

Auf einen Blick

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



Inhaltsverzeichnis

Einleitung	19
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
TEIL I	
DARF ICH VORSTELLEN – IHR NERVENSYSTEM	25
Kapitel 1	
Ein Kurztrip durch das Nervensystem	27
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

Kapitel 2	
Gehirn und Rückenmark	41
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
Kapitel 3	
Wie Neuronen arbeiten	65
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
Kapitel 4	
Fühlen: Die Sinne der Haut	79
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

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 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**

