

Inhaltsverzeichnis

1	Wer liest schon Einleitungen?	28			
	<i>Stefan Silbernagl</i>				
1.1	Physiologie: Funktion des Lebendigen	28	1.3	Ob Zelle oder Organismus: ein offenes System mit innerem Milieu	34
1.2	Woher weiß man, was in diesem Buch steht?	28	1.3.1	Die Autonomie der Zelle.	34
1.2.1	Beobachtung, Hypothese, Experiment, Deutung, Theorie und die Fallen.	29	1.3.2	Das Meer in uns: Milieusicherung durch Spezialisierung.	34
1.2.2	Zu kompliziert?	31	1.3.3	Ungeregeltes Leben gibt es nicht.	35
			1.3.4	Rückkopplung kann negativ oder positiv sein	37
2	Funktion und Interaktion von Zellen	41			
	<i>Christoph Korbmayer, mit einem Beitrag von Bernhard Brenner (†) und Tim Scholz</i>				
2.1	Zelluläre und molekulare Physiologie	41	2.5	Homöostatische Mechanismen	62
2.2	Subzelluläre Komponenten und Funktionen	41	2.5.1	Zellvolumenregulation.	62
2.2.1	Plasmamembran	41	2.5.2	Abstimmung der Ionentransportmechanismen	63
2.2.2	Zytoskelett	43	2.5.3	Regulation des zytosolischen pH-Werts ..	64
2.2.3	Zellkern.	44	2.6	Hormone und Mechanismen der Signaltransduktion	65
2.2.4	Proteinsynthese.	46	2.6.1	Steroidhormone, Calcitriol und Schilddrüsenhormone	65
2.2.5	Endoplasmatisches Retikulum	46	2.6.2	Die cAMP-Kaskade	65
2.2.6	Golgi-Apparat	46	2.6.3	Die IP ₃ -Kaskade	67
2.2.7	Lysosomen, Peroxisomen und Proteasomen	47	2.6.4	Enzymgekoppelte Hormonrezeptoren.	68
2.2.8	Mitochondrien.	47	2.6.5	Wachstumsfaktoren	68
2.3	Transportwege durch die Zellmembran	49	2.6.6	Calcium als Botenstoff	69
2.3.1	Diffusion	49	2.6.7	Stickstoffmonoxid (NO)	70
2.3.2	Membrantransportproteine.	49	2.7	Zellverbände und Zell-Zell-Kontakte	71
2.3.3	Wasserkanäle (Aquaporine).	49	2.7.1	Gap Junctions.	72
2.3.4	Ionenkanäle	50	2.7.2	Desmosomen und Hemidesmosomen.	73
2.3.5	Elektrochemische Triebkraft	51	2.7.3	Schlussleisten (Tight Junctions) und Epithelfunktion	74
2.3.6	<i>Patch-Clamp</i> -Technik	53	2.7.4	Kontakte zwischen Endothelzellen.	77
2.3.7	Carrier	54			
2.3.8	Ionenpumpen	57	2.8	Kommunikation benachbarter Zellverbände	77
2.4	Ionale Zusammensetzung von Intra- und Extrazellulärflüssigkeit	60	2.8.1	Regulatorischer Einfluss des Gefäßendothels auf die glatte Gefäßmuskulatur	77
2.4.1	Ionengradienten zwischen Extra- und Intrazellulärflüssigkeit	60	2.8.2	Funktionelle Interaktion von Endothelzellen, Gliazellen und Neuronen im Zentralnervensystem (ZNS)	79
2.4.2	Die zentrale Rolle der Na ⁺ /K ⁺ -ATPase.	61			

2.9	Zelluläre Motilität.	80	2.9.3	Zellform und subzelluläre Strukturen	83
	<i>Bernhard Brenner (†), Tim Scholz</i>		2.9.4	Fortbewegung einzelner Zellen.....	84
2.9.1	Molekulare Grundlagen zellulärer Motilität	80	2.9.5	Hochgeordnete Systeme: Sarkomer und Axonem.....	84
2.9.2	Intrazellulärer Transport, Stoffaufnahme (Endozytose) und Stoffabgabe (Exozytose)	81			
3	Membranpotenzial und Signalübertragung in Zellverbänden	89			
	<i>Andreas Draguhn</i>				
3.1	Wenn Ionenkonzentrationen aus dem Gleichgewicht geraten	89	3.5	Synaptische Übertragung	109
3.2	Wozu ein Membranpotenzial?	89	3.5.1	Funktion der Präsynapse	109
3.3	Ionengradienten, Umkehrpotenziale und Ruhemembranpotenzial	90	3.5.2	Funktion der Postsynapse	116
3.3.1	Kaliumverteilung und Entstehung des negativen intrazellulären Potenzials	90	3.5.3	Integration synaptischer Signale.....	120
3.3.2	Verteilung anderer Ionen.....	91	3.5.4	Wichtige Transmittersysteme und ihre Pharmakologie.....	121
3.3.3	Das Ruhemembranpotenzial	94	3.6	Elektrische Kopplung	125
3.4	Aktionspotenziale	95	3.7	Elektrophysiologische Messverfahren .	127
3.4.1	Spannungsabhängige Natriumkanäle.	95	3.8	Mehr als „Nervenkit“ – die Gliazellen	129
3.4.2	Spannungsabhängige Kaliumkanäle.	96	3.8.1	Astrozyten	130
3.4.3	Eigenschaften des Aktionspotenzials	97	3.8.2	Oligodendrozyten und Schwann-Zellen... ..	132
3.4.4	Die Vielfalt von Ionenkanälen und Aktionspotenzialen.....	100	3.8.3	Mikroglia	133
3.4.5	Leitung von Aktionspotenzialen	105			
4	Muskulatur	136			
	<i>Theresia Kraft, Bernhard Brenner (†)</i>				
4.1	Wenn die Muskeln versagen	136	4.3.3	Molekulare Mechanismen der Regulation glattmuskulärer Kontraktion.	161
4.2	Skelettmuskulatur	136	4.3.4	Mechanische und funktionelle Eigenschaften der glatten Muskulatur	165
4.2.1	Organisation des Skelettmuskels	136	4.4	Herzmuskulatur	167
4.2.2	Molekulare Grundlagen der Kontraktion des Skelettmuskels	140	4.4.1	Organisation des Herzmuskels	167
4.2.3	Elektromechanische Kopplung	144	4.4.2	Herzmuskelspezifische Isoformen sarkomerischer Proteine	168
4.2.4	Neuromuskuläre Erregungsübertragung..	148	4.4.3	Elektromechanische Kopplung im Myokard	169
4.2.5	Zeitlicher Verlauf und Formen der Muskelkontraktion	149	4.4.4	Erregung und funktionelle Organisation des Herzmuskels	171
4.2.6	Muskelmechanik	152			
4.2.7	Muskelenergetik	156			
4.3	Glatte Muskulatur	159			
4.3.1	Organisation des glatten Muskels.....	159			
4.3.2	Molekulare Grundlagen der Kontraktion glatter Muskulatur	160			

