

Wie halten Sie es mit der Neuroanatomie? Eine Einführung in Aufbau und Funktionen des Nervensystems

► Die Nerven (4/06) ► Das Rückenmark (5/06) ► Der Hirnstamm (6/06) ► Thalamus und Zwischenhirn (7-8/06) ► Das limbische System (9/06) ► Die Basalganglien (10/06) ► Das Kleinhirn (11/06) ► Die Großhirnlappen (12/06)

HIRNFORSCHUNG ANATOMIE

Ein Gyrus für alle Fälle

Der Cortex nimmt rund die Hälfte des Hirnvolumens ein. Hier sind all unsere höheren mentalen Funktionen lokalisiert. So auch die Fähigkeit, diesen Artikel zu lesen, zu begreifen und – hoffentlich – Spaß dabei zu haben

VON HELMUT WICHT

Endlich! Der Schlusspunkt – vielleicht der Höhepunkt – unserer kleinen Serie zur Neuroanatomie ist erreicht: Wir sind bei der Großhirnrinde angelangt, lateinisch Cortex cerebri oder kurz Cortex. Über sie haben Forscher schon ganze Bibliotheken voll wissenschaftlicher Literatur geschrieben. Doch im Grunde hat all diese Bücher letztlich der Cortex selbst geschrieben! Denn in unserer ganzen unermüdlichen Gedankenproduktion spiegeln sich seine Bewusstseinsaktivitäten. Und darin offenbart sich auch schon das Dilemma des Cortex: Unser Bewusstsein versucht, seiner selbst habhaft zu werden, indem es zugleich über das und mit dem Organ, das es produziert, nachdenkt.

Auch einem Laien leuchtet sofort ein, dass dieses Unterfangen, gelinde gesagt, schwierig sein dürfte. Vielleicht sogar

unmöglich. Schwieriges oder Unmögliches faszinierte die geistreichsten Köpfe aber schon immer. Lassen wir also die Philosophen und Kognitionsforscher weiter mit rauchenden Cortices über diesem Problem brüten – wir gehen einen anderen Weg. Bitte folgen.

Wenn sich ein Anatom einem Organ nähert, gilt vor allem eines: Bloß nicht über mögliche Funktionen nachdenken, erst einmal nur keine wilden Hypothesen. Stattdessen angucken, beschreiben, zerlegen. Die Physiologen, Kognitionsforscher und Philosophen dürfen das Ganze danach gerne wieder versuchen zusammenzubasteln.

