

# Inhaltsverzeichnis

## Erster Teil. Nervensystem und Muskulatur

<b>1</b>	<b>Funktion der Nervenzellen (J. Dudel)</b>	2
1.1	Nervenzellen, allgemeiner Aufbau und Funktion	2
1.2	Das Ruhepotential . . . . .	3
	Messung des Membranpotentials . . . . .	4
	Ladungsverteilung an der Membran . . . . .	4
	K <sup>+</sup> -Ionen-Verteilung und Ruhepotential . . . . .	5
	Beteiligung der Cl <sup>-</sup> -Ionen am Ruhepotential . . . . .	7
	Der passive Na <sup>+</sup> -Einstrom . . . . .	7
	Die Natriumpumpe . . . . .	8
	Übersicht über die Ionenströme durch die Membran . . . . .	10
1.3	Das Aktionspotential . . . . .	11
	Zeitverlauf der Aktionspotentiale . . . . .	11
	Auslösung des Aktionspotentials . . . . .	12
	Kinetik der Ionenströme während der Erregung . . . . .	13
	Die Inaktivierung des Na <sup>+</sup> -Systems . . . . .	15
	Ionenströme während der Nachpotentiale . . . . .	17
1.4	Extracellulärraum und Neuroglia . . . . .	18
1.5	Elektrotonus und Reiz . . . . .	19
	Elektrotonus bei homogener Stromverteilung . . . . .	19
	Elektrotonus an langgestreckten Zellen . . . . .	20
	Reiz und Reizschwelle . . . . .	21
	Verschiebung der Reizschwelle: Akkommodation . . . . .	22
1.6	Fortleitung des Aktionspotentials . . . . .	23
	Messung der Leitungsgeschwindigkeit . . . . .	23
	Mechanismus der Fortleitung . . . . .	24
1.7	Erregungsauslösung an Rezeptoren . . . . .	27
	Das Receptorpotential . . . . .	27
	Transformation des Receptorpotentials in Erregungen . . . . .	28
	Adaptation . . . . .	28
	Codierung der Amplitude des Reizes als Impulsfrequenz . . . . .	29
1.8	Axonaler Transport . . . . .	30
	Schneller axonaler Transport . . . . .	30
	Retrograder Transport . . . . .	31
	Mechanismus des Transports . . . . .	31
	Axonaler Transport und pathologische Zustände . . . . .	32
1.9	Literatur . . . . .	32
<b>2</b>	<b>Muskel (J.C. Rüegg)</b> . . . . .	34
2.1	Der molekulare Mechanismus der Kontraktion . . . . .	34
	Gleitfilamenttheorie . . . . .	34

2.2	Die chemomechanische Energietransformation . . . . .	37
	Die Regulation der Muskelkontraktion . . . . .	38
	Elektromechanische Koppelung . . . . .	38
	Regulierung der Muskelkraft im menschlichen Körper. . . . .	42
2.3	Muskelmechanik . . . . .	44
	Isometrische Kontraktionskraft und Muskellänge . . . . .	45
	Beziehung zwischen Last und Verkürzung des Muskels . . . . .	46
	Beziehung von Geschwindigkeit und Kraft (Belastung) . . . . .	47
2.4	Muskelenergetik . . . . .	49
2.5	Glatte Muskulatur . . . . .	50
2.6	Literatur . . . . .	53
<b>3</b>	<b>Erregungsübertragung von Zelle zu Zelle (R.F. Schmidt)</b> . . . . .	<b>54</b>
3.1	Die neuromuskuläre Endplatte: Eine chemische Synapse . . . . .	54
	Bauelemente der Endplatte . . . . .	54
	Das Endplattenpotential . . . . .	55
	Die Freisetzung der Überträgersubstanz . . . . .	57
	Der Transmitter Acetylcholin; Seine subsynaptischen Rezeptoren . . . . .	59
	Neuromuskuläre Blockade . . . . .	61
3.2	Zentrale erregende chemische Synapsen . . . . .	62
	Die Erregung des Motoneurons . . . . .	62
	EPSP an anderen Nervenzellen . . . . .	64
3.3	Zentrale hemmende chemische Synapsen. . . . .	65
	Postsynaptische Hemmung. . . . .	65
	Präsynaptische Hemmung . . . . .	67
3.4	Überträgerstoffe chemischer Synapsen. . . . .	69
	Fehlende Spezifität der Transmitter . . . . .	69
	Acetylcholin als Überträgersubstanz im Nervensystem . . . . .	70
	Adrenerge Überträgersubstanzen . . . . .	70
	Aminosäuren . . . . .	72
	Andere mögliche Transmitter . . . . .	73
3.5	Elektrische Synapsen . . . . .	73
3.6	Literatur . . . . .	74
<b>4</b>	<b>Physiologie kleiner Neuronenverbände, Reflexe (R.F. Schmidt)</b> . . . . .	<b>76</b>
4.1	Typische neuronale Verschaltungen . . . . .	76
	Divergenz und Konvergenz . . . . .	76
	Zeitliche und räumliche Bahnung, Occlusion . . . . .	77
	Einfache hemmende Schaltkreise . . . . .	78
	Fördernde Schaltkreise und Mechanismen . . . . .	79
	Synaptische Depression . . . . .	80
4.2	Reflexe . . . . .	80
	Anteile eines Reflexbogens, Reflexzeit . . . . .	81
	Der monosynaptische Reflexbogen . . . . .	81
	Polysynaptische Reflexe . . . . .	84
4.3	Literatur . . . . .	85
<b>5</b>	<b>Motorische Systeme (R.F. Schmidt)</b> . . . . .	<b>87</b>
5.1	Nervöse Kontrolle von Haltung und Bewegung im Überblick . . . . .	87

