

Ein Chip im Kopf gibt Kranken Hoffnung

Von Lucian Haas



Ein Neuro-
implantat wird
eingesetzt.
Bei diesem
Eingriff – hier
eine Simulation –
operieren die
Ärzte meist mit
Robotern, weil
sie präziser
arbeiten als
die mensch-
liche Hand

Auf dem Tisch liegt eine künstliche Hand. Davor sitzt der querschnittsgelähmte Matt Nagle in seinem Rollstuhl. Er versucht sich zu konzentrieren. Doch das ist nicht leicht, weil er von einer Gruppe von Wissenschaftlern beobachtet wird. Aber Nagle will es wissen. Starr richtet er seinen Blick auf die leblose Prothese und lässt seine Gedanken um den verabredeten Befehl kreisen: »Schließen, schließen, s c h l i e ß e n...«

Nach einigen Versuchen fängt die Roboterhand an zu zucken. Zeigefinger, Mittelfinger und Daumen beugen sich, bis sie aufeinander treffen, als wollten sie einen Stift halten. »Nicht schlecht, Mann, echt nicht schlecht«, murmelt Nagle anerkennend. Er hat soeben Medizingeschichte geschrieben, an diesem Tag im Herbst 2004: Er ist der erste Mensch, der mit Hilfe eines Chips in seinem Gehirn künstliche Gliedmaßen steuern kann.

Drei Jahre zuvor war Nagle in ein Handgelenge geraten. Ein Angreifer zückte ein zwanzig Zentimeter langes Messer und stieß zu. Die Klinge rammte sich in Nagles Hals und verletzte einen Wirbel. Seither ist der US-Amerikaner (Bild Seite 70) vom Genick an vollkommen gelähmt.

Zwei Jahre lang lag Nagle steif und tatenlos im Bett. Eine Qual für jemanden, der zuvor als eines der größten Talente in der Football-Mannschaft seiner Highschool in Weymouth, Massachusetts, galt. Dann stimmte der heute 26-Jährige zu, an einem medizinischen Versuch teilzunehmen. Die Frage war: Ist es möglich, dass Menschen den Cursor eines Computers allein über Nervensignale steuern können? Nervensignale, die über eine Schnittstelle direkt aus ihrem Gehirn abgezapft werden?

Nagle bekam etwas oberhalb des rechten Ohrs einen »Braingate« genannten Chip unter die Schädeldecke implantiert. Dort sitzt der motorische Cortex – jener Teil des Gehirns, der Bewegungen koordiniert. Aus dem Chip von der Größe einer Aspirin-Tablette ragen 96 haarfeine Elektroden in das Nervengewebe hinein. Sie empfangen die elektrischen Signale der Neuronen in ihrer Nähe.

In Nagles Schädelknochen ist ein Schraubsockel aus Titan eingebettet. Er stellt die Verbindung zwischen Braingate und einem Datenkabel mit dem Computer her. Sobald die Nerven feuern, werden die Signale an die Elektronik weitergeleitet. Eine Software analysiert ständig die Abfolge der Impulse. Bestimmte Muster der Nervenströme übersetzt der Computer dann in Befehle. Auf diese Weise kann Nagle heute nicht nur die Programme eines Fernsehers mit Gedankenkraft steuern, sondern eben auch Kunst Hände greifen lassen.

Der Braingate-Chip in Nagles Kopf ist eine Entwicklung der US-Firma Cyberkinetics. Wenn klinische Studien mit weiteren Patienten erfolgreich verlaufen, soll die Gehirnschnittstelle in fünf Jahren auf den Markt kommen. Die Vision von Timothy Surgenor, dem Geschäftsführer der Firma: Allein mit der Kraft ihrer Gedanken werden Behinderte dann Rollstühle bedienen, die mit künstlichen Greifarmen ausgestattet sind.

