

Gehirn und Verhalten

Monika Pritzel / Matthias Brand / Hans J. Markowitsch

Gehirn und Verhalten

Ein Grundkurs der physiologischen Psychologie

Anschriften der Autoren

Prof. Dr. Monika Pritzel
Universität Koblenz-Landau
Fachbereich 8 Psychologie
Arbeitsbereich Kognitive Neurowissenschaft, Klinische Psychologie und Intervention
Im Fort 7
76829 Landau

Dr. Matthias Brand / Prof. Dr. Hans J. Markowitsch
Universität Bielefeld
Physiologische Psychologie
Postfach 10 01 31
33501 Bielefeld

Wichtiger Hinweis für den Benutzer

Der Verlag, der Herausgeber und die Autoren haben alle Sorgfalt walten lassen, um vollständige und akkurate Informationen in diesem Buch zu publizieren. Der Verlag übernimmt weder Garantie noch die juristische Verantwortung oder irgendeine Haftung für die Nutzung dieser Informationen, für deren Wirtschaftlichkeit oder fehlerfreie Funktion für einen bestimmten Zweck. Der Verlag übernimmt keine Gewähr dafür, dass die beschriebenen Verfahren, Programme usw. frei von Schutzrechten Dritter sind. Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Buch berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften. Der Verlag hat sich bemüht, sämtliche Rechteinhaber von Abbildungen zu ermitteln. Sollte dem Verlag gegenüber dennoch der Nachweis der Rechtsinhaberschaft geführt werden, wird das branchenübliche Honorar gezahlt.

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Springer ist ein Unternehmen von Springer Science+Business Media
springer.de

© Spektrum Akademischer Verlag Heidelberg 2003
Spektrum Akademischer Verlag ist ein Imprint von Springer

09 10 11 12 13 5 4 3 2 1

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Planung und Lektorat: Katharina Neuser-von Oettingen, Ulrike Finck
Satz: Satz- & Grafikstudio Stephan Meyer, Dresden
Umschlaggestaltung: wsp design Werbeagentur GmbH, Heidelberg

Vorwort

Gehirn und Verhalten ist ein Lehrbuch, das einen Überblick über den gegenwärtigen Stand neurowissenschaftlicher, am Verhalten orientierter Forschung liefern will. Es behandelt Themen, die zum Prüfungsstoff für Psychologen (im Fach Physiologische Psychologie bzw. Biopsychologie), Biologen (Verhaltensbiologie, Neurobiologie) und Mediziner (Neurologie und Psychiatrie, insbesondere Verhaltensneurologie, sowie Neuro- und Sinnesphysiologie) gehören. Das Buch ist in 18 Kapitel unterteilt, die allerdings in ihrer Detailliertheit unterschiedlich ausfallen. Auch mag man – je nach Vorbildung und Interessen – ein Kapitel als faktenreicher oder tiefer gehend ansehen als ein anderes. Beides ist, bei allen Vor- und Nachteilen, Ausdruck unterschiedlicher Schwerpunktsetzungen innerhalb der Teildisziplinen und als solche unvermeidlich. Vermutlich werden Psychologen eher an Einzelheiten der Darstellung „höherer geistiger Funktionen“ Interesse haben, Biologen und Mediziner vielleicht mehr an solchen der Sinnesphysiologie.

Im Grundsatz aber sind die Kapitel so abgefasst, dass sie für sich stehen. Das Buch muss folglich nicht „von Deckel zu Deckel“ gelesen werden. Gleichwohl befinden sich, wie bei ähnlichen Lehrbüchern auch, die grundlegenden Bausteine – die Beschreibung von Aufbau und Funktion des Gehirns sowie von Methoden und Techniken – eher am Anfang und die Darstellung integrativer Hirnfunktionen und anwendungsbezogener Themen in den letzten Teilen.