5.2	Spinale Motorik . . . . .	89
	Rezeptoren der spinalen Sensomotorik . . . . .	89
	Aufgaben der Muskelspindeln und Sehnenorgane . . . . .	92
	Polysynaptische motorische Reflexe . . . . .	96
	Leistungen des isolierten Rückenmarks . . . . .	98
5.3	Motorische Funktionen des Hirnstammes . . . . .	99
	Funktionelle Anatomie der motorischen Zentren des Hirnstammes . . . . .	100
	Motorik des decerebrierten Tieres . . . . .	101
	Motorik des Mittelhirntieres . . . . .	103
5.4	Das Kleinhirn . . . . .	104
	Funktionelle Anatomie des Kleinhirns . . . . .	104
	Die Kleinhirnrinde . . . . .	105
	Afferente und efferente Verbindungen des Kleinhirns . . . . .	106
	Aufgaben des Kleinhirns . . . . .	107
	Pathophysiologische Aspekte . . . . .	108
5.5	Aufgaben des motorischen Cortex und der Basalganglien . . . . .	109
	Welche Cortexareale sind motorisch? . . . . .	109
	Funktionelle Organisation des motorischen Cortex . . . . .	111
	Efferente Verbindungen des Motorcortex . . . . .	112
	Die Basalganglien . . . . .	113
	Motorcortex, Thalamus, Basalganglien und Bewegung . . . . .	114
	Handlungsantrieb und Bewegungsentwurf . . . . .	115
5.6	Pathophysiologie der Motorik . . . . .	116
	Periphere Lähmung . . . . .	116
	Pathophysiologie der Basalganglien . . . . .	116
	Pathophysiologie des Motorcortex und seine Efferenzen . . . . .	116
5.7	Literatur . . . . .	117
<b>6</b>	<b>Das vegetative Nervensystem (W. Jäning)</b> . . . . .	119
6.1	Das periphere vegetative Nervensystem . . . . .	119
	Aufbau des peripheren vegetativen Nervensystems . . . . .	119
	Wirkungen von Sympathicus und Parasympathicus auf ihre Effektororgane . . . . .	121
	Neurohumorale Übertragung im peripheren vegetativen Nervensystem . . . . .	121
	Das Nebennierenmark. Die systemischen Wirkungen von Adrenalin und Noradrenalin . . . . .	125
	Synaptische Organisation des peripheren vegetativen Nervensystems . . . . .	126
6.2	Zentrale Organisation des vegetativen Nervensystems in Rückenmark und Hirnstamm . . . . .	130
	Ruheaktivität im vegetativen Nervensystem . . . . .	130
	Vegetative Reflexe des Rückenmarks . . . . .	131
	Vegetative Leistungen des Hirnstammes . . . . .	133
6.3	Miktions- und Defäkation . . . . .	134
	Neuronale Kontrolle der Harnblasenentleerung . . . . .	134
	Neuronale Kontrolle der Darmentleerung . . . . .	136
6.4	Genitalreflexe . . . . .	137
	Genitalreflexe beim Manne . . . . .	137
	Genitalreflexe bei der Frau . . . . .	139
	Extragenitale Reaktionen während des sexuellen Reaktionszyklus . . . . .	140
6.5	Aufgaben des Hypothalamus . . . . .	141
	Funktionelle Anatomie des Hypothalamus . . . . .	141
	Das hypothalamo-hypophysäre System . . . . .	143
	Hypothalamus und kardiovaskuläres System . . . . .	144
	Hypothalamus und Verhalten . . . . .	145

6.6	Limbisches System und Verhalten . . . . .	148
	Anteile des limbischen Systems . . . . .	149
	Funktionen des limbischen Systems . . . . .	150
	Emotionen und limbisches System . . . . .	151
	Monoaminerge Systeme und Verhalten . . . . .	152
6.7	Literatur . . . . .	156
<b>7</b>	<b>Integrative Funktionen des Zentralnervensystems (R.F. Schmidt) . . . . .</b>	<b>158</b>
7.1	Allgemeine Physiologie der Großhirnrinde . . . . .	158
	Funktionelle Histologie der Großhirnrinde . . . . .	158
	Elektrophysiologische Korrelate corticaler Aktivität . . . . .	161
	Das Elektroenzephalogramm (EEG) . . . . .	164
	Hirnaktivität, Hirnstoffwechsel und Hirndurchblutung . . . . .	165
7.2	Wachen und Schlafen . . . . .	167
	Circadiane Periodik als Grundlage des Wach-Schlaf-Rhythmus . . . . .	167
	Phänomenologie von Wachen und Schlafen . . . . .	168
	Mechanismen von Wachen und Schlafen . . . . .	172
7.3	Neurophysiologische Korrelate des Bewußtseins und der Sprache . . . . .	174
	Bewußtsein bei Mensch und Tier . . . . .	174
	Funktionelle und strukturelle Voraussetzungen des Bewußtseins . . . . .	175
	Neurophysiologische Aspekte der Sprache . . . . .	177
7.4	Lernen, Gedächtnis, Erinnerung . . . . .	179
	Das menschliche Gedächtnis . . . . .	180
	Gedächtnissstörungen . . . . .	182
	Neuronale Mechanismen . . . . .	184
	Biochemische (molekulare) Mechanismen des Engramms . . . . .	185
	Lernen im autonomen Nervensystem . . . . .	186
7.5	Das Stirnhirn . . . . .	187
	Aufschlüsse von Läsionen des Stirnhirns beim Menschen . . . . .	188
	Stirnhirnsymptome im Tierversuch . . . . .	189
7.6	Literatur . . . . .	189

