

## Computer entwerfen Roboter mit evolutionären Methoden selbst

**Waltham** – Einen Schritt weiter in Richtung künstliches Leben gehen Computerexperten der Brandeis University im US-Bundesstaat Massachusetts. Nicht menschliche Ingenieure entwickelten einen Roboter, sondern ein spezieller Computeralgorithmus kreierte die optimale Struktur eines Maschinenwesens, berichtet das Wissenschaftsmagazin „Nature“. Zudem setzte eine kleine automatische Fabrik diesen Bauplan selbstständig um und ließ den Roboter fast ohne menschliche Hilfe entstehen.

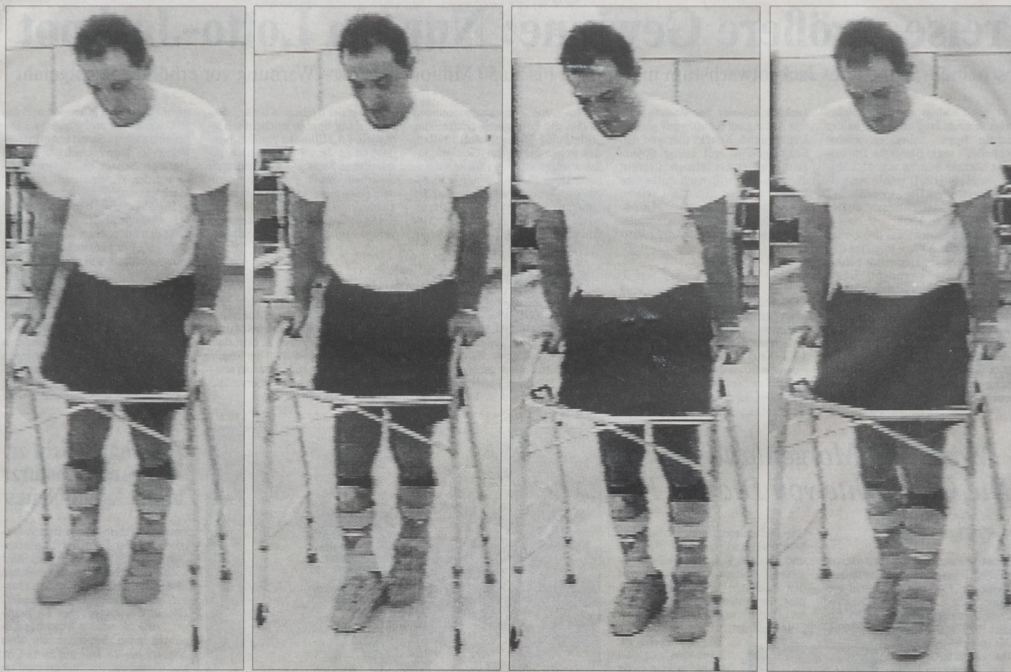
Diese ersten so genannten „polymorphen Roboter“ passen ihre Form den gestellten Anforderungen von selbst an. Gesteuert von einem Computerhirn, sollen sie auch ungewöhnliche und unvorhersagbare Probleme erkennen, die Lösungsmöglichkeiten durchkalkulieren und sich für die beste Lösung rüsten. Bisher sind die ersten Prototypen allerdings noch sehr simple Geräte ohne jegliche Sensoren für die Umgebung. Sie bestehen aus thermoplastischem Kunststoff, aus dem sich beinahe jede beliebige Form schaffen lässt, und wenigen kleinen Elektromotoren, die durch Verlängern oder Verkürzen eines Stabes die Bewegung ermöglichen.

Zu Beginn des Evolutionsprozesses existiert nicht mehr als eine Idee und das Rohmaterial. Hod Lipson und Jordan Pollack, Leiter des Projektes „Golem“, beauftragen ein neuronales Netzwerk mit einer einfachen Aufgabe: einen Körper aus geraden Stäben und Kugelgelenken berechnen, der mit nur einem Bein und einem Zylindermotor von der Stelle kommt.

„Der Roboter muss nur einen Weg finden, sich zu bewegen“, so Lipson. Dann spielt das Computerhirn Evolution. Es berechnet eine Vielzahl unterschiedlichster Möglichkeiten, bis sich am Ende der Verzweigungen jeweils eine „beste“ Version herauskristallisiert. Das Überleben des Stärksten, der dem Umfeld angemessenen Struktur.

