

Inhaltsverzeichnis

1	Wer liest schon Einleitungen?	26			
	<i>Stefan Silbernagl</i>				
1.1	Physiologie: Funktion des Lebendigen.	26	1.3	Ob Zelle oder Organismus: ein offenes System mit innerem Milieu	32
1.2	Woher weiß man, was in diesem Buch steht?	26	1.3.1	Die Autonomie der Zelle.	32
1.2.1	Beobachtung, Hypothese, Experiment, Deutung, Theorie und die Fallen	27	1.3.2	Das Meer in uns: Milieusicherung durch Spezialisierung.	32
1.2.2	Zu kompliziert?	29	1.3.3	Ungeregeltes Leben gibt es nicht.	33
			1.3.4	Rückkopplung kann negativ oder positiv sein	35
2	Funktion und Interaktion von Zellen	39			
	<i>Christoph Korbmayer mit einem Beitrag von Bernhard Brenner</i>				
2.1	Zelluläre und molekulare Physiologie .	39	2.5	Homöostatische Mechanismen	60
2.2	Subzelluläre Komponenten und Funktionen	39	2.5.1	Zellvolumenregulation	60
2.2.1	Plasmamembran	39	2.5.2	Abstimmung der Ionen-transport-mechanismen	61
2.2.2	Zytoskelett	40	2.5.3	Regulation des zytosolischen pH-Werts ..	62
2.2.3	Zellkern	41	2.6	Hormone und Mechanismen der Signaltransduktion	63
2.2.4	Proteinsynthese	43	2.6.1	Steroidhormone, Calcitriol und Schilddrüsenhormone	63
2.2.5	Endoplasmatisches Retikulum	44	2.6.2	Die cAMP-Kaskade	63
2.2.6	Golgi-Apparat	44	2.6.3	Die IP ₃ -Kaskade	65
2.2.7	Lysosomen, Peroxisomen und Proteasomen	45	2.6.4	Enzymgekoppelte Hormonrezeptoren	66
2.2.8	Mitochondrien	45	2.6.5	Wachstumsfaktoren	66
2.3	Transportwege durch die Zellmembran	47	2.6.6	Calcium als Botenstoff	67
2.3.1	Diffusion	47	2.6.7	Stickstoffmonoxid (NO)	68
2.3.2	Membrantransportproteine	47	2.7	Zellverbände und Zell-Zell-Kontakte ..	69
2.3.3	Wasserkanäle (Aquaporine)	47	2.7.1	Gap Junctions	70
2.3.4	Ionenkanäle	48	2.7.2	Desmosomen und Hemidesmosomen	71
2.3.5	Elektrochemische Triebkraft	49	2.7.3	Schlussleisten (Tight Junctions) und Epithelfunktion	72
2.3.6	Patch-Clamp-Technik	51	2.7.4	Kontakte zwischen Endothelzellen	75
2.3.7	Carrier	52	2.8	Kommunikation benachbarter Zellverbände	75
2.3.8	Ionenpumpen	55	2.8.1	Regulatorischer Einfluss des Gefäß-endothels auf die glatte Gefäßmuskulatur	75
2.4	Ionale Zusammensetzung von Intra- und Extrazellulärflüssigkeit	58	2.8.2	Funktionelle Interaktion von Endothelzellen, Gliazellen und Neuronen im Zentralnervensystem (ZNS)	76
2.4.1	Ionengradienten zwischen Extra- und Intrazellulärflüssigkeit	58			
2.4.2	Die zentrale Rolle der Na ⁺ /K ⁺ -ATPase	59			

2.9	Zelluläre Motilität	77	2.9.2	Intrazellulärer Transport, Stoffaufnahme (Endozytose) und Stoffabgabe (Exozytose)	79
	<i>Bernhard Brenner</i>		2.9.3	Zellform und subzelluläre Strukturen	81
2.9.1	Molekulare Grundlagen zellulärer Motilität	77	2.9.4	Fortbewegung einzelner Zellen	81
			2.9.5	Hochgeordnete Systeme: Sarkomer und Axonem	81
3	Membranpotenzial und Signalübertragung in Zellverbänden				86
	<i>Andreas Draguhn</i>				
3.1	Wenn Ionenkonzentrationen aus dem Gleichgewicht geraten	86	3.5	Synaptische Übertragung	106
3.2	Wozu ein Membranpotenzial?	86	3.5.1	Funktion der Präsynapse	106
3.3	Ionengradienten, Umkehrpotenziale und Ruhemembranpotenzial	87	3.5.2	Funktion der Postsynapse	113
3.3.1	Kaliumverteilung und Entstehung des negativen intrazellulären Potenzials	87	3.5.3	Integration synaptischer Signale	117
3.3.2	Verteilung anderer Ionen	88	3.5.4	Wichtige Transmittersysteme und ihre Pharmakologie	118
3.3.3	Das Ruhemembranpotenzial	89	3.6	Elektrische Kopplung	122
3.4	Aktionspotenziale	92	3.7	Elektrophysiologische Messverfahren ..	124
3.4.1	Spannungsabhängige Natriumkanäle	92	3.8	Mehr als „Nervenkit“ – die Gliazellen ..	126
3.4.2	Spannungsabhängige Kaliumkanäle	93	3.8.1	Astrozyten	127
3.4.3	Eigenschaften des Aktionspotenzials	94	3.8.2	Oligodendrozyten und Schwann-Zellen ..	129
3.4.4	Die Vielfalt von Ionenkanälen und Aktionspotenzialen	98	3.8.3	Mikroglia	130
3.4.5	Leitung von Aktionspotenzialen	102			
4	Muskulatur				133
	<i>Theresia Kraft, Bernhard Brenner</i>				
4.1	Wenn die Muskeln versagen	133	4.3.2	Molekulare Grundlagen der Kontraktion glatter Muskulatur	157
4.2	Skelettmuskulatur	133	4.3.3	Molekulare Mechanismen der Regulation glattmuskulärer Kontraktion	158
4.2.1	Organisation des Skelettmuskels	133	4.3.4	Mechanische und funktionelle Eigenschaften der glatten Muskulatur	162
4.2.2	Molekulare Grundlagen der Kontraktion des Skelettmuskels	137	4.4	Herzmuskulatur	164
4.2.3	Elektromechanische Koppelung	141	4.4.1	Organisation des Herzmuskels	164
4.2.4	Neuromuskuläre Erregungsübertragung ..	145	4.4.2	Herzmuskelspezifische Isoformen sarkomerischer Proteine	164
4.2.5	Zeitlicher Verlauf und Formen der Muskelkontraktion	146	4.4.3	Elektromechanische Koppelung im Myokard	165
4.2.6	Muskelmechanik	149	4.4.4	Erregung und funktionelle Organisation des Herzmuskels	168
4.2.7	Muskelergetik	153			
4.3	Glatte Muskulatur	156			
4.3.1	Organisation des glatten Muskels	156			

