

# Inhaltsverzeichnis

## I Allgemeine Physiologie der Zelle

<b>1</b>	<b>Grundlagen der Zellphysiologie</b> . . . . .	<b>3</b>
	<i>Hans Oberleithner</i>	
1.1	Bestandteile einer Zelle . . . . .	4
1.2	Zytoskelett und Zelldynamik . . . . .	10
1.3	Funktionelle Systeme der Zelle . . . . .	13
1.4	Zellreproduktion und Wachstum . . . . .	17
1.5	Regulation des Zellvolumens . . . . .	21
	Literatur . . . . .	23
<b>2</b>	<b>Signaltransduktion</b> . . . . .	<b>24</b>
	<i>Erich Gulbins, Florian Lang</i>	
2.1	Regulation der Aktivität und Expression von Effektormolekülen . . . . .	25
2.2	Rezeptoren und heterotrimere G-Proteine . . . . .	25
2.3	Zyklische Nukleotide als <i>second messenger</i> . . . . .	27
2.4	Kalziumvermittelte Signale . . . . .	28
2.5	Regulation von Zellproliferation und Zelltod . . . . .	31
2.6	Eikosanoide . . . . .	33
<b>3</b>	<b>Transport in Membranen und Epithelien</b> . . . . .	<b>36</b>
	<i>Michael Fromm</i>	
3.1	Transmembranale Transportproteine . . . . .	37
3.2	Zusammenspiel von Transport und Barrierefunktion in Epithelien . . . . .	38
3.3	Aktiver und passiver Transport . . . . .	42
3.4	Typische Anordnung epithelialer Transporter . . . . .	45
<b>4</b>	<b>Grundlagen zellulärer Erregbarkeit</b> . . . . .	<b>49</b>
	<i>Bernd Fakler, Peter Jonas</i>	
4.1	Funktionsprinzipien von Ionenkanälen . . . . .	50
4.2	Aufbau spannungsgesteuerter Kationenkanäle . . . . .	52
4.3	<i>Gating</i> von Kationenkanälen . . . . .	56
4.4	Anionenkanäle . . . . .	60
4.5	Ligandaktivierte Ionenkanäle . . . . .	62
4.6	Grundlagen des Ruhemembran- und Aktionspotenzials . . . . .	64
4.7	Fortleitung elektrischer Signale an der neuronalen Membran . . . . .	69
4.8	Repetitive Aktivität und Informationskodierung im Nervensystem . . . . .	73
<b>5</b>	<b>Synaptische Übertragung</b> . . . . .	<b>76</b>
	<i>Manfred Heckmann, Josef Dudel</i>	
5.1	Chemische synaptische Übertragung, erregend und hemmend . . . . .	77
5.2	Synaptische Überträgerstoffe . . . . .	80
5.3	Interaktionen von Synapsen . . . . .	82
5.4	Mechanismus der Freisetzung der Überträgerstoffe, synaptische Bahnung . . . . .	86

5.5	Synaptische Rezeptoren . . . . .	89
5.6	Synaptische Plastizität . . . . .	93
5.7	Elektrische synaptische Übertragung . . . . .	95

<b>6</b>	<b>Kontraktionsmechanismen</b> . . . . .	<b>98</b>
	<i>Wolfgang Linke, Gabriele Pfitzer</i>	
6.1	Muskelarten und Feinbau der Muskelfasern . . . . .	99
6.2	Molekulare Mechanismen der Kontraktion quergestreifter Muskeln . . . . .	102
6.3	Kontraktionsaktivierung im quergestreiften Muskel . .	104
6.4	Zentralnervöse Kontrolle der Skelettmuskelkraft . . . .	107
6.5	Skelettmuskelmechanik . . . . .	110
6.6	Energetik der Skelettmuskelkontraktion . . . . .	114
6.7	Bau, Funktion und Kontraktion der glatten Muskulatur	116
6.8	Regulation der Kontraktion der glatten Muskulatur . .	118