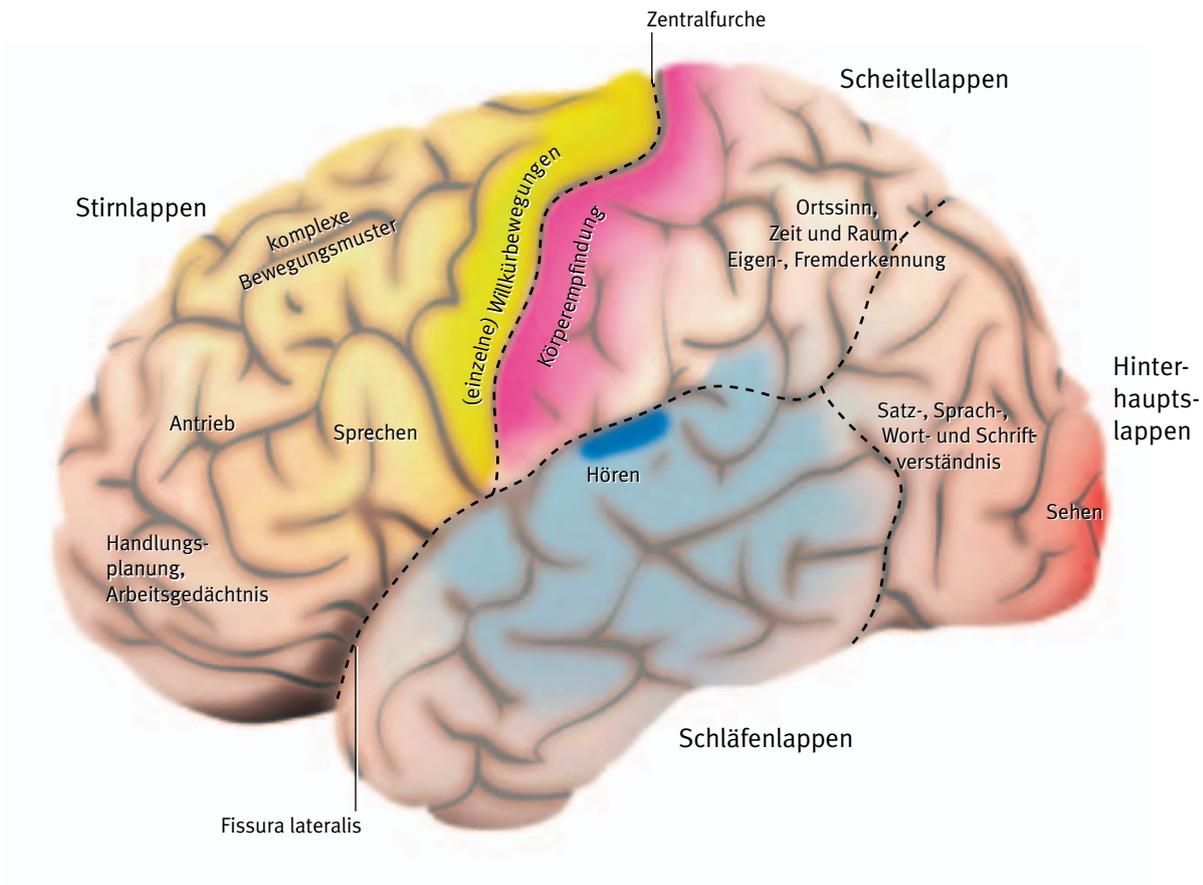
In diesem Sinn zunächst eine ganz allgemeine Beschreibung: Der Cortex bedeckt als grauer Mantel aus Nervenzellen mit einer Dicke von knapp einem halben Zentimeter fast das gesamte Großhirn. Ein halber Zentimeter – das klingt nicht nach besonders viel. Doch

ist der Cortex wesentlich umfangreicher, als der Betrachter auf den ersten Blick glaubt; im Grunde macht er das Großhirn erst so richtig »groß«. Rund die Hälfte unseres gesamten Gehirns besteht aus dem Cortex!

PLATZ SPAREND ZUSAMMENGEKNÜLLT

Die Fläche des Cortexmantels ist sogar viel zu groß; denn er passt eigentlich überhaupt nicht in den Schädel hinein. Er wirkt, als ob er aus Platzmangel hineingeknüllt wurde. Mit anderen Worten: Die Großhirnrinde ist dicht an dicht in enge Falten gelegt. Und zwar bei allen Menschen ungefähr nach demselben Muster (siehe Bild rechts).

Die einzelnen Auffaltungen heißen Gyri (Windungen), die Furchen zwischen ihnen werden als Sulci oder Fissurae bezeichnet. Die haben natürlich alle wieder zum Teil höchst wunderliche Na-



men. Wo sonst in der Welt fände man eine »gerade Windung« (Gyrus rectus)? Oder so seltsame Dinge wie ein »Inseldeckelchen«, »Mondfurchen« und vieles andere mehr? Ach, es ist ein Jammer – nicht nur im Schädel reicht der Platz nicht, sondern auch in diesem Artikel, um alles zu beschreiben.

Daher beschränke ich mich im Folgenden auf die allerwichtigsten dieser Furchen und Windungen. Zunächst in der Seitenansicht: Die senkrechte Zentralfurche (Fissura centralis) verläuft quer über die Hirnhälfte. Alles, was vor ihr liegt, gehört zum Stirnlappen (Lobus frontalis). Hinter ihr liegen der Scheitel- und – ganz am Ende – der Hinterhauptslappen (Lobus parietalis beziehungsweise occipitalis). Der untere Teil des Cortex, der aus Scheitel- und Hinterhauptslappen nach vorne herauszuwachsen scheint und durch die tiefe Seitenfurchen (Fissura lateralis) nach oben begrenzt

