



## ANATOMIE

# Das vermessene Gehirn

Neue Technologien vermitteln überraschende Einblicke in den Aufbau unseres Denkkorgans. Und räumen mit so manchem Mythos auf.

VON JOHN S. ALLEN, JOEL BRUSS  
UND HANNA DAMASIO

**M**achen Sie doch mal ein kleines Experiment: Stellen Sie sich vor einen Spiegel und studieren Sie ganz genau die Größe und Form Ihres Kopfes mit all seinen Besonderheiten. Was sehen Sie? Können Sie daran vielleicht Eigenschaften wie Ehrgeiz, Zärtlichkeit, Humor oder Tapferkeit erkennen? Genau dies glaubten einige Wissenschaftler im 19. Jahrhundert, Anhänger der so genannten Phrenologie, einer Lehre, die vor rund 200 Jahren von den Wiener Ärzten Franz Joseph Gall und Johann Spurzheim entwickelt worden war. Die Phrenologen

#### Neue Serie »Anatomie für Anfänger«

Beginnend mit der kommenden Ausgabe stellt **Gehirn&Geist** die wichtigsten Bestandteile unseres Zentralnervensystems vor.

vertraten die Ansicht, dass bestimmte Eigenschaften einer Persönlichkeit in speziellen Orten im Gehirn angesiedelt seien und dass sich ein stärker ausgeprägter Charakterzug durch einen entsprechend vergrößerten Bereich bemerkbar machen würde. Dies, so argumentierten sie, würde sich auf die Form des Schädels auswirken. Kurzum: Akribisches Vermessen des Kopfes ließe daher eine Aussage über die Persönlichkeit eines Menschen zu.

#### DELLEN, BEULEN UND VOLUMEN

Heutzutage findet sich die Phrenologie längst in der Ecke der Pseudowissenschaften wieder. Schon im 19. Jahrhundert sprachen einige Zeitgenossen Galls und Spurzheims spöttisch von der »Beulologie«, der »Wissenschaft der Beulen«. Von der Schädelform auf Charaktereigenschaften zu schließen, davon sind Wissenschaftler heute überzeugt, ist schlicht unmöglich. Und doch steckt – wie so oft – auch ein Fünkchen Wahrheit in der Sache.

Tatsächlich besteht ein enger Zusammenhang zwischen Größe und Form eines Gehirns (beziehungsweise seiner Areale) und seiner Funktionsweise. So besitzen Primaten, die sich von Früchten ernähren, ein – im Verhältnis zum Körper – größeres Gehirn als jene, auf deren Speisezettel vorwiegend Blätter stehen. Nach Auffassung der Anthropologin Katharine Milton von der University of California in Berkeley ist dies ein Ergebnis der speziellen Anforderungen, welche die Nahrungssuche an die jeweiligen Affen stellt. Denn vermutlich fordert das Aufspüren der oftmals weit verstreut wachsenden Früchte das Erkenntnisvermögen eines Gehirns stärker als die Suche nach leicht verfügbaren Blättern.

Form und Größe des Denkkorgans scheinen auch eine Rolle bei verschiedenen neurologischen Erkrankungen zu spielen. So weiß man zum Beispiel, dass sich einige autistische Kinder durch ungewöhnlich große Gehirne auszeichnen. Bei Depressiven ist oftmals der Hippocampus verkleinert. Und Alzheimerpati- ▶



## **MASS NEHMEN**

Die Größenverhältnisse im Gehirn geben unter anderem Aufschluss über Geschlechtsunterschiede und unsere evolutionäre Vergangenheit.



## AUF EINEN BLICK

## Maßgebende Erkenntnisse

- 1 Die Gehirne moderner und fossiler Menschen sowie die von höheren Menschenaffen haben ähnliche Proportionen. Daher lässt unsere äußerlich höhere »Denkerstirn« keinerlei Rückschlüsse auf den Inhalt unseres Oberstübchens zu.
- 2 Männerhirne sind im Durchschnitt größer als Frauenhirne und besitzen einen höheren Anteil an weißer Masse, aber vermutlich nicht mehr Nervenfasern. Dafür, dass sie besser arbeiten, gibt es keine anatomischen Hinweise.
- 3 Der Input macht's! Bei Menschen, die noch nie einen Ton gehört haben, ist die Heschl'sche Windung im Hörzentrum weniger ausgeprägt. Mangelnde Sinneswahrnehmung kann sich demnach auf die Struktur des Gehirns auswirken.

▷ enten leiden unter einem fortschreitenden Verlust an Hirnsubstanz.

Das Vermessen des Gehirns ist also durchaus von wissenschaftlichem Interesse – nur dass heute kein seriöser Forscher mehr auf die Idee käme, von Beulen und Dellen der Schädeloberfläche auf den Inhalt zu schließen. Vielmehr bedienen sie sich moderner bildgebender Verfahren, um so die Oberstübchen ihrer Probanden exakt zu kartieren. Computertomografie (CT) und die Kernspino- oder Magnetresonanztomografie (MRT) ermöglichen es, Form und Aktivität des lebenden menschlichen Gehirns in noch nie da gewesenem Detail zu analysieren. Insbesondere die MRT liefert exakte zwei- und dreidimensionale »Landkarten«, die sich beliebig zerlegen und im Detail betrachten lassen (siehe Kasten S. 66). Dabei differenziert sie nicht nur zwischen festen Bestandteilen und der Gehirnflüssigkeit. Sie erlaubt sogar eine klare Unterscheidung zwischen »grauer«

und »weißer« Substanz. Die ist für das Verständnis der Funktionsweise des Gehirns äußerst wichtig. Denn während die graue Substanz vorwiegend aus dicht gepackten Nervenzellkörpern besteht, finden sich in der weißen lange, von einer isolierenden Myelinschicht umgebene Nervenzellfortsätze, die zur Signalübertragung und zur Kommunikation zwischen verschiedenen Arealen dienen.