## Zweiter Teil. Sinnesorgane

<b>8</b>	<b>Allgemeine Sinnesphysiologie (J. Dudel) . . . . .</b>	<b>191</b>
8.1	Grundbegriffe . . . . .	191
	Objektive und subjektive Sinnesphysiologie . . . . .	191
	Grunddimensionen der Empfindungen . . . . .	193
8.2	Allgemeine objektive Sinnesphysiologie . . . . .	194
	Spezifität der Sinnesorgane . . . . .	194
	Neuronale Verschaltungen im sensorischen System . . . . .	195
	Rezeptives Feld . . . . .	196
	Reizstärke-Reizantwort-Beziehungen . . . . .	198
8.3	Sinnesreiz und Verhalten . . . . .	199
	Bedingter Reflex und Konditionierung . . . . .	200
	Messung der Dunkeladaptation durch operante Konditionierung . . . . .	201
8.4	Allgemeine subjektive Sinnesphysiologie . . . . .	202
	Messung der Intensität einer Empfindung oder Wahrnehmung . . . . .	202
	Simultane Dimensionsänderungen . . . . .	204

8.5	Raumdimension der Empfindung, Kontrast . . . . .	205
	Zeitdimension der Empfindung, Adaptation . . . . .	206
	Affektive und intentionale Aspekte der Sinneswahrnehmungen . . . . .	207
8.5	Literatur . . . . .	208
<b>9</b>	<b>Somato-viscerale Sensibilität: Die Verarbeitung im Zentralnervensystem (M. Zimmermann)</b> . . . . .	<b>209</b>
9.1	Übersicht über die zentralen Strukturen der sensorischen Informationsverarbeitung im somatosensorischen System . . . . .	209
	Das spezifische und das unspezifische afferente System der Somatosensorik . . . . .	210
9.2	Verschaltung der Afferenzen im Rückenmark . . . . .	212
	Neurophysiologie des Hinterhorns . . . . .	212
	Aufsteigende Bahnen des Rückenmarks . . . . .	214
9.3	Somatosensorische Funktionen des Hirnstamms . . . . .	215
	Der Trigeminusnerv und seine Verschaltung . . . . .	216
	Die Formatio reticularis . . . . .	218
9.4	Der Thalamus . . . . .	218
	Anatomische und funktionelle Übersicht . . . . .	218
	Der spezifische Thalamuskern des somatosensorischen Systems . . . . .	220
9.5	Somatosensorische Projektionsareale des Cortex . . . . .	221
	Die Somatotopie des somatosensorischen Cortex . . . . .	221
	Neuronale Organisation des somatosensorischen Cortex . . . . .	222
	Cortex und Wahrnehmung . . . . .	223
9.6	Kontrolle des afferenten Zustroms im somatosensorischen System . . . . .	225
9.7	Literatur . . . . .	227
<b>10</b>	<b>Somato-viscerale Sensibilität: Hautsinne, Tiefensensibilität, Schmerz (R.F. Schmidt)</b> . . . . .	<b>229</b>
10.1	Mechanoreception . . . . .	229
	Subjektiv erfassbare Eigenschaften der Mechanoreception . . . . .	229
	Mechanorezeptoren der Haut . . . . .	232
	Rezeptorfunktion und Mechanoreception . . . . .	236
10.2	Tiefensensibilität . . . . .	236
	Qualitäten der Tiefensensibilität . . . . .	236
	Rezeptoren der Tiefensensibilität (Propriozeptoren) . . . . .	237
10.3	Thermoreception . . . . .	240
	Die Temperaturempfindungen der Haut . . . . .	241
	Kalt- und Warmpunkte; Raumschwellen . . . . .	243
	Kalt- und Warmrezeptoren . . . . .	243
	Rezeptorfunktion und Thermoreception . . . . .	245
	Sonderformen der Thermoreception . . . . .	245
10.4	Somatischer und visceraler Schmerz . . . . .	246
	Schmerzqualitäten . . . . .	246
	Messung der Schmerzintensität; Schmerzadaptation . . . . .	247
	Neurophysiologische Grundlagen des Schmerzes . . . . .	248
10.5	Spezielle und abnorme Schmerzformen; Schmerztherapie . . . . .	251
	Spezielle Schmerzformen . . . . .	251
	Periphere und zentrale Störungen der Nociception . . . . .	253
	Schmerztherapie . . . . .	254
10.6	Literatur . . . . .	255

<b>11</b>	<b>Gesichtssinn und Oculomotorik (O.-J. Grüsser)</b>	256
11.1	Licht – Sehen – Blicken . . . . .	256
	Die Duplizitätstheorie des Sehens . . . . .	256
	Sehen und Blicken . . . . .	257
11.2	Das Auge und sein dioptrischer Apparat . . . . .	257
	Der Aufbau des Auges . . . . .	257
	Tränen . . . . .	257
	Die Bildentstehung auf der Retina . . . . .	258
	Regelprozesse des dioptrischen Apparates . . . . .	259
	Optische Fehler des Auges und Refraktionsanomalien . . . . .	262
	Refraktionsbestimmung und Berechnung von Brillengläsern . . . . .	263
	Die Betrachtung des Augenhintergrundes mit dem Augenspiegel . . . . .	264
	Der Augeninnendruck . . . . .	265
11.3	Die Signalaufnahme und Signalverarbeitung in der Retina . . . . .	265
	Der Transduktionsprozeß des Sehens . . . . .	265
	Das corneo-retinale Bestandpotential und das Elektroretinogramm (ERG) . . . . .	270
	Receptive Felder retinaler Ganglienzellen . . . . .	270
	Neurophysiologische Grundlagen des Simultankontrastes . . . . .	271
	Hell-Dunkel-Adaptation, Blendung, Nachbilder . . . . .	272
	Die zeitlichen Übertragungseigenschaften der Netzhaut . . . . .	274
11.4	Die Signalverarbeitung im zentralen visuellen System . . . . .	274
	Die zentrale Sehbahn . . . . .	274
	Die Signalverarbeitung in den Colliculi superiores . . . . .	275
	Die Signalverarbeitung im Corpus geniculatum laterale (CGL) . . . . .	275
	Die Signalverarbeitung im visuellen Cortex . . . . .	275
	Neurophysiologische Grundlagen der Gestaltwahrnehmung . . . . .	278
	Die Bestimmung der Sehschärfe . . . . .	279
	Die Bestimmung des Gesichtsfeldes durch Perimetrie . . . . .	280
	Das visuelle evokierte Potential (VEP) . . . . .	281
11.5	Das Binocularsehen . . . . .	282
11.6	Das Farbensehen . . . . .	283
	Farben und Farbmötrik . . . . .	283
	Theorien des Farbensehens . . . . .	286
	Störungen des Farbensinnes . . . . .	288
11.7	Augenbewegungen, Bewegungssehen und sensorisch-motorische Integration beim Sehen . . . . .	289
	Messung der Augenbewegungen . . . . .	290
	Die binoculare Koordination der Augenbewegungen . . . . .	290
	Die zeitlichen Eigenschaften der Augenbewegungen . . . . .	290
	Die neuronale Kontrolle der Blickbewegungen . . . . .	293
	Neurophysiologie der blickmotorischen und oculomotorischen Kontrolle . . . . .	295
	Bewegungssehen . . . . .	296
	Bewegungswahrnehmung und Eigenbewegung . . . . .	297
	Augenbewegungen und Bewegungswahrnehmung . . . . .	297
11.8	Literatur . . . . .	298
<b>12</b>	<b>Physiologie des Gleichgewichtssinnes, des Hörens und des Sprechens (R. Klinke)</b>	300
12.1	Physiologie des Gleichgewichtssinnes . . . . .	300
	Physiologie des peripheren Sinnesapparates . . . . .	300
	Das zentrale vestibuläre System . . . . .	303
	Die Vestibularisreflexe und deren klinische Prüfung . . . . .	304

