

Einblick ins Gehirn TA 50A / 2006

Kurzfassung der TA-SWISS Studie «Hirnuntersuchungen mit bildgebenden Verfahren» ▶

Regards en coulisse dans les méandres du cerveau TA 50A / 2006

Résumé de l'étude «Le recours aux procédés d'imagerie en recherche cérébrale» de TA-SWISS ▶

Views of the brain TA 50A / 2006

Abridged version of the TA-SWISS study «Impact Assessment of Neuroimaging» ▶

Bern, 2006 Herausgeber – Editeur – Editor:

TA-SWISS Zentrum für Technologiefolgen-Abschätzung
TA-SWISS Centre d'évaluation des choix technologiques
TA-SWISS Centre for Technology Assessment

Redaktion Kurzfassung – Rédaction du résumé – Résumé written by: Dr. Adrian Rüegsegger, TA-SWISS, Bern

Traduction: Viviane Mauley, Chesalles-sur-Moudon
Translation: Gary Williamson, Woking Surrey, England

Diese Kurzfassung beruht auf der TA-SWISS Studie – «Impact Assessment of Neuroimaging»
Le résumé se base sur l'étude TA-SWISS – «Impact Assessment of Neuroimaging»
The summary is based on the TA-SWISS study: «Impact Assessment of Neuroimaging»

Die TA-SWISS Studie wurde von folgenden **Autorinnen und Autoren** verfasst
– **Auteurs** du rapport TA-SWISS – **Authors** of the TA-SWISS report:
Dr. Bärbel Hüsing, Prof. Lutz Jäncke, Prof. Brigitte Tag

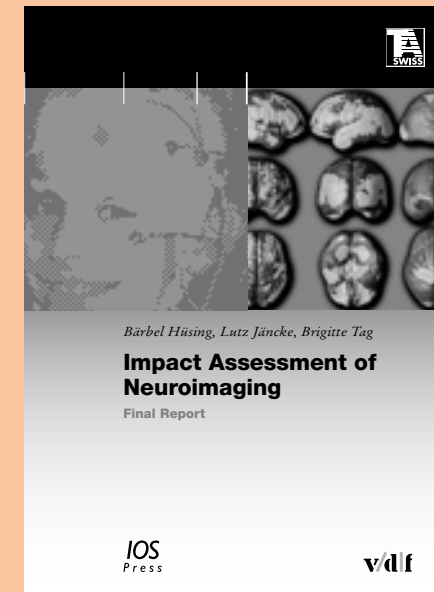
**Betreuung der TA-SWISS Studie – Supervision de l'étude TA-SWISS –
Supervisor of the TA-SWISS study:** Dr. Adrian Rüegsegger, TA-SWISS, Bern

**Die TA-SWISS Studie wurde unterstützt durch –
L'étude TA-SWISS a été réalisée avec le support de –
The TA-SWISS study was supported by:**
Schweizerische Akademie der Medizinischen Wissenschaften

Folgende Personen wirkten bei der TA-SWISS Studie «Impact Assessment of Neuroimaging» in der **Begleitgruppe** mit:
Le groupe d'accompagnement de l'étude TA-SWISS «Impact Assessment of Neuroimaging» se composait des personnes suivantes:
Members of the **supervisory group** for the TA-SWISS study «Impact Assessment of Neuroimaging»:

Dr. Hermann Amstad, Schweizerische Akademie der Medizinischen Wissenschaften SAMW, Basel; Präsident der Begleitgruppe
Dr. Andrea Arz de Falco, Fachstelle für Angewandte Medizin-Ethik, Bundesamt für Gesundheit, Bern
Prof. Lazare Benaroyo, Projet Iris 3 éthique, Université de Lausanne
Regula Burri, Collegium Helveticum, ETH Zürich
Prof. Michael Hagner, Professur für Wissenschaftsforschung, ETH Zürich
Dr. Christian Heuss, Radio DRS, Basel
Alain Kaufmann, IMédia – Interface Sciences, Médecine et Société, Université de Lausanne
Prof. Theodor Landis, Service de neurologie, Hôpitaux Universitaires, Genève
Dr. Dieter Meier, Institut für Biomedizinische Technik der Universität und ETH Zürich
Prof. Hanns Möhler, Forschungsschwerpunkt «Plastizität und Reparatur des Nervensystems», Universität und ETH Zürich
Prof. Walter Perrig, Institut für Psychologie, Universität Bern
Prof. Beat Sitter-Liver, Departement Philosophie, Université de Fribourg
Prof. Dominique Sprumont, Institut de droit de la santé, Université de Neuchâtel

Die vollständige TA-SWISS Studie, Bild rechts, kann im Fachbuchhandel oder direkt beim
vdf Hochschulverlag AG, Voltastrasse 24, 8092 Zürich
Tel. +41 1 632 42 42, www.vdf.ethz.ch, bezogen werden.



Einblick ins Gehirn – Kurzfassung der Studie «Hirnuntersuchungen mit bildgebenden Verfahren»

Wieso diese TA-SWISS-Studie?

Sprache, Intelligenz, Kreativität, Gefühle – diese und viele andere Eigenschaften menschlichen Lebens werden durch unser Gehirn erst ermöglicht. Weil das menschliche Gehirn mehr ist als ein gewöhnliches Organ, interessieren sich nicht nur Ärzte dafür. Auch Psychologinnen, Wirtschaftswissenschaftler und Juristinnen versuchen, die Geheimnisse des Gehirns zu ergründen. In den vergangenen Jahren sind die Methoden der Hirnforschung wesentlich leistungsfähiger geworden. So genannte bildgebende Verfahren erlauben es, ohne operative Eingriffe Einblick in die Funktionsweise des Gehirns von Versuchspersonen zu erhalten. Aus entsprechenden Forschungsergebnissen werden auch Aussagen abgeleitet, die sich auf psychische Eigenschaften der untersuchten Personen beziehen – aus der Sicht von TA-SWISS eine bedeutsame Entwicklung, die es sorgfältig zu beobachten gilt. Die interdisziplinäre Studie soll frühzeitig einen Beitrag leisten zur breit abgestützten Diskussion der Anwendung bildgebender Verfahren in der Hirnforschung. TA-SWISS wurde bei dieser Studie finanziell und durch persönliches Engagement von der Schweizerischen Akademie der Medizinischen Wissenschaften (SAMW) unterstützt.

Was sind bildgebende Verfahren?

Auch wer keine medizinischen Fachzeitschriften liest, hat sie vermutlich schon in der Tageszeitung gesehen, die «Hirnbilder», mit denen neue Erkenntnisse aus der Hirnforschung illustriert werden. Obwohl diese Bilder oft aussehen wie Aufnahmen von Querschnitten des Gehirns, war niemand mit dem Skalpell am Werk. Die Bilder stammen in der Regel von lebenden Personen – nämlich von Patienten oder von Versuchspersonen, die sich für eine Untersuchung zur Verfügung gestellt haben. Bildgebende Verfahren ermöglichen diesen Einblick ins Gehirn. Messgeräte liefern dabei grosse Mengen an Daten, aus denen leistungsfähige Computerprogramme die Bilder berechnen. Es handelt sich deshalb nicht um fotografische Aufnahmen; vielmehr hängen die Ergebnisse der Untersuchungen davon ab, welche physikalischen Messwerte erfasst werden und wie diese Messwerte in der Computerauswertung «verrechnet» werden. Somit sind je nach Auswertung der Daten unterschiedliche Darstellungen oder Hervorhebungen von besonders interessierenden Details möglich.

Möglichkeiten und Grenzen bildgebender Verfahren?

Mit Hilfe der bildgebenden Verfahren ist es möglich, sowohl den Aufbau als auch die Funktionsweise des Gehirns zu untersuchen. Die Computertomografie (CT) und die leistungsfähigere, aber technisch aufwändigere Magnetresonanztomografie (MRI, magnetic resonance imaging) werden verbreitet zur Abklärung bei Verdacht auf Tumoren oder Blutungen im Hirn eingesetzt. Die wichtigsten Methoden zur Untersuchung der Aktivität des Gehirns sind die Positronenemissions-Tomografie (PET) und die funktionelle Magnetresonanztomografie (fMRI). Diesen beiden Methoden geben Aufschluss über Stoffwechselfvorgänge im Gehirn.

Hierbei zeigen sich auch die Grenzen der bildgebenden Verfahren: Welche Erkenntnisse sind aus Messungen im Stoffwechsel des Gehirns beispielsweise zu erwarten für die Pädagogik, das Marketing oder für die Beurteilung von straffälligen Personen? Nicht die Messungen an und für sich werden dabei in Frage gestellt, doch es wird kontrovers diskutiert, welche Aussagen über Persönlichkeitsmerkmale anhand der Messergebnisse überhaupt zulässig sind.

Was bleibt zu tun?