5	Das Herz	174			
	<i>Axel Gödecke, Jürgen Schrader, Malte Kelm</i>				
5.1	Hintergrund	174	5.8	Elektrophysiologische Grundlagen	194
5.2	Klinische Bedeutung und Systematik von Herzerkrankungen	174	5.8.1	Ruhepotenzial	194
5.3	Bedeutung des Herzens für den Kreislauf	174	5.8.2	Herzaktionspotenzial	194
5.4	Druck-Volumen-Veränderungen während des Herzzyklus	175	5.8.3	Automatie	198
5.4.1	Phasen der Herzaktion	176	5.9	Elektromechanische Kopplung	198
5.4.2	Herztöne	177	5.10	Erregungsausbreitung am Herzen	201
5.4.3	Echokardiografie	178	5.10.1	Hierarchie der Erregungsausbreitung	202
5.4.4	Mechanismen der Ventrikelfüllung	178	5.10.2	Beeinflussung des Herzrhythmus durch das vegetative Nervensystem	202
5.4.5	Arbeitsdiagramm des Herzens	179	5.11	Grundlagen der Elektrokardiografie ...	204
5.5	Regulation der Pumpleistung des Herzens	180	5.11.1	Entstehung des EKG	204
5.5.1	Frank-Starling-Mechanismus	181	5.11.2	Vektorkardiografie	207
5.5.2	Herzsympathikus	183	5.11.3	Bipolare Standardableitung	207
5.5.3	Herzhypertrophie	184	5.11.4	Unipolare EKG-Ableitungen	208
5.5.4	Beziehungen zwischen Herzzeitvolumen und venösem Rückfluss	185	5.12	Aussagemöglichkeiten des EKG	210
5.5.5	Das Herz als endokrines Organ	186	5.12.1	Der normale Sinus-Rhythmus	210
5.6	Regulation der Koronardurchblutung ..	187	5.12.2	Extrasystolen	211
5.6.1	Anatomische Voraussetzungen	187	5.12.3	Atrioventrikuläre Leitungsstörungen	211
5.6.2	Koronarfluss (Koronardurchblutung)	187	5.12.4	Vorhofflimmern, Vorhofflattern	211
5.6.3	Myokardialer Sauerstoffverbrauch	188	5.12.5	Kammerflimmern	212
5.6.4	Determinanten der Koronardurchblutung	189	5.12.6	Herzinfarkt	213
5.6.5	Koronare Herzkrankheit	189	5.13	Molekulare Ursachen von Herz-Kreislauf-Erkrankungen	214
5.7	Beziehungen zwischen Energiestoffwechsel und Herzfunktion	191	5.13.1	Zum Weiterlesen	215
6	Das Kreislaufsystem	217			
	<i>Heimo Ehmke</i>				
6.1	Wenn das Herz nicht richtig arbeiten kann	217	6.3	Das Gefäßsystem	220
6.2	Funktion des Kreislaufsystems	217	6.3.1	Hochdruck- und Niederdrucksystem	220
6.2.1	Übersicht	217	6.3.2	Verzweigung des Gefäßbaums	220
6.2.2	Transportmechanismen	218	6.3.3	Aufbau und Funktion der Gefäßwand	221
6.2.3	Herzzeitvolumen und O ₂ -Extraktion	218	6.3.4	Gefäßinnervation	223
6.2.4	Funktionsprinzip des Kreislaufsystems ...	218	6.3.5	Passives und aktives Dehnungsverhalten von Blutgefäßen	224

6.4	Hämodynamik: Physik des Kreislaufs...	226	6.7	Kreislauffunktion unter Belastung...	255
6.4.1	Druck, Stromstärke und Widerstand	226	6.7.1	Sicherstellung von Herzzeitvolumen und arteriellem Blutdruck	255
6.4.2	Arterieller Blutdruck	226	6.7.2	Orthostase	255
6.4.3	Blutdruckmessung	228	6.7.3	Kreislauffunktion bei körperlicher Arbeit	259
6.4.4	Zentralvenöser Druck	229	6.7.4	Kreislauffunktion bei thermischer Belastung	260
6.4.5	Strömungswiderstand	229			
6.4.6	Pulsation von Druck und Strömung im Gefäßsystem	234	6.8	Der Lungenkreislauf	262
6.5	Stofftransport in Austauschgefäßen...	236	6.8.1	Gefäßarchitektur und Hämodynamik der Lunge	262
6.5.1	Grundlagen des Stofftransportes	236	6.8.2	Regulation der pulmonalen Strombahn	263
6.5.2	Wege des Stofftransportes	237	6.8.3	Flüssigkeitsbilanz	264
6.5.3	Filtration von Flüssigkeit	238	6.9	Kreislauffunktion und Lebensalter	265
6.5.4	Bildung und Transport der Lymphe	240	6.9.1	Fetaler Kreislauf	265
6.5.5	Stofftransport im Interstitium	240	6.9.2	Kreislaufumstellung während der Geburt	266
6.6	Kreislaufregulation	241	6.9.3	Postnatale Anpassung der Kreislauf-tätigkeit	266
6.6.1	Definition	241	6.9.4	Strukturumbau im höheren Lebensalter	267
6.6.2	Regulation des arteriellen Blutdrucks	241			
6.6.3	Regulation der Durchblutung	246			
6.6.4	Regulation des Blutvolumens	252			
7	Blut: Ein flüssiges Organsystem	270			
	<i>Barbara Walzog, Joachim Fandrey</i>				
7.1	Zu wenig roter Blutfarbstoff	270	7.5	Abwehrmechanismen des Körpers	281
7.2	Eigenschaften und Funktionen des Blutes	270	7.5.1	Die unspezifische zelluläre Abwehr	282
7.3	Zusammensetzung und Volumen des Blutes	271	7.5.2	Die unspezifische humorale Abwehr	285
7.3.1	Blutvolumen	271	7.5.3	Abwehr und Entzündung	286
7.3.2	Zusammensetzung des Blutplasmas	271	7.5.4	Spezifische zelluläre Abwehr	287
7.3.3	Funktionen des Blutplasmas	272	7.5.5	Die spezifische humorale Abwehr	292
7.3.4	Plasmaelektrolyte	273	7.6	Blutstillung, Blutgerinnung und Wundheilung	295
7.4	Zelluläre Bestandteile des Blutes	274	7.6.1	Thrombozyten	295
7.4.1	Hämatopoetische Stammzellen	274	7.6.2	Blutgerinnung	299
7.4.2	Hämatopoetische Wachstumsfaktoren	276	7.6.3	Hemmstoffe der Blutgerinnung in vivo und in vitro	301
7.4.3	Erythrozyten	277	7.6.4	Fibrinolyse	302
7.4.4	Blutgruppensysteme	279	7.6.5	Wundheilung	303