12.2	Physiologie des Hörens . . . . .	306
	Die physikalischen Eigenschaften des Schallreizes (Akustik) . . . . .	306
	Anatomische Grundlagen des Hörvorganges; das periphere Ohr . . . . .	307
	Psychophysik der Hörempfindungen . . . . .	309
	Die Aufgaben des Mittelohres . . . . .	312
	Die im Innenohr ablaufenden Prozesse . . . . .	312
	Das zentrale auditorische System . . . . .	315
	Pathophysiologie der Hörstörungen . . . . .	319
12.3	Physiologie des Sprechapparates . . . . .	321
	Grundsätzliche Eigenschaften des beim Sprechen erzeugten akustischen Signals . . . . .	321
	Phonation . . . . .	322
	Artikulation . . . . .	323
	Schallspektrographie . . . . .	326
	Sprechstörungen . . . . .	326
12.4	Literatur . . . . .	326
<b>13</b>	<b>Geschmack und Geruch (H. Altner und J. Boeckh)</b> . . . . .	328
13.1	Charakterisierung . . . . .	328
13.2	Geschmackssinn . . . . .	329
	Rezeptoren und Neurone . . . . .	329
	Die Leistung des Geschmackssinns . . . . .	331
13.3	Geruchssinn . . . . .	331
	Rezeptoren . . . . .	332
	Geruchsqualitäten . . . . .	332
	Empfindlichkeit, Codierung . . . . .	334
	Zentrale Verarbeitung . . . . .	334
13.4	Literatur . . . . .	336
<b>14</b>	<b>Durst und Hunger: Allgemeinempfindungen (R.F. Schmidt)</b> . . . . .	337
14.1	Durst . . . . .	338
	Entstehung des Durstes . . . . .	338
	Rezeptoren und zentrale Mechanismen . . . . .	339
	Durststillung . . . . .	340
	Klinischer Durst . . . . .	341
14.2	Hunger . . . . .	341
	Entstehen der Hungerempfindung . . . . .	341
	Sättigung . . . . .	342
	Psychische Faktoren des Hungers, Appetit . . . . .	344
	Zentrale Mechanismen des Hungers und der Sättigung . . . . .	344
14.3	Literatur . . . . .	345
<b>15</b>	<b>Kybernetische Aspekte des Nervensystems und der Sinnesorgane (M. Zimmermann)</b> . . . . .	346
15.1	Das sensorische System — nachrichtentechnisch gesehen . . . . .	346
	Das Konzept der Informationstheorie . . . . .	346
	Der ideale Rezeptor: Codierung und Informationsgehalt . . . . .	347
	Das Informationsmaß der Nachrichtentechnik . . . . .	348
	Die Informationsübertragung im idealen Rezeptor . . . . .	349

Die Informationsübertragung im realen Receptor . . . . .	349
Die Redundanz . . . . .	350
Neurophysiologie und Psychophysik . . . . .	351
15.2 Die spinale Motorik – interpretiert als Regelkreis . . . . .	352
Regelkreis, regelungstechnische Terminologie . . . . .	352
Der Regelkreis Dehnungsreflex . . . . .	354
Verstärkungsänderung des Längenreglers . . . . .	356
Das Zeitverhalten des Regelkreises . . . . .	356
Die Sollwert-Führung . . . . .	358
Vermischung segmentaler und supraspinaler Regelkreise . . . . .	359
15.3 Literatur . . . . .	359

