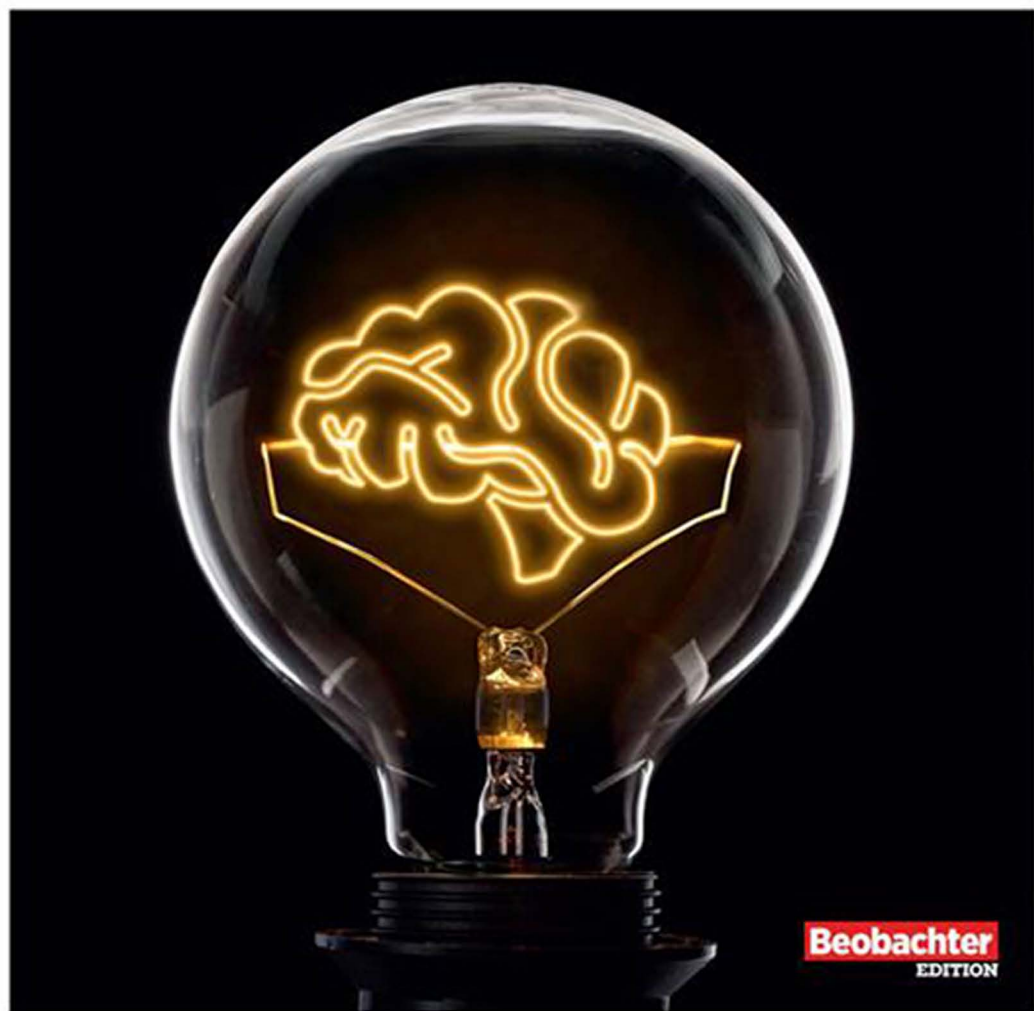


ROBERT G. KOCH

# Der Schlüssel zum Gehirn – nutze dein Potenzial

Aktiv die Hirnleistung erhalten und optimieren



**Beobachter**  
EDITION

## **Der Schlüssel zum Gehirn – nutze dein Potenzial**



ROBERT G. KOCH

# Der Schlüssel zum Gehirn – nutze dein Potenzial

Aktiv die Hirnleistung erhalten und optimieren

## Dank

Der Autor möchte sich ganz speziell bei seiner Lektorin Christine Klingler Lüthi bedanken. Ihr Engagement und ihre kreativen Ideen haben viel zum Gelingen dieses Ratgebers beigetragen.

## Stand der Recherchen

Stand des Wissens dieses Ratgebers ist September 2018, wobei zu beachten ist, dass die neurowissenschaftliche Forschung dynamisch fortschreitet und laufend neue Studien publiziert werden.

## Rätselquellen

Die Beobachter-Edition hat sich bemüht, die Quellen aller Rätsel in diesem Buch ausfindig zu machen, die Abdruckrechte einzuholen und die Quelle entsprechend zu vermerken. Sollte unbeabsichtigt ein Rätsel ohne Copyright verwendet worden sein, bitten wir um einen entsprechenden Hinweis an: [edition@beobachter.ch](mailto:edition@beobachter.ch).

