

Johann Caspar Rüegg

Mind & Body

Wie Gehirn und Psyche die Gesundheit beeinflussen



3. Auflage

Wissen & Leben

 Schattauer

Johann Caspar Rüegg

Mind & Body

3. Auflage

herausgegeben von Wulf Bertram

Zum Herausgeber von „Wissen & Leben“:

Wulf Bertram, Dipl.-Psych. Dr. med., geb. in Soest/Westfalen. Studium der Psychologie und Soziologie in Hamburg. War nach einer Vorlesung über Neurophysiologie von der Hirnforschung so fasziniert, dass er spontan zusätzlich ein Medizinstudium begann. Zunächst Klinischer Psychologe im Univ.-Krankenhaus Hamburg-Eppendorf, nach dem Staatsexamen und der Promotion in Medizin psychiatrischer Assistenzarzt in der Provinz Arezzo/Italien und in Kaufbeuren. 1985 Lektor für medizinische Lehrbücher in einem Münchener Fachverlag, ab 1988 wissenschaftlicher Leiter des Schattauer Verlags, seit 1992 dessen verlegerischer Geschäftsführer. Ist überzeugt, dass Lernen ein Minimum an Spaß machen muss, wenn es effektiv sein soll. Aus dieser Einsicht gründete er 2009 auch die Taschenbuchreihe „Wissen & Leben“, in der wissenschaftlich renommierte Autoren anspruchsvolle Themen auf unterhaltsame Weise präsentieren. Bertram hat eine Ausbildung in Gesprächs- und Verhaltenstherapie sowie in Tiefenpsychologischer Psychotherapie und ist neben seiner Verlagstätigkeit als Psychotherapeut und Coach in eigener Praxis tätig.

Johann Caspar Rüegg

Mind & Body

Wie Gehirn und Psyche die Gesundheit beeinflussen

3., aktualisierte und erweiterte Auflage

 **Schattauer**

Prof. Dr. med. Johann Caspar Rüegg, Ph. D.

Haagackerweg 10

69493 Hirschberg

Caspar.Rueegg@gmx.de



Ihre Meinung zu diesem Werk ist uns wichtig!
Wir freuen uns auf Ihr Feedback unter
www.schattauer.de/feedback oder direkt über QR-Code.

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Besonderer Hinweis:

In diesem Buch sind eingetragene Warenzeichen (geschützte Warennamen) nicht besonders kenntlich gemacht. Es kann also aus dem Fehlen eines entsprechenden Hinweises nicht geschlossen werden, dass es sich um einen freien Warennamen handelt.

Das Werk mit allen seinen Teilen ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne schriftliche Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Kein Teil des Werkes darf in irgendeiner Form ohne schriftliche Genehmigung des Verlages reproduziert werden.

© 2010, 2014, 2017 by Schattauer GmbH, Hölderlinstraße 3, 70174 Stuttgart, Germany

E-Mail: info@schattauer.de

Internet: www.schattauer.de

Printed in Germany

Lektorat: Volker Drüke, Münster; Alina Piasny, Stuttgart

Umschlagabbildung: Paul Gauguin, „Mädchen mit Mangoblüten (Tahitianische Frauen)“, 1899 (Ausschnitt)

Satz: am-productions GmbH, Wiesloch

Druck und Einband: CPI – Ebner & Spiegel, Ulm

Auch als eBook erhältlich:

ISBN 978-3-7945-9030-8 (PDF) / 978-3-7945-9033-9 (ePub)

ISBN 978-3-7945-3204-9

Für Elvi

This page intentionally left blank

Vorwort

„Es ist der Geist, der sich den Körper baut“
(Schiller, Wallensteins Tod)

Manchmal wirken Worte wie ein Medikament. So wussten sich im Zweiten Weltkrieg Krankenschwestern oft zu helfen, wenn ihnen die Schmerzmittel ausgingen. Sie spritzten den Schwerverwundeten einfach eine Kochsalzlösung und sagten, es wäre Morphinum. Oftmals verschwanden dann die Schmerzen, zumindest vorübergehend, wenn die Leidenden dachten, sie erhielten ein wirksames Mittel – ein Placebo-Effekt, zweifelsohne. „Worte sind die mächtigste Droge, welche die Menschheit besitzt“, sagte schon der englische Schriftsteller Rudyard Kipling. Aber: Wie können Worte und Gedanken – ohne Medikamente – das körperliche und geistige Wohlergehen und damit die Gesundheit beeinflussen? Davon wird noch die Rede sein; es ist eine wichtige Frage – auch an die Psychosomatische Medizin, die sich damit beschäftigt, wie Gehirn, Psyche und Körper („mind“ und „body“) aufeinander einwirken.