## **Dritter Teil. Blut, Blutkreislauf und Atmung**

16 Funktionen des Blutes (Ch. Weiss) . . . . .	362
16.1 Grundbegriffe der Blutphysiologie . . . . .	362
Aufgaben des Blutes . . . . .	362
Blutvolumen . . . . .	362
Hämatokrit . . . . .	362
16.2 Blutplasma . . . . .	363
Plasmaelektrolyte . . . . .	363
Plasmaproteine . . . . .	365
Transportierte Plasmabestandteile . . . . .	368
16.3 Erythrocyten . . . . .	369
Zahl, Form und Größe . . . . .	369
Bildung, Lebensdauer und Abbau . . . . .	371
Stoffwechsel und Membraneigenschaften . . . . .	372
Besondere physiko-chemische Eigenschaften . . . . .	372
16.4 Leukocyten . . . . .	374
Gemeinsame Eigenschaften . . . . .	374
Granulocyten . . . . .	374
Lymphocyten . . . . .	376
Monocytent . . . . .	376
16.5 Thrombocyten . . . . .	377
16.6 Blutungsstillung und Gerinnung . . . . .	377
Grundlagen der Hämostase . . . . .	377
Gerinnungsfaktoren und Gerinnungsablauf . . . . .	378
Fibrinolyse . . . . .	381
Störungen und Hemmung der Blutgerinnung, Gerinnungsaktivitätsprüfungen . . . . .	382
16.7 Abwehrfunktion des Blutes . . . . .	383
Grundlagen der Abwehrfunktion . . . . .	383
Spezifische Abwehrmechanismen . . . . .	385
Unspezifische Abwehr . . . . .	387
16.8 Blutgruppen des Menschen . . . . .	387
ABO-System . . . . .	388
Rh-System . . . . .	389
Bluttransfusion . . . . .	390
16.9 Literatur . . . . .	390

<b>17</b>	<b>Funktion des Herzens (H. Antoni)</b>	391
17.1	Aufbau und allgemeine funktionelle Aspekte . . . . .	391
17.2	Grundprozesse der Erregung und der elektro-mechanischen Koppelung . . . . .	392
	Ursprung und Ausbreitung der Erregung . . . . .	393
	Charakteristika des elementaren Erregungsablaufs . . . . .	394
	Beziehungen zwischen Erregung und Kontraktion – elektromechanische Koppelung . . . . .	397
	Vegetative Innervation und Grundwirkungen der vegetativen Überträgerstoffe . . . . .	399
17.3	Elektrokardiogramm . . . . .	403
	Entstehung des EKG . . . . .	404
	Ableitungsformen . . . . .	407
	Diagnostische Aussagen . . . . .	410
17.4	Die mechanische Herzaktion . . . . .	414
	Ventilwirkung der Herzkappen . . . . .	414
	Aktionsphasen . . . . .	415
	Funktionelle Struktur und Bewegungsmuster der Herzkammern . . . . .	417
	Äußere Signale der Herzaktivität . . . . .	418
	Intrakardiale invasive Meßmethoden . . . . .	420
17.5	Dynamik der Anpassung an wechselnde Belastungen . . . . .	420
	Druck-Volumen-Beziehungen am isolierten Herzen . . . . .	421
	Autoregulatorische Mechanismen bei akuter Volumen- bzw. Druck-Belastung . . . . .	423
	Dynamik des innervierten Herzens in situ . . . . .	425
	Anpassung des Herzens an langdauernde Belastungen . . . . .	427
17.6	Energetik der Herzaktion . . . . .	427
	Herzarbeit und Herzleistung . . . . .	427
	Sauerstoff- und Nährstoffverbrauch . . . . .	428
	Blutversorgung des Myokards . . . . .	430
	Herzinsuffizienz . . . . .	432
17.7	Literatur . . . . .	432
<b>18</b>	<b>Funktionen des Gefäßsystems (E. Witzleb)</b> . . . . .	434
18.1	Hämodynamische Grundlagen . . . . .	435
	Gesetzmäßigkeiten der Strömung . . . . .	435
	Strömungsformen . . . . .	437
	Beziehungen zwischen Stromstärke und Strömungswiderstand . . . . .	438
18.2	Eigenschaften der Gefäßwände und Variabilität der Gefäßweite . . . . .	439
	Aufbau der Gefäßwände . . . . .	439
	Transmuraler Druck, Gefäßweite und Wandspannung . . . . .	439
	Druck-Volumenbeziehungen . . . . .	440
	Druck-Stromstärke-Beziehungen bei verschiedenen Gefäßtypen . . . . .	441
18.3	Funktionelle Organisation des Gefäßsystems . . . . .	442
	Funktionen der Gefäßabschnitte . . . . .	442
	Widerstände im Gefäßsystem . . . . .	443
	Blutvolumen im Gefäßsystem . . . . .	444
18.4	Arterielles System des Körperkreislaufs . . . . .	445
	Strömung im Arteriensystem . . . . .	445
	Drücke im Arteriensystem . . . . .	446
	Auswirkungen der Gefäßelastizität . . . . .	448
	Beurteilung der Pulskurven . . . . .	451
18.5	Venöses System des Körperkreislaufs . . . . .	452
	Drücke und Strömung im Venensystem . . . . .	452