Es wird auch auffallen, dass die Kapitel in formaler Hinsicht differieren – vor allem in der Länge. Beispielsweise sind wir der Ansicht, dass bestimmte Bereiche, wie die in der Hirnforschung eingesetzten Methoden oder die Nervenzelle als Grundbaustein des Nervensystems, eine tiefer gehende und detailreichere Analyse wert sind als andere Bereiche, wie etwa die Entwicklung des Gehirns. Auch die Verteilung von Literaturangaben und von Bild- und Tabellenmaterial unterscheidet sich zwischen den Kapiteln. Dies ist primär inhaltlich begründet: Dort, wo wir als Autoren annehmen, dass Abbildungen und Ta-

bellenn das Verständnis signifikant erleichtern oder die Lesemotivation fördern, wurden diese vermehrt eingesetzt. Literaturangaben haben eine doppelte Funktion; zum einen sollen sie – wie immer – als Beleg für Behauptungen oder Aussagen dienen, zum anderen sollen sie aber den Zugang zu einem vertieften Auseinandersetzen mit dem jeweiligen Stoff erleichtern und fördern. Es wurden folglich insbesondere dort Literaturhinweise eingesetzt, wo neue oder unerwartete Entwicklungen zu verzeichnen sind oder wo umgekehrt die Grundlagen und ersten Forschungsansätze auf diesem Gebiet weithin in Vergessenheit geraten sind. Damit wird das Buch neben einem Lehrbuch auch zu einem Referenz- und Nachschlagewerk, das auch Wissenschaftern, die auf einzelnen Gebieten fachfremd sind, einen Überblick verschaffen soll.

Fachtermini wurden weitestgehend in der lateinischen Schreibweise (C anstatt K oder Z, z.B. Cortex oder Cytoplasma) verfasst, um dem Leser nach der Lektüre dieses Buches den Zugang zu neuroanatomischen und neurophysiologischen Lexika und Atlanten sowie zu englischsprachiger Fachliteratur zu erleichtern. Dabei lassen sich Inkonsistenzen nicht vermeiden, die jedoch auch den Zweck haben, dem Leser die verschiedenen gängigen Schreibweisen einzelner Fachtermini vorzustellen.

Wir sehen in dem genannten Vorgehen eine konsequente Umsetzung unserer Idee, dieses Buch einer breiten Leserschaft zu öffnen und hoffen entsprechend auf intensive Rückmeldungen.

Wir danken dem Lektorat, insbesondere Frau Katharina Neuser-von Oettingen und Frau Ulrike Finck für die angenehme Zusammenarbeit und die Unterstützung bei der Umsetzung des Buchprojekts und ebenso Frau Merlet Behncke-Braunbeck. Frau Eva Böcker danken wir herzlich für die Anfertigung zahlreicher Abbildungen. Dank gilt ebenso Kirsten Labudda und Riccardo Greco für das Korrekturlesen und die Hilfe bei der Manuskriptaufbereitung und Esther Fujiwara für viele wertvolle Anregungen.

Inhaltsübersicht

KAPITEL 1: Gehirn und Geist: Geschichtliche und „neurophilosophische“ Grundannahmen	1
KAPITEL 2: Aufbau und Funktion des Nervensystems	11
KAPITEL 3: Struktur und Funktion der Nervenzelle	33
KAPITEL 4: Entwicklung und Reorganisation des Zentralnervensystems	77
KAPITEL 5: Methoden der Hirnforschung	97
KAPITEL 6: Grundlagen der Sinnesphysiologie	137
KAPITEL 7: Visuelles System	147
KAPITEL 8: Auditives und vestibuläres System	185
KAPITEL 9: Olfaktorisches und gustatorisches System	201
KAPITEL 10: Somatosensorisches System und Schmerz	219
KAPITEL 11: Motorik	245
KAPITEL 12: Interaktion von Gehirn, vegetativem Nervensystem, Hormon- und Immunsystem	291
KAPITEL 13: Antrieb und Entspannung	331
KAPITEL 14: Emotion	385
KAPITEL 15: Gedächtnis und Gedächtnisstörungen	403
KAPITEL 16: Sprache, Aufmerksamkeit und Bewusstsein	445
KAPITEL 17: Drogen und andere psychoaktive Substanzen	477
KAPITEL 18: Psychische und neurologische Erkrankungen	503