Die Anwendung bildgebender Verfahren in der Hirnforschung kann persönliche Merkmale von Individuen offen legen. Das entsprechende Wissen kann schwerwiegende Konsequenzen haben für die betroffenen Personen und für deren Wahrnehmung durch andere. Um den unbestrittenen Nutzen der Hirnforschung nicht zu gefährden und die Risiken so klein wie möglich zu halten, hat das Autorenteam der TA-SWISS-Studie unter anderem folgende Empfehlungen formuliert:

- Aufklärung von Patienten und Versuchspersonen. Es ist nicht ausgeschlossen, dass bei Untersuchungen des Gehirns unerwartete Befunde festgestellt werden, welche psychisch belastend sind. Deshalb müssen den betroffenen Personen das Ziel und mögliche Folgen einer Untersuchung erklärt werden. Nur gut informierte Personen können entscheiden, welche Ergebnisse sie erfahren möchten.
- Qualitätssicherung. Diese sollte sowohl die Personen und Institutionen umfassen, welche bildgebende Verfahren anwenden, wie auch die dafür eingesetzten Geräte. Nur kompetente Anwender und Anwenderinnen, die für die Möglichkeiten und Grenzen der Untersuchungsmethoden sensibilisiert sind, können die Geräte sicher einsetzen und mit den Ergebnissen verantwortungsvoll umgehen.
- Rechtlicher Rahmen. Die Ergebnisse der Studie unterstreichen die Notwendigkeit einer einheitlichen schweizerischen Regelung der Forschung am Menschen, wie dies im entsprechenden Gesetzesentwurf vorgesehen ist. Dabei ist dem Persönlichkeitsschutz besondere Beachtung zu schenken.

Dem Gehirn bei der Arbeit zusehen

Alle bildgebenden Verfahren beruhen auf demselben Prinzip: Dem Messen einer grossen Anzahl von Daten, aus denen sich durch aufwändige Berechnungen Bilder konstruieren lassen. Sie zeigen immer deutlicher auf, wie unser Denkkorgan aufgebaut ist und wie es funktioniert. Bei der Erforschung der Gehirnfunktion geben solche Bilder beispielsweise Aufschluss darüber, welche Bereiche des Hirns besonders aktiv sind, wenn jemand lügt, ein Gesicht erkennt, oder eine Rechenaufgabe löst.

Zu den bildgebenden Verfahren gehören eine Reihe verschiedener Untersuchungsmethoden, die alle einen Einblick ins Gehirn erlauben. Dieser Einblick erfolgt zwar tatsächlich über Bilder, die man am Computerbildschirm betrachten kann. Doch werden solche Bilder nicht von einer Kamera geliefert, sondern aus einer riesigen Anzahl von Messwerten berechnet, welche von hochempfindlichen Geräten registriert werden. Die dazu verwendeten Geräte sind technisch aufwändig und teuer. Sie kamen ursprünglich vor allem im Bereich der Diagnostik zum Einsatz, beispielsweise bei der Abklärung auch sehr kleiner Hirntumore. Seit Mitte der neunziger Jahre werden die bildgebenden Verfahren vermehrt auch dazu verwendet, das Gehirn von gesunden Versuchspersonen zu erforschen. Freiwillige legen sich zu diesem Zweck in den Tomografen und führen eine bestimmte Aufgabe aus, während die Forscherinnen und Forscher am Bildschirm verfolgen, welche Hirnareale dabei aktiv sind.

In diesem Kapitel werden einige der wichtigsten Untersuchungsmethoden kurz vorgestellt

(s. auch Tabelle «Methoden für Hirnuntersuchungen»). Dabei ist die Magnetresonanztomografie jene Methode, mit welcher der Aufbau des lebenden Gehirns am genauesten untersucht werden kann. Beschrieben werden im weiteren drei Methoden, welche auch der Erforschung der Kognition in den Neurowissenschaften dienen. Unter Kognition versteht man in der Psychologie Leistungen des Gehirns wie Aufmerksamkeit, Gedächtnis, Sprache, Lern-

und Urteilsfähigkeit oder das Lösen von Problemen, wobei auch Gefühle oder Umweltfaktoren – zum Beispiel Stress – eine Rolle spielen können.

Es ist ein altbekanntes Phänomen der Hirnforschung, Persönlichkeitsmerkmale durch exakte Messmethoden feststellen zu wollen. Ein Beispiel dazu aus der Wissenschaftsgeschichte ist im Kastentext beschrieben.

Magnetresonanztomografie (MRI)

Auch im deutschen Sprachraum bezeichnet man die Magnetresonanztomografie meist kurz als MRI, nach der englischen Bezeichnung magnetic resonance imaging. Diese Methode wurde in den 1980er Jahren entwickelt, sie misst Signale im Körper, die durch ein extrem starkes Magnetfeld in Kombination mit Radiowellen erzeugt werden. Die Stärke von Magnetfeldern wird in

Die Vermessung des Gehirns – eine alte Geschichte

Es war nicht das erste Mal, dass sein Gehirn für Schlagzeilen sorgen sollte. Die Methode, mit der das prominente Denkkorgan untersucht wurde, wird in der Regel auch nicht für Messungen am Gehirn längst verstorbener Persönlichkeiten verwendet. Vielmehr ermöglicht sie in der modernen Medizin Einblicke ins Gehirn lebender Menschen. Doch das fragliche Gehirn war ein ganz besonderes – es gehörte Carl Friedrich Gauss, einem der berühmtesten Mathematiker aller Zeiten.

Gauss starb am 23. Februar 1855 im Alter von fast 78 Jahren. Ein Tag später wurde seine Leiche seziiert, wobei sein Gehirn entnommen und von seiner Schädellinnenseite ein Gipsabdruck angefertigt wurde. Das Gehirn wurde präpariert, gewogen – 1492 Gramm – und in ein Glasgefäss mit einer alkoholhaltigen Lösung gegeben. Es kam ins Institut für Physiologie der Universität Göttingen, jener Hochschule, an der Gauss als Direktor der Sternwarte gewirkt hatte. Die Entnahme folgte auf Bitte des Physiologen Rudolf Wagner, der davon ausging, dass die Naturwissenschaften es in Zukunft ermöglichen würden, die Genialität anhand bestimmter Merkmale von Gehirnen feststellen zu können. Diese Idee war nicht neu, doch erstmals begannen angesehene Forscher, sich systematisch für die Gehirne von ausserordentlich begabten Personen zu interessieren. Der Sitz der Persönlichkeit wurde zwar schon vorher im Gehirn vermutet, doch nicht das Gehirn selbst, sondern der Schädel – der ja die Gehirnoberfläche gewissermassen abbildet – war damals das Untersuchungsobjekt der Wahl. Auf dem Höhepunkt dieser als Phrenologie bezeichneten Schädellehre war die Oberfläche des Schädels in 35 so genannte phrenologische Organe eingeteilt. Jedem dieser Bereiche war ein Persönlichkeitsmerkmal wie Anhänglichkeit, Gewissenhaftigkeit oder analytischer Verstand zugeordnet – eine Lokalisierung von Eigenschaften via Knochen sozusagen.

Tiefere Einblicke als diese oberflächliche Charakterisierung erlauben die modernen Untersuchungsmethoden: Am 25. November 1998 wurde das Gauss'sche Gehirn in Göttingen in einen Magnetresonanztomografen geschoben. In kürzester Zeit produzierte das MRI-Gerät 526 Datensätze, die sich in der Form von Querschnittsbildern veranschaulichen lassen. Allerdings ging es nicht mehr darum, dass Genie im Gehirn des berühmten Mathematikers zu suchen. Diese Forschungsrichtung wurde in der Mitte des 20. Jahrhunderts aufgegeben, weil keine schlüssigen Zusammenhänge zwischen Gehirnmerkmalen und Genialität festgestellt werden konnten. Im Unterschied zu anderen prominenten Gehirnen wie jenem von Lenin, das in Tausende ultradünne Scheibchen geschnitten wurde und jenem von Einstein, welches in 240 kleine Blöcke zerlegt wurde, blieb das Gauss'sche Denkkorgan von allen invasiven Attacken der Elitegehirnforschung verschont. Das prominente Objekt wurde 1998 schonend untersucht, um möglichst viele Daten zu erfassen und in digitaler Form langfristig zu sichern. Im Anschluss an die Untersuchung wurde es wieder ins Glasgefäss mit einer konservierenden Flüssigkeit gegeben. Damit dürfte auch das Original für kommende Jahrzehnte gesichert sein.

In Anbetracht unseres heutigen Wissens über das Gehirn fällt es leicht, das historische Beispiel der Schädelkunde als «Irrlehre» zu bezeichnen. Doch ein gewisses Mass an kritischer Distanz ist auch gegenüber den Erkenntnissen der modernen Hirnforschung angebracht. Gerade die «anschaulichen» Ergebnisse der Untersuchungen mit bildgebenden Verfahren verlocken zu voreiligen Schlüssen. Es gilt sorgfältig abzuwägen, welche fundierten Aussagen anhand dieser Ergebnisse zulässig sind und welche nicht.

der Einheit «Tesla» gemessen. Derzeit gebräuchliche MRI-Geräte arbeiten mit einer Feldstärke von 1.5 bis 3 Tesla, was ungefähr dem 50'000fachen des natürlichen Magnetfeldes der Erde entspricht. Für die Forschung werden noch leistungsfähigere Geräte entwickelt.

Wenn eine Person einem derart starken Magnetfeld ausgesetzt wird, erhalten die Kerne der Wasserstoff-Atome eine bestimmte Ausrichtung. Wasserstoff ist ein Bestandteil sämtlicher Gewebe des menschlichen Körpers. Durch Radiowellen werden diese Kerne zusätzlich dazu angeregt, Signale auszusenden. Diese Signale sind unter anderem auch davon abhängig, wie stark die Kerne durch das Magnetfeld aus ihrer ursprünglichen Position abgelenkt wurden. Mit einem Messgerät werden die Signale erfasst. Aus den Messdaten berechnen Computer mit Hilfe von anspruchsvollen mathematischen Modellen die räumliche Verteilung und die magnetischen Eigenschaften der Wasserstoffkerne, die bei der Untersuchung aktiviert wurden. Aus diesen Daten wiederum lassen sich sehr detaillierte Bilder des untersuchten Gewebes konstruieren: Selbst Strukturen, die nur 1 bis 2 Millimeter gross sind, können sichtbar gemacht werden.

