

# 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
<b>TEIL II</b>	
<b>DIE INNERE UND ÄUßERE WELT WAHRNEHMEN – UNSERE SINNE</b> .....	<b>77</b>
<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 Gehörverlust ..... 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**  
**Lernen und Gedächtnis** ..... **231**

- 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**  
**Schaltkreise entwickeln und verändern: Plastizität** ..... **247**

- 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

<b>Kapitel 17</b>	
<b>Psychische Störungen und Medikamente, die auf das Gehirn wirken</b> .....	<b>265</b>
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
<b>TEIL V</b>	
<b>DER TOP-TEN-TEIL</b> .....	<b>275</b>
<b>Kapitel 18</b>	
<b>Zehn (plus eins) wichtige Hirnstrukturen</b> .....	<b>277</b>
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
<b>Kapitel 19</b>	
<b>Zehn Tricks der Neuronen</b> .....	<b>283</b>
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 Billiarde 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**

