

# Kommt die gesteuerte Persönlichkeit?

Ob Parkinson, Depression oder Zwangsneurose – Stimulations-  
elektroden im Gehirn können zum letzten Ausweg werden.  
Schon verkünden Visionäre den Beginn eines neuen Zeitalters:  
die technische Aufrüstung des Gehirns schlechthin.

Von Tanja Krämer

**W**enn eine Frau ihrem Arzt erzählt, sie habe Lust, mal wieder Kegeln zu gehen, erscheint dies belanglos. Die Bemerkung kam jedoch von einer älteren Dame, die seit ihrem 21. Lebensjahr unter schweren Depressionen litt und seit Monaten wieder besonders schlimm betroffen war. Herkömmliche Therapien versagten. Den Spaß am Kegeln und anderen Aktivitäten hatte die 66-Jährige schon lange verloren – als liege ein Mantel aus Blei über jedem Verhalten und Erleben. Nun machte sie

obige überraschende Aussage: nach dem Einschalten zweier Elektroden in ihrem Gehirn.

Die Patientin gehört zu den ersten Teilnehmern einer Pilotstudie der Universitätskliniken Köln und Bonn, die ausloten soll, ob eine so genannte Tiefenhirnstimulation einer bestimmten Hirnregion schwerste, anderweitig nicht mehr linderbare Depressionen mildern kann. Feine Elektroden werden hierbei in einer Operation tief ins Gehirn bis zur Zielregion eingeführt, wo sie exakt justierbare elektrische Impulse an die Nervenzellen weiterleiten. Die Signale liefert ein Impuls-generator, der im Bereich des Schließ-

selbeins unter der Haut implantiert ist, ähnlich wie ein Herzschrittmacher (siehe Grafik im Kasten S. 45).

Zahlreiche Forscher und vor allem die behandelnden Ärzte sind von der Aussicht begeistert, mit der experimentellen Methode zumindest einigen der Patienten noch helfen zu können, bei denen zuvor alle Kunst versagte. Das Wichtigste aber: Der Eingriff ist zwar invasiv und nicht ohne Risiko, die Tiefenhirnstimulation jedoch reversibel. Wenn einem Patienten die Veränderungen nicht gefallen oder Nebenwirkungen auftreten und Modifikationen der Impulsparameter und der anwählbaren Kontaktpunkte am Elektrodenende keine Abhilfe bringen, kann das Gerät abgeschaltet werden. Auf Wunsch wird das Implantat auch entfernt.

Ethiker sehen allerdings Entwicklungen wie diese – vor allem auch mit Blick auf die Vision eines Chips im Gehirn – mit gemischten Gefühlen: Eine kleine »Maschine« im Kopf, welche die Stimmung bessert und unsere Sicht auf die Welt verändert? Eine solche Vorstellung bereitet so manchem tiefstes Unbehagen. Schließlich bestimmt das Gehirn wie kein anderer Körperteil unsere Identität und Persönlichkeit. Hier werden unsere wichtigsten Erlebnisse gespeichert, hier ▶

## In Kürze

- ▶ **Schwere Depressionen oder Zwangsstörungen** stellen eine hohe Belastung für die Patienten dar. Ein nicht unerheblicher Teil erweist sich als therapieresistent.
- ▶ Durch so genannte **Tiefenhirnstimulation über Elektroden**, wie sie bereits gegen Bewegungsstörungen angewandt wird, versuchen Mediziner solchen Menschen zu helfen. Die Wirkweise ist noch nicht genau geklärt.
- ▶ Ethiker sehen allerdings Entwicklungen wie diese – vor allem mit Blick auf die Vision möglicher **Neurochips im Gehirn** – mit gemischten Gefühlen, zumal Zukunftsforscher mehr als nur therapeutische Anwendungen erwarten. Die Technisierung des Körpers würde unser gesamtes Welt- und Menschenbild gründlich verändern.

▼ Chips im Gehirn, die auf Knopfdruck intelligenter, aufmerksamer oder glücklicher machen, sind noch reine Utopie. Medizinisch wird derzeit nur versucht, Menschen mit schweren psychiatrischen Erkrankungen durch einfache Stimulationselektroden zu helfen.

AG. FOCUS / SPL, ALFRED PASIEKA



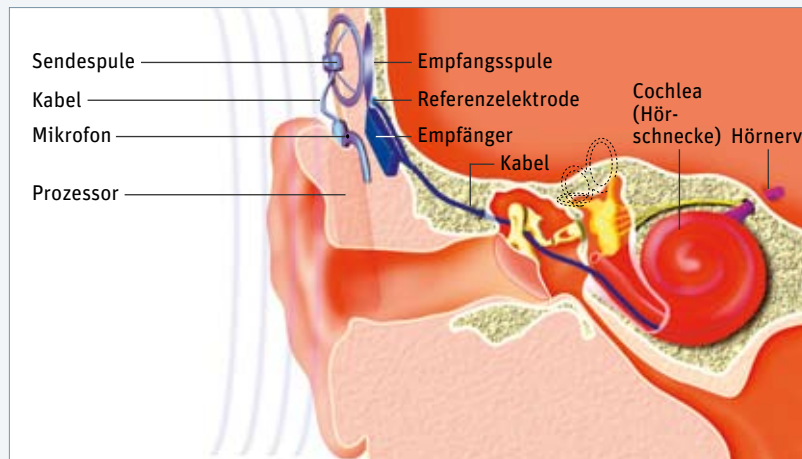


NEUROPROTHESEN FÜR GESCHÄDIGTE SINNE

**ENDE DER 1970ER JAHRE** verwandten Forscher erstmals Elektroden, um damit den Nervenfasern in der Hörschnecke von Tauben akustische Reize in elektrischer Form zu übermitteln. Heute tragen weltweit über 100 000 Menschen ein solches Cochlea-Implantat. Hier sitzen die Elektroden freilich nicht im Gehirn, sondern an den Sinnesnerven der Hörschnecke (Cochlea), welche die Signale an das Hörzentrum im Gehirn weiterleiten (obere Grafik). Bei Patienten, deren Hörnerven beispielsweise durch Tumoren völlig zerstört wurden, greift man indes direkt in eine Relaisstation im