Die heute angewendeten Magnetfeld-Stärken sind nach dem aktuellen Stand des Wissens nicht schädlich für den menschlichen Körper. Ob dies auch für noch stärkere Magnetfelder zutrifft, wie sie in Zukunft möglicherweise für MRI-Untersuchungen zum Einsatz kommen werden, ist nicht erwiesen. Für gewisse Personen besteht allerdings ein Risiko: Objekte, die Bestandteile aus Metall enthalten (beispielsweise Implantate oder Herzschrittmacher) können sich in starken Magnetfeldern erhitzen oder elektrische Ströme aussenden, was zu schweren Verletzungen führen kann. Es ist die Aufgabe der medizinischen

Fachpersonen, welche eine MRI-Untersuchung durchführen, bei den untersuchten Personen durch eine sorgfältige Abklärung solche Risiken zu vermeiden. Bis anhin wurde auch keine schädigende Wirkung durch die Radiowellen nachgewiesen. Doch wie bei anderen Anwendungen elektromagnetischer Wellen, beispielsweise beim Mobilfunk, besteht eine Kontroverse darüber, ob diese Art der Strahlung langfristig wirklich unbedenklich ist.

Funktionelle Magnetresonanztomografie (fMRI)

Zu Beginn der 90er-Jahre wurde die MRI-Technik derart erweitert, dass damit nicht mehr nur der Aufbau, sondern auch die Funktion des Gehirns untersucht werden kann. Daher der Name fMRI, gemäss der englischen Bezeichnung functional magnetic resonance imaging. In den letzten Jahren wurde fMRI zur wichtigsten Methode der kognitiven Neurowissenschaften. Das Messprinzip ist dasselbe wie bei der MRI, die Messgeräte sind aber so eingestellt, dass andere Signale erfasst werden: Nicht die Wasserstoff-Kerne werden nun angepeilt, sondern ein wichtiger Bestandteil des Blutes, das Hämoglobin. Hämoglobin transportiert den Sauerstoff von der Lunge an den Ort, wo er im Stoffwechsel gebraucht wird, also beispielsweise in die Hirnzellen. Durch die Abgabe des Sauerstoffs ändert das Hämoglobin seine magnetischen Eigenschaften. Genau darauf basiert die fMRI-Messung: Das Gerät kann die Verteilung von Sauerstoffbeladenem Hämoglobin und sochem ohne Sauerstoff im Gehirn messen.

Der Rückschluss auf die Vorgänge im Gehirn ist möglich, weil ein Bereich im Gehirn, der besonders aktiv ist, mit viel sauerstoffreichem Blut versorgt wird. Mittels fMRI kann man somit feststellen, welche Bereiche im Gehirn beansprucht



Source: Jäncke 2006

Tabelle: Methoden für Hirnuntersuchungen (Auswahl)

Methode	Untersuchung des Aufbaus des Gehirns	Untersuchung der Funktion des Gehirns	kleinste Hirnstruktur, die erkennbar ist	für die Messung eingesetztes Medium
MRI	ja	nein	1 mm	Magnetfeld und Radiowellen
fMRI	nein	ja	1 mm	Magnetfeld und Radiowellen
PET	nein	ja	2 mm	radioaktiv markierte Substanzen
EEG	nein	ja	10 mm	keines ¹⁾

¹⁾ die Methode misst die vom Gehirn selbst erzeugten elektrischen Ströme

«Auf der Untersuchungsebene des Gehirns kommen wir (jedoch) nicht zu einer vollständigen Erklärung dessen, was der Geist ist. Der Mensch ist mehr als sein Gehirn.»

Michael Hagner, Wissenschaftsforscher

werden im Zusammenhang mit Sprache, visueller oder akustischer Wahrnehmung, Bewegung oder Gedächtnis. Auch ist es schon gelungen, damit die Vorgänge im Hirn bei bestimmten Stimmungen von Versuchspersonen zu untersuchen. Die Aussagekraft der Ergebnisse wird etwas vermindert durch die indirekte Art der Messung: Der Sauerstofffluss im Gehirn ist nur eine Folge der Hirnaktivität, aber nicht die Hirnaktivität selbst. Der Zusammenhang der Aktivität der Hirnzellen mit dem Sauerstoffgehalt im Blut wird jedoch als ausreichend betrachtet, um verlässliche Aussagen zu machen.

Der Aufenthalt von Patientinnen und Patienten oder Versuchspersonen in der recht engen

Röhre, in die sie zur Untersuchung geschoben werden, kann unangenehme Gefühle oder sogar Platzangst auslösen. Dies ist bei relativ kurz dauernden medizinischen Untersuchungen in der Regel nicht problematisch. Doch Experimente, die der Kognitionsforschung dienen, können bis zu anderthalb Stunden dauern. Deshalb müssen die Forscherinnen und Forscher berücksichtigen, dass allfällige Angstgefühle, die allein durch die Umstände des Experiments verursacht werden, die Ergebnisse verfälschen könnten.

Positronenemissions-Tomografie (PET)

Mit PET lassen sich Stoffwechselaktivitäten im

Gewebe nachweisen. Zu diesem Zweck werden Signale gemessen, die von radioaktiv markierten Substanzen abgegeben werden. Dabei kann es sich um speziell hergestellte Varianten (Isotope) von «gewöhnlichen» Molekülen wie Wasser oder Sauerstoff handeln, oder um eigens für die Hirnuntersuchung hergestellte Verbindungen, die im Gehirn gezielt bestimmte Stellen markieren sollen. Solche Substanzen werden den Versuchspersonen durch eine Injektion oder durch Inhalation vor der Messung verabreicht. Durch den Blutkreislauf gelangen sie nach rund 30 Sekunden ins Gehirn. Ihr radioaktiver Zerfall verursacht eine Strahlung, die von einem Messgerät registriert wird. Aus den Messdaten können dann Schnittbilder oder dreidimensionale Ansichten des Gewebes berechnet werden, in welchem die markierte Substanz zirkuliert hat. PET macht es möglich, Strukturen im Hirn zu identifizieren, die grösser als 2 Millimeter sind.

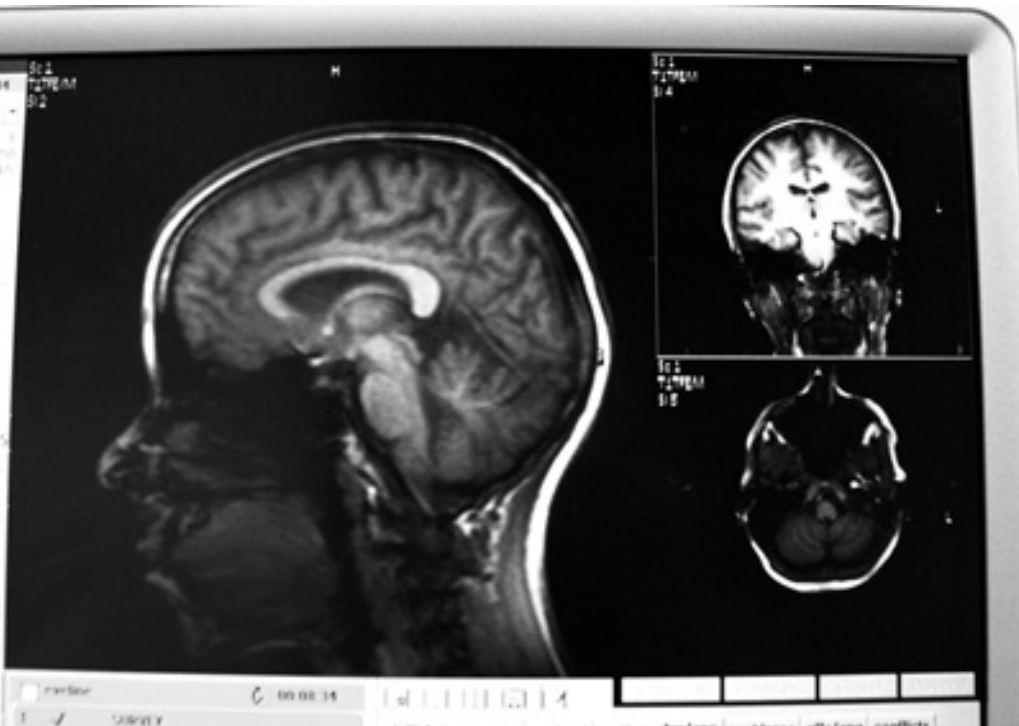
Bei der Verwendung von Radioaktivität sind Sicherheitsvorkehrungen zwingend. So wird darauf geachtet, eine möglichst geringe Strahlendosis zu verwenden. Es werden generell keine Substanzen verwendet, die sich im Körper ansammeln könnten. Bevorzugt sind Verbindungen, deren Strahlenabgabe rasch abklingt. Für Untersuchungen an gesunden Versuchspersonen werden nur Stoffe mit der kleinstmöglichen Giftigkeit verwendet. Sowohl für die untersuchten Personen, wie auch für das beteiligte Personal gibt es in der Schweiz Grenzwerte für die maximal zulässige Strahlenbelastung. Für Frauen unter 45 Jahren gelten besonders strenge Auflagen und Kinder werden generell nur mittels PET untersucht, wenn ein klinischer Grund dafür gegeben ist.