## MYTHOS DENKERSTIRN

Mit diesem Werkzeug zur Vermessung des Denkorgans haben Wissenschaftler inzwischen einige interessante Fragen in Angriff genommen. So etwa die seit Jahrzehnten diskutierte These, im Lauf der Hominidenevolution habe sich insbesondere der Stirnlappen deutlich vergrößert. Die Idee dahinter: In besagter Hirnregion sind viele unserer kognitiven Fähigkeiten beheimatet. So spielt das Frontalhirn eine bedeutende Rolle bei der Verarbeitung von Sprache, für vo-

rausschauendes Denken und Urteilsvermögen – Eigenschaften, durch die sich *Homo sapiens* von anderen Lebewesen abhebt.

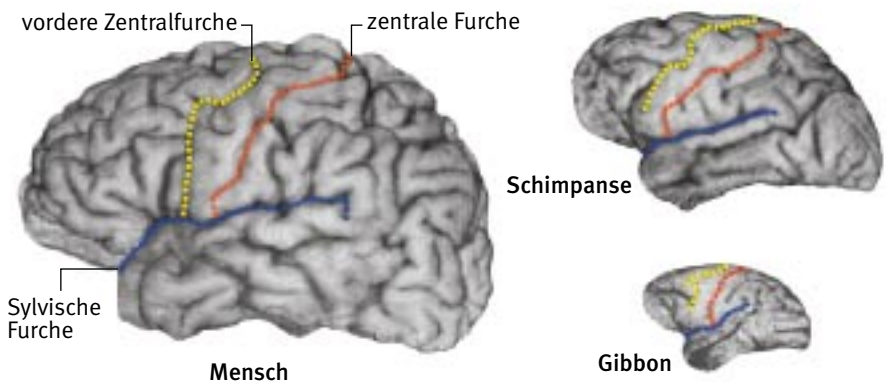
Betrachtet man Primatenköpfe von außen, erscheint diese Vorstellung durchaus plausibel: Während unsere eigenen Stirnen recht hoch und steil daherkommen, fallen sie schon bei unseren nächsten lebenden Verwandten, den Schimpansen, eher niedrig aus. Auch unsere ausgestorbenen Cousins, die Neandertaler, zeichneten sich durch eine flache Schädelform aus.

Doch entspricht die Annahme, dass eine ausgeprägte Denkerstirn mit vermehrtem Scharfsinn einhergeht, tatsächlich der Realität? Dieser Frage ging Katerina Semendeferi von der University of California in San Diego auf den Grund. Die Anthropologin machte sich daran, per MRT die Stirnlappen von Menschen und anderen Primaten zu vermessen. Und sie kam zu einem überraschenden Ergebnis: Mensch, Orang-Utan, Gorilla und Schimpanse sind sich – zumindest in Sachen Frontalhirn – äußerst ähnlich. Bei allen vier Arten nimmt es zwischen 33 und 36 Prozent des Großhirnvolumens ein und macht dabei zwischen 36 und 39 Prozent der gesamten grauen Masse des jeweiligen Gehirns aus. Mehr noch: Zwar ist unser Denkorgan rund dreimal so groß wie die Oberstübchen unserer nahen Verwandten, doch ist der Stirnlappen von *Homo sapiens* nicht größer, als man es für unsere tierischen Verwandten bei gleicher Körperstatur erwarten würde.

Ganz anders verhält es sich bei niederen Menschenaffen wie Gibbons oder bei Rhesus- und Kapuzineräffchen. Ihre

## VERRÄTERISCHE LINIEN

Schimpansenhirne sind zwar kleiner als Menschenhirne, aber ähnlich proportioniert. Größere Unterschiede in den Proportionen treten erst im Vergleich mit weiter entfernten Verwandten wie Gibbons auf.