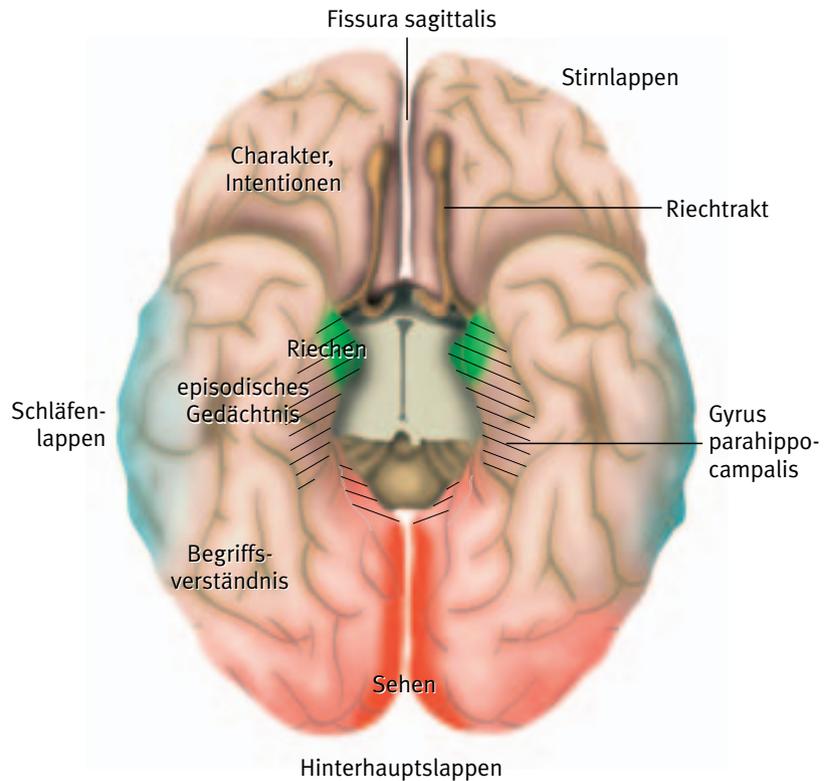
wird, – das ist der Schläfenlappen (Lobus temporalis).

Wem das alles zu lappig vorkommt, kann sich stattdessen ein der Länge nach mittig durchgeschnittenes Gehirn anschauen: Da gibt es auch noch andere Sachen zu bestaunen. Den Balken zum Beispiel. Das Großhirn besteht nämlich aus zwei Hälften, Hemisphären genannt, die durch eine tiefe Furchen, die Fissura sagittalis, voneinander getrennt sind. Damit die ganze Sache nicht auseinanderfällt, verbindet in der Tiefe der Furchen eben jener Balken – ein mächtiges Bündel von Nervenfasern – die rechte und linke Cortexhälfte miteinander. Die »Gürtelwindung«, der Gyrus cinguli, umgibt den Balken. Sie haben wir schon als Bestandteil des limbischen Systems kennen gelernt (siehe Gehirn&Geist 9/2006, S. 64).

Wenn man zur Abwechslung mal den Cortex von unten betrachtet (siehe Bild

EIN GROSSHIRN – VIER LAPPEN
Die sensorischen und motorischen Areale des Isocortex sind in dieser Seitenansicht farbig hervorgehoben: Kräftige Töne markieren die »primären« Cortices, blassere Färbungen »sekundäre« und »tertiäre« corticale Felder. Die ausgedehnten beigen Regionen heißen »Assoziationscortices«. Einzelne kognitive Funktionen (Stichwörter) sind an bestimmten Stellen im Gehirn lokalisiert.

S. 60), sieht man, dass auf der Basis des Stirnlappens ein kleines Faserbündel entlangläuft, das von einer gut reiskorn-großen Struktur seinen Ausgang nimmt. Es verschwindet, nachdem es sich gebelt hat, unter dem Schläfenlappen und in der Tiefe der Fissura sagittalis. Das ist der Riechtrakt, der Geruchsinforma- ▷



BLICK VON UNTEN

Auch hier sind die sensorischen Cortexareale farblich markiert. Schraffierte Bereiche kennzeichnen die Allocortices.

▷ tionen direkt zum Cortex transportiert. Der zur Mitte hin gelegene Saum des Schläfenlappens wird von zwei Windungen gebildet: dem Gyrus parahippocampalis und dem Gyrus dentatus. Die haben wieder etwas mit dem limbischen System zu tun.

