

BILDER
AUS DEM
KÖRPER



Schonender Blick ins Gehirn

Hightech-Verfahren am Brain Imaging Center

von Andrea Gerber

In lebende Körper zu sehen, ohne das Messer anzusetzen, das war lange ein Traum von Wissenschaftlern und Ärzten. Was vor mehr als 120 Jahren mit Conrad Röntgens Entdeckung der X-Strahlen begann, hat sich mit Magnetenzephalographie und Magnetresonanztomographie zu gängigen Instrumenten der Hightech-Medizin entwickelt.

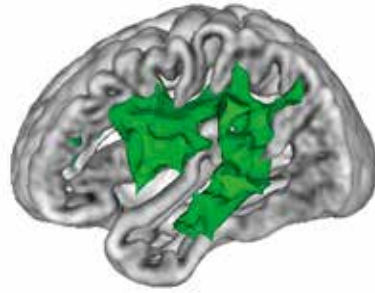
Das Gehirn nicht nur in seiner Struktur zu erkennen, sondern ihm auch bei der Arbeit zuzusehen, das ist faszinierend und liefert viele wertvolle Erkenntnisse über das Denkorgan des Menschen. Der rasante Fortschritt von Imaging-Verfahren in der Hirnforschung brachte in den letzten 20 Jahren einen beeindruckenden Erkenntnisgewinn. Forscher gewannen eine Fülle von Informationen über neuropsychologische Mechanismen und Hirnerkrankungen. So leiden viele Schlaganfallpatienten unter Sprachstörungen. Bildgebende Verfahren halfen aufzuklären, wie wir Worte finden und Sätze bilden, zeigten aber auch, dass die neuronale Verschaltung bei der Sprachbildung komplizierter ist als bisher vermutet. An der Goethe-Universität ist solche Forschung dank des Brain Imaging Centers (BIC) möglich, das seit 15 Jahren auf dem Gelände der Universitätsklinik im Stadtteil Niederrad wächst.

Den Strom der Nervenzellen messen

Der Anblick ist beeindruckend: Die Glastür öffnet sich, Forscher und Studierende sind in den Anblick ihres Bildschirms vertieft. Die Computer sind mit Dutzenden Kabeln miteinander und mit weiteren Geräten vernetzt. Die nächste Tür, dick wie bei einem Tresor, schützt den Stolz des BIC: das Magnetenzephalographie-System (MEG). Alles ist weiß und steril, in der Mitte hängt ein riesiges helmartiges Gebilde wie aus einem Science-Fiction-Film.

»Hier messen wir die elektromagnetischen Felder, die das Gehirn erzeugt. Das ist für uns sehr wichtig, um grundlegende Funktionen und Mechanismen des Gehirns zu verstehen«, erklärt Privatdozent Dr. Christian Kell, einer der fünf Direktoren des BIC. Die Quelle dieser magnetischen Signale sind aktive Nervenzellen, die in den Messspulen des MEG-Aufnehmers elektrische Spannungen induzieren. Die dicke Tür ist notwendig, um störende elektromagnetische Felder von Stromkabeln oder benachbarten Fahrstühlen abzuschirmen, da diese viel stärker sind als die des Gehirns. Nur wenn die Probanden und das MEG-Gerät in der Messkabine hermetisch abgeschirmt werden, können die Sensoren ungestört die reine Aktivität des Gehirns messen. Die MEG-Sensoren sind hochempfindliche supraleitende Quanteninterferenz-Einheiten (SQUIDS), mit denen man extrem geringe Magnetfeldänderungen messen kann. Sie müssen mit flüssigem Helium auf minus 269 Grad Celsius gekühlt werden.