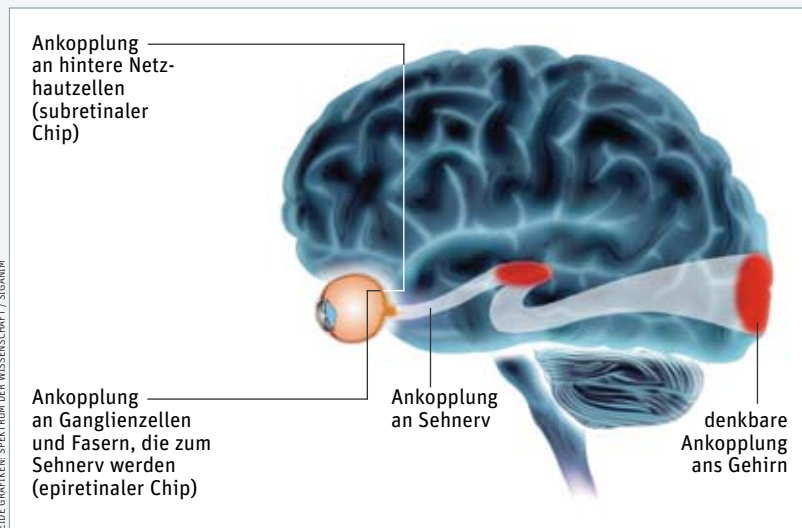
Gehirn ein: Hier vermitteln Hirnstamm-implantate zumindest ansatzweise Geräusche und Töne.

Selbst ins Auge wurden inzwischen erste »Sehchips« eingepflanzt: Im März dieses Jahres stellte Eberhart Zrenner von der Universitäts-Augenklinik Tübingen eine vierwöchige Pilotstudie vor. Die sieben erblindeten Patienten konnten demnach mit Hilfe des so genannten subretinalen Implantats grob Muster erkennen, Gegenstände lokalisieren und Lichtquellen beschreiben. Der Chip soll abgestorbene Sehzellen in der Netzhaut ersetzen (untere Grafik).



▲ **Beim Cochlea-Implantat reizt ein Bündel von feinen Elektroden den Hörnerv in der Hörschnecke im Innenohr, deren Sinneszellen defekt sind. Einen vollständigen Ersatz für das komplexe biologische System bietet ein Cochlea-Implantat allerdings noch nicht.**

▼ **Sehchips sollen wenigstens grob die Funktion untergegangener Sehzellen der Netzhaut übernehmen. Denkbar sind auch Neuroprothesen am Sehnerv oder am Sehzentrum, je nachdem, welche Teile der Sehbahn (hellgrau) bis zum Hinterkopf unterbrochen sind.**



BEDIEN GRAFIKEN: SPEKTRUM DER WISSENSCHAFT / SIGANIM

▷ entstehen Freude und Hass. Niemand weiß genau, wie sich die Manipulation der Neuronen auf den Geist auswirkt. Ist man noch dieselbe Person, wenn die Stimulation eingeschaltet wird, oder bestimmt womöglich das Implantat, was gedacht, begehrt oder verachtet wird?

Andere sehen in künftigen Neurochips hingegen ein Entwicklungspotenzial. Der Technikexperte Ramez Naam etwa – ein Mitglied des betont technikaffinen Institute for Ethics and Emerging Technologies, das sich als Denkfabrik ohne institutionelle Heimat sieht – veröffentlichte 2005 sein viel beachtetes Buch »More than Human: Embracing the Promise of Biological Enhancement«. Darin schildert er enthusiastisch, wie einmal auch Gesunden zu einem besseren Leben verholfen werden könnte: mit Chips zur Verbesserung der Merkfähigkeit, für die dauerhafte Glückseligkeit oder gar zur Steigerung der Intelligenz.

Die Diskussion um ein solches »Enhancement« ist in vollem Gang. Kenneth M. Ford, Direktor des Florida Institute for Human and Machine Cognition in Pensacola, schrieb schon 2003: »Durch die Symbiose von Mensch und Maschine haben wir eine evolutionäre Schwelle erreicht, an der unsere Spezies nicht nur in der Lage ist, willentlich die eigene Evolution zu bestimmen, sondern die Regeln zu verändern, nach denen Evolution geschieht.« Die »Borg-Hypothese« nennt er ironischerweise seine Vision – nach dem Vorbild der Borg, einer Verschmelzung von Mensch und Maschine, die in der Sciencefiction-Serie »Raumschiff Enterprise: Das nächste Jahrhundert« die Menschheit das Fürchten lehrt.

Praktikern wie Thomas Schläpfer, Leiter der Brain Stimulation Group der Universität Bonn, der die deutsche Pilotstudie zur Erforschung der Tiefenhirnstimulation bei Depressionen koordiniert, sind solche Visionen suspekt: »Die Tiefenhirnstimulation ist eine Anwendung für Kranke, kein Verfahren für jedermann. Sie wird nur bei solchen Patienten getestet, für die praktisch keine Hoffnung mehr besteht und die unter schwersten Symptomen leiden.« Diese Menschen sind häufig suizidgefährdet. Neuroimplantate im Gehirn von Gesunden – so Schläpfer – seien völlig ausgeschlossen. Selbst bei Kranken gebe es strengste Richtlinien. In Frage kommt ein Patient zum Beispiel nur, wenn

- ▶ andere Behandlungsmethoden fehlgeschlagen sind,
- ▶ nach eingehender Aufklärung der Teilnahme an der Studie zugestimmt wurde,
- ▶ ein unabhängiger Psychiater ein positives Votum abgibt
- ▶ und zudem eine Ethikkommission ihr Okay gibt.

