

PSYCHOLOGIE | WISSENSCHAFTSGESCHICHTE

Hinter den Kulissen des Geistes

Die Neuropsychologie ist eine Disziplin mit kurzer Geschichte und langer Vergangenheit: Seit Jahrhunderten versucht der Mensch, Geistiges im Körper zu verorten. Doch erst in jüngster Zeit gewann er tiefe Einblicke in sein Denkorgan.

VON LUTZ JÄNCKE



BRUTAL EINGEBLÄUT

Je mehr Elektroden die Kopfhaut des Probanden bedecken, desto genauer die EEG-Daten etwa beim Betrachten einer Gewaltszene.

Woher wissen Sie eigentlich, dass Sie mit dem Kopf denken und nicht etwa mit dem Zwerchfell, dem Herzen oder vielleicht mit Ihrem linken Knie? Was für eine absurde Frage, meinen Sie? Aber mal ehrlich: Wie können wir uns da so sicher sein? Gut, das Knie kann verletzt werden, und trotzdem sind wir – bis auf die Schmerzen – geistig nicht wesentlich eingeschränkt. Und auch Zwerchfell oder Herz mögen zwar das subjektive Empfinden beeinflussen, aber taugen sie als Hort des Geistes? Mit Nachsinnen allein werden wir die Frage allerdings kaum beantworten.

Doch brennt sie dem Menschen von jeher unter den Nägeln: Die Sphäre der geistigen Phänomene, all die Sinneseindrücke, Erinnerungen, Wünsche, Gedanken und Gefühle, müssen – selbst wenn sie von einer höheren göttlichen Macht herrührten – irgendwo im Körper angesiedelt sein oder auf bestimmte Weise mit diesem zusammenhängen. Die Suche nach dem Sitz der Seele beschäftigt Gelehrte und Forscher seit Jahrtausenden. Das Gehirn allerdings geriet dabei erst spät in ihr Visier.

Für den griechischen Philosophen Aristoteles (384–322 v. Chr.) etwa war es nicht mehr als eine Art Kühlelement für das vom Körper erhitzte Blut. Vielmehr sei das Herz das Zentralorgan des Menschen – eine Ansicht, die lange Zeit einflussreich blieb und bis in unsere Alltagssprache hinein Spuren hinterließ: So nehmen wir uns gelegentlich wohl etwas »zu Herzen«, aber nie »zu Hirne«.

Erst in der Neuzeit zollte man dem Gehirn mehr Interesse. Ihren schönsten Ausdruck fand diese Wende im Werk des Flamen Andreas Vesalius (1514–1564). Als Professor für Chirurgie an der Universität Padua schuf er das anatomische Lehrwerk »De humani corporis fabrica« (»Über den Bau des menschlichen Körpers«), das Johannes Oporinus 1543 in Basel druckte. Vesalius fertigte beeindruckende Zeichnungen an, die der damals populären Ventrikel-Theorie folgten: Demnach zirkuliere in den Hohlräumen des Gehirns das »Pneuma«, das von hier aus in den Körper gelange und diesen beseele.

Die einzelnen Ventrikel – drei an der Zahl – seien dabei auf verschiedene Funktionen spezialisiert: So beherberge der erste (nicht gleichzusetzen mit dem heute als 1. Hirnventrikel bezeichneten Hohlraum) Fantasie und Vorstellungskraft, im zweiten entstehe das Denken,

während der dritte für das Erinnern zuständig sei. Die Hirnmasse selbst fungierte gemäß dieser Vorstellung lediglich als Stützkörper.

Erst im 18. Jahrhundert setzte sich die Ansicht durch, das Nervengewebe selbst beherberge unsere geistigen Fähigkeiten. Eine Theorie, die damals viele Anhänger fand, war die Phrenologie. Ihre Protagonisten, der Arzt und Anatom Franz Josef Gall (1758–1828) und sein Schüler Johann Spurzheim (1776–1832), meinten aus den Unebenheiten der Schädeloberfläche auf die anatomische Beschaffenheit des darunterliegenden Gewebes schließen zu können.