## II Integrative Leistungen des Nervensystems

<b>7</b>	<b>Motorische Systeme</b> . . . . .	<b>127</b>
	<i>Frank Lehmann-Horn</i>	
7.1	Spinale Reflexe . . . . .	128
7.2	Spinale postsynaptische Hemm-Mechanismen . . . . .	136
7.3	Propriospinaler Apparat des Rückenmarks . . . . .	139
7.4	Reflektorische Kontrolle der Körperhaltung im Raum .	140
7.5	Optimierung von Stützmotorik und Zielbewegungen durch das Kleinhirn . . . . .	142
7.6	Optimierung von Zielbewegungen durch die Basalganglien . . . . .	148
7.7	Funktionelle Organisation der motorischen Rindenfelder . . . . .	152
7.8	Bereitschaft und Einstellung zum Handeln . . . . .	157
7.9	Kontrolle von Haltung und Bewegung im zusammen- fassenden Überblick . . . . .	160
<b>8</b>	<b>Allgemeine Physiologie der Großhirnrinde</b> . . . . .	<b>163</b>
	<i>Niels Birbaumer, Robert F. Schmidt</i>	
8.1	Aufbau der Großhirnrinde . . . . .	164
8.2	Analyse der elektrischen und magnetischen Großhirnaktivität . . . . .	168
8.3	Analyse der Großhirntätigkeit mit ereigniskorrelierten Hirnpotenzialen (EKP) . . . . .	174
8.4	Analyse der Großhirntätigkeit mit bildgebenden Verfahren . . . . .	176
<b>9</b>	<b>Wach-Schlaf-Rhythmus und Aufmerksamkeit</b> . . .	<b>181</b>
	<i>Niels Birbaumer, Robert F. Schmidt</i>	
9.1	Zirkadiane Periodik als Grundlage des Wach-Schlaf- Rhythmus . . . . .	182
9.2	Wach-Schlaf-Verhalten des Menschen . . . . .	185