So. Jetzt müsste ich eigentlich anfangen, detailliert zu schildern, was im Cortex wo vor sich geht – aber ich wollte ja tunlichst nicht von Funktionen reden. Doch lassen Sie mich diese wenigstens in den Abbildungen markieren. Diejenigen Areale, die mit grundlegenden sensorischen und motorischen Funktionen beschäftigt sind, heißen »primäre« Cortices. Der primäre Cortex des Sehens zum Beispiel liegt im Hinterhauptslappen. Rund um solche Areale herum liegen »sekundäre« und »tertiäre« corticale Felder, die zwar auch noch im Dienst der jeweiligen Funktion stehen, sich aber mehr mit bestimmten Teilaspekten beschäftigen: beim Sehen etwa mit dem Erkennen von Bewegungen, Farben oder Objekten.

Schließlich gibt es noch corticale Areale, in denen die Informationsstränge aus sämtlichen sensorischen und motorischen Systemen zusammenfließen. In

diesen »Assoziationscortices« werden die inneren Zustände des Systems Mensch – seine Gedanken und Absichten – mit den Informationen aus der Umwelt und den bisher gemachten Erfahrungen verglichen. Kurzum, hier entsteht die Welt, wie wir sie erleben.

Doch auch im Assoziationscortex lassen sich bestimmte kognitive Funktionen oder, wenn Sie so wollen, bestimmte Teilaspekte der Welt lokalisieren. Manche Hirnforscher glauben sogar, dass man einzelne Nervenzellen finden kann, die für eine höchst spezifische kognitive Leistung zuständig sind. Meinetwegen die Vorliebe für Sauerbraten mit Rosinen.

DAS RÄTSEL DER GANZHEIT

Und das ist doch eigentlich höchst verwunderlich! Denn wir erleben ja in der Regel die Welt, wie auch uns selbst, nicht als ein Mosaik von getrennten Erscheinungen, sondern als etwas Einheitliches, Ganzes. Die Hirnforschung lehrt uns aber genau das Gegenteil: dass diese »Ganzheiten« problemlos in Einzelteile zerlegbar sind. Und diese können auch jedes für sich kaputtgehen.

So lassen sich kognitive Funktionen ganz selektiv ausschalten, wenn ein bestimmtes Cortexareal zerstört ist; das geschieht manchmal bei Hirntumoren. Eines Morgens wacht der arme Patient im Krankenhausbett auf und hält sein linkes Bein für das eines Fremden, das ihm irgendein böswilliger Chirurg angehängt hat (siehe auch Artikel S. 64). Er will sein Bein wiederhaben! Sonst ist kognitiv alles in bester Ordnung, nur das verdammte Bein nicht. Phänomene wie dieses liefern reichlich Denksportaufgaben für Philosophen wie für Physiologen: Wo im Cortex ist die Instanz, die sich »ich« nennt? Ist sie auch lokalisierbar? Und womöglich zerstörbar?

Außerdem kann man sich fragen, wieso verschiedene Hirnareale überhaupt derart unterschiedliche Funktionen haben können. Denn der Cortex sieht ja überall ziemlich gleich aus. Zumindest auf den ersten Blick, mit dem unbewaffneten Auge. Auf den zweiten Blick, unter dem Mikroskop, kommen dann doch regionale Unterschiede im Aufbau des Hirngewebes zum Vorschein.

So lassen sich sage und schreibe 47 Cortexareale strukturell voneinander abgrenzen – und sie decken sich oft auch

mit den oben beschriebenen funktionellen, durch Furchen abgegrenzten Gebieten. Angesichts dieser Menge sind sogar den sonst so einfallsreichen Anatomen die Namen ausgegangen, und sie belassen es deshalb beim einfachen Durchnummerieren. Jedenfalls meistens: Nur einige besonders wichtige Areale tragen trotzdem noch Eigennamen. Aber die schenken wir uns hier.

Von diesen 47 Cortexarealen gehören die meisten (rund 40 – hier streiten sich die Anatomen mal wieder) zum so genannten Isocortex, der damit den Hauptanteil der Rinde bildet. Alles, was man in der Seitenansicht des Großhirns (Bild S. 59) sieht, ist Isocortex. Er heißt so, weil er ziemlich – nicht völlig – gleichförmig aufgebaut ist (von griechisch iso = gleich): Der Isocortex besteht immer aus fünf Schichten Nervenzellen plus einer dünnen Schicht aus weißer Substanz ganz außen. Subtile Unterschiede in der Packungsdichte und in der Anzahl von Neuronen eines bestimmten Typs erlauben jedoch, ihn in die 40 Unterregionen zu gliedern.

