

SPIEGEL ONLINE

10. Januar 2010, 16:04 Uhr

Künstliche Körperteile

Mensch und Maschine wachsen zusammen

Von Josh Fischman

Menschen mit Roboterarmen, künstlichen Augen und mechanischen Beinen sind inzwischen keine Zukunftsvision mehr: Mediziner und Ingenieure werden immer besser darin, Prothesen direkt mit dem menschlichen Nervensystem zu verdrahten - und sie damit zu neuen Körperteilen zu machen.

Amanda Kitts betritt das Zimmer eines Kindergartens bei Knoxville in Texas. Sofort wuseln die Vier- und Fünfjährigen um sie herum. Die schlanke Erzieherin stützt ihre Hände auf den Knien ab und wendet sich einem der Mädchen zu. Ein paar Kinder kreischen: "Der Roboterarm!" "Das habt ihr euch gemerkt, was?", erwidert Kitts und streckt den linken Arm aus. Sie dreht die Handfläche nach oben. Ein leises Surren ist zu hören. Wenn man nicht genau aufpasst, bemerkt man es gar nicht. Als sie den Ellbogen beugt, surrt es wieder. Ein Junge greift vorsichtig nach dem Arm. Was er anfasst, ist fleischfarbener Kunststoff, der leicht nach innen gebogene Finger bedeckt. Darunter verbergen sich drei Motoren, eine Metallkonstruktion und ein Geflecht hoch entwickelter Elektronik. Die Prothese endet erst am Oberarm, auf Höhe des Bizeps: Eine weiße Kunststoffmanschette umschließt den Armstumpf. Den Rest hat sie 2006 bei einem Autounfall verloren.

Allerdings nicht ganz. Ein Bild des vollständigen Arms - eines Phantoms - existiert noch in ihrem Gehirn, unterhalb der Ebene des bewussten Denkens. Wenn Kitts sich vorstellt, sie würde den Ellbogen beugen, erzeugt ihr Gehirn Nervenimpulse, die von den elektrischen Sensoren in der weißen Manschette aufgenommen und in Signale zur Steuerung der Motoren umgewandelt werden. Und dann beugt sich der künstliche Ellbogen. Kitts gehört zu den "Menschen von morgen", Menschen, bei denen fehlende oder geschädigte Körperteile durch technische Geräte ersetzt werden. Die sind so mit dem Nervensystem verbunden, dass sie auf Befehle des Gehirns ansprechen. Solche Apparate bezeichnet man als neuronale Prothesen. Immer gängiger wird dafür auch der Begriff Bionik - das Zusammenspiel von Biologie und Elektronik.

Der bionische Arm von Amanda Kitts wird direkt vom Gehirn gesteuert. Grundlage ist eine Methode, die als "gezielte Neuinnervierung von Muskeln" bezeichnet wird. Dabei kontrollieren Nerven, die nach einer Amputation verblieben sind, eine Prothese. Das Verfahren wurde 2002 erstmals an einem Patienten erprobt. Tommy Kitts, Amandas Mann, las 2006 etwas darüber. Seine Frau lag gerade im Krankenhaus. Ein Lastwagen hatte nicht nur ihr Auto zermalmt, sondern auch ihren linken Arm: Ellbogen, Unterarm, Hand - alles zerquetscht.

Am Reha-Institut in Chicago ist der Arzt und [Medizintechniker](#) Todd Kuiken für den bionischen Arm zuständig. Er wusste, dass die Nerven in einem Armstumpf die Signale des Gehirns noch übertragen können. Auch dass ein Computer in einer Prothese die Extremität mithilfe von Elektromotoren bewegen kann. Das Problem war die Verbindung. Nerven leiten elektrische Ströme, aber man kann sie nicht einfach an Computerkabel anschließen. Nervenfasern und Metalldrähte vertragen sich nicht. Und eine offene Wunde, durch die ein Kabel in den Körper führt, könnte ein Einfallstor für Infektionen sein.

Kuiken brauchte also etwas, um die Nervensignale auf die Kabel der Prothese zu übertragen. Seine Lösung: die Muskeln. Wenn Muskeln sich zusammenziehen, erzeugen sie einen elektrischen Impuls. Den kann man mit einer auf der Haut angebrachten Elektrode aufnehmen. Kuiken entwickelte ein Verfahren, Nerven von der Amputationsstelle zu intakten Muskeln umzuleiten. Sie liefern nun die Signale zur Steuerung der Prothese.

Millimeter für Millimeter wachsen die Nerven in ihr neues Umfeld hinein

Bei Amanda Kitts rettete Kuiken zunächst die Enden von Nerven, die sich früher längs durch den ganzen Arm gezogen hatten. "Sie waren ursprünglich dazu da, den Arm und die Hand zu bewegen. Ein Chirurg hat sie mit vier anderen Muskelregionen im Rest des Oberarms verbunden", berichtet Kuiken. Millimeter für Millimeter

wuchsen die Nerven in ihr neues Umfeld hinein. "Nach drei Monaten bemerkte ich ein Prickeln und Kitzeln", erzählt Kitts. "Nach vier Monaten spürte ich Teile meiner amputierten Hand, wenn ich den Oberarm berührte. Je nachdem wo ich ihn anfasste, fühlte ich die einzelnen Finger." Was sie wahrnahm, waren Teile des Phantomarms in ihrem Gehirn, der jetzt mit neuen Muskeln verbunden ist. Wenn Kitts sich vorstellte, sie würde die Finger bewegen, die sie gar nicht mehr hat, zogen sich in Wirklichkeit Muskeln im Oberarm zusammen. Einen Monat später bekam sie ihren ersten bionischen Arm.