9.3	Physiologische Aufgaben der Schlafstadien . . . . .	189	14.8	Funktionsprüfungen des somatosensorischen Systems in der Klinik . . . . .	294
9.4	Neurobiologie der Aufmerksamkeit . . . . .	192	14.9	Entwicklung und adulte Plastizität . . . . .	295
9.5	Subkortikale Aktivierungssysteme . . . . .	197	<b>15</b>	<b>Nozizeption und Schmerz</b> . . . . .	<b>298</b>
<b>10</b>	<b>Lernen und Gedächtnis</b> . . . . .	<b>201</b>	<i>Hans-Georg Schaible</i>		
	<i>Niels Birbaumer, Robert F. Schmidt</i>		15.1	Subjektive Empfindung Schmerz und nozizeptives System . . . . .	299
10.1	Formen von Lernen und Gedächtnis . . . . .	202	15.2	Peripheres nozizeptives System . . . . .	301
10.2	Plastizität des Gehirns und Lernen . . . . .	206	15.3	Spinales nozizeptives System . . . . .	304
10.3	Zelluläre und molekulare Mechanismen von Lernen und Gedächtnis . . . . .	210	15.4	Thalamokortikales nozizeptives System und endogene Schmerzkontrollsysteme . . . . .	307
10.4	Neuropsychologie von Lernen und Gedächtnis . . . . .	213	15.5	Klinisch bedeutsame Schmerzen . . . . .	309
<b>11</b>	<b>Motivation und Emotion</b> . . . . .	<b>218</b>	15.6	Grundlagen der Schmerztherapie . . . . .	312
	<i>Wilfrid Jänig, Niels Birbaumer</i>		<b>16</b>	<b>Die Kommunikation des Menschen: Hören und Sprechen</b> . . . . .	<b>315</b>
11.1	Emotionen als physiologische Anpassungsreaktionen	219	<i>Hans-Peter Zenner</i>		
11.2	Zentrale Repräsentationen von Emotionen . . . . .	222	16.1	Ohr und Schall . . . . .	316
11.3	Freude und Sucht . . . . .	225	16.2	Die Schalleitung zum Innenohr . . . . .	319
11.4	Sexualverhalten . . . . .	230	16.3	Schalltransduktion im Innenohr . . . . .	321
11.5	Hunger . . . . .	232	16.4	Signaltransformation von der Sinneszelle zum Hörnerven . . . . .	325
<b>12</b>	<b>Kognitive Funktionen und Denken</b> . . . . .	<b>237</b>	16.5	Frequenzselektivität: Grundlage des Sprach- verständnisses . . . . .	326
	<i>Niels Birbaumer, Robert F. Schmidt</i>		16.6	Informationsübertragung und -verarbeitung im ZNS .	328
12.1	Zerebrale Asymmetrie . . . . .	238	16.7	Stimme und Sprache . . . . .	332
12.2	Neuronale Grundlagen von Kommunikation und Sprache . . . . .	240	<b>17</b>	<b>Der Gleichgewichtssinn und die Bewegungs- und Lageempfindung des Menschen</b> . . . . .	<b>336</b>
12.3	Assoziationsareale des Neokortex: Höhere geistige Funktionen und Sozialverhalten . . . . .	243	<i>Hans-Peter Zenner</i>		
<b>III Allgemeine und Spezielle Sinnesphysiologie</b>					
<b>13</b>	<b>Allgemeine Sinnesphysiologie</b> . . . . .	<b>251</b>	17.1	Gleichgewichtsorgane im Innenohr . . . . .	337
	<i>Hermann O. Handwerker, Martin Schmelz</i>		17.2	Gleichgewichtssinn durch Beschleunigungsmessung	338
13.1	Sinnesphysiologie und Wahrnehmungspsychologie .	252	17.3	Zentrales vestibuläres System . . . . .	341
13.2	Sinnesmodalitäten und Selektivität der Sinnesorgane für adäquate Reizformen . . . . .	254	<b>18</b>	<b>Sehen und Augenbewegungen</b> . . . . .	<b>345</b>
13.3	Informationsübermittlung in Sensoren und afferenten Neuronen . . . . .	256	<i>Ulf Eysel</i>		
13.4	Molekulare Mechanismen der Transduktion . . . . .	259	18.1	Licht . . . . .	346
13.5	Informationsverarbeitung im neuralen Netz . . . . .	261	18.2	Auge und dioptrischer Apparat . . . . .	347
13.6	Sensorische Schwellen . . . . .	264	18.3	Reflektorische Einstellung von Sehschärfe und Pupillenweite . . . . .	351
13.7	Psychophysische Beziehungen . . . . .	267	18.4	Augenbewegungen . . . . .	353
13.8	Integrierende Sinnesphysiologie . . . . .	269	18.5	Netzhaut – Aufbau, Signalaufnahme und Signalverarbeitung . . . . .	358
<b>14</b>	<b>Das somatosensorische System</b> . . . . .	<b>272</b>	18.6	Psychophysik der Hell-Dunkel-Wahrnehmung . . . . .	364
	<i>Rolf-Detlef Treede</i>		18.7	Signalverarbeitung im visuellen System des Gehirns .	367
14.1	Submodalitäten und Bahnsysteme der Somatosensorik	273	18.8	Klinisch-diagnostische Anwendung der elementaren Sehphysiologie . . . . .	371
14.2	Funktionelle Eigenschaften somatosensorischer Neurone . . . . .	275	18.9	Tiefensehen . . . . .	374
14.3	Mechanorezeption . . . . .	282	18.10	Farbsehen . . . . .	375
14.4	Propriozeption . . . . .	286	18.11	Hirnphysiologische Grundlagen kognitiver visueller Leistungen . . . . .	379
14.5	Thermorezeption . . . . .	288	<b>19</b>	<b>Geschmack und Geruch</b> . . . . .	<b>386</b>
14.6	Nozizeption . . . . .	291	<i>Hanns Hatt</i>		
14.7	Viszerozeption . . . . .	292	19.1	Bau der Geschmacksorgane und ihre Verschaltung . .	387
			19.2	Geschmacksqualitäten und Signalverarbeitung . . . .	389