»Wir machen uns hier sehr genau Gedanken«, sagt der Mediziner: »Wir würden nie einfach so im Gehirn eines Menschen herumstochern.«

Für Schläpfer und seine Kollegen sind Neuroimplantate gleich welcher Art kein Lifestyle-Instrument, sondern eine klar induzierte medizinische Behandlungsmethode – der allerdings in den vergangenen Jahren ein rasanter Aufstieg beschieden war (siehe Kästen auf dieser Doppelseite).

### Zielort von Erbsengröße

Die Tiefenhirnstimulation selbst ist in manchen Bereichen schon länger etabliert und hat sich für zahlreiche Menschen zu einer viel versprechenden Behandlungsmethode entwickelt, zum Beispiel bei verschiedenen Formen von Bewegungsstörungen. Am bekanntesten ist hier die Anwendung bei Parkinson, nach einer zehnjährigen Vorbereitungsphase seit 1998 für diesen Zweck in Europa allgemein verfügbar, seit 2002 auch in den USA zugelassen. Seither bekamen weltweit über 35 000 bewegungsgestörte Patienten Elektroden in ihr Gehirn gepflanzt: bei Parkinson, dem Hauptanwendungsgebiet, in erster Linie in den knapp erbsengroßen subthalamischen Kern, der bei der Bewegungsabstimmung mitwirkt.

Was nun Depressionen anbelangt, so startete die aktuelle deutsche Pilotstudie der Universitätskliniken Köln und Bonn als zweite größere Untersuchung weltweit. Abgesehen von zwei Einzelfällen wurde die Tiefenhirnstimulation zuvor nur von Helen Mayberg von der Emory-Universität in Atlanta (Georgia) an sechs Depressiven getestet, wovon vier ansprachen. (Mitte letzten Jahres konnte sie von sechs weiteren berichten, wovon wiederum vier profitierten.) Studienleiter Schläpfer und sein Kollege Volker Sturm, Neurochirurg und Experte im Bereich der Tiefenhirnstimulation an der Universität Köln, behandelten zunächst drei Patienten, zehn sollen es insgesamt werden. Zielort ihrer Elektroden ist der linke und der rechte *Nucleus accumbens*, eine an- ▷

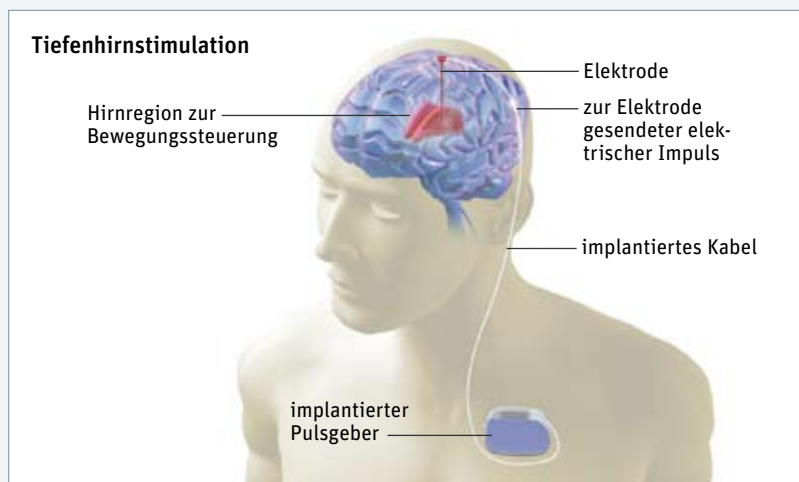
## STIMULATIONSELEKTRODEN FÜRS GEHIRN

**BEI BEWEGUNGSSTÖRUNGEN** wie der Parkinsonkrankheit wird eine so genannte Tiefenhirnstimulation schon länger eingesetzt, wenn Medikamente nicht mehr ausreichen (obere Grafik). Ein solcher »Hirnschrittmacher« kann beispielsweise permanentes Zittern unterdrücken. Bei therapieresistenter Epilepsie hilft manchen Patienten eine Stimulation des linken Vagusnervs außerhalb des Gehirns, Anfälle zu unterdrücken (untere Grafik).

Interessanterweise stellten sich bei beiden Verfahren auch psychische Wirkungen ein. Inzwischen wird die Tiefenhirnstimulation vor allem bei schwersten Depressionen, Zwangsstörungen und anderen psychiatrischen Erkrankungen als letzter Ausweg geprüft. Allerdings bestehen Risiken wie Infektionen,

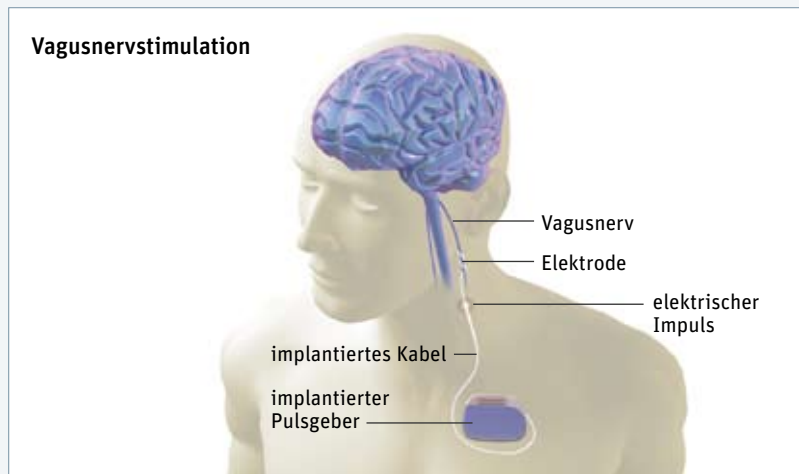
Schlaganfälle oder unerwünschte Nebenwirkungen und Veränderungen. Anders als ein operatives Ausschalten fehlfunktionsender Hirnregionen ist die Stimulation reversibel. Muster und andere Parameter der übermittelten Impulse werden individuell angepasst. Bei keinem der Stimulationsverfahren ist aber im Detail bekannt, was es alles im Gehirn bewirkt.

