

**Unverkäufliche Leseprobe**



**Michael Madeja**  
**Das kleine Buch vom Gehirn**  
Reiseführer in ein unbekanntes Land

224 Seiten, Gebunden  
ISBN: 978-3-406-60097-5

## Vorwort

Wir leben in den Zeiten der Neurowissenschaft. Nie zuvor hat die Menschheit so viele Mittel für die Erforschung des Gehirns aufgewendet, nie zuvor haben so viele Menschen in der Hirnforschung gearbeitet, und nie zuvor hat das Gehirn so viel Interesse auch bei Menschen ganz anderer Berufe gefunden. Dieser «Neuroboom» hat zu einer Vielzahl von Büchern geführt, die dem nicht Vorgebildeten das Gehirn und seine Erforschung nahebringen sollen. Obwohl diese Bücher zwar häufig Begeisterung, Ehrfurcht und anekdotisches Wissen vermitteln, führen sie nicht zu einem wirklich grundlegenden Verständnis des Gehirns und sind für Leser ohne wissenschaftliche Schulung oder Erfahrung immer noch schwer zu lesen.

Dieses Buch versucht, einen anderen Weg zu gehen. Es ist für Menschen geschrieben, denen nicht nur Wissen, sondern auch Aha-Erlebnisse und Verstehen wichtig sind, die einen Überblick über den aktuellen Stand der Hirnforschung haben wollen und denen populärwissenschaftliche Sachbücher zu ungewohnt sind. Das Buch hat das Ziel, einfach, kurz und nah an den Alltagserfahrungen die Grundlagen des Aufbaus und der Funktion des Gehirns darzulegen. Dieses Buch hat daher einige Besonderheiten.

- **Das Buch verwendet keine Fachbegriffe.** Alle Wörter sind im normalen Duden zu finden, bis auf einige wenige sogar im Schülerduden. Damit soll die «Geheimsprache» der Wissenschaft aufgebrochen und der

das Lesen von Sachbüchern oft beeinträchtigende Zwang vermieden werden, sich die Bedeutung von Fachausdrücken merken zu müssen.

- **Das Buch benutzt Analogien.** In diesem Buch werden zahlreiche – mitunter auch augenzwinkernde – Vergleiche gezogen. Damit soll die sehr fremde und nicht erfahrbare Welt des Gehirns in Beziehung treten zur alltäglichen Erfahrungswelt – etwa wenn die komplexen elektrischen Mechanismen der Nervenzelle anhand des Treibens in einem Bierzelt erläutert werden.
- **Das Buch ist kurz.** Da heute kaum jemand mehr das Interesse oder auch nur die Möglichkeit hat, sich intensiv und zeitaufwändig mit einem für ihn fremden Thema auseinanderzusetzen, ist der eigentliche Textteil sehr knapp gehalten und kann gut an einem Wochenende gelesen werden.
- **Das Buch verwendet keine Schemata.** Wissenschaftliche Abbildungen und Schemata erfordern einen Umgang mit dieser Art der Informationsdarstellung, die man erst erlernen muss und die daher für viele Menschen nicht hilfreich ist. Deshalb gibt es in diesem Buch nur vier erläuternde Abbildungen, die die Lage von Teilen des Gehirns und Nervensystems nachvollziehbar machen sollen.
- **Das Buch ist auch ein Nachschlagewerk.** Das Buch hat ein Glossar, das die (im Text nicht verwendeten) Fachbegriffe der Hirnforschung einfach definiert, sodass man auch später – zum Beispiel beim Lesen eines Zeitungsartikels – unverständliche Begriffe nachschlagen kann. Diese Fachbegriffe des Glossars sind über Fußnoten dem Text des Buches zugeordnet, sodass der Leser dieses Buches erfahren kann (wenn er will), wie man den Sachverhalt in der wissenschaftlichen Terminologie bezeichnet.

