

Auf einen Blick

Über den Autor	9
Einleitung	21
Teil I: Darf ich vorstellen: Ihr Nervensystem	27
Kapitel 1: Ein Kurztrip durch das Nervensystem	29
Kapitel 2: Unter der Lupe: Gehirnareale und Leitungsbahnen des Rückenmarks ..	41
Kapitel 3: Wie Neuronen arbeiten	67
Kapitel 4: Das vegetative Nervensystem	79
Kapitel 5: Unser Schlaf und zirkadianer Rhythmus	85
Kapitel 6: Entstehung und Entwicklung des Gehirns	91
Kapitel 7: Methoden der Neurowissenschaft und klinischen Forschung	105
Teil II: Die innere und äußere Welt wahrnehmen: Unsere Sinne	111
Kapitel 8: Einblicke in das Sehen	113
Kapitel 9: Der Hörsinn	131
Kapitel 10: Geruchs- und Geschmackssinn	145
Kapitel 11: Fühlen: Die Sinne der Haut	159
Teil III: Immer in Bewegung bleiben: Das motorische Nervensystem	173
Kapitel 12: Die Grundlagen der Bewegung	175
Kapitel 13: Handlungen planen und ausführen	185
Kapitel 14: Verletzungen und Erkrankungen des motorischen Systems	193
Teil IV: Höhere kognitive Funktionen: Intelligenz, soziale Kognition und Bewusstsein	197
Kapitel 15: Intelligenz	199
Kapitel 16: Das exekutive Gehirn	211
Kapitel 17: Soziale Kognition, Emotionen und Empathie	223
Kapitel 18: Lernen und Gedächtnis	235
Kapitel 19: Bewusstsein	251
Kapitel 20: Wenn das Gehirn strauchelt: Ursachen, Auswirkungen und psychopharmakologische Therapiemöglichkeiten	265
Teil V: Der Top-Ten-Teil	283
Kapitel 21: (Knapp) zehn Innovationen der Neurowissenschaften	285
Kapitel 22: Zehn Tricks der Neuronen	293
Abbildungsverzeichnis	299
Stichwortverzeichnis	303

Inhaltsverzeichnis

Über den Autor	9
Einleitung	21
Über dieses Buch.	21
Konventionen in diesem Buch.	22
Was Sie nicht lesen müssen.	22
Törichte Annahmen über den Leser.	22
Wie dieses Buch aufgebaut ist.	23
Symbole, die in diesem Buch verwendet werden.	25
Wie es weitergeht	25
 TEIL I	
DARF ICH VORSTELLEN: IHR NERVENSYSTEM.	27
 Kapitel 1	
Ein Kurztrip durch das Nervensystem.	29
Wie unser Nervensystem entstand.	29
Spezialisieren und kommunizieren.	30
Sich koordiniert bewegen.	30
Die Entwicklung komplexer Tiere	30
Der Neokortex	31
Die Funktion des Nervensystems	33
Die wichtige Rolle der Nervenzellen	34
Signalverarbeitung in Schaltkreisen, Segmenten und Modulen	35
Die graue und die weiße Substanz	36
Was für eine Ladung: Elektrizität im Gehirn.	36
Der modulare Aufbau des Nervensystems	36
Sensorik und Motorik	37
Die Welt wahrnehmen.	37
Immer in Bewegung: Motorische Nervenzellen	38
Höhere kognitive Prozesse.	38
Der Präfrontalkortex: Dreh- und Angelpunkt der Kognition	39
Intelligenz, Sprache und Gedächtnis.	39
 Kapitel 2	
Unter der Lupe: Gehirnnareale und Leitungsbahnen des Rückenmarks	41
Ein Blick in den Kopf: Das Gehirn und seine Areale	42
Der Neokortex	42
Unterhalb der Hirnrinde: Der Thalamus als Tor zum Neokortex	52
Das limbische System und andere wichtige subkortikale Bereiche	56
Weibliches und männliches Gehirn: Geschlechtsspezifische Unterschiede. .	60