Die Manschette für den Stumpf ist mit Elektroden ausgestattet, die Signale von den Muskeln aufnehmen. Sie sollen in Befehle für Ellbogen- und Handbewegungen umgesetzt werden. Dazu muss ein [Mikrochip](#) in der Prothese das richtige Signal erkennen und an den entsprechenden Motor schicken. Aber welches Kommando bedeutet "Streck den Ellbogen" oder "Dreh das Handgelenk"? Kitts' Phantomarm muss helfen, das herauszufinden. Der Computer merkt sich die Muskelsignale, die bestimmte Bewegungen auslösen. Damit wird die Prothese programmiert. Wenn Amanda Kitts sich künftig eine bestimmte Aktion vorstellt, werden diese Signale die entsprechenden Motoren antreiben.

Eric Schremp braucht keine künstlichen Hände. Er möchte nur, dass seine eigenen funktionieren. Der heute 40-Jährige hat sich 1992 das Genick gebrochen; seitdem ist er querschnittsgelähmt. Dennoch kann er seit kurzem wieder Messer und Gabel benutzen. Dabei hilft ihm ein Implantat, das Hunter Peckham entwickelt hat, ein Medizintechniker an einer Privatuniversität in Cleveland.

Bei Schremp sind die Fingermuskulatur und die Nerven zu ihrer Steuerung noch intakt, aber die vom Gehirn kommenden Signale werden am beschädigten Rückenmark im Hals blockiert. Peckham verlegte nun acht haarfeine Elektroden von Schremps Brustkorb unter der Haut des rechten Arms bis in die Muskeln der Finger. Wenn ein Muskel in seinem Brustkorb zuckt, löst er ein Funksignal aus. Das wird zu einem Computer gesendet, der am Rollstuhl hängt. Der Computer interpretiert das Signal und funkt es zu einem Empfänger in Schremps Brustkorb zurück. Von dort läuft dann ein Kommando über Drähte durch den Arm in die Hand und befiehlt den Fingermuskeln, sich zu schließen - alles innerhalb einer Millisekunde. "Ich kann nun wieder eine Gabel halten und allein essen", erzählt Schremp. "Das bedeutet mir sehr viel." Erst 250 Patienten kamen bisher in den Genuss dieser experimentellen Technik.

Cochlea-Implantat: Das elektronische Ohr

Dagegen hat ein anderes bionisches Gerät bereits bewiesen, dass die Verbindung von Mensch und Maschine dauerhaft funktionieren kann. Dieses Gerät ist das Cochlea-Implantat, eine Art elektronisches Ohr. Weltweit leben schon 200.000 Personen damit. Einer der jüngsten Empfänger ist der knapp zweijährige Aiden Kenny. Tammy, seine Mutter, erfuhr vor einem Jahr, dass ihrem Baby mit Hörgeräten nicht zu helfen sei. "Einmal hat mein Mann sogar Kochtöpfe gegeneinander geschlagen, weil er auf eine Reaktion hoffte."

Damals hörte Aiden den Lärm nicht. Heute schon. Im Februar 2009 fädelten Chirurgen am Johns-Hopkins-Hospital dünne Leitungen mit jeweils 22 Elektroden in seine Ohren, genauer gesagt in die Cochlea. Das ist jener Teil des Innenohrs, in dem die Schallschwingungen auf den Gehörnerv übertragen werden. Bei Aiden nimmt ein Mikrofon die Geräusche auf und sendet sie als elektrische Impulse an die Elektroden. Die stimulieren dann den Hörnerv. "Als die Ärzte das Implantat einschalteten, haben wir sofort gemerkt, dass unser Sohn auf Geräusche reagiert", erzählt Tammy Kenny. Da Aiden nun hören kann, lernt er auch das Sprechen und wird den Vorsprung der Gleichaltrigen bald eingeholt haben.

Nicht ganz so weit wie die bionischen Ohren sind bionische Augen. Doch auch hier gibt es verblüffende Fortschritte. Bei erblindeten Patienten senden auf die Netzhaut implantierte Chips visuelle Reize an den Sehnerv und geben so einen Teil des Sehvermögens wieder zurück. Erblindete konnten nach dem Einsetzen des Chips bereits wieder grobe Umrisse ihrer Umwelt erkennen. Die Wissenschaftler sind zuversichtlich, das Sehvermögen durch eine Erhöhung der Elektrodenanzahl auf den Chips weiter zu erhöhen.

URL:

<http://www.spiegel.de/wissenschaft/natur/0,1518,669567,00.html>

MEHR AUF SPIEGEL ONLINE:

Neuartige Prothese: Chirurgen transplantieren Roboter-Hand (02.12.2009)

<http://www.spiegel.de/wissenschaft/medizin/0,1518,664784,00.html>

Gedanken steuern Computer: Der heiße Draht zum Hirn (26.11.2009)

<http://www.spiegel.de/wissenschaft/medizin/0,1518,663300,00.html>

© SPIEGEL ONLINE 2010

Alle Rechte vorbehalten

Vervielfältigung nur mit Genehmigung der SPIEGELnet GmbH