

Inhalt

0	Physiologie—ein heißes Thema	1
1	Allgemeine Zellphysiologie	3
2	Elemente des Nervensystems und ihre Funktionen	13
3	Allgemeine Neurophysiologie	17
4	Sensorisches System	59
5	Motorisches System	167
6	Integrative Funktionen des Nervensystems	255
7	Blut	311
8	Abwehr und Immunität	349
9	Herz-Kreislauf-Funktion	395
10	Atmung	453
11	Niere	483
12	Säure-Basen-Haushalt	521
13	Wasser- und Salzhaushalt	535
14	Magen-Darm-Trakt, Pankreas und Leber	549
15	Energiehaushalt und Ernährung	589
16	Wärmehaushalt und Temperaturregulation	625
17	Haut	653
18	Reproduktion	663
19	Koordination spezieller Organfunktionen	693
20	Arbeits- und Leistungsphysiologie	779
21	Altern und Tod	793
22	Individualisierte Physiologie	809
23	Wissenschaftliche Methode und Diagramme in der Physiologie	823
E24	Physiologische Methodik (online)	e1
E25	Literatur (online)	e25
	Anhang	829

Inhaltsverzeichnis

0	Physiologie—ein heißes Thema	1	3.4	Erregungsübertragung	38
				R. Köhling, E.-J. Speckmann	
1	Allgemeine Zellphysiologie	3	3.4.1	Formen der Erregungsübertragung	38
	N. Klöcker, R. Köhling		3.4.2	Transmitter und Transmitter-Rezeptor-Komplex	39
1.1	Zelluläre Reaktionsräume	3	3.4.3	Postsynaptische Potenziale	40
1.2	Vesikulärer Transport	6	3.4.4	Aspekte der Erregungsübertragung	43
1.3	Proteinsortierung	6	3.5	Erregungsausbreitung im Neuronenverband	46
1.4	Zytoskelett und extrazelluläre Matrix	6		R. Köhling, E.-J. Speckmann	
1.4.1	Zytoskelett	6	3.5.1	Prinzipien der Erregungsausbreitung	46
1.4.2	Zelluläre Motilität	6	3.5.2	Erregungsspeicherung im Neuronenverband	48
1.4.3	Extrazelluläre Matrix	7	3.6	Gliazellen	49
1.5	Stofftransport	7		O. Kann, R. Köhling, E.-J. Speckmann	
1.5.1	Diffusion und Osmose	7	3.6.1	Astrozyten	49
1.5.2	Aktiver, sekundär aktiver und passiverTransport	8	3.6.2	Oligodendrozyten und Schwann-Zellen	51
1.5.3	Ionenkanäle	8	3.6.3	Mikrogliazellen	51
1.5.4	Zellvolumensteuerung	8	3.7	Blut-Hirn-Schranke, Liquor cerebrospinalis	52
1.6	Intrazelluläre Signaltransduktion	9		O. Kann, E.-J. Speckmann	
1.6.1	Metabotrope Rezeptoren	9	3.7.1	Blut-Hirn-Schranke	52
1.6.2	G-Protein-gekoppelte Rezeptoren	9	3.7.2	Blut-Liquor-Schranke und Liquor cerebro-	
1.6.3	Enzymgekoppelte Rezeptoren	10		spinalis	54
1.7	Regelkreise	11	3.8	Hirndurchblutung, Energiemetabolismus	54
1.8	Zellumsatz	12		O. Kann, E.-J. Speckmann	
			3.8.1	Werte in Ruhe und bei Aktivierung	55
			3.8.2	Regulation der Hirndurchblutung	56
2	Elemente des Nervensystems und ihre Funktionen	13	4	Sensorisches System	59
	R. Köhling, E.-J. Speckmann		4.1	Somatoviszzerale Sensibilität	60
2.1	Aufbau des Nervensystems	13		Chr. Alzheimer	
2.2	Wechselwirkung mit der Umwelt	15	4.1.1	Grundlagen	60
			4.1.2	Reizaufnahme und -weiterleitung	62
3	Allgemeine Neurophysiologie	17	4.1.3	Vom peripheren Nerv zum Thalamus	72
