

# Inhaltsverzeichnis

---

## I Allgemeine Grundlagen

1	<b>Erste Schritte in die Physiologie des Menschen</b> . . . . .	3
	<i>Robert F. Schmidt</i>	
1.1	Was ist Physiologie und womit beschäftigt sie sich? . . . . .	4
1.2	Die Physiologie des Menschen als Teilgebiet der Humanbiologie . . . . .	4
1.3	Physiologie als elementarer Wissengrundstein im Studium . . . . .	5
1.4	Physiologie als Basis und Quelle von Pathophysiologie und Klinik . . . . .	6
1.5	Der Umgang mit der Physiologie in diesem Buch . . . . .	7
2	<b>Die Zelle und ihre Signaltransduktion</b> . . . . .	9
	<i>Erich Gubins, Joachim Fandrey</i>	
2.1	Die Zelle und ihre Umwelt . . . . .	10
2.2	Rezeptoren und heterotrimere G-Proteine . . . . .	11
2.3	Zyklische Nukleotide als second messenger . . . . .	12
2.4	Kalziumvermittelte Signale . . . . .	14
2.5	Regulation von Zellproliferation und Zelltod . . . . .	16
2.6	Eikosanoide und Endocannabinoide . . . . .	19
	Literatur . . . . .	21
3	<b>Transport in Membranen und Epithelien</b> . . . . .	22
	<i>Michael Fromm</i>	
3.1	Transmembranale Transportproteine . . . . .	23
3.2	Zusammenspiel von Transport und Barrierefunktion in Epithelien . . . . .	25
3.3	Aktiver und passiver Transport . . . . .	29
3.4	Typische Anordnung epithelialer Transporter . . . . .	32
	Literatur . . . . .	37
4	<b>Grundlagen der zellulären Erregbarkeit</b> . . . . .	38
	<i>Bernd Fakler</i>	
4.1	Funktionsprinzipien von Ionenkanälen . . . . .	39
4.2	Aufbau spannungsgesteuerter Kationenkanäle . . . . .	42
4.3	Gating von Kationenkanälen . . . . .	46
4.4	Anionenkanäle . . . . .	50
4.5	Ligandaktivierte Ionenkanäle . . . . .	51
	Literatur . . . . .	54

## II Nervenzelle und Umgebung

5	<b>Nervenzellen</b> . . . . .	57
	<i>Jens Eilers</i>	
5.1	Morphologie und Verbindungen von Nervenzellen . . . . .	57
5.2	Zelluläre Kompartimente von Neuronen . . . . .	61
5.3	Funktionelle Morphologie von Neuronen . . . . .	63
	Literatur . . . . .	64
6	<b>Ruhemembranpotenzial und Aktionspotenzial</b> . . . . .	65
	<i>Bernd Fakler, Jens Eilers</i>	
6.1	Grundlagen des Ruhemembranpotenzials . . . . .	66
6.2	Entstehung und Verlauf eines Aktionspotenzials . . . . .	68
	Literatur . . . . .	71

VIII	<b>Inhaltsverzeichnis</b>	
7	<b>Aktionspotenzial: Fortleitung im Axon</b> .....	72
	<i>Peter Jonas</i>	
7.1	Die passiven Eigenschaften des axonalen Kabels .....	73
7.2	Das axonale Aktionspotenzial und die zugrundeliegenden $\text{Na}^+$ - und $\text{K}^+$ -Leitfähigkeiten .....	75
7.3	Fortleitung des Aktionspotenzials im Axon .....	77
	Literatur .....	82
8	<b>Das Milieu des ZNS: Gliazellen</b> .....	83
	<i>Olga Garaschuk, Alexej Verkhratsky</i>	
8.1	Astrozyten .....	84
8.2	Myelinisierende Gliazellen .....	88
8.3	Mikroglia .....	89
	Literatur .....	92
<b>III</b>	<b>Erregungsübertragung von Zelle zu Zelle</b>	
9	<b>Arbeitsweise von Synapsen</b> .....	95
	<i>Stefan Hallermann, Robert F. Schmidt</i>	
9.1	Grundstruktur chemischer Synapsen .....	95
9.2	Präsynaptische Ereignisse .....	97
9.3	Postsynaptische Ereignisse .....	99
9.4	Interaktionen von Synapsen .....	101
9.5	Elektrische synaptische Übertragung .....	102
	Literatur .....	104
10	<b>Neurotransmitter und ihre Rezeptoren</b> .....	105
	<i>Stefan Hallermann, Robert F. Schmidt</i>	
10.1	Synaptische Überträgerstoffe .....	106
10.2	Postsynaptische Rezeptoren .....	109
	Literatur .....	114
11	<b>Synaptische Plastizität</b> .....	115
	<i>Stefan Hallermann, Robert F. Schmidt</i>	
11.1	Kurzzeitplastizität .....	115
11.2	Langzeitplastizität .....	117
	Literatur .....	120
<b>IV</b>	<b>Muskel</b>	
12	<b>Leben ist Bewegung</b> .....	123
	<i>Wolfgang Linke, Gabriele Pfitzer</i>	
12.1	Zytoskelett und Motorproteine .....	124
12.2	Zellmigration und Kontraktilität als besondere Bewegungsformen .....	127
	Literatur .....	130
13	<b>Skelettmuskel</b> .....	131
	<i>Wolfgang Linke</i>	
13.1	Organisationsschema und kontraktile Einheiten .....	132
13.2	Molekulare Mechanismen der Skelettmuskelkontraktion .....	135
13.3	Kontraktionsaktivierung im Skelettmuskel .....	137
13.4	Kontrolle der Skelettmuskelkraft .....	140
13.5	Skelettmuskelmechanik .....	142
13.6	Energetik der Skelettmuskelkontraktion .....	146
	Literatur .....	148