Es klingt so, als würden die biblischen Geschichten von Wunderheilungen bald Realität: Lahme können wieder gehen, Blinde wieder sehen und Taube wieder hören. Am weitesten vorangeschritten ist die Entwicklung von Neurochips für den Hörsinn. Mit speziellen Innenohr-Prothesen, so genannten Cochlea-Implantaten, sind selbst vollkommen taube Menschen in der Lage, wieder Geräusche wahrzunehmen.

Normalerweise wandeln spezielle Haarzellen in der Hörschnecke eines Ohres, der so genannten Cochlea, alle Klänge in elektrische Signale um, die über den Hörnerv an das Gehirn weitergegeben

Blinde können wieder sehen, Gelähmte ihre Glieder bewegen, und Depressive werden fröhlich: Was nach einem Wunder klingt, wird immer häufiger Wirklichkeit – dank raffinierter Verbindungen zwischen Gehirn und Elektronik

werden. Doch diese Sinneszellen können durch Krankheiten oder als Nebenwirkung bestimmter Medikamente zerstört werden. Bei manchen Menschen sind defekte Haarzellen auch schlicht angeboren. Klassische Hörgeräte sind in solchen Fällen nutzlos, da sie nur elektronisch verstärkten Schall liefern, der dann im Ohr nicht weiter verarbeitet wird.

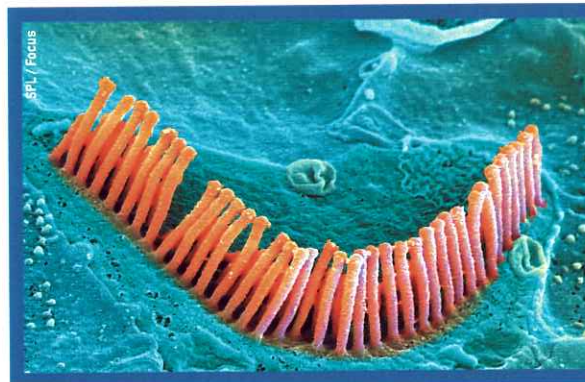
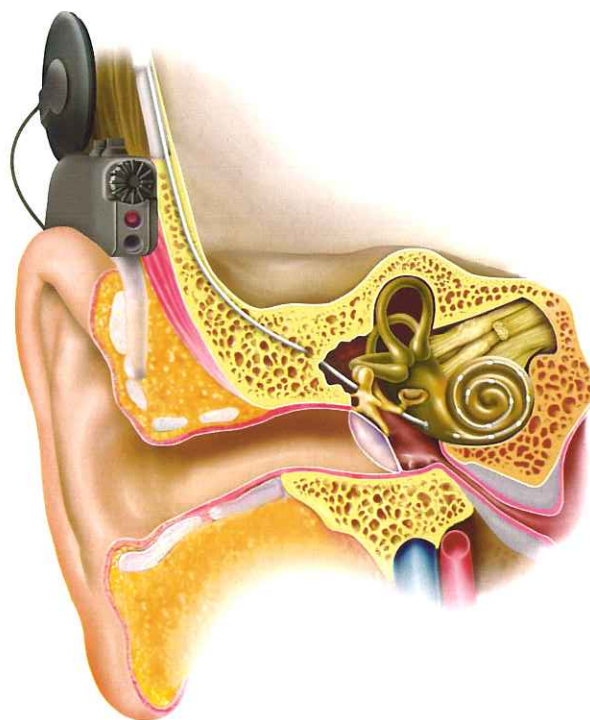
Beim Cochlea-Implantat (CI) wird eine längliche Elektrodenleiste operativ in die Hörschnecke geschoben, um anstelle der Haarzellen den Hörnerv elektrisch zu reizen. Der Schall wird dabei von einem Mikrophon aufgenommen, das hinter dem Ohr getragen wird. Ein spezieller Klangprozessor zerlegt das ankommende Schwingungsmuster ständig in zwanzig verschiedene Frequenzbänder und leitet die entsprechenden Signale drahtlos an den unter der Haut sitzenden Impulsgeber weiter. Dieser schickt dann mehr als tausendmal pro Sekunde kurze Stromstöße an die verschiedenen Reizpunkte der Elektrode in der Cochlea.