Auch das Hirn selbst kann sich dabei weiterentwickeln. Die Varianten des Prototyps erfüllen ihre Aufgabe auf verschiedenste Weise: Einige schieben mit einem zusätzlichen Bein vorwärts, andere winden sich wie ein Fisch auf dem Trocknen, wieder andere kriechen krabbenähnlich seitwärts. Dank einer erfolgreichen Technologie aus der Automobilindustrie nehmen die Ideen Gestalt an. Das so genannte „rapid prototyping“ ermöglicht es, sehr schnell komplexe dreidimensionale Formen herzustellen. Ein 3D-Drucker schichtet für ein berechnetes Modell Lage für Lage eines thermoplastischen Materials übereinander. Auf diese Weise lassen sich sogar komplizierte Anordnungen verwirklichen, auch einfache Kugelgelenke innerhalb der Struktur sind möglich. Der Roboter ist bereit zur Bewegung, sobald er aus dem Drucker kommt“, berichtet Lipson. Nur die kleinen Motoren muss noch ein Mensch ins Kunststoffgehäuse einbauen. **usa**

Roboter im Internet:  
[www.demo.cs.brandeis.edu/golem](http://www.demo.cs.brandeis.edu/golem)



Angelo Colombo (34) ist Maler und Amateurböxer. Vor fünf Jahren stürzte er vom Dach, saß selbster im Rollstuhl. Professor Giorgio Brunelli verband seine Armmerven mit bestimmten Hüftmuskeln. Mühsam lernte er, gezielt Arme und Beine zu bewegen. Jetzt macht er wieder eigene Schritte – allerdings braucht er dafür eine Gehhilfe

## Neue Hoffnungen für Querschnittsgelähmte

Körpereigenes Nervengewebe überbrückt Defekt an Wirbelsäule – Mehr Beweglichkeit im Alltag

VON CLAUDIA EHRENSTEIN

**Berlin** – Der italienische Neurochirurg Giorgio Brunelli hat mit seiner neuen Methode zur Behandlung querschnittsgelähmter Patienten auf dem internationalen Wirbelsäulen-Kongress „World Spine I“ in Berlin für großes Aufsehen gesorgt. Sie ermöglicht den Betroffenen zwar nur eine sehr begrenzte Beweglichkeit. „Aber das sei für jemanden, der seit Jahren an der Rollstuhl gebunden ist, schon ein großer Gewinn“, meint Kongresspräsident Mario Brick, Neurochirurg am Berliner Universitätsklinikum Benjamin Franklin.

Obwohl Brunelli an der Universität von Brescia schon seit zwei Jahrzehnten an Therapien für Querschnittsgelähmte arbeitet, war er in Fachkreisen bislang ein Unbekannter. Jeder Wirbelsäulenspezialist konzentriert sich auf sein Spezialgebiet“, sagt Brock. So hat Brunelli seine Methode zwar schon auf verschiedenen kleineren Kongressen vorgestellt. Aber erst „World Spine I“ habe ihm eine interdisziplinäre Zuhörerschaft geboten, so Brock. „Diese Spezialisten zusam-

mengebracht zu haben ist der größte Erfolg des Kongresses.“

Brunelli hat drei Äste des jeweiligen Nerven, der zu den Armen führt, durch Nerventransplantate verlängert und dann mit jeweils drei motorischen Nerven der rechten und linken Beinmuskulatur verbunden. Das Verknüpfen von Nerven ist heute fast schon medizinische Routine. Der Patient muss anschließend jedoch mühsam trainieren, diese Muskeln dann auch gezielt zu bewegen.



Professor Giorgio Brunelli (75) von der italienischen Universität Brescia. Er entwickelte die neue Therapie zur Behandlung Querschnittsgelähmter

FOTO: ALABISO

Zieht sich der Muskel an der Oberseite der Oberschenkel zusammen, wird dieser nach vorn gezogen. Zieht sich anschließend der Muskel an der Außenseite des Gesäßes zusammen, streckt sich der

Oberschenkel nach hinten. Die Kontraktion eines Muskels an der Innenseite des Gesäßes sorgt für die Stabilität der Hüfte. Auf diese Weise kann der Patient ein primitives Gehen erlernen. Das sei eine Hilfsmethode für den Alltag, meint Brock. Kein Anlass zu Euphorie – aber die Fachwelt werde jetzt mit Neugierde nach Italien schauen, um zu sehen, ob sich die Methode als erfolgreich erweist.

Bislang hat Brunelli vier Patienten operiert, sechs weitere sollen noch folgen. Dann will Brunelli erstmal zwei Jahre abwarten und sehen, ob seine Methode auch in allen Fällen Erfolg hat. Ein 34-jähriger Mann könne aber inzwischen bereits wieder bis zu 60 Schritte zurücklegen und sogar Auto fahren, berichtete Brunelli.

Der Preis für diese Beweglichkeit der Beine und mehr Selbständigkeit der Patienten ist jedoch ein teilweiser Funktionsverlust der Arme. Pro-

fessor Johannes Hellinger, Orthopäde und Chirurg in München, meint jedoch, dass die Methode Brunellis bislang nur für eine sehr begrenzte Anzahl von Patienten infrage kommt. „Sie brauchen einen sehr starken Willen, um Arme und Beine wieder zu trainieren“, so Hellinger.