## Inhaltsverzeichnis

<b>14</b>	<b>Glatte Muskulatur</b>	149
<i>Gabriele Pfitzer</i>		
14.1	Aufgaben, Besonderheiten der Muskelmechanik und Organisationsstruktur	150
14.2	Molekularer Mechanismus der Glattmuskelkontraktion	151
14.3	Regulation des Tonus der glatten Muskulatur	155
14.4	Erregungs-Kontraktions-Kopplung und Relaxation	156
Literatur		161

**V Herz**

<b>15</b>	<b>Herzmechanik</b>	165
<i>Jürgen Daut</i>		
15.1	Das Herz als muskuläre Pumpe	166
15.2	Frank-Starling-Mechanismus und Laplace-Gesetz	168
15.3	Arbeitsdiagramm	172
15.4	Zusammenspiel von Herz und Kreislauf	174
15.5	Regulation der Kontraktionskraft des Herzens	177
15.6	Herzinsuffizienz	179
15.7	Untersuchung der Herzmechanik am Patienten	183
Literatur		186
<b>16</b>	<b>Herzerregung</b>	187
<i>Nikolaj Klöcker, Hans-Michael Piper</i>		
16.1	Ruhe und Erregung der Arbeitsmyokardzelle	188
16.2	Elektromechanische Kopplung	190
16.3	Erregungsbildungs- und Erregungsleitungssystem	192
16.4	Vegetative Regulation der elektrischen Herzaktivität	195
Literatur		198
<b>17</b>	<b>Elektrokardiogramm</b>	199
<i>Susanne Rohrbach, Hans Michael Piper</i>		
17.1	Grundlagen	200
17.2	Das normale EKG	203
17.3	Herzrhythmusstörungen im EKG	207
Literatur		210
<b>18</b>	<b>Herzstoffwechsel und Koronardurchblutung</b>	211
<i>Andreas Deussen</i>		
18.1	Energieumsatz des Myokards	212
18.2	Substrate und Stoffwechsel	213
18.3	Koronardurchblutung und Sauerstoffversorgung	215
Literatur		219

**VI Kreislauf**

<b>19</b>	<b>Makrozirkulation</b>	223
<i>Ralf Brandes</i>		
19.1	Transportsystem Kreislauf	224
19.2	Grundlagen der Blutströmung	226
19.3	Die Gefäßwand und das arterielle System	229
19.4	Änderung des Blutdrucks im Gefäßsystem	233
19.5	Das venöse Niederdruckssystem	234
19.6	Das Niederdruckssystem in der Orthostase	237
Literatur		240

20	<b>Mikrozirkulation</b> .....	241
	<i>Markus Sperandio, Ralf Brandes</i>	
20.1	<b>Aufbau der Mikrozirkulation</b> .....	242
20.2	<b>Transvaskulärer Stoff- und Flüssigkeitsaustausch</b> .....	243
20.3	<b>Gefäßtonus in der Mikrozirkulation</b> .....	246
20.4	<b>Das Endothel: zentraler Modulator vaskulärer Funktionen</b> .....	249
20.5	<b>Blutgefäßneubildung</b> .....	254
	<i>Literatur</i> .....	256
21	<b>Regulation des Gesamtkreislaufs</b> .....	257
	<i>Rudolf Schubert, Ralf Brandes</i>	
21.1	<b>Der systemische Blutdruck</b> .....	257
21.2	<b>Die systemische Kreislaufregulation</b> .....	260
21.3	<b>Kurzfristige systemische Kreislaufregulation ausgelöst durch Pressorezeptoren</b> .....	261
21.4	<b>Dehnungsrezeptoren und Chemorezeptoren</b> .....	268
21.5	<b>Langfristige systemische Kreislaufregulation</b> .....	269
	<i>Literatur</i> .....	272
22	<b>Spezielle Kreislaufabschnitte</b> .....	273
	<i>Markus Sperandio, Rudolf Schubert, Ralf Brandes</i>	
22.1	<b>Lungenkreislauf</b> .....	274
22.2	<b>Gehirnperfusion</b> .....	275
22.3	<b>Hautdurchblutung</b> .....	276
22.4	<b>Durchblutung der Skelettmuskulatur</b> .....	277
22.5	<b>Gastrointestinaltrakt und Leber</b> .....	278
22.6	<b>Fetaler Kreislauf</b> .....	280
	<i>Literatur</i> .....	281