3.1	Ruhemembranpotenzial	18	4.1.4	Somatosensorischer Kortex	74
	R. Köhling, E.-J. Speckmann		4.1.5	Subjektive Sinnesphysiologie—	
3.1.1	Elektrolyte im Intra- und Extrazellulärraum	18		Psychophysik	75
3.1.2	Treibende Kräfte des Ruhemembranpotenzials	18	4.2	Nozizeption und Schmerz	77
3.1.3	Änderungen des Ruhemembranpotenzials	22		R.D. Treede, B. Averbek	
3.2	Aktionspotenzial	23	4.2.1	Reizaufnahme und Signalweiterleitung	77
	R. Köhling, E.-J. Speckmann		4.2.2	Spinale Organisation der Nozizeption	82
3.2.1	Spannungsgesteuerte Ionenkanäle	23	4.2.3	Zentrale Organisation von Nozizeption und	
3.2.2	Ablauf des Aktionspotenzials	24		Schmerz	85
3.2.3	Charakteristika des Aktionspotenzials	27	4.2.4	Schmerztherapie	87
3.2.4	Strom-Spannungsbeziehungen von Ionenkanälen	28	4.3	Visuelles System	90
3.2.5	Reiz und Erregungsauslösung	29		T. Euler, U. Eysel, E. Zrenner	
3.3	Erregungsleitung	33	4.3.1	Einleitung	90
	R. Köhling, E.-J. Speckmann		4.3.2	Geometrische Optik	90
3.3.1	Typen der Erregungsleitung	33	4.3.3	Pupille	96
3.3.2	Extrazelluläre Potenziale	33	4.3.4	Augeninnendruck	99
3.3.3	Leitungsgeschwindigkeit von Nervenfasern	36	4.3.5	Signalverarbeitung in der Netzhaut	101
3.3.4	Stofftransport in Nervenfasern (intraaxonaler Transport)	36		T. Euler, E. Zrenner	

XVI Inhaltsverzeichnis

4.3.6	Bedeutung der retinalen Signalverarbeitung für die Wahrnehmung	108	5.3	Motorik: Gehen und Stehen, Greifen und Nutzen von Gegenständen	206
	<i>T. Euler, E. Zrenner</i>			<i>J. Volkmann, D. Zeller, B. Liss</i>	
4.3.7	Neurophysiologie der zentralen Sehbahn	117	5.3.1	Bewegung: Handlungsantrieb, Strategie, Programm und Umsetzung	206
	<i>U. Eysel</i>		5.3.2	Sensorische Afferenz	208
4.3.8	Augenbewegungen	121	5.3.3	Kortikale Aktivität vor Bewegungsbeginn	208
	<i>U. Eysel</i>		5.4	Kortikale motorische Repräsentation (Kortex)	209
4.3.9	Optische Täuschungen	125		<i>J. Volkmann, D. Zeller, B. Liss</i>	
4.4	Auditorisches System	128	5.4.1	Überblick	209
	<i>D. Oliver, B. Fakler</i>		5.4.2	Primär-motorischer Kortex	209
4.4.1	Physiologische Akustik	128	5.4.3	Projektionssysteme der sensomotorischen Kortexgebiete	210
4.4.2	Aufbau des Ohrs	131	5.4.4	Aktivität kortikaler Neurone	212
4.4.3	Funktionsweise der Cochlea	133	5.4.5	Supplementär-motorisches Areal und prämotorischer Kortex	214
4.4.4	Architektur und Funktion der Hörbahn	140	5.5	Bewegungssysteme des Rückenmarks (spinale Organisation)	216
4.4.5	Schwerhörigkeit und audiometrische Testverfahren	141		<i>J. Volkmann, D. Zeller, B. Liss</i>	
4.4.6	Sprechen	143	5.5.1	Sensomotorische Integration und Reflexe	216
4.4.7	Ausblick	145	5.5.2	Muskelrezeptoren	219
4.5	Vestibuläres System	146	5.5.3	Interneurone als Zentren der Integration	222
	<i>D. Oliver, B. Fakler</i>		5.5.4	Verarbeitungssystem der Muskelspindelafferenzen	224
