

Lehrbuch der Physiologie

Herausgegeben von
Rainer Klinke und Stefan Silbernagl

Mit Beiträgen von

Christian Bauer
Gerrit ten Bruggencate
David Ian Cook
Norbert Dieringer
Ulf Eysel
Heinrich Fruhstorfer
Peter Gaehtgens
Rainer Greger
Volker Hennj
Clausjessen
Karl Kirsch
Rainer Klinke
Wolfgang Kuschinsky
Heinz-Peter Leichtweifs"
Jennifer M. Lingard
Hans Oberleithner
Hans-Christian Pape
Ulrich Peiper
Peter Scheid
Jurgen Schrader
HobeJ. Schroder
Horst Seller
Stefan Silbernagl
Wolf Singer
Ernst W. Van Lennep
Karlheinz Voigt
Eric A. Wegman
John Atherton Young

Illustrationen von
RudigerGay und
Astrid Rothenburger

3., vollständig
überarbeitete Auflage

694 farbige Abbildungen
55 Tabellen

Georg Thieme Verlag
Stuttgart • New York

Inhaltsverzeichnis

1 Wer liest schon Einleitungen?			
S. Silbernagl			
1.1 Physiologie: Funktion des Lebendigen *** 2			
1.2 Woher weils" man, was in diesem Buch steht? ** 2			
1.3 Ob Zelle oder Organismus: ein offenes System mit innerem Milieu *** 7			
2 Die Zelle als Grundbaustein	13		
R. Greger			
2.1 Subzelluläre Komponenten *** 74			
2.2 Transportwege durch die Membran *** 19			
2.3 Ionale Zusammensetzung von Intra- und Extrazellulärraum *** 28			
2.4 Homoostatische Mechanismen ***30			
2.5 Hormone *** 31			
2.6 Altern und Zelltod -37			
3 Von der Zelle zum Organ	*** 41		
R. Greger			
3.1 Zellverbände *** 42			
3.2 Kommunikation benachbarter Zellverbände *** 45			
4 Membranpotenzial	***49		
R. Greger			
4.1 Das Ruhemembranpotenzial *** 50			
4.2 Aktionspotenziale *** 53			
Erregungsübertragung in Zellverbänden	67		
R. Klinke			
5.1 Grundfunktionen der Synapsen ***62			
5.2 Elektrische Synapsen *** 62			
5.3 Chemische Synapsen *** 63			
5.4 Transmitterfreisetzung *** 64			
5.5 Transmitterwirkung ***66			
5.6 Beendigung synaptischer Prozesse *** 72			
5.7 Transmittersynthese ***72			
5.8 Pharmakologiecholinergere Synapsen ***73			
5.9 Weitere Transmittersubstanzen 74			
5.10 Prasynaptische Bahnung und Hemmung *** 78			
6 Muskulatur		81	
U. Peiper			
6.1 Allgemeine Vorbemerkungen *** 82			
6.2 Anatomische Vorbemerkungen ***82			
6.3 Elektrophysiologische Vorbemerkungen *** 84			
6.4 Grundmechanismus der Kontraktion *** 85			
6.5 Mechanismus der Ca ²⁺ -Bereitstellung ***93			
6.6 Mechanische Aspekte der Muskelkontraktion *** 99			
6.7 Umwandlung von chemischer in mechanische Energie *** 704			
6.8 Physiologische und pathologische Muskelveränderungen *** 705			
7 Das Herz		709	
J. Schrader			
7.1 Aufgabe des Herzens im Kreislauf *** 770			
7.2 Druck-Volumen-Veränderungen während des Herzzyklus *** 777			
7.3 Elektrophysiologische Grundlagen *** 775			
7.4 Elektromechanische Koppelung *** 778			
7.5 Regulation der Pumpleistung des Herzens *** 720			
7.6 Erregungsausbreitung am Herzen ***726			
7.7 Grundlagen der Elektrokardiographie *** 729			
7.8 Aussagemöglichkeiten des EKG *** 134			
7.9 Regulation der Koronardurchblutung ***737			
7.10 Beziehungen zwischen Energiestoffwechsel und Herzfunktion *** 740			
8 Das Kreislaufsystem		7	
P. Gaeltgens			
8.1 Funktion und Aufgaben des Kreislaufsystems. Eine Übersicht *** 746			
8.2 Das geschlossene Gefäßsystem und seine Funktionselemente *** 747			
8.3 Ohm, Poiseuille, Newton: drei wichtige Gesetze für die Blutströmung *** 153			
8.4 Stofftransport in Austauschgefäßen *** 767			