## VII Blut und Immunabwehr

23	<b>Allgemeine Eigenschaften des Blutes</b> .....	285
	<i>Wolfgang Jelkmann</i>	
23.1	<b>Blut, das flüssige Organ</b> .....	285
23.2	<b>Blutplasma</b> .....	286
23.3	<b>Hämatopoiese</b> .....	289
23.4	<b>Erythrozyten</b> .....	291
23.5	<b>Leukozyten</b> .....	295
23.6	<b>Thrombozyten</b> .....	298
23.7	<b>Fibrinbildung und -auflösung</b> .....	301
	<i>Literatur</i> .....	305
24	<b>Blutgruppen und -transfusion</b> .....	306
	<i>Wolfgang Jelkmann</i>	
24.1	<b>Blutgruppensysteme</b> .....	306
24.2	<b>Transfusionsmedizinische Bedeutung</b> .....	309
	<i>Literatur</i> .....	311
25	<b>Immunsystem</b> .....	312
	<i>Erich Gubins, Karl S. Lang</i>	
25.1	<b>Angeborene Immunität</b> .....	313
25.2	<b>Spezifisches Immunsystem</b> .....	316
25.3	<b>Pathophysiologie des Immunsystems</b> .....	321
	<i>Literatur</i> .....	323

**VIII Lunge**

<b>26 Ventilation und Atemmechanik . . . . .</b>	327
<i>Oliver Thews, Karl Kunzelmann</i>	
<b>26.1 Grundlagen der Atmungsfunktion . . . . .</b>	328
<b>26.2 Ventilation . . . . .</b>	331
<b>26.3 Atmungsmechanik . . . . .</b>	334
<b>26.4 Ventilationsstörungen . . . . .</b>	340
Literatur . . . . .	343
<b>27 Pulmonaler Gasaustausch und Arterialisierung . . . . .</b>	344
<i>Oliver Thews</i>	
<b>27.1 Pulmonaler Gasaustausch . . . . .</b>	345
<b>27.2 Lungenperfusion und Arterialisierung des Blutes . . . . .</b>	349
Literatur . . . . .	353
<b>28 Atemgastransport . . . . .</b>	354
<i>Wolfgang Jelkmann</i>	
<b>28.1 Biophysikalische Grundlagen . . . . .</b>	354
<b>28.2 Hämoglobin . . . . .</b>	356
<b>28.3 Transport von O<sub>2</sub> im Blut . . . . .</b>	357
<b>28.4 Transport von CO<sub>2</sub> im Blut . . . . .</b>	361
<b>28.5 Fetaler Gasaustausch . . . . .</b>	363
Literatur . . . . .	364
<b>29 Der Sauerstoff im Gewebe . . . . .</b>	365
<i>Ulrich Pohl, Cor de Wit</i>	
<b>29.1 Sauerstoffangebot und -verbrauch . . . . .</b>	366
<b>29.2 Sauerstoffversorgung der Organe . . . . .</b>	368
<b>29.3 O<sub>2</sub>-Mangel . . . . .</b>	370
<b>29.4 Sauerstoff als Signalmolekül . . . . .</b>	373
<b>29.5 Sauerstoff als Noxe . . . . .</b>	374
Literatur . . . . .	375
<b>30 Chemorezeption . . . . .</b>	376
<i>Dörthe M. Katschinski</i>	
<b>30.1 Chemorezeptoren . . . . .</b>	376
<b>30.2 Veränderungen der Ventilation in Abhängigkeit von pO<sub>2</sub>, pCO<sub>2</sub> und pH . . . . .</b>	379
<b>30.3 Adaptation der Atemantwort . . . . .</b>	380
Literatur . . . . .	381
<b>31 Atmungsregulation . . . . .</b>	382
<i>Diethelm W. Richter</i>	
<b>31.1 Physiologie der Atemregulation . . . . .</b>	383
<b>31.2 Pathophysiologie der Atemregulation . . . . .</b>	389
Literatur . . . . .	391

**IX Niere**

<b>32 Aufbau der Niere und glomeruläre Filtration . . . . .</b>	395
<i>Markus Bleich, Florian Lang</i>	
<b>32.1 Aufgaben und Funktion der Niere . . . . .</b>	396
<b>32.2 Die Bildung des Primärharns . . . . .</b>	399
Literatur . . . . .	405