Je tiefer in der Ohrschnecke der Stromimpuls gegeben wird, desto tiefer erscheint der dazugehörige Ton. Im Gehirn werden die Tonhöhen signale schließlich wieder zu einem Klang zusammengesetzt. Da aber aus vielen Tönen zugleich bestehende Klänge auf wenige Frequenzen reduziert werden, ist das Hörerlebnis mit einem Cochlea-Implantat etwas derb und künstlich.

Vor allem für Menschen, die erst durch eine Krankheit taub wurden und sich noch an den vollen Klang ihres Gehörs erinnern können, ist der erste Höreindruck häufig erschütternd. »Ich konnte nur Geklingel und Geplätscher wahrnehmen, und Schritte hörten sich an wie Enten, die durchs Wasser platschen. »Micky-Maus-Gehör« war noch ein harmloser Ausdruck für das, was ich zunächst empfand«, beschreibt Melanie Kern aus dem hessischen Dautphetal das Erlebnis, als sie vor vier Jahren ihr erstes Cochlea-

Medel

Schnitt durch ein Ohr mit Cochlea-Implantat. Das Hörgerät sitzt hinter der Ohrmuschel; darüber die Übertragungsspule. Das eigentliche Implantat (verdeckt) liegt unter der Haut. Von ihm aus führt ein Elektrodenband (grau) durch den Schädelknochen in die Hörschnecke, wo es mit Impulsen den Hörnerv reizt



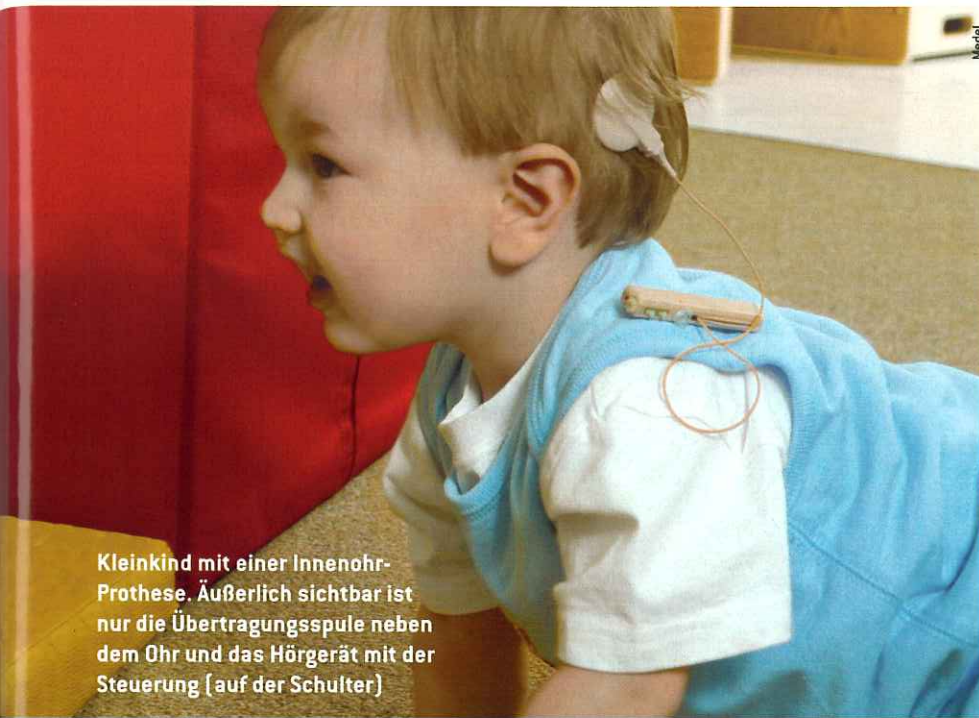
Links: Winzige Haarzellen in der Hörschnecke des menschlichen Ohres. Sie wandeln Laute in elektrische Impulse um. Rechts: ein Cochlea-Implantat. Es übernimmt die Funktion der Haarzellen

Implantat bekam. Doch mit der Zeit gewöhnte sie sich daran und konnte ihre neue Klangwelt immer differenzierter erfassen: »Heute kann ich gar keinen Unterschied mehr zu früher feststellen.« Selbst Musik sei für sie wieder ein Genuss.

