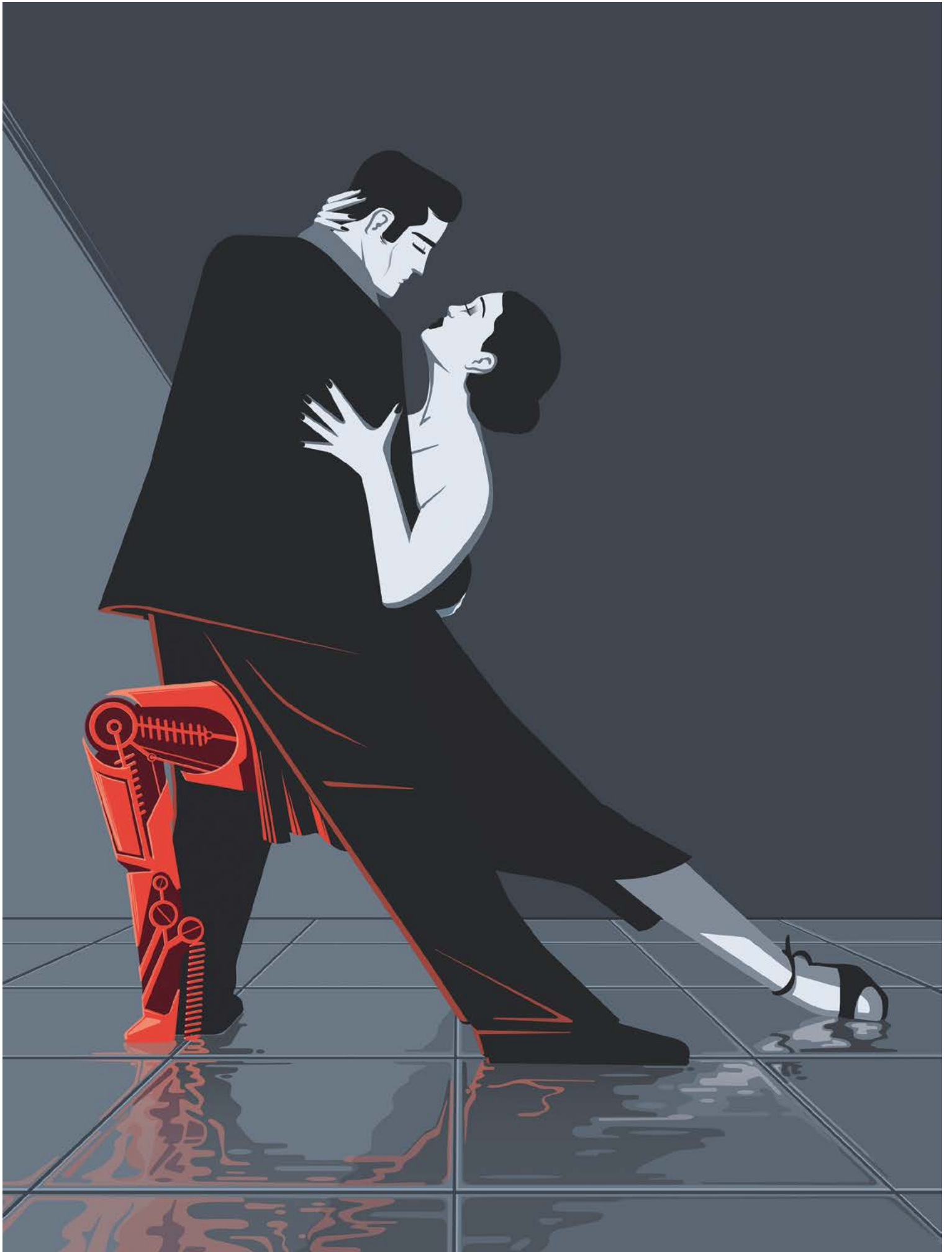


Illustration von Stephan Schmitz.

«Ich wäre gerne mal ein Raumschiff»

Legitim und richtig, dass die Menschheit mithilfe der Technologie über die Grenzen der Biologie hinauswächst. Sagt ein überzeugter Transhumanist.

Jannik Belser trifft Mike Schaffner

Ich habe gelesen, dass Sie zwei Magnete in Ihren Ringfingern haben.

Was können die?

Zum einen kann ich mit ihnen Büroklammern und Feuerzeuge heben. Zum anderen spüre ich nun elektromagnetische Felder, zum Beispiel die elektrische Spannung im Tram. Meine Magnete geben mir einen sechsten Sinn. Was für andere wie ein Spielzeug klingt, ist für mich tatsächlich eine Erweiterung der menschlichen Fähigkeiten.

Und was ist mit den beiden Mikrochips in Ihren Händen?

Die Chips sind nichts anderes als ein Gadget aus Bequemlichkeit, mit dem ich zum Beispiel eine Türe öffnen oder mein Handy entsperren kann. Ziemlich jeder kennt solche Chips von seiner Kreditkarte, das ist also nichts Neues. Der einzige Unterschied: Bei mir sitzen die Chips unter der Haut. Als ich zum ersten Mal von den Chipimplantaten für Menschen hörte, war der Fall für mich sofort klar: So einen will ich haben. Wieso auch nicht? Meine Katzen sind auch gechippt. Wo liegt da der Unterschied?

Woher kommt die Faszination?

Wieso diese Verschmelzung mit der Technik?

Superhelden mit übermenschlichen Fähigkeiten haben mich schon seit meiner Kindheit fasziniert, seit ich das erste Mal «Six Million Dollar Man» gesehen habe. Mit dem Älterwerden habe ich erkannt, dass die Technologie uns den Erwerb von übermenschlichen Fähigkeiten erlaubt. Ich wurde zu einem überzeugten Transhumanisten: zu jemandem, der die Weiterentwicklung des menschlichen Körpers für wünschenswert erachtet.

Werden wir dann bald alle zum Cyborg, wie es die transhumanistische Bewegung nahelegt?

Der medizinische Nutzen wird in absehbarer Zeit im Zentrum stehen, zum Beispiel um Prothesen durch unsere Gedanken steuern zu können. Eines kann ich aber garantieren: Die Technologie wird noch viel weiter gehen und die Grenzen der Biologie überwinden. Der Mensch fürchtet sich vor so einer Entwicklung. In unserer Gesellschaft ist ein tiefer Glaube verankert, dass das Optimum eines Menschen innerhalb des Möglichen liege. Aber ist es das

wirklich? Betrachten wir mal die menschliche Nase: Wir Menschen würden von uns selbst behaupten, einen guten Riechsinn zu haben. Doch würden wir einem Bluthund die menschliche Nase aufsetzen, dann wäre dieser eigentlich behindert, weil er seine Umwelt nicht mehr in ausreichendem Mass wahrnehmen könnte. Wieso also nicht den Rahmen des Menschlichen sprengen?

Wie würden Sie Ihr Verhältnis zur Biologie klassifizieren?

Mein Körper fühlt sich für mich an wie ein Auto: Er ist kein Teil von mir, sondern vielmehr ein Gefährt für meinen Verstand. Einmal hätte ich aufgrund einer Infektion fast meine Hand verloren. Für mich wäre das nicht wirklich schlimm gewesen, ich hätte mir einfach eine neue geholt. Ich identifiziere mich mit meinem Verstand, der ein Teil meines Gehirns ist. Der biologische Körper dient keinem anderen Zweck ausser der Erhaltung meines Gehirns. Ein Roboter könnte mit meinem Gehirn alles genau gleich machen – wenn nicht sogar besser.

Haben Sie überhaupt die Kontrolle über Ihren Chip?

Oder macht Sie die Digitalspur manipulierbar?

Über kleinere Dinge wie meine Chipimplantate habe ich die Kontrolle. Der Chip speichert keine Daten, sondern hat nur eine passive Funktionsweise: Es braucht ein unmittelbar naheliegendes Gerät, um ihn auszuwerten. Niemand kann mich aufgrund von meinem Chip kontrollieren.

Wie sieht es mit anderen Anwendungen der Technologie aus?

Mit einem Gehirnimplantat zum Beispiel?

Natürlich ist es verlockend, dass man über das Implantat neues Wissen ganz bequem herunterladen und zum Beispiel auf Knopfdruck Französisch sprechen kann. Doch die Idee von einem Gehirnimplantat birgt auch grosse Gefahren: Es könnte zu einer Massenmanipulation führen, indem falsches Wissen durch den Hersteller oder einen Hacker eingespielt wird. Reale Erinnerungen könnten zum Beispiel manipuliert werden, um dort, in der persönlichen Vorstellung der Vergangenheit, eine Werbung zu platzieren. Was vorher eine Cola war, ist plötzlich ein Mineralwasser. Wem vertraue ich genug, um so etwas in mein Gehirn ein-



«Einmal hätte ich aufgrund einer Infektion fast meine Hand verloren. Für mich wäre das nicht wirklich schlimm gewesen, ich hätte mir einfach eine neue geholt.»

Mike Schaffner



Mike Schaffner, fotografiert von Stefan Schmidlin.

bauen zu lassen? Einer Privatfirma, die irgendein Marktinteresse hat? Einer Regierung? Ich persönlich vertraue nur mir selbst, wenn es darum geht, was sich in meinem Gehirn abspielt. Eine Option wäre vielleicht eine Open-Source-Lösung, bei der die Masse die Kontrolle hat. Leider sehe ich allerdings zu wenig technische Fachkompetenz in unserer Gesellschaft, dass so etwas realisierbar wäre.

