

Das Gehirn eines der Modelle aus der Ausstellung „The Human Body“ im belgischen Ostende 2012.

Foto: Reuters/Francois Lenoir

Ein Mensch geht auf der Straße und begegnet einem Bekannten, einem Freund vielleicht, jemandem, den er gerne sieht. Doch wie wird aus den visuellen Signalen, die die Netzhaut des Auges an das Nervensystem weitermeldet, die Erkenntnis, wer ihm da entgegenkommt? Die Signalverarbeitung im Gehirn ist ein hochkomplexer Vorgang, den zu entschlüsseln zu den aktuellsten wissenschaftlichen Probleme der Gegenwart gehört.

„Das Gehirn ist das komplizierteste System, das wir kennen“, sagt Thomas Klausberger, Leiter des Zentrums für Hirnforschung der Medizinischen

Mit dem Schulbeginn wächst das Interesse an einem besonderen Organ des menschlichen Körpers: dem Gehirn. Seine Arbeitsweise zu erforschen, ist eine der größten wissenschaftlichen Herausforderungen der Gegenwart.

Text: Christian Hoffmann

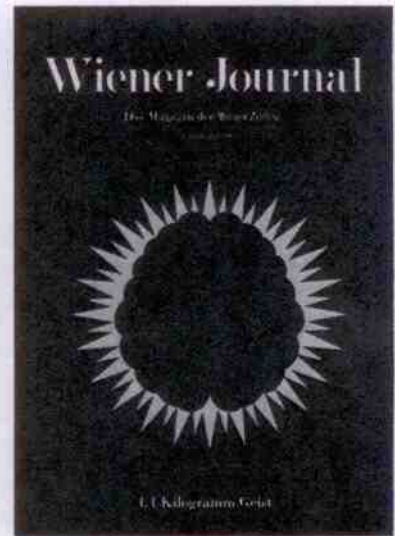
Universität Wien. Dieses Zentrum, das es erst seit dem Jahr 1999 gibt, wurde mit dem Ziel gegründet, die verschiedenen Gruppen von Wissenschaftlern, die sich in Wien mit dem Thema aus verschiedenen Perspektiven befassen, zusammenzubringen und auch die Möglichkeit zu schaffen, international renommierte Spezialisten nach Wien zu holen. Im Labor von Klausberger arbeiten Mediziner, Computerwissenschaftler, Mathematiker, Physiker und Biochemiker, eine Kombination, die traditionelle akademische Grenzen überschreitet.

International boomt die Gehirnforschung. Für das Problem des Spa-

Die Rätsel des Gehirns

ziergängers, der einen Bekannten trifft, sind zum Beispiel die Arbeiten der Neurowissenschaftler Terry Sejnowski und Tobi Delbrück hilfreich. „Internet-Suchmaschinen oder modernste Roboter“, notieren sie, „verarbeiten ungeheure Informationsmengen in kürzester Zeit – aber das menschliche Gehirn ist ihnen immer noch weit überlegen. Mit seiner Hilfe können wir in Sekundenbruchteilen auf einen schier unbegrenzten Vorrat an Erfahrungen und Emotionen zurückgreifen. Wir erkennen augenblicklich das Gesicht eines Verwandten oder Freundes, egal ob es gerade hell oder dämmerig ist, ob von vorne oder von

der Seite – eine Aufgabe, mit der sich das höchstentwickelte elektronische Sehsystem aktuell noch sehr schwertut.“ Eine Leistung, für die der natürliche Biocomputer im Kopf außerdem nur einen winzigen Bruchteil der Energie benötigt, die bei besten modernen Rechnersystemen aufgewendet wird. Sejnowski vom „Salk Institute for Biological Studies“ in La Jolla, Kalifornien, und Delbrück von der Universität Zürich, beschreiben in ihrem Forschungsbericht die Arbeitsweise im Gehirn beim Sehen. Die Abläufe bei der Signalverarbeitung im Kopf bezeichnen sie ähnlich wie Klausberger als den „kom- >



**Hätte uns auch
gut gefallen**

ALTERNATIVE TITELSEITE
Foto: bulentgultek / Getty Images

ZITIERT

*„Die einzelnen
Nervenzellen
haben Axone,
die vielfach
verknüpft sind,
ein riesiger
Kabelsalat.“*