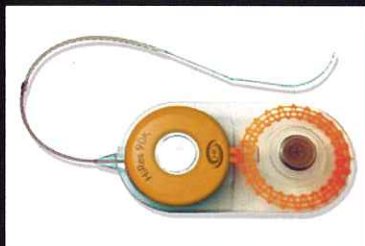
Ein Segen sind Cochlea-Implantate vor allem für Kinder, die schon taub oder extrem schwerhörig auf die Welt kommen. Ohne solche Prothesen wären sie in ihrer Entwicklung stark eingeschränkt. »Nur wer hört, erlernt auch seine Muttersprache«, sagt Dr. Joachim Müller von der Uniklinik Würzburg. Je früher einem tau-

ben Kleinkind die Cochlea-Elektroden eingesetzt werden, desto normaler kann sich das Hörzentrum in seinem Gehirn ausbilden (siehe auch Seite 88).

Anders als die meisten anderen Körperteile ist die Hörschnecke bei der Geburt bereits ausgewachsen. Dadurch ist schon früh ein operativer Eingriff möglich, ohne den Zwang, alle paar Monate die Prothese neu anpassen zu müssen. Die weltweit jüngste Cochlea-Implantat-Empfängerin war gerade einmal vier Monate alt, als sie im April 2005 am Universitätsklinikum Freiburg operiert wurde. Die gesund ge-



Kleinkind mit einer Innenohr-Prothese. Äußerlich sichtbar ist nur die Übertragungsspule neben dem Ohr und das Hörgerät mit der Steuerung [auf der Schulter]



Advanced Bionics

Wenn die Natur versagt, helfen Implantate dem Baby beim Hören

borene Marlene Ehrler war wegen einer Gehirnhautentzündung binnen kürzester Zeit taub geworden.

Analog zum Cochlea-Implantat arbeiten Forscher auch an einer Prothese für Blinde, dem so genannten Retina-Implantat. Es soll vor allem Patienten helfen, denen als Folge der Erbkrankheit Retinitis Pigmentosa die lichtempfindlichen Zellen im Auge abgestorben sind. Bei ihnen ist der Sehnerv weiterhin intakt und lässt sich über elektrische Impulse an der Netzhaut reizen. Auf diesem Weg könnten die Betroffenen in Zukunft zumin-

dest einen Teil ihres Augenlichts zurückbekommen.

Zwei unterschiedliche Systeme befinden sich derzeit in der Entwicklung. Beim epiretinalen Implantat liegen die eingesetzten Elektroden auf der Netzhaut. Der Patient trägt eine Brille, in die eine kleine Kamera integriert ist. Ein Datenwandler, kaum größer als ein Handy, übersetzt die Bilder in elektronische Signale und übermittelt sie per Funk zu einem speziellen Chip ins Augeninnere. Über die Elektroden wird der Sehnerv

schließlich mit schwachen Stromstößen durch die Netzhaut hindurch gereizt.