5	Das Herz	171			
	<i>Jürgen Schrader, Axel Gödecke, Malte Kelm</i>				
5.1	Hintergrund	171	5.8	Elektrophysiologische Grundlagen	191
5.2	Klinische Bedeutung und Systematik von Herzerkrankungen	171	5.8.1	Ruhepotenzial	191
			5.8.2	Herzaktionspotenzial	191
			5.8.3	Automatie	194
5.3	Bedeutung des Herzens für den Kreislauf	171	5.9	Elektromechanische Koppelung	194
5.4	Druck-Volumen-Veränderungen während des Herzzyklus	173	5.10	Erregungsausbreitung am Herzen	197
5.4.1	Phasen der Herzaktion	173	5.10.1	Hierarchie der Erregungsausbreitung	198
5.4.2	Herztöne	174	5.10.2	Beeinflussung des Herzrhythmus durch das vegetative Nervensystem	198
5.4.3	Echokardiografie	174	5.11	Grundlagen der Elektrokardiografie ...	200
5.4.4	Mechanismen der Ventrikelfüllung	175	5.11.1	Entstehung des EKG	200
5.4.5	Arbeitsdiagramm des Herzens	176	5.11.2	Vektorkardiografie	203
5.5	Regulation der Pumpleistung des Herzens	177	5.11.3	Bipolare Standardableitung	203
5.5.1	Frank-Starling-Mechanismus	177	5.11.4	Unipolare EKG-Ableitungen	204
5.5.2	Herzsympathikus	180	5.12	Aussagemöglichkeiten des EKG	206
5.5.3	Herzhypertrophie	181	5.12.1	Der normale Sinus-Rhythmus	206
5.5.4	Beziehungen zwischen Herzzeitvolumen und venösem Rückfluss	182	5.12.2	Extrasystolen	207
5.5.5	Das Herz als endokrines Organ	183	5.12.3	Atrioventrikuläre Leitungsstörungen	207
5.6	Regulation der Koronardurchblutung ..	184	5.12.4	Vorhofflimmern, Vorhofflattern	208
5.6.1	Anatomische Voraussetzungen	184	5.12.5	Kammerflimmern	208
5.6.2	Koronarfluss (Koronardurchblutung)	184	5.12.6	Herzinfarkt	208
5.6.3	Myokardialer Sauerstoffverbrauch	185	5.13	Molekulare Ursachen von Herz-Kreislauf-Erkrankungen	210
5.6.4	Determinanten der Koronardurchblutung	185	5.13.1	Familiäre Hypertrophe Kardiomyopathie – eine Erkrankung des Sarkomers	211
5.6.5	Koronare Herzkrankheit	186	5.13.2	Ionenkanalmutationen führen zu Rhythmusstörungen – Kardiale „Channelopathien“	212
5.7	Beziehungen zwischen Energiestoffwechsel und Herzfunktion	187			
6	Das Kreislaufsystem	214			
	<i>Heimo Ehmke</i>				
6.1	Wenn das Herz nicht richtig arbeiten kann	214	6.3	Das Gefäßsystem	217
6.2	Funktion des Kreislaufsystems	214	6.3.1	Hochdruck- und Niederdrucksystem	217
6.2.1	Übersicht	214	6.3.2	Verzweigung des Gefäßbaums	218
6.2.2	Transportmechanismen	215	6.3.3	Aufbau und Funktion der Gefäßwand	218
6.2.3	Herzzeitvolumen und O ₂ -Extraktion	215	6.3.4	Gefäßinnervation	220
6.2.4	Funktionsprinzip des Kreislaufsystems ...	215	6.3.5	Passives und aktives Dehnungsverhalten von Blutgefäßen	221

6.4	Hämodynamik: Physik des Kreislaufs	223	6.7	Kreislauffunktion unter Belastung	252
6.4.1	Druck, Stromstärke und Widerstand	223	6.7.1	Sicherstellung von Herzzeitvolumen und arteriellem Blutdruck	252
6.4.2	Arterieller Blutdruck	224	6.7.2	Orthostase	252
6.4.3	Blutdruckmessung	225	6.7.3	Kreislauffunktion bei körperlicher Arbeit	256
6.4.4	Zentralvenöser Druck	226	6.7.4	Kreislauffunktion bei thermischer Belastung	257
6.4.5	Strömungswiderstand	226			
6.4.6	Pulsation von Druck und Strömung im Gefäßsystem	231	6.8	Der Lungenkreislauf	259
6.5	Stofftransport in Austauschgefäßen	233	6.8.1	Gefäßarchitektur und Hämodynamik der Lunge	259
6.5.1	Grundlagen des Stofftransportes	233	6.8.2	Regulation der pulmonalen Strombahn	260
6.5.2	Wege des Stofftransportes	234	6.8.3	Flüssigkeitsbilanz	261
6.5.3	Filtration von Flüssigkeit	235	6.9	Kreislauffunktion und Lebensalter	262
6.5.4	Bildung und Transport der Lymphe	237	6.9.1	Fetaler Kreislauf	262
6.5.5	Stofftransport im Interstitium	237	6.9.2	Kreislaufumstellung während der Geburt	263
6.6	Kreislaufregulation	238	6.9.3	Postnatale Anpassung der Kreislauffähigkeit	263
6.6.1	Definition	238	6.9.4	Strukturumbau im höheren Lebensalter	264
6.6.2	Regulation des arteriellen Blutdrucks	238			
6.6.3	Regulation der Durchblutung	243			
6.6.4	Regulation des Blutvolumens	249			
7	Blut: Ein flüssiges Organsystem	267			
	<i>Barbara Walzog und Joachim Fandrey</i>				
7.1	Zu wenig roter Blutfarbstoff	267	7.5	Abwehrmechanismen des Körpers	278
7.2	Eigenschaften und Funktionen des Blutes	267	7.5.1	Die unspezifische zelluläre Abwehr	279
7.3	Zusammensetzung und Volumen des Blutes	268	7.5.2	Die unspezifische humorale Abwehr	282
7.3.1	Blutvolumen	268	7.5.3	Abwehr und Entzündung	283
7.3.2	Zusammensetzung des Blutplasmas	268	7.5.4	Spezifische zelluläre Abwehr	284
7.3.3	Funktionen des Blutplasmas	269	7.5.5	Die spezifische humorale Abwehr	289
7.3.4	Plasmaelektrolyte	270	7.6	Blutstillung, Blutgerinnung und Wundheilung	292
7.4	Zelluläre Bestandteile des Blutes	271	7.6.1	Thrombozyten	292
7.4.1	Hämatopoetische Stammzellen	271	7.6.2	Blutgerinnung	296
7.4.2	Hämatopoetische Wachstumsfaktoren	273	7.6.3	Hemmstoffe der Blutgerinnung in vivo und in vitro	298
7.4.3	Erythrozyten	274	7.6.4	Fibrinolyse	299
7.4.4	Blutgruppensysteme	276	7.6.5	Wundheilung	300
8	Atmung	304			
	<i>Armin Kurtz</i>				
8.1	Lungenentzündung als allergische Reaktion	304	8.2.2	Gliederung der Lunge	304
8.2	Funktionelle Anatomie der Lunge	304	8.2.3	Luftwege	305
8.2.1	Brusthöhle	304	8.2.4	Der Alveolarraum	306
			8.2.5	Nichtrespiratorische Funktion der Luftwege	306

