

Manfred Spitzer  
Wulf Bertram  
Braintertainment



Suhrkamp medizinHuman

suhrkamp taschenbuch 4018

Wie entsteht Mitgefühl? Was passiert in unserem Gehirn, wenn wir etwas lustig finden? Und wo genau ist eigentlich das Bewußtsein zu Hause – oder auch das Besoffensein? Eines steht fest: Hirnforschung ist viel zu spannend, um sie den Neurobiologen zu überlassen! Deshalb führen die handverlesenen Experten in diesem Buch nicht nur ein in die wunderbare Welt unter unserer Schädeldecke, sondern verwandeln Wissenswertes in anregende Unterhaltung. Nach Manfred Spitzers Erfolgsbüchern *Nervensachen* und *Nervenkitzel* der nächste Band mit Geschichten vom Hirn.

# **Braintertainment**

Expeditionen in die Welt von

Geist & Gehirn

Herausgegeben von

Manfred Spitzer

und Wulf Bertram

Suhrkamp

---

medizinHuman  
herausgegeben von Dr. Bernd Hontschik  
Band 6

Erstmals erschienen im Verlag Schattauer, Stuttgart 2007

suhrkamp taschenbuch 4018

Erste Auflage 2008

© Suhrkamp Verlag Frankfurt am Main 2008

Suhrkamp Taschenbuch Verlag

Alle Rechte vorbehalten, insbesondere das  
der Übersetzung, des öffentlichen Vortrags sowie der Übertragung  
durch Rundfunk und Fernsehen, auch einzelner Teile.

Kein Teil des Werkes darf in irgendeiner Form  
(durch Fotografie, Mikrofilm oder andere Verfahren)  
ohne schriftliche Genehmigung des Verlages reproduziert  
oder unter Verwendung elektronischer Systeme  
verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

Satz: Memminger MedienCentrum AG

Druck: CPI Ebner & Spiegel, Ulm

Printed in Germany

Umschlag: Göllner, Michels, Zegarzewski

ISBN 978-3-518-46018-4

1 2 3 4 5 6 - 13 12 11 10 09 08

---

## Inhalt

- Manfred Spitzer, Wulf Bertram **Vorwort** 7
- 1** Wulf Bertram **Wo geht es hier zum Hippocampus?**  
Ein Rundgang durch die Hirnlandschaft 13
- 2** Valentin Braitenberg **Über den Inhalt des Kopfes**  
Sinn und Zweck des Gehirns 29
- 3** Axel Karenberg **Ein Schädel voller Wörter**  
Kleine Neuroterminologie für Hirnforscher und andere Menschen 37
- 4** Kai Sammet **Ein Organ interpretiert sich selbst**  
Eine wirklich sehr kurze Geschichte der Hirnforschung 68
- 5** Barbara Wild **Humor ernst genommen**  
Lächeln, Erheiterung und das Gehirn 95
- 6** Katja Gaschler **Spieglein, Spieglein im Gehirn**  
Woher ich weiß, wie du dich fühlst 108
- 7** Manfred Spitzer **Kann, darf, soll oder muss man Glück wissenschaftlich untersuchen?** 121
- 8** Josef Aldenhoff **Glückspille oder chemische Keule**  
Wie behandeln wir die Seele? 158
- 9** Gerhard Roth **Das Gehirn auf der Couch**  
Neurobiologie und Psychoanalyse 174
- 10** Rolf H. Adler **Spurensicherung**  
Sherlock Holmes, Sigmund Freud, Charles S. Peirce, die moderne Neurobiologie und die »Diagnose« 196

- 
- 11** Jakob von Engelhardt, Dragos Joan Inta und Hannah Monyer **Im Dschungel der Düfte**  
Geruchssinn und Gehirn 206
- 12** Robert Gernhardt und F.-K. Waechter **Du und dein Auge**  
Vorsicht vor Augenzeugen! 223
- 13** Michael Freund **There's someone in my head ...**  
Hirn und Grips in der Popkultur 228
- Manfred Spitzer **Prolog zu Kapitel 14**  
Varianz als Problem, knappes Gut und sozialverträgliche Absicherung nichtempirischer Forscher 246
- 14** Brendan Maher **Der CHARIVARI-Effekt**  
Über die Erhaltung der finiten Varianz und die Replikation von Experimenten 248
- 15** Manfred Spitzer **Hirndruck**  
Drucken, bis der Arzt kommt 255
- 16** Wulf Bertram **Transkranielle Mandelkern-Massage**  
Wie ich eine neue Körperpsychotherapie erfand 260
- 17** Eckart von Hirschhausen **Ein Epilog** 272
- Autorenverzeichnis** 295

## Vorwort

Die Idee zu diesem Buch entstand nach einer vergnüglichen Musiksession bei guter Laune und Rotwein, nicht etwa beim Schnaps. Rotwein-Ideen haben in der Regel eine günstigere Prognose als solche, die beim Schnaps gelegentlich sprießen und daher nach ihm benannt werden. Und so ist es nun fertig geworden.