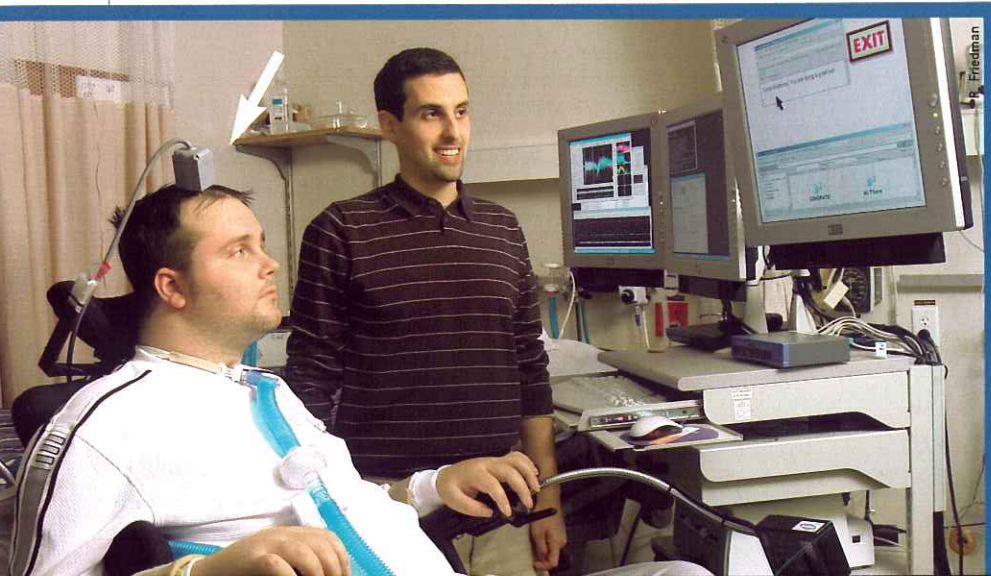
An Tieren wiesen Forscher der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen bereits nach, dass die Signalweiterleitung bis in den für das Sehen zuständigen Teil der Hirnrinde funktioniert. Die Bonner Firma IIP Technologie testete eine ähnliche Technik sogar schon am Menschen: 19 von 20 Probanden, denen im Jahr 2004 ein Prototyp des Implantats jeweils für 45 Minuten eingesetzt worden war, konnten erstmals wieder hell und dunkel unterscheiden sowie grobe Umrisse ihrer Umwelt erkennen.

Auch die zweite Technik für solche Sehprothesen erweist sich als vielversprechend. Das subretinale Implantat, das von der Retina Implant AG in Reutlingen entwickelt wird, kommt ohne äußere Kamera aus. Der Chip, der unter der Netzhaut (subretinal) eingesetzt wird, besteht aus 1500 winzigen Photodioden. Wie die elektronischen Bildpunkte einer Digitalkamera wandeln sie einfallendes Licht direkt in elektrische Impulse um, die den Sehnerv reizen.

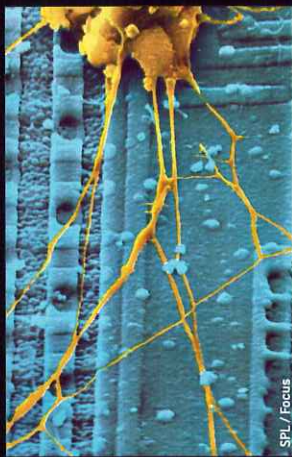
Bei ersten klinischen Versuchen im Herbst 2005 trugen acht Probanden den subretinalen Chip 30 Tage lang im Auge. »Die Patienten konnten erstmals wieder etwas sehen«, berichtet Reinhard Rubow, Chef der Retina Implant AG. Damit sei der grundsätzliche Wirkungsnachweis dieser Technik erbracht. Wenn auch umfangreichere Tests erfolgreich verlaufen, hält Rubow bereits in zwei Jahren erste Zulassungen in Europa für möglich.