Und was passiert, wenn der Mensch sich komplett vom biologischen Körper verabschiedet, seinen Verstand auf einen Computer kopiert und vollständig zur Maschine wird?

Sobald «Mind Uploading» möglich ist, reden wir von Posthumanismus. Ich bin dann per se kein Mensch mehr, da ich die rein biologischen Anforderungen dafür nicht mehr erfüllen kann. Für mich persönlich ist das nicht unbedingt etwas Schlechtes! Der endgültige Wechsel zur Maschine würde meinem Verstand und Bewusstsein einen grösseren Spielraum ermöglichen.

Wann wird dieses «Mind Uploading» möglich sein?

Das ist schwer vorherzusagen. Fakt ist: Es wird kommen. Irgendwann wird «Mind Uploading» technologisch möglich sein, das ist lediglich eine Frage der Zeit.

Wie könnte unsere Zukunft denn aussehen?

Genau damit haben sich Science-Fiction-Autoren befasst: Sie beschreiben eine mögliche Zukunft der Menschheit mit der Technologie. Fast alle Sci-Fi-Geschichten beinhalten eine dystopische Vorstellung einer Zweiklassengesellschaft. Ist das, weil man in Utopien keine spannenden Geschichten schreiben kann? Oder ist es schlicht unmöglich, dass man sich unter den heutigen Umständen überhaupt eine gute Zukunft vorstellen kann? Eine Ausnahme gibt es: «Star Trek» hat eine Utopie geschaffen, bei der die Menschheit als Gesellschaft weiterhin funktioniert. Der einzige Weg, wie die Schriftsteller das glaubwürdig vermitteln konnten? Sie haben das Geldwesen abgeschafft. Wir müssen das unbedingt mitbedenken: Die einzige positive Zukunft, die man sich für uns vorstellen konnte, ist die Abschaffung des gegenwärtigen Systems. Im Status quo scheint es unvorstellbar, dass wir auf eine gute Zukunft zulaufen.

Kleines Gedankenexperiment: Angenommen, wir laufen auf die Zweiklassengesellschaft zu. Gewisse Leute sind durch die Fähigkeiten der Maschine kräftiger und stärker geworden als ihre Mitmenschen. Was würden Sie tun?

Es wäre völlig blöd, nicht mitzuziehen. Ich manövriere mich nicht absichtlich in die untere Klasse. Es ist reiner Überlebensinstinkt, dann die richtige Entscheidung zu treffen. Ich bin mir ganz sicher: Wenn wir nicht die richtigen Lösungen für unsere Gesellschaft finden, wird es garantiert zu einem solchen Dilemma kommen. Wie verhindern wir, dass eine kleine Minderheit gottähnliche Fähigkeiten entwickelt und von ihrer Übermacht profitiert? Um

ein mögliches Ungleichgewicht in einem posthumanen Zeitalter zu verhindern, müssen wir heute schon handeln. Wir müssen als Gesellschaft präventiv denken und so rasch wie möglich die Weichen für die Zukunft stellen. Klar, wir könnten dabei Entscheidungen treffen, die unsere Zukunft verbocken. Aber jede Weiche ist besser, als tatenlos auf die Katastrophe hinzusegeln.

Wie sehen Sie Ihre eigene Zukunft? Welche Gadgets möchten Sie unbedingt in Ihrem Körper haben?

In absehbarer Zukunft freue ich mich auf Linsenimplantate, die mir eine dreifach perfekte menschliche Sicht ermöglichen würden. Ein Patent und die Technik dazu existieren bereits, leider fehlt den Entwicklern noch das Geld bei der Finanzierung der Clinical Trials für die Massenadaption. Darüber hinaus hoffe ich, dass die Menschheit bald schon über die ungenutzten Möglichkeiten im Bereich der Biologie sprechen wird: CRISPR-Verfahren, Genveränderungen, Brain Hacking oder IQ-Enhancement. In der Optimierung der menschlichen Biologie bietet sich unglaubliches Potenzial: Rein biologisch ist mein Gehirn zwar nicht weit entfernt von jenem von Albert Einstein, doch irgendetwas scheint bei ihm biochemisch anders zu funktionieren. Ich hoffe sehr, dass wir dieses Geheimnis bald lüften können.

Und wie lautet Ihre Vision für ein posthumanes Zeitalter?

«Mind Uploading» ist mein grosser Traum. Das würde mir ermöglichen, meinen Verstand in einen beliebigen Körper hineinzusetzen, den ich situativ gerade als angemessen empfinde. Ich wäre zum Beispiel unheimlich gerne mal ein Raumschiff. «Mind Uploading» würde mir erlauben, neue Welten zu schaffen: Sobald mein Verstand digital ist, kann ich in jede Welt quasi real eintauchen und mich darin bewegen. In meiner Jugend habe ich dieses Gefühl schon sehr ähnlich mit Computerspielen erlebt, ich konnte in eine fremde Welt versinken – das hat mich schon immer fasziniert. Mit «Mind Uploading» wäre auch das Problem der Sterblichkeit beseitigt: Wir könnten den Verstand von Verstorbenen kopieren und in einem Roboterkörper auf unserer Erde weiterbewegen lassen. Wenn wir nicht mehr an die Biologie gebunden sind, dann verliert auch die Zeit ihre Relevanz. Vielleicht würde das der Menschheit helfen, die globalen Probleme hinter uns zu lassen und mit den Möglichkeiten der Technologie neue Universen und Planeten zu erkunden. <

Mike Schaffner

ist Transhumanist und lebt in Basel.

Jannik Belser

ist Redaktor dieser Zeitschrift.

Wer hat Angst vor der Zukunft?

Human-Enhancement-Technologien können unser Leben gesünder, glücklicher und schöner machen. Wenn wir uns nur richtig darauf einstellen.

von James Hughes

Vor mehr als 100 Jahren entwickelte die Menschheit Impfungen gegen Typhus und Cholera. Die Infektionskrankheiten waren zu dieser Zeit ein häufiger Grund für den Tod eines Menschen; erst als ihre Letalität in Vergessenheit geriet, konnte breite Kritik gegen die Impfung aufkommen. Die Impfgegner haben in einem Punkt recht: Impfstoffe sind eine unnatürliche Verstärkung des menschlichen Immunsystems; Impfen ist Human Enhancement. In den kommenden Jahrzehnten wird die Forschung neue Formen davon offenlegen. Wie wir heute über einen sicheren Gebrauch von Impfstoffen diskutieren, werden wir uns in absehbarer Zukunft auch mit moderneren Technologien beschäftigen.

Zwischen Therapie und Enhancement

Human-Enhancement-Technologien ermöglichen es normalen Menschen, Dinge zu tun, die über die menschlichen Fähigkeiten hinausgehen. Human Enhancement macht uns gesünder, langlebiger, glücklicher und leistungsfähiger. Eigentlich ist das auch gar keine Zukunftsmusik: Es war schon immer das Ziel der Medizin, die Grenzen des menschlichen Körpers zu überschreiten. Eine klare Trennlinie zwischen einer «Therapie» und einem «Enhancement» gibt es nicht: Stimulanzien gegen ADHS oder Medikamente zur Vorbeugung von Diabetes beweisen, dass sich die moderne Medizin schon heute mit einem Graubereich beschäftigt, der viel mehr als nur die Heilung von Krankheiten verspricht.

Wie viel Enhancement steckt schon im Menschen? Prothesen für verlorene Gliedmassen gibt es seit Jahrtausenden. Doch trotz enormer Verbesserungen ersetzen auch die modernsten Prothesen noch nicht die volle Funktionsweise des menschlichen Körpers. Hörgeräte hören nicht so gut wie das organische Gehör, und künstliche Netzhäute sehen nicht so scharf wie ein menschliches Auge. Im kommenden Jahrzehnt wird es jedoch Exoskelette geben, die einem Menschen mehr Kraft, Beweglichkeit und Ausdauer bieten können. Hörgeräte werden es den Benutzern ermöglichen, Töne aus dem Unter- und Überschall wahrzunehmen. Und mit künstlichen Netzhäuten können Menschen schon bald ein Erlebnis wie mit einer Videokamera aufzeichnen und zu einem späteren Zeitpunkt von Neuem erleben.

Solange es sich bei einer Prothese um einen Ersatz für verlorene Fähigkeiten handelt, haben nur wenige Menschen etwas dagegen einzuwenden. Doch sobald es darum geht, dass gesunde und fähige Menschen durch eine Technologie biologische Hemmnisse überwinden, schrecken viele empört auf. Ein gutes Beispiel hierfür ist die Skepsis gegen die Vorstellung einer Zukunft in ewiger Jugend: Nur in wenigen Ländern sind die medizinischen Behörden bereit, Versuche mit Therapien zur Verlangsamung des Alterns am Menschen zu beaufsichtigen. Das Zögern der einen ist das grosse Glück der anderen: Die kolumbianischen Behörden ermöglichten der US-Firma Libella mit rascher Lizenzvergabe eine Studie für eine Anti-Aging-Gentherapie – für Patienten, die bereit sind, eine Million US-Dollar zu zahlen. Der Fall Libella zeigt, wie gefährlich es ist, wenn nationale Aufsichtsbehörden sich Neuem verschliessen: Mittels Medizintourismus werden Therapien erhältlich sein, wenn auch nur zu fragwürdigen Preisen. Und so zu einem Privileg für Wohlhabende werden.