Beim Inhalt des Buches wurde versucht, die Auswahl so zu treffen, dass alles Wesentliche zum Gehirn darin enthalten ist und der dargestellte Zusammenhang ein Gesamtverständnis bewirkt. Das Verständnis der Arbeitsweise des Gehirns wurde dabei über punktuell Wissen, Vollständigkeit und Detailinformation gestellt. So ist in diesem Buch das beschrieben, was wir über das Gehirn wissen, und nicht das, was wir nur bruchstückhaft verstehen, gerne wissen würden oder von der Hirnforschung beantwortet haben möchten. Deshalb nehmen auch Bereiche wie Bewusstsein und Denken nicht so viel Platz ein, wie wir es uns alle eigentlich wünschen würden.

Das Buch ist in eine Einführung und sieben weitere Kapitel aufgeteilt.

- **Einführung.** In diesem Kapitel wird all das beschrieben, was man unbedingt über das Gehirn wissen muss und was man als Grundlage braucht, um die anderen Kapitel zu verstehen.
- **Die Bausteine.** Hier werden die wichtigsten Bausteine des Gehirns, die Nervenzellen und die Gliazellen, vorgestellt, und es wird erläutert, wie sie funktionieren und welche Aufgaben sie haben.
- **Der Input.** Dieses Kapitel beschäftigt sich mit all dem, was an Information in unser Gehirn hineinkommt und wie das Gehirn damit umgeht. Das sind vor allem die Informationen aus unserer Umwelt und aus unserem Körper, die wir über unsere Sinne Fühlen, Sehen, Hören, Riechen und Schmecken erhalten.
- **Der Output.** Hier wird dargestellt, was aus dem Gehirn herauskommt und wie das Gehirn das macht. Welche Informationen oder auch Befehle erzeugt unser Gehirn,

damit unsere Organe gesteuert werden und wir uns bewegen oder sprechen können?

- **Die Veränderungen.** Dieses Kapitel widmet sich dem permanenten Umbau des Gehirns, der bereits vor der Geburt beginnt und bis zum Ende unseres Lebens andauert. Dazu zählen die Entwicklung des Gehirns vom Ungeborenen bis zum Erwachsenen und dann auch die Umbauprozesse, die Grundlage von Lernen und Gedächtnis sind.
- **Die Höchstleistungen.** In diesem Kapitel werden die höchstentwickelten und komplexesten Leistungen des menschlichen Gehirns behandelt, zu denen Bewusstsein, Denken, Sprache, Schlaf und Emotionen gehören.
- **Die Hirnerkrankungen.** Hier wird dargestellt, was wir über die für uns wichtigsten Hirnerkrankungen Alzheimer, Epilepsie, Schlaganfall, Parkinson und Multiple Sklerose wissen und welche Funktionsstörungen diesen Erkrankungen zugrunde liegen.
- **Die Methoden.** Im letzten Kapitel werden die Untersuchungsmethoden erläutert, die in der Hirnforschung, aber auch bei der Diagnose von Hirnerkrankungen eingesetzt werden und mit denen wir die wichtigsten Informationen über das Gehirn gewonnen haben.

Wie sollte man das Buch lesen? Man kann es kapitelweise lesen oder auch am Stück, etwa an einem Wochenende, und sich dabei immer mal eine Wiederholung gönnen. Wer weniger Zeit hat, sollte die Einführung lesen und dann das Kapitel, das ihn besonders interessiert. Wer mehr Zeit und Lust hat, kann nach dem Lesen eines Kapitels anhand der Fußnoten nachschauen, wie die wissenschaftlichen Fachbegriffe lauten. Und dann kann man das Buch noch in Griffweite liegen lassen, um beim Lesen des Wissenschafts-

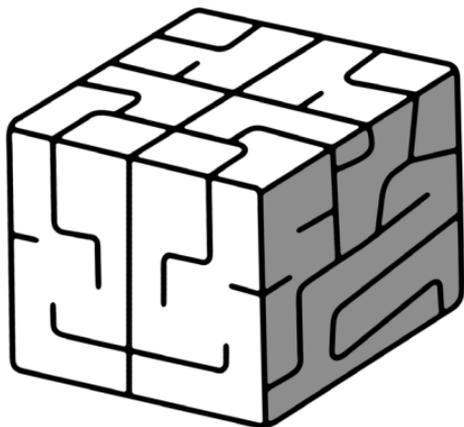
teils der Tageszeitung oder bei Fernsehnachrichten zu neuesten Entdeckungen der Hirnforschung die dort verwendeten und einem vielleicht nicht gebräuchlichen Fachbegriffe im Glossar nachzuschlagen.

