

Bildgebende Verfahren für Hirnuntersuchungen: Die vier wichtigsten Methoden

Bildgebenden Verfahren ermöglichen den Einblick ins Gehirn über Bilder, die nicht von einer Kamera geliefert, sondern aus einer riesigen Anzahl von Messwerten berechnet werden. Hochempfindliche Geräte registrieren die Daten, die dazu erforderlich sind. Mit Hilfe der bildgebenden Verfahren ist es möglich, sowohl den Aufbau als auch die Funktionsweise des Gehirns zu untersuchen (zur Übersicht siehe Tabelle «Methoden für Hirnuntersuchungen»).

1. Magnetresonanz-Tomografie (MRI)

Mit MRI (magnetic resonance imaging) kann der Aufbau des lebenden Gehirns am genauesten untersucht werden. Diese Methode misst Signale im Körper, die durch ein extrem starkes Magnetfeld in Kombination mit Radiowellen erzeugt werden. Die Stärke von Magnetfeldern wird in 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 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.

Die heute angewendeten Magnetfeld-Stärken sind nach dem aktuellen Stand des Wissens nicht schädlich für den menschlichen Körper. Bis anhin wurde auch keine schädigende Wirkung durch die Radiowellen nachgewiesen.

2. Funktionelle Magnetresonanz-Tomografie (fMRI)

Die fMRI (functional magnetic resonance imaging) wurde in den letzten Jahren zur wichtigsten Methode der kognitiven Neurowissenschaften. Das Messprinzip ist dasselbe wie bei der MRI, allerdings werden andere Signale erfasst: Nicht die Wasserstoff-Kerne werden nun angepeilt, sondern das Hämoglobin. Hämoglobin transportiert im Blut den Sauerstoff von der Lunge an den Ort, wo er 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 Sauerstoff-beladenem Hämoglobin und solchem ohne Sauerstoff im Gehirn messen. Weil ein Bereich im Gehirn, der besonders aktiv ist, mit viel sauerstoffreichem Blut versorgt wird, kann man ihn mit Hilfe der fMRI lokalisieren. 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.

3. Positronenemissions-Tomografie (PET)

Mit PET lassen sich Stoffwechselaktivitäten im Gewebe nachweisen. Zu diesem Zweck werden Signale gemessen, die von radioaktiv markierten Substanzen abgegeben werden. Solche Substanzen werden den Versuchspersonen unmittelbar 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.

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. 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.

4. 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. 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 von Elektroden, aus deren

Messwerten Computer 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.

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

Dr. Adrian Rügsegger, TA-SWISS Fachbereichsleiter Biotechnologie und Medizin,
T 031 324 14 58,