Auf dem Weg zu den reichen Übermenschen

Im Dezember 2020 berichtete ein Team der UC San Francisco, dass der Wirkstoff ISRIB Gehirnschäden bei Mäusen schnell reparieren und die Gehirne so in einen jugendlichen Zustand zurückversetzen könne. Dieses Medikament könnte eine bahnbrechende Behandlung für traumatische Hirnverletzungen, das Down-Syndrom, Hörverlust und andere neurologische Schäden sein. Die ersten klinischen Studien werden wahrscheinlich mit Patienten durchgeführt, die bereits unter diesen Beschwerden leiden. Doch ISRIB könnte auch «normale», altersbedingte Verschlechterungen des Gedächtnisses und der Kognition umkehren und vermeintlich gesunden Rentnern eine schönere Pension ermöglichen. Welche Senioren sollen also nun in den Genuss einer Gehirnverjüngung kommen?

Die schnelle Verbreitung der CRISPR-Geneditierungsmethode wirft schwierige Fragen rund um die Rechte von Eltern auf: Sind Gentherapien, die genetische Probleme unserer Kinder beheben, akzeptabler als Genediting, um Kinder übermenschlich klug, glücklich, gesund oder stark zu machen? Der chinesische Wissenschaftler He Jiankui hat im November 2018 zugegeben, dass er zwei Embryonen HIV-Resistenzgene hinzugefügt habe.

«Wenn Sie einen Unfall haben, könnten Ihre Implantate und Wearables Ihren Gesundheitszustand stabilisieren, während Sie auf die Unterstützung der Rettungskräfte warten.»

James Hughes

Die beiden Zwillingmädchen kamen kerngesund zur Welt. Im Anschluss wurde He Jiankui für sein voreiliges Experimentieren bestraft und zu drei Jahren Gefängnis verurteilt. Aber sollten wir nicht irgendwann mit gutem Gewissen in der Lage sein, unsere eigenen Eizellen, Spermien oder Embryonen so zu verändern, dass sie keine Neigungen zu Depressionen, Fettleibigkeit oder chronischen Krankheiten weitergeben?

Seit Jahrzehnten verbinden Forscher menschliche Gehirne mit Computerchips: Zehntausende von Patienten verfügen heute über «Tiefenhirnstimulatoren», um Epilepsie, Zittern und Depressionen kurzzuschliessen. Elon Musk verspricht, dass sein neuer Neuralink-Chip in der Lage sein werde, Demenz, Depression, Blindheit und Rückenmarksverletzungen zu behandeln. Musks Vision ist, so kleine, sichere und leistungsfähige Chips herzustellen, dass wir sie alle haben wollen und unsere Gehirne freiwillig mit Computern verbinden. Auch hier stossen wir wieder auf eine zweigeteilte öffentliche Meinung: Während nur wenige etwas dagegen haben, dass Schwerstbehinderte Zugang zu einem solchen Chip haben, fürchten sich fast alle vor einer drohenden Zweiklassengesellschaft, sobald die Chips auch für Gesunde zugänglich werden. Sie befürchten, dass die Reichen Gehirchips, intelligente Medikamente oder Gentherapien nutzen könnten, um sich und ihre Kinder zu Übermenschen zu machen.

Bereits heute leben wir in einer ungleichen Welt. Die Coronapandemie hat gezeigt, dass die Armen stärker von Krankheiten bedroht sind und weniger Zugang zu fortschrittlichen Therapien haben. Das muss nicht so sein. Eine gleichere Zukunft ist möglich – es ist nur eine Frage des politischen Willens. Und es gibt in der Tat überzeugende Argumente, die für eine Gesellschaft sprechen, die allen Mitgliedern einen Zugang zu sicheren Enhancementstechnologien bietet.

Eine gesündere Welt für alle

Stellen Sie sich vor, wie wir auf eine künftige Pandemie reagieren könnten, wenn wir zuvor breitflächig neue Technologien zur Verbesserung der Gesundheit in den Umlauf gebracht haben. Von jedem Bürger geht dann ein geringeres Krankheitsrisiko aus, weil er gesünder ist und sein Immunsystem von einer besseren Ernährung, von Medikamenten und Gentherapien auf Hochtouren gehalten wird. Ein jeder verfügt über implantierte Sensoren und ein tragbares Gerät zur Überwachung von neu auftretenden Krankheiten. Wie bei Computerviren können die öffentlichen Gesundheitsbehörden Daten global austauschen und kleineren medizinischen Einheiten zurückmelden, welche Impfstoffe sie herstellen müssen. Eine solche Infrastruktur würde potentielle Pandemien und bioterroristische Anschläge stoppen, bevor sie überhaupt ausbrechen. Zugleich gewinnt die Menschheit die Überhand über andere Bedrohungen wie Krebs und kann diese gezielt überwachen und behandeln.

Wenn Sie einen Unfall haben, könnten Ihre Implantate und Wearables Ihren Gesundheitszustand stabilisieren, während Sie auf die Unterstützung der Rettungskräfte warten. Vielleicht verfügen Sie über künstliche rote Blutkörperchen, die Reserve-sauerstoff mit sich führen und Ihnen so bei einem Schlaganfall oder Herzinfarkt einen Zeitraum von einigen Stunden ermöglichen, um medizinische Hilfe zu konsultieren. Ich gebe zu: Bis dorthin ist es noch ein langer Weg. Der Aufbau einer derart invasiven Infrastruktur erfordert, dass wir uns mit den berechtigten Bedenken auseinandersetzen: Wie stellen wir sicher, dass unsere Privatsphäre respektiert wird? Dass das System nicht gehackt werden kann und dass die erstellten Diagnosen sicher und effektiv sind? Wenn es uns gelingt, ein breitflächiges Vertrauen in diese Technologien aufzubauen, dann werden die Argumente dafür, die Technologie für jeden zugänglich zu machen, überwältigend sein.

Moderne Enhancementstechnologien versprechen atemberaubende Optimierungen der menschlichen Leistungsfähigkeit; und sie sind Auslöser berechtigter Bedenken hinsichtlich Sicherheit und sozialer Gerechtigkeit. Unsere nationalen Aufsichtsbehörden müssen damit beginnen, Grundlagenforschung zu Anti-Aging- und kognitionsfördernden Therapien zu finanzieren und klinische Studien an Menschen zu genehmigen. Wir müssen über eine sichere Anwendung dieser neuen Methoden für den Allgemeingebrauch diskutieren und sicherstellen, dass sie für jeden verfügbar sind, der sie haben möchte. Hoffentlich kann dieses schreckliche Jahr 2020 unseren Fokus darauf lenken, wie wir mit neuen Technologien eine gesündere Welt für alle aufbauen können. ◀

Aus dem Englischen übersetzt von Jannik Belser.

James Hughes

ist ein US-amerikanischer Soziologe und Bioethiker. Er ist Geschäftsführer beim Institute for Ethics and Emerging Technologies.



Illustration von Stephan Schmitz.

Was Schweizer

INNOVATIONEN AUS LAUSANNE
UND DEM SCHLIEREMER VALLEY

INSPHERO

Menschliche Organe simulieren

Wie kann man prüfen, ob ein neues Medikament die erwünschte Wirkung hat und keinen Schaden anrichtet, bevor man es an Menschen testet? Eine Möglichkeit sind Tierversuche. Diese Lösung ist jedoch nicht nur aus ethischen Gründen suboptimal. Tiere sind keine Menschen, und gerade die komplexen modernen Medikamente wirken bei Tieren oft anders als bei Menschen.

Eine Alternative bietet **Insphero**. Das Unternehmen mit Hauptsitz in Schlieren setzt menschliche Zellen für die sogenannte vorklinische Forschung ein. Dabei bietet sie Pharmafirmen nicht nur einzelne Zellen an, sondern Gewebe in Miniaturform. Sie stellt Krankheitsmodelle her, etwa eine «Minileber», an der eine Fettleberentzündung infolge von kalorienreicher Ernährung simuliert wird. Gerade bei dieser Krankheit scheiterten viele Wirkstoffe in der klinischen Phase, also bei Studien mit betroffenen Personen, sagt Frank Junker, Chief Business Officer bei Insphero. Angesichts des immensen Aufwands für solche grossangelegten Studien spricht er von Verschwendung. Durch ihr Modell, das einer kranken Leber möglichst nahekommt, will die Firma mit ihren 60 Mitarbeitern helfen, die Erfolgsquote zu verbessern. Ähnliche Modelle entwickelt Insphero für die Pankreas; mit ihnen kann eine Diabeteserkrankung simuliert werden. Noch einen Schritt weiter geht die Firma, die vor 11 Jahren als ETH-Spin-off gegründet wurde, mit der sogenannten «Organ on a Chip»-Technologie. Dabei werden unterschiedliche Zellen über einen Chip verbunden und können miteinander kommunizieren. So kann ein komplexes Organsystem simuliert werden. «Unser Ziel ist es, so nah wie möglich an die realen Bedingungen des menschlichen Körpers zu kommen», erklärt Junker. (lz)

MINDMAZE

Der Superheld in uns

Schlaganfall, Parkinson, Demenz – ein Schicksalsschlag kann jeden von uns treffen. Die Rehabilitation ist meistens ein langwieriger und mühseliger Prozess, der viel Durchhalten und Geduld erfordert. Das ist kein leichtes Spiel. Oder etwa doch – und dies gar im Wortsinn?

Das Lausanner Start-up **MindMaze** erforscht, wie mit einer Kombination aus Virtual Reality, Gamification, Brain Imaging und Neurowissenschaften die Genesung um ein Vielfaches beschleunigt werden kann. Dem Gründer Tej Tadi zufolge ist die Motivation eines Patienten das Wichtigste in jeder Therapie. Die Firma will mit ihren Mitarbeitern, die sich an Standorten in über 20 Ländern befinden, fortschrittliche Therapien für jegliche neurologische Beeinträchtigungen anbieten. Diese sollen jedoch nicht nur grosse Erfolge, sondern auch Spass versprechen.