Elektroenzephalogramm EEG

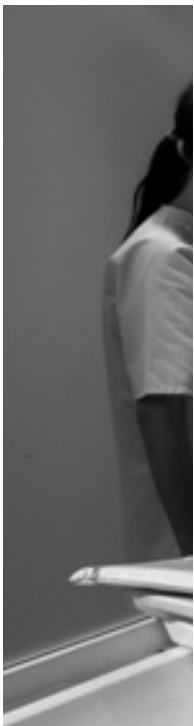
Das Gehirn «an der Arbeit» produziert laufend elektrische Signale, denn die Reizübertragung zwischen den Nervenzellen erfolgt auf elektrischem Weg. Mit Hilfe von Elektroden, die auf der Kopfhaut befestigt werden, können diese Signale erfasst und durch empfindliche Messgeräte sichtbar gemacht werden. Entsprechende Messungen der Hirnaktivität werden schon seit Jahrzehnten durchgeführt, die Aufzeichnung der so genannten Hirnströme durch das Elektroenzephalogramm EEG ist eine bewährte Untersuchungsmethode.

Die Signale, die auf der Kopfhaut gemessen werden, lassen jedoch nur einen indirekten Schluss darauf zu, welcher Bereich im Gehirn sie ausgelöst hat. Erst in den letzten Jahren wurde das EEG zu einer Methode weiterentwickelt, die auch Aussagen darüber ermöglicht, an welcher Stelle im Gehirn eine bestimmte Aktivität stattfindet. Voraussetzung für diese Lokalisierung ist die Verwendung einer grossen Anzahl – mehrerer Dutzend – Elektroden, aus deren Messwerten leistungsfähige Computerprogramme ein Bild der räumlichen Verteilung der gemessenen Hirnaktivitäten berechnen können. Dies ist mit zunehmender Präzision möglich, weshalb das EEG als eine vielversprechende Methode gilt.

Ein grosser Vorteil des EEG besteht darin, dass seine Anwendung als praktisch frei von Risiken gilt. Es werden Signale gemessen, die das Gehirn selber produziert, ohne dass dazu eine Einwirkung von aussen – sei dies durch Strahlen oder chemische Verbindungen – erforderlich wäre. Die einzige Vorsichtsmassnahme betrifft die Sicherheit der Messgeräte. Wie bei allen elektrotechnischen medizinischen Geräten, die



Source: Jäncke 2006



in direkter Verbindung mit untersuchten Personen stehen, muss ausgeschlossen sein, dass durch unbeabsichtigte Stromflüsse jemand geschädigt wird.

Grosser Nutzen bei klinischen Anwendungen

In der Medizin sind die bildgebenden Verfahren heute ein unentbehrliches Werkzeug. Sie ermöglichen in der klinischen Praxis die zuverlässige Diagnose von Erkrankungen des Gehirns und die genaue Lokalisierung auch von kleinen Hirntumoren sowie eine sehr grosse Präzision bei chirurgischen Eingriffen im Gehirn.

Hirnuntersuchungen mit bildgebenden Verfahren haben heute eine breite Palette von Anwendungen in der Klinik. Dies ist der Grund, weshalb die teuren Geräte nicht mehr nur in den Universitätskliniken, sondern auch in regionalen Spitälern verwendet werden. In der Schweiz stehen heute beispielsweise rund 100 MRI-Geräte im Einsatz. Umgerechnet auf die Einwohnerzahl ist die Schweiz damit eines der am besten versorgten Länder weltweit. Von grossem Nutzen sind die Geräte insbesondere bei der Diagnostik und bei vertieften Abklärungen von Erkrankungen des Gehirns sowie in der Neurochirurgie. Infolge der grossen und noch zunehmenden Verbreitung der Alzheimerschen Krankheit wurde in der TA-SWISS-Studie auch

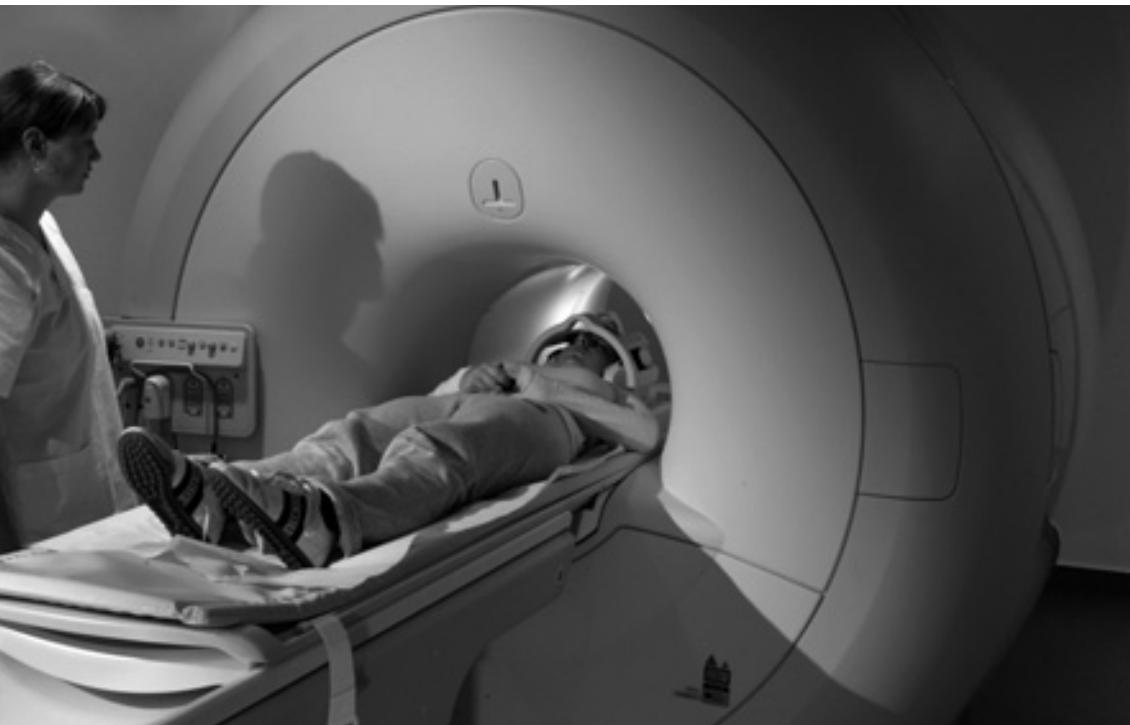
untersucht, inwiefern die bildgebenden Verfahren dazu beitragen könnten, die Situation der betroffenen Menschen zu verbessern.

Neurochirurgie

Hirnoperationen gehören zu den riskantesten chirurgischen Eingriffen. In gewissen Fällen sind Hirntumore gar nicht zugänglich für eine operative Entfernung, denn das Risiko, dass bei der Operation wichtige Teile des Gehirns geschädigt würden, ist zu gross. Mit Hilfe der bildgebenden Verfahren – insbesondere MRI – können Ärztinnen und Ärzte heute sehr präzise feststellen, wie gross ein Tumor ist und wo er sich befindet. Dies ist wichtig für die Vorbereitung eines allfälligen Eingriffes und für die Abschätzung der Risiken,

die damit verbunden sind. Es ist möglich, auf Grund der individuellen Bilddaten des Patienten verschiedenen Varianten der Operation «virtuell» – also am Bildschirm – zu prüfen, um dann jene auszuwählen, die das gesunde Gewebe möglichst wenig beeinträchtigt.

Die neueste Entwicklung geht noch einen Schritt weiter: Die «bildgeführte Neurochirurgie» unterstützt den operierenden Arzt nicht nur vor, sondern auch während des Eingriffs. Dabei können entweder bereits vor der Operation aufgenommene MRI-Daten während des Eingriffs derart aufbereitet werden, dass sie dem Arzt möglichst genaue Zusatzinformationen geben. Oder aber ein spezielles MRI-System erzeugt gleich aktuel-



Source: Philips Medizin Systeme GmbH

«Es ist völlig absurd, nur aus den Bildern des Kernspintomografen ableiten zu wollen, ob eine Werbebotschaft verfängt oder nicht.»

Ernst Pöppel, Hirnforscher

le Bilder während der Operation. Auch in Fällen, bei denen eine Operation als zu riskant erachtet wird, können bildgebende Verfahren einen Beitrag leisten zur Behandlung: Die als «Gamma Knife» bezeichnete Methode ermöglicht es, präzise lokalisierte Tumoren und missgebildete Blutgefäße sehr gezielt zu bestrahlen. Die Strahlung trifft dabei praktisch nur auf das kranke Gewebe, die gesunden Teile des Gehirns werden verschont. Deshalb können vergleichsweise hohe Strahlendosen eingesetzt werden, was die Erfolgchancen der Behandlung erhöht.

Beispiel Alzheimersche Krankheit

Der Anteil der alten und sehr alten Menschen an der Bevölkerung nimmt in den Industrieländern immer noch zu. Dadurch werden auch altersbedingte Krankheiten häufiger. Insbesondere die neurodegenerativen Erkrankungen, also solche, die mit einem Abbau der geistigen Leistungsfähigkeit einhergehen, stellen die Gesellschaft vor eine grosse Herausforderung. Nicht nur die erkrankten Personen selber, sondern auch deren Angehörige sind davon betroffen. Betreuung und Pflege erfordern viel individuelles Engagement und verursachen hohe Kosten, sobald die Patientinnen und Patienten nicht mehr von ihren Angehörigen betreut werden können. Dies dürfte ein Grund dafür sein, weshalb die Erforschung neurodegenerativer Erkrankungen in den vergangenen zehn Jahren beträchtlich ausgeweitet wurde.