8	Atmung	307		
	<i>Armin Kurtz</i>			
8.1	Lungenentzündung als allergische Reaktion	307	8.7.5	Einfluss der Körperlage auf Lungendurchblutung und alveoläre Belüftung
8.2	Funktionelle Anatomie der Lunge	307	8.7.6	Das Ventilations-Perfusions-Verhältnis ...
8.2.1	Brusthöhle	307	8.8	Die mechanischen Eigenschaften von Lunge und Thorax
8.2.2	Gliederung der Lunge	307	8.8.1	Dehnbarkeit des Atemapparates
8.2.3	Luftwege	308	8.8.2	Oberflächenspannung der Alveolen
8.2.4	Der Alveolarraum	309	8.8.3	Messung der Compliance beim Menschen
8.2.5	Nichtrespiratorische Funktion der Luftwege	309	8.8.4	Altersabhängige Veränderungen der Compliance
8.3	Der konvektive Transport der Atemgase in der Lunge, Lungenvolumina und Ventilation	311	8.8.5	Atemwegswiderstand (visköser Widerstand)
8.3.1	Atemluft und Luftdruck	311	8.8.6	Determinanten des Bronchialwiderstandes
8.3.2	Trockene und feuchte Gase	312	8.8.7	Physiologische Schwankungen des Atemwegswiderstandes: der Einfluss von Sympathikus und Parasympathikus
8.3.3	Inspiration und Expiration	312	8.8.8	Direkte und indirekte Messung des Atemwegswiderstandes
8.3.4	Lungenvolumina	315	8.9	Atemarbeit in Ruhe und bei Belastung
8.3.5	Totraum	318	8.10	Obstruktive und restriktive Störungen
8.3.6	Ventilation	319	8.11	Grundlagen der künstlichen Beatmung
8.3.7	Änderungen der alveolären Gasdrücke während des Atemzyklus	320	8.12	Die Atemregulation
8.3.8	Bestimmung der O ₂ -Aufnahme und der CO ₂ -Abgabe	320	8.12.1	Respiratorische Neuronenpopulationen in der Medulla oblongata
8.4	Diffusion der Atemgase O₂ und CO₂ über die alveoläre Membran	322	8.12.2	Chemosensorische Einflüsse auf die Atmung
8.5	Der Transport von Sauerstoff im Blut ..	326	8.12.3	Mechanosensorische Zuflüsse
8.5.1	Sauerstofftransport durch Hämoglobin ...	326	8.12.4	Weitere nicht rückgekoppelte Atemantriebe: Emotionen, Schmerz, Temperatur, Progesteron
8.5.2	Sauerstoffbindungskurve	329	8.12.5	Atemregulation unter speziellen Bedingungen
8.5.3	Regulation der Sauerstoffaffinität des Hämoglobins	330	8.13	Störungen der Sauerstoffversorgung: Hypoxie
8.5.4	Ontogenetische Veränderungen des Hämoglobinmusters	331	8.13.1	Blutgasanalyse und Pulsoximetrie
8.5.5	Angeborene Störungen der Hämoglobinfunktion	332	8.13.2	Formen der Hypoxie
8.6	Der Transport von Kohlendioxid im Blut	333	8.14	Atmung unter besonderen Umweltbedingungen
8.6.1	Transportformen des Kohlendioxids	333	8.14.1	Atmung und Höhenanpassung
8.6.2	Die CO ₂ -Bindungskurve	334	8.14.2	Pathophysiologie der Höheneexposition ..
8.7	Durchblutung der Lunge	336	8.14.3	Tauchen
8.7.1	Funktionelle Eigenschaften des pulmonalen Gefäßsystems	336		
8.7.2	Messung der Lungendurchblutung	338		
8.7.3	Herzzeitvolumen und Sauerstoffversorgung	338		
8.7.4	Einfluss des Sauerstoffdrucks auf die pulmonale Durchblutung	338		

9	Säuren-Basen-Haushalt	369		
	<i>Gerhard Burckhardt</i>			
9.1	Wenn ein Gleichgewicht aus dem Gleichgewicht gerät	369	9.5	Säuren-Basen-Gleichgewicht
9.2	Protonenkonzentration, pH, Säuren und Basen	369	9.5.1	Zelluläre und globale Balance
9.2.1	Protonenkonzentration und pH	369	9.5.2	Produktion und Ausscheidung von CO ₂ , H ⁺ , NH ₄ ⁺ und HCO ₃ ⁻
9.2.2	Definition von Säuren und Basen	370	9.6	Störungen des Säuren-Basen-Haushalts
9.2.3	Das Massenwirkungsgesetz: Dissoziation von schwachen Säuren und Basen	370	9.6.1	Respiratorische Störungen des Säuren-Basen-Haushalts
9.2.4	Die Henderson-Hasselbalch-Gleichung ...	370	9.6.2	Nicht-respiratorische Störungen des Säuren-Basen-Haushalts
9.3	Puffer	371	9.6.3	Säuren-Basen-Haushalt und Plasmakalium
9.3.1	Geschlossene und offene Puffersysteme ..	371	9.7	Intrazellulärer pH
9.3.2	Physiologische Puffer	372	9.7.1	Zum Weiterlesen
9.3.3	Gesamtpufferbasen	373		
9.3.4	Anionenlücke	373		
9.4	Säuren-Basen-Status im arteriellen Blut	373		
9.4.1	pH	373		
9.4.2	CO ₂ -Konzentration	373		
9.4.3	Aktuelles Bicarbonat, Standardbicarbonat.	374		
10	Die Funktion der Nieren	383		
	<i>Stefan Silbernagl</i>			
10.1	Was passiert, wenn die Nieren versagen?	383	10.6	Aktive Na⁺-Resorption und die Folgen .
10.2	Überblick	383	10.6.1	Massentransport im proximalen Tubulus .
10.2.1	Ein kurzer Blick auf die Anatomie	383	10.6.2	Die erste Phase der proximalen Resorption: Na ⁺ -Symport und Na ⁺ -Antiport
10.2.2	Harnableitung	384	10.6.3	Die zweite Phase der proximalen Resorption: Chlorid, Natrium und andere Kationen
10.2.3	Wie entsteht der Harn?	385	10.6.4	Konzentrierung schafft Triebkräfte für passive Resorption
10.2.4	Woher weiß man, was in der Niere vorgeht?	386	10.6.5	Die Kapillarwand als letzte Hürde der Resorption
10.3	Renale Clearance	387	10.6.6	Resorption in der Henle-Schleife
10.4	Die Nierendurchblutung	389	10.6.7	Regulation der Na ⁺ -Ausscheidung
10.4.1	Das Gefäßsystem der Niere	389	10.6.8	Kaliumausscheidung
10.4.2	Renale Durchblutung	390	10.7	Harnkonzentrierung und Diurese
10.5	Die Filtration des Primärharns	393	10.7.1	Der Gegenstromtrick
10.5.1	Bau des Filters	393	10.7.2	Na ⁺ /K ⁺ -ATPase als Motor im aufsteigenden Teil der Schleife
10.5.2	Ohne Druck kein Filtrat	395	10.7.3	Recycling von Harnstoff spart Kochsalz ...
10.5.3	Durchlässigkeit des Filters	397	10.7.4	Konzentriert wird im Sammelrohr
			10.7.5	Diurese und Diuretika
			10.7.6	Funktion der epithelialen Zilien