33	<b>Tubulärer Transport . . . . .</b>	406
	<i>Markus Bleich, Florian Lang</i>	
33.1	<b>Transportprozesse im proximalen Tubulus . . . . .</b>	407
33.2	<b>Transportprozesse der Henle-Schleife und Harnkonzentrierung . . . . .</b>	412
33.3	<b>Transportprozesse im distalen Konvolut und Sammelrohr . . . . .</b>	415
33.4	<b>Transportdefekte, Wirkung von Diuretika, Urolithiasis . . . . .</b>	417
	<b>Literatur . . . . .</b>	419
34	<b>Integrative renale Funktion und Regulation . . . . .</b>	420
	<i>Markus Bleich, Florian Lang</i>	
34.1	<b>Stoffwechsel und biochemische Leistungen der Niere . . . . .</b>	420
34.2	<b>Regulation der Nierenfunktion . . . . .</b>	421
34.3	<b>Renale Hormone . . . . .</b>	423
34.4	<b>Messgrößen der Nierenfunktion . . . . .</b>	426
	<b>Literatur . . . . .</b>	430
35	<b>Wasser- und Elektrolyt-Haushalt . . . . .</b>	431
	<i>Pontus Persson</i>	
35.1	<b>Flüssigkeits- und Elektrolytbilanz . . . . .</b>	432
35.2	<b>Flüssigkeitsräume . . . . .</b>	433
35.3	<b>Regelung der Wasser- und Kochsalzausscheidung . . . . .</b>	437
35.4	<b>Regelung der Wasser- und Kochsalzaufnahme . . . . .</b>	438
35.5	<b>Entgleisung des Wasser-Elektrolyt-Haushaltes . . . . .</b>	440
35.6	<b>Kaliumhaushalt . . . . .</b>	442
	<b>Literatur . . . . .</b>	444
36	<b>Kalzium-, Magnesium- und Phosphathaushalt . . . . .</b>	445
	<i>Florian Lang</i>	
36.1	<b>Physiologische Bedeutung von Kalziumphosphat . . . . .</b>	446
36.2	<b>Regulation des Kalziumphosphathaushaltes . . . . .</b>	447
36.3	<b>Knochen . . . . .</b>	451
36.4	<b>Störungen des Kalziumphosphathaushaltes . . . . .</b>	453
36.5	<b>Magnesiumstoffwechsel . . . . .</b>	455
	<b>Literatur . . . . .</b>	456
37	<b>Säure-Basen-Haushalt . . . . .</b>	457
	<i>Florian Lang</i>	
37.1	<b>Bedeutung und Pufferung des pH . . . . .</b>	457
37.2	<b>Regulation des pH . . . . .</b>	461
37.3	<b>Störungen des Säure-Basen-Haushaltes . . . . .</b>	464
	<b>Literatur . . . . .</b>	468

## X Magen-Darm-Trakt

38	<b>Allgemeine Aspekte des Gastrointestinaltrakts . . . . .</b>	471
	<i>Wilfrid Jänig, Peter Vaupel</i>	
38.1	<b>Allgemeine Funktionseinheiten . . . . .</b>	472
38.2	<b>Steuerung des GIT . . . . .</b>	475
38.3	<b>Das Darmnervensystem und seine Funktionen . . . . .</b>	478
38.4	<b>Barrierefunktion . . . . .</b>	484
	<b>Literatur . . . . .</b>	485
39	<b>Oberer Gastrointestinaltrakt (GIT) . . . . .</b>	486
	<i>Peter Vaupel, Wilfrid Jänig</i>	
39.1	<b>Nahrungsaufnahme: Kauen und Schlucken . . . . .</b>	487
39.2	<b>Magen: Motilität . . . . .</b>	492
39.3	<b>Magen: Sekretion . . . . .</b>	494
	<b>Literatur . . . . .</b>	499

## Inhaltsverzeichnis

40	<b>Exokrines Pankreas und hepatobiliäres System</b>	500
	<i>Peter Vaupel, Wilfrid Jänig</i>	
40.1	<b>Exokrines Pankreas</b>	501
40.2	<b>Leber</b>	504
	<b>Literatur</b>	513
41	<b>Unterer Gastrointestinaltrakt</b>	514
	<i>Peter Vaupel, Wilfrid Jänig</i>	
41.1	<b>Dünndarmmotilität</b>	515
41.2	<b>Absorption von Elektrolyten und Wasser im Dünndarm</b>	516
41.3	<b>Verdauung und Absorption von Nährstoffen im Dünndarm</b>	520
41.4	<b>Absorption von Mikronährstoffen</b>	525
41.5	<b>Dickdarm</b>	528
	<b>Literatur</b>	531