Wie sieht nun der zelluläre Aufbau des Isocortex genau aus? Überall sind die Nerven- und Gliazellen zu etwa 0,25 Millimeter dicken »Säulen« (Cortical Columns; siehe Bild S. 62) zusammengeschaltet, die durch alle Schichten hindurchgehen. Innerhalb einer solchen Säule sind die Neurone untereinander viel enger verknüpft als mit denen der be-

innen weniger Minuten ändern – je nachdem, was sich gerade elektrisch in ihr abspielt. Selbst die Architektur der Verdrahtung kann sich ziemlich rasch, innerhalb von Stunden oder Tagen, ändern: Synapsen verschwinden einfach von der Bildfläche, dafür kommen anderswo neue Kontaktstellen hinzu. So lernen wir – und vergessen.

Wenn Sie sich die Grafik auf der nächsten Seite mit diesen corticalen Säulen anschauen, erschrecken Sie bitte nicht! Zugegeben, sie wirkt sehr kompliziert: so viele Zelltypen, so viele Verbindungen. Wenn man sich dann noch Abermillionen von diesen Säulen im Cortex vorstellt, die sich zudem ständig verändern, wundert einen nicht mehr, dass die Forscher immer noch keine rechte Ahnung haben, wie das alles funktioniert.

PYRAMIDEN UND SÄULEN

Daher will ich Sie auch nicht groß mit Details nerven. Nur einen Zelltyp, der überall im Isocortex vorkommt, sollten Sie auf jeden Fall noch kennen lernen: die Pyramidenzellen. Vorsicht – sie heißen so, weil ihre Zellkörper pyramidenförmig sind. Mit den »Pyramiden« am Hirnstamm (siehe Gehirn&Geist 6/2006, S. 58) hat der Name nichts zu tun!

Die Pyramidenzellen dienen als »Output-Elemente« der Säulen, denn sämtliche Ergebnisse der corticalen Rechen-

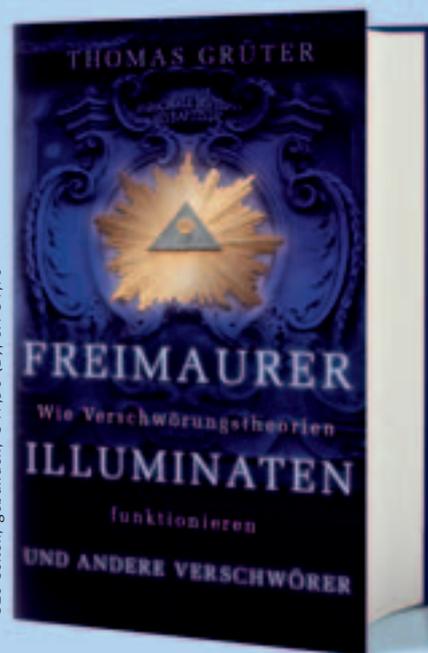
Unser Bild von der Welt ist vielleicht gar keine Spiegelung irgendeiner Wirklichkeit, sondern ein reines Kopfprodukt

nachbarten Säulen. Anatomen halten die Cortical Columns für die eigentlichen »Module«, die »Prozessoren« des Cortex.

Immer diese Computeranalogien, werden Sie vielleicht denken – und Sie haben ja Recht. Wie alle Analogien ist sie zwar plakativ, aber auch irreführend: Der Cortex arbeitet schließlich analog, nicht digital, und die Übertragungseigenschaften der »Verdrahtung« innerhalb einer solchen Säule können sich