Mit Blick auf zu erwartende Entwicklungen – Stichwort: Hirnchip – erwachsen Bedenken, dass sich Gesunde einmal so etwas wie »Glück auf Knopfdruck« installieren oder in anderer Weise ihr Gehirn technisch aufrüsten lassen möchten. Wie wird sich dadurch der Mensch und mit ihm seine Kultur und Gesellschaft ändern?



▲ Eine elektrische Tiefenstimulation des Gehirns kann Bewegungsstörungen wie permanentes Zittern bei Parkinson mildern.

▼ Durch direkte elektrische Stimulation des Vagusnervs in Halshöhe lässt sich ein aufkommender epileptischer Anfall unterdrücken.



## SPEKTRUM-INTERVIEW

## »Ich sehe kein ethisches K.-o.-Argument, um diese Entwicklungen zu verhindern.«

Armin Grunwald ist Leiter des Instituts für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse in Karlsruhe und beschäftigt sich als Physiker und Philosoph intensiv mit der Ethik moderner Technikanwendung.



Armin Grunwald

FORSCHUNGSZENTRUM KARLSRUHE

**Spektrum:** Neuroimplantate zur Behandlung von Epilepsie und Parkinson werden mittlerweile bei Patienten mit Depressionen und Zwangsstörungen getestet. Sehen Sie einen qualitativen Unterschied zwischen der Anwendung bei einer Bewegungsstörung wie Parkinson und einem Gemütsleiden wie der Depression?

**Grunwald:** Intuitiv ja, denn bei Parkinson handelt es sich klar um eine Nervenkrankheit, die physiologische Ursachen hat. Bei Depressionen denkt man eher an die Psyche, und wenn man sieht, wie manchmal ein Implantat oder eine Hirnoperation psychisch Kranken überspitzt gesagt zu guter Laune verhelfen kann, dann ist das erst einmal irritierend. Es gibt aber auch Anteile an Depressionserkrankungen, die durchaus physiologisch bedingt sind. Sofern das der Fall ist, besteht kein qualitativer Unterschied. Es geht bei der aktuellen Depressionsbehandlung durch Tiefenhirnstimulation ja auch nur um Fälle, bei denen alle anderen verfügbaren Verfahren ausgereizt wurden – um Schwerstkranke also. Das ist wichtig.

**Spektrum:** Könnte die Integration von Neuroimplantaten ins Gehirn unser Menschenbild verändern, unser Verständnis von Autonomie und Verantwortung?

**Grunwald:** Zunächst nicht. Denn die Forschung, die im Moment läuft, ist ganz eindeutig therapeutisch orientiert. Es steht der kranke, auf Hilfe hoffende Mensch im Vordergrund, und insofern ist dies ärztliches Handeln, wie wir es auch aus anderen Bereichen kennen – selbst wenn es das Gehirn betrifft, zu dem wir nun mal ein ganz besonderes Verhältnis haben. Wenn man jedoch weiterdenkt, sich vorstellt, dass mit solchen technischen Mitteln einmal ganz andere Dinge steuerbar werden – etwa durch einen Chip im Kopf, der auf Knopfdruck gute Laune erzeugt, kognitive Fähigkeiten verbessert oder das Gehirn auf bestimmte Fähigkeiten fokussiert, um ins-

gesamt die Leistungsfähigkeit zu verbessern –, dann können ganz andere Dinge passieren.

**Spektrum:** Wo liegt hier die Brisanz?

**Grunwald:** Ein Chip im Gehirn, der mit Nervenzellen kommuniziert, kann abgefragt und von außen gesteuert werden. Die Datenleitungen gehen in beide Richtungen. Hier ist eine Außenkontrolle nicht auszuschließen. Man muss sich Gedanken machen, wie sich einem möglichen Missbrauch vorbeugen lässt, sprich, einer Fernsteuerung von Menschen. Wenn ein Chip im Kopf jedoch zur Verbesserung des Gedächtnisvermögens oder der Rechenleistung des Gehirns eingesetzt würde, auch des gesunden, bin ich zögerlich, hier etwa von Autonomieverlust zu sprechen. Denn solange der Mensch klaren Verstandes sein Einverständnis gibt und Kontrolle über diesen Chip hat, gibt es zumindest auf individueller Ebene keine Probleme.

**Spektrum:** Und auf der gesellschaftlichen Ebene?

**Grunwald:** Dort sieht es in der Tat anders aus. Denn Verbesserung durch ein Neuroimplantat, ein technisches Neuroenhancement, wird sich nicht jeder Gesunde leisten können, da dies vermutlich sehr teuer sein wird. Die Gesellschaft könnte in Verbesserte und Nicht-Verbesserte zerfallen. Der Status des normalen Menschen wird auf diese Weise womöglich abgewertet, Nicht-Verbesserte könnten beispielsweise Schwierigkeiten im Berufsleben bekommen.