10.8	Tubulärer Transport organischer Stoffe	416	10.10	Die Niere im Dienst des Säure-Basen-Haushalts	429
10.8.1	Glucose und Aminosäuren	416	10.10.1	H ⁺ -Sekretion, proximal und distal	429
10.8.2	Peptide	420	10.10.2	HCO ₃ ⁻ -Resorption	430
10.8.3	Proteine	420	10.10.3	Phosphat als Harnpuffer: titrierbare Säure	431
10.8.4	Proximale Sekretion als Ausscheidungsmechanismus	421	10.10.4	Die Rolle des Ammoniaks	431
10.8.5	Harnsäure	422	10.11	Renin und Nierenhormone	434
10.9	Phosphat-, Calcium- und Magnesium-Ausscheidung	424	10.12	Nierenstoffwechsel	435
10.9.1	Phosphat-Resorption	424	10.13	Nierenversagen und künstliche Niere	437
10.9.2	Calcium und Magnesium	425	10.13.1	Nierenversagen	437
10.9.3	Kristalle und Steine im Harn	427	10.13.2	Die künstliche Niere	438
11	Salz- und Wasserhaushalt	443			
	<i>Albrecht Schwab, Hans Oberleithner</i>				
11.1	Das sprichwörtliche „Wasser des Lebens“	443	11.6	Die Säurebilanz	460
11.2	Die Zelle und ihr Mantel	443	11.6.1	Konstanz des Zell-pH-Werts	460
11.3	Körperwasser	444	11.6.2	Azidose und Alkalose	461
11.3.1	Flüssigkeitsräume	444	11.7	Die Kaliumbilanz	463
11.3.2	Interstitielle Flüssigkeit	445	11.7.1	Raumverteilung	463
11.3.3	Transzelluläre Flüssigkeit	446	11.7.2	Kalium und Säure-Basen-Störungen	463
11.3.4	Intrazelluläre Flüssigkeit	447	11.7.3	Kalium und das kardiovaskuläre System	464
11.4	Die Natriumbilanz	447	11.7.4	Insulin und Catecholamine	465
11.4.1	Natriumsensoren	447	11.7.5	Renale Kaliumsekretion	466
11.4.2	Die Niere im Dienste der Natriumhomöostase	448	11.8	Die Calcium- und Phosphatbilanz	467
11.4.3	Ödeme	449	11.8.1	Calcium im Extrazellulärraum	467
11.4.4	Regulation des Blutdrucks	451	11.8.2	Phosphat im Extrazellulärraum	468
11.4.5	Kochsalz und Blutdruck	451	11.8.3	Regulation des Calcium- und Phosphat-haushalts	468
11.4.6	Ernährung und Blutdruck	452	11.8.4	Calcium-Phosphat-Entgleisung	470
11.4.7	Aldosteron und Blutdruck	453	11.9	Die Magnesiumbilanz	474
11.5	Die Wasserbilanz	455	11.9.1	Aufnahme und Ausscheidung	474
11.5.1	Zentrale Steuerung	455	11.9.2	Magnesiumverarmung	474
11.5.2	Renale Steuerung	456			
11.5.3	ADH-Mechanismus	456			

12	Funktion des Magen-Darm-Trakts, Energiehaushalt und Ernährung	477		
	<i>Michael Gekle</i>			
12.1	Der Magen-Darm-Trakt: Ein komplexes Organsystem und häufige Arztbesuche	477	12.8	Motorik von Dünn- und Dickdarm
12.2	Allgemeingültiges zum Magen-Darm-Trakt	477	12.8.1	Aufbau und Vergleich von Dünn- und Dickdarm
12.2.1	Aufbau.....	477	12.8.2	Dünndarmmotorik
12.2.2	Epithelialer Transport, Absorption, Sekretion	478	12.8.3	Dickdarmmotorik
12.2.3	Regulationsmechanismen im Magen-Darm-Trakt.....	479	12.8.4	Darmentleerung
12.2.4	Abwehrfunktion des Magen-Darm-Trakts.	486	12.9	Dünn- und Dickdarm: Flüssigkeits- und Elektrolyttransport
12.2.5	Motilität des Magen-Darm-Trakts.	487	12.9.1	Intestinaler Wasser- und Elektrolyttransport.....
12.3	Ösophagus und Schlucken	492	12.9.2	Zelluläre Mechanismen der Na ⁺ -Absorption
12.3.1	Ösophagus	492	12.9.3	Zelluläre Mechanismen der Cl ⁻ -Absorption.....
12.3.2	Schlucken	493	12.9.4	Zelluläre Mechanismen der Cl ⁻ -Sekretion.
12.4	Magen	493	12.9.5	Zelluläre Mechanismen der K ⁺ -Resorption
12.4.1	Funktionelle Anatomie	493	12.9.6	Zelluläre Mechanismen der K ⁺ -Sekretion .
12.4.2	Magenmotorik	495	12.9.7	Regulation des intestinalen Wasser- und Elektrolyttransports
12.4.3	Säuresekretion.....	498	12.10	Dünn- und Dickdarm: Nährstoffverdauung und -absorption
12.4.4	Pepsinogensekretion.....	502	12.10.1	Übersicht
12.4.5	Schutz der Magenschleimhaut	503	12.10.2	Kohlenhydratverdauung
12.4.6	Schutz der Duodenalschleimhaut.....	504	12.10.3	Kohlenhydratabsorption
12.5	Mundhöhle und Mundspeicheldrüsen .	505	12.10.4	Proteinverdauung
12.5.1	Mundhöhle.....	505	12.10.5	Absorption von Proteinen, Peptiden und Aminosäuren
12.5.2	Die Funktion von Speicheldrüsen.....	505	12.10.6	Lipidverdauung
12.5.3	Mundspeicheldrüsen	505	12.10.7	Lipidabsorption
12.6	Pankreas	509	12.10.8	Nukleinsäureverdauung und -absorption .
12.6.1	Exokrine Funktion des Pankreas.....	509	12.10.9	Vitaminabsorption
12.6.2	Funktion der Pankreasazini	511	12.10.10	Ca ²⁺ -Absorption
12.6.3	Funktion der Ausführungsgänge des Pankreas.....	512	12.10.11	Magnesiumabsorption
12.7	Physiologie der Leber	514	12.10.12	Eisenabsorption.....
12.7.1	Allgemeines zur Physiologie der Leber....	514	12.10.13	Phosphatabsorption
12.7.2	Funktionelle Anatomie	514	12.11	Die Anforderungen des Organismus an die Ernährung
12.7.3	Transport und Stoffwechsel in Hepatozyten.....	515	12.11.1	Bestandteile der Nahrung
12.7.4	Gallenbildung	519	12.11.2	Bedarf an Nahrungsbestandteilen.....
12.7.5	Enterohepatischer Kreislauf	521	12.12	Energiehaushalt und Kontrolle des Körpergewichts
12.7.6	Die Leber als metabolisches Organ.....	521	12.12.1	Energiebilanz.....
			12.12.2	Energiespeicher.....
			12.12.3	Energiefreisetzung

