

Von Leonardo da Vincis Anthrobot zum Cyborg

1495
Leonardo da Vinci baut den **«Anthrobot»**, einen künstlichen Ritter in Rüstung.

1768
Die Jacquet-Droz-Automata aus La Chaux-de-Fonds gelten als erste **anthropomorphe Roboter**. Sie können malen, musizieren und schreiben.

1868
Der **Newark-Steam-Man** ist eine Dampfmaschine in Menschenform.

1948
Norbert Wiener prägt den Begriff **Cybernetics** für die Steuerung in technischen und biologischen Systemen.

1963
Der erste **computer-gesteuerte Roboterarm** für Behinderte wird in Kalifornien entwickelt.

1982
Im Film «Blade Runner» von Ridley Scott geht es um **Androiden**, die menschlicher sind als die Menschen selbst.

2002
Der Brite **Kevin Warwick** wird zum ersten Cyborg der Welt. Er implantiert sich einen Chip, mit dem er elektronische Geräte steuert.

Und der Sieger ist – ein Cyborg

Moderne Prothesen verschmelzen heute direkt mit dem Menschen, der sie trägt. Behinderte Sportler schlagen Olympiasieger der gleichen Disziplin

Matthias Meili (Text) und Bruno Muir (Illustration)

Dennis Aabo Sörensen war 27 Jahre alt, als ihm ein Feuerwerksunfall die linke Hand zerfetzte. Den Ärzten blieb nichts anderes übrig, als die Hand zu amputieren. Neun Jahre später ist es so, als set ihm die eigene Hand wieder geschenkt worden. Forscher der ETH Lausanne um Silvestro Micera haben eine Fingerprothese entwickelt, die ihm den Tassinn zurückgibt. «Als ich mit meinem Phantomzeigfinger erstmals wieder den Unterschied zwischen einer rauen und einer glatten Fläche erhasen konnte, war das fantastisch für mich», sagt der Dane.

Der Trick dabei: Die mit Sensoren bestückte Silikonfinger Spitze produziert elektrische Signale, die über eine Nervenzellen-Schnittstelle an den Oberarmnerven direkt in das Hirn des Patienten gesandt werden. Technologie verschmilzt hier mit dem Menschen, Dennis Sörensen ist ein moderner Cyborg.