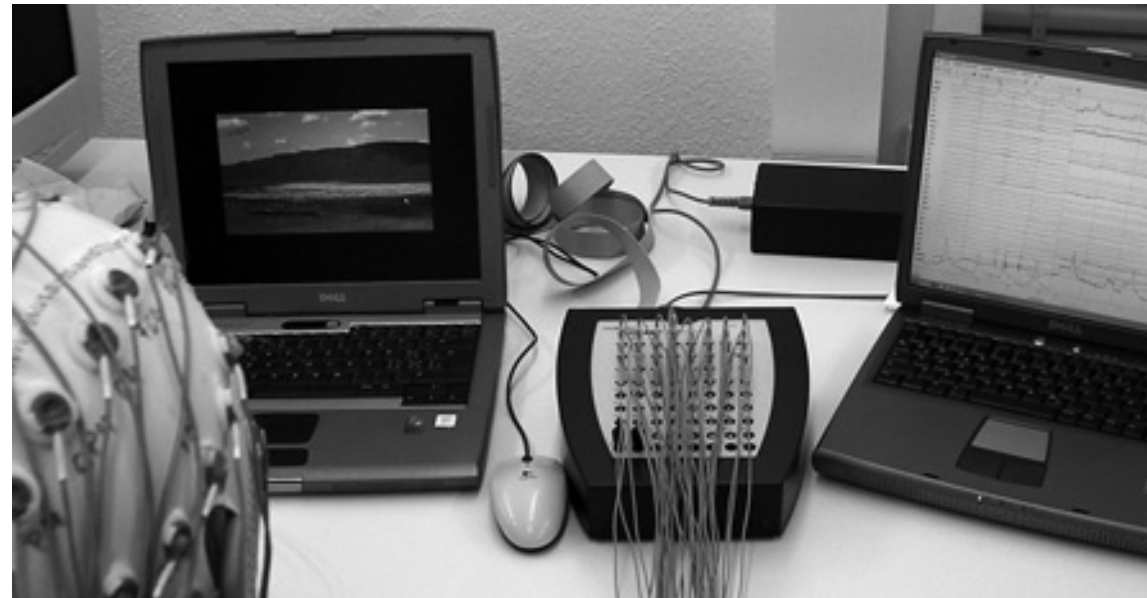
Die verbreitetste Demenz-Erkrankung ist die Alzheimersche Krankheit. In der Schweiz leiden gegenwärtig rund 70'000 Menschen darunter, bis zum Jahr 2020 wird mit einer Zunahme auf 113'000 Patientinnen und Patienten gerechnet. Die heute verfügbaren Medikamente bewirken lediglich, dass sich der Verlauf der Krankheit

etwas verlangsamt. In der Forschung geht es vorerst darum, eine frühzeitige und zuverlässige Diagnose zu ermöglichen, sowie Ursachen der Krankheit und die Prozesse im Hirngewebe der erkrankten Personen besser zu verstehen. Erst dann wird es möglich sein, Substanzen zu entwickeln die – wenn sie sich in weiteren Untersuchungen als sicher und wirksam erweisen – als Medikament verwendet werden können. Bei allen diesen Aspekten der Forschung werden auch bildgebende Verfahren verwendet.

Das Beispiel der Alzheimerschen Krankheit zeigt, dass die frühzeitige Diagnose nur von beschränktem Nutzen ist, solange es keine wirksame Therapie gibt. Es besteht sogar die Gefahr, dass die teuren Untersuchungsmethoden verbreitet angewendet werden, obwohl man mit der gegenwärtigen Diagnostik, die auf Gedächtnis-Tests beruht, die Krankheit ebenfalls frühzeitig feststellen kann. Eine noch frühere Diagnose – bevor überhaupt Symptome auftreten – kann für die untersuchten Personen psychisch belastend sein. Auf jeden Fall wäre in dieser Situation eine qualifizierte Beratung der Betroffenen erforderlich. Es besteht kein Zweifel daran, dass die bildgebenden Verfahren langfristig ein wichtiges Instrument sind auf der Suche nach einer Therapie für Demenz-Krankheiten. Doch derzeit darf ihre Bedeutung in diesem Zusammenhang nicht überschätzt werden. Bei der Diagnose und Behandlung anderer neurologischer Erkrankungen wie beispielsweise der Multiplen Sklerose haben sich entsprechende Methoden in der Praxis aber schon sehr gut bewährt.

Offene Fragen bei Aussagen über die Psyche

Das Lesen von Gedanken in fremden Köpfen ist ein beliebtes Thema in Zu-



Source: Jäncke 2006

kunftsromanen. Macht die Hirnforschung dies schon bald möglich? In näherer Zukunft wohl kaum. Doch es gibt andere, wenn auch weniger spektakuläre Anwendungen, die kontrovers beurteilt werden.

Wenn man sich unter Gedankenlesen vorstellt, die Überlegungen und Eindrücke von anderen Personen «abzurufen», so wie man auf Texte oder Bilder aus dem Computerspeicher oder dem Internet zugreifen kann, dürfte dieses Szenario auch mit den modernsten Methoden der Hirnforschung kaum Realität werden. Wohl sind in unseren Gehirnen riesige Mengen an Daten gespeichert. Diese erhalten für uns aber erst eine Bedeutung, wenn sie vom Gehirn verarbeitet werden. Dabei funktioniert das Gehirn nach dem Prinzip der Arbeitsteilung: So sind zum Beispiel bestimmte Bereiche besonders aktiv, wenn jemand mit angsteinflössenden Eindrük-

ken konfrontiert wird. Es spielt keine Rolle, welche Situation die Angst auslöst – das ist ja von Person zu Person auch sehr unterschiedlich. Doch die Hirnbereiche, die dadurch angeregt werden, sind in der Regel bei allen Menschen dieselben. Daraus ergibt sich der Ansatzpunkt für die Forschung mit funktionellen bildgebenden Verfahren. Diese können in Experimenten zeigen, welche Bereiche im Gehirn in welchen Situationen besonders beansprucht werden. Im Folgenden werden drei Forschungsgebiete vorgestellt, in welchen man aus der Anwendung bildgebender Verfahren neue Aussagen über die Psyche des Menschen erhofft.

Neuroökonomie und Neuro-marketing

Der Mensch verhält sich – auch in ökonomischen Belangen – nicht immer rational. Der «homo oeconomicus», der nach der Beurtei-



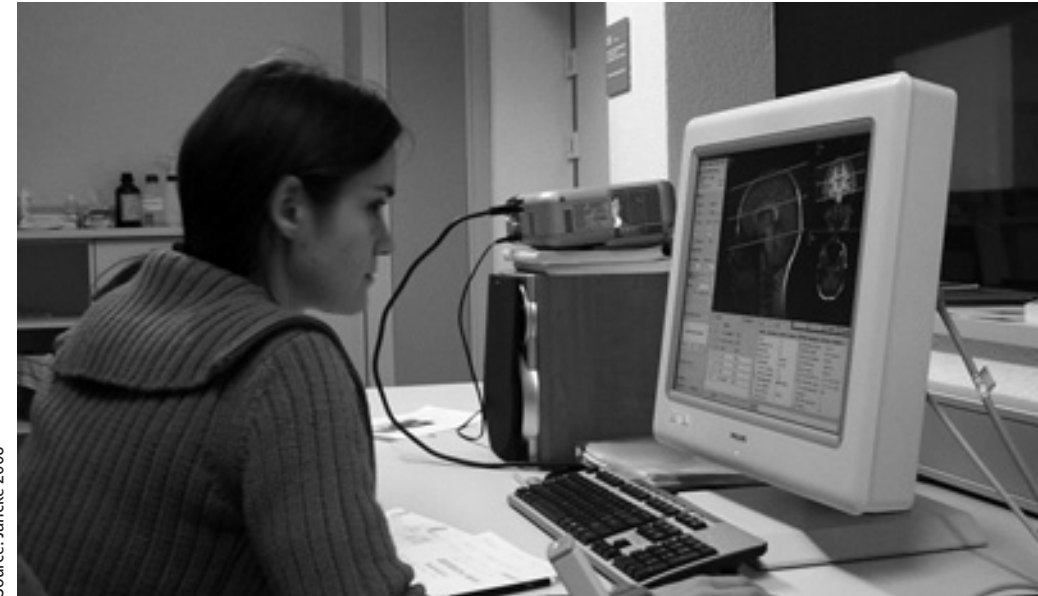
lung verschiedener Handlungsmöglichkeiten stets so entscheidet, dass für ihn der grösste Nutzen herauschaut, ist der Idealfall der ökonomischen Theorie. Doch das Verhalten der Menschen im täglichen Leben wird auch durch Gefühle, Unsicherheit oder Vertrauen beeinflusst. Die Neuroökonomie ist bestrebt, eine umfassendere Theorie der Entscheidungsfindung zu entwickeln, sie berücksichtigt dabei auch die genannten Faktoren. Es handelt sich um ein Forschungsgebiet, welches durch den Einsatz bildgebender Verfahren in den letzten fünf Jahren neuen Schub erhalten hat. Dazu werden Experimente mit freiwilligen Versuchspersonen durchgeführt, die in Spielsituationen Entscheidungen fällen, wobei andere Versuchsteilnehmer oder Computer als Spielpartner in Frage kommen. Während solcher Experimente wird die Hirnaktivität mittels fMRI oder PET gemessen. Themen wie Kooperation, uneigennütziges Verhalten, Mitgefühl, Entscheiden in unsicheren oder riskanten Situationen wurden in solchen Simulationen bereits untersucht. Bei dieser Art der Forschung geht es darum, grundsätzliche Fragen zum Verhalten des Menschen zu beantworten und nicht um die persönliche Situation der untersuchten Personen. Die Ergebnisse tragen dazu bei, die Wissensbasis in einem bisher vor allem durch Beobachtungen zugänglichen Forschungsgebiet mit Hilfe der exakten Messwerte zu verbreitern.