Unser Vorhaben stützte sich dabei auf zwei Prämissen, von denen die erste apodiktisch, aber plausibel, die andere durch zahlreiche Befunde aus dem Wissenschaftszweig belegt ist, mit dem sich dieses Buch auf seine Art befassen soll:

1. Hirnforschung ist viel zu spannend, um sie den Neurobiologen zu überlassen.
2. Ein vergnügtes Hirn lernt besser als ein angestrenktes.

Ad 1: Diese Auffassung wird schon dadurch gestützt, dass Sie, verehrte Leserin, geschätzter Leser, dieses Buch jetzt vor sich haben. Denn mit einer Wahrscheinlichkeit von mindestens 80% sind Sie kein Neurobiologe. Davon gibt es dann letztlich doch nicht so viele, und die lesen in der Regel auch andere Bücher. Sie aber haben sich dafür entschieden, Ihr wichtigstes Organ besser kennen zu lernen oder Ihren diesbezüglichen Kenntnissen ein Update zu gönnen. Und damit befinden Sie sich in bester Gesellschaft. Hirn ist in oder – pardon! – Geist ist geil: keine gehobene Wochenzeitung ohne populärwissenschaftliche Features, die mit den hübschen bunten Walnussbildchen garniert sind, kaum ein Wissenschaftsmagazin im Fernsehen ohne einen Beitrag mit atemberaubenden Neuroanimationen. Es gibt eine komplette Monatszeitschrift über Gehirn und Geist, und die Vorträge populärer Neurowissenschaftler füllen derzeit nicht nur Hörsäle, sondern ganze Mehrzweckhallen.

Warum das auf einmal? Die Erkenntnisse, die unsere Hirne in den letzten Jahren über sich selbst gewonnen haben, sind in der Tat beeindruckend. Wir können mit bildgebenden Verfahren dem Zentralnervensystem zumindest ansatzweise bei der Arbeit zuschauen. Dogmen der Art, dass im Gehirn von der Pubertät an immer nur alles den Bach runter und fortwährend was kaputt



geht, weil im Oberstübchen im Gegensatz zu anderen Organen angeblich keine neuen Zellen gebildet werden, ließen sich spektakulär widerlegen. Allein das macht uns das Gehirn irgendwie sympathischer und weniger beunruhigend: Wir müssen nicht mehr tatenlos seinem scheinbar unaufhaltsamen Schwund zusehen (und sorgenvoll daran denken, dass wir diesen Verfall selbst bei mäßigem Genuss des oben erwähnten Rotweins auch noch unnötig beschleunigen), sondern wir können uns darüber freuen, dass wir es sogar ein wenig in der Hand haben, neue Pflänzchen im zerebralen Garten zu ziehen. Wir müssen unseren Geist nur genügend oft durch dieselben Bahnen fließen lassen. Das Zauberwort dafür lautet »neuronale Plastizität«: Change your mind and you change your brain! Und das kann uns auf den Gedanken bringen, mehr aus unseren Hirnen und vor allem auch aus denen unserer Kinder zu machen. Zurzeit gehen viele Zeitgenossen mit ihrem Neurokapital um wie jemand, dem es beliebt, seinen Porsche maximal bis auf die in geschlossenen Ortschaften zulässige Höchstgeschwindigkeit zu beschleunigen.

Neurobiologie ist also nicht nur spannend, weil sie unsere Neugier weckt, sondern auch, weil sie uns Möglichkeiten zeigt, Geist und Psyche besser zu verstehen und beide mehr in unsere eigenen Hände zu nehmen. Wir alle stammen ja von Urahnen ab, für die neben sozialen Fähigkeiten auch ihr Hang zur Autonomie eine wichtige Triebfeder war: Das machte sie unabhängiger von den Schicksalsschlägen in Natur und Gesellschaft und somit fitter fürs Überleben und zur Produktion hereditär entsprechend ausgestatteten Nachwuchses, dem letztlich auch Sie, liebe Leserin, lieber Leser, entstammen. Sonst hätten Sie kaum in den (wie wir hoffen!) Genuss kommen können, dieses Buch zu lesen – oder auch irgendein anderes.