12.12.4	Energieumsatz	556	12.13.3	Die Elemente der Regelkreise der Energiebilanz	561
12.12.5	Energiegehalt der Nahrung	558	12.13.4	Kurzzeitregulation der Nahrungsaufnahme	564
12.12.6	Messung des Energiebedarfs	558	12.13.5	Langzeitregulation der Energiebilanz	566
12.13	Regulation der Nahrungsaufnahme ...	560	12.13.6	Fettsucht	567
12.13.1	Wasser und Salz	560	12.13.7	Unterernährung	567
12.13.2	Energie	560			
13	Wärmehaushalt und Temperaturregulation	570			
	<i>Michael Gekle, Dominique Singer</i>				
13.1	Warum Temperaturregulation?	570	13.7	Physiologie und Umwelt	580
13.2	Was heißt Konstanz der Körpertemperatur?	570	13.7.1	Angenehmes Raumklima	580
13.3	Wärmebildung	572	13.7.2	Ein Sauna-Besuch	580
13.4	Wärmetransfer im Körper	572	13.7.3	Körperliche Arbeit/Training	581
13.5	Wärmeaustausch mit der Umwelt	573	13.7.4	Neugeborene	582
13.6	Aktive Regulation	576	13.7.5	Alte Menschen	582
13.6.1	Thermosensoren	577	13.7.6	Akklimatisation	583
13.6.2	Regulationszentrum	577	13.8	Hyperthermie, Hypothermie und Fieber	583
13.6.3	Effektoren	578	13.8.1	„Gefahr von außen“	583
13.6.4	Zusammenspiel der thermoregulatorischen Mechanismen	579	13.8.2	„Gefahr von innen“	585
14	Endokrines System	589			
	<i>Ralf Paschke</i>				
14.1	Die Störung hormoneller Systeme führt zu Krankheiten	589	14.6	Hypothalamus-Hypophysen-Nebennieren-System: Mineralo- und Glucocorticoide	611
14.2	Allgemeine Endokrinologie: Was sind Hormone, wozu dienen sie und wo werden sie gebildet	589	14.6.1	Die hypothalamische Ebene: Neurotransmitter, CRH und ADH	611
14.2.1	Endokrin, parakrin, autokrin	591	14.6.2	Die hypophysäre Ebene: Proopiomelanocortin (POMC) und seine Hormone (ACTH, β -Endorphin, MSH)	612
14.2.2	Vom Gen zum Hormon	594	14.6.3	Die Hormone der Nebennierenrinde (Corticoide): Aldosteron, Cortisol, Androgene	615
14.2.3	Rezeptoren	595	14.6.4	Wie werden die Nebennierenrindenhormone reguliert?	619
14.2.4	Regulation von Rezeptoren	598	14.7	Hypothalamus-Hypophysen-Schilddrüsen-System	622
14.2.5	Wie werden hormonelle Systeme reguliert?	599	14.7.1	Die hypothalamische Ebene: Neurotransmitter und TRH	622
14.3	Hypothalamus-Hypophysen-System ...	603	14.7.2	Die hypophysäre Ebene: TSH	622
14.4	Wachstumshormon (STH = Somatotropes Hormon, GH = growth hormone) ..	606	14.7.3	Die Hormone der Schilddrüse: T ₃ und T ₄ ..	623
14.5	Prolactin	609			

14.7.4	Regulation der Schilddrüsenhormone	628	14.8.2	Insulin	629
14.7.5	Schilddrüsenenerkrankungen	628	14.8.3	Glucagon	633
14.8	Der Inselapparat des Pankreas: Insulin und Glucagon	629	14.8.4	Somatostatin hemmt die Sekretion von Insulin und Glucagon	633
14.8.1	Die Hormone des Pankreas: Insulin, Glucagon, Somatostatin, pankreatisches Polypeptid, Amylin	629	14.8.5	Blutzuckerregulation	633
			14.8.6	Diabetes mellitus	634
15	Sexualfunktionen, Schwangerschaft und Geburt	639			
	<i>Ulrike Kämmerer, Yves Garnier, Dominique Singer</i>				
15.1	Trotz Kinderwunsch keine Schwangerschaft: was nun?	639	15.5.4	Atemgas- und Stoffaustausch zwischen Mutter und Fetus	653
15.2	Physiologie der weiblichen Geschlechtsorgane	639	15.5.5	Die Plazenta als Hormondrüse	655
15.2.1	Entwicklung der weiblichen Sexualorgane	639	15.5.6	Eigensauerstoffverbrauch der Plazenta	656
15.2.2	Menstruationszyklus	640	15.6	Physiologie des Fetus	657
15.2.3	Hormonelle Steuerung des Zyklus	641	15.6.1	Phasen des Wachstums	657
15.2.4	Wirkung der Hormone auf den Uterus	643	15.6.2	Entwicklung einzelner Organe	657
15.2.5	Klimakterium und Menopause	644	15.7	Physiologie der Schwangeren	662
15.3	Physiologie der männlichen Geschlechtsorgane	645	15.7.1	Stoffwechsel	662
15.3.1	Geschlechtsentwicklung beim Mann	645	15.7.2	Herz und Kreislauf	662
15.3.2	Spermatogenese	646	15.7.3	Atmung	662
15.3.3	Hormonelle Steuerung	646	15.7.4	Niere	663
15.4	Sexualität, Befruchtung und Implantation	648	15.8	Physiologie von Geburt und Laktation	664
15.4.1	Kohabitation	648	15.8.1	Geburt	664
15.4.2	Befruchtung und Implantation der Eizelle	649	15.8.2	Laktation	666
15.5	Plazentafunktion	652	15.9	Anpassung des Neugeborenen an das extrauterine Leben	667
15.5.1	Aufgaben der Plazenta	652	15.9.1	Beginn der Lungenatmung	667
15.5.2	Aufbau der Plazenta	652	15.9.2	Aktivierung der Thermoregulation	671
15.5.3	Durchblutung der Plazenta	652	15.9.3	Umstellung der Stoffwechselfunktionen	672
16	Leistungsphysiologie	676			
	<i>Heimo Mairbörl</i>				
16.1	Ein defektes Enzym verringert die Leistungsfähigkeit	676	16.4	Energiebereitstellung	680
16.2	Die Bedeutung von körperlicher Aktivität	676	16.4.1	Energieträger	680
16.3	Muskel-Aufbau	676	16.4.2	ATP-regenerierende Stoffwechselwege	682
16.3.1	Muskelfasertypen	676	16.4.3	Regelung der Energiebereitstellung bei Belastung	684
16.3.2	Muskelumbildung	678			