Beobachter-Edition

© 2018 Ringier Axel Springer Schweiz AG, Zürich

Alle Rechte vorbehalten

[www.beobachter.ch](http://www.beobachter.ch)

Herausgeber: Der Schweizerische Beobachter, Zürich

Lektorat: Christine Klingler Lüthi, Wädenswil

Umschlaggestaltung und Reihenkonzept: [buchundgrafik.ch](http://buchundgrafik.ch)

Fotos: iStock

Umschlagfoto: iStock

Satz: Rebecca De Bautista

Grafiken: Bruno Bolliger, Gudo

Druck: Grafisches Centrum Cuno GmbH & Co. KG, Calbe

ISBN 978-3-03875-116-8



Zufrieden mit den Beobachter-Ratgebern?

Bewerten Sie unsere Ratgeber-Bücher im Shop:

[www.beobachter.ch/buchshop](http://www.beobachter.ch/buchshop)

Mit dem Beobachter online in Kontakt:



[www.facebook.com/beobachtermagazin](https://www.facebook.com/beobachtermagazin)



[www.twitter.com/BeobachterRat](https://www.twitter.com/BeobachterRat)



# Inhalt

Vorwort .....	9
---------------	---

## **1 Die Krönung der Evolution** ..... 11

<b>Das Gehirn, ein Teil des Nervensystems</b> .....	12
Die geniale Schaltzentrale in uns .....	13
Erdumfang x 145: So lang sind unsere Nervenbahnen .....	20
Chemie und Strom im Kopf .....	20
Neurotransmitter, Hormone und andere Cocktails .....	25
<i>Train your brain</i> .....	28
100 Milliarden als Startkapital .....	30
<i>Train your brain</i> .....	33
<b>Die Entwicklung des Gehirns im Laufe der Evolution</b> .....	34
Von Menschenaffen und Menschen .....	34
Sind Affen dumm, weil sie nicht kochen können? .....	37
<i>Train your brain</i> .....	39

## **2 Das phänomenale Potenzial unseres Gehirns** ..... 41

<b>Die Sinnesorgane</b> .....	42
Wahrnehmen, um zu überleben .....	42
Schmerz empfinden, Stress reduzieren: der Tastsinn .....	44
10 Millionen Farbtöne: Sehen .....	47
Direkt ins Zentrum der Emotionen: Hören .....	49
Immer der Nase nach zum richtigen Partner: Riechen .....	51
Schokolade und Knoblauch für Ungeborene: Schmecken .....	52
Das Gleichgewicht als weiterer Sinn .....	53
Manche Tiere können mehr .....	54
Wie können die Sinnesorgane geschärft werden? .....	55
<i>Train your brain</i> .....	56
<b>Denken und Bewusstsein</b> .....	59
Das Bewusstsein .....	59
Das Unbewusste .....	62

Die Macht der Gedanken .....	67
Intelligenz und Kreativität – testen und fördern .....	67
<i>Train your brain</i> .....	72
<i>Trainieren Sie Ihre Kreativität</i> .....	77
Die besten Lerntechniken für Jung und Alt .....	80
Hüter aller Dinge: das überlebenswichtige Gedächtnis .....	82
<i>Train your brain</i> .....	87
Der Bauch, unser zweites Gehirn .....	91

### **3 Die Hirnleistung erhalten** ..... 95

<b>Wandelbares Hirn: Neuroplastizität und Neurogenese</b> .....	96
Neue Hirnzellen entstehen .....	97
Hirnregionen springen füreinander ein .....	98

<b>Das Hirn mental fordern: Use it or lose it</b> .....	99
Praktisches Gehirntaining: Denksportaufgaben und Logikrätsel .....	99
Weiterbildung .....	101
<i>Train your brain</i> .....	101

<b>Bewegung und Ernährung</b> .....	109
Der Körper will bewegt werden .....	109
Die beste Hirnnahrung .....	112
Sirt-Food für die Zellregeneration .....	116

<b>Soziale Kontakte und Stressbewältigung</b> .....	121
Freundschaften pflegen .....	121
Stress vorbeugen .....	123
Entspannungstechniken .....	124

<b>Was das Hirn sonst noch schätzt</b> .....	127
Die Alltagsroutine eindämmen .....	127
Schlaf räumt im Hirn auf .....	128
Sexualleben .....	128
Fasten – weniger bringt mehr .....	128
Neurofeedback .....	129
Neurotransmitter ankurbeln .....	130

Für eine gute Hirndurchblutung sorgen ..... 130  
 Neuroenhancement ..... 131  
 Die Produktion von Nervenwachstumsfaktoren unterstützen ..... 132  
*Train your brain* ..... 133