*Thomas Klausberger,
Zentrum für
Hirnforschung*

Seite 6

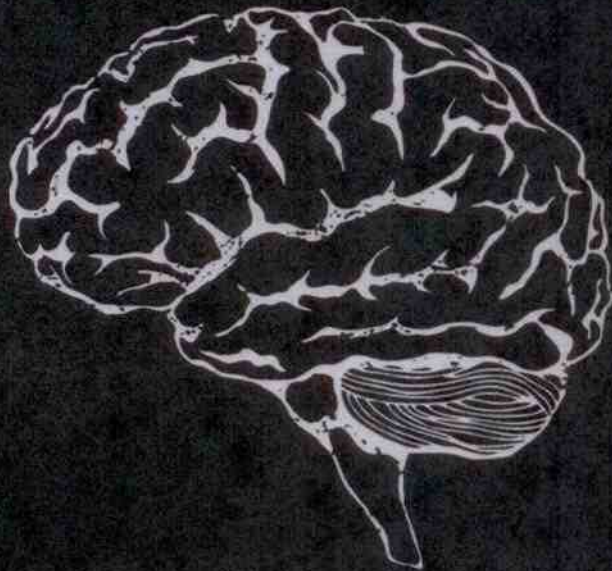


Foto: Sennhuber, Getty Images

Ein paar Fakten

Gewicht

Das menschliche Gehirn ist etwa 1,4 Kilogramm schwer. (Das Gehirn von Albert Einstein soll jedoch nur 1230 Gramm gewogen haben.)

Vernetzung

Das Gehirn besteht aus ungefähr 100 Milliarden Nervenzellen, von denen jede über Synapsen mit etwa 10.000 anderen verbunden ist. Daraus ergeben sich Billionen Verbindungen zwischen diesen Zellen, ungefähr so viele wie das gesamte Internet.

Aktivität

Das Gehirn ist auch im Zustand der Entspannung oder im Schlaf aktiv. Im Ruhezustand entfalten verschiedene Regionen eine intensive und bis heute rätselhafte Kommunikation.

Regeneration

Nach heutigem Wissensstand können sich in bestimmten Bereichen des Gehirns Zellen neu bilden.

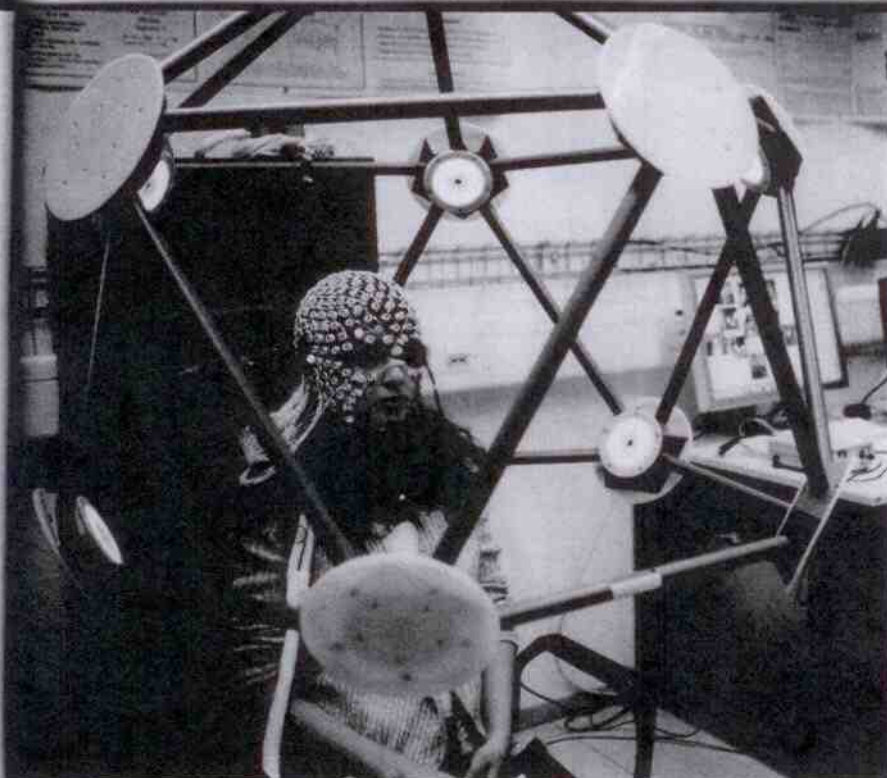
Hunger

Obwohl das Gehirn ungefähr zwei Prozent der Körpermasse wiegt, verbraucht es ungefähr 20 Prozent der verfügbaren Glucose, die vor allem von Kohlenhydraten in der Nahrung geliefert wird.