Ich wünsche Ihnen viel Nutzen, aber auch viel Vergnügen auf dem Leseweg zum Verstehen des komplexesten, kompliziertesten und faszinierendsten Forschungsgegenstands der Menschheit.

Originaldokument

© Verlag C.H. Beck  
Frankfurt am Main, Februar 2010  
Michael Madeja

**E**inführung  
Was man unbedingt wissen muss



Originaldokument  
ck

**D**as menschliche Gehirn ist etwas mehr als ein Kilogramm schwer und füllt den oberen Teil des Kopfes aus. Die Unterseite des Gehirns liegt im vorderen Kopfteil in Höhe der Augenbrauen, reicht weiter hinten bis zur Mitte der Ohren und setzt sich in einer stielartigen Form nach unten in den Hohlraum der Wirbelsäule fort. Dieser Abschnitt des Nervensystems wird als Rückenmark bezeichnet, er reicht von den Ohren bis auf die Höhe der untersten Rippe. Die Begrenzung auf den oberen Bereich des Körpers ist auch der Grund, warum Brüche des oberen Teils der Wirbelsäule zu einer Querschnittslähmung führen können, während dies bei Brüchen der Wirbelsäule unterhalb der Rippen nur sehr selten der Fall ist.

Aus diesem komplexesten Teil des Nervensystems<sup>184</sup> gehen von der Unterseite des Gehirns und in regelmäßigen Abständen aus dem Rückenmark die Nerven hervor, die fadenartig erscheinen und die, je weiter sie vom Rückenmark oder Gehirn entfernt sind, immer verzweigter und dünner werden. So ist der dickste Nerv, der bei Bandscheibenproblemen oft betroffene Ischiasnerv, in der Nähe der Wirbelsäule daumendick, während die dünnsten Nerven weitaus dünner als ein Haar sind.

! *Das Gehirn wird von drei großen Gehirnteilen gebildet.*

Von außen fallen drei Teile des Gehirns auf:

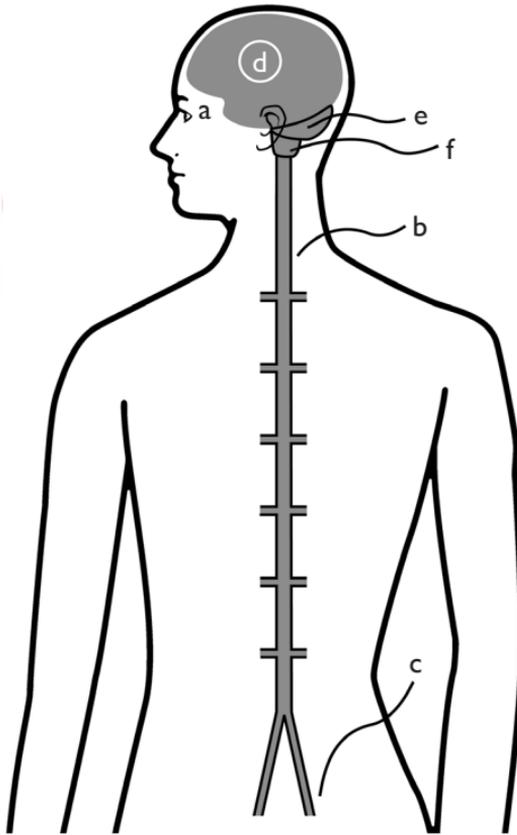
Erstens ein durch unregelmäßige Furchungen charakterisierter Bereich, der den ganzen oberen Teil des Gehirns bildet und aufgrund seiner Größe als Großhirn bezeichnet wird. Im Großhirn laufen die meisten und vor allem die höchsten geistigen Leistungen des Menschen ab.