**4 Die Hirnalterung und wie wir sie beeinflussen können** ..... 137

**Die natürliche Hirnalterung** ..... 138  
 Schwindende Hirnmasse ..... 139  
 Positive und negative Einflüsse ..... 140  
 Mentale Aktivitäten vs. intellektuelle Routine ..... 141  
 Körperliche Aktivität vs. Bewegungsmangel ..... 143  
 Ausgewogene Ernährung vs. Mangelernährung ..... 144  
 Schlaf vs. Schlafmangel ..... 146  
 Soziales Netz vs. Einsamkeit ..... 148  
 Stressbewältigung vs. chronischer Stress ..... 149  
 Neuroprotektive Substanzen vs. Sauerstoffradikale ..... 150  
 Erhalt vs. Abbau der Anti-Aging-Hormone ..... 151  
 Weitere Risikofaktoren ..... 154  
*Train your brain* ..... 156

**Demenzerkrankungen** ..... 158  
 Was ist eine Demenz? ..... 158  
 Demenzformen ..... 161  
 Eine Demenz aufschieben oder verhindern –  
 was haben wir in der Hand? ..... 162  
*Train your brain* ..... 164

**U Anhang** ..... 167

Rätsellösungen ..... 168  
 Tabelle: Positive und negative Einflüsse auf das Gehirn ..... 178  
 Buchtipps ..... 181  
 Verwendete Literatur ..... 182  
 Quellennachweis Rätsel ..... 187  
 Stichwortverzeichnis ..... 188





# Vorwort

Ungeachtet aller neuer Erkenntnisse birgt das menschliche Gehirn immer noch unzählige Geheimnisse. Es umfassend zu begreifen ist zum gegenwärtigen Zeitpunkt genauso illusorisch, wie die Grenzen und Gesetze des Universums verstehen zu wollen.

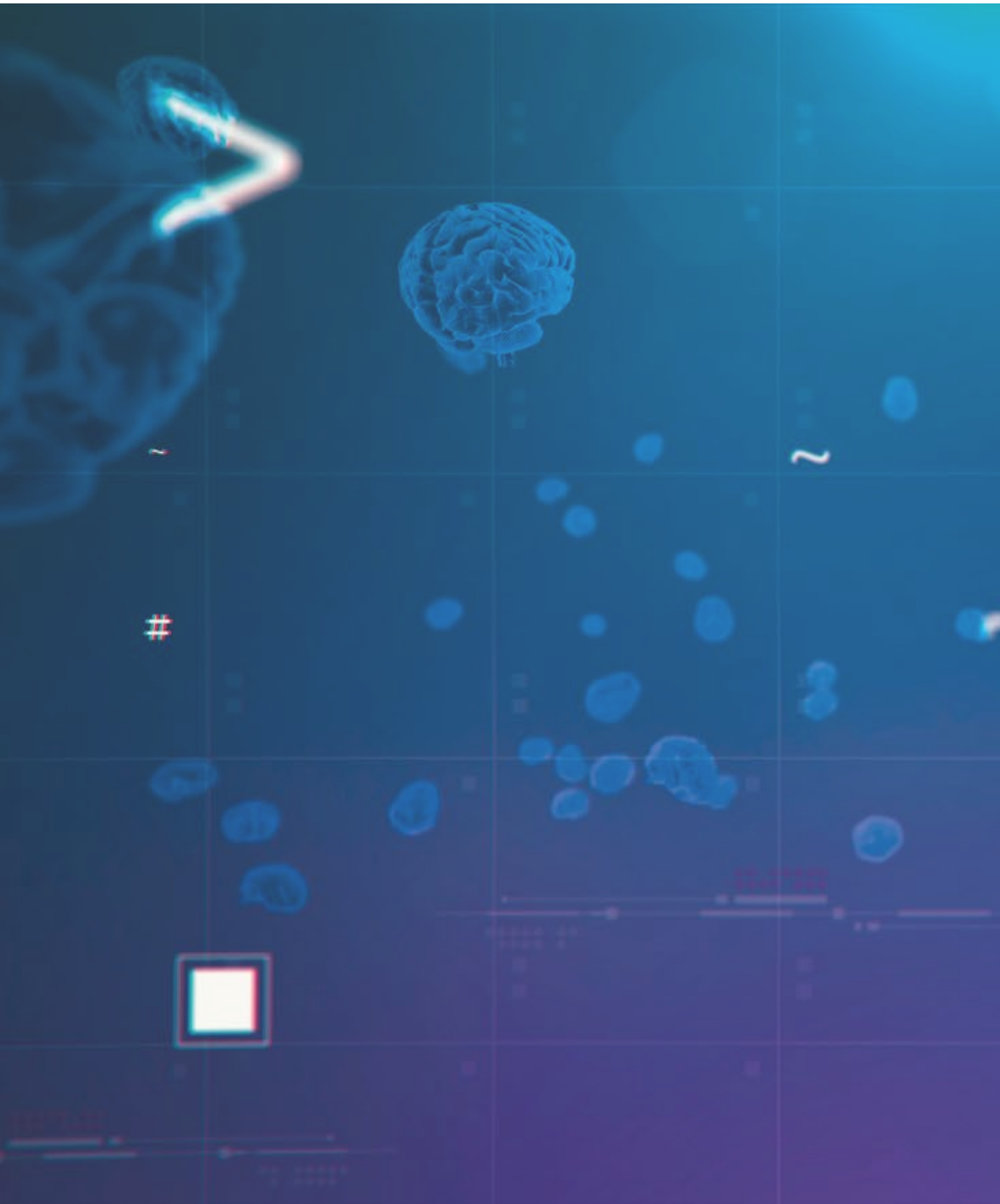
In diesem Ratgeber möchte ich Sie auf unterhaltsame Weise über den aktuellen Stand der Hirnforschung informieren und aufzeigen, wie wir unser geistiges Potenzial, unter anderem das Gedächtnis, erhalten und sogar noch steigern können. Tatsache ist: Bis ins hohe Alter, bis zum letzten Gedankenblitz, formt unser Denkkorgan neue Hirnzellen und baut das Netz von Nervenverbindungen aus – immer unter der Bedingung allerdings, dass wir es zeitlebens entsprechend nutzen und fordern.