So wurde etwa die TOAP-Run-Trainingsmethode entwickelt für Patienten, die an Parkinson leiden. Dem Unternehmen zufolge haben Studien gezeigt, dass Bewegungen einen positiven Effekt auf die motorischen Fähigkeiten und die damit verbundene Lebensqualität haben. Das Besondere an dieser Methode ist, dass mittels eines 3D-Videospiels solche Bewegungen trainiert werden, ohne dass der Patient dem Druck des Gelingens ausgesetzt wird. Es soll spielerisch in den Alltag zurückgefunden werden.

Und MindMaze geht sogar noch weiter. Die Verbesserung der Leistungsfähigkeit über das Menschenmögliche hinaus soll erreicht werden: Beispielsweise in nur einem Tag zu lernen, Klavier zu spielen. Denn Superhelden seien nicht nur Erfindungen aus Comics, sagt Tej Tadi: «Sie stecken in uns. Unsere Arbeit ist der Schlüssel, um das wahre Potenzial der Menschheit vollumfänglich auszuschöpfen.» (pb)



Firmen machen

ERACAL

Abnehmen mit einem Molekül

Angesichts der rasanten Entwicklungen in den medizintechnologischen Sparten ist es nicht erstaunlich, dass der Begriff «Human Enhancement» zunächst an Prothesen, Implantate und Transplantate denken lässt. Allerdings fallen unter die Erweiterungen des menschlichen Körpers auch Eingriffe in dessen biologische Funktionsweise, so etwa wenn bestimmte Bedürfnisse, die von Organen ausgehen oder hormonell bedingt sind, reguliert bzw. sogleich unterbunden werden – und zwar im optimierenden Sinne, um ein besseres Leben zu ermöglichen.

An einem solchen Eingriff arbeitet das Zürcher Start-up **EraCal**, das u.a. auf Forschung an der UZH zurückgeht und von dieser mit einem Forschungskredit unterstützt worden ist. Das gesundheitspolitische Problem, das die Firma bekämpfen helfen möchte, ist dringlich: Adipositas ist im Verlauf des 20. Jahrhunderts zu einem millionenfachen, globalen Phänomen geworden und tritt oftmals mit fatalen Begleit- und Folgeerscheinungen auf. Nicht immer sind schlechte Ernährung und mangelnde Bewegung Ursachen für starke Übergewichtigkeit, die mittlerweile als chronische Krankheit anerkannt ist. Betroffenen boten sich bislang vorwiegend radikale Massnahmen wie die operative Verkleinerung des Magens. EraCal hingegen arbeitet seit einigen Jahren an einer psychoaktiven, appetitzügelnden Medikation. Die Firma hat einen Wirkstoff entdeckt, der bereits unter dem Namen Era-107 patentiert worden ist und zumindest bei Tierversuchen dazu führt, dass diese beachtlich an Gewicht verlieren – ohne Nebenwirkungen, durch die sich die zahllosen käuflich zu erwerbenden Präparate für den Menschen in der Regel auszeichnen. Ziel ist es, eine Tablette herzustellen, die übergewichtigen Erwachsenen verschrieben werden kann. Ende des Jahres soll Era-107 an Menschen getestet werden. Falls das verantwortliche Molekül auch bei diesen anschlagen sollte und klinische Studien besteht, könnte die Pille gegen Ende des Jahrzehnts auf den Markt kommen. (vsv)

CUTISS

Mit heiler Haut davonkommen

Das grösste Organ des Menschen ist die Haut. Dass viel Geld in ein perfektes, ebenmässiges Hautbild investiert wird, verwundert nicht – und ebenso wenig, dass die Angebote sehr breit ausfallen. Die Werbung verspricht sogar Lotionen, die Narben verschwinden lassen sollen. Doch was passiert, wenn die Haut beispielsweise nach einem Unfall oder einer Operation so grob verletzt ist, dass sich der Schaden nicht mehr durch eine einfache Crème beheben lässt? Akute, aber auch elektive Hautverletzungen sind nicht nur unschön. Jeder, der eine grössere Narbe besitzt, weiss, dass solche auch die Bewegungsfähigkeit erheblich einschränken. Mit diesem Problem befasst sich die Zürcher **Cutiss AG**, die seit über 15 Jahren Behandlungsmöglichkeiten für Hautdefekte erforscht. Mit dem Produkt *denovoSkin* sieht sich die Firma in der Lage, personalisierte und grossflächige Hauttransplantate zu generieren. Es funktioniert so: Mittels Biopsie werden dem Patienten kleine, gesunde Zellen entnommen, die dann mit einem Hydrogel zu einem dermoepidermalen Hauttransplantat zusammengefügt werden. Die Narbenbildung soll dabei so gering wie möglich ausfallen, um die benötigte Elastizität und Mobilität zu gewährleisten und die Anzahl weiterer chirurgischer Eingriffe zu reduzieren. Gründerin und CEO Daniela Marino erklärt in einem Firmenvideo, dass ihre Motivation aus den Erfahrungen mit den Patienten resultiere: «Viele haben sehr unschöne und nicht funktionale Narben. Ich will eine Lösung für dieses Problem haben.» Sie und ihr Team arbeiten hieran, unter anderem in Kooperation mit dem Universitätsspital Zürich. Aktuell befindet sich das Produkt in der Phase-2-Studie. (pb)

Altern ist heilbar

Eifrig forscht die Wissenschaft an Methoden zur Umkehrung des Alterungsprozesses – und erzielt erste bahnbrechende Fortschritte. Bis zur Massenvermarktung bleibt dennoch einiges zu tun.

von Michael Greve und Isabelle Schiffer

Ganz gleich, wie gut wir uns auch an eine ideale Ernährung und Lebensweise halten: Es gibt Grenzen für das, was sich mit «gesund leben» erreichen lässt. Der menschliche Körper hat einen Hang zur Selbstzerstörung: Unser Stoffwechsel selbst schädigt unsere Zellen, von innen und aussen. Die Nebenprodukte und Schäden häufen sich im Laufe der Zeit an, gleichzeitig lassen unsere körpereigenen Reparaturmechanismen nach, bis zu dem Punkt, an dem alles zusammenbricht, unser Körper «altert» und krank wird.

Doch die Menschheit, die bis anhin unserem Alterungsprozess völlig hilflos gegenüberstand, hat die ersten Schritte hin zu einer Ära genommen, in der das Altern unter medizinischer Kontrolle steht und altersbedingte Krankheiten der dunklen Vergangenheit angehören.

Die Zombiezellen im eigenen Körper

«Human Enhancement» besteht darin, dass wir uns den Defekten der menschlichen Biologie mit unseren wissenschaftlichen Methoden entgegenstemmen. Weltweite Spitzenforschung, zum Beispiel an der Harvard University oder auch dem Max-Planck-Institut für Biologie des Alterns in Köln, hat längst mit der Arbeit an den wissenschaftlichen Grundlagen des Alterungsprozesses begonnen. In Zukunft wird eine Vielzahl von neuen Therapien uns ermöglichen, die durch Alterung verursachten Schäden nach und nach zu korrigieren. Sie werden uns in die Lage versetzen, den Alterungsprozess zu verlangsamen, aufzuhalten oder sogar vollständig umzukehren.

Ein Beispiel für eine echt «verjüngende» Therapie wäre das Entfernen von schädlichen, sogenannten seneszenten Zellen, die sich bei jedem Menschen im Zeitablauf ansammeln. Wenn eine Zelle das Ende ihrer Lebensspanne erreicht oder irreparabel geschädigt wird, tötet sie sich normalerweise entweder selbst oder signalisiert dem Immunsystem, dass es sie entfernen soll. Leider nehmen wichtige Alarmierungs- und Reparaturmechanismen mit dem Alter ab; immer mehr senescente Zellen werden «übersehen» und nicht aufgeräumt. Die schädliche Zelle verharrt dann auf unbegrenzte Zeit im Gewebe und beginnt, ihre Umgebung mit Botenstoffen zu vergiften. Auf diese Art und Weise können senescente Zellen zum Beispiel zur Entstehung von Arthrose beitragen.

Forscher der Mayo Clinic in Rochester haben gezeigt, dass das Entfernen von seneszenten Zellen die Lebensspanne von Mäusen um bis zu 36% verlängern kann.¹ Mehr noch: Die Mäuse leben nicht nur länger, sie haben auch weniger altersbedingte Erscheinungen und auch im hohen Alter noch seidig glänzendes Fell (im Vergleich zu dem ergrauten, stumpfen Fell der Artgenossen in demselben hohen Mäusealter). Eine entscheidende Rolle spielen bei dieser Therapie bestimmte einnehmbare Substanzen, die sogenannten Senolytika. Ein Senolytikum ist in der Lage, ganz gezielt senescente Zellen zu vernichten, ohne dabei gesunde Zellen anzutasten. Hier ist die Forschung bereits relativ weit fortgeschritten: Die ersten Senolytika werden aktuell in klinischen Studien getestet, zum Beispiel im Einsatz gegen Arthrose. Das Entfernen dieser Zombiezellen ist vermutlich kein Allheilmittel gegen das Altern, könnte wohl aber bestimmte altersbedingte Krankheitserscheinungen beheben.