Ad 2: Kann man überhaupt eine Brücke schlagen zwischen der Gehirnforschung einerseits und der Art, wie man die Dinge optimal lernt, andererseits? – Allen Unkenrufen von zwei bis drei Pädagogen zum Trotz, die bis heute nichts begriffen haben und wohl auch nie etwas begreifen werden (weil sie weder vom Gehirn noch von Kindern etwas verstehen), heißt die Antwort: Na klar! Wenn es so ist, dass das Gehirn immer lernt (und nicht nur dann, wenn es instruiert wird), dann macht es einen großen Un-

terschied, ob man Spaß beim Umgang mit irgendetwas hat oder ob man sich langweilt. Langeweile ist für das Gehirn so etwas wie Diskussionen über technische Details für Sex, mit der gleichen Folge: Die Aktivität lässt nach. Auch die klarsten Instruktionen können kontraproduktiv sein: Der Hinweis »Liebling, dein IQ, deine Maße und dein sozioökonomischer Status liegen alle drei über meinen Mindestansprüchen – lass es uns miteinander versuchen« ist zu 100 % transparent und ebenso wahrscheinlich zu 100 % nicht erfolgreich. »Ich liebe dich« ist demgegenüber nichts weiter als die rein subjektive Äußerung eines Gefühlszustands, den sogar die Gehirnforschung bis heute nur begrenzt im Griff hat. Aber es hat schon oft funktioniert. Wie kommt das? Warum ist ein Rilke-Gedicht um Klassen besser als beispielsweise eine Diskussion der Effekte von Oxytozin und Dopamin (vgl. Tab. 1), um die Liebe in ihren Nuancen zu charakterisieren?

Manchem Leser mögen diese Ausführungen extrem erscheinen. Ist er jedoch psychiatrisch vorgebildet, so sei ihm oder ihr versichert, dass berühmte Psychopathologen in weitaus unbescheidenerer Weise mit der Konzeptualisierung der Realität verfahren sind: Man denke nur an Tellenbachs Endon (Tellenbach 1983<sup>1</sup>), einer dritten Seinswirklichkeit zwischen dem Körperlich-Leiblichen und dem Geistig-Seelischen. Tellenbach hätte also noch eine dritte Spalte in die Tabelle eingefügt – das ist wahrhaft radikal!

So weit wollen wir hier ja gar nicht gehen. Wir bleiben in diesem Buch ganz einfach beim Gehirn und dem, was es tut (lernen) und wonach es strebt (Spaß haben). Beides – und das ist tatsächlich eine der schönsten Einsichten aus den letzten fünf Jahren Gehirnforschung – gehört ganz eng zusammen. Das Dopaminsystem ist nur krankheitshalber für Sucht und nur ausnahmsweise für Lust zuständig. Seine eigentliche Funktion ist, zwischen dem, was für uns gut ist, und dem, was langweilig ist, zu unterscheiden, was es besonders gut kann, da es nichts anderes kodiert als den Belohnungsvorhersagefehler eines Ereignisses. Mit anderen Worten: Es springt an, wenn uns etwas widerfährt, das besser ist als erwartet. Dann werden die Neuronen des Mittelhirn-Areals A10 aktiv und aktivieren ihrerseits Neuronen des Nucleus accumbens,

1 Tellenbach H (1983). *Melancholie*. Berlin: Springer.

**Tab. 1** Zur Neurobiologie von Rilke-Gedichten. Anhand dreier in Auschnitten wiedergegebener Gedichte<sup>1</sup> werden zum einen deren neurobiologische Korrelate, zum anderen aber auch die Gefahren szientistischer Reduktionen deutlich.

Rilke	Neurobiologie
Oh wie fühl ich still zu dir hinüber oh wie gehen mir von deinem Bild steigende Gefühle flutend über. Ungeheuer ist mein Herz gewillt.	Das bei Bindungsprozessen ausgeschüttete Oxytozin bewirkt eher Passivität. Das bildhafte Vorstellen des Partners kann Dopamin frei- und damit emotionale und motivationale Prozesse in Gang setzen.
Die Nacht holt heimlich durch des Vorhangs Falten Aus deinem Haar vergeßnen Sonnenschein. Schau, ich will nichts, als deine Hände halten Und still und gut und voller Frieden sein.	Dopamin spielt bei der Generierung von Bedeutung eine Rolle, weswegen es bei Dopamin-Überschuss zu Bedeutungsüberschuss kommt. Oxytozin wird durch körperlichen Kontakt ausgeschüttet, was Passivität begünstigt (s. o.).
Doch alles, was uns anrührt, dich und mich, nimmt und zusammen wie ein Bogenstrich, der aus zwei Saiten eine Stimme zieht. (..) O süßes Lied.	Oxytozin-verursachte Bindungsprozesse erzeugen pro-soziale Kognitionen. Zum Bedeutungsüberschuss bei Dopamin-Überschuss, s. oben.

die endogene Opioide ins Frontalhirn ausschütten. Das macht Spaß! Zugleich senden diese Neuronen Dopamin direkt ins Frontalhirn, das dadurch besser funktioniert. Weil seine Funktion darin besteht, dasjenige, was gerade anliegt, online zu halten, wird genau das besser bewerkstelligt. Wenn aber mehr Impulse über mehr Synapsen laufen, werden diese stärker verändert; kurz:

1 Aus: Rilke RM, Hauschild V (2004). Über die Liebe. Frankfurt a. M.: Insel (Kursivdruck im Original).

Es wird besser gelernt. So sind der Spaß an einer Sache und das Lernen dieser Sache unmittelbar verknüpft.

