

Monika Pritzel / Matthias Brand / Hans J. Markowitsch

# Gehirn und Verhalten

Ein Grundkurs der physiologischen Psychologie

Spektrum Akademischer Verlag Heidelberg · Berlin

# Inhalt

## Vorwort

v

<b>KAPITEL 1: Gehirn und Geist: Geschichtliche und „neurophilosophische“ Grundannahmen</b>	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
<b>KAPITEL 2: Aufbau und Funktion des Nervensystems</b>	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 (Telencephalic 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
<b>KAPITEL 3: Struktur und Funktion der Nervenzelle</b>	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 Neuromodulatoren	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
<b>KAPITEL 4:</b>	<b>Entwicklung und Reorganisation des Zentralnervensystems</b>	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
<b>KAPITEL 5:</b>	<b>Methoden der Hirnforschung</b>	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	Hirnatlanten 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	Transkraniale Magnetstimulation (TMS)	111
5.5	Elektrophysiologische Methoden ( <i>neuromonitoring</i> )	111
5.5.1	Elektroenzephalogramm	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
<b>KAPITEL 6:</b>	<b>Grundlagen der Sinnesphysiologie</b>	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
<b>KAPITEL 7: Visuelles System</b>		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	Farbensehen	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
<b>KAPITEL 8: Auditives und vestibuläres System</b>		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 auditory 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

<b>KAPITEL 9: Olfaktorisches und gustatorisches System</b>	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
9.2.2    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
<b>KAPITEL 10: Somatosensorisches System und Schmerz</b>	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
<b>KAPITEL 11: Motorik</b>	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
<b>KAPITEL 12: Interaktion von Gehirn, vegetativem Nervensystem, Hormon- und Immunsystem</b>		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
<b>KAPITEL 13: Antrieb und Entspannung</b>		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	Biorhythmisik 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

<b>KAPITEL 14: Emotion</b>	<b>385</b>
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    Damasios Emotionstheorie	396
14.3    Neuronale Korrelate von Emotionen: Ein Überblick	400
14.4    Zusammenfassung	402
<b>KAPITEL 15: Gedächtnis und Gedächtnisstörungen</b>	<b>403</b>
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
<b>KAPITEL 16: Sprache, Aufmerksamkeit und Bewusstsein</b>	<b>445</b>
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
<b>KAPITEL 17: Drogen und andere psychoaktive Substanzen</b>		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
<b>KAPITEL 18: Psychische und neurologische Erkrankungen</b>		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
<b>Literatur</b>		535
<b>Personenregister</b>		559
<b>Sachregister</b>		565