Zentraler Venendruck und venöser Rückstrom . . . . .	452
Einfluß der Schwerkraft auf die Drücke im Gefäßsystem . . . . .	453
Mechanismen zur Förderung des venösen Rückstroms . . . . .	454
18.6 Mikrozirkulation . . . . .	456
Die terminale Strombahn . . . . .	456
Austausch von Stoffen und Flüssigkeit . . . . .	457
18.7 Das Lymphsystem . . . . .	460
18.8 Regulation der regionalen (lokalen) Durchblutung . . . . .	461
Grundzüge der regionalen Regulation . . . . .	461
Lokale Durchblutungsregulation . . . . .	463
Nervale Durchblutungsregulation . . . . .	463
Humoral-hormonale Wirkungen . . . . .	465
Angiotensin II . . . . .	465
18.9 Regulation des Gesamtkreislaufs . . . . .	466
Grundzüge der allgemeinen Kreislaufregulation . . . . .	466
Kurzfristige Regulationsmechanismen . . . . .	467
Pressorezeptorenreflexe . . . . .	467
Reflexe von kardialen Dehnungsrezeptoren . . . . .	470
Reflexe von arteriellen Chemorezeptoren . . . . .	471
Ischämie-Reaktion des ZNS . . . . .	471
Kreislaufwirkungen von Adrenalin und Noradrenalin . . . . .	471
Mittelfristige Regulationsmechanismen . . . . .	472
Langfristige Regulationsmechanismen . . . . .	473
Zentrale Kontrolle des Kreislaufs . . . . .	476
18.10 Der Lungenkreislauf . . . . .	479
Hämodynamik des Lungenkreislaufs . . . . .	479
Funktionelle Besonderheiten des Lungenkreislaufs . . . . .	479
Regulationen im Lungenkreislauf . . . . .	480
18.11 Kreislaufgrößen unter physiologischen und pathophysiologischen Bedingungen . . . . .	481
Der Blutdruck des Menschen . . . . .	481
Rhythmische Blutdruckschwankungen . . . . .	482
Orthostase . . . . .	483
Muskelarbeit . . . . .	485
Thermische Belastungen . . . . .	486
Blutverlust . . . . .	487
Kreislaufschock . . . . .	487
18.12 Spezielle Kreislaufabschnitte und Regulation der Organdurchblutung . . . . .	490
Coronarkreislauf . . . . .	490
Gehirnkreislauf . . . . .	490
Leber- und Pfortaderkreislauf . . . . .	490
Nierenkreislauf . . . . .	491
Skelettmuskelgefäße . . . . .	491
Hautgefäße . . . . .	492
Uterus- und Fetalkreislauf . . . . .	493
18.13 Messung von Druck, Strömung und Volumen im Gefäßsystem . . . . .	494
Druckmessung . . . . .	494
Strömungsmessung . . . . .	496
Bestimmung des Blutvolumens . . . . .	498
18.14 Literatur . . . . .	498
<b>19 Lungenatmung (G. Thews)</b> . . . . .	500
19.1 Die Atmungsbewegungen . . . . .	501
Atmungsexkursionen des Thorax . . . . .	501

Funktion der Atmungsmuskeln . . . . .	502
Übertragung der Thoraxbewegungen auf die Lunge . . . . .	503
<b>19.2 Die Ventilation . . . . .</b>	<b>504</b>
Lungen- und Atemvolumina . . . . .	504
Messung der Lungen- und Atemvolumina . . . . .	506
Anatomischer und funktioneller Totraum . . . . .	507
Alveoläre Ventilation . . . . .	508
Künstliche Beatmung . . . . .	509
<b>19.3 Die Atmungsmechanik . . . . .</b>	<b>510</b>
Elastische Atmungswiderstände von Lunge und Thorax . . . . .	511
Viscöse Atmungswiderstände . . . . .	513
Druck-Volumen-Beziehungen im Atmungscyclus . . . . .	515
Funktionsprüfungen der Atmungsmechanik . . . . .	518
<b>19.4 Der Austausch der Atemgase . . . . .</b>	<b>519</b>
Alveoläre Atemgaskonzentrationen . . . . .	519
Alveoläre Partialdrücke der Atemgase . . . . .	521
Diffusion der Atemgase . . . . .	522
Arterialisierung des Blutes . . . . .	525
<b>19.5 Die Atmungsregulation . . . . .</b>	<b>526</b>
Atmungszentren . . . . .	527
Mechanisch-reflektorische Kontrolle der Atmung . . . . .	529
Chemische Kontrolle der Atmung . . . . .	529
Weitere Atmungsantriebe . . . . .	533
<b>19.6 Literatur . . . . .</b>	<b>535</b>
<b>20 Atemgastransport und Säure-Basen-Status des Blutes (G. Thews) . . . . .</b>	<b>537</b>
<b>20.1 Der Aufbau und die Eigenschaften des Hämoglobins . . . . .</b>	<b>537</b>
Aufbau des Hämoglobinmoleküls . . . . .	537
Lichtabsorption des Hämoglobins . . . . .	538
Hämoglobinkonzentration im Blut und Färbekoeffizient . . . . .	539
<b>20.2 Die O<sub>2</sub>-Transportfunktion des Blutes . . . . .</b>	<b>541</b>
Physikalische Löslichkeit der Gase . . . . .	541
Hämoglobin-Sauerstoff-Bindung . . . . .	541
Faktoren, die die O <sub>2</sub> -Bindung beeinflussen . . . . .	543
Hämoglobin-Kohlenmonoxid-Bindung . . . . .	546
<b>20.3 Die CO<sub>2</sub>-Transportfunktion des Blutes . . . . .</b>	<b>546</b>
Formen des CO <sub>2</sub> -Transports . . . . .	546
CO <sub>2</sub> -Bindungskurven des Blutes . . . . .	548
<b>20.4 Der Säure-Basen-Status des Blutes . . . . .</b>	<b>549</b>
pH-Wert des Blutes . . . . .	549
Puffereigenschaften des Blutes . . . . .	550
pH-regulierende Mechanismen . . . . .	553
<b>20.5 Literatur . . . . .</b>	<b>557</b>
<b>21 Gewebsatmung (J. Grote) . . . . .</b>	<b>558</b>
<b>21.1 Gewebsstoffwechsel und Sauerstoffbedarf . . . . .</b>	<b>558</b>
Stoffwechsel und Energieumsatz der Zellen . . . . .	558
Biologische Oxidation in den Mitochondrien . . . . .	558
Sauerstoffbedarf der Gewebe . . . . .	560
<b>21.2 Sauerstoffversorgung der Gewebe . . . . .</b>	<b>561</b>
Sauerstoffvorräte der Gewebe . . . . .	561

O <sub>2</sub> -Angebot und O <sub>2</sub> -Utilisation . . . . .	562
Austausch der Atemgase im Gewebe . . . . .	562
O <sub>2</sub> -Partialdrucke im Gewebe . . . . .	564
21.3 Regulation des O <sub>2</sub> -Angebotes und O <sub>2</sub> -Mangelwirkungen . . . . .	566
Anpassung des O <sub>2</sub> -Angebotes an den O <sub>2</sub> -Bedarf . . . . .	566
Ursachen mangelhafter O <sub>2</sub> -Versorgung . . . . .	568
O <sub>2</sub> -Therapie – O <sub>2</sub> -Vergiftung . . . . .	569
Reversible und irreversible Störung bei akuter Gewebe-Anoxie . . . . .	570
21.4 Literatur . . . . .	571