> plexesten bekannten Mechanismus im Universum“. Jeder einzelne Mensch verfügt demzufolge in seinem Kopf über ein Netzwerk, das so vielschichtig sei wie das gesamte Internet. Wobei es nicht nur um die Anzahl der Gehirnzellen geht, die an einem Ablauf beteiligt sind, sondern um deren Zusammenarbeit, eine raffinierte zeitliche Abfolge von Signalen zwischen den Zellen. Das Wort „Spikes“, das in diesem Zusammenhang auftaucht, hat nichts mit Autoreifen oder sportlichen Schuhsohlen zu tun, sondern mit elektrischen Impulsen. „Spikes sind millisekundenlange Spannungsanstiege, die von den Zellkörpern der Neuronen aus über Fortsätze (Axone) zu anderen Zellen laufen.“ In dem Fall des Spaziergängers, der einen Freund trifft, arbeiten pro Auge ungefähr hundert Millionen Fotorezeptoren und senden Impulse zu anderen Neuronen in der Netzhaut. Diese Signale

werden durch mehrere Schichten weitergereicht und in eine „Abfolge von Aktionspotenzialen“ umgewandelt, die ihrerseits wiederum an das Gehirn gehen. Dort werden sie im Thalamus verarbeitet, einem Teil des Zwischenhirns, und das Ergebnis schließlich an die Sehrinde im Kortex übermittelt, die Hirnrinde, wo aus den aufbereiteten Daten ein zusammenhängendes Bild errechnet wird, die eigentliche visuelle Wahrnehmung, die es dem Spaziergänger ermöglicht, die Gestalt, der er da begegnet, zu identifizieren und sich dementsprechend zu verhalten. Solche Abläufe im Gehirn aufzuzeichnen und zumindest ansatzweise zu verstehen, ist erst seit relativ kurzer Zeit möglich. Im speziellen Fall des Sehvorgangs ist es im kalifornischen Salk-Institut erstmals im Jahr 2010 gelungen, die Aktionspotenziale von hunderten benachbarten Ganglienzellen auf einen Schlag zu registrieren und eine Vor-

stellung von der Wechselwirkung zahlreicher Zellen untereinander zu bekommen, die an dem Ereignis beteiligt sind. Man kann sozusagen dem Gehirn sehr viel detaillierter beim Arbeiten zusehen als in früheren Zeiten, auch wenn nach wie vor viele der Beobachtungen, die dabei gemacht werden, rätselhaft bleiben. „Die einzelnen Nervenzellen haben Axone, die vielfach verknüpft sind“, erklärt Klausberger. „Es ist schwer herauszufinden, was womit verknüpft ist. Man kann sich das vorstellen wie einen riesigen Kabelsalat.“ Dazu kommt noch, dass bei der Arbeit der Nervenzellen in diesem Kabelsalat offenbar auch ein Zeitfaktor eine Rolle spielt, die Frage, was zu welchem Zeitpunkt oder in welcher zeitlichen Abfolge geschieht. Es vergingen viele Jahrhunderte, ehe die Medizin überhaupt einen näheren Einblick in das ungefähr 1,4 Kilogramm schwere Organ im Kopf gewinnen konnten, dessen Ak-



An der Universität von Genf wird versucht, mit Hilfe eines EEG die Struktur bewusster Gedanken einer Versuchsperson zu entschlüsseln. Foto: Amelle-Nenoist/Bsip/Getty Images

tivitäten im Verhältnis zu anderen Organen des menschlichen Körpers, etwa der Lunge oder dem Herzen, allzu unauffällig erschienen. Zwar kann man seit 1924 mit dem Elektroenzephalogramm (EEG) Aktivitäten im Gehirn messen, der eigentliche Aufschwung der Forschung begann in den siebziger Jahren des vergangenen Jahrhunderts, als die bildgebenden Verfahren entwickelt

wurden, zum Beispiel Magnetresonanztomografie (MRT), die davon abgeleitete funktionelle Magnetresonanztomografie (fMRT) oder die Positronen-Emissions-Tomografie (PET), die mit schwach radioaktiven Kontrastmitteln arbeitet. Sie machten es in Kombination mit modernen Computersystemen nach und nach möglich, dem Gehirn bei der Arbeit zuzuschauen.