Die MEG ist ein reines Diagnoseverfahren ohne Strahlenbelastung oder weitere Nebenwirkungen, gilt allerdings nicht als Routineverfahren, weil sie vergleichsweise teuer ist. Sie liefert, im Gegensatz zu anderen bildgebenden Verfahren, ohne Zeitverzögerung zentimetergenaue Daten zum Beispiel von Hirnarealen, die epileptische Anfälle auslösen. Zudem können Chirurgen damit wertvolle Informationen gewinnen,



2

2 Die strukturelle MRT kann Verbindungen zwischen Hirnarealen sichtbar machen. Hier sieht man in grün Faserbahnen zwischen Sprachzentren im Frontal- und Temporallappen eines Patienten.

3 In der Neurowissenschaft ist häufig auch Kreativität gefragt. Dieser 3-D-Druck dient als MEG- und MRT-kompatible Handauflage, in die zahlreiche Drucksensoren eingebaut werden können. Diese Messungen können dann bei der Interpretation der Hirndaten helfen.

wenn sie komplexe Schädeloperationen, zum Beispiel bei Patienten mit Hirntumoren, planen.

Ähnlich wie bei den Hirnstromkurven des Elektroenzephalogramms (EEG) stellen die aufgezeichneten Kurven die Aktivität des Gehirns dar. Die Vielzahl der MEG-Sensoren erlaubt jedoch im Gegensatz zum EEG die Bestimmung, aus welchem Teil des Gehirns die Signale stammen. Mit dieser Methode können die Forscher nicht nur die charakteristischen Signale von Epilepsie-Patienten sichtbar machen, sondern auch Aktivität in den Gehirnregionen, die Berührung, Bewegung, Hören und Sehen verarbeiten. Das dreidimensionale Bild entsteht erst, indem die MEG-Ergebnisse in die kernspintomografischen MRT-Schichtbilder des Kopfes eingeblendet werden. Die Frankfurter Forscher untersuchten u. a. Patienten mit chro-

nischer Schizophrenie und entdeckten bei einer MEG-Messung, dass die Interaktionen für die Wahrnehmung wichtiger Hirnregionen ähnlich gestört sind wie nach der Einnahme von Ketamin, einem Halluzinationen auslösenden Anästhetikum.

Dem Gehirn bei der Arbeit zusehen

Ebenso schonende Live-Ansichten des aktiven Gehirns liefert die inzwischen am weitesten verbreitete Neuroimaging-Methode, die funktionelle Magnetresonanztomographie (fMRT). Sie macht die Stoffwechselaktivität des Gehirns sichtbar: Weil sauerstoffreiches Blut in aktiven Regionen und sauerstoffarmes Blut in Zonen geringerer Hirnaktivität sich in ihren magnetischen Eigenschaften unterscheiden, werden aktivierte Hirnareale erkennbar. Die Karte bunt gefärbter Flecken entsteht durch statistische Auswertung der Daten. So können die Forscher beinahe in Echtzeit dem Hirn bei der Arbeit zusehen, während Testpersonen zum Beispiel Aufgaben lösen. In der Medizin kommt das Verfahren vor allem bei der Operationsvorbereitung neurochirurgischer Eingriffe zum Einsatz. Das Ziel auch von Frankfurter Wissenschaftlern ist, mit dieser Methode u. a. grundlegende Mechanismen des Gehirns zu verstehen und neue Therapiemethoden für körperliche oder psychische Störungen zu finden.

BRAIN IMAGING CENTER (BIC)

- Forschungsinhalte und -ziele: Interdisziplinäre Erforschung des Gehirns, seiner Struktur und Funktionen mithilfe von Bildgebenden Verfahren (MRT, fMRT, MEG)
- Neustrukturiert Juli 2016
- Kooperationspartner: Goethe-Universität Frankfurt, Max-Planck-Gesellschaft (Institut für Empirische Ästhetik), Ernst Strüngmann Institut für Neurowissenschaften
- Goethe-Universität: MR Kernstruktur (Leiter Prof. Ralf Deichmann) und MEG Kernstruktur (Leiter Prof. Michael Wibral)
- Goethe-Universität (Sprecher PD Dr. Christian Kell): Kliniken für Neurologie, Psychiatrie, Psychosomatik und Psychotherapie, Kinder- und Jugendpsychiatrie, Neuroradiologie, Medizinische Psychologie, Klinische Pharmakologie und Psychologie
- Max-Planck-Institut für Empirische Ästhetik (Leiter Prof. David Poeppel): Abteilungen für Neurowissenschaften, Musik sowie Sprache und Literatur
- Ernst Strüngmann Institut für Neurowissenschaften (Leiter Prof. Pascal Fries): Neurowissenschaftliches Labor
- Umzug in den Neubau: 2022