## **Vierter Teil. Energiewechsel, Stoffaufnahme und -ausscheidung. Endokrine Regulation**

<b>22 Energiehaushalt (H.-V. Ulmer) . . . . .</b>	<b>574</b>
22.1 Energieumsatz . . . . .	574
22.2 Umsatzgrößen . . . . .	574
Umsatzgrößen der Zelle . . . . .	574
Umsatzgrößen des Gesamtorganismus . . . . .	575
22.3 Meßmethoden . . . . .	577
Direkte Energieumsatz-Bestimmung . . . . .	577
Indirekte Energieumsatz-Bestimmung . . . . .	578
Bestimmung des Energieumsatzes einzelner Organe . . . . .	579
22.4 Verfahren zur Bestimmung der Sauerstoffaufnahme des Gesamtorganismus . . . . .	579
Geschlossene Systeme . . . . .	579
Offene Systeme . . . . .	580
22.5 Diagnostische Bedeutung des Energieumsatzes . . . . .	581
22.6 Literatur . . . . .	582
<b>23 Wärmehaushalt und Temperaturregelung (K. Brück) . . . . .</b>	<b>583</b>
23.1 Wärmebildung, Körpertemperatur und Körpergröße . . . . .	583
23.2 Die Körpertemperatur des Menschen . . . . .	586
Örtliche Temperaturunterschiede (Temperaturfeld) . . . . .	586
Periodische Schwankungen der Körperkerntemperatur . . . . .	587
Körpertemperatur bei körperlicher Arbeit . . . . .	588
23.3 Wärmeabgabe . . . . .	588
Der innere Wärmestrom . . . . .	588
Der äußere Wärmestrom . . . . .	589
Raumklima und thermische Behaglichkeit . . . . .	590
23.4 Die Regelung der Körpertemperatur . . . . .	592
Stellgrößen der Thermoregulation . . . . .	592
Thermoreception . . . . .	594
Integrative Prozesse und zentralnervöse Strukturen der Thermoregulation . . . . .	594
Sollwert und Sollwertverstellung . . . . .	596
23.5 Ontogenetische und adaptative Veränderungen der Thermoregulation . . . . .	597
Die Temperaturregelung beim Neugeborenen . . . . .	597
Langfristige Anpassungsvorgänge an die Umgebungsbedingungen . . . . .	598
23.6 Pathophysiologie der Thermoregulation . . . . .	600

Fieber . . . . .	600
Überschreitung der Toleranzgrenzen des Regelsystems . . . . .	600
<b>23.7 Literatur . . . . .</b>	<b>600</b>
<b>24 Arbeitsphysiologie — Umweltphysiologie (H.-V. Ulmer) . . . . .</b>	<b>602</b>
24.1 Grundlagen der Arbeitsphysiologie . . . . .	602
Belastung, Leistung und Beanspruchung . . . . .	602
Leistungsarten . . . . .	603
Ergometrie . . . . .	603
24.2 Umstellung bei dynamischer Arbeit . . . . .	604
Umstellungen in der dynamisch arbeitenden Muskulatur . . . . .	604
Herz-Kreislaufgrößen bei dynamischer Arbeit . . . . .	604
Sauerstoffaufnahme und Atmung bei dynamischer Arbeit . . . . .	605
Blutparameter bei dynamischer Arbeit . . . . .	607
Thermoregulation bei dynamischer Arbeit . . . . .	608
Hormonale Regulationen bei dynamischer Arbeit . . . . .	609
Umstellung bei statischer Arbeit . . . . .	609
24.3 Reaktionen des Organismus auf nichtphysische Belastungen . . . . .	610
24.4 Grenzen der Leistungsfähigkeit . . . . .	610
Leistungsgrenzen . . . . .	611
24.5 Ermüdung . . . . .	611
Ermüdung und Erholung . . . . .	611
Physische Ermüdung . . . . .	612
Psychische Ermüdung . . . . .	612
Überlastung und Erschöpfung . . . . .	612
Leistungsrückmeldung . . . . .	613
24.6 Training und Übung . . . . .	614
Spezielle Trainingsformen . . . . .	614
Ausmaß der Anpassung . . . . .	615
Variabilität der Leistungsfähigkeit . . . . .	616
Schichtarbeit . . . . .	617
Bewegungsmangel und Bewegungstherapie . . . . .	617
24.7 Leistungs- und Eignungstests . . . . .	618
Hauptgütekriterien . . . . .	618
Normwertproblem . . . . .	618
Leistungstests . . . . .	619
Interpretation von Leistungstests . . . . .	619
24.8 Höhenphysiologie . . . . .	620
Sauerstoffmangel . . . . .	620
Höhenumstellung . . . . .	621
Höhenakklimatisation . . . . .	622
Luft- und Raumfahrt . . . . .	623
24.9 Tauchen . . . . .	624
Tauchen ohne Gerät . . . . .	624
Tauchen mit Gerät . . . . .	625
Orientierung unter Wasser . . . . .	626
24.10 Literatur . . . . .	627
<b>25 Ernährung (H.-V. Ulmer) . . . . .</b>	<b>628</b>
25.1 Nahrungsmittel — Bestandteile und Funktionen . . . . .	628
Nährstoffe . . . . .	628
Vitamine . . . . .	630
Wasser, Salze, Spurenelemente . . . . .	631