Inhalt

Vorwort	V
KAPITEL 1: Gehirn und Geist: Geschichtliche und „neurophilosophische“ Grundannahmen	1
1.1 Geschichtliche Meilensteine der Hirnforschung	2
1.2 Methodenvielfalt in der Hirnforschung	5
1.3 Psychologie und die Neurowissenschaften	7
1.3.1 Gehirn und Computer – eine Analogie?	7
1.4 Zusammenfassung	10
KAPITEL 2: Aufbau und Funktion des Nervensystems	11
2.1 Organisations- und Funktionsprinzipien	11
2.2 Kernstrukturen, Cortexareale und die weiße Masse	14
2.3 Grundaufbau des Gehirns	15
2.4 Die Hauptbereiche des Gehirns	20
2.4.1 Der Cortex	20
2.4.2 Kerne des Großhirns (Telencephale Nuclei)	25
2.4.3 Das Zwischenhirn (Diencephalon)	26
2.4.4 Das limbische System	28
2.4.5 Das Mittelhirn (Mesencephalon)	29
2.4.6 Die Brücke und das Kleinhirn (Metencephalon)	30
2.4.7 Das verlängerte Rückenmark (Myelencephalon)	30
2.5 Bedeutung der funktionellen Neuroanatomie	31
KAPITEL 3: Struktur und Funktion der Nervenzelle	33
3.1 Gliazellen	33
3.1.1 Gliazellen regeln die Kalium-, Calcium- und Glutamatkonzentration	34
3.1.2 Oligodendrocyten und Schwann'sche Zellen bilden die Myelinhülle	35
3.1.3 Astrocyten	36
3.2 Die Struktur von Nervenzellen	37
3.2.1 Die Art der Verzweigung des Dendritenbaumes bestimmt das äußere Erscheinungsbild mancher Neuronentypen	39
3.2.2 Manche Neuronenklassen werden aufgrund des Axons differenziert	40
3.2.3 Ultrastruktur der Nervenzelle	42
3.3 Transportsysteme der Nervenzelle	44
3.4 Nervenzellen generieren elektrische Signale	46
3.4.1 Die strukturellen Grundlagen der elektrischen Erregbarkeit von Nervenzellen sind Ionenkanäle	46
3.4.2 Das Ruhemembranpotential der Nervenzelle	48
3.4.3 Das Aktionspotential	50
3.4.4 Elektrotonische Impulsausbreitung	55
3.5 Synaptische Übertragung	59
3.5.1 Transmitter und Neuro-modulatoren	60
3.5.2 Synthese	61

3.5.3	Speicherung	62
3.5.4	Freisetzung	63
3.5.5	Rezeptorbindung	65
3.5.6	Inaktivierung	71
3.6	Die wichtigsten neurochemischen Systeme	72
3.6.1	Das cholinerge System	73
3.6.2	Das dopaminerge System	73
3.6.3	Das noradrenerge System	74
3.6.4	Das serotonerge System	74
3.6.5	Das GABA-erge und glutaminerge System	75
3.7	Zusammenfassung	75
KAPITEL 4:	Entwicklung und Reorganisation des Zentralnervensystems	77
4.1	Vom Blastocyt zum Gehirn: Wichtige Ereignisse in der Entwicklung	77
4.2	Grundprinzipien neuronaler Entwicklung	81
4.2.1	Neurone finden ihren Weg der Vernetzung im Gehirn	83
4.3	Reorganisation des Zentralnervensystems	84
4.3.1	Strukturell orientierte Konzepte	85
4.3.2	Funktionell orientierte Konzepte	90
4.3.3	Plastizität des Gehirns	91
KAPITEL 5:	Methoden der Hirnforschung	97
5.1	Verhaltensbeobachtung und -analyse	97
5.1.1	Lern- und Gedächtnistests in der Tierforschung	98
5.2	Neuroanatomische und „biochemische“ Methoden	100
5.2.1	Biochemische Methoden	103
5.2.2	Hirnatlantenn und Stereotaxie	104
5.3	Läsionsmethoden – Eingriffe in das Nervensystem	105
5.4	Hirnreizung und Hirnselbstreizung	108
5.4.1	Hirnselbstreizung	110
5.4.2	Transcranielle Magnetstimulation (TMS)	111
5.5	Elektrophysiologische Methoden (<i>neuromonitoring</i>)	111
5.5.1	Elektroencephalogramm	111
5.5.2	EEG-bezogene Ableitungen	113
5.5.3	Ableitungen von Nervenzellen	116
5.6	Bildgebende Verfahren (<i>neuroimaging</i>)	117
5.6.1	Frühe Verfahren der Nuklearmedizin	117
5.6.2	Statische bildgebende Verfahren	118
5.6.3	Funktionelle bildgebende Verfahren	121
5.7	Neuropsychologische Verfahren	128
5.7.1	Zeitachse	129
5.7.2	Grunddiagnostik	129
KAPITEL 6:	Grundlagen der Sinnesphysiologie	137
6.1	Sinnesphysiologie und Psychologie	138
6.2	Sinnesphysiologie und Gesetzmäßigkeiten der Naturwissenschaft	139
6.2.1	Trägerprozesse	139
6.2.2	Transduktionsprozesse	139
6.2.3	Effizienz der Sinnessysteme	139
6.2.4	Integrationsleistung der Sinnessysteme	141
6.3	Sinnesphysiologie und Psychologie	141