Im Bann der Schädelbeulen

Ob Genie, Wahnsinn, Fleiß oder Willenskraft – alle psychischen Tätigkeiten und Talente des Menschen führte Gall auf individuelle Besonderheiten der Hirnanatomie zurück. Daraus würde sich die psychische Ausstattung des betreffenden Menschen ableiten: Das Gedächtnis beispielsweise habe unmittelbar hinter den Augenhöhlen seinen Sitz; Menschen mit hervorstehenden Augäpfeln galten somit als wahre Erinnerungskünstler. Aus heutiger Sicht erwies sich das Interpretieren von »Schädelbeulen« zwar als pseudowissenschaftlicher Irrweg. Doch lebt noch immer der Wunsch fort, mentale Funktionen einzelnen Hirngebieten zuzuordnen.

Die Fallbeschreibungen des französischen Neurologen Paul Broca (1824–1880) und seines deutschen Kollegen Carl Wernicke (1848–1905) markierten einen ersten ernst zu nehmenden Schritt in diese Richtung: Die beiden Forscher wiesen um die Mitte des 19. Jahrhunderts nach, dass die Fähigkeit, Sprache zu produzieren und zu verstehen, vom Funktionieren ganz bestimmter Abschnitte der linken Großhirnrinde abhängt. Waren die entsprechenden Areale geschädigt, so kam es zu typischen Sprachstörungen: Im einen Fall (heute als Broca-Aphasie bekannt) äußern Patienten nur noch Sprachfetzen oder Ein-Wort-Sätze, können aber verbale Äußerungen von anderen gut verstehen; im zweiten – nach Schädigung des Wernicke-Areals – können sie sich zwar oft noch gut ausdrücken, verstehen aber selbst einfache Sätze nicht mehr.

Die Untersuchung spezifischer Ausfälle nach Hirnschädigungen (die man damals nur post mortem sicher diagnostizieren konnte) avancierte um die Wende zum 20. Jahrhundert zur Standardmethode unter Neurologen und Psy-



SERIE GESCHICHTE DER PSYCHOLOGIE: Menschen, Methoden und Modelle

- Überblick (4/2007)
- Psychophysik (5/2007)
- Psychoanalyse (6/2007)
- Gestaltpsychologie (7-8/2007)
- Behaviorismus (9/2007)
- Kognitive Wende (10/2007)
- Neuropsychologie (11/2007)



MEG



fMRT

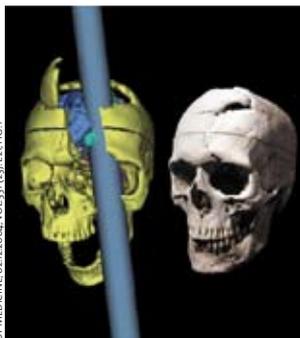
Forschung mit Methode: das Gehirn im Visier

Mittlerweile kennt sie fast jeder: die für Forscher wie Laien beeindruckenden bunten Hirnbilder aus dem Tomografen. Die technischen Verfahren, die sich dahinter verbergen, faszinieren einerseits, weil sie die Aktivität des lebenden Gehirns sichtbar machen. Sie lösen aber auch Skepsis aus, da sie allzu leicht den Eindruck erwecken können, das Flackern einzelner Areale bringe Fühlen, Denken oder gar religiöse Überzeugungen hervor.

Methoden wie die Magnetenzephalografie (MEG; linkes Bild) oder die funktionelle Magnetresonanztomografie (fMRT, auch Kernspintomografie; mittleres Bild) messen Hirnaktivität anhand

KLASSISCHER FALL

Der Bahnarbeiter Phineas Gage hatte 1848 einen furchtbaren Unfall: Bei einer Sprengung durchschlug eine Eisenstange seinen Schädel (siehe Rekonstruktion unten). Wie durch ein Wunder überlebte Gage. Doch der einst gewissenhafte Arbeiter war fortan ein aufbrausender Luftikus. Sein Fall gilt als ein früher Vorläufer neuropsychologischer Läsionsstudien.