19.3	Eigenschaften des Geschmackssinns . . . . .	391	23.5	Thrombozyten . . . . .	491
19.4	Aufbau des Riechsystems und seine zentralen Verschaltungen . . . . .	393	23.6	Blutstillung und -gerinnung . . . . .	492
19.5	Geruchsdiskriminierung und deren neuro- physiologische Grundlagen . . . . .	394	23.7	Blutgruppen des Menschen . . . . .	498
19.6	Funktional wichtige Eigenschaften des Geruchssinns . . . . .	398	<b>24</b>	<b>Immunsystem . . . . .</b>	<b>503</b>

## IV Regulation vegetativer Funktionen

<b>20</b>	<b>Vegetatives Nervensystem . . . . .</b>	<b>403</b>
	<i>Wilfrid Jänig</i>	
20.1	Peripheres vegetatives Nervensystem: Sympathikus und Parasympathikus . . . . .	404
20.2	Transmitter und ihre Rezeptoren in Sympathikus und Parasympathikus . . . . .	406
20.3	Signalübertragung im peripheren Sympathikus und Parasympathikus . . . . .	411
20.4	Darmnervensystem . . . . .	415
20.5	Organisation des vegetativen Nervensystems im Rückenmark . . . . .	417
20.6	Organisation des vegetativen Nervensystems im unteren Hirnstamm . . . . .	419
20.7	Miktion und Defäkation . . . . .	422
20.8	Genitalreflexe . . . . .	425
20.9	Hypothalamus . . . . .	429
<b>21</b>	<b>Hormone . . . . .</b>	<b>435</b>
	<i>Florian Lang</i>	
21.1	Allgemeine Aspekte endokriner Regulation . . . . .	436
21.2	Hypothalamus und Hypophyse . . . . .	441
21.3	Schilddrüsenhormone . . . . .	446
21.4	Pankreashormone . . . . .	449
21.5	Nebennierenrindenhormone . . . . .	454
<b>22</b>	<b>Reproduktion . . . . .</b>	<b>462</b>
	<i>Friederike M. Werny, Stefan Schlatt</i>	
22.1	Keimbahn und Stammzellen . . . . .	463
22.2	Endokrine Steuerung der Reproduktionsorgane: Hypothalamus-Hypophysen-Gonaden-Achse . . . . .	465
22.3	Reproduktive Funktionen des Mannes . . . . .	467
22.4	Reproduktive Funktionen der Frau . . . . .	469
22.5	Reproduktionsfunktionen im Lebenszyklus . . . . .	473

## V Blut und Immunabwehr

<b>23</b>	<b>Blut . . . . .</b>	<b>477</b>
	<i>Wolfgang Jelkmann</i>	
23.1	Aufgaben und Zusammensetzung des Blutes . . . . .	478
23.2	Blutplasma . . . . .	479
23.3	Erythrozyten . . . . .	482
23.4	Leukozyten . . . . .	489

