

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 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

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