ALIS PETER RÄTU UND I. F. TALOS, NEW ENGLAND JOURNAL OF MEDICINE 0.2.12.2004, VOL. 351 (23), S. 24, FIG. 1

chiatern. Doch mehrten sich bald die kritischen Stimmen: Der amerikanische Psychologe Karl Spencer Lashley (1890–1958) widersprach der Lokalisationslehre in seinem Buch »Brain Mechanisms and Intelligence« 1939 heftig. Viele geistige Funktionen würden gar nicht von einzelnen Hirnstrukturen abhängen, sondern entstünden erst im dynamischen Ensemble des ganzen Gehirns oder großer Teile davon.

Einen gleichfalls holistischen Ansatz vertrat der kanadische Psychologe Donald Olding Hebb (1904–1985). In einem Aufsatz mit dem Titel »What Psychology is about« erklärte er psychische Prozesse zu integrativen Gesamtleistungen des Gehirns. Über wechselnde neuronale Netzwerke stünden stets viele, weit verteilte Hirnzentren miteinander in Kontakt. Hebb postulierte auch als Erster, dass Veränderungen an den Synapsen, jenen winzigen Verbindungsstellen zwischen den Nervenzellen, die Grundlage von Lernprozessen darstellen. Erst Jahre später wurde dies experimentell bestätigt.

Die Thesen von Lashley und Hebb bildeten wichtige Meilensteine auf dem Weg zur modernen Neuropsychologie. Denn diese beschränkt sich keineswegs darauf, die für geistige Prozesse jeweils »zuständigen« Areale auszukundschaften. Es kommt vielmehr darauf an, wie die

einzelnen Module zusammenwirken, um komplexe Leistungen des Wahrnehmens, Denkens und Fühlens zu erbringen. Das Wissen um die Arbeitsabläufe im Gehirn hilft dann, psychische Phänomene besser zu verstehen.

Die klassischen Fallstudien, mit denen Roger Wolcott Sperry (1913–1994) bereits in den 1950er Jahren Furore machte, verdeutlichen das. Sperry untersuchte »Split Brain«-Patienten – das waren zumeist schwer betroffene Epileptiker, deren anfallsartige Entladungen im Kopf zwischen den beiden Gehirnhälften hin- und herliefen. Die damaligen Mediziner wussten hier oft keinen anderen Rat, als die Nervenfaserverbindung zwischen den Hemisphären, den so genannten Balken, operativ zu durchtrennen. Die Patienten waren danach häufig von der Epilepsie geheilt und zeigten auch keine Folgeschäden. Bis Sperry sie zu Tests ins Labor bat.

Eines seiner berühmt gewordenen Experimente sah wie folgt aus: Der Proband stand vor einem Tisch, auf dem verschiedene Gegenstände lagen, zum Beispiel eine Schere, ein Apfel, ein Schuh und eine Brille. Dann zeigte Sperry der Person ein Bild des Objekts, nach dem sie mit der linken Hand greifen sollte – etwa des Apfels. Präsentierte er das Bild weit im rechten Teil des Gesichtsfeld, sodass es nur in die linke



verschiedener Kennwerte: Im ersten Fall wird das mit den Hirnströmen verbundene magnetische Feldpotenzial abgetastet, im zweiten die regionale Zunahme des Blutflusses gemessen – per Ausrichtung von Protonen in einem künstlich erzeugten, starken Magnetfeld.

Forscher schicken aber auch Signale aktiv in das Gehirn hinein: Mittels transkranieller Magnet-Stimulation (TMS; rechtes Bild) lassen sich Teile der Großhirnrinde gezielt stimulieren oder auch vorübergehend »ausschalten«. An den Folgen für das Erleben und Verhalten der Probanden lässt sich viel über die an bestimmten Leistungen beteiligten Netzwerke im Gehirn ablesen.

Hirnhälfte projiziert wurde, war der Patient dazu nicht in der Lage. Zeigte Sperry ihm das Bild aber links, griff der Betreffende zielsicher nach dem gesuchten Gegenstand!