Besser als jede Kosmetikbehandlung

Ein anderer vielversprechender Therapieansatz basiert auf Forschungsergebnissen der Yale-Universität über Alterungsschäden durch die Vernetzung von Kollagen. Kollagen ist eines der am meisten vorkommenden Proteine im menschlichen Körper und ein wesentlicher, strukturgebender Bestandteil des Bindegewebes und der Haut. Im Alter nehmen bestimmte Vernetzungen des Kollagens zu. Diese Vernetzungen verursachen nicht nur Falten im Gesicht, sondern können auch zu einem Anstieg des Blutdrucks und möglicherweise zu einem Schlaganfall führen.

Die junge Biotech-Firma Revel Pharmaceuticals entwickelt Therapeutika, die in der Lage sind, besagte Vernetzungen zu spalten und so die Elastizität von Blutgefässen, Haut und anderen Geweben nicht nur zu erhalten, sondern sogar wiederherzustellen und die schädlichen Auswirkungen ihrer altersbedingten Versteifung zu verhindern. Das Aufbrechen von Kollagen-Vernetzungen in der Haut kann letztlich zu einer wirklichen Verjüngung der Haut führen, weit mehr als es jede kosmetische Massnahme imstande wäre. Es wird allerdings noch einige Jahre dauern, bis die Revel-Pharmaceuticals-Therapeutika auf dem Markt verfügbar sein werden.

«Altern ist nicht als Krankheit eingestuft, weswegen Zulassungen für Medikamente gegen das Altern nur zurückhaltend erteilt werden.»

Isabelle Schiffer

Wer das nicht tatenlos abwarten will, kann heute schon einiges tun, um seine gesunde Lebensspanne dank einer Fülle an medizinischer Erkenntnis wesentlich zu verlängern. Das fängt mit den vermeintlich einfachen Dingen an, wie Schlafhygiene, gesunder Ernährung und ausreichend Bewegung, und führt hin zu komplexeren Themen wie der Supplementierung von Stoffen wie Nicotinamidadenindinukleotid (kurz: NAD), einem wichtigen Faktor verschiedenster zellulärer Funktionen, unter anderem des Energiestoffwechsels. Die Forschung an Tiermodellen hat gezeigt, dass NAD-Level im Alter abnehmen. Die zusätzliche Einnahme von NAD+ kann die Konzentration im Körper wieder zurück auf jugendliches Niveau bringen und somit altersbedingten Erscheinungen vorbeugen.

Aufklärungsarbeit gefragt

Auch wenn es aus wissenschaftlicher Perspektive noch offene Fragen zum Alterungsprozess gibt, sucht die Forschung eifrig nach Antworten und konnte erste Erfolge verbuchen. Was also steht der Massenadaption konkret noch im Weg?

Altern ist nicht als Krankheit eingestuft, weswegen Zulassungen für Medikamente gegen das Altern nur zurückhaltend erteilt werden. Durch die Vermarktung eines Medikaments als Behandlung von altersbedingten Krankheiten, wie in unserem Beispiel Senolytika gegen Arthrose, hat die Forschung einen Weg gefunden, dieses Hindernis in einem gewissen Mass zu umgehen. Eine

weitere Erschwerung ergibt sich bei der Beurteilung von Nebenwirkungen: Wenn wir krank sind und gesund werden wollen, nehmen wir Nebenwirkungen von Medikamenten leichter in Kauf; eine leichte Nebenwirkung ist ja schliesslich immer noch besser, als krank zu sein! Doch wenn wir eigentlich gesund sind und mit den eingenommenen Medikamenten eine optimierende Wirkung erzielen wollen, dann sollten die Substanzen verständlicherweise auf keinen Fall Schaden anrichten.

Einige Medikamente haben in Tierversuchen positive Effekte gegen das Altern bewiesen und sind nun Gegenstand von klinischen Studien. Substanzen wie NAD+ sind als Nahrungsergänzungsmittel bereits heute frei verkäuflich. Und dennoch gibt es die mentale Blockade, die viele Menschen davon abhält, den Kampf gegen das Altern aufzunehmen. Das Wort «Rejuvenation» erweckt bei den meisten Menschen noch immer ein Gefühl von Science Fiction. Das liegt vor allem daran, dass die Informationen über den Nutzen, die Risiken und die praktische Anwendung von Alterungstherapien meist lückenhaft sind und intransparente oder gar unwissenschaftliche Quellen verwendet werden. Alterungsforscher sollen die Öffentlichkeit über neue Therapien aufklären und Transparenz über den aktuellen Stand schaffen. Es gibt noch einiges zu tun, aber wir sind uns sicher: Wir stehen vor einer der grössten Veränderungen in der Geschichte der Menschheit. Bald werden wir das Alter zurückdrehen können. ◀

¹ sueddeutsche.de/gesundheit/medizin-medikamente-lassen-maeuse-laenger-leben-1.4058077

Michael Greve

ist Internetunternehmer und Gründer der Forever-Healthy-Stiftung.

Isabelle Schiffer

ist wissenschaftliche Sprecherin der Forever-Healthy-Stiftung.

Moment mal, Mr. Musk!

Von Neurotechnologie verspricht sich mancher ungekannte medizinische Fortschritte. Dabei tauchen jedoch nicht nur praktische Fragen auf, sondern auch ethische Bedenken.

von Surjo R. Soekadar

Nicht nur um die Verbesserung menschlicher Fähigkeiten geht es dem Unternehmer Elon Musk, sondern um nichts Geringeres als die Rettung der Menschheit. Die Menschheit sei nicht etwa in erster Linie durch Klimawandel, Atomkriege oder Massenvernichtungswaffen bedroht, sondern durch das, was unseren Wohlstand in den nächsten Jahrzehnten massgeblich verbessern soll: künstliche Intelligenz, kurz KI.

Wie viele Anhänger des Science-Fiction-Autors Iain Banks glaubt auch Musk, dass die KI unsere natürliche, menschliche Intelligenz schon in wenigen Jahren weit in den Schatten stellen wird. Wie dann diese Superintelligenz zu uns Menschen steht, sei noch nicht ausgemacht. Im besten Fall lebten wir dann in einer Welt unvorstellbarer technologischer Möglichkeiten, in denen menschliche Arbeit und materielle Not der Vergangenheit angehörten. Im schlechtesten Falle aber würde uns die KI eines Tages ganz einfach das «Licht ausknipsen» und Entscheidungen treffen, in denen menschliches Leben eine unwesentliche Rolle spiele. Bereits jetzt haben Wissenschaftler Probleme damit, all die Faktoren zu verstehen, die wesentlich zu einem bestimmten Ergebnis ihrer intelligenten Programme geführt haben.¹ Zudem ist es gut vorstellbar, dass immer mehr Entscheidungen an KI ausgelagert werden, auch solche über Leben und Tod.

Wie liesse sich der totale Kontrollverlust und drohende Untergang der Menschheit verhindern? Laut Musk, indem wir unser Gehirn technologisch aufrüsten, damit wir der Superintelligenz zumindest auf Augenhöhe begegnen können. Das Werkzeug dazu, eine spezielle Gehirn-Computer-Schnittstelle, möchte Musk in seinem 2016 gegründeten Unternehmen Neuralink liefern. Dass die Aufrüstung unserer Gehirne auch Behinderungen wie Lähmungen, Blind- und Taubheit oder Krankheiten wie Depressionen, Angststörungen oder Substanzabhängigkeiten überwindet, sei ein nützlicher Nebenaspekt, aber keineswegs die Hauptmotivation der Unternehmensgründung gewesen, so Musk.

Riskante Implantation

Die Idee, eine direkte Verbindung zwischen einem Gehirn und einem Computer herzustellen, ist nicht neu: Gehirn-Computer-Schnittstellen oder englisch Brain-Computer Interfaces (BCI) wurden bereits Anfang der 1970er Jahre von Jacques Vidal vorge-dacht. Zunächst eher exotisch, sind sie inzwischen aus Wissen-

schaft und Medizin nicht mehr wegzudenken. BCI übersetzen elektrische, magnetische oder metabolische Hirnaktivität in Steuersignale digitaler Systeme – und zwar nahezu in Echtzeit. Verständlich, dass dafür zunächst bestimmte technologische Entwicklungen im Bereich der Sensorik, der Miniaturisierung von Rechenleistung (Stichwort: Ubiquitous Computing) sowie Funktechnologie (Stichwort: Smartphone, Bluetooth, 5G) erforderlich waren. Der rasante Aufstieg der Smartphones in den letzten zehn Jahren hat auch die Entwicklung im Bereich der Gehirn-Computer-Schnittstellen katalysiert. Und so wundert es nicht, dass sich viele Elemente der neusten Handygeneration (wie zum Beispiel induktives Aufladen, Bluetooth, hocheffiziente Mikroprozessoren) im aktuellen Neuralink-Prototyp wiederfinden. Gleichzeitig sind auch die Kosten für BCI in den letzten Jahren um mehrere Grössenordnungen gesunken.