Mittlerweile investieren fast alle Nationen große Summen in die Erforschung des „komplexesten Mechanismus im Universum“. In den USA startete im Jahr 2014 das BRAIN-Projekt (Brain Research for Advanced Innovative Neurotechnologies), für das immerhin 100 Millionen Dollar eingesetzt wurden und dessen Ziel es ist, die Signale von Neuronen im großen Stil aufzuzeichnen und ganze Hirnareale zu kartographieren. Die EU investiert ihrerseits 1,2 Milliarden Euro in das Human Brain Project, dessen Ziele ähnlich gelagert sind. Darüber hinaus finanzieren auch China, Japan und Israel einschlägige Unternehmungen.

Was steckt hinter diesem milliardenschweren Interesse? Klausberger sieht vor allem zwei Aspekte: Auf der einen Seite die Behandlung von neurologischen und psychiatrischen Krankheiten, eine Aufgabe, die an Bedeutung gewinnt, je älter Menschen werden. So sind auch heute noch die Ursachen von Krankheiten wie Demenz, Alzheimer oder Parkinson sehr schwer zu verstehen und liegen Jahrzehnte zurück, wenn die ersten Symptome sichtbar werden. Darüber hinaus geht es bei der Hirnforschung um Grundlagenfragen, darum, wie Denken und Fühlen überhaupt funktionieren. Und ganz nebenbei sollen Erkenntnisse auf >

Die Europäische Union investiert 1,2 Milliarden Euro in das Human Brain Project.

Entgeltliche Einschaltung

20 JAHRE ORF RADIOKULTURHAUS

„Liebe Sophie“ – eine Geistergeschichte von David Schalko, vertont von Franz Koglmann für das RSO Wien, gelesen von Markus Hering, visualisiert von Jakob Kirchmayer.

❖ Großes Sendesaal – 19:30 Uhr – Eintritt: EUR 24,-

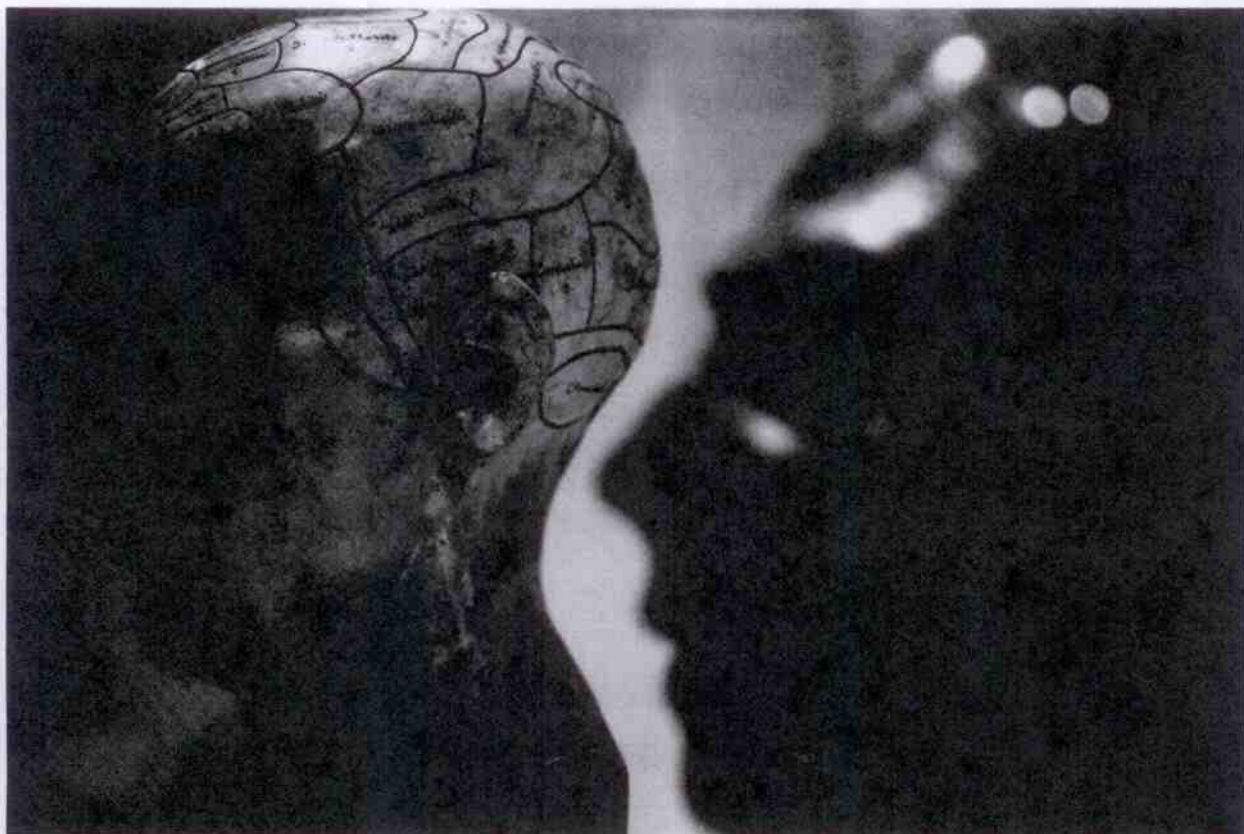
INFOS UND ONLINE-TICKETS: radiokulturhaus.orf.at