**Spektrum:** Also wäre Neuroenhancement auch eine Frage der Gerechtigkeit?

**Grunwald:** Auf jeden Fall. Generell verhält es sich beim technischen Fortschritt so, dass die Privilegierten letztlich stärker profitieren. Wir haben in unserer Gesellschaft zwar zahlreiche Kompensationsmöglichkeiten geschaffen, um zu große Ungerechtigkeit zu vermeiden und auch den Zugang zu neuen Technologien gerecht zu verteilen. Aber das Neuroenhance-

ment wäre hier eine Herausforderung ganz neuer Art.

**Spektrum:** Was ist eigentlich schlecht daran, wenn Menschen sich mit Hilfe von Technik weiterentwickeln wollen? Organisationen wie die World Transhumanist Association halten es sogar für moralisch geboten, moderne Techniken zu nutzen, um uns körperlich, psychisch oder mental zu verbessern.

**Grunwald:** Hinter dem Transhumanismus steckt eine quasireligiöse Erlösungsvorstellung: die Idee, dass der Mensch, so wie er ist, nicht so gut geraten sei und er jetzt die Chance und die Pflicht habe, sich zu verbessern. Das halte ich vor dem Hintergrund der Frage, was »verbessern« eigentlich bedeutet, für sehr gefährlich. Auch die Nationalsozialisten und die Sowjetkommunisten wollten den Menschen verbessern – die einen durch Züchtung, die anderen durch Propaganda und entsprechende ideologische Erziehung. Man muss sich aber immer fragen: Was heißt hier verbessern?

**Spektrum:** Tod und Krankheit letztlich abschaffen, zum Beispiel?

**Grunwald:** Bei den amerikanischen Transhumanisten ist das die maßgebliche Motivation – auch durchaus nachvollziehbar, denn niemand will krank sein oder sterben. Aber ob das eine Verbesserung des Menschen darstellt? Wie steht es etwa mit sozialen oder hermeneutischen Fähigkeiten, mit moralischer Kompetenz? Es ist wichtig, sich einmal zu überlegen, welche Konsequenzen es für die nichttechnischen Kompetenzen des Menschen hat, wenn man ihn technisch verbessert.

**Spektrum:** Noch mehr Unbehagen bereitet, dass die zentrale Forschungsprojektagentur des Pentagons etwa massiv bestimmte wissenschaftliche Arbeiten zum Neuroenhancement fördert. Sie spekuliert darauf, Anwendungen könnten ihren Soldaten einmal Vorteile auf dem Schlachtfeld verschaffen.

**Grunwald:** Hier handelt es sich um eine klare Instrumentalisierung von Menschen. Für mich persönlich ist es eine ganz unangenehme Vorstellung, dass etwa Piloten einmal nur durch ihre Gedanken ihren Kampfjet steuern. Sofern die Soldaten jedoch nicht dazu gezwungen würden, sich diese Implantate einpflanzen zu lassen, fällt es nicht leicht, hier starke ethische Gegenargumente zu finden. Denn die Kriegsführung als solche ist, wenn man bestimmte völkerrechtliche Standards zu Grunde legt, ethisch gemeinhin akzeptiert. Soldaten für die Schlacht auszurüsten, ist alte militärische Tradition. Und mit Blick auf die Geschichte muss ich leider sagen, dass eine solche Entwicklung in gewisser Weise ganz auf der Linie des militärisch-technischen Fortschritts der letzten Jahrhunderte liegen würde.

**Spektrum:** Man könnte vielleicht entgegen, dass eine solche Kriegsführung gegenüber schlechter gerüsteten Heeren unfair wäre.

**Grunwald:** Es war auch unfair, dass die Ägypter ihre Feinde mit Streitwagen bedrängt haben, während diese keine hatten. Eine solche Asymmetrie, die eine technische Überlegenheit mit sich bringt, hat immer schon Kriege entschieden. Wir verlagern jetzt einfach die Technik in den Menschen selbst hinein, das ist das Neue. Aber die Grundüberlegung, durch technischen Fortschritt möglichen Feinden gegenüber einen Vorteil erlangen zu wollen, gibt es seit Jahrtausenden.

**Spektrum:** Zurück zur Zivilgesellschaft – glauben Sie denn, dass dort die Verlagerung der Technik in den menschlichen Körper zunehmen wird?

**Grunwald:** Ich kann mir hier gut ähnliche Entwicklungen vorstellen wie in der Schönheitschirurgie. Die ist im Grunde ja auch eine Form des technischen Enhancements. Ich sehe kein ethisches K.-o.-Argument, um diese Entwicklungen zu verhindern. Beim reproduktiven Klonen etwa waren die ethischen Bedenken so klar, dass diese Technik in relativ kurzer Zeit weit gehend verboten wurde. So etwas wird bei den Enhancement-Technologien nicht geschehen. Ich denke, es wird für sie einen Markt geben. Wir werden damit umzugehen haben.

---

Die Fragen stellte **Tanja Krämer**.

▷ dere Hirnregion als bei der Mayberg-Studie. Dieser haselnussgroße Hirnkern gilt als zentrale Informationsleitstelle des Belohnungssystems. Hierüber verarbeitet das Gehirn die Freude über Geldgewinne oder schöne Musik, steuert die Motivation, sich auf eine Prüfung vorzubereiten, und weckt Vorfreude auf als angenehm oder befriedigend erlebte Dinge.