Doch damit sind wir eigentlich schon mitten im Buch und nicht mehr bei einführenden Worten. Aber wie sagte schon Hegel (1830)<sup>1</sup>: Man kann in die Philosophie nicht einführen, denn sobald man anfängt, betreibt man sie ja schon. Was der Philosophie recht ist, kann dem Gehirn als dem ausführenden Organ des Philosophierens nur billig sein. Wir sind also nicht zufällig schon mittendrin!

Oder noch einmal anders: Ein Gehirnforscher, der ein einführendes, aber langweiliges Buch über das Gehirn schreibt, verhält sich etwa so wie der neue Italiener an der Ecke, wenn dieser versuchen würde, seine Gäste mit ballaststoffreichen Ökonudeln an salz- und cholesterinfreier Tofusauce für die Raffinessen der mediterranen Küche zu begeistern. Mit diesem Buch werden somit die Erkenntnisse der modernen Gehirnforschung erstmals wirklich ernst genommen!

Damit nun aber aus einer Idee ein fertiges Buch wird, das man sehen und anfassen kann, bedarf es der Hilfe und des Engagements vieler, bei denen wir uns an dieser Stelle bedanken möchten: Zunächst natürlich bei den Autorinnen und Autoren. Sie haben sich mit spürbarem Vergnügen an diesem Buch beteiligt, das ja ziemlich weit aus der wissenschaftlichen Reihe tanzt. Dabei ist manchmal etwas anderes herausgekommen, als wir erwartet hatten – und das war gut so: Alle haben damit wohl aus ihrem Auftritt etwas gemacht, das nahe am eigenen Geist und zentral im eigenen Hirn lag.

Volker Drüke hat wieder einmal viel mehr getan, als Lektoren üblicherweise leisten. Mit großem Engagement und Fingerspitzengefühl hat er in einem Balanceakt zwischen notwendigen Eingriffen zur Vereinheitlichung der sehr heterogenen Manuskripte einerseits und dem Respekt gegenüber der Individualität der Autorinnen und Autoren andererseits dafür gesorgt, dass es dennoch ein Buch aus einem Guss mit einem einigermaßen logischen inneren Aufbau wurde, hat manch eigene Idee beigesteuert, uns während des herausgeberischen Langstreckenlaufs von Münster aus immer mal wieder angefeuert wie ein Coach seine Sportler,

<sup>1</sup> Hegel GWF (1830). Enzyklopädie der philosophischen Wissenschaften im Grundrisse. Erster Teil: Die Wissenschaft der Logik. Werke, Bd. 8. Frankfurt a.M.: Suhrkamp 1970; S. 53 f.

und er hat allen an diesem Buch Beteiligten behutsam, aber unbeirrt im Nacken gesessen. Dafür danken wir ihm ganz herzlich.

Die verlagsinterne Betreuung des gesamten Buchprojekts lag zunächst in den bewährten Händen von Hildegard Wieland, dann ist sie in den vorgezogenen Ruhestand eingetreten. Wir erklären an dieser Stelle ausdrücklich, dass das eine nichts mit dem anderen zu tun hat. Die Zeit dazu war einfach gekommen, wir danken ihr für ihre umsichtige, freundliche und kompetente organisatorische Begleitung und wünschen ihr für die Zeit nach ihrer mehr als 28-jährigen Verlagstätigkeit alles Gute – und die tägliche Freude darüber, dass sie nie mehr einen Autor mahnen muss.

In die Fußstapfen von Frau Wieland ist Claudia Campisi getreten, auch ihr sei für die sorgfältige Übernahme des Staffelhölzchens und für die gekonnte Übersetzung einiger englischer Zitate herzlich gedankt.

Birgit Heyny hat die technische Produktion kompetent und beharrlich geplant, gesteuert, überwacht und ebenso sorgfältig wie in rasantem Tempo zur Vollendung geführt: vielen Dank dafür.