8.3	Der konvektive Transport der Atemgase in der Lunge, Lungenvolumina und Ventilation	308	8.8	Die mechanischen Eigenschaften von Lunge und Thorax	340
8.3.1	Atemluft und Luftdruck	308	8.8.1	Dehnbarkeit des Atemapparates	340
8.3.2	Trockene und feuchte Gase	309	8.8.2	Oberflächenspannung der Alveolen	341
8.3.3	Inspiration und Expiration	309	8.8.3	Messung der Compliance beim Menschen	342
8.3.4	Lungenvolumina	312	8.8.4	Altersabhängige Veränderungen der Compliance	343
8.3.5	Totraum	315	8.8.5	Atemwegswiderstand (visköser Widerstand)	343
8.3.6	Ventilation	316	8.8.6	Determinanten des Bronchialwiderstandes	343
8.3.7	Änderungen der alveolären Gasdrucke während des Atemzyklus	317	8.8.7	Physiologische Schwankungen des Atemwegswiderstandes: der Einfluss von Sympathikus und Parasympathikus	346
8.3.8	Bestimmung der O ₂ -Aufnahme und der CO ₂ -Abgabe	317	8.8.8	Direkte und indirekte Messung des Atemwegswiderstandes	346
8.4	Diffusion der Atemgase O₂ und CO₂ über die alveoläre Membran	319	8.9	Atemarbeit in Ruhe und bei Belastung	349
8.5	Der Transport von Sauerstoff im Blut ..	323	8.10	Obstruktive und restriktive Störungen	350
8.5.1	Sauerstofftransport durch Hämoglobin ..	323	8.11	Grundlagen der künstlichen Beatmung	350
8.5.2	Sauerstoffbindungskurve	326	8.12	Die Atemregulation	351
8.5.3	Regulation der Sauerstoffaffinität des Hämoglobins	327	8.12.1	Respiratorische Neuronenpopulationen in der Medulla oblongata	351
8.5.4	Ontogenetische Veränderungen des Hämoglobinmusters	328	8.12.2	Chemosensorische Einflüsse auf die Atmung	353
8.5.5	Angeborene Störungen der Hämoglobinfunktion	329	8.12.3	Mechanosensorische Zuflüsse	356
8.6	Der Transport von Kohlendioxid im Blut	330	8.12.4	Weitere nicht rückgekoppelte Atemantriebe: Emotionen, Schmerz, Temperatur, Progesteron	357
8.6.1	Transportformen des Kohlendioxids	330	8.12.5	Atemregulation unter speziellen Bedingungen	357
8.6.2	Die CO ₂ -Bindungskurve	331	8.13	Störungen der Sauerstoffversorgung: Hypoxie	358
8.7	Durchblutung der Lunge	333	8.13.1	Blutgasanalyse und Pulsoximetrie	358
8.7.1	Funktionelle Eigenschaften des pulmonalen Gefäßsystems	333	8.13.2	Formen der Hypoxie	358
8.7.2	Messung der Lungendurchblutung	335	8.14	Atmung unter besonderen Umweltbedingungen	362
8.7.3	Herzzeitvolumen und Sauerstoffversorgung	335	8.14.1	Atmung und Höhenanpassung	362
8.7.4	Einfluss des Sauerstoffdrucks auf die pulmonale Durchblutung	335	8.14.2	Pathophysiologie der Höheneexposition ..	363
8.7.5	Einfluss der Körperlage auf Lungendurchblutung und alveoläre Belüftung	336	8.14.3	Tauchen	363
8.7.6	Das Ventilations-Perfusions-Verhältnis ..	337			

9	Säuren-Basen-Haushalt	366		
	<i>Gerhard Burckhardt</i>			
9.1	Wenn das Gleichgewicht aus dem Gleichgewicht gerät	366	9.4	Säuren-Basen-Status im arteriellen Blut
9.2	Protonen, pH, Säuren und Basen	366	9.4.1	pH-Wert
9.2.1	Protonenkonzentration und pH	366	9.4.2	CO ₂ -Konzentration
9.2.2	Definition von Säuren und Basen	367	9.4.3	Aktuelles Bicarbonat, Standardbicarbonat
9.2.3	Dissoziation von schwachen Säuren und Basen und Massenwirkungsgesetz	367	9.5	Säuren-Basen-Gleichgewicht
9.2.4	Die Henderson-Hasselbalch-Gleichung	367	9.5.1	Zelluläre und globale Balance
9.3	Puffer	368	9.5.2	Produktion und Ausscheidung von CO ₂ , NH ₄ ⁺ und HCO ₃ ⁻
9.3.1	Geschlossene und offene Puffersysteme ..	368	9.5.3	Respiratorische Störungen des Säuren-Basen-Haushalts
9.3.2	Physiologische Puffer	369	9.5.4	Nicht-respiratorische Störungen des Säuren-Basen-Haushalts
9.3.3	Gesamtpufferbasen	370	9.5.5	Säuren-Basen-Haushalt und Plasmakalium
9.3.4	Anionenlücke	370	9.6	Intrazellulärer pH
			9.6.1	Zum Weiterlesen
10	Die Funktion der Nieren	380		
	<i>Stefan Silbernagl</i>			
10.1	Was passiert, wenn die Nieren versagen?	380	10.6.2	Die erste Phase der proximalen Resorption: Na ⁺ -Symport und Na ⁺ -Antiport
10.2	Überblick	380	10.6.3	Die zweite Phase der proximalen Resorption: Chlorid, Natrium und andere Kationen
10.2.1	Ein kurzer Blick auf die Anatomie	380	10.6.4	Konzentrierung schafft Triebkräfte für passive Resorption
10.2.2	Harnableitung	381	10.6.5	Die Kapillarwand als letzte Hürde der Resorption
10.2.3	Wie entsteht der Harn?	382	10.6.6	Resorption in der Henle-Schleife
10.2.4	Woher weiß man, was in der Niere vorgeht?	383	10.6.7	Regulation der Na ⁺ -Ausscheidung
10.3	Renale Clearance	384	10.6.8	Kaliumausscheidung
10.4	Die Nierendurchblutung	386	10.7	Harnkonzentrierung und Diurese
10.4.1	Das Gefäßsystem der Niere	386	10.7.1	Der Gegenstromtrick
10.4.2	Renale Durchblutung	387	10.7.2	Na ⁺ /K ⁺ -ATPase als Motor im aufsteigenden Teil der Schleife
10.5	Die Filtration des Primärharns	390	10.7.3	Recycling von Harnstoff spart Kochsalz
10.5.1	Bau des Filters	390	10.7.4	Konzentriert wird im Sammelrohr
10.5.2	Ohne Druck kein Filtrat	392	10.7.5	Diurese und Diuretika
10.5.3	Durchlässigkeit des Filters	394	10.7.6	Funktion der epithelialen Zilien
10.6	Aktive Na⁺-Resorption und die Folgen ..	395	10.8	Tubulärer Transport organischer Stoffe
10.6.1	Massentransport im proximalen Tubulus ..	395	10.8.1	Glucose und Aminosäuren
			10.8.2	Peptide
			10.8.3	Proteine

