

**Frank Amthor**

# **Das menschliche Gehirn** **für** **dummies®**

**2. Auflage**

Übersetzung aus dem Amerikanischen von  
Susanne Katharina Hemschemeier und Doreen Paal  
Fachkorrektur von Nina Maslowski

**WILEY**

**WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA**

# Auf einen Blick

<b>Einleitung</b> .....	<b>19</b>
<b>Teil I: Darf ich vorstellen – Ihr Nervensystem</b> .....	<b>25</b>
<b>Kapitel 1:</b> Ein Kurztrip durch das Nervensystem .....	27
<b>Kapitel 2:</b> Gehirn und Rückenmark .....	41
<b>Kapitel 3:</b> Wie Neuronen arbeiten .....	65
<b>Teil II: Die innere und äußere Welt wahrnehmen – Unsere Sinne</b> .....	<b>77</b>
<b>Kapitel 4:</b> Fühlen: Die Sinne der Haut .....	79
<b>Kapitel 5:</b> Einblicke in das Sehen .....	93
<b>Kapitel 6:</b> Der Hörsinn .....	111
<b>Kapitel 7:</b> Geruchs- und Geschmackssinn .....	123
<b>Teil III: Immer in Bewegung bleiben – Das motorische Nervensystem</b> .....	<b>137</b>
<b>Kapitel 8:</b> Die Bewegungs-Basics .....	139
<b>Kapitel 9:</b> Rückenmark und Leitungsbahnen .....	149
<b>Kapitel 10:</b> Handlungen planen und ausführen .....	157
<b>Kapitel 11:</b> Das vegetative Nervensystem .....	169
<b>Teil IV: Intelligenz: Bewusstsein und Denken</b> .....	<b>179</b>
<b>Kapitel 12:</b> Intelligenz, Bewusstsein und Gefühle .....	181
<b>Kapitel 13:</b> Wie das Gehirn Gedanken verarbeitet .....	201
<b>Kapitel 14:</b> Das exekutive Gehirn .....	217
<b>Kapitel 15:</b> Lernen und Gedächtnis .....	231
<b>Kapitel 16:</b> Schaltkreise entwickeln und verändern: Plastizität .....	247
<b>Kapitel 17:</b> Psychische Störungen und Medikamente, die auf das Gehirn wirken .....	265
<b>Teil V: Der Top-Ten-Teil</b> .....	<b>275</b>
<b>Kapitel 18:</b> Zehn (plus eins) wichtige Hirnstrukturen .....	277
<b>Kapitel 19:</b> Zehn Tricks der Neuronen .....	283
<b>Kapitel 20:</b> Zehn verblüffende Fakten über das Gehirn .....	289
<b>Kapitel 21:</b> Zukunftsmusik – Zehn vielversprechende Behandlungsmöglichkeiten .....	297
<b>Glossar</b> .....	<b>305</b>
<b>Stichwortverzeichnis</b> .....	<b>323</b>

# Inhaltsverzeichnis

<b>Einleitung</b> .....	<b>19</b>
Über dieses Buch. ....	19
Konventionen in diesem Buch. ....	20
Was Sie nicht lesen müssen. ....	20
Törichte Annahmen über den Leser. ....	21
Wie dieses Buch aufgebaut ist. ....	21
Teil I: Darf ich vorstellen – Ihr Nervensystem. ....	21
Teil II: Die innere und äußere Welt wahrnehmen – Unsere Sinne ....	21
Teil III: Immer weiter gehen – Das motorische Nervensystem ....	22
Teil IV: Intelligenz: Bewusstsein und Denken. ....	22
Teil V: Der Top-Ten-Teil. ....	22
Symbole, die in diesem Buch verwendet werden. ....	22
Wie es weitergeht. ....	23
<b>TEIL I</b>	
<b>DARF ICH VORSTELLEN – IHR NERVENSYSTEM</b> .....	<b>25</b>
<b>Kapitel 1</b>	
<b>Ein Kurztrip durch das Nervensystem.</b> .....	<b>27</b>
Die Entwicklung des Nervensystems verstehen. ....	27
Spezialisieren und kommunizieren. ....	28
Sich koordiniert bewegen. ....	28
Die Entwicklung komplexer Tiere. ....	28
Der Neokortex. ....	29
Die Funktion des Nervensystems. ....	29
Die wichtige Rolle der Nervenzellen. ....	29
Signalverarbeitung in Schaltkreisen, Segmenten und Modulen. ....	31
Was für eine Ladung: Elektrizität im Gehirn. ....	32
Der modulare Aufbau des Nervensystems. ....	32
Die Basis-Funktionen des Nervensystems. ....	33
Die Welt wahrnehmen. ....	33
Immer in Bewegung – motorische Nervenzellen. ....	34
Entschluss und Tat. ....	34
Intelligenz und Gedächtnis. ....	35
Wenn etwas schief läuft: Neurologische und psychische Erkrankungen. ....	36
Ein Blick in die Zukunft. ....	37
Fehlfunktionen behandeln. ....	37
Unsere Fähigkeiten optimieren: Verändern, wer wir sind. ....	39