4.5.1	Aufbau des Vestibularapparats	147	5.5.5	Verarbeitungssystem der Golgi-Sehnenorgane	229
4.5.2	Funktionsweise der Vestibularorgane	147	5.5.6	Extremitätenübergreifende spinale Systeme zur Organisation von Flexion und Extension	230
4.5.3	Architektur und Funktion der zentralen vestibulären Verschaltungen	150	5.6	Ortsveränderung des Körpers im Raum – Lokomotion	233
4.5.4	Funktionsprüfung des vestibulären Systems	153		<i>J. Volkmann, D. Zeller, B. Liss</i>	
4.6	Gustatorisches System	154	5.6.1	Kinematik und muskuläre Aktivität der menschlichen Lokomotion	233
	<i>F. Müller, M. Spehr, F. Zufall</i>		5.6.2	Neuronale Systeme zur Generierung der Lokomotion	233
4.6.1	Geschmack	154	5.6.3	Beteiligung spinaler Systeme an den verschiedenen Phasen der Lokomotion	235
4.6.2	Bau der Geschmacksorgane	155	5.6.4	Rückenmarksquerschnitt: Ist Lokomotion erlernbar?	237
4.6.3	Funktionsweise des Geschmacksorgans	156	5.7	Sicherung der Haltung im Gehen und Stehen	237
4.6.4	Zentrale Verschaltung und Regulation	158		<i>J. Volkmann, D. Zeller, B. Liss</i>	
4.7	Olfaktorisches System	160	5.7.1	Antizipatorische und reaktive posturale Programme	237
	<i>F. Müller, M. Spehr, F. Zufall</i>		5.7.2	Neuronale Organisation	239
4.7.1	Was ist Geruch?	160	5.7.3	Halte- und Stellreflexe	240
4.7.2	Bau des Geruchsorgans	161	5.8	Basalganglien	241
4.7.3	Funktionsweise des Geruchsorgans	162		<i>B. Liss, J. Volkmann, D. Zeller</i>	
4.7.4	Architektur der zentralen Verschaltung	163	5.8.1	Funktionelle Neuroanatomie der Basalganglien	241
4.7.5	Weitere „olfaktorische“ Systeme	164	5.8.2	Transmittersysteme der Basalganglien	242
5	Motorisches System	167	5.8.3	Steuerung der Thalamusaktivität durch Disinhibition	243
5.1	Knochen	168	5.8.4	Funktionelle Bedeutung der Basalganglien	244
	<i>R. Köhling, A. Schwab</i>		5.8.5	Pathophysiologie der Basalganglien	244
5.1.1	Funktion und Bauprinzip	168	5.9	Zerebellum	248
5.1.2	Osteoblasten und Osteozyten	170		<i>J. Volkmann, D. Zeller</i>	
5.1.3	Humorale Kontrolle der Knochenbildung	171	5.9.1	Neuroanatomisches Substrat	248
5.1.4	Stoff- und Signaltransport im Knochen	173	5.9.2	Verarbeitung neuronaler Information im Zerebellum	249
5.1.5	Osteoklasten	174			
5.1.6	Anpassung an mechanische Belastungen	175			
5.2	Muskulatur	177			
5.2.1	Einteilung	177			
	<i>J. Hescheler</i>				
5.2.2	Quergestreifte Muskulatur	177			
	<i>J. Hescheler</i>				
5.2.3	Glatte Muskulatur	196			
	<i>G. Pfitzer, R. Schubert, J. Hescheler</i>				

5.9.3	Kompartimente des Kleinhirns	250	7.4.4	Rotes Blutbild	327
5.9.4	Zerebellum und motorisches Lernen	253	7.5	Leukozyten	330
6	Integrative Funktionen des Nervensystems	255	7.5.1	Leukozytenarten und Laborwerte	330
6.1	EEG und funktionelle Bildgebung	256	7.5.2	Leukozytenfunktion	330