10.8.4	Proximale Sekretion als Ausscheidungsmechanismus.....	418	10.10.2	HCO ₃ ⁻ -Resorption.....	427
10.8.5	Harnsäure.....	419	10.10.3	Phosphat als Harnpuffer: titrierbare Säure.....	428
10.9	Phosphat-, Calcium- und Magnesium-Ausscheidung.....	421	10.10.4	Die Rolle des Ammoniaks.....	428
10.9.1	Phosphat-Resorption.....	421	10.11	Renin und Nierenhormone.....	431
10.9.2	Calcium und Magnesium.....	422	10.12	Nierenstoffwechsel.....	432
10.9.3	Kristalle und Steine im Harn.....	424	10.13	Nierenversagen und künstliche Niere..	434
10.10	Die Niere im Dienst des Säure-Basen-Haushalts.....	426	10.13.1	Nierenversagen.....	434
10.10.1	H ⁺ -Sekretion, proximal und distal.....	426	10.13.2	Die künstliche Niere.....	435
11	Salz- und Wasserhaushalt.....	440	10.13.3	Danksagung.....	438
	<i>Hans Oberleithner</i>				
11.1	Das sprichwörtliche „Wasser des Lebens“.....	440	11.6	Die Säurebilanz.....	457
11.2	Die Zelle und ihr Mantel.....	440	11.6.1	Konstanz des Zell-pH-Werts.....	457
11.3	Körperwasser.....	441	11.6.2	Azidose und Alkalose.....	458
11.3.1	Flüssigkeitsräume.....	441	11.7	Die Kaliumbilanz.....	460
11.3.2	Interstitielle Flüssigkeit.....	442	11.7.1	Raumverteilung.....	460
11.3.3	Transzelluläre Flüssigkeit.....	443	11.7.2	Kalium und Säure-Basen-Störungen.....	460
11.3.4	Intrazelluläre Flüssigkeit.....	444	11.7.3	Kalium und das kardiovaskuläre System..	461
11.4	Die Natriumbilanz.....	444	11.7.4	Insulin und Catecholamine.....	462
11.4.1	Natriumsensoren.....	444	11.7.5	Renale Kaliumsekretion.....	463
11.4.2	Die Niere im Dienste der Natriumhomöostase.....	445	11.8	Die Calcium- und Phosphatbilanz.....	464
11.4.3	Ödeme.....	446	11.8.1	Calcium im Extrazellulärraum.....	464
11.4.4	Regulation des Blutdrucks.....	447	11.8.2	Phosphat im Extrazellulärraum.....	465
11.4.5	Kochsalz und Blutdruck.....	448	11.8.3	Regulation des Calcium- und Phosphat-haushalts.....	466
11.4.6	Ernährung und Blutdruck.....	449	11.8.4	Calcium-Phosphat-Entgleisung.....	468
11.4.7	Aldosteron und Blutdruck.....	450	11.9	Die Magnesiumbilanz.....	471
11.5	Die Wasserbilanz.....	452	11.9.1	Aufnahme und Ausscheidung.....	471
11.5.1	Zentrale Steuerung.....	452	11.9.2	Magnesiumverarmung.....	471
11.5.2	Renale Steuerung.....	452			
11.5.3	ADH-Mechanismus.....	453			
12	Funktion des Magen-Darm-Trakts, Energiehaushalt und Ernährung.....	474			
	<i>Michael Gekle</i>				
12.1	Der Magen-Darm-Trakt: Ein komplexes Organsystem und häufige Arztbesuche.....	474	12.2.1	Aufbau.....	474
12.2	Allgemeingültiges zum Magen-Darm-Trakt.....	474	12.2.2	Epithelialer Transport, Absorption, Sekretion.....	475
			12.2.3	Die Funktion von Speicheldrüsen.....	476
			12.2.4	Motilität des Magen-Darm-Trakts.....	477