6.4	Interaktion von Wahrnehmung und Umwelt	143
6.5	Physiologie und komplexe Wahrnehmungsleistungen	144
6.6	Anatomische und physiologische Eigenschaften der Sinnessysteme in Auge und Ohr: Was unsere Rezeptoren leisten	145
KAPITEL 7:	Visuelles System	147
7.1	Die Entwicklung des Auges	147
7.2	Sensorische Codierung von Information im visuellen System	149
7.3	Anpassungsvorgänge innerhalb des visuellen Systems	152
7.3.1	Das rezeptive Feld	152
7.3.2	ON- und OFF-Reaktionen von Zellen im Auge	152
7.4	Farbsehen	155
7.4.1	Struktur und Funktion von Ganglienzellen	158
7.5	Zusammenfassung der visuellen Informationsverarbeitung in der Retina	160
7.6	Faserverbindungen des visuellen Systems: Ein Überblick	160
7.7	Die Rolle visueller und kognitiver Prozesse bei der Kontrolle von Augenbewegungen	163
7.7.1	Unwillkürliche Kontrolle	163
7.7.2	Nystagmus	163
7.7.3	Willkürliche Kontrolle von Augenbewegungen	164
7.7.4	Neuronale Kontrollmechanismen von Augenbewegungen	164
7.8	Die bewusste Wahrnehmung von Form, Farbe, Tiefe und Bewegung	166
7.8.1	Vom Auge zum Nucleus geniculatus lateralis des Thalamus	166
7.8.2	Die primäre Sehrinde	168
7.8.3	Die Wahrnehmung von Formen und Konturen	170
7.8.4	Die Verarbeitung von Farbinformation durch den primären visuellen Cortex	175
7.8.5	Die Wahrnehmung von Bewegung	177
7.9	Die Verarbeitung der visuellen Information jenseits des primären visuellen Cortex	177
7.9.1	Die dorsale und die ventrale visuelle Verarbeitungsbahn	177
7.9.2	Die Bedeutung polymodaler Regionen für die Wahrnehmung	180
7.10	Visuelle Agnosien	182
KAPITEL 8:	Auditives und vestibuläres System	185
8.1	Die Entwicklung des Ohrs	185
8.2	Der Aufbau des Ohrs	186
8.3	Schallwellenübertragung im Innenohr	187
8.4	Elektrophysiologische Codierung des Schalls im Innenohr	187
8.5	Zentrales Hörsystem	189
8.5.1	Vom Ohr zum primären auditiven Cortex	189
8.5.2	Der auditive Cortex	191
8.5.3	Die Lokalisation von Geräuschen	192
8.6	Die Besonderheiten der Sprach- und Musikwahrnehmung	193
8.6.1	Wahrnehmung gesprochener Sprache	193
8.6.2	Musikwahrnehmung	194
8.7	Das vestibuläre System	196
8.7.1	Elektrophysiologische Codierung von Beschleunigung und Drehung im Innenohr	197
8.7.2	Zentralnervöse Verschaltung der vestibulären Information	198
8.8	Zusammenfassung	199