Der Schattauer-Verleger Dieter Bergemann hat unser im Hinblick auf die Verlagstradition einigermaßen deviantes Projekt nicht nur von Anfang an mit Wohlwollen verfolgt, sondern sich auch höchstpersönlich an der Konzeption von Typografie, Layout und Ausstattung des Buchs beteiligt, was nicht nur eine Ehre, sondern auch ein spürbarer Gewinn ist. Für dieses Engagement möchten wir uns ganz besonders bedanken.

Überschattet wurde die Freude am Entstehen dieses Buchs durch den Tod von Robert Gernhardt. Knapp eine Woche vorher führten wir ein langes Telefonat, und es fiel schwer, es zu beenden, weil spürbar war, dass es wohl das letzte sein würde. Wir haben spontan überlegt, ihm dieses Buch zu widmen, doch das erschien uns angesichts der Bedeutung seines Werks dann eher als Anmaßung. Aber wir denken viel an ihn, in Dankbarkeit und beim Lesen seiner Gedanken und Gedichte mit Bewunderung und Vergnügen. Darüber tritt die Trauer über seinen Verlust manchmal fast in den Hintergrund, aber wir glauben, das hätte er auch gar nicht anders gewollt.

Ulm und Stuttgart, im Herbst 2006

*Manfred Spitzer  
Wulf Bertram*

---

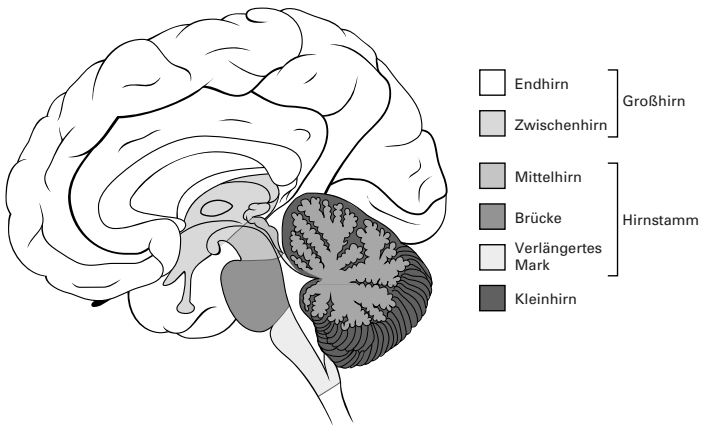
## Wulf Bertram

### 1 Wo geht es hier zum Hippocampus?

Ein Rundgang durch die Hirnlandschaft

»Für das Gehirn musst Du mindestens 30 Stunden Büffeln einplanen«, bedeutete mir seinerzeit ein Kommilitone. Er hatte sein Physikum soeben bestanden und gab mir nun diesen väterlichen Rat für meine Prüfungsvorbereitung. Das war vor vielen Jahren. In der Zwischenzeit ist das Wissen über unser wichtigstes Organ so rasant angewachsen, dass man leicht mehrere Semester damit ausfüllen könnte, ohne behaupten zu können, man wisse jetzt genug. Unser Gehirn erforscht sich ja unablässig selbst, und dieser Prozess erinnert an ein Fraktal, das sich endlos fortsetzt: Jede Erkenntnis wirft eine neue Frage auf, bei deren Beantwortung schon wieder die nächste lauert. Wenn Sie dieses Buch mit dem Anspruch lesen, etwas zu verstehen und zu behalten, verändert sich Ihr Gehirn dabei – ob Sie wollen oder nicht. Das aber bedeutet, dass wir mit unserem Wissen über unser Gehirn immer einen Schritt hinter dem Zustand herlaufen werden, der sich in dem Moment schon wieder neu eingestellt hat, in dem wir es zu verstehen glauben.

Aber das soll uns nicht davon abhalten, die Landkarte des Gehirns aus einer Distanz zu betrachten, die einen Überblick ermöglicht und die Orientierung nicht mehr erschwert als erleichtert. Wenn wir Google Earth, die fotografische Kartierung unserer Erdkugel, anklicken ([www.earth.google.com](http://www.earth.google.com)), fällt uns die Orientierung aus einer Höhe von 50 000 Fuß noch leicht. Je näher Sie sich heranzoomen, desto besser müssen Sie sich schon auskennen, um nicht den Überblick zu verlieren. In einem dreidimensionalen Raum (wie dem Gehirn) wird die Orientierung noch einmal komplizierter. Bleiben wir bei unserer Navigation durch das Zentralnervensystem also so weit auf Distanz, dass Zusammenhänge und Verbindungen erkennbar werden, die Details aber nicht allzu sehr verwirren. Diese kurze Expedition unter die Schädeldecke soll Ihnen einen ersten Einblick in die Geografie des Gehirns geben (bzw. zurückgeben, denn selbst wenn Ihr Gehirn auch