### VON WEGEN FLACHSCHÄDEL!

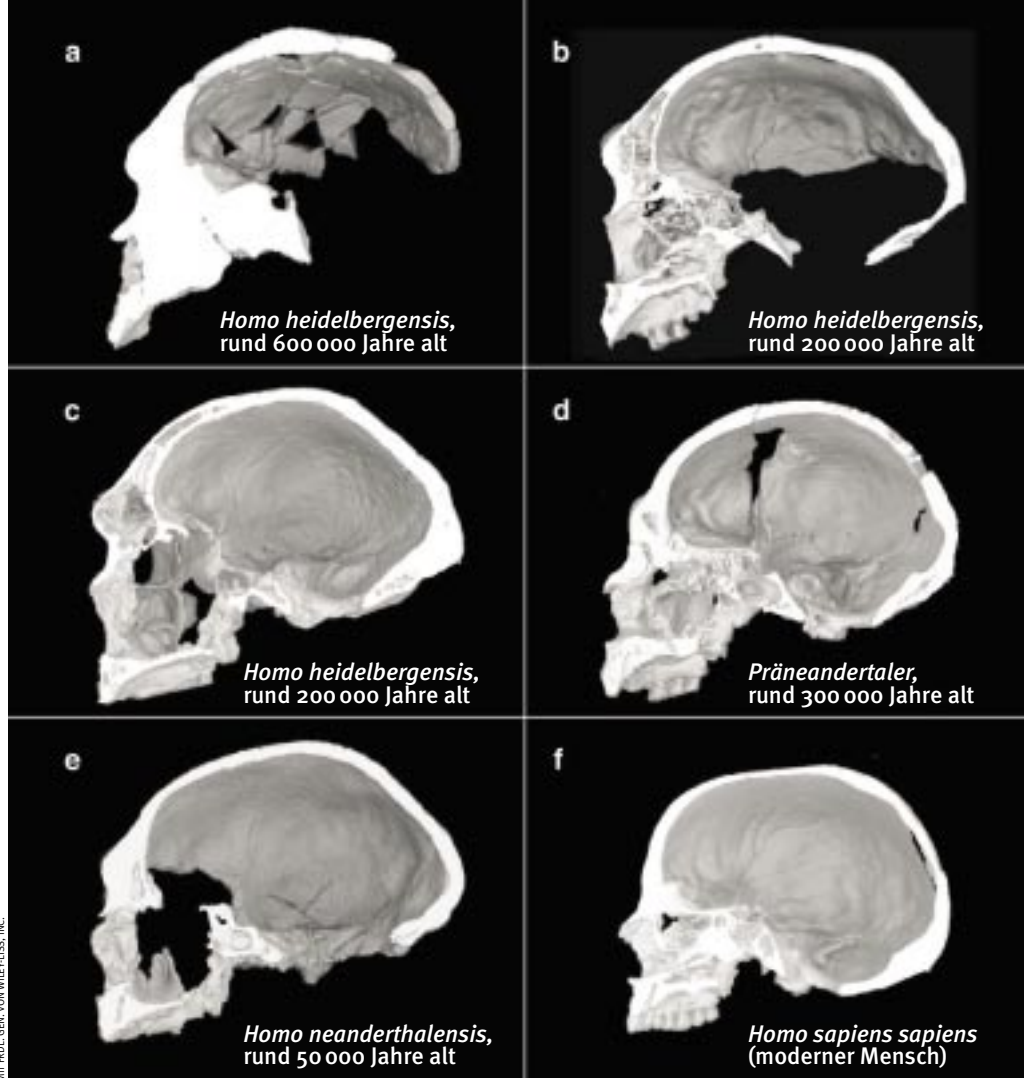
So sehr sie sich auch äußerlich unterscheiden – in ihrem Inneren sind die Oberstübchen von fossilen und modernen Menschen auffallend ähnlich geformt.

Gehirne sind allesamt mit proportional erheblich kleineren Stirnlappen bestückt als die von Mensch und Co. Demnach begann die ausgeprägte Vergrößerung des Frontalhirns entwicklungsgeschichtlich wahrscheinlich erst, nachdem sich vor rund 20 bis 25 Millionen Jahren die Stammlinie von Menschen und großen Primaten von derjenigen kleinerer Affenarten trennte. Andererseits muss dieser Trend bereits eingesetzt haben, bevor sich die Linie vor 5 bis 10 Millionen Jahren erneut aufspaltete – diesmal in Menschenaffen und Hominiden.

Dafür, dass wir dennoch über ausgefeiltere kognitive Funktionen verfügen als unsere Verwandten, sind vermutlich Umbauten innerhalb des Stirnlappens verantwortlich. Möglicherweise sind bei uns einige Unterbereiche dort stärker ausgeprägt. Entscheidende Areale könnten auch besser miteinander verschaltet sein, als es bei Orang-Utan, Gorilla und Schimpanse der Fall ist. Zudem ist denkbar, dass die Architektur der Nervenzellen eine gewisse Entwicklung durchlaufen hat, die zu einer höheren Leistungsfähigkeit des Frontalhirns beiträgt. Und natürlich wäre eine Kombination aus all diesen Faktoren ebenfalls möglich. Unter dem Strich bleibt jedoch: Das ausgeprägte Stirnhirn ist keine Errungenschaft des *Homo sapiens*.

In eine ähnliche Richtung wie Semendeferis Messergebnisse weisen auch die Arbeiten von Fred Bookstein von der University of Michigan. Der Professor für Biomathematik verglich unter Zuhilfenahme der Computertomografie fossile Schädel aus den letzten 500 000 Jahren mit denen moderner Menschen.

Bekanntermaßen entspricht das innere Schädelvolumen sämtlicher ausgestorbenen Vertreter der Gattung *Homo* ungefähr dem unseren. Mancher fossile Mensch übertrumpft uns sogar noch in dieser Hinsicht. Allerdings waren die



Schädel- und Gesichtsknochen unserer altertümlichen Verwandten ausgesprochen dick. Gemeinsam mit den meist ausgeprägten Augenwülsten und dem leicht hervorspringenden Gesichtszentrum erweckt dies den Eindruck einer niedrigen, fliehenden Stirn – also ganz so, wie es der weit verbreiteten Idee einer evolutionsbedingten Stirnlappenvergrößerung entsprechen würde.

### WIE EIN EI DEM ANDEREN

Doch dieser Eindruck trügt, wie Bookstein feststellte. Nachdem die Wissenschaftler alle Schädel vermessen hatten, griffen sie in die mathematische Trickkiste und bedienten sich einer speziellen statistischen Methode namens Procrustes-Analyse, mit deren Hilfe sich Größe, Ausrichtung und Form von Objekten exakt vergleichen lassen.

Das überraschende Ergebnis: Allen äußeren Unterschieden zum Trotz sah der Inhalt sämtlicher untersuchten Schädelhöhlen fast identisch aus. Demnach hat sich die Innenseite des Stirnknochens –

und damit sehr wahrscheinlich auch die Form des Frontallappens – während der letzten 500 000 Jahre nicht verändert.