**XI Energie und Leistung**

42	<b>Energie- und Wärmehaushalt, Thermoregulation</b>	535
	<i>Pontus B. Persson</i>	
42.1	<b>Nährstoffbrennwerthe</b>	536
42.2	<b>Energieumsatz</b>	537
42.3	<b>Körpertemperatur</b>	539
42.4	<b>Wärmeregulation</b>	540
42.5	<b>Wärmebildung, Wärmeabgabe</b>	542
42.6	<b>Physiologische und pathophysiologische Veränderungen der Temperaturregulation</b>	547
	<b>Literatur</b>	550
43	<b>Regulation von Metabolismus und Nahrungsaufnahme</b>	551
	<i>Wilfrid Jänig</i>	
43.1	<b>Neuronale Kontrolle von Brennstoffreserven und Stoffwechselmechanismen</b>	552
43.2	<b>Homöostatische Regulation von Metabolismus und Nahrungsaufnahme</b>	554
43.3	<b>Hunger, Sättigkeit und Sättigung</b>	557
43.4	<b>Modulation der Regulation von Metabolismus und Nahrungsaufnahme</b>	559
	<b>Literatur</b>	560
44	<b>Sport und Leistungsphysiologie</b>	561
	<i>Klara Brixius</i>	
44.1	<b>Physikalische Grundlagen von Muskelarbeit</b>	562
44.2	<b>Energiebereitstellung bei der Muskelarbeit</b>	563
44.3	<b>Systemische Wirkungen: Effekte von Aktivität und Training</b>	567
44.4	<b>Messung der kardiovaskulären Leistungsfähigkeit</b>	573
44.5	<b>Regulation und Adaptation der Skelettmuskulatur unter körperlicher Belastung</b>	574
	<b>Literatur</b>	579

**XII Neuronale Kontrolle von Haltung und Bewegung**

45	<b>Spinale Motorik</b>	583
	<i>Frank Weber, Frank Lehmann-Horn</i>	
45.1	<b>Organisation des Rückenmarks für motorische Funktionen</b>	583
45.2	<b>Spinale Reflexe</b>	585
45.3	<b>Spinale postsynaptische Mechanismen</b>	592
45.4	<b>Die motorischen Funktionen des Hirnstamms</b>	594
	<b>Literatur</b>	596

XIV	<b>Inhaltsverzeichnis</b>	
46	<b>Kleinhirn</b> . . . . .	597
	<i>Birgit Liss, Dennis Kätsel</i>	
46.1	<b>Funktion und Gliederung des Kleinhirns</b> . . . . .	598
46.2	<b>Vestibulo- und Spinozerebellum</b> . . . . .	598
46.3	<b>Pontozerebellum</b> . . . . .	601
46.4	<b>Die zelluläre Verschaltung des Kleinhirns</b> . . . . .	602
	<b>Literatur</b> . . . . .	607
47	<b>Basalganglien</b> . . . . .	608
	<i>Jochen Roeper</i>	
47.1	<b>Wozu Basalganglien?</b> . . . . .	609
47.2	<b>Neurophysiologische Funktionsprinzipien der Basalganglien</b> . . . . .	609
47.3	<b>Neuromodulatorische Steuerung der Basalganglien</b> . . . . .	612
47.4	<b>Morbus Parkinson</b> . . . . .	614
	<b>Literatur</b> . . . . .	616
48	<b>Höhere Motorik</b> . . . . .	617
	<i>Frank Weber, Frank Lehmann-Horn</i>	
48.1	<b>Funktionelle Organisation der motorischen Rindenfelder</b> . . . . .	618
48.2	<b>Bereitschaft und Einstellung zum Handeln</b> . . . . .	623
	<b>Literatur</b> . . . . .	625
<b>XIII</b>	<b>Allgemeine Sinnesphysiologie und somatosensorisches System</b>	
49	<b>Allgemeine Sinnesphysiologie</b> . . . . .	629
	<i>Hermann Otto Handwerker, Martin Schmelz</i>	
49.1	<b>Sinnesmodalitäten und Selektivität der Sinnesorgane für adäquate Reizformen</b> . . . . .	629
49.2	<b>Informationsübertragung in Sensoren und afferenten Neuronen</b> . . . . .	631
49.3	<b>Informationsverarbeitung im neuronalen Netz</b> . . . . .	635
49.4	<b>Sinnesphysiologie und Wahrnehmungspsychologie</b> . . . . .	637
49.5	<b>Sensorische Schwellen</b> . . . . .	638
49.6	<b>Psychophysische Beziehungen</b> . . . . .	640
49.7	<b>Integrierende Sinnesphysiologie</b> . . . . .	642
	<b>Literatur</b> . . . . .	643
50	<b>Das somatosensorische System</b> . . . . .	644
	<i>Rolf-Detlef Treede, Ulf Baumgärtner</i>	
50.1	<b>Submodalitäten und Bahnsysteme der Somatosensorik</b> . . . . .	644
50.2	<b>Funktionelle Eigenschaften somatosensorischer Neurone</b> . . . . .	647
50.3	<b>Mechanorezeption</b> . . . . .	653
50.4	<b>Propriozeption</b> . . . . .	657
50.5	<b>Thermorezeption</b> . . . . .	659
50.6	<b>Nozizeption</b> . . . . .	662
50.7	<b>Viszerozeption</b> . . . . .	663
50.8	<b>Funktionsprüfungen des somatosensorischen Systems in der Klinik</b> . . . . .	664
	<b>Literatur</b> . . . . .	665
51	<b>Nozizeption und Schmerz</b> . . . . .	666
	<i>Hans-Georg Schaible</i>	
51.1	<b>Nozizeptives System und subjektive Empfindung Schmerz</b> . . . . .	667
51.2	<b>Peripheres nozizeptives System</b> . . . . .	669
51.3	<b>Spinales nozizeptives System</b> . . . . .	672
51.4	<b>Thalamokortikales nozizeptives System und endogenes Schmerzkontrollsystem</b> . . . . .	675
51.5	<b>Klinisch bedeutsame Schmerzen</b> . . . . .	676
51.6	<b>Grundlagen der Schmerztherapie</b> . . . . .	680
	<b>Literatur</b> . . . . .	682