Inhaltsverzeichnis

8.5	Kreislaufregulation: zentrale Steuerung, Verbraucherkontrolle und langfristige Adaptation	••• 766	11.8	Antwort des Organismus auf primäre Störungen	••• 284
8.6	Kreislauffunktion unter Belastung: derHartetest	••• 775	11.9	Saure-Basen-Status des gesamten Organismus	••• 285
8.7	Der Lungenkreislauf	••• 787			
8.8	Kreislauffunktion und Lebensalter	••• 785			
9	Blut: Ein flüssiges Organsystem	789	12	Die Funktion der Nieren	287
	Chr. Bauer			S. Silbernagl	
9.1	Einleitung	••• 790	12.1	Ein Überblick	- 288
9.2	Zusammensetzung und Volumen desBlutes	••• 790	12.2	Menge ist Volumen mal Konzentration: die Clearance	••• 297
9.3	Zelluläre Bestandteile des Blutes	••• 792	12.3	Die Nierendurchblutung	••• 293
9.4	Immunabwehr	••• 797	12.4	Die Filtration des Primärharns	••• 297
9.5	Blutstillung und Wundheilung	••• 209	12.5	Aktive Na ⁺ -Resorption und die Folgen	•••307
10	Atmung	277	12.6	Harnkonzentrierung und Diurese	••• 377
	P. Scheid		12.7	Tubularer Transport organischer Stoffe	••• 376
10.1	Einleitung und Überblick	•••278	12.8	Phosphat-, Ca ²⁺ - und Mg ²⁺ - Ausscheidung	••• 322
10.2	PhysikderGase	•••227	12.9	Die Niere im Dienst des Saure-Basen-Haushalts	••• 325
10.3	Lungenvolumina und Atemvolumina	•••223	12.10	Renin und Nierenhormone	••• 330
10.4	Atemmechanik	••• 225	12.11	Nierenstoffwechsel	••• 337
10.5	Perfusion der Lunge	•••236	12.12	Nierenversagen und künstliche Niere	-332
10.6	Ventilation, Perfusion und Gasaustausch	••• 238	13	Salz- und Wasserhaushalt	337
10.7	Atemgastransport im Blut	••• 244		H. Oberleithner	
10.8	Diffusion durch die Alveolarmembran	••• 257	13.1	Die Zelle und ihre Umgebung	338
10.9	Verteilung von Ventilation und Perfusion	••• 253	13.2	Das Medium Wasser	-338
10.10	Blutgase: Normalwerte und Störungen	••• 256	13.3	Regulation der Körperflüssigkeiten	341
10.11	Atmungsregulation	••• 258	14	Ernährung, Energiehaushalt und Stoffwechsel	•365
10.12	Gewebeatmung	••• 263		D. I. Cook, J. M. Lingard, E. A. Wegman undj. A. Young	
10.13	Atmung unter ungewöhnlichen Bedingungen	••• 267	14.1	Energie, woher und wozu?	••• 366
11	Saure-Basen-Gleichgewicht	•••273	14.2	Die körperliche Aktivität bestimmt den Energieumsatz	••• 366
	P. Scheid		14.3	Vom respiratorischen Quotienten zur Energiebilanz	••• 367
11.1	Einleitung und Überblick	•••274	14.4	Energiehomöostase, Körpergewicht	-368
11.2	Chemische Pufferung	••• 274	14.5	Energie, „wahrung“ und Energietransport	-370
11.3	Die Besonderheiten des Bicarbonatpuffers	•••276	14.6	Wohin mit den Kohlenhydraten?	••• 372
11.4	Bilanz von Säuren und Basen im Organismus	••• 278	14.7	Vom Eiweiß zu den Aminosäuren und zurück	••• 372
11.5	Blut als Indikator für den Saure-Basen-Status des Organismus	••• 280	14.8	Lipide: Energiepakete, Zellbausteine und Hormonvorläufer	••• 373
11.6	Diagnostik des Saure-Basen-Status im Blut und Normalwerte	••• 287	14.9	Energie allein ist nicht genug	--377
11.7	Primäre Störungen des Saure-Basen-Gleichgewichts und chemische Pufferung als Sofortmaßnahme	••• 282			