Was bleibt also vom Mythos der Denkerstirn? Trifft es zumindest bei modernen Menschen zu, dass die helleren Köpfe auch über die größeren Stirnlappen verfügen? Die Antwort lautet: Nein. Wie wir bei unseren eigenen Arbeiten am College of Medicine der University of Iowa in Iowa City festgestellt haben, variiert zwar das Gesamtvolumen des menschlichen Oberstübchens erheblich. Doch bei allen unseren Probanden weisen die Hauptlappen immer vergleichbare Proportionen auf.

Das wird besonders deutlich, wenn man die Denkkorgane von Männern und Frauen einander gegenüberstellt. Zwar sind männliche Gehirne in der Regel größer, aber unsere Messungen ergaben, dass sowohl Adams als auch Evas Stirnhirn durchschnittlich 38 Prozent vom Gesamtvolumen einnehmen.

Bei den anderen auffallenden Strukturen sind die Proportionen ebenso in ▶

▷ sich stimmig. Zum Beispiel besitzen Menschen mit einem voluminösen Stirnhirn auch einen ausgeprägten Scheitellappen – ganz so, wie wir es auf Grund ihres insgesamt größeren Denkkorgans erwarten würden. Als wir uns allerdings daran machten, unsere Messergebnisse auf eine einheitliche Gehirngröße umzurechnen, bemerkten wir, dass die beiden Hirnregionen eben doch nicht immer im völlig gleichen Maßverhältnis zueinander standen: Bei Menschen mit besonders großen Stirnlappen fällt der Scheitellappen in Relation dazu kleiner aus und umgekehrt.

Wir gehen davon aus, dass dieser Effekt eher auf genetische Veranlagung als auf äußere Einflüsse zurückzuführen ist. Die zentrale Furche, die Grenze zwischen diesen beiden Regionen, wird nämlich sehr früh im sich entwickelnden Gehirn festgelegt; ihr exakter Verlauf

hängt stark von erblichen Faktoren ab. Damit gab uns die Erkenntnis, dass die Ausmaße von Stirnhirn und Scheitellappen in dieser umgekehrt proportionalen Weise voneinander abhängen, ein kniffliges Rätsel auf. Warum verläuft die Entwicklung bei manchen Menschen zu Gunsten des Stirnlappens, während bei anderen scheinbar der Scheitellappen bevorzugt wird? Und was bedeutet das für die Evolution der Hominidengehirne?

Fest steht, dass sich die beiden Gehirnaeale gegenseitig in ihrer Ausprägung beeinflussen. Das bedeutet: Theoretisch könnte sich das Stirnhirn durchaus besonders ausbreiten – allerdings auf Kosten des Scheitellappens. Eine derart einseitige Entwicklung wäre jedoch nicht sinnvoll. Schließlich ist nicht allein das Stirnhirn für die außerordentlichen kognitiven Fähigkeiten des Menschen verantwortlich. Der Scheitellappen spielt ebenfalls eine bedeutende Rolle. Er beheimatet etwa unser Assoziationsvermögen und trägt ganz entscheidend zu unseren Sprachfunktionen bei. Auch der Gebrauch von Werkzeugen – ein Meilenstein in der Entwicklung – hängt von Verbindungen zwischen Scheitel- und Stirnlappen ab, also letztlich von beiden Bereichen.

Fazit: Eine extreme Ausbreitung des Stirnhirns auf Kosten des Scheitellappens hätte einen enormen evolutionären Druck heraufbeschworen. In dem Maße, wie sich die eine Region vergrößert, hätte die andere dagegenhalten und mitwachsen müssen. Vor diesem Hintergrund scheint es also am plausibelsten, dass der Stirnlappen während der letzten zwei Millionen Jahre nicht für sich allein, sondern gleichzeitig mit den anderen Hauptregionen des Großhirns an Volumen zugelegt hat.

**HERAUSGESCHÄLT**  
Schall verarbeitende Strukturen wie die Heschl'sche Windung (rot) und das Planum temporale (blau) sind von außen kaum sichtbar. Um sie zu vermessen, müssen Forscher in ihren MRT-Modellen Stirn- und Scheitellappen »abnehmen«.

Die Idee von der hohen Stirn als Zeichen für Intelligenz entpuppt sich also durch akribisches Vermessen und Vergleichen als Märchen. Wie aber sieht es mit anderen Mythen aus, die sich um das Gehirn ranken, etwa dem viel diskutierten kleinen Unterschied? Stimmt es tatsächlich, dass die Denkkorgane von Männern und Frauen anders ticken? Und sollte sich dies gar in messbaren anatomischen Differenzen niederschlagen?