Lange bevor maschinelle Lernverfahren in der Echtzeit-Signalanalyse etabliert wurden, machte ein Wissenschaftler an der University of Washington eine wichtige Entdeckung. Eberhard Fetz implantierte einem Makaken eine feine Elektrode in das Bewegungsareal des Gehirns. Die Elektrode schloss er an einen Hebel, an dessen Ende schmackhafte Food-Pellets befestigt waren. Immer wenn die Elektrode vermehrte Aktivität einer bestimmten Nervenzelle mass, wurde der Hebel in die Richtung des Makaken bewegt. Während sich der Hebel anfangs nur selten und eher zufällig bewegte, lernte der Affe mit der Zeit, diese eine isolierte Nervenzelle gezielt zu aktivieren, um den Hebel ganz in seinem Sinne in Richtung Mund zu bewegen. Hierfür waren keine komplexen Berechnungen nötig, sondern lediglich einfachste Algebra – und ein lernfähiges, plastisches Gehirn. Dieses Prinzip der operanten Konditionierung von Hirnaktivität wurde zur Grundlage der meisten Gehirn-Computer-Schnittstellen. Mittlerweile ermöglichte zum Beispiel ein solches implantierbares System, das sogenannte BrainGate, einem Querschnittsgelähmten, gleichzeitig zwei Armprothesen zu steuern, um mit Messer und Gabel zu essen.² Aufgrund möglicher Blutungen oder Infektionen ist die Implantation von Mikroelektroden ins Gehirn jedoch riskant. Zudem sind die eigens dafür entwickelten Roboterarme nicht für den Alltag zu gebrauchen, und bei einem Defekt müssten die Elektroden aufwendig wieder aus dem Körper entfernt werden.

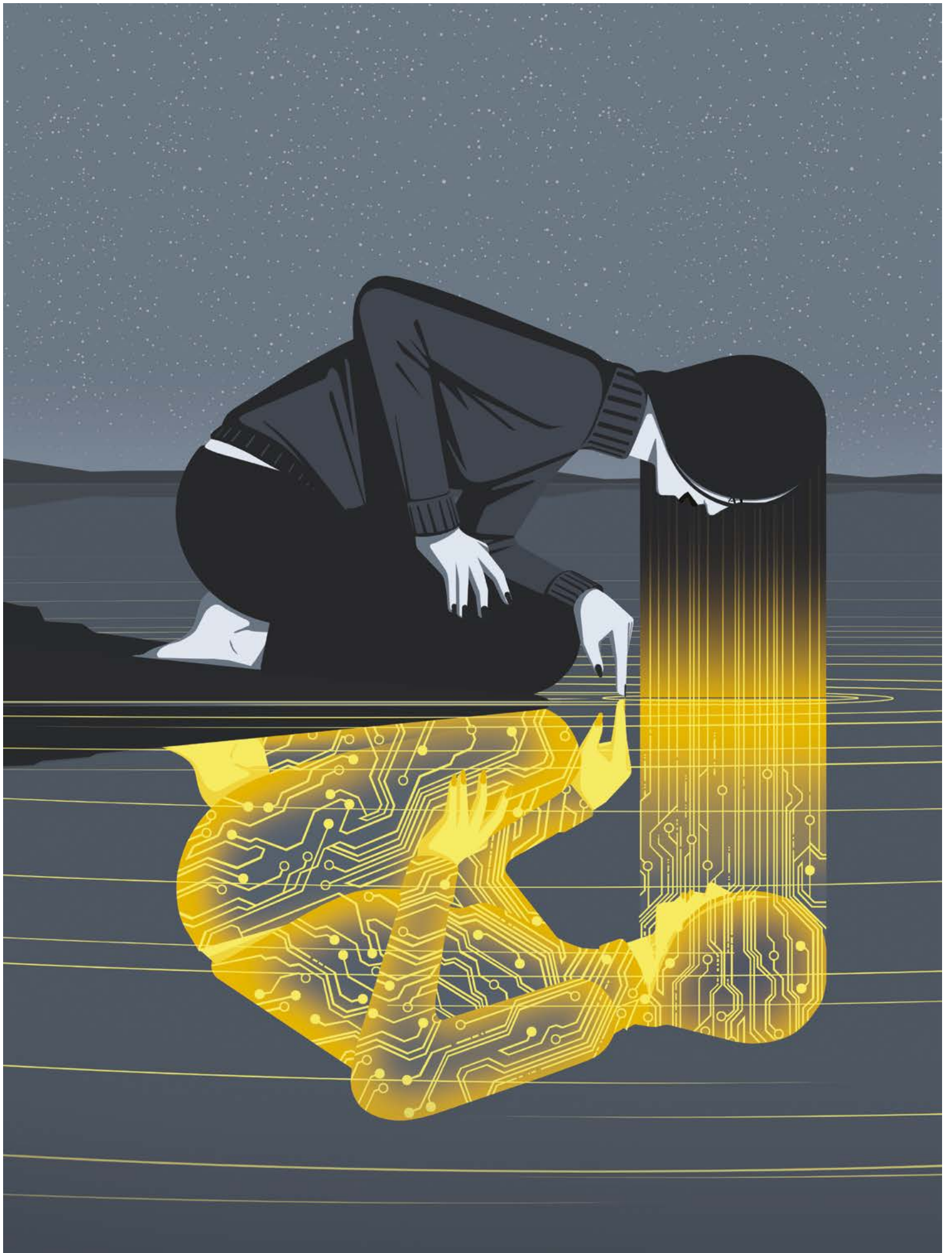


Illustration von Stephan Schmitz.

Elon Musk möchte ebenfalls Mikroelektroden einsetzen. Einer Reihe von Schweinen wurden bereits Elektroden mit über 1000 Kontakten in die oberen Schichten des Gehirns eingepflanzt. Die Implantation erfolgte mittels eines speziellen Roboters. Schon in den nächsten zwei Jahren soll das System bei einem Menschen erprobt werden.

Erweckung des Gehirns

Wesentlich weniger riskant ist der Einsatz von sogenannten nichtinvasiven Schnittstellen, bei denen die Hirnaktivität von der Kopfoberfläche abgeleitet wird. Dabei werden beispielsweise die elektrischen Felder des Gehirns gemessen. Die räumliche Auflösung ist um ein Vielfaches geringer als bei Mikroelektroden. Eine operante Konditionierung der Aktivität ist jedoch weiterhin möglich. Und da nicht nur die Lokalisation, sondern auch die Frequenz der bioelektrischen Felder eine funktionelle Bedeutung hat, lassen sich zumindest einfache motorische Befehle auslesen: zum Beispiel Hand auf oder Hand zu.

Genau dieses Prinzip haben wir vor einigen Jahren ausgenutzt, um Querschnittspatienten mit kompletter Fingerlähmung zu ermöglichen, in einem Restaurant wieder unabhängig zu essen und zu trinken. Die Probanden trugen dafür einen tragbaren Roboter, ein sogenanntes Exoskelett. Das System übersetzte die elektrische Aktivität, die mit dem Gedanken oder der Vorstellung «Hand zu» einherging, in ein entsprechendes Steuersignal, um einen Kartoffelchip oder ein Glas Wasser zu greifen.³ Um die Zuverlässigkeit des Systems in Alltagsumgebungen zu erhöhen, wurden zusätzlich auch Augenbewegungen berücksichtigt. Lähmungen der oberen Extremität ergeben sich nicht nur bei Verletzungen des Rückenmarks oder peripherer Nerven, sondern auch durch einen Schlaganfall, also eine Minderversorgung bestimmter Hirnregionen mit Sauerstoff. Etwa ein Drittel aller Schlaganfallüberlebenden leiden unter schweren Lähmungen und sind auf Hilfe im Alltag angewiesen. Die Fähigkeit, die gelähmten Finger mittels eines neuralen Exoskeletts wieder zu bewegen, begeisterte auch diese Patientengruppe. Doch noch etwas anderes fiel uns auf: Nach etwa einem Monat täglicher Anwendung konnten einige der Probanden ihre zuvor komplett gelähmten Finger wieder selbständig bewegen. Mittels bildgebender Verfahren stellten wir fest, dass sich die Hirnrinde durch den regelmässigen Einsatz des neuralgesteuerten Exoskeletts reorganisiert hatte. Wie in der Studie von Eberhard Fetz passte sich das Gehirn der Probanden an, um über die Schnittstelle einen bestimmten Effekt zu erzielen. Anscheinend wurden hierbei auch Erholungsprozesse angestoßen.

Was für Lähmungen nach Schlaganfall gilt, könnte auch für andere Erkrankungen des Gehirns, zum Beispiel Depressionen oder Angststörungen, gelten. Entsprechend wird die Entwicklung von BCI-Systemen für die Wiederherstellung oder Verbesserung von Hirnfunktionen von führenden Forschungsförderinstitutionen, zum Beispiel dem Europäischen Forschungsrat oder der Einstein-Stiftung Berlin, gezielt gefördert. Bedenkt man, dass etwa

20 Prozent aller Menschen im Laufe ihres Lebens an einer Erkrankung des Gehirns leiden, ist die Entwicklung effektiver und nebenwirkungsarmer Behandlungsmethoden dringend notwendig.⁴ Gehirn-Computer-Schnittstellen können dabei eine wichtige Hilfe sein. Implantierbare Schnittstellen werden allerdings aufgrund der genannten Risiken mit hoher Wahrscheinlichkeit eine untergeordnete Rolle spielen. Technologische Fortschritte im Bereich der Quantentechnologie ermöglichen schon heute, Hirnaktivität von der Kopfoberfläche in bisher unerreichter Auflösung zu messen. Winzige Quantensensoren von zukünftig nur wenigen Millimetern Grösse messen hierbei die biomagnetischen Felder des Gehirns, die weder durch den Schädelknochen gedämpft werden noch den Gesetzmässigkeiten der elektrischen Volumenleitung unterliegen. Dadurch sind Auflösungen möglich, die bisher nur von implantierten Elektroden erreicht werden. Dennoch können implantierbare Systeme zu wichtigen wissenschaftlichen Erkenntnissen beitragen und zu einem gewissen Anteil auch medizinische Behandlungslücken füllen. Insbesondere solange keine gleichwertigen nichtinvasiven Systeme zur Verfügung stehen.