	<i>R. Köhling, E.-J. Speckmann</i>		7.6	Blutgruppen	333
6.1.1	Elektroenzephalogramm	256	7.6.1	ABO-System	334
6.1.2	Ergänzende Untersuchungsmethoden	262	7.6.2	Rhesus-System	334
6.2	Schlaf-wach-Rhythmus	264	7.6.3	Blutgruppenbestimmung	335
	<i>R. Köhling, M. Feld</i>		7.7	Blutstillung, Blutgerinnung	336
6.2.1	Phänomenologie des Schlafs	265	7.7.1	Primäre Hämostase oder „vorläufige“ Blutstillung	336
6.2.2	Schlafentstehung	266	7.7.2	Sekundäre Hämostase oder „endgültige“ Blutstillung	339
6.2.3	Zirkadiane Rhythmik	268	7.7.3	Gerinnungstests	346
6.2.4	Schlafentzug	271	7.8	Angiogenese	347
6.3	Lernen, Gedächtnis und Plastizität	272		<i>S.W. Schneider</i>	
	<i>J.-K. Eilers, S. Hallermann, R. Köhling</i>		8	Abwehr und Immunität	349
6.3.1	Lernen	273		<i>A.R. Pries, A. Zakrzewicz, W. Kübler</i>	
6.3.2	Gedächtnis	274	8.1	Angeborene Abwehrmechanismen	350
6.3.3	Plastizität	282	8.1.1	Äußere Abwehr	350
6.4	Integrative Funktionen des Kortex	284	8.1.2	Phagozyten	352
	<i>H. J. Luhmann</i>		8.1.3	Komplementsystem	360
6.4.1	Gliederung des Kortex	284	8.1.4	Entzündung	363
6.4.2	Informationsverarbeitung im Kortex	288	8.1.5	Zytokine	367
6.4.3	Kortikale Plastizität	291	8.1.6	Abwehr intrazellulärer Mikroorganismen durch angeborene Abwehrmechanismen	369
6.4.4	Sprache, Hemisphärendominanz und Lateralisation	293	8.2	Adaptive Abwehrmechanismen	370
6.5	Bewusstsein	298	8.2.1	Antigene	370
	<i>H. J. Luhmann</i>		8.2.2	Antigenspezifische Rezeptoren des Lymphozytensystems	370
6.5.1	Definition und Bewusstseinszustände	298	8.2.3	Lymphopoiese	373
6.5.2	Beteiligte Hirnregionen	298	8.2.4	Aktivierung von T-Zellen durch Antigen- präsentation	377
6.5.3	Bereitschaftspotenzial und Libet-Experiment	302	8.2.5	Antikörpereffekte	384
6.6	Emotionen	303	8.2.6	Polyklonale Aktivierung von Lymphozyten	385
	<i>T. F. Münte</i>		8.2.7	Immunologisches Gedächtnis	386
6.6.1	Charakteristika von Emotionen	303	8.3	Lymphatisches System	387
6.6.2	Mit Emotionen einhergehende Reaktionen	304	8.3.1	Weg der Lymphozyten	388
6.6.3	Aggression	310	8.3.2	Weg der Antigene	388
7	Blut	311	8.3.3	Antigenpräsentation im Lymphknoten	388
	<i>A.R. Pries, A. Zakrzewicz, W. Kübler, R. H. Wenger</i>		8.3.4	Schleimhautassoziierte Lymphgewebe	389
7.1	Zusammensetzung und Funktionen des Blutes	312	8.4	Besondere Aspekte des Abwehrsystems	389
7.1.1	Funktionen des Blutes	312	8.4.1	Vorteile des Netzwerks der Abwehrfunktionen	389
7.1.2	Blutvolumen	313	8.4.2	Falsche Abwehrreaktionen	389
7.1.3	Rheologie des Blutes	313	8.4.3	Impfung	391
7.2	Blutplasma	315	8.4.4	Immunsuppression	392
7.2.1	Elektrolyte, Osmolyte, osmotischer Druck	315	8.4.5	Ausblick	392
7.2.2	Plasmaproteine	316	9	Herz-Kreislauf-Funktion	395
7.2.3	Plasmavolumen	318	9.1	Herz	396
7.3	Hämatopoiese	319	9.1.1	Herzerregung	396