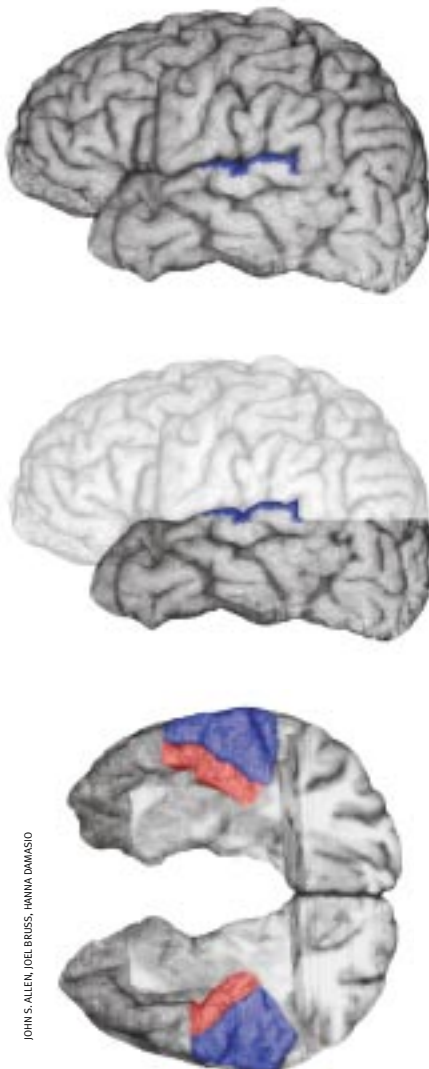
Sicher ist: Männerhirne sind größer, und zwar um durchschnittlich rund 12 Prozent. Während sie in unseren Studien im Mittel mit 1241 Kubikzentimetern aufwarten, bringen es Frauenhirne im Mittel gerade mal auf 1100 Kubikzentimeter – wobei aber zwischen beiden Gruppen ein beachtlicher Überlappungsbereich existiert.

### MASSENDUELL

Doch Größe ist bekanntlich nicht alles. Wir wollten genauer wissen, wie es sich mit dem Geschlechtsunterschied im Gehirn verhält, und machten uns daran, mit Hilfe hochauflösender MRT-Aufnahmen die weiße und die graue Substanz getrennt voneinander zu vermessen. Ergebnis: Das Verhältnis »grau zu weiß« beträgt bei den Damen im Mittel 1,35, bei den Herren dagegen nur 1,26.

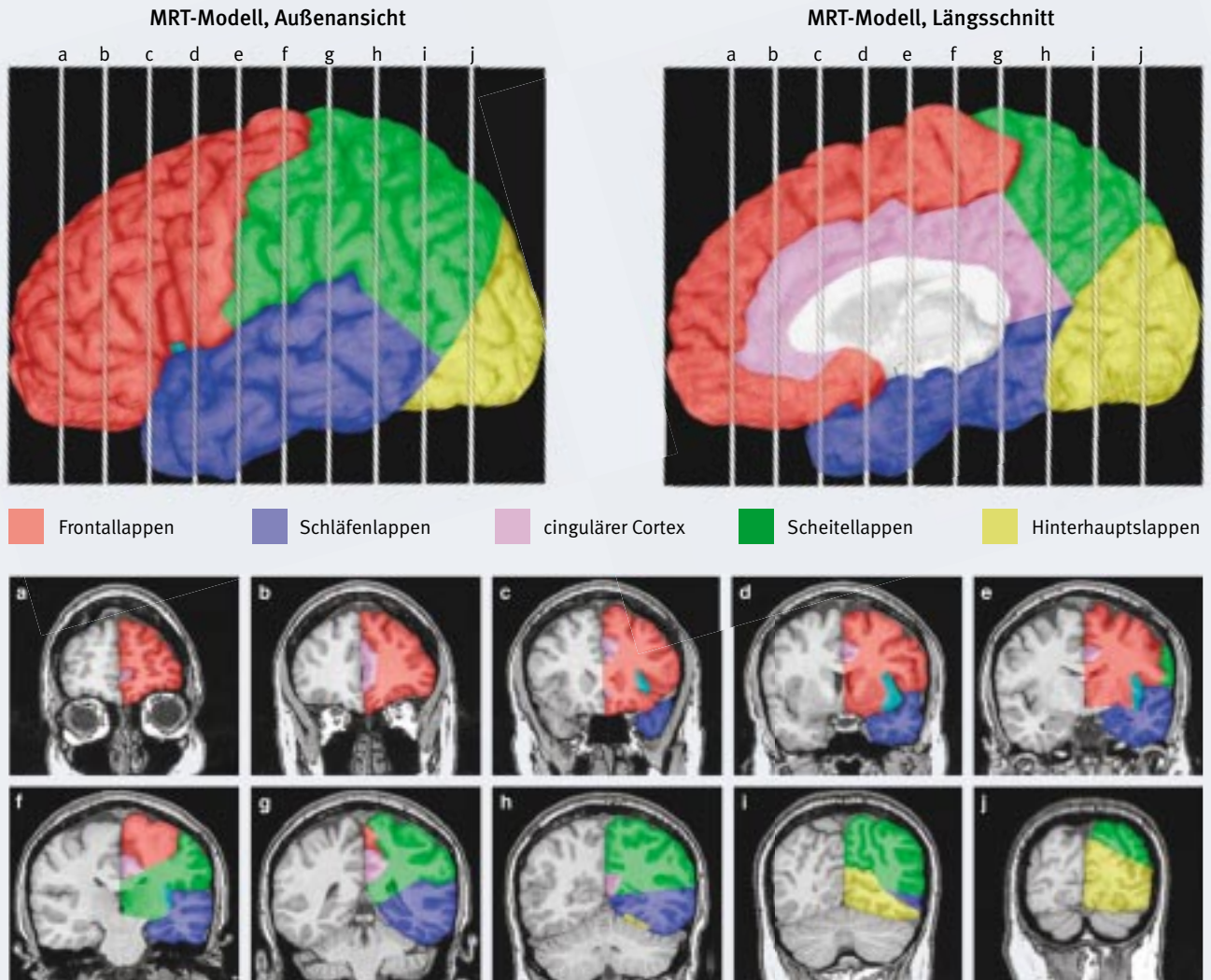
Doch Vorsicht! Dieses Ergebnis könnte zunächst den Eindruck erwecken, dass Frauen über mehr graue Masse verfügen als Männer. In Wahrheit ist es aber vielmehr so, dass sie weniger weiße Substanz besitzen! Im Massenduell zwischen den Geschlechtern zeigte sich nämlich, dass die männlichen Gehirne im Durchschnitt 9,3 Prozent mehr graue Substanz und sogar 14,7 Prozent mehr weiße Substanz auf die Waage bringen. Ein Hinweis darauf, dass sie besser arbeiten?