Begriffe wie Psychokardiologie, Psychoimmunologie und Psychoendokrinologie, aber auch die moderne Stressforschung machen deutlich, dass die Psychosomatik zu einer Disziplin geworden ist, die naturwissenschaftlichen Ansprüchen genügen sollte. In der zweiten Hälfte des letzten Jahrhunderts hatte hingegen die (psychoanalytisch orientierte) Psychosomatik die Bedeutung des Gehirns für die Gesundheit von Körper und Geist weitgehend unterschätzt. Manche Psychosomatiker der älteren Generation hatten wenig Verständnis für die biologische Blickrichtung, da dabei der Mensch auf eine „seelenlose Maschine“ reduziert werde. Sie waren der Meinung, in der „Organsprache“ des Körpers drückten sich verdrängte seelische Nöte und Wünsche aus, und körperlichen Symptomen wurde deshalb

Symbolcharakter zugeschrieben. „Krankheit als Symbol“ war der Slogan. So wurde etwa ein Gebärmutterkrebs von Therapeuten¹ als „unbewusster Wunsch nach Mutterschaft“ gedeutet. Oder: Ein Manager entwickelt Schwindelanfälle, weil ihm „vor lauter Verantwortung schwindelig wird“.

Gegenwärtig ist in der Psychosomatik kaum mehr von „Organsprache“ die Rede, dafür umso mehr von den Erregenschaften moderner bildgebender Verfahren, die einen Einblick in die Arbeitsweise des Gehirns gewähren. Wie wir sehen werden, gehen psychosomatische Leiden wie chronische Schmerzen, Angststörungen und Depressionen nachweislich mit gut lokalisierbaren Veränderungen im Gehirn einher. Sie haben ihre Ursache häufig in Stress und (z. B. frühkindlichen) traumatischen Erfahrungen.

Die komplexen Wechselwirkungen zwischen „mind“ und „body“ lassen sich aber auch gezielt nutzen: Psychotherapie, neue Denk- und Verhaltensweisen, auch spirituelle Erfahrungen wie Meditation und Gebet können nämlich ebenfalls Veränderungen im Gehirn hervorrufen, die nun ihrerseits auf den übrigen Körper einwirken. So beeinflussen Psyche und Gehirn chronische Schmerzen, die körpereigene Abwehr von Infektionen oder die Funktionen von Herz und Kreislauf, z. B. den Blutdruck. Gesundheit beginnt im Kopf („Gesunder Geist in gesundem Körper“, wie Juvenal schrieb). Das ist, kurz gesagt, auch die Mission der neurobiologisch unterfütterten „Neuen Psychosomatik“, um die es in diesem Buch geht.

Wer mit Begriffen, Funktionen und dem anatomischen Aufbau unseres komplexesten Organs etwas vertraut ist, wird das einführende Kapitel – eine Tour d’Horizon durch die

¹ Im Hinblick auf die Lesbarkeit des Textes wurde überwiegend die männliche Form verwendet, wenngleich immer beide Geschlechter gemeint sind.

Landschaften des Gehirns – vermutlich überspringen und sich gleich den anderen Essays zuwenden, die sich den Fragen einer biologisch fundierten Psychosomatik widmen. Sie alle sind in sich konsistent und können daher auch einzeln gelesen werden. Ich hoffe, dass in den Essays mitgeteilte Einsichten in psychophysische Zusammenhänge zur Überbrückung der Kluft zwischen einer rein somatisch orientierten Medizin und einem „ganzheitlichen“, psychosomatischen Krankheitsverständnis beitragen. Sie dürften daher auch für Betroffene hilfreich sein. Und wer möchte nicht gerne erfahren, was es – aus der biologischen Perspektive – mit der in der angloamerikanischen Welt so genannten „Mind-Body Medicine“ auf sich hat? So wendet sich dieses Buch an einen weiten Leserkreis, und wenn es einen Eindruck von den komplexen Wechselwirkungen zwischen „mind“ und „body“ geben kann, hätte ich mein Ziel erreicht.