Der Apfel fällt nicht weit vom Hirn

Die Erklärung: Um mit links nach dem richtigen Objekt zu greifen, muss der Begriff »Apfel« sozusagen in die rechte Hirnhälfte transferiert werden, welche die linke Körperseite kontrolliert – was bei durchtrenntem Balken jedoch unmöglich ist. 1981 erhielt Sperry für seine Split-Brain-Experimente den »Nobelpreis für Physiologie oder Medizin«.

Derartige Läsionsstudien, also die Untersuchung von Ausfällen nach bestimmten Hirnschädigungen bei Mensch und Tier – ob durch Unfall, Krankheit oder auch Operationen verursacht –, stellen bis heute eine wichtige Säule der Neuropsychologie dar. Eine andere, die inzwischen die öffentliche Wahrnehmung des Fachs dominiert, entstand mit den bildgebenden Verfahren (siehe Kasten oben) ab den 1970er Jahren. Unter diesen Überbegriff fallen eine Reihe von aufwändigen technischen Labormethoden, die es ermöglichen, das arbeitende Gehirn bei der Lösung von Aufgaben zu beobachten. Hierfür wird die Erregung von Nervenzellen oder

bestimmten Hirngebieten an verschiedenen, indirekten Parametern abgelesen: etwa an Hirnströmen, der Verteilung injizierter Marker oder am Sauerstoffgehalt des Bluts.

Die ständige Verfeinerung der bildgebenden Verfahren sorgte für eine regelrechte »Neuro-Wende« in der Psychologie. So gelang es nach und nach, die räumliche und zeitliche Auflösung dieser Techniken immer weiter zu steigern: Mittlerweile lässt sich mittels funktionaler Magnetresonanztomografie (fMRT) neuronale Aktivität bis auf circa einen Millimeter genau festmachen – wobei ein Kubikmillimeter Nervengewebe immer noch rund eine Million Nervenzellen enthält! Auch die Feuerraten kleinerer Gruppen oder sogar von einzelnen Neuronen lassen sich heute messen – jedoch meist nur im Tierexperiment, da dies einen größeren Eingriff ins Gehirn erfordert.

Die bildgebenden Verfahren offenbaren besser denn je, wie eng physiologische und psychologische Vorgänge miteinander verwoben sind. Der Brückenschlag zwischen Körper und Geist erfüllt freilich viele Menschen mit Unbehagen: »Das Gehirn kann doch nicht allein für unser subjektives Fühlen und Denken verantwortlich sein – da muss es doch mehr geben!« Ich, Bewusstsein, ja die einzigartige mensch-

IM DSCHUNGL DER DISZIPLINEN

■ Neuropsychologie

Beschäftigt sich mit den neuronalen Grundlagen des Erlebens und Verhaltens von Menschen – sowohl Gesunden als auch hirnerkrankten Patienten

■ Neurologie

Medizinisches Teilgebiet der Diagnose und Therapie von Hirnerkrankungen und den damit verbundenen Ausfallerscheinungen

■ Psychophysiologie

Beschäftigt sich mit hirnphysiologischen Prozessen, die (auch) psychologische Wirkung haben. Die experimentelle Manipulation setzt am Körper an. Die **Neuropsychologie** geht in umgekehrter Richtung vor: Sie beschreibt primär Erscheinungen im Denken, Fühlen und Verhalten und fahndet nach deren neuronalen Ursachen

■ Neurowissenschaft

Überbegriff für alle Bereiche und methodischen Ansätze, die sich mit dem Gehirn und seinen Leistungen befassen

ALLES NEURO ODER WAS?!

Unter Psychologen schwelt ein Streit: Was hat die Psychologie den bunten Hirnbildern entgegenzusetzen? Führende deutsche Psychologen äußerten sich zu dieser Frage in der gemeinsamen Standortbestimmung »Psychologie im 21. Jahrhundert«. Den vollständigen Text sowie zahlreiche Kommentare zum Thema finden Sie zum freien Download unter www.gehirn-und-geist.de/psychologie

liche Existenz drohe von der Neuroforschung entzaubert und auf das Rumoren eines kaum anderthalb Kilogramm schweren Organs reduziert zu werden.