Aber weshalb hat die Natur überhaupt ein Gehirn hervorgebracht? Schliesslich existieren auch hirnlose Lebewesen wie Quallen, Seesterne und ein paar seltene Tiefseekreaturen. Die ursprüngliche Aufgabe bestand vermutlich allein darin, Bewegungen zu steuern, sich in der Umwelt zu orientieren sowie Nahrung aufzuspüren – und nicht primär darin, zu denken oder Gefühle zu empfinden. Informationen dazu, wie sich unser Gehirn entwickelt hat, wie unsere Sinnesorgane geschärft werden können sowie Wissenswertes über das Denken und Bewusstsein finden Sie in den ersten beiden Kapiteln.


Das dritte Kapitel setzt sich mit den konkreten Möglichkeiten auseinander, unser Denkkorgan im Alltag fit zu halten und seine Leistung eventuell sogar zu steigern. Im letzten Kapitel schliesslich geht es um die altersbedingte Hirnschrumpfung und darum, wie wir ihr entgegenwirken können.

Der Mensch und sein Gehirn in 100 Jahren, in 1000 Jahren – wie werden sie sich weiterentwickeln? Welche Fähigkeiten werden wir durch den Einsatz und die Kombination mit neuen Technologien erlangen? Vermutlich sind alle, die dieses Buch lesen, ein paar Generationen zu früh zur Welt gekommen, um dies zu erfahren. Die Antwort kennt nur die nicht allzu ferne, für uns unerreichbare Zukunft.

Dr. med. Robert G. Koch  
November 2018



# Die Krönung der Evolution



Ist das menschliche Gehirn die komplexeste und mysteriöseste Struktur auf diesem Planeten? Obwohl es eines der meist- und bestuntersuchten Organe des menschlichen Körpers ist, bleibt es weiterhin voller Rätsel und offener Fragen.

# Das Gehirn, ein Teil des Nervensystems

**Die Hirnforschung hat in den letzten Jahrzehnten dank bildgebender Verfahren und klinischer Studien grosse Fortschritte gemacht. Dennoch sind wir noch weit davon entfernt, dieses verschlungene Organ und seine Funktionsweise restlos zu verstehen. Doch genau das macht auch seine Faszination aus.**

Die Erkundung des Gehirns ist seit Jahrtausenden populär. Der Mensch wollte schon immer wissen, wie er funktioniert, er will sich selbst verstehen. Die ersten Schädelöffnungen (Trepanationen) wurden vor über 10 000 Jahren in Peru praktiziert – anfänglich aus spirituellen und rituellen Gründen, später auch zu therapeutischen Zwecken. Und wie die verheilten Löcher belegen, überlebten verblüffenderweise einige derjenigen, die sich dieser Prozedur unterzogen, das Aufbohren des Schädels. In welchem geistigen und körperlichen Zustand die Patientinnen und Patienten weiterlebten, ist allerdings nicht überliefert.