7.3.1	Zellbildung	319		<i>B. Fleischmann, J. Hescheler</i>	
7.3.2	Zellreihen der Hämatopoiese	321	9.1.2	Elektrokardiogramm (EKG)	404
7.4	Erythrozyten	324		<i>R. Schubert, A. Deußen</i>	
7.4.1	Größe, Form, Verformbarkeit	324			
7.4.2	Hämoglobin und Eisen	325			
7.4.3	Sequestration alter Erythrozyten	326			

XVIII**Inhaltsverzeichnis**

9.1.3	Mechanik der Herzaktion.	412	11.4.4	Diuretika.	506
	<i>R. Rettig, R. Schubert</i>		11.4.5	Tubulärer Transport im Einzelnen.	508
9.1.4	Koronardurchblutung und Energieumsatz	420	11.5	Endokrine Funktionen der Niere.	513
	<i>R. Rettig, R. Schubert</i>		11.5.1	Renin-Angiotensin-System.	513
9.1.5	Diagnostik.	421	11.5.2	Erythropoietin.	515
	<i>R. Rettig, R. Schubert</i>		11.5.3	1,25-Dihydroxy-Vitamin-D ₃	515
9.2	Kreislauf.	421	11.5.4	Prostaglandine.	516
	<i>R. Rettig</i>		11.5.5	Kinine.	516
9.2.1	Gefäßmechanik.	422	11.5.6	Adenosin.	516
9.2.2	Allgemeine Hämodynamik.	422	11.5.7	Klotho.	516
9.2.3	Hochdrucksystem.	425	11.6	Steuerung der Nierenfunktionen.	516
9.2.4	Mikrozirkulation.	427	11.6.1	Hormone.	516
9.2.5	Niederdrucksystem.	429	11.6.2	Vegetative Innervation der Niere.	518
9.2.6	Kreislaufregulation.	432	11.7	Urämie.	518
9.2.7	Anpassung des Kreislaufs an wechselnde Bedingungen.	441	11.8	Ausblick.	519
9.2.8	Lungenkreislauf.	444	12	Säure-Basen-Haushalt	521
9.2.9	Messung von Kreislaufparametern.	445		<i>C.A. Wagner</i>	
9.2.10	Pathophysiologische Aspekte des Herz-Kreislauf-Systems.	447	12.1	Bedeutung der pH-Homöostase.	521
9.2.11	Ausblick.	450	12.2	pH-Wert und Puffer.	522
10	Atmung	453	12.3	Bikarbonat-CO ₂ -System.	522
	<i>J. Fandrey, M. Gassmann</i>		12.3.1	Puffer und Henderson-Hasselbalch'sche Gleichung.	522
10.1	Atemgase.	454	12.3.2	Bikarbonatretention im Körper.	523
10.2	Atemmechanik.	456	12.3.3	Bedeutung der Nicht-Bikarbonat-Puffer (NBP).	524
10.3	Lungenvolumina.	460	12.4	Regulation des Säure-Basen-Haushalts.	524
10.4	Ventilation und Perfusion.	465	12.4.1	Renale Regulation des Säure-Basen-Haushalts.	525
10.4.1	Ventilation.	465	12.4.2	Regulation des Säure-Basen-Haushalts durch die Atmung.	527
10.4.2	Perfusion.	466	12.5	Störungen des Säure-Basen-Haushalts.	527
10.4.3	Ventilations-Perfusions-Verhältnis.	467	12.5.1	Definition der Störungen.	527
10.5	Atemgastransport.	468	12.5.2	Kompensationen der Störungen.	528
10.5.1	Sauerstofftransport.	468	12.5.3	Analyse des Säure-Basen-Status.	530
10.5.2	Kohlendioxidtransport.	472	12.6	Ausblick.	533
10.6	Atmungsregulation.	473	13	Wasser- und Salzhaushalt	535
10.6.1	Atmung und Atmungskontrolle.	473		<i>F. Schweda</i>	
10.6.2	Atmung unter speziellen Bedingungen.	477	13.1	Wasser als Baumaterial des Körpers.	535
10.7	Ausblick.	479	13.2	Wasserbilanz.	536
11	Niere	483	13.2.1	Wasserverluste.	536