12.2.5	Regulationsmechanismen im Magen-Darm-Trakt.....	481	12.8.5	Absorption von Proteinen, Peptiden und Aminosäuren.....	521
12.2.6	Abwehrfunktion des Magen-Darm-Trakts.....	487	12.8.6	Lipidverdauung.....	522
12.3	Mundhöhle und Mundspeicheldrüsen	489	12.8.7	Lipidabsorption.....	525
12.3.1	Mundhöhle.....	489	12.8.8	Nukleinsäureverdauung und -absorption.....	527
12.3.2	Mundspeicheldrüsen.....	489	12.8.9	Vitaminabsorption.....	527
12.4	Ösophagus und Schlucken	491	12.8.10	Ca ²⁺ -Absorption.....	529
12.4.1	Ösophagus.....	491	12.8.11	Magnesiumabsorption.....	529
12.4.2	Schlucken.....	492	12.8.12	Eisenabsorption.....	529
12.5	Magen	493	12.8.13	Phosphatabsorption.....	530
12.5.1	Funktionelle Anatomie.....	493	12.9	Motorik von Dünn- und Dickdarm	532
12.5.2	Säuresekretion.....	493	12.9.1	Dünndarmmotorik.....	532
12.5.3	Pepsinogensekretion.....	499	12.9.2	Dickdarmmotorik.....	532
12.5.4	Schutz der Magenschleimhaut.....	499	12.9.3	Darmentleerung.....	533
12.5.5	Schutz der Duodenalschleimhaut.....	501	12.10	Physiologie der Leber	534
12.5.6	Magenmotorik.....	501	12.10.1	Allgemeines zur Leber.....	534
12.6	Pankreas	505	12.10.2	Funktionelle Anatomie.....	534
12.6.1	Exokrine Funktion des Pankreas.....	505	12.10.3	Transport und Stoffwechsel in Hepatozyten.....	535
12.6.2	Funktion der Pankreasazini.....	508	12.10.4	Gallenbildung.....	537
12.6.3	Funktion der Ausführungsgänge des Pankreas.....	509	12.10.5	Enterohepatischer Kreislauf.....	539
12.7	Dünn- und Dickdarm: Flüssigkeits- und Elektrolyttransport	511	12.10.6	Die Leber als metabolisches Organ.....	540
12.7.1	Aufbau und Vergleich von Dünn- und Dickdarm.....	511	12.11	Die Anforderungen des Organismus an die Ernährung	545
12.7.2	Intestinaler Wasser- und Elektrolyttransport.....	511	12.11.1	Bestandteile der Nahrung.....	545
12.7.3	Zelluläre Mechanismen der Na ⁺ -Absorption.....	511	12.11.2	Bedarf an Nahrungsbestandteilen.....	545
12.7.4	Zelluläre Mechanismen der Cl ⁻ -Absorption.....	514	12.12	Energiehaushalt und Kontrolle des Körpergewichts	550
12.7.5	Zelluläre Mechanismen der Cl ⁻ -Sekretion.....	514	12.12.1	Energiebilanz.....	550
12.7.6	Zelluläre Mechanismen der K ⁺ -Resorption.....	515	12.12.2	Energiespeicher.....	551
12.7.7	Zelluläre Mechanismen der K ⁺ -Sekretion.....	515	12.12.3	Energiefreisetzung.....	552
12.7.8	Regulation des intestinalen Wasser- und Elektrolyttransports.....	516	12.12.4	Energieumsatz.....	553
12.8	Dünn- und Dickdarm: Nährstoffverdauung und -absorption	517	12.12.5	Energiegehalt der Nahrung.....	555
12.8.1	Übersicht.....	517	12.12.6	Messung des Energiebedarfs.....	555
12.8.2	Kohlenhydratverdauung.....	517	12.13	Regulation der Nahrungsaufnahme	557
12.8.3	Kohlenhydratabsorption.....	519	12.13.1	Wasser und Salz.....	557
12.8.4	Proteinverdauung.....	520	12.13.2	Energie.....	557
			12.13.3	Die Elemente der Regelkreise der Energiebilanz.....	558
			12.13.4	Kurzzeitregulation der Nahrungsaufnahme.....	561
			12.13.5	Langzeitregulation der Energiebilanz.....	563
			12.13.6	Fettsucht.....	564
			12.13.7	Unterernährung.....	564

13	Wärmehaushalt und Temperaturregulation	567			
	<i>Michael Gekle, Dominique Singer</i>				
13.1	Warum Temperaturregulation?	567	13.7	Physiologie und Umwelt	577
13.2	Was heißt Konstanz der Körpertemperatur?	567	13.7.1	Angenehmes Raumklima	577
13.3	Wärmebildung	569	13.7.2	Ein Sauna-Besuch	577
13.4	Wärmetransfer im Körper	569	13.7.3	Körperliche Arbeit/Training	578
13.5	Wärmeaustausch mit der Umwelt	570	13.7.4	Neugeborene	579
13.6	Aktive Regulation	573	13.7.5	Alte Menschen	579
13.6.1	Thermosensoren	574	13.7.6	Akklimatisation	580
13.6.2	Regulationszentrum	574	13.8	Hyperthermie, Hypothermie und Fieber	580
13.6.3	Effektoren	575	13.8.1	„Gefahr von außen“	580
13.6.4	Zusammenspiel der thermoregulatorischen Mechanismen	576	13.8.2	„Gefahr von innen“	582
14	Endokrines System	586			
	<i>Ralf Paschke</i>				
14.1	Die Störung hormoneller Systeme führt zu Krankheiten	586	14.6.3	Die Hormone der Nebennierenrinde (Corticoide): Aldosteron, Cortisol, Androgene	612
14.2	Allgemeine Endokrinologie: Was sind Hormone, wozu dienen sie und wo werden sie gebildet?	586	14.6.4	Wie werden die Nebennierenrindenhormone reguliert?	616
14.2.1	Endokrin, parakrin, autokrin	588	14.7	Hypothalamus-Hypophysen-Schilddrüsen-System	619
14.2.2	Vom Gen zum Hormon	591	14.7.1	Die hypothalamische Ebene: Neurotransmitter und TRH	619
14.2.3	Rezeptoren	592	14.7.2	Die hypophysäre Ebene: TSH	619
14.2.4	Regulation von Rezeptoren	595	14.7.3	Die Hormone der Schilddrüse: T ₃ und T ₄ ..	620
14.2.5	Wie werden hormonelle Systeme reguliert?	595	14.7.4	Regulation der Schilddrüsenhormone	625
14.3	Hypothalamus-Hypophysen-System ..	600	14.7.5	Schilddrüsenerkrankungen	625
14.4	Wachstumshormon (STH = Somatotropes Hormon, GH = growth hormone)	603	14.8	Der Inselapparat des Pankreas: Insulin und Glucagon	626
14.5	Prolactin	606	14.8.1	Die Hormone des Pankreas: Insulin, Glucagon, Somatostatin, pankreatisches Polypeptid, Amylin	626
14.6	Hypothalamus-Hypophysen-Nebennieren-System: Mineralo- und Glucocorticoide	608	14.8.2	Insulin	626
14.6.1	Die hypothalamische Ebene: Neurotransmitter, CRH und ADH	608	14.8.3	Glucagon	630
14.6.2	Die hypophysäre Ebene: Proopiomelanocortin (POMC) und seine Hormone (ACTH, β -Endorphin, MSH)	609	14.8.4	Somatostatin hemmt die Sekretion von Insulin und Glucagon	630
			14.8.5	Blutzuckerregulation	630
			14.8.6	Diabetes mellitus	631