<b>Kapitel 2</b>	
<b>Gehirn und Rückenmark</b> .....	<b>41</b>
Ein Blick in den Kopf: Das Gehirn und seine Areale .....	42
Der Neokortex .....	42
Unterhalb der Hirnrinde: Der Thalamus .....	49
Das limbische System und andere wichtige subkortikale Bereiche .....	50
Übertragung zwischen Gehirn und Rückenmark .....	53
Unterschiede: Größe, Aufbau und andere Varianten .....	55
Das Rückenmark: Der Vermittler zwischen den Nervensystemen .....	57
Der Rückenmarksreflex .....	58
Die Muskeln bewegen .....	59
Kämpfen oder Fliehen? Das vegetative Nervensystem .....	60
Woher wissen wir, wie unser Nervensystem funktioniert? .....	60
Die Untersuchung von Hirnverletzungen .....	61
Abbildungen des Gehirns: Vom frühen EEG bis heute .....	61

<b>Kapitel 3</b>	
<b>Wie Neuronen arbeiten</b> .....	<b>65</b>
Das Neuron: Eine ganz besondere Zelle .....	65
Der Informationsaustausch zwischen Neuronen: Die Synapsen .....	66
Informationen aus der Umwelt aufnehmen: spezialisierte Rezeptoren ...	67
Die drei funktionellen Klassen von Neurotransmittern .....	68
Neuronen als elektrische Signalgeber .....	68
Das Aktionspotenzial .....	70
Der Kreis schließt sich: Vom Aktionspotenzial zur	
Neurotransmitterausschüttung .....	72
Bewegung durch Motoneuronen .....	73
Wir sind keine Nervenzellen: Die Gliazellen .....	74
Astrozyten .....	74
Oligodendrozyten und Schwann'sche Zellen .....	74
Mikrogliazellen .....	75
Messtechniken .....	75
Einzelne extrazelluläre Mikroelektroden .....	75
Scharfe intrazelluläre Elektroden .....	75
Patch-Clamp-Technik .....	76
Optische Messmethoden .....	76

**TEIL II**  
**DIE INNERE UND ÄUßERE WELT WAHRNEHMEN –**  
**UNSERE SINNE** .....

**77**

<b>Kapitel 4</b>	
<b>Fühlen: Die Sinne der Haut</b> .....	<b>79</b>
Ein paar Fakten zur Haut und ihren sensorischen Neuronen .....	79
Der Aufbau der Haut .....	80
Berührung spüren: Die Mechanorezeptoren .....	80

Wie funktionieren Mechanorezeptoren? .....	82
Temperatur und Schmerz spüren .....	83
Raumlage und Bewegung erfassen: Die Tiefensensibilität .....	84
Hautrezeptoren, spinale Schaltkreise und die Verarbeitung im Gehirn .....	84
Signale somatosensorischer Rezeptoren .....	85
Empfindungen lokalisieren: Sensorische Areale auf der Hirnrinde .....	86
Den Schmerz verstehen .....	88
Schmerzen reduzieren .....	88
Die periphere Neuropathie. ....	90
Chronische Schmerzen und individuelle Unterschiede in der Schmerzwahrnehmung. ....	90