Allerdings: Das alte Leib-Seele-Problem der Philosophen ist noch lange nicht gelöst, und die momentane Beliebtheit neuronaler Erklärungen muss nicht von Dauer sein. Denn auch die Wissenschaft hat ihre Trends und Moden. So mag man sich, wenn die Begeisterung über die »bunten Hirnbilder« abgeflaut ist, wieder mehr darauf besinnen, dass die bloße Aktivität bestimmter Areale im Gehirn noch keine hinreichende Erklärung für die meisten psychischen Prozesse liefert. Die Realität sieht meist viel komplizierter aus.

Trend statt Tabu: das Unbewusste

Auch das mag ein Beispiel illustrieren, das Phänomen der »unbewussten Wahrnehmung«. Dieser Begriff war noch vor rund 15 Jahren unter Experimentalpsychologen ziemlich tabu. 1998 veröffentlichte dann Paul Whalen von der Harvard Medical School in Boston eine fMRT-Studie, die das mit einem Schlag änderte. Whalen wies nach, dass unbemerkt präsentierte Bilder von ängstlichen Gesichtern zu einem starken Anstieg der Durchblutung in den Mandelkernen (Amygdalae) führte. Dieses Hirngebiet verarbeitet emotionale Informationen, besonders solche negativer Art wie Angst oder Wut – so auch beim unbewussten Lernen von Gesichtern.

Offenbar gelangen die entsprechenden Sehreize in jene emotionalen Hirnzentren, ohne dass wir dessen gewahr werden. Wahrscheinlich unterliegen sogar viele Denktätigkeiten dem Einfluss solcher unbewusst aufgenommenen Reize. Mittlerweile ist belegt, dass bei fast allen Lernvorgängen unbewusste Prozesse

ablaufen, die zur Konsolidierung von Gedächtnisinformationen beitragen.

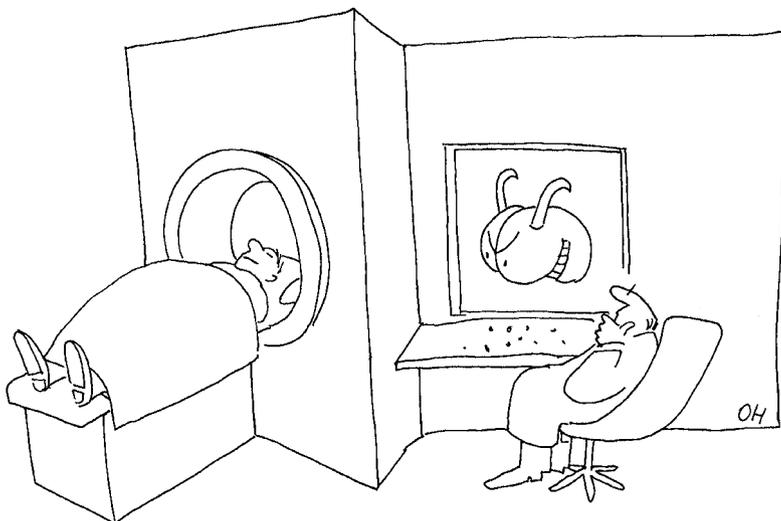
Optische Täuschungen, Halluzinationen, Déjà-vu-Erlebnisse und Tagträume sind schillernde Beispiele menschlicher Wahrnehmungen, die nicht selten parapsychologisch erklärt werden. Die moderne Neuropsychologie nimmt solchen Phänomenen das Übersinnliche, indem sie sie als ganz »normale« neuronale Erregungen entlarvt. Unser Gehirn kann nämlich bestimmte Wahrnehmungsinhalte (und die damit verbundenen Hirnaktivierungen) selbstständig erzeugen. Im Erleben offenbart sich dies häufig als Wahrnehmungssillusion, als Imagination oder Traumbild.

