

MEDIZIN

Dem Hirn Beine machen

Roboterprothesen ermöglichen Gelähmten, wieder zu gehen. Die neuesten Geräte lassen sich sogar mit Gedanken steuern. Doch zuweilen entwickeln die Exoskelette einen eigenen Willen.

Als Kind träumte Steve Holbert davon, wie ein Vogel zu fliegen. Der drahtige Texaner wurde zunächst Fallschirmspringer, später Pilot. An einem Herbsttag im Jahr 2009 hob er wieder einmal ab, diesmal mit seinem Motocross-Rad. Er sprang über eine Bodenwelle. Als er aufsetzte, lag eine kaputte Maschine vor ihm – ausweichen unmöglich.

Als Holbert wieder zu sich kam, hingen zwei Fremdkörper an seinem Hintern: seine Beine. Die Brustwirbelsäule war gequetscht – Querschnittslähmung.

Doch neuerdings steht der Rollstuhlfahrer wieder auf und geht. Bei jedem Schritt surren Motoren und quietschen Gelenke. Der Mittfünfziger ist in einem Gehroboter festgeschnallt, einem Zwanzig-Kilo-Ungetüm im Terminator-Design, einem sogenannten Exoskelett namens „NeuroRex“.

Das Besondere daran: Holbert steuert die Stahlbeine allein mit der Kraft seiner Gedanken – ohne Hebel, ohne Sprachbefehle, ohne Krücken. Der Trick: Er hat eine „Brain Cap“ auf, eine Art Badekappe mit 64 Elektroden, die seine Hirnströme messen. Denkt er ans Laufen, läuft die Maschine für ihn, mit ihm. Denkt er: „Füße, haltet an“, stoppt der Roboter.

„Als ich die ersten Schritte machte nach dem Unfall, war diese Freiheit so schön wie mein erster Fallschirmsprung“, sagt er. „Ohne Steve wären wir nicht so weit gekommen“, sagt Jose Luis Contreras-Vidal mit ratterndem, spanisch eingefärbtem Englisch: „Als Pilot kennt er sich gut mit der Steuerung komplizierter Maschinen aus.“

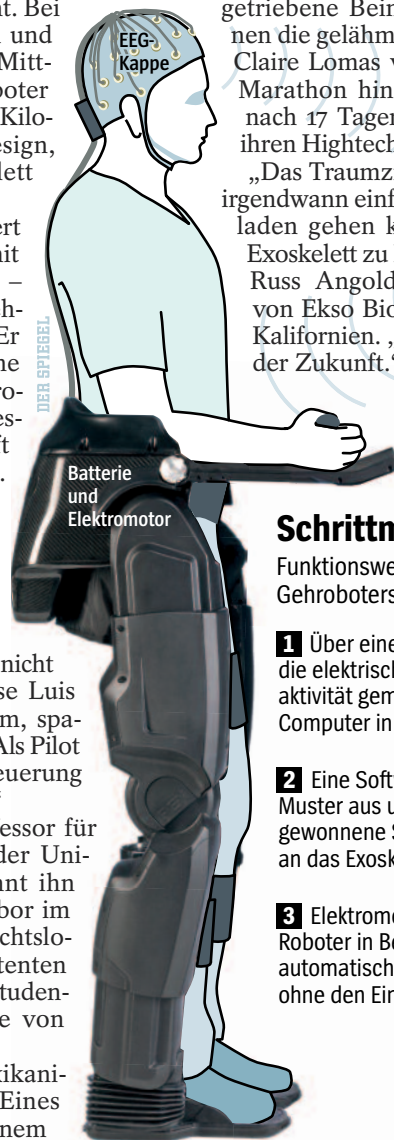
Der schmale Mann ist Professor für Ingenieurwissenschaften an der University of Houston; hier nennt ihn jeder nur Pepe. In seinem Labor im vierten Stockwerk eines gesichtslosen Zweckbaus basteln Assistenten an künstlichen Händen, eine Studentin analysiert die Hirnströme von Balletttänzern.

Pepe wuchs in der nordmexikanischen Stadt Monterrey auf. Eines Tages fiel seine Mutter nach einem

Schlaganfall ins Koma. Er entschied sich, Neurologe zu werden. Heute ist sein hirngesteuerter Gehroboter der Konkurrenz etliche Schritte voraus.