Einen viel direkteren Bezug zur Praxis hat das Neuromarketing. Es wird von den Medien auch immer wieder als dankbares Thema für spektakuläre Berichte aufgegriffen. Wird uns die Werbung in Zukunft noch raffinierter verführen als bisher? Verlieren wir gar die Kontrolle über unser Konsumverhalten? Ganz unerwartet sind solche Befürchtungen nicht, wenn man weiss, dass einige Firmen mittels bildgebender Verfah-

ren untersuchen, auf welche Art von Werbekampagnen bzw. Warenpräsentationen Versuchspersonen unbewusst besonders emotional oder besonders rational reagieren. Dies geschieht im Auftrag von Firmen, aber auch von politischen Parteien. In den USA engagiert sich die Bürgerinitiative «Commercial Alert» bereits gegen eine solche Form der Beeinflussung: Die Gefahr der Manipulation von Konsumenten oder Wählerinnen sei zu gross. Die Ergebnisse bisheriger Neuromarketing-Studien sind allerdings ernüchternd. Bisher gibt es kein einziges Beispiel, das anhand von Untersuchungen mit bildgebenden Verfahren einen verlässlichen Rückschluss auf das Kaufverhalten ermöglicht.

Pädagogik

Der Pädagogik wird oft vorgeworfen, ihre Erkenntnisse eher auf Meinungen und nicht auf verlässliche wissenschaftliche Daten abzustützen. Einige Neurowissenschaftler schlagen deshalb vor, den aktuellen Ergebnissen der Hirnforschung mehr Beachtung zu schenken, weil die bildgebenden Verfahren objektive und präzise Daten liefern würden, die zu einer Verbesserung der Unterrichtsmethoden beitragen könnten. Tatsächlich werden bildgebende Verfahren derzeit verbreitet dazu eingesetzt, zu untersuchen, wie der Mensch lernt und welche Voraussetzungen das Lernen fördern. Diese Erkenntnisse bestätigen oft bereits vorhandenes Wissen aus der Psychologie und geben daher wenig Anlass zu tiefgreifenden Veränderungen in der Pädagogik. Oder sie befassen sich mit ganz grundsätzlichen Vorgängen im Gehirn beim Lernen, woraus sich aber keine konkreten Anwendungen, beispielsweise für den Schulunterricht, herleiten lassen. Es besteht sogar die Gefahr, dass voreilig neue pädagogische Konzepte propagiert werden. In einem politisch sensiblen Bereich, der durch Reformen schon genug



Source: Jäncke 2006

«Es wäre bedenklich, wenn es jemand gelingen würde, mit bildgebenden Verfahren Gedanken zu lesen. Noch bedenklicher wäre es allerdings, sollte jemand dies erfolglos versuchen, dabei aber überzeugt sein, verlässliche Aussagen machen zu können.»

Martha Farah, Neuropsychologin

gefordert ist, würde dies wohl mehr Schaden als Nutzen bringen.

Dennoch haben bildgebende Verfahren schon zahlreiche Erkenntnisse hervorgebracht, die langfristig nicht ohne Wirkung bleiben dürften. Am wichtigsten ist die Feststellung, dass das Gehirn nicht nur während der Kindheit, sondern während des ganzen Lebens «plastisch», also wandelbar bleibt und dass Lernen nicht nur in Form von Nervensignalen, sondern auch im Aufbau des Gehirns Spuren hinterlässt. So verursacht intensives Üben beim Erlernen eines Musikinstruments anatomische Veränderungen im Gehirn. Und eine Psychotherapie wirkt sich auch darauf aus, welche Bereiche im Gehirn durch äussere Eindrücke angeregt werden, hat also eine weiter gehende Wirkung als bisher angenommen.

Wichtige Impulse können die Neurowissenschaften auch geben für das Verständnis von Lernschwächen bei Kindern und Erwachsenen und für die Förderung lernschwacher Personen. So ist es zum Beispiel von grossem Nutzen zu wissen, ob Kinder, die an einer Leseschwäche (Dyslexie) leiden, nur eine verzögerte Entwicklung durchlaufen oder ob ihre Auffassungsgabe grundsätzlich vermindert ist. Das Wissen aus der neurowissenschaftlichen Forschung dürfte – zusammen mit den Erkenntnissen der Pädagogik – in Zukunft dazu beitragen, dass lernschwache Personen durch geeignete Massnahmen besser gefördert werden können.

Strafrecht

Was wäre, wenn wir keine Verantwortung für unsere Handlungen übernehmen könnten, weil nicht wir, als bewusst und absichtlich handelnde Personen, sondern «es», unser Gehirn, entscheidet, was wir tun – und wir ihm bloss fol-

gen, weil wir nicht anders können? Diese von einzelnen Hirnforschern vertretene Sichtweise könnte unser Strafrecht grundsätzlich in Frage stellen, das ja wesentlich darauf beruht, dass der Mensch für seine Taten verantwortlich ist. Wohl kann es durchaus mildernde Umstände geben, wenn jemand wegen einer Straftat vor Gericht steht. Eine psychische Störung oder eine extreme Situation führen in gewissen Fällen dazu, dass Menschen nicht die volle Verantwortung für eine Straftat übernehmen können. Sollte der freie Wille aber tatsächlich eine Illusion sein, müsste jedoch auf jegliche Bestrafung verzichtet werden. Soweit dürfte es allerdings nicht kommen. Prominente Vertreter der Neurowissenschaften, des Strafrechts und der Philosophie haben dieses Thema – nicht zuletzt angeregt durch die Erkenntnisse der Hirnforschung – schon ausgiebig diskutiert. Doch auch neueste Untersuchungen lassen den Schluss nicht zu, es gebe keinen freien Willen und der Mensch sei deshalb nicht schuldfähig.

Für das Strafrecht von Bedeutung ist auch die Frage, ob ein Angeklagter oder ein Zeuge vor Gericht die Wahrheit sagt. Das Bestreben, dies mit einem Messgerät zweifelsfrei festzustellen, ist schon alt. So genannte Lügendetektoren erfassen allerdings nur indirekte Begleiterscheinungen des Lügens, nämlich Stresssymptome, die durch das Lügen hervorgerufen werden können. Heute wird in Experimenten an Versuchspersonen erprobt, inwiefern durch bildgebende Verfahren ermittelt werden kann, ob jemand lügt oder nicht. Tatsächlich hat man dabei mittels fMRI festgestellt, dass beim Lügen Bereiche im Gehirn aktiv sind, die bei einer besonderen gedanklichen Anstrengung, nicht aber beim «gewöhnlichen Erzählen» beansprucht werden. Das heisst jedoch nicht, dass schon bald fMRI-Lügendetektoren in Polizeistationen oder

Gerichtssälen stehen werden. Denn bislang hat man noch nicht überprüft, ob das Gerät allenfalls «überlistet» werden kann, wie dies bei herkömmlichen Lügendetektoren möglich ist. Zudem unterscheidet sich diese experimentelle Situation klar von einem richtigen Gerichtsverfahren.

In einer Untersuchung wurde festgestellt, dass gewisse anatomische Besonderheiten im Stirnbereich der Grosshirnrinde mit einer erhöhten Neigung zu kriminellem Verhalten einhergehen. Solche Erkenntnisse haben schon zur Idee geführt, Hirnuntersuchungen einzusetzen, um zu beurteilen, wie gefährlich ein Straftäter ist bzw. wie gross das Risiko ist, dass jemand nach Verbüssen der Strafe rückfällig werden könnte. In extremen Szenarien wird sogar die Möglichkeit in Betracht gezogen, zur Gewaltanwendung neigende Menschen mittels bildgebender Verfahren frühzeitig zu identifizieren, um durch

therapeutische Massnahmen zu verhindern, dass sie überhaupt gewalttätig werden. Doch solche Erwägungen sind sehr spekulativ und werden kontrovers diskutiert – zumal Psychologen grundsätzlich daran zweifeln, ob bildgebende Verfahren überhaupt jemals Aussagen über die Veranlagung von einzelnen Personen zulassen werden. Beim jetzigen Stand des Wissens ist dies jedenfalls ausgeschlossen.

Empfehlungen der TA-SWISS-Studie

Das Autorenteam der TA-SWISS-Studie erkennt in den bildgebenden Verfahren ein grosses Potenzial, beispielsweise für die Diagnostik, die Neurochirurgie und um zu erforschen, wie das menschliche Gehirn funktioniert. Diese Art der Forschung ruft allerdings ähnliche Bedenken wach wie schon die genetischen Untersuchungen,

«Das ärgerlichste ist, dass man Hirnforschern hartnäckig aber fälschlich unterstellt, sie wollten das Mentale und Psychische auf das Feuern von Neuronen reduzieren oder gar aus unserer Redeweise eliminieren.»