Galt das Gehirn bei den Pharaonen noch als unwichtig und wurde es nach dem Tod nicht wie andere Organe konserviert, so erkannten die alten Griechen als Erste das Hirn als Zentralorgan. Einen Grossteil der

*«If the brain were so simple we could understand it, we would be so simple we couldn't.» («Wenn das Hirn so einfach wäre, dass wir es verstehen könnten, dann wären wir selbst so einfach, dass wir es nicht verstehen könnten.»)*

*Lyall Watson, südafrikanischer Wissenschaftler, 1938–2008*

konkreten Erkenntnisse über unser Gehirn gewannen Ärzte bis weit ins 20. Jahrhundert hinein aber immer erst dann, wenn Krankheiten oder Hirn-

verletzungen zu kognitiven Beeinträchtigungen und Ausfällen führten, die klar zuzuordnen waren (Sprachstörungen, motorische Defizite). Bis zum heutigen Tag bleiben in Sachen Hirn dennoch viele Fragen offen.

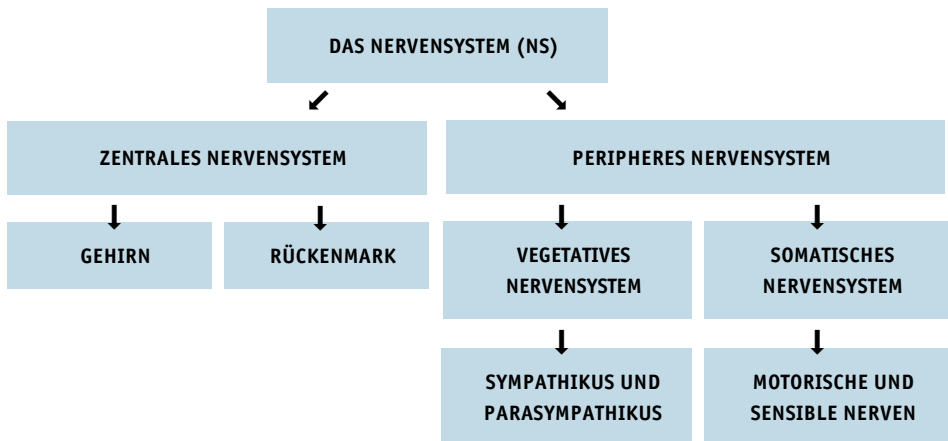
## Die geniale Schaltzentrale in uns

Unser Nervensystem nimmt Informationen und Signale der Umwelt und des eigenen Körpers wahr und ermöglicht entsprechende Reaktionen und Verhaltensweisen. Es wird unterteilt in:

- das zentrale Nervensystem: Gehirn und Rückenmark
- das periphere Nervensystem: vegetatives und somatisches Nervensystem

---

### DAS MENSCHLICHE NERVENSYSTEM



Das zentrale Nervensystem (ZNS) umfasst das eigentliche Hauptorgan Gehirn sowie das Rückenmark.

---

### Das Gehirn (Cerebrum)

Das Gehirn agiert als hochkomplexe Schaltzentrale des menschlichen Körpers und beherbergt ein gigantisches Netzwerk von knapp 100 Milliarden Nervenzellen (Neurone). Jede einzelne dieser Nervenzellen ist über durchschnittlich 10 000 Kontaktstellen (Synapsen) mit den benachbarten Neuronen verknüpft – es können sogar bis zu maximal 20 000 sein.

Ein Neuron allein kann nicht viel bewirken. Erst ein Verbund mit vielen anderen elektrischen Schaltkreisen (siehe Seite 23) befähigt uns zur Fortbewegung, zum Denken und Fühlen. Abermilliarden von energetischen

Impulsen rasen im gesamten Hirn pausenlos hin und her. Wir stehen sozusagen ständig unter Strom.

Erstaunlicherweise sind nur rund 15 Prozent aller Hirnzellen Neurone: die überwiegende Mehrheit sind sogenannte Gliazellen. Diese haben eine Stützfunktion und ernähren die Nervenzellen. Nach neuesten Erkenntnissen «bedienen» einzelne Gliazellen gleichzeitig Hunderte von Neuronen, ohne dass eine direkte Verbindung besteht. Wie diese Verständigung vor sich geht, entzieht sich unserem Wissen.

### **HIRN (SCHWER) GEWICHT**

Männliches Gehirn: durchschnittlich 1375 g

Weibliches Gehirn: durchschnittlich 1245 g

Die bisher schwersten menschlichen Gehirne wiegen bis zu 2,3 Kilogramm.

Das Gewicht muss nicht mit der Intelligenz korrelieren. Einstein hatte ein relativ leichtes Gehirn: Sein Denkorgan wog lediglich 1230 Gramm.