## Kapitel 5

### Einblicke in das Sehen..... 93

Ein flüchtiger Blick auf Ihre Augen .....	93
Die Netzhaut: Photonen werden in elektrische Signale umgewandelt ...	94
Photonen einfangen: Licht und Fototransduktion .....	95
Die Informationen zum Gehirn schicken .....	96
Signale der Fotorezeptoren verarbeiten: Horizontal- und Bipolarzellen...	97
Signale senden und weiterleiten: Ganglien- und Amakrinzellen .....	99
Von den Augen zu den Sehzentren im Gehirn .....	100
Reiseziel: Thalamus .....	100
Andere Reiseziele. ....	102
Vom Thalamus zum Okzipitallappen. ....	103
Sehstörungen und optische Täuschungen .....	106
Für mich sieht alles grau aus: Farbenblindheit .....	106
Die Ursachen der Blindheit. ....	106
Optische Täuschungen .....	107

## Kapitel 6

### Der Hörsinn ..... 111

Das Ohr: Schallwellen einfangen und entschlüsseln .....	111
Töne einfangen: Das Außenohr. ....	112
Das Mittelohr .....	113
Die Töne kommen zum Gehirn: Das Innenohr .....	114
Den Geräuschen einen Sinn geben: Die Hörzentren im Gehirn. ....	116
Stationen vor dem Thalamus. ....	116
Endlich im Thalamus: Der Nucleus geniculatus medialis. ....	117
Geräusche verarbeiten: Der obere Teil des Temporallappens .....	118
Die Verarbeitung komplexer auditiver Muster .....	119
Töne lokalisieren .....	120
Ich kann dich nicht hören: Gehörlosigkeit und Tinnitus .....	121
Der Hörverlust .....	121
Dieses ständige Pfeifen und Klingeln .....	122

**Kapitel 7**

**Geruchs- und Geschmackssinn ..... 123**

Wie riecht denn das? ..... 124  
 Gerüche unterscheiden können ..... 125  
 Der Geruch geht verschiedene Wege ..... 125  
 Im Orbitofrontalkortex wird's jetzt speziell! ..... 128  
 Lassen Sie es sich schmecken ..... 129  
 Geschmacksunterschiede: Die fünf Geschmacksrichtungen ..... 130  
 Geschmacksinformationen an das Gehirn senden ..... 132  
 Geschmäcker erkennen und sich daran erinnern ..... 133  
 Lernen und Gedächtnis beim Geschmacks- und Geruchssinn ..... 134  
 Den Geruch und Geschmack vermissen ..... 135  
 Schlecht oder gar nicht mehr riechen können ..... 135  
 Sättigung ..... 135

**TEIL III**

**IMMER IN BEWEGUNG BLEIBEN – DAS MOTORISCHE**

**NERVENSYSTEM ..... 137**

**Kapitel 8**

**Die Bewegungs-Basics ..... 139**

Verschiedene Bewegungsarten erkennen ..... 139  
 Bewegungen, die Körperfunktionen steuern ..... 140  
 Reflexbewegungen ..... 140  
 Bewusst gesteuerte Bewegungen ..... 141  
 Bewegungssteuerung: Zentrale Planung und hierarchische Ausführung ..... 141  
 Die Aktivierung unbewusster Muskelbewegungen ..... 142  
 Den Fluchtreflex auslösen ..... 142  
 Fortbewegung ..... 143  
 Das Gehirn: Steuerungszentrale für komplexe Bewegungsabläufe ..... 145  
 Muskelzellen und ihre Aktionspotenziale ..... 145  
 Erkrankungen der Muskeln und der Motoneuronen ..... 147  
 Myasthenia gravis ..... 147  
 Viruserkrankungen: Tollwut und Kinderlähmung ..... 147  
 Rückenmarksverletzungen ..... 148

**Kapitel 9**

**Rückenmark und Leitungsbahnen ..... 149**

Der Fluchtreflex: Open-loop-Kontrolle ..... 150  
 Die Position halten – Closed-loop-Kontrolle ..... 150  
 Gegensätzliche Kräfte: Beuger-Strecker-Muskelpaare ..... 150  
 Modulierende Reflexe: Bewegung und Gleichgewicht ..... 151  
 Das Gleichgewicht halten: Der vestibulospinale Reflex ..... 152  
 Die Grundlagen der Fortbewegung ..... 153  
 Fehler korrigieren: Das Kleinhirn sorgt für Ordnung ..... 153  
 Voll im Fokus: Das Kleinhirn ..... 154  
 Die Körperhaltung während der Bewegung berechnen ..... 154