15 Temperaturregulation und Warmehaushalt	387	18.5 Plazentafunktion	••• 503
C. Jessen		18.6 Physiologie des Fetus	••• 507
15.1 Ein Regelkreis	-382	18.7 Physiologie der Schwangeren	•••577
15.2 Warmeabgabe und Wärmeabgabe	-384	18.8 Geburt und Milchproduktion (Laktation)	••• 572
15.3 AufSere und innere Belastungen	--387	18.9 Anpassung des Neugeborenen an die neue Umwelt	••• 574
15.4 Regelgrenzen und Schwellen- änderungen	••• 390		
16 Funktion des Magen-Darm-Trakts	-393	19 Leistungsphysiologie	577
J. A. Young, D. I. Cook, J. M. Lingard, E. W. Van Lennep und E. A. Wegman		K. Kirsch	
16.1 Übersicht	-394	19.1 DerMuskelapparat	••• 578
16.2 Gastrointestinal Motilität	-395	19.2 DerSauerstofftransport	-523
16.3 Exokrine Sekretion im Magen-Darm-Trakt	-403	19.3 Leistung und Ausdauer	••• 537
16.4 Absorptions- und Sekretionsmechanismen im Darm	••• 477	20 Baeuelemente des Nervensystems	539
16.5 Speichel	•••472	R. Klinke	
16.6 Schlucken	•••474	20.1 Grundfunktionen des Nervensystems	••• 540
16.7 Magenfunktionen, Erbrechen	••• 476	20.2 Nerven- und Gliazellen	••• 540
16.8 Dunndarmmotilität und -sekretion; Leber und Pankreas	••• 427	20.3 Initiale Schritte der Informations- verarbeitung	••• 543
16.9 Verdauung und Absorption	••• 433	20.4 Reizverarbeitung in neuronalen Netzwerken	••• 547
16.10 Dickdarmfunktion	--437	21 Somatoviszerele Sensibilitat	--553
16.11 Abwehrmechanismen im Magen-Darm- Trakt	-439	H. Fruhstorfer	
17 Endokrines System	--443	21.1 Die Sensibilitat der Haut	-554
K. Voigt		21.2 Tiefensensibilitat	••• 567
17.1 Allgemeine Endokrinologie: Hormone sind Signalstoffe	••• 444	21.3 Viszerale Sensibilitat	-562
17.2 Der Hypothalamus als neuroendokrine Schaltstelle	-454	21.4 Zentrale Verarbeitung somatoviszeraler Informationen	••• 565
17.3 Hypothalamus-Hypophysen- Nebennierenrinden-System: Mineralo- und Glucocorticoide	••• 468	21.5 Nozizeption und Schmerz	••• 570
17.4 Hypothalamus-Hypophysen-Schilddrusen- System	-478	21.6 Storungen der somatoviszeralen Sensibilitat und unnaturlche Empfindungen	••• 574
17.5 Der Inselapparat des Pankreas: Insulin und Glucagon	••• 485	21.7 Untersuchung der somatoviszeralen Sensibilitat	••• 575
18 Sexuallfunktionen, Schwangerschaft undGeburt	--493	22 Horen und Sprechen: Kommunikation des Menschen	577
H.-P. LeichtweiB, H.J. Schroder		R. Klinke	
18.1 Einleitung	••• 494	22.1 Schall	••• 578
18.2 Reifung der Gameten	-494	22.2 Horempfindungen	••• 579
18.3 Geschlechtsakt (Kohabitation)	-500	22.3 Schalleitung durch auGeres Ohr und Mittelohr	-580
18.4 Befruchtung und Implantation der befruchteten Eizelle	••• 507	22.4 Funktion des Innenohres	••• 587
		22.5 Zentralnervose Verarbeitung von Schallreizen	••• 587
		22.6 Audiometrische Verfahren	--589
		22.7 Der periphere Sprechapparat	••• 597