Seit wenigen Jahren überbieten sich Prothesenentwickler weltweit mit Erfolgsmeldungen: Der Autobauer Honda unterstützt Arbeiter, die oft in die Knie gehen müssen, mit Roboterbeinen; der Rüstungskonzern Lockheed Martin bastelt an einem Muskelverstärker („Hulc“), der Soldaten das Schleppen zentnerschwerer Lasten erlauben soll; die israelische Firma

Argo hat ReWalk entwickelt, motorgetriebene Beinschienen, mit denen die gelähmte Geländereiterin Claire Lomas voriges Jahr einen Marathon hinter sich brachte – nach 17 Tagen erreichte sie mit ihren Hightech-Krücken das Ziel. „Das Traumziel wäre, dass man irgendwann einfach in einen Sportladen gehen kann, um sich ein Exoskelett zu kaufen“, schwärmt Russ Angold, ein Mitgründer von Ekso Bionics in Richmond, Kalifornien. „Das sind die Jeans der Zukunft.“



Schrittmacher

Funktionsweise des Gehroboters NeuroRex

- 1 Über eine EEG-Kappe werden die elektrischen Muster der Hirnaktivität gemessen und an einen Computer in der Nähe gefunkt.
- 2 Eine Software wertet die Muster aus und sendet daraus gewonnene Steuerungssignale zurück an das Exoskelett.
- 3 Elektromotoren setzen den Roboter in Bewegung und halten automatisch das Gleichgewicht ohne den Einsatz von Krücken.



EEG-Kappe, „NeuroRex“-Erfinder Contreras-Vidal:

Derlei euphorisches Klappern gehört in der Exoskelett-Branche zum Handwerk wie das Surren und Quietschen ihrer Gehgestelle. Gern beschwören sie biblische Szenen: die Heilung des Gelähmten (Matthäus 9, 6-7) oder sogar die Auferstehung.

Schon in der Vergangenheit gab es derlei Cyborg-Experimente. 1965 stellte die Firma General Electric den „Hardiman“ vor, einen metallischen „Menschenverstärker“, der Soldaten das Heben von 15 Zentner schweren Bomben erlauben sollte. Der Nachteil: Das Gerät selbst wog ebenso viel. Es ging nie in Serie.

Angeheizt wird der heutige Boom der Exoskelette durch neue Bauteile aus Kohlenfasern, kraftvolle Lithiumbatterien, schnelle Prozessoren. Gleichzeitig nimmt die Nachfrage nach hochwertigen Prothesen zu, weil viele Soldaten verstümmelt aus Afghanistan und dem Irak zurückkehren. Und schließlich grassieren die Alterskrankheiten Übergewicht, Diabetes, Schlaganfall.

„Exoskelette werden vielleicht nie dazu taugen, den Rollstuhl zu ersetzen; mit dem NeuroRex schaffe ich nur 120 Meter pro Stunde“, sagt Eugene Alford, ein bärbeißiger Mann mit breitem texanischem Akzent. Und nach zwei Stunden machen die Batterien schlapp.

Alford ist der wohl bekannteste Schönheitschirurg von Texas. Er sitzt in Pepes Labor, weil er an einem kühlen Sonntag im Winter 2007 seine Ranch verschönern wollte. Er setzte sich in seinen orangefarbenen Traktor und rammte absichtlich eine alte Eiche, um sie zu fällen. Der obere Teil des Baums stürzte in die falsche Richtung. Eine halbe Tonne Holz krachte auf seinen Rücken, presste ihn gegen das Lenkrad, zerquetschte ihm Schlüsselbein, Schulter, acht Rippen – und sein Rückgrat. Seitdem sitzt er mit gelähmten Beinen im Rollstuhl.

Der digitale SPIEGEL

Jetzt auch für

Windows 8



In dieser Ausgabe:

Das Geschäft mit der Lust –
Video über Prostitution
in Deutschland

Unschuldig im Todestrakt –
Video über Justizirrtümer
in den USA

Paranoid –
Video-Spezial über die Musik
von Black Sabbath

Die neue Art zu lesen.

- Mit zusätzlichen Hintergrundseiten.
- Mit exklusiv produzierten Videos.
- Mit 360°-Panoramafotos, interaktiven Grafiken und 3-D-Modellen.
- Alles immer schon **ab Sonntag 8 Uhr!**

www.spiegel.de/digital



Einfach scannen und Testangebot sichern – Nutzen Sie dafür unsere App **DER SPIEGEL** mit integriertem QR-Code-Scanner

DER SPIEGEL



Der Konkurrenz etliche Schritte voraus

ROCKY KNEIEN / DER SPIEGEL

Wirkung der Gehroboter. „Exoskelette sind sicher kein Allheilmittel, und sie sind nicht für jeden geeignet“, sagt Grossmann. „In zwei Jahren hoffe ich belastbare Daten zu haben.“

Wie also fühlt es sich an, Pepes Laufroboter zu steuern, allein mit der Kraft der Gedanken? Wer mit der Roboterprothese gehen will, muss zunächst die Hirnkappe aufsetzen; kalt glibbert das leitende Gel der Elektroden auf der Kopfhaut. Immer wieder muss die Kappe nachjustiert werden. Erst nach einer Stunde werden die Beine festgezurt.