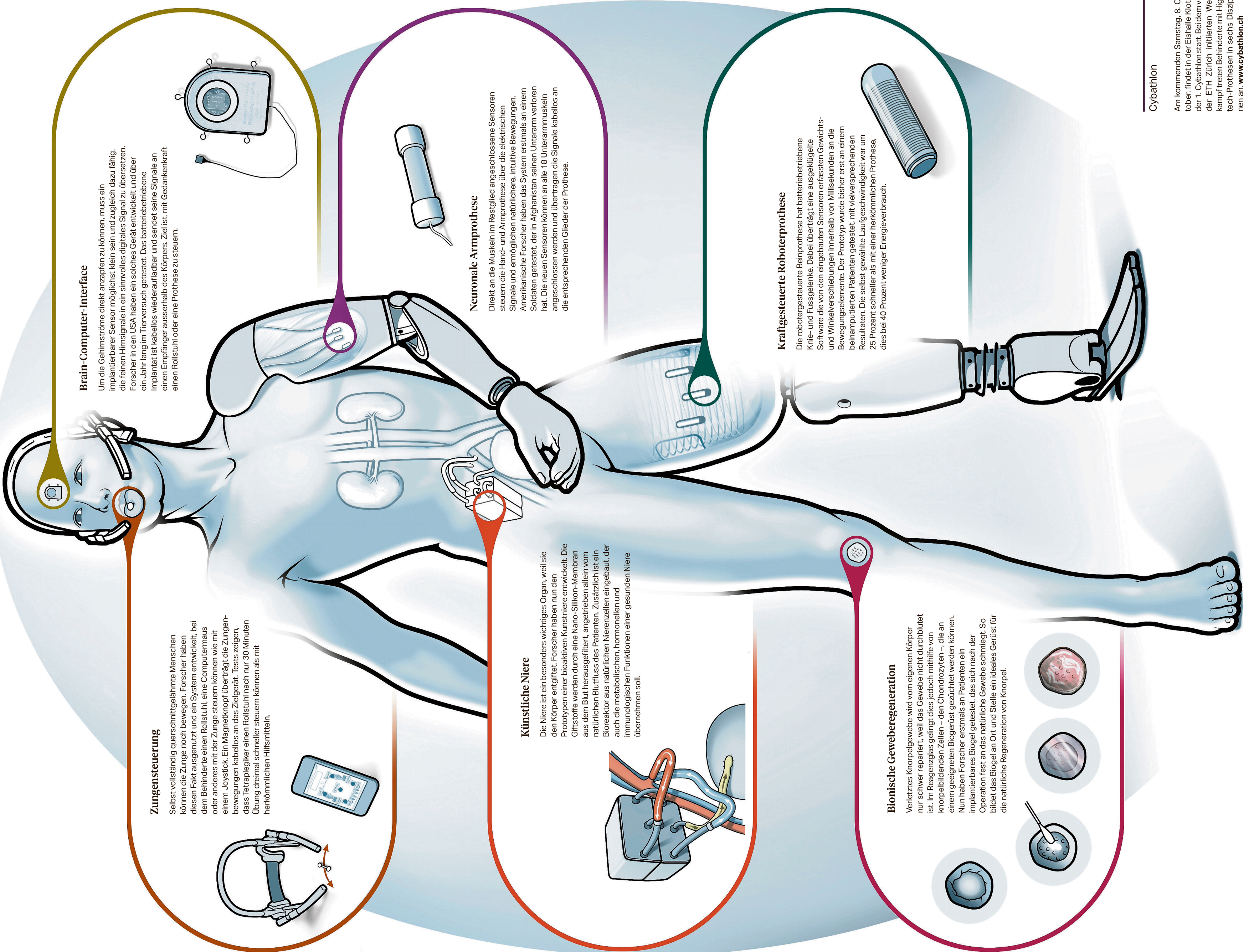
«Ich finde das erst mal fantastisch», sagt Oliver Bendel von der Fachhochschule Nordwestschweiz in Brugg-Windisch. «Behinderten gelingt es damit, ihre persönliche Autonomie zurückzugewinnen.» Der 48-jährige Deutsche ist in der Schweiz einer der wenigen, die über die ingenieurmässigen Spitzenleistungen hinausdenken und auch die ethische Dimension erforschen. Ob die fühlende Hand, die hingesteuerte Beinprothese oder ein raffiniertes Brain-Computer-Interface: Technische Apparate greifen immer mehr in die menschliche Biologie ein. Doch was machen Prothesen, die sich in das Signalgeflecht des Gehirns einschalten, mit dem Menschen selbst? Aus Computerspielen mit virtuellen Kreaturen weiss man, dass sich Menschen sehr schnell daran gewöhnen, acht Beine zu haben. Wir finden uns in den Körper einer Spinne ein. Für Bendel stellt sich deshalb die Frage, inwiefern solche Hightech-Prothesen das Körpergefühl und möglicherweise auch die Persönlichkeit des Trägers verändern. «Vielleicht geht man noch zu soglos mit diesen Implantaten um», sagt Bendel. «In diesem Bereich gibt es schlicht noch keine Langzeitforschung.»

Warten auf die künstliche Hand für Pianisten

Eine ganz andere Dimension ist die Grenzverschiebung hin zu übermenschlichen Fähigkeiten, manche sprechen von Transhumanismus. Die ersten Trends zeigen sich im Sport. Im 1500-Meter-Lauf der kürzlich veranstalteten Paralympics, den Olympischen Spielen für Behinderte, waren die ersten vier Läufer schneller als der Sieger von Rio in der gleichen Disziplin. Der schottische Futurist Andy Miah schrieb schon 2009: «Der Markt mit den Erweiterungen der menschlichen Möglichkeiten offenbart uns die nackte Wahrheit über das Menschsein. Wir sind alle behindert.»