Nicht unbedingt. Schließlich hat sich seit den frühen 1980er Jahren die Ansicht verbreitet, dass bei Frauen die beiden Gehirnhälften besser miteinander verschaltet sind. Wissenschaftler hatten damals das Corpus callosum ins Visier genommen – den Balken aus weißer Substanz, der rechte und linke Hemisphäre verbindet. Diese Struktur schien in weiblichen Gehirnen stärker ausgeprägt zu sein. Die scheinbar logische





## KARTOGRAFIE DES OBERSTÜBCHENS



**BILDEBENDE VERFAHREN** – insbesondere Computertomografie (CT) und Magnetresonanztomografie (MRT) – liefern detaillierte Aufnahmen vom Innenleben unseres Schädels. Dank hochauflösender MRT-Verfahren lassen sich dabei mittlerweile auch graue und weiße Substanz sauber voneinander unterscheiden.

Wollen Forscher nun Aussagen darüber machen, wie viel Platz eine bestimmte Region einnimmt, so müssen sie zunächst das Gehirn anhand von sichtbaren anatomischen Merkmalen – tiefen Furchen oder charakteristischen Windungen – in Parzellen unterteilen. Beispielsweise in die vier Großhirnlappen, aber auch in kleinere Strukturen wie den Hippocampus. Darüber hinaus dienen manchmal Regionen mit einer bestimmten Hirnaktivität zur Orientierung, sofern funktionelle MRT-Aufnahmen zur Verfügung stehen.

Dann können die Wissenschaftler die für sie interessanten Bereiche (englisch: Regions of Interest, ROIs) ermitteln. Ursprünglich erfolgte dies in mühevoller Handarbeit: Es galt dabei, Bildebene für Bildebene die Flächen innerhalb der fraglichen Region zu kenn-

**SISYPHUSARBEIT**

Anhand von dreidimensionalen MRT-Modellen (oben) bestimmen Wissenschaftler zunächst die Lage wichtiger Hirnregionen. Ausgehend von dieser Orientierungshilfe zeichnen sie dann – Schicht für Schicht – die für die Untersuchung relevanten Regionen in computer-generierte Hirnschnitte ein. So lassen sich die Abmessungen der Hirnareale von vorne (a) nach hinten (j) verfolgen.

zeichnen, zu vermessen und zu einem Gesamtvolumen aufzudadien. Bei einer Schichtdicke von 1,5 Millimetern bedeutet das, dass ein Forscher mehr als hundert Aufnahmen bearbeiten muss, um eine Hirnregion genau zu erfassen. Mittlerweile haben aber auch hier computergestützte Methoden Einzug gehalten, die das Vermessen des Gehirns erheblich erleichtern. Allerdings ist ihre Genauigkeit unter Experten noch umstritten.

▷ Schlussfolgerung war, dass bei den Frauen deshalb auch ein vermehrter Informationsaustausch zwischen der »emotionalen« rechten Seite und der »analytischen« linken Hirnhälfte stattfinden könne als bei Männern.

Wahrheit oder Klischee? Die aktuelle Beweislage spricht für Letzteres: Auch wenn wir natürlich nicht hundertprozentig ausschließen können, dass sich die weiblichen Hemisphären tatsächlich stärker untereinander austauschen, eine anatomische Grundlage gibt es dafür nicht. Denn wie unsere eigenen Untersuchungen zeigen, ist der männliche Balken keineswegs kleiner als der weibliche. Im Gegenteil: Er verfügt sogar über deutlich mehr Volumen – und zwar ungefähr in dem Ausmaß, wie es auch der insgesamt größeren Gehirnmasse von Herrn *Homo sapiens sapiens* entspricht.

Eine eingehendere Untersuchung des Corpus callosum deckte übrigens noch weitere interessante Feinheiten auf. So stellten wir zwar fest, dass der Balken bei Männern rund zehn Prozent größer ist. Doch es zeigte sich auch, dass diese Struktur bei Frauen einen größeren Anteil an der gesamten weißen Substanz ausmacht. Und genau hier könnte die

Antwort auf die Frage liegen, warum das männliche Gehirn scheinbar mehr weiße Masse beinhaltet.

Weißer Substanz ist nämlich nicht gleich weiße Substanz. Was wir in den MRT-Aufnahmen sehen, schließt ganz unterschiedliche Typen von Zellen und Geweben mit ein, neben myelinisierten Nervenfasern auch Stützzellen und Blutgefäße. Der Balken hingegen besteht fast ausschließlich aus Nervenfasern. Es ist also durchaus denkbar, dass die bei Männern auf den ersten Blick stärker ausgeprägte weiße Masse zu einem großen Teil aus Komponenten besteht, die mit Nervenfasern gar nichts zu tun haben. Mit anderen Worten: Das vermeintliche Mehr an weißer Substanz bedeutet höchstwahrscheinlich nicht, dass Männerhirne besser verschaltet sind.