Obwohl es nur ca. 2 Prozent des Körpergewichtes ausmacht, benötigt das Gehirn 20 Prozent und mehr der gesamten dem Organismus zur Verfügung stehenden Energie; ungefähr 20 Watt, gerade so viel also, wie es braucht, um eine schwache Glühbirne zum Leuchten zu bringen. ■

### **Sind Gehirne geschlechterneutral?**

Ein typisches Frauen- oder Männerhirn gibt es, abgesehen von der reinen Grösse, aus anatomischer Sicht nicht. Hierzu existieren jedoch widersprüchliche Untersuchungen. Manche Studien postulieren etwa, dass Frauen in weiten Teilen des Gehirns besonders viele Kontakte zwischen der rechten und linken Hirnhälfte haben, während Männer eine stärkere Vernetzung innerhalb der jeweiligen Hirnhälfte aufweisen.

Das männliche Gehirn wiegt durchschnittlich 130 Gramm mehr als das weibliche. Bei Männern ist jedoch das relative Hirngewicht geringer: Männer haben pro Kilogramm Körpergewicht 20 Gramm Hirn, Frauen dagegen 22 Gramm. Männliche Gehirne haben ein paar Milliarden Neuronen (Nervenzellen) mehr und eine dickere Grosshirnrinde (siehe Grafik Seite 21 oben), in der unter anderem das bewusste Denken stattfindet. Das Hirn von Frauen ist dafür dichter gepackt mit Nervenzellen und durchwegs besser vernetzt.

Allein daraus lassen sich aber keine eindeutigen Rückschlüsse ziehen. Es lässt sich lediglich festhalten, dass männliche und weibliche Hirne weit




---

## CRAZY FACTS

- Offensichtlich kann man auch mit vergleichsweise wenig Hirn viel leisten. So wurde von einem britischen Mathematikstudenten berichtet, sein Schädelraum sei zu 95 Prozent mit Wasser respektive Hirnflüssigkeit gefüllt gewesen. Das Hirn wog nur ca. 100 Gramm. Er soll jedoch sozial unauffällig gewesen sein und einen überdurchschnittlichen IQ von 126 gehabt haben.
  - Das allerschwerste Gehirn hat der Pottwal. Es wiegt 9 Kilogramm. Und sein Herz ist so gross wie ein VW-Käfer.
  - Die Anzahl aller Synapsen in einem menschlichen Gehirn ist vergleichbar mit der Summe aller Blätter im Regenwald des Amazonas: Es sind Hunderte von Billionen.
- 

mehr übereinstimmen, als dass sie sich voneinander unterscheiden. Bei Intelligenztests schneiden Frauen und Männer gleich gut oder schlecht ab. Männer sollen jedoch ein besseres Wahrnehmungsvermögen und überlegene Koordinationsfähigkeiten besitzen, Frauen sagt man dafür mehr Begabung im analytischen und intuitiven Denken nach.

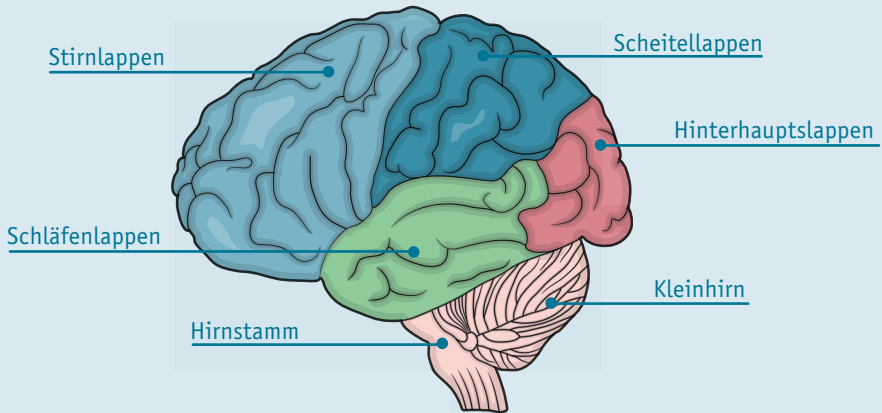
### Die Gliederung des Hirns

Grundsätzlich ist das Gehirn aller Wirbeltiere – also beispielsweise von Fischen, Vögeln, Katzen wie auch von Menschen – ähnlich aufgebaut. Es wird grob gegliedert in Grosshirn, Zwischenhirn, Kleinhirn, Mittelhirn und Hirnstamm. Das **Grosshirn** wird in zwei Hälften (Hemisphären) unterteilt. Es steuert die vielfältigsten Funktionen (Motorik, Sensorik, Sehen, Hören, Sprache, Gefühle etc.) und ist das eigentliche Charakteristikum des menschlichen Gehirns. Im Prozess der Menschwerdung haben sich vor allem die äusserste Schicht, die Grosshirnrinde (Cortex, lateinisch für Rinde), und das Vorderhirn (Stirn- oder Frontallappen) vergrössert und weiterentwickelt. Hier sind die komplexen und anspruchsvolleren Aufgaben lokalisiert (Bewusstsein, Verstand, Denken, Planen, Entscheiden etc.). Sie repräsentieren die höchste kognitive Instanz und sind für die geistigen und seelischen Fähigkeiten zuständig.