KAPITEL 9: Olfaktorisches und gustatorisches System	201
9.1 Das olfaktorische System	201
9.1.1 Charakteristika der Geruchswahrnehmung	201
9.1.2 Der Aufbau des olfaktorischen Systems	203
9.1.3 Von der Nase zum Gehirn	205
9.1.4 Zentralnervöse Verschaltung olfaktorischer Information	207
9.1.5 Gerüche und Partnerwahl: Die Bedeutung der Pheromone	210
9.2 Das gustatorische System	212
9.2.1 Charakteristika der Geschmackswahrnehmung	212
9.1.2 Der Aufbau des gustatorischen Systems	212
9.2.3 Von der Zunge zum Gehirn	213
9.2.4 Zentralnervöse Verschaltung der gustatorischen Information	217
9.3 Zusammenfassung	218
KAPITEL 10: Somatosensorisches System und Schmerz	219
10.1 Die Somatosensorik und der „Homunculus“	219
10.2 Physiologische und anatomische Grundlagen unserer Körperwahrnehmung	222
10.3 Von den Rezeptoren in Haut und Gelenken zum Gehirn	224
10.3.1 Oberflächensensibilität	224
10.3.2 Zentralnervöse Verschaltung sensorischer Information aus der Haut	227
10.3.3 Der primäre und sekundäre somatosensorische Cortex	231
10.3.4 Läsionen des somatosensorischen Cortex	234
10.3.5 Plastizität des somatosensorischen Systems	234
10.4 Schmerzwahrnehmung und Schmerzmodulation	235
10.4.1 Charakteristika der Schmerzwahrnehmung	235
10.4.2 Schmerzentstehung in der Peripherie	236
10.4.3 Schmerzweiterleitung im ZNS	237
10.4.4 Verschiedene Schmerzzustände	238
10.4.5 Der Umgang mit chronischen Schmerzen	240
10.4.6 Modulation der Schmerzwahrnehmung	241
10.5 Zusammenfassung	244
KAPITEL 11: Motorik	245
11.1 „Vorbedingungen“ zielgerichteter Bewegungen	246
11.1.1 Zusammenspiel der quergestreiften und glatten Muskulatur: Grundlage der Abstimmung von Körperfunktionen und Willkürmotorik	246
11.1.2 Die Steuerung unserer Stütz- und Zielmotorik ist im Prinzip hierarchisch koordiniert	246
11.1.3 Entwicklung und Steuerung von Muskelkraft	249
11.1.4 Die chemische Übertragung an der Synapse zwischen Nerv und Muskel wird durch Acetylcholin sichergestellt	253
11.1.5 Sensorische Rückmeldung	254
11.1.6 Bewegungssteuerung, die vom Rückenmark ausgeht	257
11.2 Willkürliche Kontrolle von Bewegung und Haltung	258
11.2.1 Supraspinale Kontrolle der Willkürmotorik: Corticale Strukturen	258
11.2.2 Deszendierende Fasersysteme	264
11.2.3 Die Basalganglien	268
11.2.4 Das Cerebellum	277

