

# 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 heterotrimeren G-Proteine . . . . .	25
2.3	Zyklische Nucleotide 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 Nozizeption und Schmerz</b> . . . . .	<b>298</b>	
<b>10 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 Motivation und Emotion</b> . . . . .	<b>218</b>		15.6	Grundlagen der Schmerztherapie . . . . .	312
	<i>Wilfrid Jänig, Niels Birbaumer</i>		<b>16 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 Schallleitung 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 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 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 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 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 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	Farbensehen . . . . .	375
14.4	Propriozeption . . . . .	286	18.11	Hirnphysiologische Grundlagen kognitiver visueller Leistungen . . . . .	379
14.5	Thermorezeption . . . . .	288	<b>19 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
19.4	Aufbau des Riechsystems und seine zentralen Verschaltungen . . . . .	393
19.5	Geruchsdiskriminierung und deren neuro- physiologische Grundlagen . . . . .	394
19.6	Funktional wichtige Eigenschaften des Geruchssinns . . . . .	398

## 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

23.5	Thrombozyten . . . . .	491
23.6	Blutstillung und -gerinnung . . . . .	492
23.7	Blutgruppen des Menschen . . . . .	498
<b>24</b>	<b>Immunsystem</b> . . . . .	<b>503</b>
	<i>Erich Gulbins, Karl S. Lang</i>	
24.1	Angeborene Immunität . . . . .	504
24.2	Spezifisches Immunsystem . . . . .	507
24.3	Pathophysiologie des Immunsystem . . . . .	512

## 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>