Bei einer bestimmten Gruppe von Depressiven, so zeigen bildgebende Verfahren, ist die Funktion dieses Bereichs gestört. Erlebnisse, die früher Freude bereitet hätten, hinterlassen nun keinen

rend der Stimulation auffallend fröhlich. »Sie erleben einen Zustand des Überglücks«, erklärt Marcos Tatagiba, Direktor der Klinik für Neurochirurgie am Universitätsklinikum Tübingen: »In manchen Fällen wird auch eine erhöhte Sexualität beschrieben.« In seltenen Fällen jedoch bezahlten die Patienten für ihre neu gewonnene Bewegungsfreiheit irrtümlicherweise mit tiefer Traurigkeit. Die Neuroimplantate veränderten offenbar ihre Persönlichkeit.

»Wenn die Stimulation ausgeschaltet ist, bin ich tot. Ist sie an, lebe ich.« So zi-

## Wurde der Pulsgeber abgeschaltet, verschlechterte sich der Zustand teilweise dramatisch

positiven Eindruck mehr, Vorfreude kommt nicht mehr auf, jede Anstrengung erscheint sinnlos, das Leben leer. Stimulierten die Neuroimplantate den unzureichend aktiven Kern jedoch anhaltend, so war nach einer Woche sein Stoffwechsel gestiegen, ein Indiz für höhere neurale Aktivität. Auch Abweichungen in anderen Regionen, die mit dem Kern in Zusammenhang stehen, normalisierten sich. Direkt nach Beginn der Stimulation wurden die Probanden merklich ruhiger und entspannter, ihre Wangen rosiger. Ihr Interesse an der Umwelt nahm zu, ihre Freudlosigkeit ab – je nach Patient jedoch in unterschiedlichem Maß. Wurde der Pulsgeber wieder abgeschaltet, verschlechterte sich der Zustand aller Probanden, bei zweien indes so dramatisch, dass diese vorgesehene vierwöchige Kontrollphase verkürzt werden musste, um die Patienten nicht zu gefährden.

Den noch sehr vorläufigen Ergebnissen nach könnte diese Art der Tiefenhirnstimulation also ebenfalls helfen, wenn sie auch, so warnen die Autoren der Studie, sicherlich kein Allheilmittel werden wird. Negative Effekte waren interessanterweise nicht zu beobachten.

Die Idee, ein solches Verfahren bei psychiatrischen Erkrankungen zu testen, geht unter anderem auf eine der Schattenseiten der Tiefenhirnstimulation bei Bewegungsstörungen zurück. Eine Nebenwirkung zeigte nämlich, dass die Neuroimplantate Emotionen beeinflussen konnten: Einige Parkinsonpatienten mit Hirnimplantat verhielten sich wäh-

tierte der Mediziner Pierre Pollak von der Joseph-Fourier-Universität im französischen Grenoble in einer Studie von 2004 die Aussage einer Patientin, der er wegen ihrer Parkinsonerkrankung einen »Hirnschrittmacher« implantiert hatte. Die motorischen Störungen bekam der Arzt gut in den Griff, doch die psychische Veränderung war offensichtlich: »Wenn die Stimulation zur Beobachtung ihrer Motorik ausgeschaltet war, überkam die Patientin sofort eine überwältigende Traurigkeit. Sie zerfloss in Tränen und erlebte eine starke Verschlechterung ihrer Parkinsonsymptome.«

### Tiefenhirnstimulation gegen übermächtige innere Zwänge

In der Anfangszeit der neurotechnischen Parkinsonbehandlung dachten die Ärzte bei solchen Beobachtungen noch, dass ihre Patienten überreagierten – schließlich waren diese nach langem Leiden plötzlich überwiegend wieder in der Lage, sich fast frei und normal zu bewegen. Doch schon bald erkannten sie, dass die Stimulation selbst etwas damit zu tun hatte. Denn auch bei bestimmten Gehirnverletzungen nach Unfällen können starke Veränderungen in der Stimmung der Kranken entstehen. Bildgebende Verfahren zeigten schließlich, dass bei ähnlichen Änderungen jeweils dieselben Hirnbereiche in ihrem Aktivitätsmuster verändert waren.

Bereits ab Ende der 1990er Jahre testeten Mediziner die Tiefenhirnstimulation bestimmter Bereiche auch bei starken Zwangsneurosen – nicht ohne Erfolg. ▷



▷ Im Lauf der Behandlung nahm häufig das unwiderstehliche Bedürfnis ab, sich beispielsweise andauernd zu waschen. Derartige Zwänge können so übermächtig werden und so große Probleme bereiten, dass die Patienten an Selbstmord denken. Inzwischen haben mehrere Forschergruppen Berichte vorgelegt, noch sind aber die Fallzahlen für die verschiedenen Methoden zu klein.

Bevorzugter Ansatzpunkt ist bei den meisten Gruppen der vordere Schenkel der inneren Kapsel (*Capsula interna*), in dem Fasern von der Stirnregion zum Thalamus laufen (Letzterer ist unter anderem eine Schalt- und Integrationszentrale für Sensorik und Motorik). In historischen Untersuchungen hatte die gezielte Schädigung dieses Bereichs beachtliche Erfolge bei schweren Zwangsstörungen erbracht, aber auch Probleme. Die Vorteile der Tiefenhirnstimulation im Vergleich zu diesem irreversiblen Eingriff liegen auf der Hand.

Auch bei der Stimulation anderer Gehirnareale bessern sich im Lauf der Zeit

designerin. Nach dem Anschalten des Neuroimplantats nahmen wie erhofft ihre störenden Zuckungen ab. Ihr Arbeitgeber aber war über etwas anderes begeistert: Die Entwürfe seiner Angestellten seien in ihrer Farbwahl und ihrem Layout deutlich schöner geworden. Die Tiefenhirnstimulation hatte, wie es schien, ihre Kreativität gesteigert.