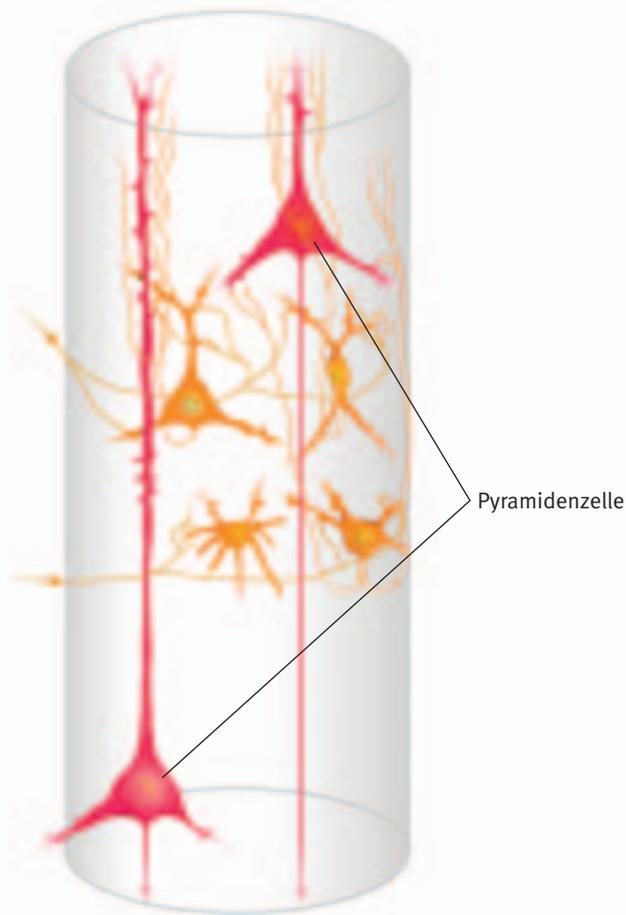
leistungen gelangen über ihre Fortsätze (Axone) zu anderen, nicht corticalen Gebieten im Gehirn und Rückenmark. Diese Verbindungen heißen »Projektionsfasern«. Nun machen aber die Projektionsfasern und die zugehörigen Pyramidenzellen nur einen geringen Bruchteil der Verkabelung des Cortex aus. Hauptsächlich ist dieser nämlich mit sich selbst beschäftigt: Die Masse der Pyramidenzellen in den Säulen schickt ihre ▷

DAS BÖSE HINTER DER WELT...



320 Seiten, gebunden, € 17,90 (D); sFr 31,70

Illuminaten, Freimaurer, Hexen: Thomas Grüter enthüllt die Wahrheit hinter populären Verschwörungstheorien. Er fragt nach, welcher Logik sie folgen und warum sie so viele Anhänger finden.



DIE SÄULEN DER WEISHEIT

Innerhalb des Isocortex finden sich säulenartige Strukturen: die senkrecht zur Oberfläche des Cortex stehenden »Cortical Columns«, innerhalb derer die Nervenzellen (orange, rot) vorwiegend untereinander verschaltet sind. Über die Pyramidenzellen (rot) verlassen die verarbeiteten Informationen die Säulen.

Platz und Ihnen vermutlich die Geduld ausgehen.

Daher leite ich lieber gleich zum pathetischen Schlusswort über. Wir sollten nämlich nicht vergessen, dass all die Schönheiten der Neuroanatomie und die Herrlichkeiten ihres Begriffsapparats auf etwas ganz anderem gründen: auf der oft unappetitlichen, anrühigen und mitunter blutigen Zergliederung menschlicher und tierischer Leiber. Die Schönheit und Eleganz der Anatomie, die ich in dieser Artikelserie zu vermitteln versuchte, liegt weniger in der Sache selbst als vielmehr in dem kognitiven Akt, mit dem man sich ihr nähert. Damit sind auch sie nichts als Produkte unseres Gehirns.

Joseph Hyrtl (1810–1894), der große Wiener Anatom, hat das 1870 in seiner unvergleichlichen Art so formuliert: »Sie (die Anatomie) zerstört mit den Händen einen vollendeten Bau, um ihn im Geiste wieder aufzuführen und den Menschen gleichsam nachzuerschaffen. Eine herrlichere Aufgabe kann sich der Mensch nicht stellen.«

HELMUT WICHT ist promovierter Biologe und Privatdozent für Anatomie an der Dr. Senckenbergischen Anatomie der Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main.



Literaturtip

Kahl, W., Frotscher, M.: Taschenatlas der Anatomie, Bd. 3: Nervensystem und Sinnesorgane. Stuttgart: Thieme 2005 (9. Aufl.).