14 Inhaltsverzeichnis

Das Rückenmark: Der Vermittler zwischen den Nervensystemen.....	61
Übertragung zwischen Gehirn und Rückenmark	62
Der Rückenmarksreflex.....	64
Kommunikation innerhalb des Rückenmarks und zum Gehirn	65

Kapitel 3

Wie Neuronen arbeiten..... 67

Das Neuron: Eine ganz besondere Zelle	67
Der Informationsaustausch zwischen Neuronen: Die Synapsen	69
Informationen aus der Umwelt aufnehmen: Spezialisierte Rezeptoren ...	70
Die drei funktionellen Klassen von Neurotransmittern	70
Neuronen als elektrische Signalgeber	71
Das Aktionspotenzial.....	72
Der Kreis schließt sich: Vom Aktionspotenzial zur Neurotransmitterausschüttung	74
Bewegung durch Motoneuronen	75
Wir sind nicht nur Nervenzellen: Die Gliazellen	76
Astrozyten	76
Oligodendrozyten und Schwann'sche Zellen.....	77
Mikrogliazellen	77

Kapitel 4

Das vegetative Nervensystem..... 79

Arbeit hinter den Kulissen: Das vegetative Nervensystem	80
Der Sympathikus: Kämpfen oder fliehen?	80
Der Parasympathikus: Alles im grünen Bereich!	80
Teilen und herrschen: Das sympathische und das parasympathische Nervensystem im Alltag	81
Die Aktivität verschiedener Organe anpassen.....	82
Wechsel zwischen Ruhe und Aktivität.....	82
Das vegetative Nervensystem und chronischer Stress	83

Kapitel 5

Unser Schlaf und zirkadianer Rhythmus..... 85

Die biologische Uhr durch Licht synchronisieren.....	86
Die verschiedenen Schlafstadien	86
Der Non-REM-Schlaf (NREM)	86
Der REM-Schlaf.....	87
Der innere Rhythmus und damit verbundene Neurotransmitter	89
Keine süßen Träume: Schlafstörungen	89

Kapitel 6

Entstehung und Entwicklung des Gehirns..... 91

Entwicklung nach der Befruchtung.....	92
Entstehung aus dem Ektoderm: Das embryonale Nervensystem	92
Ein Exkurs in die Genetik: Wie die Gehirnbildung im Erbgut festgelegt ist	94

Die Entwicklung des Kortex: Schicht für Schicht	95
Neuronale Stammzellen und die Migration von Vorläuferzellen	96
Alles verkabeln: Wie Axone verschiedene Hirnareale miteinander verbinden	99
Aus Erfahrungen lernen: Plastizität und Entwicklung kortikaler Landkarten	100
Sehen, Hören, Berühren – Landkarten in unserem Kopf	101
Das Hebb'sche Gesetz	101
Das alternde Gehirn	103

Kapitel 7

Methoden der Neurowissenschaft und klinischen

Forschung 105

Läsionen: Was uns Gehirnerkrankungen verraten	105
Revolution in der Hirnforschung: Reversible Läsionen durch gezielte Hirnstimulation	106
Messtechniken der elektrischen Aktivität und Informationsübertragung im Gehirn	107
Elektroenzephalografie (EEG)	107
Invasive Messtechniken der Elektrophysiologie	107
Magnetoenzephalografie (MEG)	108
Optische Messmethoden der Informationsübertragung	109
Bildgebende Verfahren zur Untersuchung von Gehirnfunktionen	109
PET und SPECT	109
Funktionelle Magnetresonanztomografie (fMRT)	110
Diffusions-Tensor-Bildgebung (DTI)	110
Funktionale Nahinfrarotspektroskopie (fNIRS)	110

TEIL II

DIE INNERE UND ÄUßERE WELT WAHRNEHMEN:

UNSERE SINNE 111

Kapitel 8

Einblicke in das Sehen 113

Ein flüchtiger Blick auf Ihre Augen	114
Die Netzhaut: Photonen werden in elektrische Signale umgewandelt	114
Photonen einfangen: Licht und Fototransduktion	115
Die Informationen zum Gehirn schicken	116
Signale der Fotorezeptoren verarbeiten: Horizontal- und Bipolarzellen . .	119
Signale senden und weiterleiten: Ganglien- und Amakrinzellen	120
Von den Augen zu den Sehzentren im Gehirn	121
Reiseziel: Thalamus	121
Andere Reiseziele	124
Vom Thalamus zum Okzipitallappen	125
Sehstörungen und optische Täuschungen	127
Für mich sieht alles grau aus: Farbenblindheit	127
Die Ursachen der Blindheit	128
Optische Täuschungen	129

Kapitel 9

Der Hörsinn	131
Das Ohr: Schallwellen einfangen und entschlüsseln	131
Töne einfangen: Das Außenohr	132
Das Mittelohr	133
Die Töne kommen zum Gehirn: Das Innenohr	134
Den Geräuschen einen Sinn geben: Die Hörzentren im Gehirn	137
Stationen vor dem Thalamus	137
Endlich im Thalamus: Der Nucleus geniculatus medialis	138
Geräusche verarbeiten: Der obere Teil des Temporallappens	138
Die Verarbeitung komplexer auditiver Muster	139
Töne lokalisieren	141
Ich kann dich nicht hören: Gehörlosigkeit und Tinnitus	142
Der Hörverlust	142
Dieses ständige Pfeifen und Klingeln	142

Kapitel 10

Geruchs- und Geschmackssinn	145
Wie riecht denn das?	146
Gerüche unterscheiden können	147
Der Geruch geht verschiedene Wege	147
Im Orbitofrontalkortex wird's jetzt speziell!	150
Lassen Sie es sich schmecken!	151
Geschmacksunterschiede: Die fünf Geschmacksrichtungen	152
Geschmacksinformationen an das Gehirn senden	154
Geschmäcker erkennen und sich daran erinnern	155
Lernen und Gedächtnis beim Geschmacks- und Geruchssinn	156
Den Geruch und Geschmack vermissen	157
Schlecht oder gar nicht mehr riechen können	157
Sättigung	157

Kapitel 11

Fühlen: Die Sinne der Haut	159
Ein paar Fakten zur Haut und ihren sensorischen Neuronen	159
Der Aufbau der Haut	160
Berührung spüren: Die Mechanorezeptoren	161
Wie funktionieren Mechanorezeptoren?	162
Temperatur und Schmerz spüren	163
Raumlage und Bewegung erfassen: Die Tiefensensibilität	164
Hautrezeptoren, spinale Schaltkreise und die Verarbeitung im Gehirn	165
Signale somatosensorischer Rezeptoren	165
Empfindungen lokalisieren: Sensorische Areale auf der Hirnrinde	166
Den Schmerz verstehen	168
Schmerzen reduzieren	168
Die periphere Neuropathie	170
Chronische Schmerzen und individuelle Unterschiede in der Schmerzwahrnehmung	170

TEIL III
IMMER IN BEWEGUNG BLEIBEN: DAS MOTORISCHE
NERVENSYSTEM 173

Kapitel 12
Die Grundlagen der Bewegung 175

Bewusste und unbewusste Bewegungen	175
Unbewusste Bewegungen steuern Körperfunktionen	176
Reflexbewegungen.	176
Bewusst gesteuerte Bewegungen	176
Rückenmark und Leitungsbahnen	178
Der Fluchtreflex: Open-loop-Kontrolle	178
Die Position halten: Closed-loop-Kontrolle	179
Gegensätzliche Kräfte: Beuger-Strecker-Muskelpaare	179
Modulierende Reflexe: Bewegung und Gleichgewicht	180
Fehler korrigieren: Das Kleinhirn sorgt für Ordnung	182
Voll im Fokus: Das Kleinhirn	182
Die Körperhaltung während der Bewegung berechnen	183
Ein Blick auf die motorische Kontrolle in Kortex und Hirnstamm	184