### Das Pentagon ist interessiert

Ein klarerer Kopf, bessere analytische Fähigkeiten oder die Kunst, kreativ um die Ecke zu denken – all dies könnte nach Ansicht Cosgroves durch die Stimulation mit künftigen Neurochips theoretisch möglich werden. Entgegen können Experten solchen Vermutungen wenig. Denn obwohl inzwischen mehrere tausend Menschen mit therapeutischen Elektroden im Kopf zur Arbeit gehen, ist die genaue Wirkung noch weit gehend ungeklärt. Einem älteren Erklärungsmodell zufolge schaltet die ständige Reizung überaktive Bereiche schlichtweg aus; das Parkinsonzittern beispielsweise ver-

Momentan ist er über erste Tests an Rattenhirnen in Kulturschalen noch nicht hinaus. Doch das US-Militär findet seine Forschungen schon jetzt so interessant, dass es sie von der Defence Advanced Research Projects Agency (Darpa), der zentralen Forschungsagentur des Pentagons, in Millionenhöhe fördern lässt. Die Symbiose von Mensch und Maschine gilt besonders für Kriegsszenarien als zukunftssträchtige Technik. »Unser Programm ›Enhanced Human Performance‹ soll bewirken, den Menschen nicht zum schwächsten Glied im US-Militär werden zu lassen«, erklärte etwa der frühere Darpa-Direktor Anthony Theter 2003 in einer Rede vor dem Repräsentantenhaus.

Hierzu soll unter anderem das US-amerikanische »Augmented Cognition Program« beitragen. Sein Ziel: durch das Verschmelzen von Mensch und Computer die Leistungsfähigkeit zu steigern. Piloten könnten so in Zukunft ihre Kampfflugzeuge allein kraft ihrer Gedanken steuern (siehe dazu das Interview S. 46). Doch auch über Rückverknüpfungen wird nachgedacht: So, wie die Soldaten mit ihrem Geist die Maschine lenken, soll eine Maschine wiederum den Geist kontrollieren können – damit wichtige Informationen beispielsweise nur dann übermittelt werden, wenn das Gehirn aufnahmefähig ist. Und Wissenschaftler des Media-Labors des Massachusetts Institute of Technology im amerikanischen Cambridge etwa arbeiten an Sensoren, die emotionales Befinden wie »gestresst sein« verraten – mit finanzieller Unterstützung von Darpa und Navy.

Doch wie verändert sich eine Gesellschaft, wenn Studenten eines Tages mit »Brainchips« die eigene Denkfähigkeit verbessern, Werbedesigner per Knopfdruck ihre Kreativität steigern oder Mütter sich mit Neuroimplantaten glücklicher tunen, um geduldiger mit ihren Kindern zu sein? Was für Kriege werden wir in Zukunft führen, wenn sich aufgemotzte Supersoldaten gegenüberstehen?

Solche Fragen beschäftigten die Mitglieder des amerikanischen President's Council for Bioethics derart, dass sie 2003 eigens eine Studie verfassten. In dem über 300 Seiten starken Buch »Beyond Therapy« (Jenseits der Therapie) warnen die Ethiker, dass die Technisierung des Körpers unser gesamtes Welt-

## Kritiker befürchten, findige Mediziner könnten aus verschiedenen Nebenwirkungen der Tiefenhirnstimulation buchstäblich Kapital schlagen

die Zwänge deutlich, berichteten Sturm und Joachim Klosterkötter, Direktor der Klinik für Psychiatrie und Psychotherapie der Universität Köln, in einer Anfang 2007 online veröffentlichten Publikation. Sie selbst konnten mit einer Reizung des *Nucleus accumbens* bei Zwangspatienten in einer eigenen Studie gute Erfolge vermelden.

Dass sich eine einstige Nebenwirkung zur Therapie mausert, ist ein Glücksfall. Kritiker befürchten aber, findige Mediziner könnten aus verschiedenen Nebenwirkungen der Tiefenhirnstimulation buchstäblich Kapital schlagen – durch Einsatz bei Gesunden. Der Neurochirurg Rees Cosgrove von der Harvard Medical School in Boston (Massachusetts) etwa berichtete in einer Anhörung vor dem President's Council on Bioethics von einer Patientin, die er wegen ihres Tourette-Syndroms behandelt hatte. Die unberechenbaren, zwanghaften Zuckungen ihres Kopfes, so genannte Tics, drohten ihr Sehvermögen zu schädigen – ein fataler Verlust für die intelligente Grafik-

schwindet wie auf Knopfdruck. Doch bei psychiatrischen Erkrankungen stellt sich der volle Effekt oft erst nach Wochen ein – ähnlich wie bei einer medikamentösen Behandlung, wenn sie anschlägt. Es muss also mehr dahinterstecken als das bloße Abschalten einzelner stimulierter Hirnbereiche, zumal auch Aktivierungen zu beobachten sind. Es sieht eher so aus, als müsse sich auch eine neue Balance innerhalb komplexer Regelkreise einstellen, in die der jeweils anvisierte Hirnbereich eingebunden ist. Die Wirkungen der Elektrostimulation, geben denn auch Experten zu, sind komplexer als bislang vermutet. Und damit potenziell auch die Bandbreite der Anwendungen.