**Kapitel 10**

**Handlungen planen und ausführen ..... 157**

- Vom Reflex zur bewussten oder zielgerichteten Handlung ..... 158
  - Die Aufgabe des Frontallappens ..... 158
  - Planen, Korrigieren, Lernen: Der Präfrontalkortex und subkortikale Areale ..... 160
  - Das Arbeitsgedächtnis ..... 160
  - Handlungen in Gang setzen: Die Basalganglien ..... 161
  - Supplementär- und prämotorische Areale ..... 162
  - Das Kleinhirn: Bewegungen lernen und koordinieren ..... 163
  - Und nun alles zusammen ..... 164
- Neue (und mysteriöse) Neuronen entdecken ..... 165
  - Die Spiegelneuronen ..... 165
  - Von-Economo-Neuronen ..... 166
- Wenn's nicht mehr rund läuft: Motorische Störungen ..... 166
  - Myasthenia gravis ..... 167
  - Verletzungen von Rückenmark und Gehirn ..... 167
  - Degeneration der Basalganglien ..... 167

**Kapitel 11**

**Das vegetative Nervensystem ..... 169**

- Arbeit hinter den Kulissen: Das vegetative Nervensystem ..... 170
  - Die Funktionen des vegetativen Nervensystems verstehen ..... 170
  - Teilen und herrschen: Das sympathische und das parasympathische Nervensystem ..... 171
  - Das vegetative Nervensystem und chronischer Stress ..... 173
- Süße Träume: Schlaf und zirkadianer Rhythmus ..... 174
  - Die biologische Uhr durch Licht synchronisieren ..... 174
  - Die verschiedenen Schlafstadien ..... 174
  - Schlafzyklen steuern ..... 176
  - Keine süßen Träume: Schlafstörungen ..... 177

**TEIL IV**

**INTELLIGENZ: BEWUSSTSEIN UND DENKEN ..... 179**

**Kapitel 12**

**Intelligenz, Bewusstsein und Gefühle ..... 181**

- Was ist Intelligenz? ..... 182
  - Was definiert Intelligenz: allgemein oder spezialisiert? ..... 183
  - Komponenten der Intelligenz ..... 186
  - Verschiedene Intelligenzstufen ..... 187
- Steht die Intelligenz über den Emotionen? ..... 188
  - Erinnerungen an starke emotionale Reaktionen ..... 189
  - Das limbische System ..... 190
- Bewusstsein verstehen ..... 193

## 14 Inhaltsverzeichnis

Mutmaßungen über das Bewusstsein .....	193
Bewusstseinsarten .....	194
Das Bewusstsein studieren .....	194
Zwei Lager und ein Mittelweg .....	197
Künstliche Intelligenz (KI) und maschinelles Lernen .....	198
Unbewusste Verarbeitung: Rindenblindheit, visueller Neglect und andere Phänomene .....	198

### **Kapitel 13** **Wie das Gehirn Gedanken verarbeitet .....** **201**

Das Gehirn übernimmt das Kommando .....	202
Alles über den Neokortex .....	202
Die vier Hauptlappen des Gehirns und ihre Funktionen .....	202
Die graue und weiße Substanz .....	204
Konnektivität .....	205
Minikolumnen und das »Kleine-Welt-Phänomen« .....	206
Die sechs Schichten der Großhirnrinde .....	206
Der große Auftritt des Neokortex .....	208
Gedanken kontrollieren: Sensorische Leitungsbahnen und Hierarchien .....	208
Sensorische Verschaltungen vom Thalamus zum Kortex .....	209
Der Hippocampus: Spezialisiert auf das Gedächtnis .....	211
Die Gehirnhälften .....	212
Spezialisiert auf Sprache .....	212
Asymmetrie bei der Verarbeitung visueller Informationen .....	213
Wo das Bewusstsein wohnt .....	214
Sprache und Schädigung der rechten oder linken Hirnhälfte .....	214
Allem einen Sinn geben .....	215