Kapitel 13
Handlungen planen und ausführen 185

Vom Reflex zur bewussten oder zielgerichteten Handlung	185
Die Aufgabe des Frontallappens	186
Signale vom primär motorischen Kortex zur Muskulatur	186
Ziele festlegen, wie Sie wohin gehen wollen!	187
Planen, Korrigieren, Lernen: Präfrontalkortex und subkortikale Areale	187
Das Arbeitsgedächtnis	188
Handlungen in Gang setzen: Die Basalganglien	188
Supplementär- und prämotorische Areale	190
Der prämotorische Kortex: Lernen, es richtig zu machen.	190
Der supplementär motorische Kortex: Einfach davonsausen.	190
Das Kleinhirn: Bewegungen lernen und koordinieren.	191
Und nun alles zusammen.	191

Kapitel 14
Verletzungen und Erkrankungen des motorischen Systems ... 193

Störungen der neuromuskulären Übertragung	193
Myasthenia gravis	193
Viruserkrankungen: Tollwut und Kinderlähmung.	194
Rückenmarksverletzungen.	194
Verletzungen und Degeneration spezifischer Neuronen-Populationen im Gehirn	195
Die Parkinson'sche Erkrankung	195
Chorea Huntington	196

TEIL IV

HÖHERE KOGNITIVE FUNKTIONEN: INTELLIGENZ, SOZIALE KOGNITION UND BEWUSSTSEIN..... 197

Kapitel 15

Intelligenz 199

Was ist Intelligenz?	200
Allgemeine, fluide und kristalline Intelligenz	201
Neurobiologische Perspektive der Intelligenz	204
Areale und funktionelle Netzwerke der Intelligenz	205
Plastizität und Erholung nach einer Hirnschädigung	206
Anlage und Umwelt	207

Kapitel 16

Das exekutive Gehirn 211

Gehirnareale der Exekutivfunktionen	212
Die Rolle des Präfrontalkortex beim zielgerichteten Handeln	213
Das Arbeitsgedächtnis	214
Der laterale Präfrontalkortex	214
Die Grenzen des Arbeitsgedächtnisses	215
Perseveration: Am Alten kleben, auch wenn es nicht mehr sinnvoll ist. ...	217
Entscheidungen treffen: Der Orbitofrontalkortex	218
Das Bauchgefühl: Erlernte emotionale Reaktionen	219
Risikofreudigkeit, Abneigung und Vergnügen	219
Kontrollzentrale des Handelns: Der Gyrus cinguli	219
Aufzeichnungsfehler und Veränderungstaktiken	220
Handeln, ohne zu denken	221
Probleme im anterioren cingulären Kortex	221

Kapitel 17

Soziale Kognition, Emotionen und Empathie 223

Die Rolle der Emotionen in sozialer Kognition und Intelligenz	224
Interagieren im sozialen Kontext und Gefühle verstehen	225
Sprache	226
Das Sprachzentrum im Gehirn	227
Emotionen in der Mimik und Körpersprache	228
Empathie	229
Gehirnareale der sozialen Kognition	230
Navigieren im sozialen Raum: Die Mission des orbitofrontalen Kortex. ...	230
Altes und Neues Hand in Hand	231
Neue (und mysteriöse) Neuronen entdecken	232

Kapitel 18

Lernen und Gedächtnis 235

Lernen und Gedächtnis: Eine Form der Anpassung an die Umwelt	235
Mehr oder weniger Signale senden: Anpassung und Verstärkung	236
Anpassung	236
Verstärkung	237

Komparative Neurowissenschaften: Gewöhnung und Sensibilisierung beim Seehasen	237
Was beim Lernen geschieht: Veränderliche Synapsen	238
Neuronale Verarbeitungsprozesse: UND- und ODER-Gatter	238
Die McCulloch-Pitts-Nervenzelle	239
Das Gehirn neu verkabeln: Der NMDA-Rezeptor	241
Die Rolle des Hippocampus für Lernen und Gedächtnis.	243
Vom Kurz- zum Langzeitgedächtnis	243
Die Gedächtnis-Matrix des Hippocampus	244
Das Gedächtnis: Kortikale Mechanismen.	246
Das episodische Gedächtnis.	246
Gedächtnisverlust: Vergessen und Amnesie	247
Besser lernen können.	248
Lernzeiten auf viele kürzere Abschnitte verteilen.	249
Genug schlafen!	249
Bewegungsabläufe in Gedanken üben.	249
Belohnen und bestrafen.	249