## VI Herz und Kreislauf

<b>25</b>	<b>Herzerregung . . . . .</b>	<b>517</b>
	<i>Hans Michael Piper</i>	
25.1	Ruhe und Erregung der Arbeitsmyokardzelle . . . . .	518
25.2	Erregungsbildungs- und -leitungssystem des Herzens . . . . .	522
25.3	Elektrokardiogramm (EKG) . . . . .	529
<b>26</b>	<b>Herzmechanik . . . . .</b>	<b>539</b>
	<i>Jürgen Daut</i>	
26.1	Das Herz als muskuläre Pumpe . . . . .	540
26.2	Frank-Starling-Mechanismus und Laplace-Gesetz . . . . .	543
26.3	Arbeitsdiagramm . . . . .	547
26.4	Zusammenspiel von Herz und Kreislauf . . . . .	550
26.5	Regulation der Kontraktionskraft des Herzens . . . . .	554
26.6	Herzinsuffizienz . . . . .	557
26.7	Untersuchung der Herzmechanik am Patienten . . . . .	560
<b>27</b>	<b>Herzstoffwechsel und Koronardurchblutung . . . . .</b>	<b>565</b>
	<i>Andreas Deussen</i>	
27.1	Energieumsatz des Myokards . . . . .	566
27.2	Substrate und Stoffwechsel . . . . .	567
27.3	Koronardurchblutung . . . . .	569
<b>28</b>	<b>Kreislauf . . . . .</b>	<b>572</b>
	<i>Ralf Brandes, Rudi Busse †</i>	
28.1	Einführung und Strömungsmechanik . . . . .	573
28.2	Eigenschaften der Gefäßwände und arterielle Hämodynamik . . . . .	577
28.3	Niederdrucksystem . . . . .	582
28.4	Mikrozirkulation . . . . .	587
28.5	Nerval vermittelte Durchblutungsregulation . . . . .	593
28.6	Komponenten des basalen Gefäßtonus . . . . .	596
28.7	Modulation des Gefäßtonus durch zirkulierende Hormone und vasoaktive Peptide . . . . .	598
28.8	Das Endothel: zentraler Modulator vaskulärer Funktionen . . . . .	600
28.9	Synopsis der lokalen und systemischen Durchblutungsregulation . . . . .	607
28.10	Langfristige Regulationsmechanismen . . . . .	612
28.11	Anpassung des Kreislaufs an wechselnde Bedingungen . . . . .	615
28.12	Lungenkreislauf . . . . .	620
28.13	Spezielle Kreislaufabschnitte . . . . .	622
28.14	Messung von Kreislaufgrößen . . . . .	624

## VII Regulation des Inneren Milieus

<b>29 Niere</b> .....	629
<i>Florian Lang</i>	
29.1 Aufgaben und Bau der Niere .....	630
29.2 Durchblutung und glomeruläre Filtration .....	633
29.3 Transportprozesse im proximalen Tubulus .....	639
29.4 Transportprozesse der Henle-Schleife und Harnkonzentrierung .....	645
29.5 Transportprozesse im distalen Nephron .....	648
29.6 Transportdefekte, Wirkung von Diuretika, Urolithiasis	650
29.7 Stoffwechsel und biochemische Leistungen der Niere	652
29.8 Regulation der Nierenfunktion .....	653
29.9 Renale Hormone .....	656
29.10 Messgrößen der Nierenfunktion .....	660
<b>30 Wasser- und Elektrolythaushalt</b> .....	664
<i>Pontus B. Persson</i>	
30.1 Flüssigkeits- und Elektrolytbilanz .....	665
30.2 Flüssigkeitsräume .....	666
30.3 Regelung der Wasser- und Kochsalzausscheidung . . .	671
30.4 Regelung der Wasser- und Kochsalzaufnahme .....	674
30.5 Entgleisung des Wasser-Elektrolyt-Haushaltes .....	676
30.6 Kaliumhaushalt .....	678
<b>31 Kalzium-, Magnesium- und Phosphathaushalt</b> . .	682
<i>Florian Lang, Heini Murer</i>	
31.1 Physiologische Bedeutung von Kalziumphosphat . . .	683
31.2 Regulation des Kalziumphosphathaushaltes .....	684
31.3 Knochen .....	688
31.4 Störungen des Kalziumphosphathaushaltes .....	689
31.5 Magnesiumstoffwechsel .....	692

## VIII Atmung

<b>32 Lungenatmung</b> .....	697
<i>Karl Kunzelmann, Oliver Thews</i>	
32.1 Grundlagen der Atmungsfunktion .....	698
32.2 Ventilation .....	702
32.3 Atmungsmechanik .....	707
32.4 Pulmonaler Gasaustausch .....	716
32.5 Lungenperfusion und Arterialisierung des Blutes . . .	720
<b>33 Atemregulation</b> .....	724
<i>Diethelm Wolfgang Richter</i>	
33.1 Atemrhythmus .....	725
33.2 Atemzentrum .....	728
33.3 Chemische Kontrolle der Atmung .....	733
33.4 Reflektorische Kontrolle der Atmung .....	737