**Abb. 1** Längsschnitt durch das Gehirn mit farbiger Abgrenzung der Hirnabschnitte.

mal um die 30 Stunden in das Einprägen seiner selbst investiert hat: Das Vergessen gehört ebenfalls zu den durchaus vernünftigen Leistungen dieses Organs, wie wir noch sehen werden). Auf die Funktion der einzelnen Strukturen gehe ich dabei nur am Rande ein, weil das Gegenstand der weiteren Kapitel ist, von denen Sie freilich mehr profitieren werden, wenn Sie die Namen der Strukturen und ihre Lage zumindest im Überblick kennen. Sollten Sie dann mehr wissen oder gar Neurobiologie, Psychologie oder Medizin studieren wollen, brauchen Sie natürlich wesentlich feinere Navigationsinstrumente (s. Literaturliste).

Unser Zentralnervensystem ist das Steuerungssystem für unseren gesamten Organismus und für dessen Austausch mit seiner Umwelt. Es besteht aus Großhirn, Kleinhirn, Hirnstamm und Rückenmark (s. Abb. 1). Das Rückenmark ist nicht etwa nur ein simples Kabelbündel, durch das Impulse »von höherer Ebene« oder zu ihr zurück laufen, sondern es ist selbst auch eine Schaltstelle: Wenn der Neurologe mit seinem Hämmerchen auf die Sehne unterhalb der Kniescheibe schlägt, läuft das Signal bis ins Rückenmark, wo sich dann die Laufrichtung umkehrt und der Befehl für die Kontraktion des Muskels gegeben wird, der unser Bein in die Höhe schnellen lässt (eben um zu überprüfen, ob dieser Reflexkreis funktioniert und keine Störungen auf der Strecke

vom Rezeptor an der Kniescheibensehne bis zum Rückenmark und/oder zurück vorliegen, wurde geklopft). Gehirn und Rückenmark liegen, behutsam eingebettet, in einem Flüssigkeitsmantel, dem Liquor, und sind wie kein anderes Organ durch mehrere Häute und einen soliden Knochenmantel vor unliebsamen Einflüssen von außen geschützt. So hochauflösend und sensibel das Gehirn in der Lage ist, Reize der Sinnesorgane zu verarbeiten, so unempfindlich ist es selbst. Es leistet sich gewissermaßen nicht den Luxus, bei all der Arbeit für den Rest des Körpers sich auch noch sensibel mit der eigenen Befindlichkeit zu beschäftigen. Operationen am offenen Gehirn können daher bei vollem Bewusstsein durchgeführt werden, was klinisch von Bedeutung ist, da ein Patient bei Hirnoperationen, wenn nötig, angeben kann, was passiert, wenn bestimmte Stellen in seinem Hirn mechanisch oder elektrisch gereizt werden. Die Schutzfunktion, die der ursprüngliche biologische Sinn aller unserer Schmerzempfindung ist, wird durch die Hirnhäute ausgeübt, die wiederum äußerst sensibel sind.

### **Die Zentrale für Ruhe und Ordnung im Körper: der Hirnstamm**

Die Leitungsbahnen von Körperoberfläche und Körperinnerem erreichen die höheren Schaltstellen durch das Foramen magnum, das »Große Loch« an der Unterseite des Schädels im Hinterkopf.

Die Verbindung zwischen Rückenmark, Groß- und Kleinhirn wird als Hirnstamm bezeichnet, der sich wiederum in drei »Abteilungen« gliedert: das verlängerte Mark (Medulla oblongata), die Brücke (Pons) und das Mittelhirn (Mesencephalon). Diese Strukturen sind die Transit- und Schaltstationen für die Leitungsbahnen des Groß- und Kleinhirns. Gleichzeitig werden elementare Lebensfunktionen gesteuert und koordiniert, zum Beispiel der Schlaf-wach-Rhythmus, die Nahrungsaufnahme, Atmung, Kreislauf und Augenbewegungen.

Im Hirnstamm entspringen zehn der zwölf Hirnnerven, die überwiegend für Sinneswahrnehmungen und Bewegungen im Kopf- und Halsbereich zuständig sind. Eine Sonderstellung nimmt dabei der zehnte Hirnnerv, der Nervus vagus, ein, der ne-



ben sensiblen und motorischen Funktionen eine wichtige Rolle bei der Koordination vegetativer Grundfunktionen spielt (Atmung, Herzfrequenz, Blutdruck, bis zu den Sexualfunktionen). Seinen Namen verdankt er der Tatsache, dass er im Gegensatz zu den meist nur wenige Zentimeter langen übrigen Hirnnerven durch den Körper »vagabundiert« und vom Hals über den Brustkorb bis in den Bauchraum wandert.