	<i>F. Schweda, H. Oberleithner</i>		13.2.2	Wasseraufnahme.	537
11.1	Aufgaben der Nieren.	484	13.3	Regulation des Wasserhaushalts.	537
11.2	Feinbau der Nieren.	485	13.3.1	Osmoregulation.	538
11.3	Nierendurchblutung und glomeruläre Filtration. .	487	13.3.2	Volumenregulation.	538
11.3.1	Voraussetzungen.	487	13.4	Regulation des Elektrolythaushalts.	539
11.3.2	Der glomeruläre Filter.	488	13.4.1	Regulation des Kochsalzhaushalts.	539
11.3.3	Regulation der GFR und der Nieren- durchblutung.	490	13.4.2	Regulation des Kaliumhaushalts.	541
11.3.4	Messung der GFR und der Nierendurchblutung. .	493	13.4.3	Regulation des Kalziumphosphathaushalts.	543
11.4	Tubuläre Transportmechanismen.	495	13.4.4	Regulation des Magnesiumhaushalts.	545
11.4.1	Voraussetzungen.	495	13.5	Störungen der Salz-Wasser-Bilanz.	545
11.4.2	Funktionen von Nephronabschnitten und Sammelrohr.	496	13.5.1	Isotone Hydratationsstörungen.	546
11.4.3	Harnkonzentrierung im Gegenstromsystem.	504	13.5.2	Hypotone Hydratationsstörungen.	546
			13.5.3	Hypertone Hydratationsstörungen.	547
			13.6	Ausblick.	547

14	Magen-Darm-Trakt, Pankreas und Leber	549	15.2	Energieverbrauch	594
	<i>J.D. Schulzke, M. Fromm</i>		15.2.1	Grundlagen des Energiestoffwechsels	594
14.1	Motilität	550	15.2.2	Komponenten des Energieverbrauchs	595
14.1.1	Allgemeine Prinzipien der Motorik des Magen-Darm-Trakts	550	15.2.3	Bestimmung des Energieverbrauchs	597
14.1.2	Nahrungsaufnahme	550	15.2.4	Energieverbrauch und Körperzusammensetzung	600
14.1.3	Magen	552	15.3	Regulation der Energiebilanz	601
14.1.4	Dünndarm	553	15.3.1	Regulation der Energieaufnahme	601
14.1.5	Kolon	554	15.3.2	Regulation des Energieverbrauchs	603
14.2	Sekretion	555	15.4	Substratstoffwechsel	605
14.2.1	Allgemeine Funktion	555	15.4.1	Respiratorischer Quotient	605
14.2.2	Speicheldrüsensekretion	555	15.4.2	Oxidativer und nichtoxidativer Substratstoffwechsel	607
14.2.3	Magensaftsekretion	556	15.4.3	Postprandialer Stoffwechsel	608
14.2.4	Pankreassekretion	559	15.5	Ernährung	617
14.2.5	Gallesekretion (Lebersekretion)	560	15.5.1	Nährstoffbedarf und Ernährungsempfehlungen	617
14.3	Regulation der Magen-Darm-Funktionen	564	15.5.2	„Gesunde Ernährung“: praktische Aspekte	620
14.3.1	Mechanismen der Regulation	564	15.5.3	Diäten	621
14.3.2	Phasen der Regulation	566			
14.3.3	Regulation des intestinalen Blutflusses	568	16	Wärmehaushalt und Temperaturregulation	625
14.4	Verdauung	569		<i>H.C. Gunga, M. Steinach</i>	
14.4.1	Kohlenhydrate	569	16.1	Wärmehaushalt	626
14.4.2	Proteine, Peptide	570	16.1.1	Wärmegleichgewicht	626
14.4.3	Fette	571	16.1.2	Hitze- und Kältebelastung	630
14.5	Resorption	571	16.1.3	Wärmetransport	631
14.5.1	Allgemeine Prinzipien	572	16.2	Temperaturregulation	636
14.5.2	Resorption von Na ⁺ , K ⁺ , Cl ⁻ , Bikarbonat und Wasser	575	16.2.1	Regelsystem und Regelkreis	636