<b>34 Atemgastransport</b> .....	740
<i>Wolfgang Jelkmann</i>	
34.1 Biophysikalische Grundlagen .....	741
34.2 Hämoglobin .....	742
34.3 Transport von O <sub>2</sub> im Blut .....	743
34.4 Transport von CO <sub>2</sub> im Blut .....	748
34.5 Fetaler Gasaustausch .....	749
<b>35 Säure-Basen-Haushalt</b> .....	751
<i>Florian Lang</i>	
35.1 Bedeutung und Pufferung des pH .....	752
35.2 Regulation des pH .....	755
35.3 Störungen des Säure-Basen-Haushaltes .....	759
<b>36 Der Sauerstoff im Gewebe: Substrat, Signal und Noxe</b> .....	763
<i>Ulrich Pohl</i>	
36.1 Sauerstoffbedarf .....	764
36.2 Sauerstoffversorgung der Gewebe .....	766
36.3 O <sub>2</sub> -Mangelwirkungen .....	769
36.4 Sauerstoff als Signalmolekül .....	773
36.5 Sauerstoff als Noxe .....	775

## IX Stoffwechsel, Arbeit, Altern

<b>37 Ernährung</b> .....	781
<i>Hans K. Biesalski</i>	
37.1 Nahrungsmittel .....	782
37.2 Makronährstoffe .....	783
37.3 Vitamine .....	787
37.4 Spuren- und Mengenelemente .....	790
<b>38 Funktionen des Magen-Darm-Trakts</b> .....	792
<i>Peter Vaupel</i>	
38.1 Allgemeine Grundlagen der gastrointestinalen Funktionen .....	793
38.2 Gastrointestinale Motilität und Sekretion .....	796
38.3 Mundhöhle, Pharynx und Ösophagus .....	799
38.4 Magen .....	803
38.5 Pankreas .....	809
38.6 Leber und Gallensekretion .....	812
38.7 Dünndarm .....	818
38.8 Kolon und Rektum .....	820
38.9 Absorption von Elektrolyten, Wasser, Vitaminen und Eisen .....	822
38.10 Verdauung und Absorption von Nährstoffen .....	826
38.11 Intestinale Schutzmechanismen und Darmbakterien .	831
<b>39 Energie- und Wärmehaushalt, Thermoregulation</b> 834	
<i>Pontus B. Persson</i>	
39.1 Nährstoffbrennwerte .....	835
39.2 Energieumsatz .....	838
39.3 Körpertemperatur des Menschen .....	840
39.4 Wärmeregulation .....	842

39.5	Wärmebildung, Wärmeabgabe . . . . .	845
39.6	Physiologische und pathophysiologische Veränderungen der Temperaturregulation . . . . .	850
<b>40</b>	<b>Sport- und Arbeitsphysiologie</b> . . . . .	<b>854</b>
	<i>Urs Boutellier</i>	
40.1	Leistung und Leistungsfähigkeit . . . . .	855
40.2	Energiebereitstellung . . . . .	856
40.3	Aerobe und anaerobe Leistungsfähigkeit . . . . .	857
40.4	Physiologische Anpassungen an körperliche Aktivität	861
40.5	Leistungstests . . . . .	866
40.6	Motorisches Lernen und Training . . . . .	869
40.7	Ermüdung, Erschöpfung, Übertraining und Erholung	871
40.8	Doping . . . . .	875
<b>41</b>	<b>Alter und Altern</b> . . . . .	<b>877</b>
	<i>Thomas von Zglinicki</i>	
41.1	Was ist Altern? . . . . .	878
41.2	Zelluläre und molekulare Mechanismen des Alterns . .	880
41.3	Organveränderungen im Alter . . . . .	884
41.4	Funktionsbeeinträchtigung und Krankheit . . . . .	888
41.5	Intervention . . . . .	889

## A Anhang

<b>A1</b>	<b>Tabellen</b> . . . . .	<b>895</b>
<b>A2</b>	<b>Abkürzungen</b> . . . . .	<b>910</b>
<b>A3</b>	<b>Maßeinheiten und Normalwerte der Physiologie</b>	<b>912</b>
<b>A4</b>	<b>Sachverzeichnis</b> . . . . .	<b>915</b>