Dann beginnt die Trainingsphase, der Roboter stapft ferngesteuert herum. Pepe und seine Assistenten zeichnen die Hirnstrommuster des Probanden auf. Wer ans Gehen denkt, produziert andere Hirnwellen als derjenige, der an Stehen denkt.

Mit etwas Übung gelingt es, die Kontrolle zu übernehmen. Plötzlich surren die Beinprothesen, das Exoskelett schwankt nach rechts, drückt das eine Bein vor, macht mit dem Menschen Schritte wie mit einer Marionette.

Bald gelingt es auch, den Roboter per Gedankenbefehl zum Stehen zu bringen. Die Maschine stoppt. Nach und nach fühlen sich die Stahlbeine fast an wie ein Teil des eigenen Körpers, allerdings klobig wie ein eingeschlafener Fuß.

Immer wieder versagt die Software beim Interpretieren der Hirnströme. Die Laufprothese soll stoppen, doch NeuroRex stapft einfach weiter. Pepe drückt den roten Notknopf, erst jetzt bleibt der Roboter wie angewurzelt stehen.

Selbst wer das Gerät gut mit seinen Gedanken zu steuern vermag, erreicht nur schwerlich eine Trefferquote von 70 Prozent der gedachten Befehle. Viel mehr sei derzeit sogar für gut eingespielte Mensch-Maschine-Teams nicht drin, sagt Jose Luis Contreras-Vidal.

„Das Gehirn ist eine komische Kreatur“, sagt Steve Holbert, der Pilot. Alle paar Tage trainiert er im Labor die Gedankensteuerung der Stahlbeine. Es erinnert ihn ans Training mit der Boeing 737.

Dabei staunt er immer wieder, wie wenig Kontrolle er über sein eigenes Gehirn hat: „Manchmal konzentriere ich mich zu sehr, dann erkennt der Roboter meine Signale nicht mehr.“

Dann plaudert er ein wenig mit Pepe, um sich abzulenken. Wenn er lockerlässt, läuft es wieder rund. Erst der partielle Kontrollverlust gibt ihm die Kontrolle zurück.

„Ich würde mit einem Exoskelett nicht unbedingt am Rand des Grand Canyon spazieren gehen“, sagt Holbert, „noch nicht.“

HILMAR SCHMUNDT

In über 300 Sitzungen schnallte er sich in ein Exoskelett, um das Verkümmern seiner Beine zu verhindern. Heute operiert er wieder Patienten, während er auf einem Spezialrollstuhl sitzt.

„Mit dem Exoskelett bin ich höher als im Rollstuhl, das ist psychologisch enorm wichtig“, sagt Alford. „Bei Stehpartys schaue ich meinen Gesprächspartnern nicht in den Schritt, sondern ins Gesicht, und beim Kochen kann ich in den Topf gucken.“

Doch die vielleicht wichtigste Verbesserung durch ein Exoskelett sei gar nicht das Gehen, sondern der Stuhlgang: Durch die aufrechte Bewegung verbessere sich die Verdauung, ein chronisches Problem bei vielen Rollstuhlfahrern: „Ich fühle mich nicht mehr ständig so voll, sondern kann wieder ein üppiges Thanksgiving-Dinner essen.“

Schon mehrfach hat der Schönheitschirurg Pepes Hirnkappe aufgesetzt, um die Roboterbeine zu testen. „Als ich die ersten Schritte machte, war das wie Magie“, erinnert sich Alford. „Aber drei Tage später ging gar nichts mehr, die Maschine hörte nicht mehr auf zu laufen, ich verlor die Kontrolle – der Horror.“

Doch wenn die Hirnsteuerung noch unzuverlässig ist, wieso setzen die Entwickler nicht einfach auf die Sprachsteuerung? „Die Steuerung über Hirnströme erscheint mir natürlicher, wie beim gesunden Körper“, sagt Alford. „Einerseits steuere ich die Prothese, andererseits wirkt die Interaktion auf mich zurück und trainiert mein Bewegungszentrum im Gehirn wie eine mentale Massage.“

Exoskelette sind teuer, oft kosten sie über 100.000 Euro. Die Krankenkassen zögern, die Kosten zu übernehmen. Der Neurochirurg Robert Grossmann vom Methodist Hospital in Houston plant nun eine der ersten Studien zur medizinischen



Video: So funktioniert das Exoskelett

spiegel.de/app222013exoskelett
oder in der App **DER SPIEGEL**