XII Inhaltsverzeichnis

- 23 Gleichgewichts-, Lage- und Bewegungssinn** 5 -, -A , 595
R. Klinke
- 23.1 Physiologie des peripheren Vestibularorgans *** 596
23.2 Das zentrale vestibulare System -600
- 24 Sehsystem** 605
U. Eysel
- 24.1 Auge und optische Abbildung *** 606
24.2 Netzhaut und primäre sensorische Prozesse *** 670
24.3 Signalverarbeitung in der Netzhaut •• 615
24.4 Sehscharfe *** 677
24.5 Topographie der zentralen Sehbahn 619
24.6 Neurophysiologie des zentralen Sehsystems ***627
24.7 Räumliches Sehen -626
24.8 Farbsehen *** 628
- 25 Chemische Sinne** 633
H. Fruhstorfer
- 25.1 Die Chemosensibilität und ihre Bedeutung *** 634
25.2 Allgemeiner chemischer Sinn -634
25.3 Geschmack *** 635
25.4 Geruch -639
25.5 Kommunikation über Düfte und Pheromone *** 642
25.6 Wechselbeziehungen zwischen chemischen Sinnen und Ernährung *** 643
25.7 Störungen der chemischen Sinne -644
- 26 Empfindungen - Wahrnehmungen**
Die Verarbeitungsprinzipien in Sinneskanalen *** 645
R. Klinke
- 26.1 Die Vielzahl der Sinneskanäle --646
26.2 Objektive Sinnesphysiologie -647
26.3 Subjektive Sinnesphysiologie -648
26.4 Kognitionsphysiologie *** 650
- 27 Sensomotorische Systeme: Körperhaltung, Bewegung und Blickmotorik** -653
G. ten Bruggencate, N. Dieringer
- 27.1 Sensomotorik im Überblick *** 654
27.2 Spinalmotorische Elemente und ihre Funktionen *** 655
- 27.3 Supraspinale Kontrolle spinaler Verschaltungen *** 669
21A Motorische Areale der Großhirnrinde 674
27.5 Basalganglien: Struktur, Funktion und klinische Zeichen *** 678
27.6 Kleinhirn: Struktur, Funktion, Symptome 684
27.7 Augen- und Blickbewegungen *** 690
27.8 Ein Gesamtkonzept der Motorik -697
- 28 Neurovegetative Regulationen** - 701
H. Seller
- 28.1 Peripherer Aufbau und Transmitter *** 702
28.2 Rezeptoren der postsynaptischen Membran *** 703
28.3 Organeffekte -705
28.4 Funktionen des Rückenmarks -709
28.5 Kerngebiete in der Medulla oblongata •• 713
28.6 Hypothalamus und limbisches System - homoostatische Regulationen und emotionelle Verhaltensweisen *** 774
- 29 Höhere Funktionen des Zentralnervensystems** 717
V. Hennj, überarbeitet von R. Klinke
- 29.1 Physiologie der Hirnrinde ***778
29.2 Kognitive Funktionen *** 724
- 30 Rhythmen des Gehirns: Elektroenzephalographische und neurale Korrelate des Verhaltens** 731
H.-C. Pape
- 30.1 Das Elektroenzephalogramm *** 732
30.2 EEG-Korrelate von Wachen und Schlafen *** 736
30.3 Neurophysiologische Grundlagen von Wachen und Schlafen *** 738
30.4 Der zirkadiane Rhythmus *** 740
30.5 Schlafstörungen *** 747
- 31 Hirnentwicklung - neuronale Plastizität - Lernen** - 743
W. Singer
- 31.1 Die Strukturentwicklung des Zentralnervensystems *** 744
31.2 Hirnentwicklung und Umwelt *** 746
31.3 Hirnentwicklung unter dem Einfluss von Aufmerksamkeit und Motivation *** 750
31.4 Neuronale Grundlagen von Lernprozessen *** 750

- 31.5 Lernen und limbisches System ... 754
- 31.6 Parallelen zwischen Hirnentwicklung
und Lernen ... 755

**32 Blut-Hirn-Schranke, Liquor cerebrospinalis,
Hirndurchblutung und Hirnstoffwechsel** 757
W. Kuschinsky

- 32.1 Blut-Hirn- und Blut-Liquor-Schranke ... 758
- 32.2 Hirndurchblutung und Hirnstoffwechsel ... 762

**33 Maßeinheiten, Kurven und ein wenig
Mathematik** 769
S. Silbernagl

- 33.1 Messgrößen und Maßeinheiten ... 770
- 33.2 Potenzen und Logarithmen ... 777
- 33.3 Graphische Darstellung von Messdaten --777

34 Normalwerte ... 787

Sachverzeichnis ... 785

Abkürzungsverzeichnis Umschlaginnenseite hinten