In meinen Essays konnte ich die einschlägige Fachliteratur bis Ende 2015 berücksichtigen, aber auch – ergänzt und überarbeitet – Ideen und Studienergebnisse, über die ich in den letzten Jahren bereits in verschiedenen Fachzeitschriften sowie in „Psychologie Heute“ und in der „Frankfurter Rundschau“ berichtete. Für zahlreiche Literaturhinweise und hilfreiche Diskussionen bin ich Freunden und Kollegen dankbar – insbesondere jedoch Heiner Schirmer für seine vielen Anregungen und die hilfreichen Gespräche, aber auch für den Hinweis auf das passende Zitat aus Schillers Wallenstein II. Ebenso gilt mein großer Dank Wulf Bertram und seinem Team vom Schattauer Verlag, vor allem Petra Mülker, Alina Piasny, Sandra Schmidt, Birgit Heyny, und, nicht zuletzt, Volker Drüke für die hervorragende, kreative Zusammenarbeit. Und viel bedeutet mir, bei all meiner Arbeit, der Rückhalt in der Familie, den ich Elvi danke. Meiner Frau ist dieses Buch gewidmet – *von ganzem Herzen*.

Hirschberg, im Sommer 2016

Johann Caspar Rüegg

This page intentionally left blank

Inhalt

1	Blick ins Gehirn	1
	Eine Tour d'Horizon	
2	Der Geist prägt das Gehirn	15
	Wie mentale Prozesse unser Gehirn verändern	
3	Emotion und Bewegung	33
	Gefühle ausdrücken und verstehen	
4	Psychosomatik und Epigenetik	47
	Frühkindliche Erfahrungen beeinflussen die Gesundheit	
5	Schmerz, lass nach	62
	Den Schmerz mental beeinflussen	
6	Herz und Psyche	77
	Herzkrank durch emotionalen Stress	
7	Die Angst verlernen	93
	Neue Erkenntnisse aus der Hirnforschung	
8	Das Traumagedächtnis	108
	Faszinierende Einsichten dank Optogenetik	
9	Hirnforschung und Spiritualität	118
	Meditation verändert das Gehirn	
10	Resilienz	128
	Resistent gegen Stress	

11	Optimismus tut gut	143
	Wie Psyche und Immunsystem aufeinander einwirken	
12	Heilende Worte	158
	„Sprechende Medizin“ wirkt	
13	Wie Worte wirken.	173
	Gespräche verändern das Gehirn – nachhaltig	
14	Epilog	188
	Stress, Psyche und Gehirn	
	Glossar	199
	Personen- und Sachverzeichnis	205

1 Blick ins Gehirn

Eine Tour d'Horizon

Gesunder Geist in gesundem Körper! Wie Körper und Geist aufeinander einwirken, das sei die „Grundfrage der Psychosomatik“, sagt der bekannte Heidelberger Psychosomatiker Gerd Rudolf (10). Mittlerweile ist die Psychosomatische Medizin zu einer Disziplin geworden, die auch naturwissenschaftlichen Kriterien genügen muss. Das war nicht immer so. Noch in der zweiten Hälfte des letzten Jahrhunderts verstand man unter Psychosomatik meist eine hermeneutisch orientierte Medizin in der psychoanalytischen Tradition mit so bedeutenden Vertretern wie Georg Groddeck und Viktor von Weizsäcker – insbesondere, wenn es um die Deutung dessen ging, wie seelische Konflikte bei psychosomatischen Erkrankungen in die „Sprache der Organe“ übersetzt werden. So war man davon beeindruckt, wie gut sich beispielsweise Magenbeschwerden als Folge unterdrückter Gefühle interpretieren lassen: „Der Ärger schlägt einem auf den Magen.“

Bis in die 90er Jahre wurde die Bedeutung des Gehirns für die Gesundheit von Leib und Seele von den meisten Psychosomatik-Forschern unterschätzt, wenn nicht ignoriert. Inzwischen hat sich das allerdings geändert, vor allem dank des Siegeszugs moderner bildgebender Verfahren wie Positronenemissionstomographie (PET) und funktionelle Magnetresonanztomographie (fMRT), mit denen man einen Blick ins Gehirn werfen und ihm so gewissermaßen

„bei der Arbeit zuschauen“ kann.¹ So lässt sich feststellen, welche Teile des Gehirns bei bestimmten Emotionen oder kognitiven Prozessen gerade aktiv sind (4).