## XIV Hören, Sprechen und Gleichgewicht

<b>52 Peripheres Auditorisches System . . . . .</b>	685
<i>Tobias Moser, Hans-Peter Zenner</i>	
<b>52.1 Schall . . . . .</b>	686
<b>52.2 Schallleitung zum Innenohr . . . . .</b>	687
<b>52.3 Klinische Hörprüfung . . . . .</b>	689
<b>52.4 Schalltransduktion im Innenohr . . . . .</b>	691
<b>52.5 Frequenzselektivität und Sensitivität . . . . .</b>	696
<b>52.6 Synaptische Schallkodierung . . . . .</b>	698
<b>Literatur . . . . .</b>	700
<b>53 Zentrale auditorische Verarbeitung . . . . .</b>	701
<i>Tobias Moser, Hans-Peter Zenner</i>	
<b>53.1 Hirnstamm und Mittelhirn . . . . .</b>	702
<b>53.2 Auditorischer Kortex . . . . .</b>	705
<b>Literatur . . . . .</b>	706
<b>54 Stimme, Sprechen, Sprache . . . . .</b>	707
<i>Tobias Moser, Hans-Peter Zenner</i>	
<b>54.1 Stimme und Sprache . . . . .</b>	707
<b>54.2 Stimme . . . . .</b>	708
<b>54.3 Artikulation . . . . .</b>	710
<b>Literatur . . . . .</b>	711
<b>55 Der Gleichgewichtssinn und die Bewegungs- und Lageempfindung des Menschen . . . . .</b>	712
<i>Tobias Moser, Hans-Peter Zenner</i>	
<b>55.1 Gleichgewichtsorgane im Innenohr . . . . .</b>	713
<b>55.2 Gleichgewichtssinn durch Beschleunigungsmessung . . . . .</b>	714
<b>55.3 Funktion des Gleichgewichtssystems . . . . .</b>	717
<b>Literatur . . . . .</b>	720

## XV Sehen

<b>56 Sehen: Licht, Auge und Abbildung . . . . .</b>	723
<i>Ulf Eysel</i>	
<b>56.1 Licht . . . . .</b>	723
<b>56.2 Auge und dioptrischer Apparat . . . . .</b>	725
<b>56.3 Nah- und Fernakkommodation . . . . .</b>	728
<b>56.4 Augeninnendruck, Kammerwasser und Tränen . . . . .</b>	730
<b>Literatur . . . . .</b>	731
<b>57 Die Netzhaut . . . . .</b>	732
<i>Ulf Eysel</i>	
<b>57.1 Aufbau der Netzhaut . . . . .</b>	733
<b>57.2 Signalverarbeitung in der Netzhaut . . . . .</b>	734
<b>57.3 Hell- und Dunkeladaptation . . . . .</b>	740
<b>57.4 Sehschärfe (Visus) . . . . .</b>	742
<b>Literatur . . . . .</b>	743
<b>58 Sehbahn und Sehrinde . . . . .</b>	744
<i>Ulf Eysel</i>	
<b>58.1 Striäre Sehbahn . . . . .</b>	744
<b>58.2 Die Sehrinde . . . . .</b>	748
<b>Literatur . . . . .</b>	750

XVI	<b>Inhaltsverzeichnis</b>	
59	<b>Höhere visuelle Leistungen</b> . . . . .	751
	<i>Ulf Eysel</i>	
59.1	<b>Was und Wo – Wahrnehmen und Handeln</b> . . . . .	752
59.2	<b>Visuell evozierte Potenziale (VEP)</b> . . . . .	755
59.3	<b>Tiefenwahrnehmung</b> . . . . .	756
59.4	<b>Farbensehen</b> . . . . .	758
	<b>Literatur</b> . . . . .	761
60	<b>Augenbewegungen und Pupillomotorik</b> . . . . .	762
	<i>Ulf Eysel</i>	
60.1	<b>Augenbewegungen</b> . . . . .	763
60.2	<b>Pupillomotorik</b> . . . . .	767
	<b>Literatur</b> . . . . .	769

## XVI Riechen und Schmecken

61	<b>Geschmack</b> . . . . .	773
	<i>Hanns Hatt</i>	
61.1	<b>Bau der Geschmacksorgane und ihre Verschaltung</b> . . . . .	774
61.2	<b>Geschmacksqualitäten und Signalverarbeitung</b> . . . . .	776
61.3	<b>Eigenschaften des Geschmackssinns</b> . . . . .	779
	<b>Literatur</b> . . . . .	780
62	<b>Geruch</b> . . . . .	781
	<i>Hanns Hatt</i>	
62.1	<b>Aufbau des Riechsystems und seine zentralen Verschaltungen</b> . . . . .	782
62.2	<b>Geruchsdiskriminierung und deren neurophysiologische Grundlagen</b> . . . . .	783
62.3	<b>Funktional wichtige Eigenschaften des Geruchssinns</b> . . . . .	786
	<b>Literatur</b> . . . . .	788