3

Die fMRT basiert technisch auf der Magnetresonanztomographie (MRT), die zunächst besonders der Strukturanalyse des Gehirns diente. Die Erfindung dieser Bildgebungstechnologie – der ersten bedeutenden für die Neurowissenschaften – war so revolutionär, dass ihre Entdecker Paul Lauterbur und Peter Mansfield dafür 2003 den Nobelpreis für Medizin bekamen. Die MRT »schneidet« das Gehirn virtuell in Scheiben, im Schnelldurchlauf reist der Betrachter durch das eineinhalb Kilo schwere Wunderwerk der Evolution mit seinen 100 Milliarden Nervenzellen. In dem starken Magnetfeld des Geräts richten sich die Atomkerne körpereigener Wasserstoffatome aus, ihre »Spins« reagieren

ähnlich wie Kompassnadeln. Nachdem sie von Radiowellen des Tomografen in die entgegengesetzte Richtung umgeklappt wurden, nehmen sie ihre Ausgangsposition wieder ein, je nach Gewebeart mit unterschiedlicher Geschwindigkeit. Dieser Vorgang ist messbar und erzeugt das Bild.

Die MRT liefert Erkenntnisse auch zu psychischen Störungen, denn dabei sind zum Teil bestimmte Gehirnregionen vergrößert oder verkleinert. Die Bedeutung dieser strukturellen Veränderungen für die Erkrankung ist jedoch noch Gegenstand der Forschung. Wichtig hierbei ist es, einen Bezug herzustellen zwischen strukturellen und funktionellen Veränderungen, zum Beispiel mithilfe von fMRT-Daten.

Ein eigenes Zentrum für die Bildgebung in den Neurowissenschaften

Um noch effektiver forschen zu können, bilden in Frankfurt mehrere Einrichtungen und Disziplinen ein Netzwerk und fanden unter einem Dach ein gemeinsames Zentrum: das Brain Imaging Center. Seit 2016 steht es auf mehreren Säulen: der Goethe-Universität, dem Max-Planck-Institut für Empirische Ästhetik und dem Ernst Strüngmann Institut. Die beiden methodologischen Forschungsgruppen MR und MEG Kernstruktur entwickeln die Qualität der Datenaufnahmen und -analysen weiter und unterstützen die anderen BIC-Forscher. Die Nutzer der interdisziplinären Arbeitsgruppen sitzen u.a. an den Kliniken für Neurologie, Psychiatrie, Psychosomatik und Psychotherapie, Kinder- und Jugendpsychiatrie, in der Neuroradiologie, Medizinische Psychologie, Klinische Pharmakologie und Psychologie. Am Max-Planck-Institut gehören die Abteilungen für Neurowissenschaften, Musik sowie Sprache und Literatur dazu und am Ernst Strüngmann Institut das neurowissenschaftliche Labor.

Sie alle widmen sich gemeinsam der Erforschung von Struktur und Funktion des menschlichen Gehirns, »mit gegenseitigem Mehrwert«, wie Christian Kell betont. Wie wichtig die Forschung mit bildgebenden Verfahren für das Verständnis u.a. von psychischen Erkrankungen ist, zeigt eine Studie des BIC zur Gesichtserkennung. Auch dann, wenn unser Gehirn nur ein Minimum an optischen Informationen bekommt, erkennt es ultraschnell Objekte, also auch Gesichter. Es trifft dabei laufend Vorhersagen und gleicht diese mit den ankommenden Informationen ab. Nur wenn dabei Fehler auftreten, müssen höhere Hirnregionen benachrichtigt werden, um aktiv ihre Vorhersagen anzupassen. Wissenschaftler vom Ernst Strüngmann Institut konnten das erstmals durch die Messung dieser »benachrichtigenden« Hirnwellen belegen, die bei Patienten mit Schizophrenie