In den letzten Jahren ist immer deutlicher geworden, wie sehr psychosomatische Störungen, insbesondere Angststörungen, Depressionen und Schmerzkrankheiten, mit strukturellen und funktionellen Veränderungen des Gehirns einhergehen. Und diese können mit bildgebenden Verfahren fast millimetergenau in unserem komplexesten, knapp drei Pfund schweren Organ geortet werden. Was geschieht im Gehirn, wenn Menschen beispielsweise unter Ängsten leiden? Oder „körperliche“ oder „seelische“ Schmerzen haben? Und wo im Gehirn geschieht dann etwas? Das sind Fragen, die nicht nur Therapeuten, sondern zunehmend auch Betroffene bewegen. Die neurowissenschaftlichen Erkenntnisse dürften deshalb auch zur eigenen „Psychoedukation“ hilfreich sein, sofern ein gewisses Grundwissen über Bau und Funktion des Gehirns vorhanden ist. In diesem Sinne folgt nun eine kurze „Tour d’Horizon“ durch die „Landschaften unseres Gehirns“, um erste Einblicke in die Funktionelle Neuroanatomie zu vermitteln bzw. früher erworbenes Wissen aufzufrischen.²

¹ Der oft zitierte Satz, man könne „dem Gehirn bei der Arbeit zusehen“, ist bloß ein Bild, also nicht im wörtlichen Sinne zu verstehen. Die bildgebenden Verfahren erfassen die momentane neuronale Aktivität nämlich nur indirekt, indem sie die lokale Hirndurchblutung (fMRT) oder den regionalen Glukoseverbrauch registrieren (PET). Allerdings geht man davon aus, dass die aktivitätsbedingten Veränderungen mit der neuronalen Aktivität korrelieren (14).

² Eine andere (detaillierte) Version der „Tour d’Horizon“ erschien in dem von Manfred Spitzer und Wulf Bertram herausgegebenen Buch „Hirnforschung für Neu(ro)gierige“ (12).

► Im Verlauf der Evolution der Hominiden zum *Homo sapiens* hat sich das Gewicht des Gehirns innerhalb von „nur“ etwa 2 bis 3 Millionen Jahren fast verdreifacht. Betroffen von diesem enormen Wachstum ist vor allem die in ihrer Komplexität jüngste Errungenschaft der Evolution, das Großhirn, auch Endhirn (Telencephalon) oder Cerebrum genannt. Es setzt sich aus den beiden Hirnhemisphären zusammen, die durch einen dichten Filz von Nervenfasern miteinander verbunden sind, dem so genannten Balken (Corpus callosum). In ihrem Inneren enthalten die Hemisphären die mit einer klaren, farblosen Flüssigkeit (Liquor cerebrospinalis) gefüllte linke und rechte Hirnkammer (Ventrikel). Der Balken legt sich über diese Ventrikel und das Stammhirn, also das Zwischenhirn (Diencephalon) mit dem darunter gelegenen Hirnstamm, der durch „Stiele“ (Pedunculi) mit dem Kleinhirn (Cerebellum) verbunden ist (Abb. 1.1).