16.5	Atmung bei Belastung	685	16.9.2	Körpergewicht und Sport	695
16.5.1	Lungenvolumina und Ventilation	685	16.9.3	Ess-Störungen	695
16.5.2	Limitiert die Atmung die Belastbarkeit? ..	686	16.10	Leistungsdiagnostik	696
16.6	Kreislaufregulation bei Belastung	687	16.10.1	Belastungstests	696
16.6.1	Steigerung des Herzzeitvolumens bei Belastung	687	16.10.2	Beurteilung der Leistungsfähigkeit	696
16.6.2	Die Verteilung des Herzzeitvolumens	689	16.10.3	Ermüdung, Übertraining	697
16.7	Blut-/Plasmavolumen und Sauerstofftransport bei Belastung	690	16.11	Doping	699
16.8	Thermoregulation und Flüssigkeitshaushalt	692	16.12	Sport im Alter	699
16.9	Ernährung im Sport	694	16.13	Sport in Prävention und Rehabilitation	699
16.9.1	Ernährung im Alltag und vor, während sowie nach körperlicher Belastung	694	16.14	Sport in großer Höhe	700
17	Somatoviszerale Sensibilität	705	16.14.1	Höhenkrankheiten	701
	<i>Karl Meßlinger</i>		16.14.2	Anpassung an Höhe	701
17.1	„Ein merkwürdiger Fall“	705	16.14.3	Belastung und Training in der Höhe	702
17.2	Grundbegriffe der somatoviszeralen Sensibilität	705	17.7.4	Transduktion noxischer Reize	718
17.2.1	Psychophysiologie des somato-sensorischen Systems	705	17.7.5	Erregungsleitung und Lokalanästhetika ..	720
17.2.2	Sinnesrezeptoren der somatoviszeralen Sensibilität	708	17.7.6	Neuropeptide und neurogene Entzündung	720
17.3	Mechanische Oberflächensensibilität ..	709	17.7.7	Jucken (Pruritus)	721
17.3.1	Klassifikationsmerkmale der Mechano-rezeptoren	709	17.8	Spinale sensorische Systeme	722
17.3.2	Mechanorezeptortypen der Haut	709	17.8.1	Dermatome und Head-Zonen	722
17.3.3	Tastsinn	711	17.8.2	Spinale Verschaltung der Afferenzen	724
17.4	Thermosensibilität	712	17.8.3	Hinterstrangsystem – epikritische Sensibilität	724
17.5	Tiefensensibilität und Propriozeption ..	714	17.8.4	Vorderseitenstrangsystem – protopathische Sensibilität	726
17.6	Viszerale Sensibilität	715	17.9	Zerebrale sensorische Systeme	727
17.6.1	Viszerale Dehnungsrezeptoren	715	17.9.1	Somatosensorischer Thalamus	727
17.6.2	Viszerale Chemorezeptoren	716	17.9.2	Primärer somatosensorischer Kortex	728
17.7	Nozizeption und Schmerz	717	17.9.3	Weitere somatosensorische Rindenzfelder ..	730
17.7.1	Definition von Nozizeption und Schmerz ..	717	17.9.4	Reorganisation des somatosensorischen Kortex	730
17.7.2	Nozizeptoren	717	17.10	Schmerz und Schmerzhemmung	733
17.7.3	Noxische Entzündungsmediatoren	718	17.10.1	Schmerzkomponenten und Schmerzformen	733
			17.10.2	Neuropathische Schmerzen	734
			17.10.3	Zentrale Sensibilisierung	735
			17.10.4	Absteigende Hemmsysteme	735

18	Hören und Sprechen: Kommunikation des Menschen	740		
	<i>Jörg Geiger</i>			
18.1	Ein Carrier mit zwei sehr verschiedenen Wirkorten	740	18.6.3	Efferent vermittelte Modulation des cochleären Verstärkers: Verhinderung von Sättigung und Schutz vor Schädigung.....
18.2	Schall	740	18.7	Klinisch wichtige Innenohrpotenziale ..
18.3	Hörempfindungen	741	18.8	Zentralnervöse Verarbeitung von Schallreizen
18.3.1	Die Hörschwelle	741	18.8.1	Aufbau der Hörbahn
18.3.2	Lautstärkeempfindungen.....	741	18.8.2	Neuronale Schallanalyse
18.4	Aufgaben des Mittelohres	742	18.9	Hörschäden und Hörprüfungen
18.5	Funktion des Innenohres	744	18.9.1	Mittelohr- und Innenohrschäden
18.5.1	Aufbau der Cochlea	744	18.9.2	Audiometrische Verfahren.....
18.5.2	Die Sinneszellen.	745	18.9.3	Hörgeräte und Cochlea-Implantate
18.5.3	Der Transduktionsvorgang.....	746	18.10	Der periphere Sprechapparat
18.6	Kodierung im Hörnerv	749	18.10.1	Zum Weiterlesen
18.6.1	Kodierung der Schallfrequenz durch den Ort auf der Basilarmembran: Tonotopie ..	749	18.10.2	Danksagung
18.6.2	Kodierung der Schallintensität durch Aktionspotenzialfrequenz und Rekrutierung	749		
19	Gleichgewichts-, Lage- und Bewegungssinn	761		
	<i>Jörg Geiger</i>			
19.1	Vertigo	761	19.4	Das zentrale vestibuläre System
19.2	Aufgaben des vestibulären Systems ...	761	19.4.1	Eingänge der Vestibulariskerne.....
19.3	Physiologie des peripheren Vestibularorgans	761	19.4.2	Ausgänge der Vestibulariskerne
19.3.1	Aufbau des Vestibularorgans	761	19.4.3	Die Stabilisierung des Gleichgewichtes ...
19.3.2	Der adäquate Reiz für die vestibulären Haarzellen	762	19.5	Störungen des vestibulären Systems ..
			19.5.1	Zum Weiterlesen.....
			19.5.2	Danksagung
20	Sehsystem und Augenbewegungen	774		
	<i>Ulf Eysel</i>			
20.1	Geblendet durch eine trübe Linse	774	20.3.4	Refraktionsfehler.....
20.2	Visuell-visuomotorisches System	774	20.3.5	Regelung der Pupillenweite.....
20.3	Auge und optische Abbildung auf der Netzhaut	774	20.3.6	Kammerwasser und Augeninnendruck ...
20.3.1	Licht und Abbildung	774	20.3.7	Tränen.....
20.3.2	Akkommodation	776	20.4	Okulomotorik
20.3.3	Abbildungsfehler des optischen Apparates	777	20.4.1	Augenmuskeln und ihre Zugrichtungen... ..
			20.4.2	Eigenschaften und Steuerung von Augenbewegungen.....