## XVII Höhere zentralnervöse Funktionen

63	<b>Allgemeine Physiologie und funktionelle Untersuchung des ZNS</b> . . . . .	791
	<i>Andreas Draguhn</i>	
63.1	<b>Allgemeine Struktur neuronaler Netzwerke</b> . . . . .	791
63.2	<b>Funktionelle Prinzipien zentralnervöser Netzwerke</b> . . . . .	793
63.3	<b>Funktionelle Architektur des Neokortexes</b> . . . . .	795
63.4	<b>Untersuchungsmethoden</b> . . . . .	798
	<b>Literatur</b> . . . . .	803
64	<b>Zirkadiane Rhythmisierung und Schlaf</b> . . . . .	804
	<i>Jan Born, Niels Birbaumer</i>	
64.1	<b>Zirkadiane Rhythmisierung</b> . . . . .	805
64.2	<b>Schlaf – Phänomenologie</b> . . . . .	808
64.3	<b>Regulation des Schlafs</b> . . . . .	811
64.4	<b>Funktionen des Schlafs</b> . . . . .	813
64.5	<b>Schlafstörungen</b> . . . . .	815
	<b>Literatur</b> . . . . .	816
65	<b>Bewusstsein und Aufmerksamkeit</b> . . . . .	817
	<i>Niels Birbaumer, Robert F. Schmidt</i>	
65.1	<b>Bewusstsein und Wachheit</b> . . . . .	818
65.2	<b>Aufmerksamkeit und Verlust des Bewusstseins</b> . . . . .	822
65.3	<b>Lernen von Aufmerksamkeit</b> . . . . .	825
	<b>Literatur</b> . . . . .	826

66	<b>Lernen</b> .....	827
	<i>Herta Flor</i>	
66.1	<b>Arten des Lernens</b> .....	828
66.2	<b>Plastizität des Gehirns und Lernen</b> .....	831
66.3	<b>Neurobiologische Mechanismen von Lernen</b> .....	834
66.4	<b>Klinische Anwendungen des Lernens</b> .....	836
	<b>Literatur</b> .....	838
67	<b>Gedächtnis</b> .....	839
	<i>Herta Flor</i>	
67.1	<b>Formen und Stadien von Gedächtnisprozessen</b> .....	839
67.2	<b>Neurobiologie des Gedächtnisses und seiner Störungen</b> .....	842
67.3	<b>Hirnprozesse und Neuropsychologie des Gedächtnisses und seiner Störungen</b> .....	843
	<b>Literatur</b> .....	847
68	<b>Physiologische Grundlagen von Emotion und Motivation</b> .....	848
	<i>Wilfrid Jänig, Niels Birbaumer</i>	
68.1	<b>Emotionen als physiologische Anpassungsreaktionen</b> .....	849
68.2	<b>Zentrale Repräsentationen von Emotionen</b> .....	852
68.3	<b>Freude und Sucht</b> .....	855
68.4	<b>Sexualverhalten</b> .....	861
	<b>Literatur</b> .....	863
69	<b>Kognitive Prozesse (Denken) und Sprache</b> .....	864
	<i>Niels Birbaumer, Robert F. Schmidt</i>	
69.1	<b>Problemlösung und Denken</b> .....	865
69.2	<b>Sprache</b> .....	868
69.3	<b>Handlungskontrolle – Selbstkontrolle – Entscheidung</b> .....	871
69.4	<b>Soziale Verarbeitung (soziale Kognition)</b> .....	874
	<b>Literatur</b> .....	876

## XVIII Neuroendokrines System

70	<b>Peripheres vegetatives Nervensystem</b> .....	879
	<i>Wilfrid Jänig, Ralf Baron</i>	
70.1	<b>Sympathikus und Parasympathikus</b> .....	879
70.2	<b>Transmitter und ihre Rezeptoren in Sympathikus und Parasympathikus</b> .....	884
70.3	<b>Signalübertragung im peripheren Sympathikus und Parasympathikus</b> .....	887
	<b>Literatur</b> .....	891
71	<b>Organisation des Vegetativen Nervensystems in Rückenmark und Hirnstamm</b> .....	892
	<i>Wilfrid Jänig, Ralf Baron</i>	
71.1	<b>Organisation des vegetativen Nervensystems im Rückenmark</b> .....	892
71.2	<b>Organisation des vegetativen Nervensystems im unteren Hirnstamm</b> .....	895
71.3	<b>Der dorsale Vaguskomplex als Schnittstelle zwischen Gastrointestinaltrakt und Gehirn</b> .....	897
71.4	<b>Regulation der Harnblase</b> .....	901
71.5	<b>Regulation des Enddarmes</b> .....	903
71.6	<b>Genitalreflexe</b> .....	904
	<b>Literatur</b> .....	908
72	<b>Hypothalamus</b> .....	909
	<i>Wilfrid Jänig, Ralf Baron</i>	
72.1	<b>Funktionelle Anatomie und neuronale sowie endokrine Verbindungen des Hypothalamus</b> .....	909
72.2	<b>Hypothalamo-Hypophysäres System</b> .....	912
72.3	<b>Funktionelle Organisation des Hypothalamus</b> .....	913
	<b>Literatur</b> .....	915