Laut Modellrechnungen könnten Patienten mit dem Chip im Idealfall wieder ein Sehvermögen von zehn bis fünfzehn Prozent erlangen. »Für Blinde wäre das ein extremer Fortschritt«, sagt Rubow. »Sie könnten sich dann wieder frei im Raum bewegen und vielleicht sogar große Lettern erkennen.«

Eine echte Hilfe zur Meisterung des Alltags stellen Neuroprothesen auch bei



Der Amerikaner Matt Nagle. Im Gehirn des völlig gelähmten Mannes ist ein Chip eingepflanzt, der über eine Schnittstelle am Kopf (Pfeil) mit einem Computer verbunden ist. Der Rechner übersetzt Nagles Nervenimpulse in Befehle. Rechts: Nervenzellen auf einem Computerchip



Mit seinen Gedanken bedient ein gelähmter Sportler ein TV-Gerät

ganz anderen Krankheitsbildern dar. Parkinson-Patienten zum Beispiel, deren Muskeln langsam versteifen, was mit einem unkontrollierbaren Zittern der Gliedmaßen einhergeht, kann ein Hirnschrittmacher implantiert werden. Der besteht aus einem Impulsgeber und einer Elektrode im Schädel, die elektrische Reize an den subthalamischen Kern sendet. Diese Region tief im Gehirn ist an der Koordination unwillkürlicher Bewegungen beteiligt.

Bei Parkinson-Kranken sind bestimmte Neuronen überaktiv, weil es ihnen am Botenstoff Dopamin mangelt.

Diese Substanz sorgt normalerweise für einen geordneten Signalfloss zwischen den Hirnzellen. Fehlt Dopamin, feuern alle Nervenzellen gleichzeitig. Ein solches Signalgewitter können die Muskeln nicht in koordinierte Bewegungen umsetzen.

Der Hirnschrittmacher leitet mehr als hundertmal pro Minute schwache Stromimpulse von etwa vier Volt in die betroffene Hirnregion. Wie durch einen Störsender werden dabei die krankhaften Signale der Neuronen unterdrückt. Die Folge: Patienten bewegen sich wieder normal und fließend. »Viele zuvor pflegebedürftige Patienten können nach der Operation ihren Alltag wieder allein meis-

tern«, sagt Professor Volker Sturm, Direktor der neurochirurgischen Klinik der Universität Köln. Von den rund 250 000 Parkinson-Patienten in Deutschland sind bis heute fast 4000 mit der so genannten tiefen Hirnstimulation erfolgreich behandelt worden.

Die elektrische Reizung bestimmter Hirnareale könnte in Zukunft sogar psychisch Kranken helfen. Zum Beispiel schwer Depressiven, die nicht mehr auf antidepressiv wirkende Medikamente ansprechen. »Solche Menschen empfinden seit Jahren keine Freude, sehen keine Zukunftsperspektive, wollen nicht mehr leben«, beschreibt Professor Thomas Schläpfer von der Klinik für Psychiatrie und Psychotherapie der Uni Bonn das Krankheitsbild.

Ähnlich wie bei Parkinson-Kranken sind bei Depressiven bestimmte Hirnareale überaktiv. Kürzlich setzte Schläpfer gemeinsam mit seinem Kölner Kollegen Sturm bei ausgewählten Patienten erstmals die Elektroden eines Hirnschrittmachers tief ins Vorderhirn ein. Mit Erfolg: »Die Stimulation verbessert eindeutig und recht schnell die Stimmung der Patienten«, berichtet Schläpfer. »Einige kommen sogar ganz ohne Medikamente aus.«

Eines ist allen prothetischen Eingriffen ins Gehirn gemeinsam: Stets sind es nur Hilfsmittel. Eine echte und dauerhafte Heilung bringen die Elektroden und Chips den Betroffenen nicht. Doch deren Hoffnungen reichen häufig auch gar nicht so weit. »Ein Patient erzählte mir einmal, er wolle sich einfach nur die Nase kratzen können«, sagt der US-Neurologe John Donoghue, der Matt Nagle den Braingate-Chip einpflanzte. »Wir vergessen schnell, welche gewöhnlichen Dinge diese Menschen nicht mehr bewältigen können. Wenn wir etwas dafür tun, dass sie sich der Welt selbst nur ein kleines Stückchen nähern können, ist das schon ein riesiger Fortschritt.«