Der Cortex verfügt dank seiner vielen Faltungen und Furchen (siehe Grafik Seite 17) über eine enorme Oberfläche.



## GLIEDERUNG DES GEHIRNS



Die zwei Hemisphären des Grosshirns sind durch das Corpus callosum, den sogenannten Balken, miteinander verbunden. Der Balken ermöglicht den Informationsaustausch zwischen den beiden Hirnhälften. Doch warum gibt es überhaupt zwei Hemisphären und nicht ein einziges, kompaktes Gebilde? Vermutlich liegt der Sinn darin, dass die eine Hälfte eingreifen kann – sei es kontrollierend, hemmend oder fördernd –, wenn die andere beeinträchtigt ist oder verrücktspielt.

Die rund 100 Milliarden Nervenzellen verkörpern die **graue Hirnsubstanz**. Die Fortsätze der Nervenzellen (Dendriten) verteilen sich über das gesamte Gehirn und verbinden die verschiedenen Areale untereinander. Diese Verlängerungsfasern bilden in ihrer Gesamtheit die **weisse Hirnsubstanz**. Die Farbe kommt vom Myelin, das die Fortsätze schützend umhüllt.

Jede Grosshirnhemisphäre lässt sich in vier Lappen gliedern:

**Stirnappen** (Frontallappen): zuständig für die Persönlichkeit, logisches Denken, soziales Verhalten, Hauptzentrum der Motorik, Sprachproduktion

**Scheitellappen** (Parietallappen): zuständig für Bewegungen (v.a. Augen und Hände) und Sinnesempfindungen (Schmerz, Tast-, Druck-, Temperatur-, Vibrationssinn etc.); je stärker eine Körperregion sensorisch oder motorisch repräsentiert ist, desto grösser ist auch ihre Bedeutung (siehe Homunkulus, Grafik Seite 18).

**Hinterhauptslappen** (Okzipitallappen): Hier liegen das Sehzentrum und das optische Gedächtnis.

**Schläfenlappen** (Temporallappen): beherbergt das Hörzentrum und ist zuständig für das Gedächtnis und die Sprachrezeption

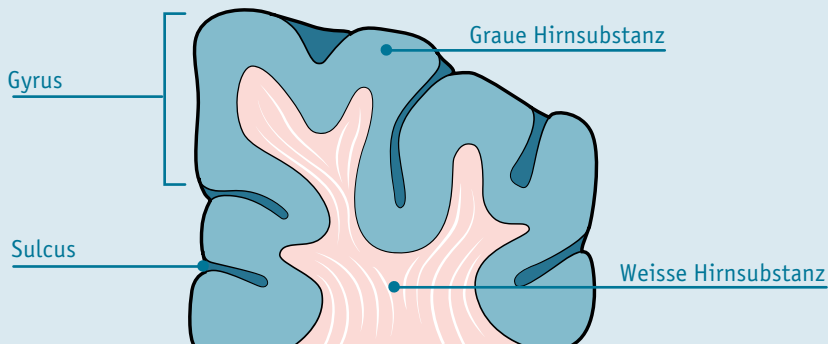
Das **Zwischenhirn** steuert das vegetative, autonome Nervensystem und hält die beiden Opponenten, den aktivierenden Sympathikus und den hemmenden Parasympathikus, im Gleichgewicht. Zum Beispiel beschleunigt der Sympathikus die Herzfrequenz und erweitert die Bronchien, während der Parasympathikus den Puls verlangsamt und die Atemwege verengt.

Wichtige im Zwischenhirn lokalisierte Zentren:

- Thalamus: Kontrolle und Verteilstation von Sinnesreizen und Schmerzen
- Hypothalamus: steuert den Hormon- und Wasserhaushalt, die Körpertemperatur, den Sexualtrieb und die Nahrungsaufnahme (Hunger, Durst). Gemeinsam mit der Zirbeldrüse (Epiphyse) überwacht er die innere Uhr, den Biorhythmus und den Schlaf. Nervenzellen an der Sehnervenkreuzung registrieren, ob es hell oder dunkel ist, und geben der Epiphyse das Signal zur Produktion von Melatonin, dem Schlafhormon.
- Eine weitere wichtige hormonproduzierende Hirnanhangsdrüse, die Hypophyse, mündet ebenfalls ins Zwischenhirn (siehe Abbildung Seite 21).