Gewürz- und Ballaststoffe . . . . .	631
Rückstände . . . . .	632
25.2 Bedarf an Nahrungsmitteln; Mangel- und Überdosierungserscheinungen . . . . .	632
Nährstoffe . . . . .	632
Vitamine . . . . .	634
Wasser, Salze, Spurenelemente . . . . .	635
25.3 Ausnutzung der Nahrungsmittel und Kostformen . . . . .	637
Ausnutzung . . . . .	637
Ausgewogene Kost . . . . .	637
Spezielle Kostformen . . . . .	638
25.4 Beurteilung von Körpergewicht und Körperoberfläche . . . . .	639
Risikofaktor Übergewicht . . . . .	639
Zusammensetzung des Organismus . . . . .	640
Körperoberfläche . . . . .	640
25.5 Literatur . . . . .	641
<b>26 Funktionen des Magen-Darm-Kanals (F. Waldeck) . . . . .</b>	<b>642</b>
26.1 Gastrointestinale Motilität und Sekretion . . . . .	642
Mund und Speiseröhre . . . . .	643
Magen . . . . .	646
Dünndarm . . . . .	652
Dickdarm und Rectum . . . . .	656
26.2 Verdauung und Resorption . . . . .	658
Verdauung und Resorption von Eiweiß . . . . .	660
Verdauung und Resorption der Kohlenhydrate . . . . .	662
Verdauung und Resorption der Fette . . . . .	664
Resorption von Vitaminen, Wasser und Mineralstoffen . . . . .	665
26.3 Literatur . . . . .	666
<b>27 Nierenfunktion (O. Harth) . . . . .</b>	<b>668</b>
27.1 Allgemeine Grundlagen der Nierenphysiologie . . . . .	668
Grundzüge der Nierenanatomie . . . . .	668
Grundzüge der Nierenfunktion . . . . .	669
Renale Stoffausscheidung und Clearance-Konzept . . . . .	671
27.2 Der Nierenkreislauf . . . . .	672
Nierendurchblutung . . . . .	672
Sauerstoffverbrauch und Stoffwechsel der Nieren . . . . .	674
27.3 Der glomeruläre Filtrationsprozeß . . . . .	675
Morphologische und biophysikalische Grundlagen . . . . .	675
Glomeruläre Filtrationsrate und Glomerulusfiltrat . . . . .	678
27.4 Tubuläre Transportprozesse . . . . .	679
Tubuläre Resorption und Sekretion von organischen Stoffen . . . . .	680
Tubuläre Wasser- und Elektrolytressorption . . . . .	683
Hormonelle Einflüsse auf den tubulären Ionentransport und die Wasserresorption . . . . .	687
27.5 Harnkonzentrierung im Gegenstromsystem des Nierenmarks . . . . .	689
27.6 Regulatorische Funktion der Nieren . . . . .	691
Regulation der osmotischen Konzentration der extracellulären Flüssigkeit . . . . .	691
Regulation des extracellulären Flüssigkeitsvolumens . . . . .	693
Regulation des Säuren-Basen-Gleichgewichtes durch die Nieren . . . . .	696
27.7 Zur Pathophysiologie der Nieren . . . . .	700
27.8 Literatur . . . . .	701

<b>28</b>	<b>Wasserhaushalt, Stoff- und Flüssigkeitstransport (O. Harth)</b>	703
28.1	Wasserhaushalt . . . . .	703
	Körperwasser und Wasserumsatz . . . . .	703
	Flüssigkeitsräume des Organismus . . . . .	706
28.2	Biophysikalische Grundlagen des Stoff- und Flüssigkeitstransportes im Organismus . . . . .	708
	Diffusion, Osmose und Filtration . . . . .	709
	Verteilungsgleichgewicht von Ionen . . . . .	713
	Besonderheiten des Stofftransports durch biologische Membranen . . . . .	715
28.3	Literatur . . . . .	718
<b>29</b>	<b>Funktionen des endokrinen Systems (K. Brück)</b>	719
29.1	Allgemeine Endokrinologie . . . . .	719
	Begriffsbestimmungen . . . . .	719
	Funktionelle Bedeutung und Wirkungsweise der Hormone . . . . .	719
	Untersuchungsmethoden und Hormonsubstitution . . . . .	721
29.2	Das hypothalamisch-hypophysäre System . . . . .	722
	Neurohypophyse und funktionell zugeordnete Hypothalamuskerne . . . . .	722
	Adenohypophyse und hypophysiotrope Zone des Hypothalamus . . . . .	724
	Hormone der Adenohypophyse . . . . .	726
29.3	Die von der Adenohypophyse gesteuerten inkretorischen Drüsen und Hormone . . . . .	728
	Die Nebennierenrinde und die Glucocorticoide . . . . .	729
	Die Schilddrüse und die Hormone Thyroxin und Trijodthyronin . . . . .	733
	Die Keimdrüsen und die Sexualhormone . . . . .	737
29.4	Das sympathico-adrenale System . . . . .	742
	Hormone des Systems und Bildungsorte . . . . .	742
	Wirkungen von Noradrenalin und Adrenalin . . . . .	743
	Steuerung der Sekretion von Noradrenalin und Adrenalin . . . . .	744
29.5	Pankreas hormone und Blutzuckerregelung . . . . .	745
	Inselzellhormone des Pankreas . . . . .	745
	Regelung der Blutzuckerkonzentration . . . . .	745
29.6	Die hormonalen Regulationssysteme des Mineralhaushaltes . . . . .	747
	Regulation des $\text{Na}^+$ - und $\text{K}^+$ -Haushaltes . . . . .	747
	Regulation des $\text{Ca}^{++}$ - und Phosphathaushaltes . . . . .	748
29.7	Grenzbereiche des endokrinen Systems . . . . .	749
	Gastrointestinale Hormone . . . . .	749
	„Gewebshormone“ . . . . .	749
	Organe mit ungesicherter oder unklarer endokriner Funktion . . . . .	750
29.8	Literatur . . . . .	750
<b>30</b>	<b>Anhang. Maßeinheiten der Physiologie (G. Thews)</b>	752
<b>31</b>	<b>Sachverzeichnis</b>	755