



Fühlen mit einer Kunsthand: Was in Freiburg entwickelt wurde, soll jetzt weltweit wiederholt werden.

HIRN AN PROTHESE: »BEWEG DICH«!

WIE ZWEI FREIBURGER FORSCHER DEN MENSCHEN ENGER MIT PROTHESEN VERNETZEN WOLLEN

Welche Sprache spricht das Gehirn? Das will der Freiburger Wissenschaftler Stefan Rotter herausfinden. Schafft er das, könnten Forscher eines Tages in dieser Sprache Steuersignale erzeugen, damit die Menschen ihre künstlichen Gliedmaßen besser bewegen können. Ein ähnliches Ziel hat auch Thomas Stieglitz, der vor einem Jahr mit Kollegen einen großen Erfolg feierte: Sie ermöglichten einem Patienten mit künstlicher Hand das Greifen und Fühlen. Das, was in Freiburg gelungen ist, soll jetzt weltweit mit anderen Handamputierten wiederholt werden. Das chilli hat mit beiden Forschern gesprochen.

Der Wecker klingelt und schlaftrunken tasten wir danach. Der Kollege erzählt von seinen Sommerplänen, und wir steuern eine Anekdote aus dem vergangenen Italienurlaub bei. Das Abendessen kommt auf den Tisch, und wir schnuppern Curry, Ingwer und Koriander, ehe wir sie auf der Zunge schmecken. Egal, was wir den ganzen Tag lang tun, ob wir uns bewegen, erinnern oder Sinnesindrücke verarbeiten, in unserem Gehirn passiert jedes Mal das Gleiche: Milliarden von Nervenzellen kommunizieren miteinander in hoch komplexen Netzwerken. Und sorgen so dafür, dass wir genau das tun können: den Wecker ausschalten, uns den tollen italienischen Strand ins Gedächtnis rufen, das Essen mit allen Sinnen genießen.

Wie aber funktioniert das Ganze? Wie sind solche Netzwerke strukturiert und wie beeinflusst diese Struktur die Funktion unseres Gehirns? Das sind Fragen, mit denen sich Rotter beschäftigt. „Es ist eine eigene Sprache, die unser Gehirn spricht, und wir versuchen, diese zu dekodieren“, sagt der Professor für Computational Neuroscience, also Theoretische und Computergestützte Neurowissenschaften, an der Fakultät für Biologie der Freiburger Universität und am hiesigen Bernstein Center.

Lange hat er sich etwa angeschaut, wie das Gehirn Befehle an einen Muskel gibt, sich jetzt anzuspannen oder zu entspannen. „Wenn wir diese erkennen und übersetzen können, dann könnten wir selbst Steuersignale erzeugen und so Menschen helfen, die künstliche Gliedmaßen haben“, erklärt Rotter. Er ist von Haus aus Mathematiker und bedient sich also auch deren Methoden, um das, was im Gehirn auf elektrischer Ebene passiert, in Computermodellen nachbilden zu können.

Der „Gedanke“ des Gehirns, die linke Hand heben zu wollen, würde – so die Idee – mit Hilfe von elektrischen Impulsen auf die Prothese übertragen werden. Umgekehrt müsste auch die Prothese dem Gehirn rückmelden: Hat geklappt, ich bewege mich in diese Richtung.

Das alles geschieht in Bruchteilen von Sekunden und baut auf einer wichtigen Eigenschaft des Gehirns auf: sich lebenslang zu verändern und neue Dinge zu lernen. Nur deshalb können wir

auch mit 50 noch einen Sprachkurs in Angriff nehmen oder uns an eine völlig unbekannt Sportart herantrauen. Rotter und Kollegen nahmen die für die Bewegung zuständigen Netzwerke unter die Lupe und stellten verwundert fest: Die neuronalen Signale scheinen sehr unzuverlässig geschickt zu werden.

„Man könnte das fast schon schlampig nennen. Aber dennoch können sie sehr zuverlässig Bewegung steuern“, sagt Rotter. Tritt man einen Schritt zurück und betrachtet nicht ein einzelnes Neuron, sondern große Netzwerke, ist von Schlampigkeit keine Spur. Dennoch erschwert diese scheinbare Willkür im Kleinen den Forschern ihre Arbeit immens: Ein nicht klar definierbares Signal lässt sich nur mit besonderen Methoden nachbilden.

In den sensorischen Systemen im Gehirn sind andere Aspekte wichtig. „Hier ist deutlich mehr über die Struktur dieser Netzwerke bekannt, und wir haben uns diese mal aus theoretischer Perspektive angeschaut“, sagt Rotter. Am Beispiel des Sehsystems von Ratten und anderen Nagetieren wollten die Forscher herausfinden, inwiefern sensorische Erfahrungen – hier das Sehen – das Gehirn strukturieren oder eben nicht. „Es hätte ja sein können, dass unser Gehirn mit einem fertigen Netzwerk geboren wird und sich da ein Leben lang nichts mehr verändert“, erzählt Rotter. Dass dem nicht so ist, haben erst kürzlich Wissenschaftler etwa mit optogenetischen Methoden zeigen können.