„Schon ein wenig mehr Beweglichkeit ist für Querschnittsgelähmte ein großer Gewinn.“

Der Nachteil der Methode: „Sie löst nicht das eigentliche Problem der Querschnittslähmung“, sagt Hellinger. Jedes Jahr lauten allein in Deutschland für rund 1500 Patienten die Diagnose Querschnittslähmung. Ursache für die Durchtrennung des Rückenmarks ist meist ein schwerer Unfall.

Nur in seltenen Fällen führen Tumorerkrankungen an der Wirbelsäule zu einer Querschnittslähmung.

Bislang ist es Wissenschaftlern nicht gelungen, zerstörtes Nervengewebe im Rückenmark von Patienten wieder zu verbinden. Doch es gibt neue, viel versprechende Forschungsansätze. So haben Forscher

der Universität Magdeburg in Versuchen mit Ratten Muskelgewebe präpariert und zwischen die zerstörten Nervenfasern gesetzt. Durch mehrfaches Erhitzen und Abkühlen veränderten sie die Struktur des Muskelgewebes, es verwich mit den Nervenzellen. Die gelähmten Tiere konnten wieder laufen.

Auch britische Neurowissenschaftler experimentierten mit querschnittsgelähmten Ratten. Sie injizierten den Tieren verschiedene Nervenwachstumsfaktoren ins Gehirn. Daraufhin begannen die Enden der durchtrennten Nerven im Rückenmark wieder auszusprosseln. Die Lähmungen bildeten sich zumindest teilweise zurück. Einen anderen Forschungsansatz bieten die embryonalen Stammzellen. US-Forscher haben in Versuchen mi-

Erste Versuche mit Menschen, bei denen durchtrennte Nervenenden wieder verbunden werden sollen, finden in Israel statt. Michael Schwartz vom Weizmann-Institut hat Immunzellen speziell präpariert. Sie sollen den Patienten injiziert werden und das Wachstum der zerstörten Nervenzellen im Rückenmark anregen.

## Kopftransplantation könnte auch für Krebs-Patienten eine Rettung sein

VON CLAUDIA EHRENSTEIN

**Dresden** – Er ist kein Dr. Frankenstein, auch kein überdrehter Exzentriker. Der 75-jährige US-Chirurg Robert J. White wirkt bescheiden und zurückhaltend. Ein charmanter älterer Herr. Das Bild passt so gar nicht zu seinem schaurigen Vorhaben: White will den Kopf eines Querschnittsgelähmten auf den gesunden Körper eines hirntoten Menschen transplantieren.

Rund 250 Zuhörer waren am Mittwochabend in das Deutsche Hygiene Museum in Dresden gekommen, um mehr über Whites Pläne zu erfahren. Gemeinsam mit dem Bonner Neurophysiologen Detlef B. Linke diskutierte er über „Kopftransplantation und Hirnverpflanzung“. Seit Jahrzehnten werde nach Therapien gesucht, um Rückenmarksverletzungen zu heilen, so White. Bislang jedoch ohne größeren Erfolg. Vor allem Patienten mit einer hohen Querschnittslähmung unterhalb der Halswirbel sind jedoch nach langjähriger Krankheit von akutem Organversagen bedroht. Nur ein neuer Körper kann sie vor dem Tod retten.

Eben diesen Patienten will White mit einer Kopf-Verpflanzung helfen. Sachlich kühl stellt er seine Experimente mit Affen vor, zieht das Publikum in seinen Bann und entlockt ihm ab und zu sogar ein Lachen. Das Wissen für die Transplantation ist vorhanden, die Technik steht bereit. White fehlt nur noch das Geld. „Die Transplantationsmedizin ist erst 50 Jahre alt“, sagt er. „Wer weiß, was uns in den nächsten 50 Jahren alles erwartet.“

Die Gesellschaft müsse sich mit ihren ethischen Debatten denn auch so früh wie möglich der Science Fiction widmen, meint Professor Detlef Linke. „Nur so können wir entscheiden, was wir wollen.“ So sollte angesichts der Fortschritte in der Xenotransplantation diskutiert werden, ob ein Menschenkopf auf einen Tierkörper verpflanzt werden dürfe. Wenn es gelingt, durchtrennte Nerven im Rückenmark wieder zu verbinden, würden Kopftransplantationen eine neue Dimension bekommen. Krebspatienten könnten ihren kranken durch einen gesunden Körper ersetzen, ohne für ihr Leben den Preis einer Querschnittslähmung zahlen zu müssen.

## WISSENSCHAFT KOMPAKT

KLIMA

### Erwärmung gefährdet ein Drittel der Naturlräume

Die globale Erwärmung wird laut einer Studie bis zum Ende dieses Jahrhunderts ein Drittel aller Naturlräume verändern und die Existenz vieler Tier- und Pflanzenarten bedrohen. Gemäß einer vom World Wide Fund for Nature (WWF) vorgestellten Untersuchung sind besonders die Arktis und andere nördliche Klimazonen betroffen. Der Bericht macht vor allem den Ausstoß von Treibhausgasen wie Kohlendioxid für den Klimawandel verantwortlich. **AP**