Komplexer werden auch die Neuroimplantate der Zukunft. Die Verbesserung kognitiver Fähigkeiten hat sich zum Beispiel Theodore Berger von der Universität von Südkalifornien in Los Angeles zum Ziel gesetzt. Er forscht an einem Elektrochip, der Alzheimerpatienten die Erinnerungsfähigkeit zurückgeben soll.



und Menschenbild gründlich auf den Kopf stellen würde – und wir uns fragen sollten, welche Werte wir eigentlich im Zuge des Fortschritts in den Mittelpunkt unseres Handelns stellen sollten: Die Besorgnis bestehe, »die ungeheuren neuen Fähigkeiten, gewisse ganz vertraute und oft in bester Absicht verfolgte [zutiefst menschliche] Wünsche zu erfüllen, könnten uns blind machen für die höhere Bedeutung unserer Ideale und unser Empfindungsvermögen dafür schmälern, wie es ist, zu leben, frei zu sein und nach Glück zu streben.«

### Werden Gesunde zu solchen Techniken greifen?

Für den Neurochirurgen Marcos Tatagiba von der Universität Tübingen, in dessen Klinik zahlreiche Parkinsonpatienten mit Hirnschrittmachern versorgt wurden, ist solche Besorgnis übertrieben: »Ich glaube nicht, dass irgendein normaler Mensch sich ein Neuroimplantat einpflanzen lassen würde, nur um seine Leistung zu steigern.« Er warnt davor, durch sensationelle Berichterstattung über mögliches Neuroenhancement die konkreten klinischen Erfolge der Neuroimplantate (auch wenn Nebenwirkungen nicht zu leugnen sind) in den Schatten zu rücken.

Früher blieben als letzter Ausweg nur das Skalpellen oder Varianten wie Elektrokoagulation und spezielle Laser-Messer. Die funktionsgestörten Hirnareale wurden schlichtweg zerstört. Wenn hierbei etwas schiefging, war der Schaden irreversibel. Die Anwendung solcher ablativen Verfahren bei verschiedenen psychischen Erkrankungen in den 1950er

und 1960er Jahren rief zudem viel Kritik hervor. Andere Methoden gab es jedoch für nicht Therapierbare bis in die 1990er Jahre nicht.

Tatagiba sieht eine ganz andere Problematik: »Die Gefahr liegt auf der Hand, dass Methoden wie die Tiefenhirnstimulation missbraucht werden könnten, um auch leichte Formen der Depression zu behandeln.« Sein amerikanischer Kollege Cosgrove sieht dies ähnlich. Sobald genauere Vorhersagen über die Wirkung der Stimulationen möglich seien, werde auch die Hemmschwelle sinken, schon bei leichten psychischen Erkrankungen zur Elektrode zu greifen, erklärte er den Mitgliedern des President's Council on Bioethics in einer Anhörung im Jahr 2004. Auch bei Parkinson- und Epilepsiekranken sei man letztlich dazu übergegangen, schon bei frühen Symptomen mit Neuroimplantaten einzugreifen – weil dann die Erfolge besser sind.

Die Hersteller zumindest haben erkannt, dass sich hier ein interessanter Markt entwickeln könnte. Schließlich ist der Anteil therapieresistenter Menschen bei psychiatrischen Erkrankungen erstaunlich hoch: bei Zwangspatienten etwa zwanzig Prozent, bei Schwerstdepressiven gar ein knappes Drittel. Zudem hat die echte Depression Ausmaße einer Volkskrankheit erreicht (allein in Deutschland leiden schätzungsweise mindestens vier Millionen Menschen daran).

Die Firma Cyberonics, mit Hauptsitz in Houston (Texas), vertreibt ein Implantat, das keine Elektroden im Gehirn selbst erfordert, sondern den kurz als Va-

gus bezeichneten zehnten Hirnnerv reizt, der seitlich am Hals entlang verläuft. Er dient hier als Reizüberträger zum Gehirn (siehe untere Grafik im Kasten S. 45). Diese Art der Stimulation wird inzwischen häufig bei bestimmten Formen der Epilepsie angewandt, um Anfälle zu mindern. In Europa ist dieses Gerät seit 1994 dafür verfügbar. Auch bei der Vagusnerv-Stimulation hatten sich aber stimmungsaufhellende Nebenwirkungen eingestellt, und seit 2005 ist das Gerät in den USA als ergänzende Behandlung für schwere Depressionen zugelassen, wenn andere Therapien nicht ausreichen oder intolerabel sind.

Nun wirbt die Firma in den Staaten auf ihren Patienten-Webseiten für den Einsatz – obwohl die vorgelegten Daten kein einstimmiges Votum zu Gunsten der Zulassung erbracht hatten. Das medizinische Risiko der Operation ist geringer als bei der Tiefenhirnstimulation, die Hemmschwelle für eine solche Operation bei Patienten daher wohl niedriger. Werden auch Gesunde einmal zu ähnlichen Techniken greifen? Technikphilosoph Armin Grunwald, Leiter des Instituts für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse in Karlsruhe, ist überzeugt: »Sobald so etwas möglich ist, entwickelt sich auch eine Nachfrage danach.« ◀



**Tanja Krämer** ist Magistra der Philosophie und arbeitet als freie Wissenschaftsjournalistin in Bremen mit Schwerpunkt auf bioethischen Themen.

Tiefenhirnstimulation bei psychiatrischen Erkrankungen. Von J. Kuhn et al. in: Fortschritte der Neurologie und Psychiatrie, Online-Vorabveröffentlichung, 17. Januar 2007, doi: 10.1055/s-2006-955055

Neuroenhancement. Ethik vor neuen Herausforderungen. Von Bettina Schöne-Seifert, Johann S. Ach und Uwe Opolka. Mentis Verlag, 2007

Deep brain stimulation to reward circuitry alleviates anhedonia in refractory major depression. Von Thomas Schläpfer et al. in: Neuropsychopharmacology, Online-Vorabveröffentlichung, 11. April 2007, doi: 10.1038/sj.nnp.1301408

Beyond therapy. Biotechnology and the pursuit of happiness. Vom President's Council on Bioethics. Regan Books, 2003

Weblinks zu diesem Thema finden Sie unter [www.spektrum.de/artikel/896270](http://www.spektrum.de/artikel/896270).