11.3	Lateralisation des ZNS	282
11.3.1	Frühe wissenschaftliche Theorieansätze	282
11.3.2	Neuronale Substrate der Gehirnasymmetrie	285
11.3.3	Funktionale Asymmetrien	288
11.4	Zusammenfassung	289
KAPITEL 12: Interaktion von Gehirn, vegetativem Nervensystem, Hormon- und Immunsystem		291
12.1	Das vegetative Nervensystem	292
12.1.1	Entwicklung des vegetativen Nervensystems	292
12.1.2	Aufbau des vegetativen Nervensystems	292
12.1.3	Funktionsweise des vegetativen Nervensystems	297
12.1.4	Interaktion von Gehirn und vegetativem Nervensystem	300
12.2	Das Hormonsystem	301
12.2.1	Eine Definition des Begriffs „Hormon“ ist nicht immer eindeutig	301
12.2.2	Hierarchischer Aufbau des endokrinen Systems	303
12.2.3	Das hypothalamo-hypophysäre System	303
12.2.4	Steroidhormone der Nebennierenrinde	308
12.2.5	Sexualhormone	309
12.2.6	Das Schilddrüsenhormon	310
12.2.7	Nicht-glandotrope Hormone	310
12.3	Das Immunsystem	311
12.3.1	Aufbau und Entwicklung des Immunsystems	312
12.3.2	Funktionsweise des Immunsystems	315
12.3.3	Interaktion von Gehirn und Immunsystem	318
12.4	Interaktion von Gehirn, vegetativem Nervensystem, Hormon- und Immunsystem am Beispiel von Stressreaktionen	321
12.4.1	Biologisch orientierte Stresskonzepte	322
12.4.2	Psychologisch orientierte Stresskonzepte	324
12.4.3	Gemeinsamkeiten psychologisch und biologisch orientierter Stresskonzepte	326
12.4.4	Zusammenfassung	329
KAPITEL 13: Antrieb und Entspannung		331
13.1	Durst und Hunger	331
13.1.1	Die Physiologie und zentralnervöse Verarbeitung des Durstes	332
13.1.2	Theorien der Nahrungsaufnahme	338
13.1.3	Zentralnervöse Steuerung der Nahrungsaufnahme	340
13.1.4	Zusammenfassung	341
13.2	Biorhythmik und Schlaf	341
13.2.1	Circadiane Rhythmen	342
13.2.2	Die Schlafstadien	347
13.2.3	REM-Schlaf und Traum	355
13.2.4	Schlafstörungen	358
13.2.5	Zusammenfassung	363
13.3	Sexualität und sexueller Dimorphismus	363
13.3.1	Sexualentwicklung	364
13.3.2	Sexualverhalten	368
13.3.3	Sexueller Dimorphismus	376
13.3.4	Zusammenfassung	384

KAPITEL 14: Emotion	385
14.1 Charakteristika von Emotionen	385
14.1.1 Begriffliche Vielfalt bedingt inhaltliche Vielfalt	385
14.1.2 Emotionsauslösende Reize sind von unterschiedlichster Art	386
14.1.3 Der emotionale Ausdruck ist nur teilweise bewusst	387
14.2 Emotionstheorien	387
14.2.1 Geschichtliche Entwicklung und Theorienbildung	387
14.2.2 Die Emotionstheorie von LeDoux	390
14.2.3 Die Emotionstheorie von Panksepp	394
14.2.4 Damasio's Emotionstheorie	396
14.3 Neuronale Korrelate von Emotionen: Ein Überblick	400
14.4 Zusammenfassung	402
KAPITEL 15: Gedächtnis und Gedächtnisstörungen	403
15.1 Lernen und Gedächtnis: Tierexperimentelle Studien und zelluläre Grundlagen	404
15.1.1 Tierexperimentelle Studien	404
15.1.2 Zelluläre Grundlagen von Lernen und Gedächtnis	407
15.2 Einteilungen des Gedächtnisses	409
15.2.1 Zeitliche Einteilung des Gedächtnisses	409
15.2.2 Gedächtnisprozesse	412
15.2.3 Inhaltliche Einteilungen des Gedächtnisses	413
15.3 Methoden zur Untersuchung von Gedächtnisleistungen	417
15.4 Neuroanatomie des Gedächtnisses	419
15.4.1 Kurzzeit- und Arbeitsgedächtnis	419
15.4.2 Encodierung	420
15.4.3 Konsolidierung und Speicherung	427
15.4.4 Abruf	427
15.5 Gedächtnisstörungen	430
15.5.1 Amnesien durch Schädigungen des medialen Temporallappens	431
15.5.2 Amnesien durch Schädigungen des medialen Diencephalons	433
15.5.3 Amnesien durch Schäden des basalen Vorderhirns	434
15.5.4 Amnesien durch Schäden der Amygdala	434
15.5.5 Amnesien durch corticale Schäden	436
15.5.6 Amnesien als Folge von psychischen Traumata	436
15.6 Gedächtnis im Alter	438
15.6.1 Kurz- und Arbeitsgedächtnis	439
15.6.2 Episodisches Gedächtnis	439
15.6.3 Semantisches Gedächtnis	440
15.6.4 Perzeptuelles Gedächtnis, prozedurales Gedächtnis und Priming	441
15.6.5 Gehirn im Alter	441
15.7 Zusammenfassung	444
KAPITEL 16: Sprache, Aufmerksamkeit und Bewusstsein	445
16.1 Sprache und Sprachstörungen	445
16.1.1 Evolution der Sprache: Ein kurzer Überblick	446
16.1.2 Grundbausteine der Sprache	447
16.1.3 Sprache und Gehirn	448
16.1.4 Aphasien: Erworbene Sprachstörungen	454
16.2 Aufmerksamkeit und Aufmerksamkeitsstörungen	457
16.2.1 Psychologisch orientierte Ansätze zur Erklärung von Aufmerksamkeitsprozessen	457