Gerhard Roth, Hirnforscher



weil es auch darum geht, Grundlagen für persönliche Eigenschaften zu erfassen. Im Unterschied zur Gentechnik, bei der es heute üblich ist, sich Gedanken zu machen über ethische, rechtliche und gesellschaftliche Aspekte, ist dieser Ansatz bei der Hirnforschung noch kaum vorhanden.

Von besonderer Bedeutung ist deshalb, dass eine interdisziplinäre Betrachtungsweise auch bei der Hirnforschung zum Tragen kommt. Eine breit abgestützte, sachliche Diskussion wäre die Voraussetzung dafür, Aufsehen erregende Forschungsergebnisse besser beurteilen zu können. Sonst besteht die Gefahr, dass auf Grund der Erkenntnisse der Hirnforschung – an-

schaulich präsentiert durch farbige «Hirnbilder» – spektakuläre Entwicklungen in Aussicht gestellt werden, die kaum realistisch sind. Dafür wurde inzwischen schon der Begriff der «Neuromythen» geprägt. Nicht zuletzt der TA-SWISS-Bericht «Hirnforschung mit bildgebenden Verfahren» und diese Kurzfassung sollen dazu beitragen, dass sich die Diskussion nicht mit Mythen, sondern mit Tatsachen befasst. Im Folgenden werden die Empfehlungen des Autorenteams präsentiert.

Aufklärung von Patienten und Versuchspersonen

Das Ziel und die möglichen Folgen einer Untersuchung müssen den betroffenen Personen

erklärt werden. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass sich Patientinnen und Patienten bzw. gesunden Versuchspersonen nicht in derselben Situation befinden. Werden bei einer Person Symptome festgestellt, die eine Krankheit des Gehirns vermuten lassen, so wird eine Abklärung mit Hilfe von bildgebenden Verfahren gerade deshalb durchgeführt, um eine genauere Diagnose zu erhalten. Die Betroffenen dürften sich ihrer Situation bewusst sein und in die Untersuchung einwilligen, selbst wenn dabei möglicherweise ein gravierender Befund festgestellt wird. Anders verhält es sich bei Versuchspersonen, die an einem Experiment zur Erforschung der Gehirnfunktionen teilnehmen. Solche Personen sind in der Regel gesund. Aber es ist nicht ausgeschlossen, dass bei der Messung ihrer Hirnaktivität überraschend ein Befund festgestellt wird, welcher auf eine Erkrankung hinweist und psychisch belastend ist. Ein entsprechendes Fallbeispiel wird auf der nächsten Seite beschrieben. Sowohl für die medizinische Abklärung wie für die Forschung mit Versuchspersonen gilt, dass nur umfassend informierte Personen entscheiden können, welche Ergebnisse sie erfahren möchten.

Qualitätssicherung

Immer mehr Geräte, die für klinische Anwendungen, aber auch für die Erforschung der Hirnfunktionen eingesetzt werden können, stehen in der Schweiz im Einsatz. Dies erweitert nicht nur den Kreis der untersuchten Personen, auch die Anzahl der Anwenderinnen und Anwender wird grösser. Um zu vermeiden, dass unzureichend ausgebildete Personen mit solchen Geräten arbeiten, ist eine gute Fachausbildung bzw. Weiterbildung unabdingbar. Bei der Erforschung der Hirnfunktionen ist zudem eine solide interdisziplinäre Zusammenarbeit von technisch, medizinisch bzw. psychologisch ausgebildeten Personen erforderlich, damit die Interpretation der Messergebnisse und die damit verbundenen – oft weit reichenden – Aussagen verlässlich sind. Nur kompetente Anwender und Anwenderinnen, die für die Möglichkeiten und Grenzen der Untersuchungsmethoden sensibilisiert sind, können die Geräte sicher einsetzen und mit den Ergebnissen verantwortungsvoll umgehen. Hohe Qualitätsansprüche gelten auch für die verwendeten Geräte, damit schädliche Auswirkungen in Folge technischer Mängel vermieden werden.



Source: Jäncke 2006

«Man kann die Aktivität sehen, die beim Denken auftritt.»

Wolf Singer, Hirnforscher

Harmloses Experiment mit bedrückendem Ergebnis

Schon lange wollte Herr B., selber ein begeisterter Hirnforscher, sehen welche Bilder eines der modernen MRI-Geräte von seinem eigenen Gehirn produziert. Diese Gelegenheit bot sich, als an seiner Hochschule ein solches Gerät in Betrieb genommen wurde. Herr B. zögerte nicht und stellte sich für Tests mit dem neuen Gerät zur Verfügung – ein an und für sich harmloses Unterfangen. Doch nach den Probemessungen wurde er vom Leiter der zuständigen Forschungsabteilung zu einem Gespräch eingeladen. Er erhielt Einsicht in die Ergebnisse der Messung, die wie erwartet Querschnitte durch sein Gehirn zeigten. Doch mit grosser Bestürzung erkannte er auf einem der Bilder einen Hirntumor in der Grösse eines Golfballs. Dieser Befund kam völlig überraschend, wurden doch bei Herrn B. zuvor nie irgendwelche Anzeichen für eine Erkrankung des Gehirns festgestellt. Trotz seiner Niedergeschlagenheit schöpfte er Hoffnung: Vielleicht liess sich ein frühzeitig erkannter Tumor besser bekämpfen. Herr B. akzeptierte deshalb die Überweisung an einen Neurochirurgen, die ihm vom Institutsleiter angeboten wurde. Dies sollte unabsehbare finanzielle Folgen haben.

Herr B. und seine Frau erwarteten ein Kind und befassten sich gerade damit, ihre Versicherungen anzupassen, damit die junge Familie auch unterstützt würde, falls der Vater oder die Mutter wegen Krankheit oder Unfall nicht mehr arbeiten könnte. Doch noch bevor die neuen Versicherungspolice unterschrieben waren, kam die fatale Diagnose. Herr B. wusste inzwischen vom Neurochirurgen, dass die Entfernung des Hirntumors mit Risiken verbunden ist – der Verlust der Arbeitsfähigkeit war nicht auszuschliessen. Was sollte er in dieser Situation tun? Er ging den aufrichtigen Weg und teilte der Versicherung die Ergebnisse mit – obwohl die Messung ja nicht im Rahmen einer klinischen Diagnose durchgeführt worden war. Die Versicherung verweigerte nun den Abschluss einer neuen Police.

In seinem Erlebnisbericht kommt Herr B. zu folgendem Schluss: «Nun befinde ich mich in der unangenehmen Situation, dass mir ein chirurgischer Eingriff bevorsteht, welcher mich und meine Familie alles kosten könnte – und dies nur, weil ich in mein Gehirn gucken wollte. Ich weiss, dass die Rekrutierung von Versuchspersonen für die klinische Forschung sehr schwierig ist und dass jede Versuchsperson wertvoll ist. Nach meinen Erfahrungen sollte das Einverständnis der Versuchspersonen (informed consent) ganz klar darauf beruhen, dass diese auch über das Risiko unerwarteter Befunde und über mögliche Probleme beim Abschluss von Versicherungen informiert werden.»

Quelle: Anonymus, Nature Vol. 434, S. 17, 3.3.2005

Dieses Beispiel stammt aus den USA. Es soll das grundsätzliche Problem des Risikos eines unerwarteten Befundes illustrieren. Die finanziellen Konsequenzen sind nicht unmittelbar auf Europa übertragbar, weil die private Krankenversicherung in den USA eine grössere Bedeutung hat als in den meisten europäischen Ländern.

Rechtlicher Rahmen

Bestimmungen, die in der Schweiz für den Bereich der Hirnuntersuchungen mit bildgebenden Verfahren von Bedeutung sind, sind zwar in einzelnen kantonalen Gesetzen zu finden oder verstreut in verschiedenen Erlassen auch auf Bundesebene. Es besteht ein Bedürfnis nach einer einheitlichen schweizerischen Regelung, die dem gegenwärtigen Stand der Technik angepasst ist. Dazu bietet sich nun eine Chance. Die umfassende Gesetzgebung zur Forschung am Menschen deckt auch den Bereich der Hirnforschung ab; der Entwurf zu diesem Humanforschungsgesetz liegt seit Februar 2006 vor. Die Eidgenössischen Räte werden in den nächsten Jahren gefordert sein, das Gesetz zu beraten. Es ist zu hoffen, dass dabei wichtige Punkte wie Persönlichkeitsschutz und Qualitätssicherung im Sinne der Bedürfnisse der Patientinnen und Patienten bzw. der Versuchspersonen geregelt werden.

Weitere Empfehlungen

Im weiteren empfiehlt das Autorenteam

- den gesellschaftlichen Dialog anzuregen über Ziele, Ergebnisse, Möglichkeiten und Grenzen sowie die Folgen der Hirnuntersuchungen mit bildgebenden Verfahren,
- die Bedingungen zu verbessern für die interdisziplinäre Forschung auf dem Gebiet der kognitiven Neurowissenschaften und für den Transfer von Forschungsergebnissen in die klinische Anwendung,
- mögliche Gesundheitsrisiken zu erforschen, die mit bestimmten Anwendungen der MRI verbunden sein könnten, und die Sicherheitsbestimmungen den aktuellen Erkenntnissen anzupassen,
- die Entwicklungen auf dem Gebiet der bildgebenden Verfahren sowie generell im Bereich der Neurowissenschaften sorgfältig und aufmerksam zu verfolgen und gegebenenfalls aktiv zu werden.