und Erkrankungen aus dem Autismus-Spektrum beeinträchtigt scheinen. Die Hoffnung ist nun, beide Krankheitsbilder besser zu verstehen und Patienten dabei helfen zu können, ihre fehlerhaften Vorhersagen leichter anzupassen.

Viele Fragen in der Hirnforschung sind noch offen

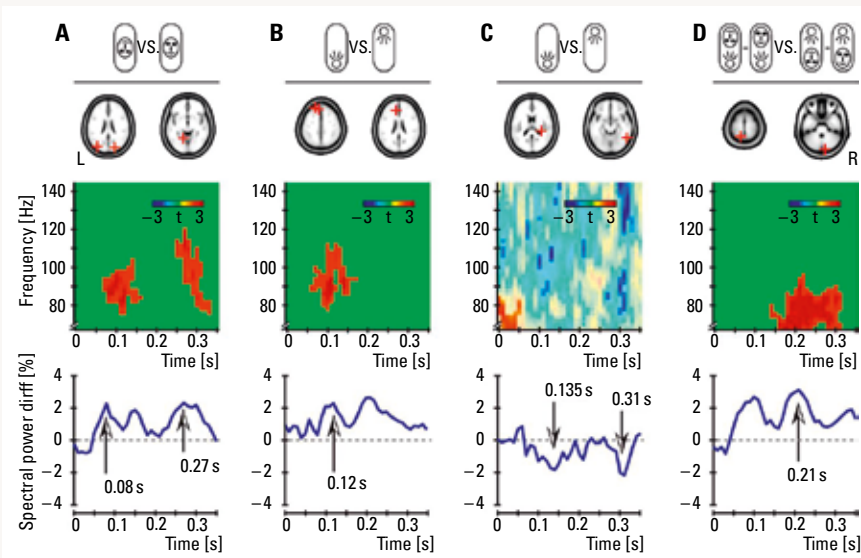
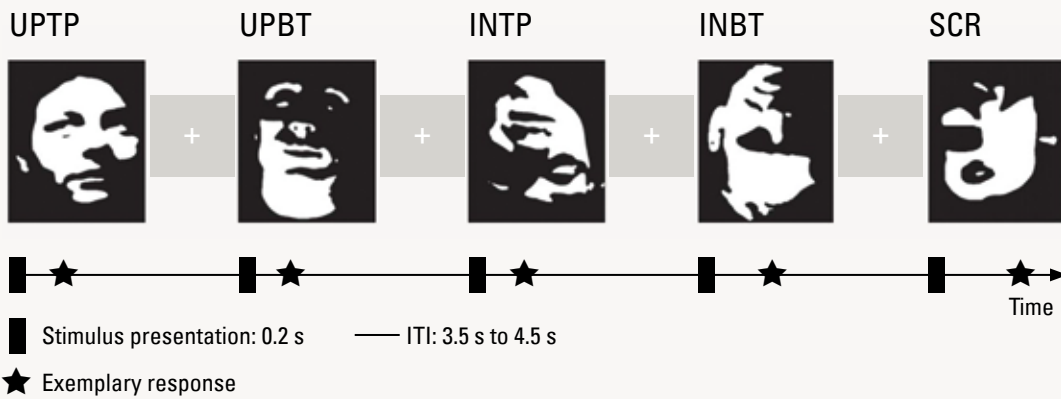
Die Wurzeln des BIC liegen in einer Forschungsplattform, die ursprünglich das Bundesministerium für Bildung und Forschung gefördert hat und die an die Universität überging. Zwischenzeitlich wurde das Projekt von der Goethe-Universität und dem Max-Planck-Institut (MPI) für Hirnforschung getragen, seit Juli 2016 kooperiert die Universität mit einem anderen MPI, dem für Empirische Ästhetik mit Gründungsdatum im Jahr 2015 und dem Ernst Strüngmann Institut.