<b>73</b>	<b>Allgemeine Endokrinologie</b>	916
<i>Florian Lang, Michael Föller</i>		
73.1	Bildung, Ausschüttung, Aktivierung und Inaktivierung von Hormonen	916
73.2	Hormonelle Regelkreise	919
73.3	Pathophysiologie und therapeutische Anwendung von Hormonen	921
Literatur		923
<b>74</b>	<b>Hormone von Hypothalamus und Hypophyse</b>	924
<i>Florian Lang, Michael Föller</i>		
74.1	Regulation der Hormonausschüttung durch Hypothalamus und Hypophyse	925
74.2	Somatotropin	926
74.3	Prolaktin	927
74.4	Hormone der Neurohypophyse	928
Literatur		931
<b>75</b>	<b>Schildrüsenhormone</b>	932
<i>Florian Lang, Michael Föller</i>		
75.1	Wirkungen und Bildung von Schilddrüsenhormonen	932
75.2	Störungen der Schilddrüsenhormone	935
Literatur		936
<b>76</b>	<b>Pankreashormone</b>	937
<i>Florian Lang, Michael Föller</i>		
76.1	Physiologie von Insulin und Glukagon	937
76.2	Störungen der Pankreashormone	941
Literatur		942
<b>77</b>	<b>Nebennierenrindenhormone</b>	943
<i>Florian Lang, Michael Föller</i>		
77.1	Glukokortikoide	943
77.2	Mineralokortikoide	949
77.3	Androgene	950
Literatur		950

## XIX Lebenszyklus

<b>78</b>	<b>Aufbau und Steuerung der Reproduktionsorgane</b>	953
<i>Friederike Werny, Stefan Schlatt</i>		
78.1	Keimbahn	954
78.2	Endokrine Steuerung der Reproduktionsorgane	955
Literatur		958
<b>79</b>	<b>Reproduktive Funktion des Mannes</b>	959
<i>Friederike Werny, Stefan Schlatt</i>		
79.1	Spermatogenese und Steroidogenese	960
79.2	Sexuelle Erregung des Mannes und Ejakulation	962
Literatur		963
<b>80</b>	<b>Reproduktive Funktion der Frau</b>	964
<i>Friederike Werny, Stefan Schlatt</i>		
80.1	Oogenese	964
80.2	Der weibliche Zyklus	967
80.3	Sexuelle Erregung der Frau	968
Literatur		969

<b>81</b>	<b>Fetomaterneale Interaktion, Geburt, Laktation . . . . .</b>	970
	<i>Friederike Werny, Stefan Schlatt</i>	
81.1	<b>Schwangerschaft . . . . .</b>	971
81.2	<b>Geburt und Laktation . . . . .</b>	974
	<b>Literatur . . . . .</b>	976
<b>82</b>	<b>Pubertät, Adoleszenz, Menopause . . . . .</b>	977
	<i>Friederike Werny, Stefan Schlatt</i>	
82.1	<b>Reproduktionsfunktionen im Lebenszyklus . . . . .</b>	978
	<b>Literatur . . . . .</b>	980
<b>83</b>	<b>Reifung, Reparatur und Regeneration . . . . .</b>	981
	<i>Heinrich Sauer</i>	
83.1	<b>Regeneration und Reparatur . . . . .</b>	981
83.2	<b>Wundheilung . . . . .</b>	983
83.3	<b>Regenerationsprozesse an Organen . . . . .</b>	985
	<b>Literatur . . . . .</b>	987
<b>84</b>	<b>Alter und Altern . . . . .</b>	988
	<i>Thomas von Zglinicki</i>	
84.1	<b>Was ist Altern? . . . . .</b>	989
84.2	<b>Zelluläre und molekulare Mechanismen des Alterns . . . . .</b>	991
84.3	<b>Organveränderungen im Alter . . . . .</b>	995
84.4	<b>Funktionsbeeinträchtigung und Krankheit . . . . .</b>	1000
84.5	<b>Intervention zur Verlangsamung des Alterns . . . . .</b>	1001
	<b>Literatur . . . . .</b>	1003
	<b>Serviceteil . . . . .</b>	1005
	<b>Anhang 1 . . . . .</b>	1006
	<b>Anhang 2 . . . . .</b>	1019
	<b>Sachverzeichnis . . . . .</b>	1022