#### **KLEINER ALS EIN GOLFBALL**

Was bleibt, ist der Volumenunterschied von rund 100 Kubikzentimetern. Und diese Diskrepanz, die etwa zwei Golfbällen entspricht, können wir nun mal nicht wegdiskutieren. Sie lässt sich aber etwas relativieren. Schließlich fällt nicht nur das Gehirnvolumen, sondern die gesamte Statur bei Männern und Frauen recht verschieden aus. Vor diesem Hintergrund führte der Neuropsychologe Michael Peters von der University of Guelph in Ontario, Kanada, mit seinem Team eine sorgfältige MRT-Untersuchung durch. Beim Ermitteln des relativen Gehirnvolumens seiner Probanden

berücksichtigte er auch deren individuelle Körperabmessungen. Immerhin: Durch diesen Faktor reduzierten sich die geschlechtsspezifischen Größenunterschiede um zwei Drittel.

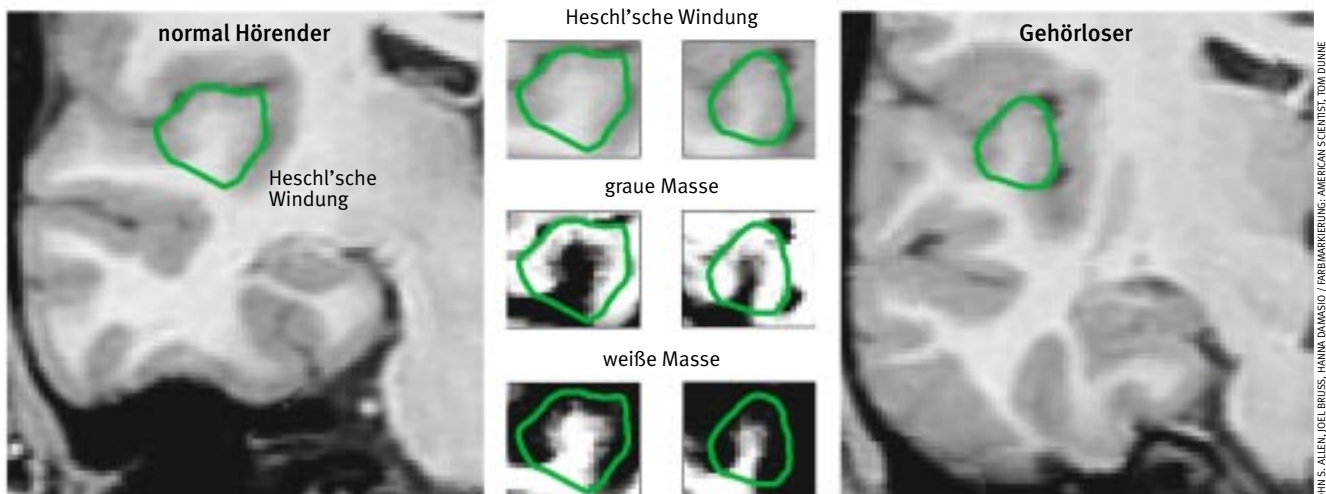
Unsere eigenen Daten sprechen im Übrigen dafür, dass sich der Größenunterschied zwischen männlichem und weiblichem Gehirn nicht auf die Leistungsfähigkeit auswirkt. Nicht zuletzt deswegen, weil wir bislang keine Region identifizieren konnten, die als typisch männlich oder ganz klar weiblich ins Auge springen und außerdem auch die Massendifferenz erklären würde. Andererseits: Sollten die Denkkorgane von Männern und Frauen dennoch prinzipiell unterschiedlich ticken, würde sich dies wohl auf eher unauffällige Art und Weise äußern: etwa in den kleineren, untergeordneten Strukturen des Gehirns oder durch spezielle geschlechtsspezifische Vernetzungen.

In Zukunft sollten Forscher also vermehrt die kleineren anatomischen Abweichungen untersuchen, die beim ersten Betrachten meist gar nicht ins Auge fallen. Und genau diese kleinen Unterschiede sind es wohl, die Aufschluss darüber geben, wie Umwelteinflüsse – etwa Sineseeindrücke – das Gehirn in seiner Entwicklung beeinflussen. Das deuten auch unsere weiteren Experimente an.

So haben wir uns die Frage gestellt, wie beispielsweise ein Gehirn aussieht, dessen Besitzer noch nie einen Ton vernommen hat. Sind seine Hörzentren normal angelegt oder sind sie weniger gut ▷

#### **SCHAU GENAU**

**Akribisches Vermessen zeigt, dass die Heschl'sche Windung bei Gehörlosen kleiner ausfällt als bei Hörenden. Es mangelt vor allem an weißer Substanz.**



**WER SICH MIT DEM MENSCHLICHEN DENKORGAN BESCHÄFTIGT**, wird früher oder später immer auf dieselbe Frage stoßen: Wodurch wird seine Entwicklung mehr geprägt – Erbanlagen oder Umwelteinflüsse? Eine verbreitete Methode, um genetische Einflüsse zu studieren, sind Zwillingsstudien. Denn während zweieiige Zwillinge sich in ihrer Erbsubstanz nicht mehr ähneln als andere Geschwisterkinder, sind die Gene eineiiger Zwillinge praktisch identisch. Die Ergebnisse solcher Vergleichsstudien lassen darauf schließen, dass das Innenvolumen des Schädels größtenteils vererbt wird. William Baaré von der psychiatrischen Abteilung der Universität Utrecht in den Niederlanden berichtete, der Umfang des Gehirns sei zu 90 Prozent auf die Gene zurückzuführen.