ORF. WIE WIR.

PRIVAT BANK
an der Wiener Börse

ORF
RADIOKULTURHAUS

© Jakob Kirchmayer



Ein Modell der Gehirnareale aus der „Wellcome Collection“ in London. Foto: Reuters/Chris Helgren

> diesem Gebiet auch den Weg für die Konstruktion neuartiger Computersysteme weisen, die an Effizienz alles gegenwärtig Mögliche bei weitem übertreffen.

Klausberger befasst sich zum Beispiel mit der Frage, wie das Gehirn bei Entscheidungsprozessen arbeitet, eine Disziplin, in der das in langer Evolution entwickelte Denkorgan jedem Computersystem überlegen ist. „Es ist eine faszinierende Eigenschaft des menschlichen Gehirns, Varianten durchspielen zu können.“ Dabei spielen Erfahrungen und Gefühle eine wesentliche Rolle. Oder der Faktor, wie wichtig eine Entscheidung zu einem bestimmten Zeitpunkt ist. Wie verschiedene Ergebnisse einer Handlung emotional bewertet werden. Wieviel Zeit aktuell für die Entscheidung zur Verfügung steht.

Zwar steht bei solchen Problemstellungen die Forschung immer noch am Beginn einer weiten Reise, doch

INTERNET

www.dasgehirn.info

LESEN

Rita Carter: Das Gehirn: Anatomie, Sinneswahrnehmung, Gedächtnis, Bewusstsein, Störungen.

Verlag Dorling Kindersley, 2014.
264 Seiten, 34,95 Euro.

Spektrum der Wissenschaft: Unser Gehirn: Entwicklung - Grenzen - Extreme. Spektrum Spezial - Biologie, Medizin, Hirnforschung,
2015, 82 Seiten, 8,90 Euro.



gibt es auch konkrete Hinweise auf das Funktionieren des Denkkapparates, die man für das kommende Schuljahr mitnehmen kann. „Das Gehirn ist ein trainierbares Organ“, sagt Klausberger, „und der wichtigste Faktor dabei ist die Belohnung“, eine Erkenntnis, die sich alle am Lernprozess Beteiligten zu Herzen nehmen sollten: „Egal wie die Belohnung aussieht, ob es sich jetzt um etwas Handfestes handelt oder bloß um das Erfolgserlebnis, auf jeden Fall kommt es zur Ausschüttung von Dopamin. Und dieses Glückserlebnis wird vom Gehirn abgespeichert.“ Das ist eine der Nebenwirkungen der modernen Hirnforschung: Anhand der Aktivität von Nervenzellen kann man beobachten, wie ein solches Erfolgserlebnis im Nervensystem hartnäckig wiederholt wird, sogar noch im Schlaf, wodurch die damit verbundene Erkenntnis zuverlässig abgespeichert wird. ┘