Der Hirnstamm wird von einem Netzwerk, der *Formatio reticularis*, durchzogen, das aus zahlreichen kleineren Hirnkernen und deren Verknüpfung durch Nervenfasern besteht (unter Kern verstehen die Anatomen eine Ansammlung von Nervenzellen mit einer gemeinsamen Struktur und Funktion). Diese Formation vereint die Zentren für die Regelung von Atmung und Kreislauf, außerdem das Brechzentrum, das dafür sorgt, dass das Verdauungssystem rasch und reflektorisch von Substanzen befreit werden kann, die da nicht hineingehören.

In der **Brücke** (Pons) liegen die Kerne mehrerer Hirnnerven, die etwa für die Bewegung der Gesichtsmuskulatur (Fazialisnerv), die Schmerzempfindung (Trigeminus-Nerv), für das Gleichgewichtsorgan und die Weiterleitung der akustischen Sinnesreize (Nervus statoacusticus) verantwortlich sind. Darüber hinaus vermittelt die Brücke Bewegungsinformationen aus der Großhirnrinde an das Kleinhirn.

Im **Mittelhirn** schließlich werden so wichtige Botenstoffe für die Erregungsübertragung im Nervensystem wie Noradrenalin, Dopamin und Serotonin produziert, von denen in diesem Buch noch oft die Rede sein wird.

### **Bewegungssupervisor und Feintuner: das Kleinhirn**

Hinter der Brücke liegt das Kleinhirn (Cerebellum). Es ist ein stark verästeltes Organ mit einer Vielzahl kleiner Lappchen und Furchen, das in Form und Größe zwei aneinandergelegten Daumenballen ähnelt. Wenn man die Oberfläche auffächern würde, ergäbe sich eine Ausbreitung von weit über einem Meter. Mit drei »Armen« ist es an den Hirnstamm geheftet, durch sie läuft der Informationsaustausch. Im Netzwerk des Gehirns stellt das Klein-

hirn eine eigenständige Einheit dar, die für die Feinabstimmung von Bewegungen zuständig ist. Hier laufen Informationen vom Großhirn mit Meldungen aus dem Rückenmark und dem Gleichgewichtsorgan zusammen, werden verrechnet und in Befehle für die Koordination von Kraft und Geschwindigkeit der Muskelkontraktionen bei den Bewegungsabläufen transformiert. Es versetzt uns in die Lage, mit einer Kaffeetasse anders umzugehen als mit einem Vorschlaghammer. Bei Erkrankungen des Kleinhirns, etwa durch einen Schlaganfall oder einen Tumor, kommt es infolgedessen zu schweren Störungen der Motorik: Die Patienten leiden vor allem unter Schwindel und Gangunsicherheit. Sie sprechen verwaschen oder »polternd«, weil die Koordination der Muskeln gestört ist, die an der Aussprache beteiligt sind. In der Regel haben sie Schwierigkeiten, gezielte Bewegungen auszuführen: Sie versagen im so genannten Finger-Nase-Versuch, indem sie bei geschlossenen Augen nicht in der Lage sind, die Nasenspitze mit dem Zeigefinger sicher zu treffen. Im Kindesalter können diese Funktionen noch relativ schnell und problemlos von anderen Teilen des motorischen Hirnsystems übernommen werden. Diese unschätzbare Fähigkeit des Gehirns, andere Zentren für lädierte Bereiche einspringen zu lassen, nennt man »Plastizität«, sie nimmt im Laufe des Lebens allerdings ab. Vor allem beeinträchtigte Großhirnfunktionen nach Verletzungen oder Schlaganfällen können bei Erwachsenen daher meist nicht mehr vollständig ausgeglichen werden, sind aber durch intensives Training immerhin teilweise kompensierbar. Kleinhirnläsionen dagegen können auch bei Erwachsenen durch dessen Plastizität meist sehr gut »repariert« werden, vor allem, wenn sie nicht die Kerne tangieren.

Während wir uns bei unserem bisherigen Rundgang durch das Zentralnervensystem im Bereich der Schalt- und Regelemente aufgehalten haben, die mehr oder weniger automatische, reflektorische, »primitive« Grundfunktionen koordinieren und unterhalten, bewegen wir uns jetzt in jene Regionen, die in Verbindung mit dem »Geist«, mit unserem bewussten Handeln und Erleben stehen: in das **Vorderhirn**, das die Hirnanatomen wiederum in ein **Zwischenhirn** (Diencephalon) und ein **Endhirn** (Telencephalon) untergliedern.