### **Kapitel 14** **Das exekutive Gehirn .....** **217**

Das Gehirn, das wir heute haben: Vom Reptiliengehirn zum Neokortex .....	218
Mein Neokortex ist größer als deiner: Die relative Größe .....	218
Der Präfrontalkortex und die Fähigkeit, Ziele zu verfolgen .....	220
Arbeitsgedächtnis, Problemlösung und der seitliche Präfrontalkortex .....	221
Das Arbeitsgedächtnis .....	221
Die Grenzen des Arbeitsgedächtnisses .....	223
Perseveration: Am Alten kleben, auch wenn es nicht mehr sinnvoll ist. ...	225
Entscheidungen treffen: Der Orbitofrontalkortex .....	226
Das Bauchgefühl: Erlernte emotionale Reaktionen .....	226
Risikofreudigkeit, Abneigung und Vergnügen .....	227
Fallbasierte Schlussfolgerungen: Nachdenken über soziale Konsequenzen .....	227
Sind wir schon da? Der vordere Teil des Gyrus cinguli .....	227
Aufzeichnungsfehler und Veränderungstaktiken .....	228
Handeln, ohne zu denken .....	229
Probleme im vorderen Teil des Gyrus cinguli .....	229



**Kapitel 15**

<b>Lernen und Gedächtnis</b> .....	<b>231</b>
Lernen und Gedächtnis: Eine Form der Anpassung an die Umwelt .....	231
Anpassung während der Individualentwicklung .....	232
Das klassische Lernen .....	233
Mehr oder weniger Signale senden: Anpassung und Verstärkung .....	233
Anpassung .....	234
Verstärkung .....	234
Gewöhnung und Sensibilisierung am Seehasen studieren .....	235
Was beim Lernen geschieht: Veränderliche Synapsen .....	235
Neuronale Verarbeitungsprozesse: UND- und ODER-Gatter .....	235
Die McCulloch-Pitts-Nervenzelle .....	237
Das Gehirn neu verkabeln: Der NMDA-Rezeptor .....	238
Die Rolle des Hippocampus für Lernen und Gedächtnis .....	240
Vom Kurz- zum Langzeitgedächtnis .....	240
Die Gedächtnis-Matrix des Hippocampus .....	240
Das Gedächtnis: Kortikale Mechanismen .....	243
Das episodische Gedächtnis .....	243
Gedächtnisverlust: Vergessen und Amnesie .....	244
Besser lernen können .....	245
Lernzeiten auf viele kürzere Abschnitte verteilen .....	246
Genug schlafen! .....	246
Bewegungsabläufe in Gedanken üben .....	246
Belohnen und bestrafen .....	246

**Kapitel 16**

<b>Schaltkreise entwickeln und verändern: Plastizität</b> .....	<b>247</b>
Entwicklung nach der Befruchtung .....	248
Entstehung aus dem Ektoderm: Das embryonale Nervensystem .....	248
Schichten aufbauen: Die Entwicklung des Kortex .....	250
Alles verkabeln: Wie Axone verschiedene Hirnareale miteinander verbinden .....	252
Aus Erfahrungen lernen: Plastizität und die Entwicklung kortikaler Landkarten .....	254
Sehen, Hören, Berühren – Landkarten in unserem Kopf .....	255
Das Hebb'sche Gesetz .....	255
Was wiegt mehr? Genetik oder Umwelt? .....	257
Ein Exkurs in die Genetik: Wie die Gehirnbildung im Erbgut festgelegt ist .....	257
Den falschen Weg einschlagen: Entwicklungsstörungen des Nervensystems .....	258
Genetische Entwicklungsstörungen bei Mutantenmäusen .....	259
Einflüsse von Umweltfaktoren auf die Entwicklung des menschlichen Gehirns .....	260
Das alternde Gehirn .....	261
Das Gehirn ändert im Alter die Strategie .....	262
Altersspezifische Störungen des Gehirns .....	263
Autoimmunerkrankungen .....	263
Schlaganfälle .....	264
Tumore .....	264