20.5	Die Netzhaut: primäre sensorische Prozesse und neuronale Signalverarbeitung	785	20.6	Das zentrale Sehsystem	794
20.5.1	Augenhintergrund.....	785	20.6.1	Topografie der Sehbahn.....	794
20.5.2	Funktionelle Anatomie der Netzhaut.....	786	20.6.2	Subkortikale Zentren der Sehbahn.....	796
20.5.3	Fototransduktion.....	787	20.6.3	Die primäre Sehrinde.....	797
20.5.4	Fotochemische Adaptation.....	788	20.6.4	Höhere visuelle Kortexareale.....	799
20.5.5	Signalverarbeitung in der Netzhaut.....	789	20.6.5	Visuell evozierte Potenziale.....	801
20.5.6	Objektive Messung der Netzhautfunktion.....	790	20.6.6	Räumliches Sehen.....	802
20.5.7	Sehschärfe.....	792	20.6.7	Farbsehen.....	804
21	Geschmack und Geruch	809			
	<i>Andreas Draguhn</i>				
21.1	Einleitung	809	21.4	Der Geruchssinn	816
21.2	Die Bedeutung der Chemosensibilität ..	809	21.4.1	Riechepithel und olfaktorische Sinneszellen.....	816
21.3	Der Geschmackssinn	810	21.4.2	Signaltransduktion in olfaktorischen Sinneszellen.....	817
21.3.1	Geschmacksknospen und Geschmackssinneszellen.....	810	21.4.3	Zentrale Verarbeitung und Geruchswahrnehmung.....	818
21.3.2	Signaltransduktion in Geschmackssinneszellen.....	811	21.4.4	Störungen des Riechens.....	821
21.3.3	Zentrale Verarbeitung von Geschmacksreizen.....	813			
21.3.4	Störungen des Schmeckens.....	815			
22	Sensomotorische Systeme: Körperhaltung und Bewegung	824			
	<i>Heiko J. Luhmann</i>				
22.1	Mangel eines Botenstoffs führt zu Morbus Parkinson	824	22.6	Motorische Areale des zerebralen Kortex	846
22.2	Sensomotorik im Überblick	824	22.6.1	Aufbau, Funktion und Interaktionen des motorischen Kortex.....	846
22.3	Rückenmark: Struktur, Funktion, Symptome	827	22.6.2	Der primäre motorische Kortex.....	850
22.3.1	Das Rückenmark als Reflexzentrum.....	827	22.6.3	Prämotorische Rindfelder.....	851
22.3.2	Efferenzen der Spinalmotorik.....	830	22.6.4	Physiologie und Pathophysiologie absteigender Projektionen aus dem motorischen Kortex.....	852
22.3.3	Spinale Reflexbögen und Rhythmusgeneratoren.....	833	22.7	Basalganglien: Struktur, Funktion, Symptome	854
22.3.4	Klinische Aspekte spinaler Reflexe.....	839	22.7.1	Strukturelemente und Organisationsprinzipien der Basalganglien.....	854
22.4	Supraspinale Kontrolle spinaler Verschaltungen	843	22.7.2	Funktionelle Anatomie und externe Verbindungen.....	854
22.5	Sequenzielle Aktivierung von Kortexarealen bei zielmotorischen Bewegungen	845	22.7.3	Zelluläre Funktionsabläufe und interne Verbindungen.....	858
			22.7.4	Pathophysiologie der Basalganglien.....	859

22.8	Kleinhirn: Struktur, Funktion, Symptome	861	22.8.3	Extrazerebelläre Projektionen und motorische Funktionen	864
22.8.1	Funktionelle Anatomie des Kleinhirns....	861	22.8.4	Motorisches Lernen	864
22.8.2	Feinstruktur und synaptische Verschaltung der Kleinhirnrinde	862	22.8.5	Kleinhirnläsionen und zerebelläre Funktionsstörungen	866
23	Neurovegetative Regulation	869			
	<i>Carsten A. Wagner</i>				
23.1	Peripheres vegetatives Nervensystem ..	869	23.4	Vegetative Funktionen des Rückenmarks	878
23.1.1	Aufgaben und Wirkungen des vegetativen Nervensystems	869	23.4.1	Lage und Funktion.....	878
23.1.2	Aufbau und Gliederung	869	23.4.2	Stuhlkontinenz und Darmentleerung	880
23.2	Organeffekte	874	23.4.3	Harnkontinenz und Blasenentleerung....	881
23.2.1	Regulation der Gefäßweite	875	23.5	Vegetative Kerngebiete in der Medulla oblongata	882
23.2.2	Herzfrequenz und Myokardkontraktilität ..	875	23.5.1	Sympathikus	882
23.2.3	Die Bronchialmuskulatur	876	23.5.2	Vagus.....	883
23.2.4	Steuerung des enterischen Nervensystems	877	23.6	Hypothalamus und limbisches System – homöostatische Regulationen und emotionelle Verhaltensweisen	884
23.2.5	Pupillenweite.....	877	23.6.1	Zum Weiterlesen.....	886
23.3	Zentrale Steuerung und Kontrolle des vegetativen Nervensystems	878	23.6.2	Danksagung	886
23.3.1	Vegetative Zentren im ZNS	878			
24	Integrative Funktionen des Gehirns	888			
	<i>Hans-Christian Pape</i>				
24.1	Ein berühmter Patient	888	24.5	Motivation – Belohnung und Abhängigkeit	900
24.2	Grundlage kognitiver Funktionen	888	24.5.1	Grundlagen motivationalen Verhaltens... ..	900
24.3	Organisation des Cortex cerebri	890	24.5.2	Psychotrope Substanzen – Abhängigkeit..	900
24.3.1	Gliederung des Cortex cerebri in Areale, Schichten (Laminae) und Säulen (Kolumnen)	890	24.6	Lernen und Gedächtnis	902
24.3.2	Organisation und Funktion der assoziativen Areale des Kortex	892	24.6.1	Gedächtnissysteme	902
24.3.3	Klinische Konsequenzen lokaler Funktionsstörungen des Assoziationskortex ...	893	24.6.2	Module des deklarativen Gedächtnisses, Funktionsstörungen und klinische Konsequenzen	904
24.4	Kognition versus Emotion – Das limbische System	895	24.6.3	Module des nicht-deklarativen Gedächtnisses	906
24.4.1	Lobus limbicus und Papez-Kreis – Grundlagen des limbischen Systemkonzepts....	895	24.6.4	Präfrontaler Kortex und Arbeitsgedächtnis	906
24.4.2	Störungen der Funktion limbischer Strukturen – Dissoziation von Emotion und Kognition	897	24.6.5	Interaktionen neuronaler Schaltkreise bei Speicherung und Abruf von Informationen	907
			24.7	Lernabhängige synaptische Plastizität ..	908
			24.7.1	Mechanismen der Langzeitpotenzierung .	909
			24.7.2	Balance zwischen Langzeitpotenzierung und -depression.....	912