15	Sexualfunktionen, Schwangerschaft und Geburt	636			
	<i>Lorenz Rieger, Ulrike Kämmerer, Dominique Singer</i>				
15.1	Trotz Kinderwunsch keine Schwangerschaft: was nun?	636	15.5.3	Durchblutung der Plazenta	649
15.2	Physiologie der weiblichen Geschlechtsorgane	636	15.5.4	Atemgas- und Stoffaustausch zwischen Mutter und Fetus.	650
15.2.1	Entwicklung der weiblichen Sexualorgane	636	15.5.5	Eigensauerstoffverbrauch der Plazenta ...	653
15.2.2	Menstruationszyklus	637	15.6	Physiologie des Fetus	654
15.2.3	Hormonelle Steuerung des Zyklus	638	15.6.1	Phasen des Wachstums	654
15.2.4	Wirkung der Hormone auf den Uterus ...	640	15.6.2	Entwicklung einzelner Organe	654
15.2.5	Klimakterium und Menopause	641	15.7	Physiologie der Schwangeren	659
15.3	Physiologie der männlichen Geschlechtsorgane	642	15.7.1	Stoffwechsel	659
15.3.1	Geschlechtsentwicklung beim Mann	642	15.7.2	Herz und Kreislauf	659
15.3.2	Spermatogenese	643	15.7.3	Atmung	659
15.3.3	Hormonelle Steuerung	644	15.7.4	Niere	659
15.4	Sexualität, Befruchtung und Implantation	645	15.8	Physiologie der Geburt und Laktation .	660
15.4.1	Kohabitation	645	15.8.1	Geburt	660
15.4.2	Befruchtung und Implantation der Eizelle.	646	15.8.2	Laktation	662
15.5	Plazentafunktion.	649	15.9	Anpassung des Neugeborenen an das extrauterine Leben	663
15.5.1	Aufgaben der Plazenta	649	15.9.1	Beginn der Lungenatmung	663
15.5.2	Aufbau der Plazenta	649	15.9.2	Aktivierung der Thermoregulation	667
16	Leistungsphysiologie	672	15.9.3	Umstellung der Stoffwechselfunktionen ..	667
	<i>Heimo Mairbörl</i>				
16.1	Ein defektes Enzym verringert die Leistungsfähigkeit	672	16.5	Atmung bei Belastung	681
16.2	Die Bedeutung von körperlicher Aktivität	672	16.5.1	Lungenvolumina und Ventilation	681
16.3	Muskel-Aufbau	672	16.5.2	Limitiert die Atmung die Belastbarkeit? ..	682
16.3.1	Muskelfasertypen	672	16.6	Kreislaufregulation bei Belastung	683
16.3.2	Muskelaufbau	674	16.6.1	Steigerung des Herzzeitvolumens bei Belastung	683
16.4	Energiebereitstellung	676	16.6.2	Die Verteilung des Herzzeitvolumens ...	685
16.4.1	Energieträger	676	16.7	Blut-/Plasmavolumen und Sauerstofftransport bei Belastung	686
16.4.2	ATP-regenerierende Stoffwechselwege ...	678	16.8	Thermoregulation und Flüssigkeitshaushalt.	688
16.4.3	Regelung der Energiebereitstellung bei Belastung	680			

16.9	Ernährung im Sport	690	16.11	Doping	695
16.9.1	Ernährung im Alltag und vor, während sowie nach körperlicher Belastung.	690	16.12	Sport im Alter	695
16.9.2	Körpergewicht und Sport.	691	16.13	Sport in Prävention und Rehabilitation	695
16.9.3	Ess-Störungen	691	16.14	Sport in großer Höhe	696
16.10	Leistungsdiagnostik	692	16.14.1	Höhenkrankheiten	697
16.10.1	Belastungstests	692	16.14.2	Anpassung an Höhe	697
16.10.2	Beurteilung der Leistungsfähigkeit.	692	16.14.3	Belastung und Training in der Höhe.	698
16.10.3	Ermüdung, Übertraining	693			
17	Somato-viszerale Sensibilität	701			
	<i>Karl Meßlinger</i>				
17.1	„Ein merkwürdiger Fall“	701	17.7.3	Noxische Entzündungsmediatoren.	714
17.2	Grundbegriffe der somato-viszeralen Sensibilität	701	17.7.4	Transduktion noxischer Reize	715
17.2.1	Psychophysiologie des somatosensori- schen Systems	701	17.7.5	Erregungsleitung und Lokalanästhetika ..	716
17.2.2	Sinnesrezeptoren der somato-viszeralen Sensibilität	704	17.7.6	Neuropeptide und neurogene Entzündung	716
17.3	Mechanische Oberflächensensibilität ..	705	17.8	Spinale sensorische Systeme	718
17.3.1	Klassifikationsmerkmale der Mechano- rezeptoren	705	17.8.1	Dermatome und Head-Zonen	718
17.3.2	Mechanorezeptortypen der Haut	705	17.8.2	Spinale Verschaltung der Afferenzen.	720
17.3.3	Tastsinn	707	17.8.3	Hinterstrangsystem – epikritische Sensibilität	720
17.4	Thermosensibilität	708	17.8.4	Vorderseitenstrangsystem – protopathi- sche Sensibilität.	722
17.5	Tiefensensibilität und Propriozeption ..	710	17.9	Zerebrale sensorische Systeme	723
17.6	Viszerale Sensibilität	711	17.9.1	Somatosensorischer Thalamus	723
17.6.1	Viszerale Dehnungsrezeptoren	711	17.9.2	Primärer somatosensorischer Kortex.	724
17.6.2	Viszerale Chemorezeptoren.	712	17.9.3	Weitere somatosensorische Rindenfelder .	726
17.7	Nozizeption und Schmerz	713	17.9.4	Reorganisation des somatosensorischen Kortex	726
17.7.1	Definition von Nozizeption und Schmerz .	713	17.10	Schmerz und Schmerzhemmung	729
17.7.2	Nozizeptoren	713	17.10.1	Schmerzkomponenten und Schmerz- formen	729
18	Hören und Sprechen: Kommunikation des Menschen	736	17.10.2	Neuropathische Schmerzen.	730
	<i>Jörg Geiger</i>		17.10.3	Zentrale Sensibilisierung	731
18.1	Ein Carrier mit zwei sehr verschiede- nen Wirkorten	736	17.10.4	Absteigende Hemmsysteme	731
18.2	Schall	736	18.3	Hörempfindungen	737
			18.3.1	Die Hörschwelle	737
			18.3.2	Lautstärkeempfindungen.	737