14.5.3	Resorption von Nährstoffen	578	16.2.2	Zyklische Änderungen der Körpertemperaturen und hormonelle Einflüsse	639
14.5.4	Kohlenhydratresorption	579	16.2.3	Temperaturakklimatisation und -adaptation	640
14.5.5	Aminosäure- und Peptidresorption	579	16.2.4	Spezielle Temperaturregulation	643
14.5.6	Resorption von Fetten, fettlöslichen Vitaminen und Gallensäuren	581	16.3	Störungen des Wärmehaushalts und der Temperaturregulation	646
14.5.7	Resorption wasserlöslicher Vitamine	583	16.3.1	Hypothermie	646
14.5.8	Resorption von Nukleotiden	584	16.3.2	Anapryxie	648
14.5.9	Resorption von kurzkettigen Fettsäuren, Hydroxy- und Ketosäuren	584	16.3.3	Hyperthermie durch Hitzeexposition	648
14.5.10	Phosphatresorption	584	16.3.4	„Endogene“ Hyperthermie	650
14.5.11	Kalziumresorption	584	16.3.5	Fieber	650
14.5.12	Sulfatresorption	584			
14.5.13	Eisenresorption	584	17	Haut	653
14.6	Mikroorganismen im Magen-Darm-Trakt	585		<i>S.W. Schneider</i>	
14.7	Darmimmunsystem	586	17.1	Anatomie der Haut	653
14.7.1	Grundlage des Darmimmunsystems	586	17.1.1	Aufbau der Haut	653
14.7.2	Orale Antigene	587	17.1.2	Epidermis	654
14.7.3	Erworbene Immunantwort	587	17.1.3	Dermis	656
14.7.4	Passive Immunisierung	587	17.1.4	Hypodermis	656
14.8	Ausblick	588	17.2	Funktionen der Haut	656
			17.2.1	Barrierefunktion	656
15	Energiehaushalt und Ernährung	589	17.2.2	Schutz vor UV-Licht	657
	<i>A. Bosy-Westphal, M.J. Müller</i>		17.2.3	Schutz gegen Kälte und Hitze	658
15.1	Ernährungszustand	590	17.2.4	Schutz gegen Mikroorganismen	659
15.1.1	Body Mass Index, BMI	590	17.2.5	Signale an die Umwelt	660
15.1.2	Fettverteilung	591	17.3	Wundheilung	660
15.1.3	Körperzusammensetzung	592			

18	Reproduktion	663	20.2.1	Initiale Belastungsantwort	783
	<i>C.M. Luetjens, G.F. Weinbauer, J. Hescheler, M. Bergmann, T. Cantz, E. Nieschlag</i>		20.2.2	Chronische Anpassungen	783
18.1	Sexualsteroid	664	20.3	Skelettmuskulatur	784
18.2	Gametogenese	665	20.3.1	Initiale Belastungsreaktion	784
18.2.1	Oogenese und Menstrualzyklus	665	20.3.2	Chronische Anpassungen	788
18.2.2	Spermatogenese, Spermiogenese und Spermienreifung	671	20.4	Herz-Kreislauf-System	789
18.3	Kohabitation	674	20.4.1	Initiale Belastungsantwort	789
18.4	Fertilisation und Implantation	675	20.4.2	Chronische Anpassungen	790
18.4.1	Fertilisation	675	21	Altern und Tod	793
18.4.2	Nidation und Implantation	675		<i>A. Schwab, R. Köhling, A. Simm</i>	
18.5	Embryonal-fetale Entwicklung und Geburt	676	21.1	Altern	794
18.5.1	Embryonalzeit	676	21.1.1	Altersbedingte Veränderungen des Organismus	794
18.5.2	Entwicklung des Fetus	683	21.1.2	Hypothesen zum Alterungsprozess	801
18.5.3	Geburt	684	21.2	Tod	803
18.6	Stammzellphysiologie	686	21.2.1	Individualtod	803
18.6.1	Keimbahn	686	21.2.2	Zelltod	805