«Es wird wahrscheinlich auf diesem Gebiet vieles produziert, was dem Test der Zeit nicht standhalten wird.»

Wolf Singer, Hirnforscher

Bestelltalon / Bulletin de commande / Order form

TA-SWISS Studien im Bereich «Biotechnologie und Medizin» / Etudes de TA-SWISS dans le domaine de la «Biotechnologie et médecine» / TA-SWISS studies in the fields of «Life sciences and health»

Alle Studien und Kurzfassungen sind kostenlos erhältlich / Les rapports et les résumés peuvent être obtenus gratuitement / Copies of the reports and the abridged versions can be obtained free of charge

Anzahl / nombre

TA 49/2004
Telemedizin
deutsch / qu'en allemand

TA 48/2004
Pharmakogenetik und Pharmakogenomik
ca. 300 S., deutsch
env. 300p., qu'en allemand

TA 47/2003
Nanotechnologie in der Medizin
ca. 124 S., deutsch
env. 124 p., qu'en allemand

TA 44/2003
Menschliche Stammzellen
ca. 363 S., deutsch
env. 363 p., qu'en allemand

TA 42/2003
Technikgestaltung und Moral
14 S., (d, f, e, i)

TA 40/2001
Psychosoziale Aspekte der Ultraschall-Untersuchung in der Schwangerschaft
ca. 170 S., deutsch
env. 170 p., qu'en allemand

Anzahl / nombre

TA 49A/2004
Heilung aus Distanz. Kurzfassung (d, f, e)
Guérir à distance. Résumé (a, f, e)
Distance Healing. Abridged version (a, f, e)

TA 48A/2004
Auf dem Weg zu massgeschneiderten Medikamenten. Kurzfassung (d, f, e)
Vers des médicaments individualisés? Résumé (a, f, e)
Are tailor-made drugs just around the corner? Abridged version (a, f, e)

TA 47A/2003
Die Bausteine der Natur in Griffweite gerückt. Kurzfassung (d, f, e)
Les constituants de la nature désormais à portée de main. Résumé (a, f, e)
Cutting nature's building blocks down to size. Abridged version (a, f, e)

TA 44A/2003
Zellen, die die Politik bewegen. Kurzfassung (d, f, e)
Des cellules qui remuent la politique. Résumé (a, f, e)
Cells that are causing a political stir. Abridged version (a, f, e)

TA 42/2003
Morals and Shaping Technology
14 p., (a, f, e, i)

TA 40A/2001
Baby in Sicht. Kurzfassung (d, f, e)
Bébé en vue. Résumé (a, f, e)
Baby sighted. Abridged version (a, f, e)

TA 42/2003
Gestione della tecnica et morale
14 p., (a, f, e, i)

Anzahl	Nombre	Quantità	Quantity
<input type="checkbox"/> TA-P6/2004 PubliForum «Forschung am Menschen» Bericht des Bürgerpanels	<input type="checkbox"/> TA-P6/2004 PubliForum «Recherche impliquant des êtres humains» Rapport des citoyens	<input type="checkbox"/> TA-P6/2004 PubliForum «Ricerca su esseri umani» Rapporto del panel di cittadini	<input type="checkbox"/> TA-P6/2004 PubliForum «Research on human beings» Citizen Panel Report
<input type="checkbox"/> TA-P5/2004 PubliTalk «Jugendliche diskutieren Forschung am Menschen»	<input type="checkbox"/> TA-P5/2004 PubliTalk «Des jeunes discutent de la recherche impliquant des êtres humains»	<input type="checkbox"/> TA-P5/2004 PubliTalk «I giovani discutono della ricerca su esseri umani»	
<input type="checkbox"/> TA-P4/2003 publifocus zur In-vitro-Fertilisation Bericht eines Mitwirkungsverfahrens	<input type="checkbox"/> TA-P4/2003 publifocus sur la fécondation in-vitro Rapport d'une méthode participative	<input type="checkbox"/> TA-P4/2003 publifocus sulla fecondazione in vitro Rapporto di un metodo partecipativo	
<input type="checkbox"/> TA-P2/2001 PubliForum «Transplantationsmedizin» 24. bis 27. Nov. 2000 in Bern; Bericht des Bürgerpanels	<input type="checkbox"/> TA-P2/2001 PubliForum «Médecine des transplantations» 24-27 novembre 2000 à Berne; Rapport du panel de citoyens	<input type="checkbox"/> TA-P2/2001 PubliForum «Medicina dei trapianti» Berna, 24-27 novembre 2000 Rapporto del panel dei cittadini	<input type="checkbox"/> TA-P2/2001 PubliForum «Transplantation Medicine» Berne, 24-27 November 2000 Citizen Panel Report
<input type="checkbox"/> Ich möchte die TA-SWISS Newsletter – erscheint 4 x jährlich – per Post erhalten	<input type="checkbox"/> J'aimerais recevoir la Newsletter TA-SWISS – paraît 4 fois par année – par courrier postal		
<input type="checkbox"/> Ich möchte die TA-SWISS Newsletter – erscheint 4 x jährlich – im pdf-Format per Mail erhalten	<input type="checkbox"/> J'aimerais recevoir la Newsletter TA-SWISS – paraît 4 fois par année – par e-mail en format pdf	E-Mail	

Name, Vorname / Nom, prénom

Strasse / Rue

Institution / Organisation

PLZ, Ort / NPA, Lieu

TA-SWISS Das Zentrum für Technologiefolgen-Abschätzung

Neue Technologien bieten oftmals entscheidende Verbesserungen für die Lebensqualität. Zugleich bergen sie mitunter aber auch neuartige Risiken, deren Folgen sich nicht immer von vornherein absehen lassen. Das Zentrum für Technologiefolgen-Abschätzung untersucht die Chancen und Risiken neuer technologischer Entwicklungen in den Bereichen «Biotechnologie und Medizin», «Informationsgesellschaft» und «Mobile Gesellschaft». Seine Studien richten sich sowohl an die Entscheidungstragenden in Politik und Wirtschaft als auch an die breite Öffentlichkeit. Ausserdem fördert TA-SWISS den Informations- und Meinungsaustausch zwischen Fachleuten aus Wissenschaft, Wirtschaft, Politik und der breiten Bevölkerung durch Mitwirkungsverfahren (zum Beispiel PubliForen und publifocus). Das Zentrum für Technologiefolgen-Abschätzung ist dem Schweizerischen Wissenschafts- und Technologierat angegliedert. Der SWTR berät den Bundesrat in wissenschafts- und technologiepolitischen Belangen.

Die Studien des Zentrums für Technologiefolgen-Abschätzung TA-SWISS sollen möglichst sachliche, unabhängige und breit abgestützte Informationen zu den Chancen und Risiken neuer Technologien vermitteln. Deshalb werden sie in Absprache mit themenspezifisch zusammengesetzten Expertengruppen erarbeitet. Durch die Fachkompetenz ihrer Mitglieder decken diese so genannten Begleitgruppen eine breite Palette von Aspekten der untersuchten Thematik ab.

TA-SWISS Le Centre d'évaluation des choix technologiques

Souvent susceptibles d'avoir une influence décisive sur la qualité de vie des gens, les nouvelles technologies peuvent en même temps comporter des risques latents qu'il est parfois difficile de percevoir d'emblée. Le Centre d'évaluation des choix technologiques s'intéresse aux avantages et aux inconvénients potentiels des nouvelles technologies qui se développent dans le domaine des biotechnologies et santé, de la société de l'information et de la mobilité. Ses études s'adressent tant aux décideurs du monde politique et économique qu'à l'opinion publique. Il s'attache, en outre, à favoriser par des méthodes dites participatives, telles que les PubliForums et publifocus, l'échange d'informations et d'opinions entre les spécialistes du monde scientifique, économique et politique et la population. Le Centre d'évaluation des choix technologiques est rattaché au Conseil suisse de la science et de la technologie, qui a pour mission de faire des recommandations au Conseil fédéral en matière de politique scientifique et technologique.

Le Centre d'évaluation des choix technologiques TA-SWISS se doit, dans toutes ses études sur les avantages et les risques potentiels des nouvelles technologies, de fournir des informations aussi factuelles, indépendantes et étayées que possible. Il y parvient en mettant chaque fois sur pied un groupe d'accompagnement composé d'experts choisis de manière à ce que leurs compétences respectives couvrent ensemble la plupart des aspects du sujet à traiter.

TA-SWISS The Centre for Technology Assessment

New technology often leads to decisive improvements in the quality of our lives. At the same time, however, it involves new types of risks whose consequences are not always predictable. The Centre for Technology Assessment examines the potential advantages and risks of new technological developments in the fields of life sciences and health, information society and mobility. The studies carried out by the Centre are aimed at the decisionmaking bodies in politics and the economy, as well as at the general public. In addition, TA-SWISS promotes the exchange of information and opinions between specialists in science, economics and politics and the public at large through participatory processes, e.g. PubliForums and publifocus. The Centre for Technology Assessment is attached to the Swiss Science and Technology Council, which advises the Federal Council on scientific and technological issues.

Studies conducted and commissioned by the Centre for Technology Assessment TA-SWISS are aimed at providing objective, independent, and broad-based information on the advantages and risks of new technologies. To this purpose the studies are conducted in collaboration with groups comprised of experts in the relevant fields. The professional expertise of the supervisory groups covers a broad range of aspects of the issue under study.