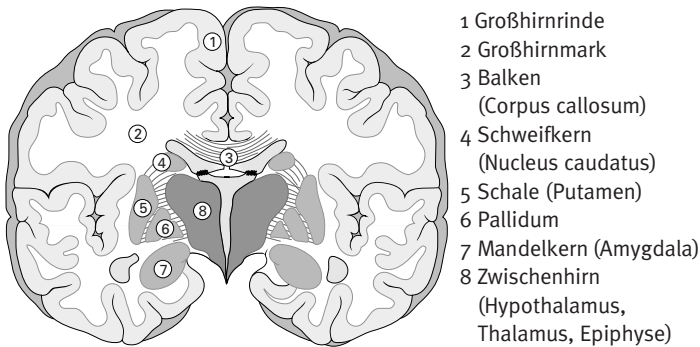
### **Am Schalthebel zwischen Geist und Körper: das Zwischenhirn**

Die größte Struktur des Zwischenhirns ist der **Thalamus**, eine wichtige Schalt- und Integrationszentrale für Sinnesindrücke aus dem gesamten Nervensystem. Hier werden die Informationen der Sinnesorgane an die Großhirnrinde weitergeleitet. Nur die Nase, das heißt unser Geruchssinn, macht eine Ausnahme: Sie sendet ihre Informationen außer über den Thalamus zur Großhirnrinde gleichzeitig auf direktem Wege zum limbischen System, also zu den Hirnstrukturen, die u.a. für unser Gefühlsleben zuständig sind (s. auch Kap. 11). So erklärt sich, dass wir nichts gegen unsere Aversion unternehmen können, wenn wir jemanden »nicht riechen können«, auch wenn sich die grauen Zellen unseres Großhirns nach Kräften dagegen sträuben sollten.

Am hinteren Ende des Thalamus befindet sich die **Zirbeldrüse**, die das Hormon Melatonin produziert. Es regelt unseren Tag-Nacht-Rhythmus, stimuliert dabei gleichzeitig unser Immunsystem. Unterhalb des Thalamus schließt sich der **Hypothalamus** an. Er ist die oberste Leitstelle sowohl für das vegetative Nervensystem als auch für das Hormonsystem des Körpers und aktiviert mit seinem »Releasing«-Hormon die **Hypophyse**, zu Deutsch Hirnanhangsdrüse, die über das adrenokortikotrope (d.h. die Nebennierenfunktion ändernde) Hormon die Nebennierenrinde anwirft, die schließlich das Hormon Kortisol freisetzt bzw. das Nebennierenmark aktiviert, das die »Stresshormone« Adrenalin und Noradrenalin sowie das Schilddrüsen- und das Wachstumshormon ausschüttet.

### **Die jüngste Errungenschaft der Evolution: das Großhirn**

Wie ein Mantel liegt schließlich das Großhirn über diesen Zentren des Zwischenhirns. An seiner charakteristischen walnussähnlichen Form unterscheiden wir zwei Hälften, die **Großhirnhemisphären** (s. Abb. 2). Die »Kabelstränge«, die diese beiden Hälften miteinander verbinden, bilden eine derbe Faserplatte, den Balken



**Abb. 2** Querschnitt durch das Vorderhirn.

(Corpus callosum), die als annähernd waagerechte, nach unten gekrümmte Struktur eine charakteristische »Landmarke« in den Hirnschnitten darstellt. In der Feinstruktur der Großhirnhälften unterscheidet man die **Großhirnrinde** (Kortex) mit den berühmten »kleinen grauen Zellen«, der grauen Substanz (Substantia grisea), und das Hirnmark (weiße Substanz). Der schmale Saum der Hirnrinde weist im Hirnschnitt eine dunklere, mit etwas gutem Willen graue Färbung auf. (Viele Beschreibungen und Begriffe aus der Hirnanatomie gehen aus nachvollziehbaren Gründen auf die Verhältnisse im toten Körper zurück. Im Gegensatz zu anderen Körperregionen, die häufig auch am Lebenden, also zum Beispiel bei Operationen, beobachtet und beschrieben werden konnten, führten Untersuchungen am lebenden Gehirn schnell zu einem Ergebnis, das sich von dem bei der Leichensektion wenig unterscheidet.)

Die Großhirnrinde wird in vier deutlich voneinander abgrenzbare Gebiete unterteilt, die die Anatomen wenig respektvoll als »Lappen« bezeichnen (s. Abb. 3): der **Stirnappen** (Lobus frontalis), der **Scheitellappen** (Lobus parietalis), der **Hinterhauptslappen** (Lobus occipitalis) und der **Schläfenlappen** (Lobus temporalis). (Dass sich im Sinne einer Spontanmutation als 5. Hirnlappen gewissermaßen epidemisch ein Lobus lamentationis – Jammerlappen – gebildet haben soll, ist angesichts der in jüngster Zeit bei vielen Zeitgenossen zu beobachtenden Klagsamkeit eine interessante Hypothese, die kürzlich von dem Neurologen und Kabarett-