Der Hirnstamm (Truncus cerebri) umfasst das Mittelhirn (Mesencephalon), die „Brücke“ (Pons) mit ihren Verbindungen zum Groß- und Kleinhirn sowie das verlängerte Rückenmark (Medulla oblongata), das viele unserer vegetativen Funktionen reguliert, beispielsweise Atmung und Blutdruck. Es geht am hinteren (kaudalen) Ende in das – in der Wirbelsäule gelegene – Rückenmark (Medulla spinalis) über. Ist also, etwa infolge eines Schädeltraumas, die Medulla oblongata beschädigt, so versagt die Atmung, der Blutdruck kann nicht mehr reguliert werden. Bei einer Verletzung des übrigen Hirnstamms fällt der Mensch in einen Zustand tiefster Bewusstlosigkeit, das Koma. Der Hirnstamm enthält nämlich eine netzwerkartige Struktur, die *Formatio reticularis*, die sich von der Brücke bis zum Mittelhirn zieht und nicht nur an der Steuerung so wichtiger Körperfunktionen wie Schlafen und Wachen beteiligt ist, sondern auch an der Regulation von Aufmerksamkeit und Bewusstseinszuständen.

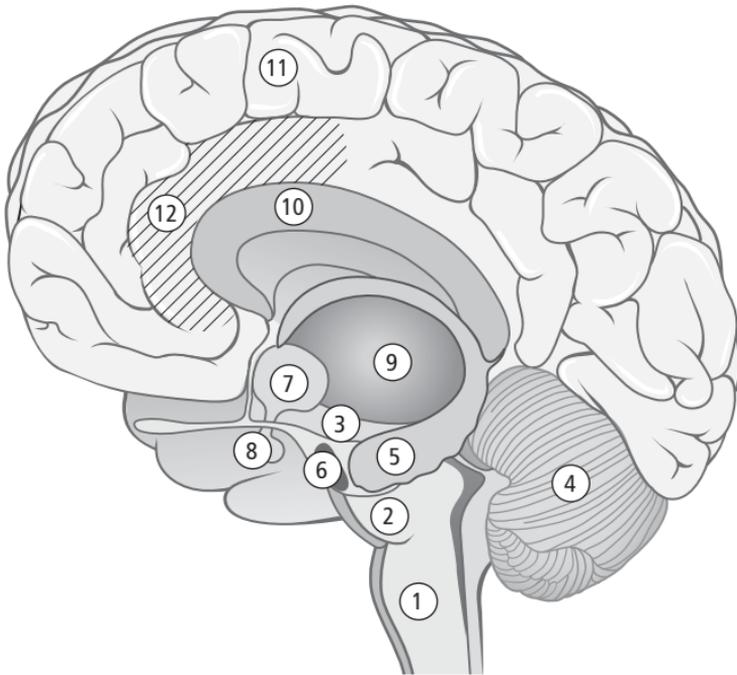


Abb. 1.1 Darstellung des Gehirns (vereinfacht) (mod. nach 12):
 1 = Verlängertes Rückenmark (Medulla oblongata); 2 = Brücke (Pons);
 3 = Mittelhirn; 4 = Kleinhirn; 5 = Hippocampus; 6 = Mandelkern
 (Amygdala); 7 = Hypothalamus; 8 = Gehirnanhangsdrüse (Hypo-
 physe); 9 = Thalamus (Teil des Zwischenhirns); 10 = Balken (Corpus
 callosum); 11 = Großhirn mit ACC; 12 (schraffiert) = anteriorer Gyrus
 cinguli. ACC, Amygdala und Hippocampus sowie (mediale) Teile des
 Stirnhirns gehören zum limbischen System, das über Gedächtnis und
 Emotionen Regie führt.

Im Hirnstamm entspringen zehn der zwölf Hirnnerven, z. B.

- der Nervus trigeminus, der u. a. für Wahrnehmungen der Hautsinne im Kopfbereich zuständig ist;
- der Nervus facialis, der die mimische Gesichtsmuskulatur innerviert;

- der Nervus vagus (der „Umherschweifende“), der die Herzschlagfrequenz kontrolliert, aber auch im Bauch „vagabundiert“, wo er fast alle Eingeweide mit Nervenfasern versorgt.

Der „Vagus“ enthält sowohl sensorische als auch motorische Fasern (die z. B. die Schlundmuskulatur innervieren), aber auch Fasern des autonomen (vegetativen) Nervensystems. Letztere gehören zum Parasympathikus, dessen Aktivität zu einer ruhigen Erholungslage im Organismus führt, indem sie die Leistung drosselt und Energieverbrauch, Blutdruck und Herzfrequenz senkt. Gegenspieler ist der Sympathikus, dessen Ursprungsneuronen im Brust- und Lendenbereich des Rückenmarks liegen und (wie der Parasympathikus) vom Hirnstamm kontrolliert werden.