Neben der operanten Konditionierung von Hirnaktivität wurde in den letzten Jahren auch noch ein anderer Ansatz für BCIs entwickelt: Mustererkennung auf der Basis maschineller Lernverfahren, insbesondere sogenannter tiefer neuronaler Netze. Gegenüber der operanten Konditionierung, die von der Lernfähigkeit und Plastizität des Gehirns abhängt, lernt hierbei die Software des Computers, bestimmte Hirnsignale zu interpretieren. Dazu müssen Aktivitätsmuster von der Software richtig zugeordnet werden. Je nach Komplexität des Musters sind dazu allerdings Tausende, wenn nicht Hunderttausende oder gar Millionen Lerndurchgänge notwendig. Bei jedem dieser Lerndurchgänge muss die richtige Zuordnung durch eine dritte Instanz bestätigt werden (*Supervised Learning*). Während dies für instruiertes Verhalten, zum Beispiel eine befohlene Bewegung, oder die Veränderung von Hirnaktivität durch sensorische Stimulation (*genannt evozierte Aktivität*) zu einem gewissen Grad möglich ist, kommt dieses Verfahren bei der Zuordnung von intrinsischer (also nichtevozierter) Aktivität zu bestimmten Gedanken oder Gefühlen schnell an seine Grenzen. Genau das soll jedoch die neue Gehirn-Computer-Schnittstelle von Elon Musk bald leisten. Ist das realistisch?

Zwischen Hoffnung und Naivität

Lange ist man davon ausgegangen, dass neuronale Repräsentationen, das heisst die neuronalen Abbildungen einer bestimmten Vorstellung oder eines subjektiv erlebten Zustands, an keinem bestimmten Ort im Gehirn gespeichert sind, sondern wie ein Hologramm durch das Zusammenwirken vieler Teile des Gehirns entstehen. Dies würde so auch für unser Gedächtnis gelten. Die neuronale Repräsentation einer bestimmten Person, z.B. unserer Grossmutter, sollte demnach nicht an die spezifische Aktivität einer einzelnen Nervenzelle geknüpft sein. Dies wäre eine eher

«Ob es letztlich möglich sein wird, Musik oder einen Podcast direkt ins Gehirn zu laden, darauf darf man gespannt sein.»

Surjo R. Soekadar

schlechte Nachricht für die Entwicklung leistungsfähiger Gehirn-Computer-Schnittstellen, müssten dann doch unwahrscheinlich viele Elektroden überall im Gehirn implantiert werden, um die Aktivitätsmuster der Nervenzellen einzelnen Gedanken zuzuordnen.

Vor rund zwanzig Jahren musste dieses Konzept der distribierten Repräsentation jedoch aufgrund einer Reihe von Studienergebnissen erweitert werden. Die Hirnsignale von Epilepsiepatienten, denen zur Lokalisation ihres epileptischen Herds eine Mikroelektrode mit 64 Kanälen implantiert wurde, wiesen etwas sehr Erstaunliches auf: Immer wenn eine Abbildung der Schauspielerin Jennifer Aniston oder bloss ihr Name auf einem Bildschirm erschien, erhöhte sich die Aktivität einer bestimmten Nervenzelle. Auch der Gedanke an Jennifer Aniston erhöhte die Aktivität. Die Existenz solch hochspezialisierter Neurone hat eine wichtige Konsequenz für die Zukunft von Gehirn-Computer-Schnittstellen: Genügend Elektroden vorausgesetzt, könnte mittels maschineller Lernverfahren eine grobe Landkarte der wichtigsten Repräsentationen für eine bestimmte Anwendung erstellt werden. Einmal identifiziert, könnten diese Schlüsselrepräsentationen dann mittels operanter Konditionierung über die Schnittstelle stabilisiert werden. Was genau über einen solchen Ansatz letztlich möglich sein wird, darüber lässt sich aktuell nur spekulieren. Ob aus einer solch intimen Mensch-Maschine-Interaktion eine neue, bessere Form von Intelligenz entsteht, ist zweifelhaft. Weiterhin ist unklar, in welchem Mass sich das Prinzip der Schnittstelle auch umkehren lässt, das heisst inwieweit sich neuronale Repräsentationen gezielt durch eine direkte Stimulation der Nervenzellen aktivieren lassen. Die technologischen Voraussetzungen, um diese wichtigen wissenschaftlichen Fragen zu beantworten, werden gerade durch das Engage-

ment privater Unternehmen in grosser Geschwindigkeit geschaffen. Ob es letztlich möglich sein wird, Musik oder einen Podcast direkt ins Gehirn zu laden, wie aus dem Silicon Valley (noch auf klassischem Wege) zu hören ist, darauf darf man gespannt sein. Allerdings kann man sich zu Recht fragen, wie dieses in privaten, profitorientierten Institutionen erworbene Wissen letztlich für das Gemeinwohl genutzt wird. Nicht ohne Grund wurden Ende 2020 sämtliche Patente des BrainGate-Projektes an die Tufts University übertragen, um einen verantwortungsvollen Umgang mit dieser Technologie zu sichern.

Bereits im Kontext medizinischer Anwendungen ergeben sich zahlreiche komplexe neuroethische Fragen. Neben Aspekten wie Datenschutz, Schutz der Privatsphäre oder Zugänglichkeit stellen sich im Kontext des Neuroenhancements noch wesentlich komplexere ethische Fragen. Aktuell unterliegt dieser Bereich keinerlei Regulierung. Doch die rasante Entwicklung im Bereich der Neurotechnologie lässt dies mittlerweile etwas unvorsichtig bis hin zu naiv erscheinen. Vielleicht wird man in ein paar Jahrzehnten mit Schrecken auf die Euphorie zurückblicken, die neurotechnologischen Anwendungen entgegengebracht wurde.

Doch für manche medizinischen Anwendungen gehen ethischer und technischer Imperativ Hand in Hand. Zum Beispiel ist mittlerweile bekannt, dass etwa 30 bis 40 Prozent aller Koma-Diagnosen inkorrekt sind beziehungsweise dass sich der Bewusstseinszustand von Koma-Patienten verändern kann, ohne dass dies äusserlich festzustellen ist.⁵ In einer ähnlichen Situation befinden sich Menschen, die am Spätstadium von Erkrankungen wie der Amyotrophen Lateralsklerose leiden: In vielen Fällen verlieren sie die Fähigkeit, sich zu bewegen, selbständig zu atmen, schliesslich auch ihre Augen zu bewegen. In diesem *Complete Locked-in Syndrome* (CLIS, auch Pseudokoma) wäre eine funktionierende Gehirn-Computer-Schnittstelle das einzige Tor zur Außenwelt. Noch muss allerdings eine solche Schnittstelle entwickelt und getestet werden. Dann wäre Neurotechnologie für diese Menschen tatsächlich eine Rettung. ◀

¹ Peter Haas: The Real Reason to be Afraid of Artificial Intelligence, [youtube.com/watch?v=TRzBk_KulaM](https://www.youtube.com/watch?v=TRzBk_KulaM)

² JHU Applied Physics Laboratory: Have Robot Arms, Will Eat Twinkie, [youtube.com/watch?v=x615GSqicZE](https://www.youtube.com/watch?v=x615GSqicZE)

³ Science Robotics (2016), Hybrid EEG/EOG-based brain/neural hand exoskeleton restores fully independent daily living activities after quadriplegia, [youtube.com/watch?v=zs5k7MpS1go](https://www.youtube.com/watch?v=zs5k7MpS1go)

⁴ Surjo Soekadar: How We Can Use Technology to Fight Brain Disorders, [youtube.com/watch?v=RSQYKb_rchs](https://www.youtube.com/watch?v=RSQYKb_rchs)

⁵ Martin Pistorius: How My Mind Came Back to Life – and No One Knew, [youtube.com/watch?v=OPzfxvJ9cq8](https://www.youtube.com/watch?v=OPzfxvJ9cq8)

Surjo R. Soekadar

ist Professor für Klinische Neurotechnologie an der Charité – Universitätsmedizin Berlin. Neben der Entwicklung von Gehirn-Computer-Schnittstellen für die Behandlung neurologischer und psychiatrischer Erkrankungen setzt er sich für international verbindliche Regeln im Einsatz von Neurotechnologie ein.

Cyborgs im Recht

**Darf ich meine Hand zur Fahrkarte umfunktionieren?
Auf was sich unsere Gesellschaft und die Jurisprudenz gefasst machen müssen.**

von Ioannis Martinis

Das dreijährige Kind spielt unbeschwert im Park, gleitet die Rutschbahn hinunter, während sich die Mutter mit einer Bekannten unterhält. Im nächsten Augenblick ist es verschwunden. Die Mutter ruft nach dem Kind. Schreit. Panik steigt auf. Nach einer Suchaktion wird das Kind schliesslich gefunden. Es war bloss einer Katze gefolgt. Um zukünftig solche Situationen zu vermeiden und das Kind zu schützen, lässt ihm die Mutter einen winzigen Chip in den Schädel implantieren. Damit kann sie den Aufenthaltsort überwachen sowie die audiovisuelle Wahrnehmung der Tochter steuern.