Vom Großhirn abgesetzt, an seiner Unterseite und etwa im Bereich hinter den Ohren, liegt ein stärker regelmäßig und feiner gefurchter Teil des Gehirns, der beim Menschen kleiner als das Großhirn ist und demgemäß als Kleinhirn<sup>31</sup> bezeichnet wird. Dieser Bereich hat vor allem Aufgaben bei der Steuerung der Muskeln. Bei Vögeln, die beim Fliegen sehr viel komplexere Bewegungen ausführen müssen als wir Menschen, die wir uns beim Gehen nur auf einer Ebene bewegen, ist das Kleinhirn daher im Verhältnis zum Großhirn auch viel größer.

Als dritter und letzter Teil ist dann noch der ebenfalls an der Unterseite des Gehirns liegende, baumstammartige Bereich des Gehirns zu nennen, der in das Rückenmark übergeht und Hirnstamm heißt. Dieser Teil ist Leitungsbahn oder Umschaltstation zwischen Gehirn und Rückenmark und enthält daneben noch Bereiche, die lebenswichtige Funktionen wie Schlafen und Atmen steuern. Da sie leicht zum Tod führen können, sind Verletzungen im Hirnstamm von Ärzten besonders gefürchtet.

! *Das Gehirn hat zwei Hälften.*

Wenn man das Gehirn von vorne und oben betrachtet, sieht man vor allem die Masse des Großhirns, die in der Mitte von einer großen Furche, etwa von der Höhe der Nasenwurzel nach hinten laufend, in zwei gleich große Abschnitte geteilt wird. Die beiden Abschnitte erinnern grob an zwei Halbkugeln und werden dementsprechend auch als Hemisphären des Großhirns bezeichnet. Diese Teilung spiegelt den symmetrischen Aufbau unseres Körpers wider, also dass wir zwei Arme, zwei Beine, zwei Augen haben. Jede Hemisphäre ist dabei grundsätzlich für eine Körperseite zuständig, jedoch in gekreuzter Weise, sodass die linke Hirnhälfte den rechten Arm steuert und



*a Gehirn*

*b Rückenmark*

*c Nerven*

*d Großhirn*

*e Kleinhirn*

*f Hirnstamm*

die rechte den linken Arm. Deshalb zeigen zum Beispiel Lähmungen der rechten Körperseite dem Arzt an, dass die Hirnschädigung in der linken Großhirnhemisphäre liegt.

Neben dieser grundsätzlichen symmetrischen Zuständigkeit gibt es aber auch Funktionen, die ganz oder weitestgehend nur von einer Großhirnhälfte übernommen werden,<sup>87</sup> zum Beispiel die Sprache, die in der Regel im linken Teil des Großhirns lokalisiert ist. Und es gibt Funktionen, die das Zusammenwirken beider Hirnhälften erfordern, beispielsweise das Abschätzen von Entfernungen oder das räumliche Sehen, das über die Verrechnung der Bildinformationen beider Augen erfolgt. Für diese Aufgaben sind die beiden Hirnhälften miteinander verbunden.<sup>25</sup>

! *Das Gehirn hat graue und weiße Anteile.*

Um eine Innenansicht des Gehirns zu bekommen, kann man sich vorstellen, das Großhirn an einer Stelle ganz durchzuschneiden, etwa wie man beim Essen einen Blumenkohl auf dem Teller halbiert. Wenn man dann auf die Schnittfläche sieht, fällt zunächst auf, dass das Gehirn bis auf wenige Hohlräume massiv ist. Diese Hohlräume<sup>71</sup> sind mit einer besonderen Flüssigkeit<sup>32, 90</sup> gefüllt, die auch den Raum zwischen der Oberfläche des Gehirns und der Schädellinnenseite ausfüllt.