Zwischen Hirnstamm und Großhirn befindet sich das Zwischenhirn (Diencephalon). Es beherbergt den Thalamus, eine wichtige Umschaltstelle für Nachrichten von den Hautsinnen und anderen Sinnesorganen, die aus der Körperperipherie über das Rückenmark (oder Hirnnerven) dem Großhirn zugeleitet werden. Dort erst können sie uns bewusst werden – wenn überhaupt. Denn von den unzähligen Eindrücken, denen wir jeden Augenblick ausgesetzt sind, können wir nur einen sehr kleinen Teil bewusst wahrnehmen (12). Unterhalb des Thalamus, in der untersten Etage des Zwischenhirns, liegt der Hypothalamus. Er kontrolliert automatisch eine Reihe von vegetativen Körperfunktionen, etwa die Körpertemperatur. Über den Hypophysenstiel ist er mit der Hirnanhangsdrüse, der Hypophyse, verbunden, die unter dem Hypothalamus in einer sattelförmigen Knochengrube („Türkensattel“) der Schädelbasis liegt und sich an den Boden des Zwischenhirns schmiegt. Durch CRH (corticotropin releasing hormone, auch: Kortikotropin-Releasing-Hormon oder Kortikoliberin), ein im Hypothalamus gebildetes Neurohormon,

wird in der Hypophyse die Sekretion von ACTH (adrenocorticotrop hormone) angestoßen, das in der Nebennierenrinde die Synthese und Ausschüttung des Stresshormons Kortisol ankurbelt. (Die Sekretion des Stresshormons Adrenalin erfolgt durch das Nebennierenmark, nach Aktivierung des Sympathikus.)

Das Großhirn lässt sich in vier Lappen (Lobi) unterteilen, nämlich Stirn-, Scheitel-, Schläfen- und Hinterhauptlappen (Frontal-, Parietal-, Temporal- und Okzipitallappen). Seine Oberfläche wird durch zahlreiche Furchen vergrößert, welche die nur wenige Millimeter dicke Hirnrinde in Windungen (Gyri) unterteilen. Die Großhirnrinde (Cortex cerebri) wird auch als „graue Substanz“ bezeichnet. Darunter (subkortikal) befindet sich das Marklager. Es enthält die weiße Substanz des Gehirns, also die unzähligen markhaltigen Nervenfasern. Diese Fasern sind mit dem „Isoliermaterial“ Myelin ummantelt, d. h. myelinisiert. Sie verkabeln u. a. die in der Hirnrinde gelegenen Nervenzellen (Neuronen) mit anderen Teilen des Zentralnervensystems, etwa mit den Neuronen anderer Hirnlappen oder – als Projektionsfasern – mit dem Kleinhirn, dem Hirnstamm und dem Rückenmark. Gleichsam eingebettet in die weiße Substanz des Marklagers sind verschiedene Hirnkerne (Nuclei), die aus den Ansammlungen von Zellkörpern zahlreicher Nervenzellen bestehen, so beispielsweise der Mandelkernkomplex (Amygdala) und die Basalganglien (z. B. Putamen, Nucleus caudatus und Nucleus accumbens).

In der Hirnrinde befinden sich fast 100 Milliarden Nervenzellen, die in bis zu sechs Schichten übereinanderliegen. (Außerdem gibt es noch unzählige Gliazellen, z. B. Oligodendrozyten, die die Markscheiden um die Nervenfasern bilden, sowie die zwischen den Nervenzellen und Blutgefäßen gelegenen Astrozyten, welche die Weite der zerebralen Blutgefäße und damit die Hirndurchblutung regulieren.) Jedes Neuron besteht aus dem Zellkörper (Perikaryon bzw.