Das klingt nicht nur nach Science Fiction, sondern ist es auch. Zumindest in dieser Form. Entsprungen ist die Idee den Machern der erfolgreichen Netflix-Serie «Black Mirror», welche uns die dunklen Seiten der Digitalisierung vor Augen führt. Vollkommen abwegig ist die Idee jedoch nicht: Mit Gehirnimplantaten, welche die technische Erweiterung des menschlichen Körpers ermöglichen, beschäftigt sich das von Elon Musk mitgegründete Neurotechnologieunternehmen Neuralink mit Sitz in San Francisco. Im August 2020 konnte Musk einen ersten Erfolg verbuchen und einen Chip präsentieren, der eine Verbindung zwischen dem Gehirn und einem Smartphone herstellt. Zu den längerfristigen Zielen gehört aber nicht nur das Ansteuern technischer Geräte mittels Gedanken, sondern auch die konsensbasierte Telepathie – die Gedankenübertragung zwischen Menschen.¹

Cyborg Lives Matter

Implantate unter der Haut sind kein neues Phänomen, man kennt sie bereits seit Jahren aus der Tierhaltung. Doch auch immer mehr Menschen lassen sich Chips in der Grösse eines Reiskorns unter der Haut einpflanzen: Der Basler Transhumanist Steve Void hat sich bereits mehrere Dutzend Computerchips implantieren lassen, mit welchen er Türen öffnen oder bargeldlos bezahlen kann. Dies haben auch diverse Firmen wie das US-Technologieunternehmen Three Square Market, die britische Firma BioTeq oder auch das Reiseunternehmen TUI in Schweden ihren Mitarbeitenden angeboten.² Die Technologieenthusiasten unter ihnen haben das Angebot freudig angenommen: Für sie ist der Chip als Schlüsselbündelsatz, Passwortsammlung und Personalausweis der Schritt in eine bequemere Zukunft.

Mit neuen Technologien eröffnen sich auch neue Fragestellungen. Darf ein Cyborg in den Anwendungen seiner Gadgets eingeschränkt werden? In Australien hat ein Biohacker das Nahverkehrsunternehmen Transport for New South Wales eingeklagt, weil es den Chip seiner Fahrkarte deaktiviert, den er sich unter die Haut gepflanzt hatte.

Für die Rechte von Cyborgs setzt sich seit Jahren die internationale Stiftung Cyborg Foundation ein, welche vom Avantgardenkünstler Neil Harbisson 2010 gegründet wurde.³ In der «Cyborg Bill of Rights» proklamiert er die Entscheidungsfreiheit der Cyborgs; egal, ob diese gegenüber «permanenten Bewohnern» der Erde oder Reisenden aus fernen Galaxien durchgesetzt werden muss. Harbisson gilt als erster offiziell von einer Regierung anerkannter Cyborg. Er trägt eine Antenne im Kopf, die es ihm nicht nur ermöglicht, seine Achromasie zu überwinden, sondern auch Farben wahrzunehmen, die für das gewöhnliche menschliche Auge unsichtbar sind, wie infrarotes oder ultraviolettes Licht.⁴ Seine Mission ist es, unsere Gesellschaft für ein Zeitalter zu rüsten, in dem die Grenze zwischen Mensch und Maschine immer weiter schwindet.

Die Verschmelzung von Mensch und Maschine ist eine Entwicklung, die wir bereits heute miterleben können. So verfolgt die moderne Prothetik den Ansatz, körperliche Defizite nicht nur auszugleichen, sondern darüber hinaus mittels Informationstechnologie die Lebensqualität von Patienten, die auf Prothesen angewiesen sind, deutlich zu steigern. Für Menschen mit einer Oberschenkelamputation gibt es beispielsweise bionische Prothesen, deren komplexe Sensorsysteme Daten in Echtzeit erfassen, auswerten und sich so automatisch dem Bewegungsmuster des Trägers anpassen. Forscher der EPFL haben Neuroprothesen entwickelt, die aus Fehlern eigenhändig lernen.⁵ Damit nutzt die Prothetik auch Fortschritte aus dem Forschungsfeld der künstlichen Intelligenz.

Wem gehören die Daten eines Herzschrittmachers?

Wenn Menschen moderne Technologien in ihrem Körper einbauen, birgt das zwar viele Chancen, aber auch gewisse Risiken – darunter auch rechtliche. Im Fokus stehen datenschutzrechtliche Implikationen sowie offene Fragen zur Datensicherheit und zur informationellen Selbstbestimmung. Das Spektrum reicht bis hin

zu Grundrechtsfragen hinsichtlich der körperlichen Integrität des Trägers sowie zu strafrechtlichen Belangen.

Illustrieren lassen sich die verschiedenen rechtlichen Problemfelder sehr gut am Beispiel des Herzschrittmachers. In der Schweiz leben rund 35 000 Personen mit einem solchen Implantat.⁶ Bijan Fateh-Moghadam, Professor für Grundlagen des Rechts und für Life-Sciences-Recht an der Universität Basel, weist darauf hin, dass beispielsweise das Deaktivieren eines implantierten Cardioverter-Defibrillators bei einem Patienten, der nicht mehr therapierbar ist und eigentlich sterben sollte, einer verbotenen aktiven Sterbehilfe gleichgestellt wird.⁷

Doch nicht nur in strafrechtlicher, sondern auch in datenschutzrechtlicher Hinsicht eröffnen sich Problemfelder. Die ersten Herzschrittmacher wurden in der Schweiz 1958 implantiert. Die Geräte sind in den letzten 60 Jahren wesentlich «intelligenter» geworden: Moderne Herzschrittmacher passen den Herzschlag an die körperliche Beanspruchung des Trägers an, benötigen hierfür aber mehr Daten und eine entsprechend höhere Datenverarbeitungsfähigkeit. Zudem können die Daten auch extern gespeichert und von behandelnden Ärzten via Fernzugriff ausgewertet werden. Das Implantat sendet dabei täglich Informationen über den Zustand des Herzens an ein Patientengerät, welches die Daten über das Mobilfunknetz dem Arzt zugänglich macht. Die Daten, welche dabei verarbeitet werden, lassen direkte Rückschlüsse auf den Gesundheitszustand des Betroffenen zu und gelten damit als besonders schützenswert. Die externe Speicherung der Daten bietet dabei Angriffs- und Missbrauchspotenzial durch unautorisierte Zugriffe.

Ein weiterer rechtlicher Aspekt betrifft die informationelle Selbstbestimmung, Ausfluss eines durch die Bundesverfassung garantierten Grundrechts und gleichzeitig einer der Kernbereiche des Datenschutzrechts. Demnach soll jeder Mensch so weit wie möglich selber darüber bestimmen können, welche Informationen über ihn wann, wo und wem bekanntgegeben werden. Je komplexer die verbaute Technologie bei den bionischen Prothesen und bei Implantaten jedoch ist, desto stärker sind Ärzte bei der Problembehebung auf die Unterstützung der Hersteller angewiesen. Dabei dürfen in vielen Fällen auch Behandlungsinformationen übermittelt werden oder gar der Verlauf der Behandlungen durch den Hersteller beeinflusst werden.⁸ Damit beginnen sich Verantwortlichkeiten zu vermischen.

Das Recht, kein Cyborg zu sein

Während sich Neil Harbisson mit seiner Cyborg Foundation dafür einsetzt, dass Menschen ihren Körper nach eigenem Gutdünken modifizieren können, ohne dafür diskriminiert zu werden, plädiert der bekannte Futurist Gerd Leonhard dafür, dass jeder Mensch das Recht haben sollte, gerade *kein* Cyborg zu werden: «Wir müssen die Wahl haben, biologisch und genetisch unerweitert zu bleiben, also nicht Cyborgs werden zu müssen, um überhaupt noch mithalten zu können.»⁹ Ähnliche Gedanken findet

«Je komplexer die verbaute Technologie ist, desto stärker sind Ärzte bei der Problembehebung auf die Unterstützung der Hersteller angewiesen.»

Ioannis Martinis

man auch in der Charta der digitalen Grundrechte der Europäischen Union.¹⁰

In der Science-Fiction-Serie «Black Mirror» kann die Tochter nicht selber darüber bestimmen, ob sie zum Cyborg wird und welche persönlichen Informationen über sie preisgegeben werden. In dystopischer Manier führt dies im Verlauf der Geschichte bei der Mutter zu einem Überwachungswahn und am Ende zu einem Bruch der Mutter-Tochter-Beziehung. Die verwendete Technologie bleibt vorerst Fiction. Im realen Leben gibt es jedoch zahlreiche offene rechtliche und ethische Fragen sowie die Erkenntnis, dass die rasanten technologischen Entwicklungen zu einer diskussionswürdigen Wirklichkeit verschmelzen, die auch den Gesetzgeber weiter beschäftigen wird. ◀

¹ waitbutwhy.com/2017/04/neuralink.html

² tagesspiegel.de/wirtschaft/trend-in-schweden-warum-tui-seinen-mitarbeitern-mikrochips-unter-die-haut-pflanzt/25180852.html

³ cyborgfoundation.com

⁴ spektrum.de/news/man-muss-keine-angst-haben-weniger-mensch-zu-werden/1622562

⁵ actu.epfl.ch/news/when-the-neuroprosthetics-learn-from-the-patient/

⁶ swissheart.ch/fileadmin/user_upload/Swissheart/Shop/PDF_Broschueren/Herzschrittmacher_2019_DE.pdf

⁷ hkb.ch/de/standortpolitik/bildung/Sterbehilfe_bei_Cyborgs.php

⁸ Gerrit Hornung, Manuela Sixt: Cyborgs im Gesundheitswesen. In: Computer und Recht, 12 (2015), S. 828–838.

⁹ Gerd Leonhard: Technology vs. Humanity. München: Vahlen-Verlag, 2017.

¹⁰ digitalcharta.eu

Ioannis Martinis

ist Head of Legal Tech der Coop Rechtsschutz AG und verantwortet beim Legal Start-up YLEX die Kommunikation. Er ist Dozent und Studiengangsleiter des CAS Legal Tech an der Hochschule für Wirtschaft Zürich (HWZ).