Kapitel 19

Bewusstsein. 251

Erste psychologische Ansätze	252
Aktuelle Bewusstseinstheorien	253
Neurowissenschaftliche Erkenntnisse	254
Elektrophysiologische Techniken.	255
Bildgebende Verfahren	255
Störungsexperimente	256
Computational Neuroscience.	256
Bewusstseinsarten	257
Schlafen und Wachsein	258
Narkose und Bewusstsein	258
Hirnschädigung	259
Sprache und Bewusstsein.	259
Künstliche Intelligenz (KI) und maschinelles Lernen.	260
Unbewusste Verarbeitung: Rindenblindheit, visueller Neglect und andere Phänomene.	262
Die Cocktail-Party-Situation	262
Rindenblindheit	262
Unterbewusste Wahrnehmung und Priming.	263
Visueller Neglect.	263

Kapitel 20

Wenn das Gehirn strauchelt: Ursachen, Auswirkungen und psychopharmakologische Therapiemöglichkeiten. 265

Ursachen und Auswirkungen neurologischer Dysfunktionen und Entwicklungsstörungen.	265
Neurodegenerative Erkrankungen	265
Tumorerkrankungen	268
Vaskuläre Erkrankung	269

20 Inhaltsverzeichnis

Genetische Erkrankungen.....	269
Entwicklungsstörungen.....	272
Psychische Erkrankungen mit Gene-Umwelt-Interaktion und Kombination.....	275
Psychopharmakologie: Vielversprechende Medikamente.....	279
Typische und atypische antipsychotische Medikamente.....	280
Medikamente, die GABA-Rezeptoren beeinflussen.....	280
Medikamente, die Serotonin beeinflussen.....	280
Medikamente, die den Dopaminstoffwechsel beeinflussen.....	281
Einige natürliche psychoaktive Substanzen.....	281
 TEIL V	
DER TOP-TEN-TEIL.....	283
 Kapitel 21	
(Knapp) zehn Innovationen der Neurowissenschaften.....	285
Gehirnverletzungen mit Stammzellen heilen.....	285
Krankheiten behandeln mit Nanobots.....	286
Tiefe Hirnstimulation zur Behandlung neurologischer Störungen.....	287
Motorische Neuroprothesen: Intrakranielle Brain-Computer-Interfaces gegen Lähmungen.....	288
Sensorische Neuroprothesen: Sinneswahrnehmungen werden wiederhergestellt.....	289
Wiederherstellung des Sehvermögens.....	289
Wiederherstellung des Hörvermögens.....	290
Rückmeldung vom Gehirn persönlich: Neurofeedback.....	290
Unsere Fähigkeiten optimieren: Das augmentierte Gehirn.....	291
Passive Brain-Computer-Interfaces und neuroadaptive Systeme: Unterstützung durch feinfühligste Technik.....	291
 Kapitel 22	
Zehn Tricks der Neuronen.....	293
Das Problem mit der Größe lösen.....	293
Immer das meiste herausholen.....	294
Chemische Kommunikation der Neuronen.....	294
Spezialisiert für die Sinne.....	295
Signalverarbeitung durch Ionenkanalströme.....	295
Signalstärke über weite Entfernungen.....	296
Das Axon: Signale vom Kopf bis zum Fuß.....	296
Schneller durch Myelinscheiden.....	296
Das neuronale Gleichgewicht.....	297
Anpassen und Lernen durch die Veränderung der Synapsenstärke.....	298
 Abbildungsverzeichnis.....	299
Stichwortverzeichnis.....	303