Bei dieser recht jungen Technik können Nervenzellen mittels Licht gesteuert und an- und ausgeschaltet werden. Rotter und sein Team haben untersucht, ob es möglich wäre, dass Ratten und Mäuse mit einem zufällig verdrahteten Seh-Netzwerk auf die Welt kommen. Die Seherfahrung führt dann zu einer Verbesserung der Codierung: Spezifische Kopplungen zwischen Zellen, die für bestimmte Aufga-

ben gebraucht werden, werden gestärkt, unspezifische geschwächt. Durch das tägliche Sehen findet quasi ein Feintuning im Gehirn statt. „Wir haben in unseren Simulationen gesehen, dass ähnliche Zellen stärker verbunden werden als unähnliche, sie arbeiten effektiver zusammen. Dadurch entstehen Synergien, die eine bessere Wahrnehmung ermöglichen.“

Diese Entdeckung hilft den Forschern zu verstehen, wo genau im Gehirn wann welche Signale entstehen und wie die Netzwerke zusammenarbeiten. Eines Tages, so hofft der Biologe, wird man auch die Ursprünge von Bewegung verstehen und die Aktivität des Gehirns erfolgreich in technische Signale umsetzen können, die den Befehl zum Handheben geben.

SIGNAL VOM BLASEBALG ANS GEHIRN

Menschen mit künstlichen Gliedmaßen das Leben zu erleichtern, ist auch das Ziel von Thomas Stieglitz. Der Inhaber der Professur für Biomedizinische Mikrotechnik am Uni-Institut für Mikrosystemtechnik hat vor gut einem Jahr einen großen Erfolg mit Kollegen gefeiert: Es war ihnen gelungen, einem Patienten mit künstlicher Hand das Greifen und Fühlen zu ermöglichen. „Das hat viel besser funktioniert, als wir uns das vorgestellt hatten“, sagt Stieglitz, der fünf Jahre daran geforscht und die Technik mit einer internationalen Forschergruppe perfektioniert hat.

Einem Patienten, dem Hand und Unterarm amputiert worden waren, sind jeweils zwei winzige Elektroden in die beiden Oberarmnerven nervus medianus und nervus ulnaris eingesetzt worden. Diese geben Informationen über die Objekte, die

der Patient greift, per elektrischem Impuls über den Nerv ans Gehirn weiter. So weiß der Patient ohne hinzusehen, dass er eine Mandarine in der Hand hält. „Stellen Sie sich zwei Blasebalge vor“, sagt Stieglitz, „der eine sitzt an einem Finger. Wenn Sie damit auf ein Glas drücken, gibt er auf eine andere Art nach, als wenn sie auf eine Mandarine drücken.“

Diese Luft wird weitergeleitet an den zweiten Blasebalg im Oberarm, von hier geht das Signal dann ins Gehirn. Ziel der Forscher um Stieglitz war es, so nah wie möglich an das Fühlen heranzukommen, das vor der Amputation möglich war. „Wir waren uns nicht sicher, ob der Patient nach neun Jahren ohne Hand überhaupt noch sagen kann, was er fühlt, und wussten auch nicht, ob das Hirn gleich anspringt, wenn von diesen Nerven plötzlich wieder Impulse kommen.“

Das, was in Freiburg bei einem Patienten gelungen ist, soll jetzt weltweit mit anderen Handamputierten wiederholt werden. Ein Problem: Die exakte Stelle, an der Elektroden in die Nerven eingebracht werden müssen, schwankt von Mensch zu Mensch. In jedem der beiden in Frage kommenden Nerven gibt es rund 30 Nervenfaserbündel, jedes besteht aus 10.000 bis 20.000 Nervenfasern. „Wir wollen in die Bündel, müssen da aber nach dem Prinzip Versuch und Irrtum vorgehen. Während die einzelnen Bündel stimuliert werden, wird der Patient gefragt, ob und was er dabei fühlt“, sagt Stieglitz.

Immerhin bekämen die Forscher so ganz nebenbei ein besseres Verständnis für das Phänomen Fühlen. Wenn Stieglitz und seine Kollegen weiter so erfolgreich sind, können Amputierte ihre Prothesen in einigen Jahren ganz natürlich bewegen. „Das klingt vielleicht recht unspektakulär“, sagt Stieglitz, „aber für uns wäre das ein Riesendurchbruch.“

Claudia Füßler

Zwei Forscher, ein Auftrag: Thomas Stieglitz (linkes Bild, Mitte) und Stefan Rotter (r.) arbeiten am komplexesten Netzwerk: dem Gehirn.