18.4	Aufgaben des Mittelohres	738	18.8	Zentralnervöse Verarbeitung von Schallreizen	747
18.5	Funktion des Innenohres	740	18.8.1	Aufbau der Hörbahn	747
18.5.1	Aufbau der Cochlea	740	18.8.2	Neuronale Schallanalyse	748
18.5.2	Die Sinneszellen	741	18.9	Hörschäden und Hörprüfungen	750
18.5.3	Der Transduktionsvorgang	742	18.9.1	Mittelohr- und Innenohrschäden	750
18.6	Kodierung im Hörnerv	745	18.9.2	Audiometrische Verfahren	751
18.7	Klinisch wichtige Innenohrpotenziale ..	747	18.9.3	Hörgeräte und Cochlea-Implantate	753
			18.10	Der periphere Sprechapparat	753
			18.10.1	Zum Weiterlesen	755
19	Gleichgewichts-, Lage- und Bewegungssinn	757			
	<i>Jörg Geiger</i>				
19.1	Vertigo	757	19.4	Das zentrale vestibuläre System	761
19.2	Aufgaben des vestibulären Systems ...	757	19.4.1	Eingänge der Vestibulariskerne	761
19.3	Physiologie des peripheren Vestibularorgans	757	19.4.2	Ausgänge der Vestibulariskerne	763
19.3.1	Aufbau des Vestibularorgans	757	19.4.3	Die Stabilisierung des Gleichgewichtes ...	763
19.3.2	Der adäquate Reiz für die vestibulären Haarzellen	758	19.5	Störungen des vestibulären Systems ..	767
				Danksagung	768
20	Sehsystem und Augenbewegungen	770			
	<i>Ulf Eysel</i>				
20.1	Geblendet durch eine trübe Linse	770	20.5	Die Netzhaut: primäre sensorische Prozesse und neuronale Signalverarbeitung	781
20.2	Visuell-visuomotorisches System	770	20.5.1	Augenhintergrund	781
20.3	Auge und optische Abbildung auf der Netzhaut	770	20.5.2	Funktionelle Anatomie der Netzhaut	782
20.3.1	Licht und Abbildung	770	20.5.3	Fototransduktion	783
20.3.2	Akkommodation	772	20.5.4	Fotochemische Adaptation	784
20.3.3	Abbildungsfehler des optischen Apparates	773	20.5.5	Signalverarbeitung in der Netzhaut	785
20.3.4	Refraktionsfehler	773	20.5.6	Objektive Messung der Netzhautfunktion.	786
20.3.5	Regelung der Pupillenweite	774	20.5.7	Sehschärfe	788
20.3.6	Kammerwasser und Augeninnendruck ...	775	20.6	Das zentrale Sehsystem	790
20.3.7	Tränen	775	20.6.1	Topografie der primären Sehbahn	790
20.4	Okulomotorik	776	20.6.2	Subkortikale Zentren der Sehbahn	792
20.4.1	Augenmuskeln und ihre Zugrichtungen. ...	776	20.6.3	Die primäre Sehrinde	793
20.4.2	Eigenschaften und Steuerung von Augenbewegungen	776	20.6.4	Höhere visuelle Kortexareale	795
			20.6.5	Visuell evozierte Potenziale	797
			20.6.6	Räumliches Sehen	798
			20.6.7	Farbensehen	799

21	Geschmack und Geruch				805
	<i>Andreas Draguhn</i>				
21.1	805	21.3.4	Störungen des Schmeckens	811
21.2	Die Bedeutung der Chemosensibilität ..	805	21.4	Der Geruchssinn	812
21.3	Der Geschmackssinn	806	21.4.1	Riechepithel und olfaktorische Sinneszellen.....	812
21.3.1	Geschmacksknospen und Geschmackssinneszellen	806	21.4.2	Signaltransduktion in olfaktorischen Sinneszellen	813
21.3.2	Signaltransduktion in Geschmackssinneszellen.....	807	21.4.3	Zentrale Verarbeitung und Geruchswahrnehmung	814
21.3.3	Zentrale Verarbeitung von Geschmacksreizen	809	21.4.4	Störungen des Riechens	817
22	Sensomotorische Systeme: Körperhaltung und Bewegung				820
	<i>Heiko J. Luhmann</i>				
22.1	Mangel eines Botenstoffs führt zu Morbus Parkinson	820	22.6.4	Physiologie und Pathophysiologie absteigender Projektionen aus dem motorischen Kortex	848
22.2	Sensomotorik im Überblick	820	22.7	Basalganglien: Struktur, Funktion, Symptome	850
22.3	Rückenmark: Struktur, Funktion, Symptome	823	22.7.1	Strukturelemente und Organisationsprinzipien der Basalganglien.....	850
22.3.1	Das Rückenmark als Reflexzentrum.....	823	22.7.2	Funktionelle Anatomie und externe Verbindungen	850
22.3.2	Efferenzen der Spinalmotorik	826	22.7.3	Zelluläre Funktionsabläufe und interne Verbindungen	854
22.3.3	Spinale Reflexbögen und Rhythmusgeneratoren	829	22.7.4	Pathophysiologie der Basalganglien.....	855
22.3.4	Klinische Aspekte spinaler Reflexe	835	22.8	Kleinhirn: Struktur, Funktion, Symptome	857
22.4	Supraspinale Kontrolle spinaler Verschaltungen	839	22.8.1	Funktionelle Anatomie des Kleinhirns....	857
22.5	Sequenzielle Aktivierung von Kortexarealen bei zielmotorischen Bewegungen	841	22.8.2	Feinstruktur und synaptische Verschaltung der Kleinhirnrinde.....	858
22.6	Motorische Areale des zerebralen Kortex	842	22.8.3	Extrazerebelläre Projektionen und motorische Funktionen	860
22.6.1	Aufbau, Funktion und Interaktionen des motorischen Kortex	842	22.8.4	Motorisches Lernen	860
22.6.2	Der primäre motorische Kortex	846	22.8.5	Kleinhirnläsionen und zerebelläre Funktionsstörungen.....	862
22.6.3	Prämotorische Rindfelder	847			
23	Neurovegetative Regulation				865
	<i>Pontus B. Persson und Anja Bondke Persson</i>				
23.1	Peripheres vegetatives Nervensystem ..	865	23.2	Organeffekte	870
23.1.1	Aufgaben und Wirkungen des vegetativen Nervensystems	865	23.2.1	Regulation der Gefäßweite	870
23.1.2	Aufbau und Gliederung	865	23.2.2	Pupillenweite.....	871
			23.2.3	Herzfrequenz und Myokardkontraktibilität ..	872
			23.2.4	Die Bronchialmuskulatur.....	872