Noch sind die Prothesen rudimentär. Aber was, wenn es dereinst eine Hand gibt, die Dinge besser machen kann, als es die natürliche Hand erledigen kann? Wenn ein zweitklassiger Pianist so weitwehrt ist, dass er sich die eigene Hand ersetzt, durch eine bionische Hand ersetzt, die Rachmaninows unglaublich schwieriges drittes Konzert «mit links» spielt? «Einer solchen Perfektionierung des Menschen stehe ich zwar skeptisch gegenüber», sagt Oliver Bendel. Sie werfe Fragen der Regulierung und eines gerechten Zugangs zu dieser Technologie auf. Was, wenn Leistung plötzlich nur noch eine Frage des sozioökonomischen Status wird, wenn das Fortmonnaie und die Technologie und nicht mehr Talent und Fleiss das Rennen um Geld und Anerkennung entscheiden? «Aber bedeutet dies, dass Behinderte behindert bleiben sollen?», fragt der Informations- und Maschineningenieur.

Oliver Bendel sieht noch ein anderes Problem, das noch einer Regulierung harret: der sorgfältige Umgang mit den Daten. «Eine solche Prothese ist eigentlich ein Roboter», sagt Bendel. Er registriert und verarbeitet eine Unmenge von Daten, set es von der unmittelbaren Umwelt oder auch aus dem Körper. «Die Gefahr besteht, dass die Technik zum Spion wird und Daten an Dritte übermitteln.»



Zungensteuerung

Selbst vollständig querschnittgelähmte Menschen können die Zunge noch bewegen. Forscher haben diesen Fakt ausgenutzt und ein System entwickelt, bei dem Behinderte einen Rollstuhl, eine Computermaus oder anderes mit der Zunge steuern können wie mit einem Joystick. Ein Magnetrumpf überträgt die Zungenbewegungen kabellos an das Zielgerät. Tests zeigen, dass tetraplegiker einen Rollstuhl nach nur 30 Minuten Übung dreimal schneller steuern können als mit herkömmlichen Hilfsmitteln.

Brain-Computer-Interface

Um die Gehirnströme direkt anzapfen zu können, muss ein implantierbarer Sensor möglichst klein sein und zugleich dazu fähig, die feinen Hirnsignale in ein sinnvolles digitales Signal zu übersetzen. Forscher in den USA haben ein solches Gerät entwickelt und über ein Jahr lang im Tierversuch getestet. Das batteriebetriebene Implantat ist kabellos wiederaufladbar und sendet seine Signale an einen Empfänger ausserhalb des Körpers. Ziel ist, mit Gedankenkraft einen Rollstuhl oder eine Prothese zu steuern.

Neuronale Armprothese

Direkt an die Muskeln im Restglied angeschlossene Sensoren steuern die Hand- und Armprothese über die elektrischen Signale und ermöglichen natürlicher, intuitive Bewegungen. Amerikanische Forscher haben das System erstmals an einem Soldaten getestet, der in Afghanistan seinen Unterarm verloren hat. Die neuen Sensoren können an alle 18 Unterarmmuskeln angeschlossen werden und übertragen die Signale kabellos an die entsprechenden Glieder der Prothese.

Kraftgesteuerte Roboterprothese

Die robotergesteuerte Beinprothese hat batteriebetriebene Knie- und Fussgelenke. Dabei überträgt eine ausgeklügelte Software die von den eingebauten Sensoren erhassten Gewicht- und Winkelschiebungen innerhalb von Millisekunden an die Bewegungselemente. Der Prototyp wurde bisher erst an einem behinderten Patienten getestet, mit vielversprechenden Resultaten. Die selbst gewählte Laufgeschwindigkeit war um 25 Prozent schneller als mit einer herkömmlichen Prothese, dies bei 40 Prozent weniger Energieverbrauch.

Biomische Geweberegeneration

Verletztes Knorpelgewebe wird vom eigenen Körper nur schwer repariert, weil das Gewebe nicht durchblutet ist. Im Reagenzglas gelingt dies jedoch mithilfe von Knorpelbildenden Zellen – den Chondrozyten –, die an einem geeigneten Biogerüst gezüchtet werden können. Nun haben Forscher erstmals an Patienten ein implantierbares Biogerüst getestet, das sich nach der Operation test an das natürliche Gewebe schmiegt. So bildet das Biogerüst an Ort und Stelle ein ideales Gerüst für die natürliche Regeneration von Knorpel.

Cyathlon

An kommenden Samstag, 8. Oktober, findet in der Eishalle Kloten der 1. Cyathlon statt. Bei dem von der ETH Zürich initiierten Wettbewerb treten Behinderte mit Hightech-Prothesen in sechs Disziplinen an. www.cyathlon.ch