Soma), aus welchem zwei Fortsätze sprießen, nämlich das Axon (auch Neurit genannt) mit seinen zahlreichen terminalen Verzweigungen und die vielfach verästelten Dendriten. Letztere knüpfen – an ihren Dornfortsätzen („Spines“) – unzählige Kontakte mit den Endigungen der Axone anderer Neuronen. Zu den größten Neuronen zählen die Pyramidenzellen im motorischen Kortex, deren Axone entlang der Pyramidenbahn (im Tractus corticospinalis) durch das Marklager und den Hirnstamm bis ins Rückenmark ziehen. Dort kontaktieren sie die Dendriten von Motoneuronen, welche ihrerseits die Muskulatur des Bewegungsapparates innervieren.

Die unzähligen Verknüpfungspunkte eines Axons mit den Dendriten und dem Perikaryon anderer Neuronen heißen Synapsen. Hier berühren sich die Fortsätze der Neuronen, allerdings nicht direkt; sie bleiben dabei nämlich immer noch durch eine submikroskopisch enge Kluft, den synaptischen Spalt, voneinander getrennt. Über diesen Spalt hinweg tauschen die Nervenzellen mithilfe von Neurotransmittern Informationen aus. Sie „sprechen“ miteinander, indem jede Nervenzelle mittels ihrer verzweigten Axone über unzählige Synapsen an andere Nervenzellen Nachrichten sendet und umgekehrt mit ihren „Antennen“, den Dendriten, wieder solche Signale empfängt. Von diesen Impulsen wird die Nervenzelle entweder erregt oder in ihrer Aktivität gehemmt.

Letztlich entscheidet dann die algebraische Summe aller empfangenen hemmenden bzw. erregenden Signale darüber, ob ein Neuron zum „Schweigen“ gebracht wird oder nicht. Auf diese Weise wird die Aktivität des Gehirns von den zahllosen Neurotransmittern (Überträgerstoffen) bestimmt, welche die Billionen von erregenden oder hemmenden Synapsen der grauen Substanz durchfließen. Der Neurotransmitter hemmender Synapsen heißt GABA (Gamma-Aminobuttersäure), der wichtigste erregende

Transmitter ist die Aminosäure Glutamat. Zu den Überträgerstoffen zählen auch Acetylcholin, Dopamin, Serotonin und Noradrenalin, aber auch Neuropeptide wie etwa die schmerzlindernden Endorphine. Ein Übermaß, aber auch ein Mangel an einem ganz bestimmten Überträgerstoff kann zu mehr oder weniger schweren Störungen der Gehirnfunktion und des Verhaltens führen. Man denke z. B. an die Symptome der Parkinson-Krankheit, die durch einen dramatischen Abfall des Gehalts an Dopamin in den Basalganglien bedingt sind.

Neurotransmitter reagieren auf der Oberfläche der Neuronen (in den Synapsen) mit Rezeptoren, die jeweils für einen bestimmten Transmitter spezifisch sind – Proteinmoleküle, die in der Zellmembran verankert sind und zum Teil auch als ionendurchlässige Poren (Ionenkanäle) fungieren. Ihre Aktivierung durch Neurotransmitter bringt im Inneren der Nervenzellen komplizierte Programme zum Laufen, beispielsweise solche, die den Stoffwechsel oder die Ionen-durchlässigkeit der Zellmembran und damit die bioelektrischen Eigenschaften der Neuronen verändern und auf diese Weise das Neuron hemmen oder erregen, so dass es Salven elektrischer Impulse (Aktionspotenziale) „feuert“. Für die Gedächtnisbildung von Bedeutung ist ein besonderer Typ eines Glutamat-Rezeptors, der so genannte NMDA-Rezeptor³ – insbesondere im Hippocampus (3), einem Teil des limbischen Systems.

► Das limbische System (von lat. *limbus*, der Saum) umsäumt den Balken und das Zwischenhirn und führt über unsere Emotionen und das Gedächtnis Regie (Abb. 1.1).

³ Dieser Rezeptor reagiert, anders als andere Glutamat-Rezeptoren, nicht nur auf Glutamat, sondern bevorzugt NMDA (N-Methyl-D-Aspartat).