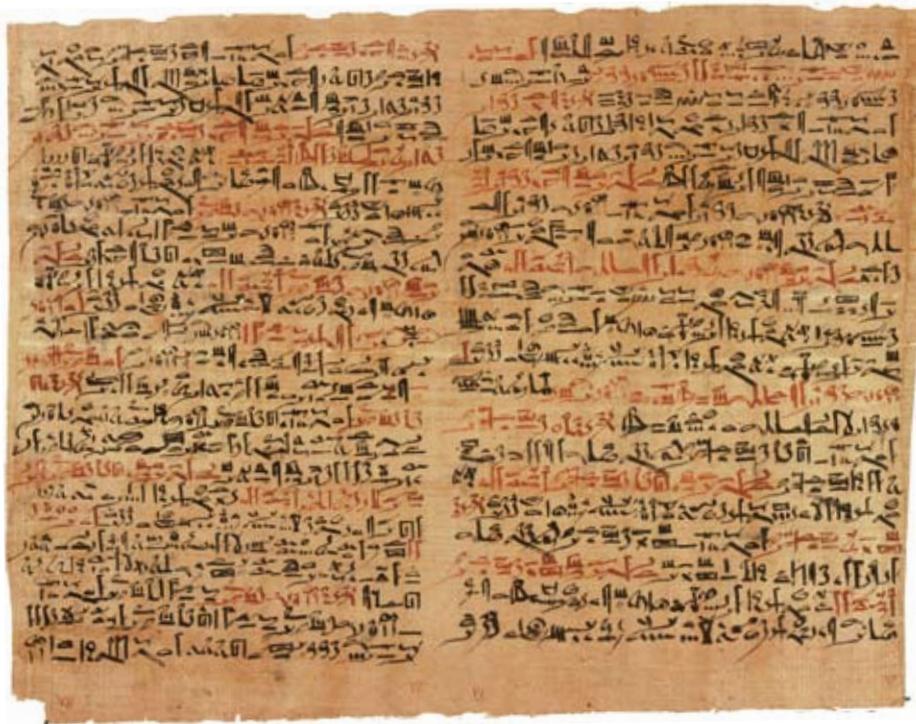
Wie wir heute wissen, bildet unser Gehirn auch ständig spontane Assoziationen: Wenn wir visuelle Reize, die normalerweise mit akustischen Informationen gekoppelt sind, einmal isoliert wahrnehmen – etwa ein Video von einem Wasserfall, bei dem der Ton abgeschaltet ist –, dann wird dennoch automatisch auch der Hörcortex aktiv. Die dabei hergestellten Verknüpfungen sind erfahrungsabhängig, weshalb sie sich von Mensch zu Mensch unterscheiden können.

Überhaupt liefert die neuropsychologische Forschung viele Belege für die bemerkenswerte Plastizität des Gehirns. Noch vor 10 bis 20 Jahren war es fast undenkbar, dass das erwachsene menschliche Gehirn durch äußere Einflüsse sonderlich stark modifiziert werden kann. Die neuen Methoden offenbarten aber inzwischen, dass Lernen nicht nur das Verhalten, sondern (natürlich!) auch das Gehirn verändert.

Profimusiker verfügen beispielsweise über vergrößerte sensorische und motorische Areale – und zwar umso mehr, je länger und intensiver ihre Ausbildung war. Der hintere Teil des Hippocampus, der ganz wesentlich am räumlichen Gedächtnis beteiligt ist, erwies sich bei Londoner Taxifahrern ebenfalls als deutlich größer als bei normalen Zeitgenossen. Einer neueren Studie zufolge führt bereits ein dreimonatiges Jongliertraining zu einer Zunahme der Dichte in der grauen Substanz eines Areals namens MT, das für die Bewegungswahrnehmung wichtig ist.