Großes Aufsehen erregte im Herbst 2001 eine Studie des Neurologen Paul Thompson von der University of California in Los Angeles. Er hatte gemeinsam mit seinem Team die Gehirne bei je 20 eineiigen und 20 zweieiigen Zwillingspaaren gleichen Geschlechts miteinander verglichen. Mit Hilfe eines speziell entwickelten Computerprogramms kitzelte er aus seinen Daten diejenigen Regionen heraus, die bei den eineiigen Probanden immer identisch waren, bei den zweieiigen jedoch variierten. So entdeckte er beispielsweise, dass die Menge an grauer Substanz im Stirnhirn – also in

der Region, in der ein großer Teil unserer kognitiver Fähigkeiten beheimatet ist – weitgehend genetisch festgelegt ist.

Umgekehrt werden einige auffällige und ausgeprägte Strukturen unseres Denkorgans eher von Umweltfaktoren als von Genen geprägt. William Baaré stellte dies etwa für die seitlichen Hirnkammern fest, mit Flüssigkeit gefüllte Hohlräume des Gehirns.

**AUCH DIE PSYCHIATERIN ALCYIA BARTLEY** vom National Institute of Mental Health in Bethesda, Maryland, entdeckte Hinweise darauf, dass Umweltfaktoren die Gehirnanatomie stark beeinflussen. Ihren Forschungen zufolge ähneln sich zwar die Windungen der Gehirnoberfläche bei eineiigen Zwillingen stärker als bei zweieiigen. Dennoch unterscheiden sich diese Muster auch bei eineiigen Zwillingen deutlich voneinander – vor allem dann, wenn man die kleineren, weniger auffälligen Gehirnfalten betrachtet. Die Furchen des Gehirns sind also individuell verschieden – etwa so, wie wir es auch vom persönlichen Fingerabdruck her kennen. Gleichzeitig liefern Bartleys Beobachtungen einen Hinweis darauf, dass die Ausmaße der größeren Hirnabschnitte einer stärkeren genetischen Kontrolle unterliegen als die kleinen, die vermutlich eher von Umweltfaktoren geprägt sind.

▷ entwickelt? Um der Sache auf den Grund zu gehen, begannen wir erneut – diesmal gemeinsam mit Karen Emmorey vom Salt Institute in Kalifornien –, Gehirne per MRT zu untersuchen. Unsere Probanden waren eine Gruppe von 25 hörfähigen und 25 taub geborenen Personen. Dabei achteten wir darauf, dass alle Probanden gleichen Alters und Geschlechts waren, um Schwankungen auf Grund von anderen Faktoren zu vermeiden.

### SCHALL FÜR MEHR WEISSE MASSE

Im Zentrum unseres Interesses stand der Heschl'sche Gyrus. Es handelt sich dabei um eine kleine Windung, die in der Sylvischen Furche verborgen liegt: der Grenze zwischen Stirn- und Schläfenlappen. Diese Windung markiert die ungefähre Lage des primären Hörzentrums – also die Stelle, an der die von den Ohren eintreffende Schallinformation zuerst verarbeitet wird. Aber auch nachgeschaltete Areale wollten wir nicht außer Acht lassen. Sie könnten schließlich ebenfalls vom mangelnden Höreindruck beeinflusst sein. Wir untersuchten daher zusätzlich das Planum temporale, eine Region, die dem Heschl'schen Gyrus benachbart und ihrer Funktion nach untergeordnet ist.

In diesem Bereich, dem übrigens eine Rolle in der Sprachentwicklung des Menschen zugeschrieben wird, konnten wir zunächst keine Unterschiede zwischen Gehörlosen und Hörenden feststellen. Geräuschwahrnehmung scheint die Ausbildung des Planum temporale also kaum zu beeinflussen.

Ganz anders sah es jedoch in der Heschl'schen Windung aus: Zwar besaßen alle Probanden in dieser Region vergleichbare Mengen von grauer Substanz. Doch das Volumen an weißer Masse war bei den Gehörlosen deutlich geringer. Das von Geburt an bestehende Fehlen von Schallinformationen könnte demnach dazu führen, dass weniger funktionelle Nervenzellen gebildet und mit Myelin ummantelt werden oder dass die Verschaltung mit den übrigen Teilen der Hörrinde schlechter ausgeprägt ist. Möglicherweise werden auch ungenutzte Nervenzellfortsätze abgebaut.

Fazit: Struktur und Funktion des Gehirns hängen also doch voneinander ab. Allerdings sind eher die kleinen Details entscheidend und nicht – wie einst Gall und Spurzheim propagierten – Größenunterschiede, die schon auf den ersten Blick ins Auge fallen. ◀

---

Der Anthropologe **JOHN S. ALLEN** ist Professor an der University of Southern California in Los Angeles. **JOEL BRUSS** forscht im Laboratory of Computational Neuroimaging der University of Iowa in Iowa City. **HANNA DAMASIO** ist Psychologieprofessorin an der University of Southern California in Los Angeles und Direktorin des Dornsife Cognitive Neuroscience Imaging Center.

---

© American Scientist ([www.americanscientist.org](http://www.americanscientist.org))

#### Literaturtipps

**Allen, J. S., Damasio, H., Grabowski, T. J.:** Normal Neuroanatomical Variation in the Human Brain. In: American Journal of Physical Anthropology 118, 2002, S. 341–358.

**Allen, J. S. et al.:** Sexual Dismorphism and Asymmetries in the Gray-White Composition of the Human Cerebrum. In: Neuroimage 18, 2003, S. 880–894.

**Hampel, H. et al.:** Aktuelle Entwicklungen der strukturellen MRT zur Frühdiagnostik der Alzheimer-Demenz. In: Nervenheilkunde 24, 2005, S. 113–119.