Dazu zählt man u. a. den Gyrus cinguli (auch „Gürtelwindung“ genannt), den Gyrus parahippocampalis, den in den Basalganglien gelegenen Nucleus accumbens, den Mandelkern (Amygdala) und, wie wir schon sahen, den Hippocampus, ein entwicklungsgeschichtlich urtümlicher Abschnitt der Hirnrinde. Letzterer ist während der Entwicklungsphase durch die „modernerer“ Rindenabschnitte ganz an den medialen Rand des Schläfenlappens gedrängt worden, wo er sich wie ein Tuch faltete und nach innen aufrollte. Dadurch erhält dieser Hirnteil eine charakteristische S-förmig geschweifte Form, die etwas an ein Seepferdchen (lat. *hippocampus*) erinnert. Der Hippocampus hat eine zentrale Bedeutung für das Gedächtnis, genauer gesagt: für das Ortsgedächtnis und das so genannte explizite Gedächtnis. Bewusst abrufbare (explizite) Gedächtnisinhalte können nur über den „Prozessor“ Hippocampus auf der „Festplatte“ des Langzeitgedächtnisses im Assoziationskortex des Temporal- und Parietallappens abgespeichert und von da wieder abgerufen werden (12). Wird also der Hippocampus beschädigt, z. B. infolge degenerativer Hirnerkrankungen wie der Alzheimer-Krankheit, dann leidet das explizite Gedächtnis. Beispielsweise können dann neue Namen nicht mehr im Langzeitgedächtnis gespeichert und wiedererinnert werden. Auch bei lang andauerndem (chronischem) Stress und klinischen Depressionen schrumpft oftmals der Hippocampus, weil seine Neuronen vermehrt zugrunde gehen; sie können aber, selbst bei Erwachsenen, aus neuronalen Stammzellen wieder neu gebildet werden. Man spricht von Neurogenese bzw. von Neuroplastizität, wenn man generell die strukturellen Veränderungen in den Verschaltungen des Gehirns meint (3).

Vor dem Hippocampus liegt an der (medial gelegenen) Innenseite jeder Hirnhemisphäre der Mandelkern (Amygdala), und zwar unter der Hirnrinde in der Tiefe des Temporalappens. Mit dem Hippocampus, aber auch mit vielen

anderen Hirnarealen ist er durch Nervenstränge (Bahnen) verbunden – vor allem mit dem Hypothalamus, aber auch mit den medialen Arealen des präfrontalen Kortex. Eine besondere Verbindung besteht mit dem über der Augenhöhle gelegenen frontoorbitalen Kortex, der die Aktivität der Amygdala überwacht und gegebenenfalls dämpft (13). Die Amygdala beurteilt – uns unbewusst – beim Auftreten einer Gefahr blitzschnell, wie gefährlich diese ist, oft Sekunden bevor das Gefühl „Angst“ bewusst wird. Sie löst dann gegebenenfalls eine Angst- und Fluchtreaktion oder eine Erstarrung aus (falls die Flucht nicht mehr möglich ist). Auch Muskelzittern und vegetative Reaktionen wie ein Adrenalinstoß oder Herzklopfen und beschleunigte Atmung (Hyperventilation) gehören zu dem von der Amygdala angekurbelten Notfallprogramm. Die Erregung des Vegetativums kommt über eine Aktivierung des Hypothalamus und des autonomen Nervensystems zustande, gefolgt von der Ausschüttung von Stresshormonen. Das alles sind unbewusste subkortikale Reaktionen. Das bewusste Gefühl „Angst“ entsteht erst etwas verzögert durch Aktivierung der Großhirnrinde. Die Amygdala mit ihren Projektionen zur Großhirnrinde spielt übrigens auch eine entscheidende Rolle bei der Speicherung fürchterlicher traumatischer Ereignisse im (impliziten) emotionalen Gedächtnis bzw. im „Traumagedächtnis“, dessen Inhalte nicht bewusst abgerufen werden können (11). Dafür gibt es viele Hinweise, vor allem dank der funktionellen Magnetresonanztomographie, mit welcher bei erlernter Furcht (Furchtkonditionierung) eine lokale Aktivitätssteigerung in der Amygdala geortet werden kann (1).

Gewissermaßen der Gegenspieler des Mandelkerns ist der Nucleus accumbens (der „anlagernde Kern“), der dem vorderen Ende zweier Kerne der Basalganglien anliegt, nämlich dem Schalenkörper (Putamen) und dem Kopf des Schwanzkerns (Nucleus caudatus). Er dient sozusagen als