Neben solchen erfahrungsbedingten Hirnveränderungen haben Neuropsychologen tiefe Einblicke in die natürliche Reifung unseres Gehirns gewonnen. So ist das Stirnhirn, die oberste Kontrollinstanz unseres bewussten Handelns, in den ersten beiden Lebensjahrzehnten massiven Veränderungen unterworfen. Dies kann





UR-HIRNFORSCHUNG

Der älteste bekannte Text, in dem vom Gehirn die Rede ist, stammt aus der Zeit um 1700 v. Chr. Es handelt sich um ein altägyptisches Schriftstück, Edwin-Smith-Papyrus genannt. In dem Dokument werden 48 medizinische Fälle geschildert, darunter allein 27 Hirnverletzungen. Archäologen gehen davon aus, dass die beschriebenen Ereignisse noch wesentlich älter sind und bis 2500 v. Chr. zurückreichen.

erklären, warum Pubertierende so große Probleme haben, ihre Launen und Impulse zu kontrollieren. Auch gelingt es ihnen oft schlecht sich zu disziplinieren, zu motivieren oder in andere hineinzusetzen – möglicherweise eine Folge ihres noch nicht ausgereiften Stirnhirns.

Die Psyche am Gehirn ablesen

Es lassen sich also vielfältige psychische Phänomene am Gehirn »ablesen«. Seit einigen Jahren arbeiten Forschungsgruppen zudem daran, einen direkten Dialog zwischen Mensch und Maschine herzustellen. So genannte Brain-Computer-Interfaces (BCI), also Schnittstellen zwischen Gehirn und Computer, nutzen die natürliche neuronale Aktivität, um etwa technische Apparate und Roboter zu steuern oder virtuelle Realitäten zu erschaffen.

Das Prinzip dahinter: Bestimmte motorische Signale, Vorstellungen oder Gedanken sind mit bestimmten Erregungsmustern im Gehirn gekoppelt. Stellt sich eine Versuchsperson vor, sie würde die rechte Hand zur Faust ballen (ohne es tatsächlich zu tun), kann das damit verbundene Signal abgetastet werden. Es wird vom Computer erkannt und in Befehle umgewandelt, die dann eine künstliche Gliedmaße steuern.

Die ersten praktischen Erfolge gibt es bereits: Ein Team um den Neurophysiologen John Donoghue von der Brown University in Providence, Rhode Island, implantierte einem querschnittsgelähmten Patienten 96 Minielektro-

den in das Handmotorareal, um die Aktivität der Nervenzellen in diesem Gebiet kontinuierlich zu registrieren. Der Patient lernte allein kraft seiner Gedanken unterschiedliche Signalmuster zu generieren und konnte so schließlich einen Computer bedienen, E-Mails abrufen und sogar einen Roboterarm betätigen (siehe G&G 10/2006, S. 64).

Neuropsychologie und Neurowissenschaften sind mittlerweile kaum sinnvoll zu trennen, wenn es darum geht, das gesunde wie auch das kranke Gehirn zu erforschen. Dies verspricht nicht nur bessere Diagnose und Rehabilitationsansätze für Patienten sowie neue Lernmodelle für Pädagogen, sondern auch Antworten auf ganz grundlegende Fragen des menschlichen Daseins: Was ist Bewusstsein? Gibt es einen freien Willen? Wie lässt sich die Arbeit des Gehirns verbessern?

Um dabei weiter voranzukommen, bedarf es psychologischer Modelle ebenso wie bildgebender Verfahren. Entgegen der viel diskutierten Konkurrenz zwischen Neuroforschern und Psychologen scheint vielmehr Kooperation das Gebot der Stunde: Die Modelle und Methoden der Psychologie machen es oft überhaupt erst möglich, neurowissenschaftliche Verfahren wie Hirnscans gezielt einzusetzen. Man muss schließlich wissen, wonach man sucht, um im Gehirn auch fündig zu werden. ~

Lutz Jäncke ist Professor für Neuropsychologie an der Universität Zürich.

LITERATURTIPPS

Jäncke, L.: Methoden der Bildgebung in der Psychologie und den kognitiven Neurowissenschaften. Stuttgart: Kohlhammer 2005.

Kasten, E.: Einführung Neuropsychologie. München: Reinhardt UTB 2007.