18.6.2	Embryonale Stammzellen – totipotent, pluripotent, multipotent	686	22	Individualisierte Physiologie	809
18.6.3	Re- und Transprogrammierung	688		<i>G. Pfitzer, P. Lake, J. Hescheler</i>	
18.6.4	Genom-Editierung von Gameten	690	22.1	Individualisierung in Medizin und Physiologie	810
18.6.5	Adulte Stammzellen	691	22.1.1	Einführung	810
18.6.6	Organregeneration und regenerative Medizin	692	22.1.2	Beziehung zwischen Genom und physiologischem Phänotyp	810
19	Koordination spezieller Organfunktionen	693	22.2	Geschlechtssensible Physiologie und Medizin als Beispiel einer individualisierten Physiologie/Medizin	812
19.1	Vegetatives Nervensystem	694	22.2.1	Determinanten des biologischen Geschlechts	812
	<i>M. Kress, A. Lampert</i>		22.2.2	Epigenetik	815
19.1.1	Allgemeine Physiologie des vegetativen Nervensystems	694	22.2.3	Psychosozio-kulturelles Geschlecht (Gender)	816
19.1.2	Spezielle Funktionen des vegetativen Nervensystems	710	22.2.4	Herz-Kreislauf-System als Beispiel für den Einfluss des Geschlechts auf Organfunktionen	816
19.1.3	Querschnittslähmung	721	23	Wissenschaftliche Methode und Diagramme in der Physiologie	823
19.2	Hormone	723		<i>P. Blaesse, R. Köhling</i>	
	<i>M. Ritter</i>		23.1	Einleitung	823
19.2.1	Prinzipien der endokrinen Regulation	723	23.2	Hypothesenbildung und Falsifikationstests	823
19.2.2	Hypothalamisch-hypophysäres System	734	23.2.1	Hypothesenbildung	823
19.2.3	Hormone der Adenohypophyse	737	23.2.2	Falsifikationstests	824
19.2.4	Hormone der Neurohypophyse	740	23.3	Statistik	824
19.2.5	Hormone der Schilddrüse	743	23.4	Diagramme	825
19.2.6	Hormone der Nebennierenrinde	748	23.5	Beziehungen zwischen den Variablen	826
19.2.7	Natriuretische Peptide	758	23.5.1	Lineare Funktionen	826
19.2.8	Hormone der Bauchspeicheldrüse und Blutzuckerregulation	759	23.5.2	Quadratische Funktionen	826
19.2.9	Hormone, die den Kalzium- und Phosphat- haushalt regulieren	767	23.5.3	Logarithmische Funktionen	827
19.2.10	Hormone des Fett- und Skelettmuskelgewebes	772	23.6	Anwendung von Prinzipien, Diagrammen und mathematischen Funktionen	827
20	Arbeits- und Leistungsphysiologie	779		<i>P. Wahl, W. Bloch, J. Mester</i>	
20.1	Reize, Signalketten und Anpassung	780	23.6.1	Beispiel Herzphysiologie	827
20.1.1	Reize	780	23.6.2	Beispiel Lungenphysiologie	828
20.1.2	Signalketten und Anpassung	781	23.6.3	Beispiel Nierenphysiologie	828
20.2	Gehirn	783	23.6.4	Beispiel Neurophysiologie	828
			23.7	Schlussfolgerung	828

Online-Material		Anhang	829
E24	Physiologische Methodik (online)	Ionkanäle und Austauscher/Pumpen	831
	<i>R. Köhling</i>	<i>J. Hescheler, T. Schneider, T. Kirschstein</i>	
E25	Literatur (online)	Glossar	847
		<i>R. Köhling</i>	
		Herleitung griechischer Begriffe	875
		Quellenangaben	877
		Sachregister	881