**Kapitel 17**

**Psychische Störungen und Medikamente, die auf das Gehirn wirken ..... 265**

- Ursachen und Arten psychischer Erkrankungen ..... 265
  - Genetische Defekte ..... 266
  - Entwicklungsstörungen und Umwelteinflüsse bei psychischen Erkrankungen ..... 267
  - Psychische Erkrankungen, bei denen Gene und Entwicklung eine Rolle spielen ..... 268
- Vielversprechende Medikamente ..... 272
  - Typische und atypische antipsychotische Medikamente ..... 273
  - Medikamente, die GABA-Rezeptoren beeinflussen ..... 273
  - Medikamente, die Serotonin beeinflussen ..... 273
  - Medikamente, die den Dopaminstoffwechsel beeinflussen ..... 274
  - Einige natürliche psychoaktive Substanzen ..... 274

**TEIL V**

**DER TOP-TEN-TEIL ..... 275**

**Kapitel 18**

**Zehn (plus eins) wichtige Hirnstrukturen ..... 277**

- Der Neokortex ..... 277
- Der Thalamus, das Tor zum Neokortex ..... 278
- Das Pulvinar ..... 278
- Das Kleinhirn ..... 278
- Der Hippocampus ..... 279
- Das Wernicke- und das Broca-Areal ..... 279
- Das fusiforme Gesichtsareal ..... 280
- Die Amygdala ..... 280
- Der seitliche Präfrontalkortex ..... 281
- Die Substantia nigra (Basalganglien) ..... 281
- Der vordere Teil des Gyrus cinguli ..... 282

**Kapitel 19**

**Zehn Tricks der Neuronen ..... 283**

- Das Problem mit der Größe lösen ..... 283
- Immer das meiste herausholen ..... 284
- Chemische Kommunikation der Neuronen ..... 284
- Spezialisiert für die Sinne ..... 285
- Signalverarbeitung durch Ionenkanalströme ..... 285
- Die Signalstärke über weite Entfernungen erhalten ..... 286
- Das Axon: Signale vom Kopf bis zum Fuß ..... 286
- Schneller durch Myelinscheiden ..... 287
- Das neuronale Gleichgewicht ..... 287
- Anpassen und Lernen durch die Veränderung der Synapsenstärke ..... 288

**Kapitel 20****Zehn verblüffende Fakten über das Gehirn..... 289**

Es besitzt 100 Milliarden Zellen und eine Billion Synapsen.....	289
Das Bewusstsein ist nicht in einem speziellen Hirnareal lokalisiert.....	290
Das Gehirn besitzt keine Schmerzrezeptoren.....	290
Das Durchtrennen der größten Nervenfaserbahn im Gehirn hat nur geringe Nebenwirkungen.....	291
Einsteins Gehirn war kleiner als der Durchschnitt.....	292
Erwachsene verlieren täglich Hunderttausende Neuronen ohne spürbare Folgen.....	292
Unser Gehirn ist ein Energiefresser.....	292
Es ist ein Mythos, dass wir nur zehn Prozent unseres Gehirns nutzen.....	293
Hirnschädigungen führten zu Inselbegabungen.....	294
Auch erwachsene Gehirne können neue Nervenzellen bilden.....	295

**Kapitel 21****Zukunftsmusik – Zehn vielversprechende****Behandlungsmöglichkeiten..... 297**

Entwicklungsstörungen durch eine Gentherapie korrigieren.....	297
Ein Superhirn durch Genmanipulation.....	298
Gehirnverletzungen mit Stammzellen heilen.....	299
Die Behandlung neurologischer Störungen mit der tiefen Hirnstimulation.....	299
Externe Hirnstimulation durch transkranielle Magnetstimulation und transkranielle Gleichstromstimulation.....	300
Neuroprothesen gegen Sinnesverlust.....	300
Neuroprothesen gegen Lähmungen: Zum Beispiel iBCI.....	301
Ein besseres Gehirn durch Neuroprothesen?.....	302
Computergestütztes Lernen.....	302
Krankheiten behandeln mit Nanobots.....	303

**Glossar..... 305****Stichwortverzeichnis..... 323**