Bei den massiven Teilen des Gehirns ist die außen liegende, wenige Millimeter dicke Schicht grau, was ihr den Namen «graue Substanz» eingetragen hat. Da die graue Substanz wie die Rinde eines Baumes das Gehirn umhüllt, wird diese Schicht als Hirnrinde<sup>35</sup> bezeichnet. Die Hirnrinde ist der eigentliche Ort der Informationsverarbeitung und der höchsten menschlichen Leistungen; sie ist beim

Menschen größer als bei fast allen Tieren. Erreicht wird dies durch die Faltung der Hirnrinde, die von außen als Furchung des Großhirns erscheint, so wie man ein großes Stück Stoff nur in eine kleine Schachtel bekommt, indem man den Stoff faltet oder zusammenknüllt. Wäre die Hirnrinde ungefaltet, müsste unser Kopf so groß wie der eines Elefanten sein. Er wäre dann nicht nur ziemlich schwer, sondern die Informationswege innerhalb des Gehirns würden auch zu lang.

Unter der Hirnrinde liegt eine sehr viel hellere Gehirnmasse, die als weiße Substanz bezeichnet wird. Ihre Farbe kommt vor allem durch den hohen Fettanteil zustande, so wie auch Butter und Bratfett nahezu weiß sind. Die weiße Substanz hat Leitungs- und Verbindungsfunktion innerhalb des Gehirns. In der weißen Substanz im Innern des Gehirns liegen inselartig eingebettet andere Teile grauer Substanz,<sup>26, 54</sup> deren Aufgabe in spezialisierten, nicht bewusst wahrgenommenen Funktionen liegt.

! *Die Nervenzellen sind die Bausteine des Gehirns.*

Wenn man ein Stückchen des Gehirns, vielleicht einen fingernagelgroßen Teil, auf die Ausmaße eines Einfamilienhauses vergrößern würde, könnte man erkennen, dass das Gehirn aus kleinen Bausteinen besteht, den Nervenzellen.<sup>110</sup> Grundsätzlich handelt es sich um winzige, flüssigkeitsgefüllte Säckchen mit Ausstülpungen. Die Größe des Körpers<sup>155</sup> einer Nervenzelle beträgt etwa ein hundertstel Millimeter; in unserem gedanklichen Vergrößerungsbeispiel wäre jede Nervenzelle in etwa so groß wie ein Würfelzuckerstück – verglichen mit einem Haus also sehr klein.

Nervenzellen sind also offensichtlich winzig, und es muss eine ganze Menge davon in unserem Gehirn geben.

Bisher gibt es zur Zahl der Nervenzellen im Gehirn nur Schätzungen, die sich zwischen zehn und hundert Milliarden bewegen. Auch diese Zahl ist zu groß, um sie sich vorstellen zu können. Für unsere Belange reicht der sogar noch untertreibende Vergleich, dass es in jedem Gehirn so viele Nervenzellen gibt wie Menschen auf der gesamten Erde, also ein paar hunderttausend gefüllte Fußballstadien, ausverkaufte Rockkonzerte oder Städte.

! *Das Aussehen der Nervenzellen ist durch ihre Fortsätze bestimmt.*

Neben ihrer Winzigkeit und ungeheuer großen Anzahl verfügen die Nervenzellen noch über andere charakteristische Merkmale: So haben sie besondere Formen, die je nach Hirnteil sehr unterschiedlich sind und die sich vor allem durch sehr dünne und lange Ausstülpungen auszeichnen, durch die Fortsätze der Nervenzellen.<sup>23, 37</sup> Diese sind ebenfalls mit Flüssigkeit gefüllt und lassen sich daher eher als winzige Schläuche betrachten. Nervenzellfortsätze können beim Menschen bis zu zwei Meter lang sein und haben eine Dicke von wenigen bis zu einem tausendstel Millimeter. Würde man einen Nervenzellfortsatz auf die Höhe eines Hochhauses vergrößern, wäre er immer noch weit dünner als ein Haar.

Zudem sind die Nervenzellfortsätze in der Regel sehr stark verzweigt, sodass Nervenzellen primär aus Fortsätzen zu bestehen scheinen und manchmal Verzweigungen wie beim Astwerk eines Baumes bilden. Stellen wir uns einen Augenblick vor, eine Nervenzelle des Kleinhirns hätte die Ausmaße unseres Körpers; dann hätte sie etwa fünfzig Arme mit einer Länge von hundert Metern, wobei an jedem Arm durchschnittlich fünfzig Hände säßen.

[...]