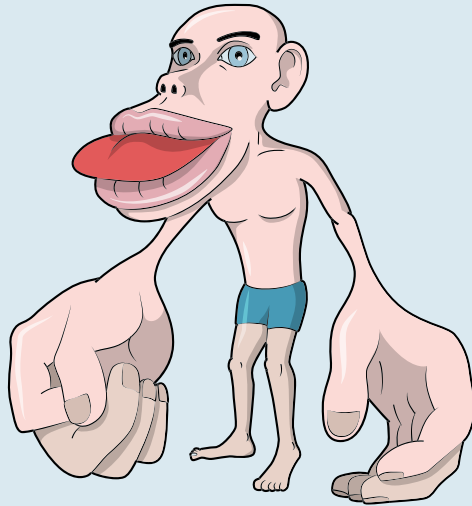
### HIRNWINDUNGEN UND HIRNFURCHEN

Gyrus = Hirnwindung, Sulcus = Hirnfurche



## HOMUNKULUS

Der Homunkulus ist ein künstliches Menschenmodell, das die Grössenverhältnisse der einzelnen Körperregionen entsprechend der Repräsentation in der Hirnrinde abbildet.



**INFO** Infolge eines schweren Hirntraumas konnte 1848 beim Bahnarbeiter Phineas Gage eine auffällige Persönlichkeitsveränderung beobachtet werden. Während einer Explosion hatte sich eine dicke Eisenstange in seinen Frontallappen gebohrt. Phineas Gage erholte sich zwar, doch die Verletzung verwandelte den zuvor freundlichen und ausgeglichenen Mann in einen impulsiven Charaktertypen, unfähig zu entscheiden.

Das **Kleinhirn** kontrolliert unter anderem die Bewegungen, in erster Linie die Feinmotorik und Bewegungsabläufe sowie das Gleichgewicht.

Im entwicklungsgeschichtlich ältesten Teil, dem **Hirnstamm** – bestehend aus verlängertem Rückenmark (= Stammhirn), Mittelhirn und Brücke (Pons) –, werden lebenswichtige Körperfunktionen wie die Atmung und der Blutkreislauf reguliert. Eine Verletzung in diesem Bereich ist meist sofort tödlich (Genickbruch).

Im verlängerten Rückenmark kreuzen die Nervenfasern der einen Hirnhälfte auf die andere Körperseite, weshalb die linke Hemisphäre die Bewegungen der rechten Körperhälfte kontrolliert und umgekehrt.



**INFO** *Im Durchschnitt umfasst die dominante Hirnhälfte, das ist beim Rechtshänder die linke Hemisphäre, knapp 200 Millionen Nervenzellen mehr als die nicht dominante.*

Das **limbische System** wird auch als emotionales Hirn bezeichnet. Neben der Verarbeitung von Gefühlen reguliert es vegetative Funktionen und ist gleichzeitig das Zentrum für unsere Motivation und unser Triebverhalten. Das limbische System umfasst mehrere über das ganze Gehirn verstreute Strukturen, u.a. den Mandelkern (Amygdala) und den Hippocampus (Gedächtnis).

### **Geschützt und gepolstert**

Das Gehirn liegt gut geschützt im knöchernen Schädel und wird von drei Hirnhäuten umhüllt: der äusseren harten Hirnhaut (Dura mater), der mittleren Spinnwebhaut (Arachnoidea mater) und der inneren weichen Hirnhaut (Pia mater). Zwischen den Hirnhäuten befindet sich ein Hohlraum, der mit Gehirn- und Rückenmarksflüssigkeit (Liquor cerebrospinalis) gefüllt ist. Dieser Liquor fliesst auch in die hohlen Hirnkammern (Ventrikel). Er ernährt das Gehirn und schützt es gleichzeitig vor Erschütterungen.

### **Das Rückenmark (Medulla spinalis)**

Das Rückenmark liegt im sogenannten Spinalkanal der Wirbelsäule; so ist es frei beweglich und doch ausreichend geschützt. Alle auf- und absteigenden Nervenbahnen vom und zum Gehirn verlaufen im Rückenmark und stellen die Verbindung zwischen Gehirn und peripherem Nervensystem her. Das Rückenmark setzt sich genau gleich wie das Gehirn aus grauer (Nervenzellen) und weisser (Fortsätze, Leitungsbahnen) Substanz zusammen. Die graue Substanz bildet im Rückenmark eine schmetterlingsförmige Struktur (siehe Abbildung Seite 21).



**INFO** *Sensorik ermöglicht die Wahrnehmung äusserer und innerer Reize mit den Sinnesorganen, **Motorik** charakterisiert die Fähigkeit zur selbständigen Bewegung. Jedes Lebewesen muss sich bewegen können, entweder hin zu einer Nahrungsquelle oder einem möglichen Fortpflanzungsgefährten oder aber weg von einer Gefahrenquelle.*