▷ Axone zu anderen corticalen Arealen. Entweder als »Assoziationsfasern« innerhalb der eigenen Hirnhälfte, oder, via Balken, zur gegenüberliegenden Hemisphäre – das sind dann die »Kommissurenfasern«.

Damit schmort der Cortex sozusagen im Saft seiner selbst produzierten Informationen. Weshalb manche Philosophen sogar glauben, dass das, was dabei herauskommt – unser Bild von der Welt nämlich –, gar keine Spiegelung irgendeiner Wirklichkeit, sondern vielmehr ein reines Kopfprodukt ist. Das Schlimme dabei: Meiner Ansicht nach haben diese Philosophen Recht. Ersparen Sie mir bitte eine detaillierte Begründung, sie würde jeden neuroanatomischen Rahmen sprengen. Nehmen Sie einfach zur Kenntnis, dass es auch unter Naturwissenschaftlern und Anatomen noch Menschen gibt, die eine seltsame, vergeistigte Vorstellung vom Wesen der Welt haben.

Bevor ich es ganz vergesse, sollte ich noch kurz die Hand voll Cortexareale erwähnen, die nicht zum Isocortex gehö-

ren, weil sie eine andere, wenn auch nicht weniger komplexe Schichtung aufweisen. Sie liegen an den nach innen gefalteten Rändern des Großhirns und sind im Bild auf S. 60 schraffiert hervorgehoben. Die meisten dieser so genannten Allocortices gehören zum limbischen System, ein oder zwei davon stehen im Dienst des Riechens. »Allo« heißt übrigens einfach »anders«; der Allocortex ist also die »Andersrinde«, weil sie in ihrem Schichtenaufbau von der strengen 5-plus-1-Regel des Isocortex abweicht.

WEISS DIE LINKE HEMISPHERE, WAS DIE RECHTE DENKT?

Ach, es gäbe noch unendlich viel mehr zu erzählen! Von wunderlichen Namen und Funktionen oder davon, dass der Cortex »lateralisiert« ist – dass also die linke Hälfte ein bisschen anders denkt als die rechte, dass die linke etwa reden kann und die rechte nicht. Oder davon, dass es an vielen Stellen im Cortex »Karten« gibt: verzerrte Abbildungen des eigenen Körpers und der umgebenden Welt. Aber dann würde mir bald der

Das Wissen verdoppelt sich alle 5 Jahre. Ihres auch?

ZEIT WISSEN wird herausgegeben vom Zeitverlag Cerd Bucerius GmbH & Co. KG • Speersort 1 • 20095 Hamburg
Geschäftsführer: Dr. Rainer Esser (Sprecher) • Thomas Brackvogel • Sitz und Registergericht: Hamburg HRA 91123



SAMMELBOX GRATIS!

ZEIT WISSEN stellt Ihnen kleine und große Wunder unserer Welt auf unterhaltsame Weise dar.

Jetzt 3x ZEIT WISSEN zum Preis von 2 testen, Sie zahlen nur € 10,-! Die praktische Sammelbox gibt's gratis dazu!



Ihre Bestellung:

► Coupon an:
ZEIT WISSEN
S

►
► E
► I
► T

0180 - 52 52 909*

*12Cent /Min ab dem ersten Anruf

Ja, ich möchte 3x ZEIT WISSEN testen!

Senden Sie mir ZEIT WISSEN 3x für nur € 10,- statt € 15,- im Einzelverkauf. Ich lese es 3x und teste es für 2 Wochen. Wenn ich es mag, kann ich es für nur € 4,50 pro Ausgabe und sparen 10%. Das Angebot ist nur für den Zeitraum vom 1. bis zum 31. März 2009 gültig. Wenn ich ZEIT WISSEN nicht testen möchte, kann ich es bis 14 Tage nach Erhalt der 3 Ausgaben mitteilen. Die Sammelbox darf nicht zurückgegeben werden. Ansonsten sind die üblichen Geschäftsbedingungen zu beachten.

Name / Vorname

Straße / Nr.

RZ / Ort

Telefon

E-Mail

Den Vorzugspreis von nur € 10,- für 3 Ausgaben zahle ich:

bequem per Bankeinzug gegen Rechnung (bitte leere Vorname und Nachnamen)

Bestell-Nr.: 511 4493

BZ

Kontonummer

Geldinstitut

Bitte unterschreiben

ZEIT WISSEN