16.2.2	Aufmerksamkeit und Gehirn	460
16.2.3	Zusammenhang zwischen Aufmerksamkeit und anderen Hirnfunktionen	464
16.3	Bewusstsein	472
16.3.1	Inhaltliche Vielfalt von Bewusstsein	472
16.3.2	Bewusstsein und Gehirn	473
16.4	Zusammenfassung	475
KAPITEL 17: Drogen und andere psychoaktive Substanzen		477
17.1	Allgemeine Aspekte von Drogen und anderen psychoaktiven Substanzen	477
17.1.1	Allgemeine Wirkmechanismen	477
17.1.2	Einteilung psychoaktiver Substanzen	481
17.1.3	Verhaltensverstärkende Wirkungen von Drogen: Die Rolle des mesolimbischen Belohnungssystems	481
17.1.4	Craving	483
17.2	Alkohol	484
17.2.1	Pharmakokinetik des Alkohols	485
17.2.2	Pharmakodynamik des Alkohols	486
17.2.3	Toleranz und Abhängigkeit	488
17.3	Cocain	490
17.3.1	Pharmakokinetik des Cocains	490
17.3.2	Pharmakodynamik des Cocains	490
17.3.3	Toleranz und Abhängigkeit	491
17.4	Coffein	492
17.4.1	Pharmakokinetik des Coffeins	492
17.4.2	Pharmakodynamik des Coffeins	492
17.4.3	Toleranz und Abhängigkeit	493
17.5	Nicotin	493
17.5.1	Pharmakokinetik des Nicotins	493
17.5.2	Pharmakodynamik des Nicotins	494
17.5.3	Toleranz und Abhängigkeit	495
17.6	Opiate	496
17.6.1	Pharmakokinetik der Opiate	496
17.6.2	Pharmakodynamik der Opiate	496
17.6.3	Toleranz und Abhängigkeit	497
17.7	Cannabis	498
17.7.1	Pharmakokinetik des Cannabis	498
17.7.2	Pharmakodynamik des Cannabis	498
17.7.3	Toleranz und Abhängigkeit	500
17.8	Zusammenfassung und Ausblick	501
KAPITEL 18: Psychische und neurologische Erkrankungen		503
18.1	Depression	503
18.1.1	Theorien zur Entstehung der Depression	506
18.1.2	Wirkprinzipien von Antidepressiva	509
18.1.3	Hirn- und Funktionsänderungen depressiver Patienten	510
18.2	Schizophrenie	511
18.2.1	Neurochemische Theorien der Schizophrenie	512
18.2.2	Hirn- und Funktionsänderungen schizophrener Patienten	516
18.2.3	Verlauf und Therapie der Schizophrenie	519

18.3	Parkinson'sche Erkrankung	522
18.3.1	Pathogenese der Parkinson'schen Erkrankung	522
18.3.2	Klinische Symptome von Parkinson-Patienten	523
18.3.3	Verlauf und Therapie der Parkinson'schen Erkrankung	524
18.4	Alzheimer'sche Erkrankung	524
18.4.1	Definition und Klassifikation	524
18.4.2	Pathogenese der Alzheimer'schen Erkrankung	525
18.4.3	Klinische Symptome von Alzheimer-Patienten	528
18.4.4	Verlauf und Therapie der Alzheimer'schen Erkrankung	529
18.5	Korsakow-Syndrom	530
18.5.1	Pathogenese des Korsakow-Syndroms	531
18.5.2	Klinische Symptome des Korsakow-Syndroms	531
18.5.3	Verlauf und Therapie des Korsakow-Syndroms	532
18.6	Zusammenfassung und Schlusswort	533
Literatur		535
Personenregister		559
Sachregister		565