Noch residiert das BIC in einem Häuschen auf dem Klinikgelände nahe dem Elli-Lucht-Park. In fünf Jahren kommt dann der große Augenblick: 2022 ist der Umzug in einen geräumigen Neubau mit mehr Fläche und neuen Geräten geplant. Das große neue interdisziplinäre Institut auf dem Klinikgelände wird auch einen 7-Tesla-Kernspintomografen beherbergen. Geräte mit einem solch starken Magnetfeld steigern die Bildqualität und erweitern die Forschungsmöglichkeiten gegenüber der Standardklasse von 1,5 oder 3 Tesla deutlich.

In der Hirnforschung gibt es noch viel zu entdecken und auch die Bildgebung durchläuft



4 Privatdozent Dr. Christian Kell, Jahrgang 1977, ist einer der fünf Direktoren des Brain Imaging Centers. Sein wissenschaftlicher Fokus liegt auf der Erforschung der Lateralisierung von Hirnfunktionen wie dem Sprechen. Klinischer Schwerpunkt des Oberarztes in der Klinik für Neurologie und stellvertretenden Direktors des Epilepsiezentrums Rhein-Main ist die Aufdeckung individueller Struktur-Funktions-Beziehungen von Hirnregionen seiner Patienten.



MOONEY-GESICHTER UND GEHIRNREAKTIONEN DARAUF

Im Vergleich zum EEG kann man beim MEG gezielt Signale aus bestimmten Gehirnregionen ableiten. Im Schnittbild des Schädels ist die Region durch ein rotes Kreuz markiert. Das Spektrum (links) zeigt die MEG-Signale von der Gesichter-Erkennung in zwei verschiedenen Situationen: im ersten Bild steht das Gesicht auf dem Kopf, im zweiten ist es richtig herum.

Links

- www.bic.uni-frankfurt.de
- www.muk.uni-frankfurt.de/56080437/172
- www.aesthetics.mpg.de/forschung.html
- www.esi-frankfurt.de

gerade eine Findungsphase. »Das ›Wo‹ ist gut beantwortet, künftig geht es mehr um das ›Wie‹«, meint Christian Kell. Interaktive Prozesse, funktionelle Konnektivität, Muster jenseits der einzelnen Hirnregionen sichtbar zu machen und zu verstehen, das sind die neuen Herausforderungen. Daher setzen die Wissenschaftler u. a. auf die Verquickung von funktioneller Kernspintomographie und Magnetenzephalographie. Künftig möchten die Neurowissenschaftler noch mehr über Grundprinzipien des Aufbaus, Netzwerke und Funktionen des Gehirns wissen.

Doch die Forscher sehen den Blick in das Gehirn nicht unkritisch. Je mehr sie über die Denkkzentrale herausfinden, desto früher können eventuell erste Anzeichen von Störungen erkannt werden. »Wenn wir bei einem gesunden Menschen während einer Untersuchung irgendwann erkennen können, dass er ein erhöhtes Risiko für eine bestimmte Erkrankung hat, die noch nicht behandelt werden kann, kann das seine Lebensqualität beeinträchtigen«, merkt der Frankfurter Hirnforscher Christian Kell an. Aber auch bei der Interpretation der Bilder aus dem Hirnscan ist Vorsicht geboten.

Denn wie komplex das Hirn ist, macht die Bildgebung immer anschaulicher – schließlich haben wir ein ganzes Universum im Kopf. ●



Die Autorin

Andrea Gerber studierte Biologie in Erlangen und ist als freie Wissenschaftsjournalistin tätig. Eines ihrer Lieblingsthemen sind die Neurowissenschaften und dabei besonders die Bildgebung.

commtime-ga@gmx.de