23.2.5	Steuerung des enterischen Nervensystems	873	23.4.2	Stuhlkontinenz und Darmentleerung	876
			23.4.3	Harnkontinenz und Blasenentleerung	877
23.3	Zentrale Steuerung und Kontrolle des vegetativen Nervensystems	874	23.5	Vegetative Kerngebiete in der Medulla oblongata	878
23.3.1	Vegetative Zentren im ZNS	874	23.5.1	Sympathikus	878
23.4	Vegetative Funktionen des Rückenmarks	874	23.5.2	Vagus	879
23.4.1	Lage und Funktion	874	23.6	Hypothalamus und limbisches System – homöostatische Regulationen und emotionelle Verhaltensweisen	879
24	Integrative Funktionen des Gehirns	884			
	<i>Hans-Christian Pape</i>				
24.1	Ein berühmter Patient	884	24.6.4	Präfrontaler Kortex und Arbeitsgedächtnis	902
24.2	Grundlage kognitiver Funktionen	884	24.6.5	Interaktionen neuronaler Schaltkreise bei Speicherung und Abruf von Informationen	903
24.3	Organisation des Cortex cerebri	886	24.7	Lernabhängige synaptische Plastizität	904
24.3.1	Gliederung des Cortex cerebri in Areale, Schichten (Laminae) und Säulen (Kolumnen)	886	24.7.1	Mechanismen der Langzeitpotenzierung	905
24.3.2	Organisation und Funktion der assoziativen Areale des Kortex	887	24.7.2	Balance zwischen Langzeitpotenzierung und -depression	908
24.3.3	Klinische Konsequenzen lokaler Funktionsstörungen des Assoziationskortex	888	24.8	Hirnentwicklung: Entwicklungs- und erfahrungsabhängige Plastizität	909
24.4	Kognition versus Emotion – Das limbische System	890	24.8.1	Mechanismen der frühen Entwicklung des Nervensystems	909
24.4.1	Lobus limbicus und Papez-Kreis – Grundlagen des limbischen Systemkonzepts	890	24.8.2	Bildung synaptischer Kontakte, Überleben von Neuronen und Stabilisierung von Hirnfunktionen	911
24.4.2	Störungen der Funktion limbischer Strukturen – Dissoziation von Emotion und Kognition	892	24.9	Linkes Gehirn/Rechtes Gehirn – Sprache	914
24.5	Motivation – Belohnung und Abhängigkeit	896	24.9.1	Lateralisation von Sprachfunktionen	914
24.5.1	Grundlagen motivationalen Verhaltens	896	24.9.2	Lateralisation räumlich-visueller Funktionen	917
24.5.2	Psychotrope Substanzen – Abhängigkeit	896	24.9.3	Der Wada-Test	917
24.6	Lernen und Gedächtnis	898	24.9.4	Prinzipien der Arbeitsweise von linker und rechter Hemisphäre	917
24.6.1	Gedächtnissysteme	898	24.10	Nicht invasive Verfahren zur Messung von Hirnfunktionen	918
24.6.2	Module des deklarativen Gedächtnisses, Funktionsstörungen und klinische Konsequenzen	900	24.10.1	EEG und MEG	919
24.6.3	Module des nicht-deklarativen Gedächtnisses	902	24.10.2	Bildgebende Verfahren	919

25	Wachheit und Schlaf: Rhythmen des Gehirns im Muster des Elektroenzephalogramms				923
	<i>Hans-Christian Pape</i>				
25.1	Wenn Schlaf übermächtig wird	923	25.3.3	Neurophysiologische Grundlagen von Wachheit und Schlaf	930
25.2	Das Elektroenzephalogramm	923	25.3.4	Transmittersysteme zur Regulation der Stadien von Schlaf und Wachheit	932
25.2.1	Grundlagen des Elektroenzephalogramms	923			
25.2.2	Verhaltenszustände und ihre Korrelate im EEG	924	25.4	Der zirkadiane Rhythmus	936
25.2.3	Klinische Anwendungen des EEG	926	25.4.1	Mechanismen des zirkadianen Rhythmus.	936
			25.4.2	Störungen des zirkadianen Rhythmus	937
25.3	Wachheit und Schlaf	927	25.5	Schlafstörungen	937
25.3.1	Das Profil des Schlafs	927	25.5.1	Zum Weiterlesen	939
25.3.2	Physiologische und klinische Bedeutung des Schlafs	929			
26	Psychophysik				941
	<i>Thomas F. Münte und Ulrike M. Krämer</i>				
26.1	Entscheidungshilfe	941	26.3	Signalentdeckungstheorie	944
26.2	Klassische Psychophysik	941	26.4	Aktuelle Erweiterung der Psychophysik	946
26.2.1	Fragen der Psychophysik	941	26.4.1	Zum Weiterlesen	947
26.2.2	Schwellenbestimmungen	942			
27	Blut-Hirn-Schranke, Liquor cerebrospinalis, Hirndurchblutung und Hirnstoffwechsel				949
	<i>K. Göbel und S.G. Meuth</i>				
27.1	Je schneller, desto besser	949	27.2.7	Liquor cerebrospinalis: Kompartimente, Resorption, Regulation	955
27.2	Blut-Hirn- und Blut-Liquor-Schranke ...	949	27.3	Hirndurchblutung und Hirnstoffwechsel	956
27.2.1	Funktionelle Bedeutung der Blut-Hirn-Schranke	949	27.3.1	Globale Durchblutung und globaler Stoffwechsel	956
27.2.2	Die Blut-Hirn-Schranke als Barriere	950	27.3.2	Ischämie des Gehirns	957
27.2.3	Die Blut-Hirn-Schranke als austauschende Membran	951	27.3.3	Lokale Durchblutung und lokaler Stoffwechsel	957
27.2.4	Erhöhte Durchlässigkeit der Blut-Hirn-Schranke	952	27.3.4	Altersabhängigkeit von Hirndurchblutung und -stoffwechsel	961
27.2.5	Grundlagen der Blut-Liquor-Schranke	953			
27.2.6	Substanzbewegungen über die Blut-Liquor-Schranke	954			

28	Reifung, Altern und Tod				964
	<i>Michael Kühl</i>				
28.1	Der menschliche Lebenszyklus	964	28.4.1	Theorie der freien Radikale: Oxidativer Stress	968
28.2	Wachstum und Reifung	965	28.4.2	Theorie der reduzierten Kalorienzufuhr ..	969
28.3	Physiologische Veränderungen im Alter	966	28.4.3	Alterung und DNA-Reparatur: Genetische Instabilität	971
28.3.1	Endokrinologie im Alter	966	28.4.4	Sirtuine	971
28.3.2	Kardiovaskuläres System	967	28.4.5	Theorie der Telomerlänge	971
28.3.3	Nervensystem und Sinnesorgane	967	28.5	Menschliche Progerie-Erkrankungen ..	972
28.3.4	Weitere Organe	967	28.6	Der Tod	973
28.4	Ursachen des Alterns	968	28.6.1	Zum Weiterlesen.....	974
29	Maßeinheiten, Kurven und ein wenig Mathematik				976
	<i>Stefan Silbernagl</i>				
29.1	Messgrößen und Maßeinheiten	976	29.1.5	Osmolalität, osmotischer und onkotischer Druck	980
29.1.1	Maßsysteme	976	29.2	Potenzen und Logarithmen	983
29.1.2	Bruchteile und Vielfache von Maßeinheiten	977	29.3	Grafische Darstellung von Messdaten .	984
29.1.3	Maßeinheiten: SI und die anderen	977	29.3.1	Zum Weiterlesen.....	986
29.1.4	Konzentration, Fraktion und Aktivität	979			
	Anhang				987
	Normalwerte				988
	<i>Zusammengestellt von Stefan Pummer und Stefan Silbernagl</i>				
	Sachverzeichnis/Abkürzungsverzeichnis				993