24.8	Hirnentwicklung: Entwicklungs- und erfahrungsabhängige Plastizität	913	24.9.2	Lateralisation räumlich-visueller Funktionen.....	921
24.8.1	Mechanismen der frühen Entwicklung des Nervensystems	913	24.9.3	Der Wada-Test.....	922
24.8.2	Bildung synaptischer Kontakte, Überleben von Neuronen und Stabilisierung von Hirnfunktionen	914	24.9.4	Prinzipien der Arbeitsweise von linker und rechter Hemisphäre	922
24.9	Linkes Gehirn/Rechtes Gehirn – Sprache	919	24.10	Nicht invasive Verfahren zur Messung von Hirnfunktionen	923
24.9.1	Lateralisation von Sprachfunktionen	919	24.10.1	EEG und MEG.....	923
			24.10.2	Bildgebende Verfahren.....	923
25	Wachheit und Schlaf: Rhythmen des Gehirns im Muster des Elektroenzephalogramms	927			
	<i>Hans-Christian Pape</i>				
25.1	Wenn Schlaf übermächtig wird	927	25.3.3	Neurophysiologische Grundlagen von Wachheit und Schlaf.....	934
25.2	Das Elektroenzephalogramm	927	25.3.4	Transmittersysteme zur Regulation der Stadien von Schlaf und Wachheit	936
25.2.1	Grundlagen des Elektroenzephalogramms	927	25.4	Der zirkadiane Rhythmus	940
25.2.2	Verhaltenszustände und ihre Korrelate im EEG	928	25.4.1	Mechanismen des zirkadianen Rhythmus.	940
25.2.3	Klinische Anwendungen des EEG	930	25.4.2	Störungen des zirkadianen Rhythmus	941
25.3	Wachheit und Schlaf	931	25.5	Schlafstörungen	941
25.3.1	Das Profil des Schlafs	931	25.5.1	Zum Weiterlesen.....	943
25.3.2	Physiologische und klinische Bedeutung des Schlafs	933			
26	Psychophysik	945			
	<i>Thomas F. Münte, Ulrike M. Krämer</i>				
26.1	Entscheidungshilfe	945	26.3	Signalentdeckungstheorie	948
26.2	Klassische Psychophysik	945	26.4	Aktuelle Erweiterung der Psychophysik	950
26.2.1	Fragen der Psychophysik	945	26.4.1	Zum Weiterlesen.....	951
26.2.2	Schwellenbestimmungen.....	946			
27	Blut-Hirn-Schranke, Liquor cerebrospinalis, Hirndurchblutung und Hirnstoffwechsel	953			
	<i>K. Göbel, S.G. Meuth</i>				
27.1	Je schneller, desto besser	953	27.2.3	Die Blut-Hirn-Schranke als austauschende Membran	955
27.2	Blut-Hirn- und Blut-Liquor-Schranke ...	953	27.2.4	Erhöhte Durchlässigkeit der Blut-Hirn-Schranke.....	956
27.2.1	Funktionelle Bedeutung der Blut-Hirn-Schranke	953	27.2.5	Grundlagen der Blut-Liquor-Schranke....	957
27.2.2	Die Blut-Hirn-Schranke als Barriere.....	954	27.2.6	Substanzbewegungen über die Blut-Liquor-Schranke	958

27.2.7	Liquor cerebrospinalis: Kompartimente, Resorption, Regulation	959	27.3.2	Ischämie des Gehirns	961
27.3	Hirndurchblutung und Hirnstoffwechsel	960	27.3.3	Lokale Durchblutung und lokaler Stoffwechsel	961
27.3.1	Globale Durchblutung und globaler Stoffwechsel	960	27.3.4	Altersabhängigkeit von Hirndurchblutung und -stoffwechsel	965
28	Reifung, Altern und Tod	968			
	<i>Michael Kühl</i>				
28.1	Der menschliche Lebenszyklus	968	28.4	Ursachen des Alterns	972
28.2	Wachstum und Reifung	969	28.4.1	Theorie der freien Radikale: Oxidativer Stress	972
28.3	Physiologische Veränderungen im Alter	970	28.4.2	Theorie der reduzierten Kalorienzufuhr ..	973
28.3.1	Endokrinologie im Alter	970	28.4.3	Alterung und DNA-Reparatur: Genetische Instabilität	975
28.3.2	Kardiovaskuläres System	971	28.4.4	Sirtuine	975
28.3.3	Nervensystem und Sinnesorgane	971	28.4.5	Theorie der Telomerlänge	975
28.3.4	Weitere Organe	971	28.5	Menschliche Progerie-Erkrankungen ..	976
			28.6	Der Tod	977
			28.6.1	Zum Weiterlesen.....	978
29	Maßeinheiten, Kurven und ein wenig Mathematik	980			
	<i>Stefan Silbernagl</i>				
29.1	Messgrößen und Maßeinheiten	980	29.2	Potenzen und Logarithmen	987
29.1.1	Maßsysteme	980	29.3	Grafische Darstellung von Messdaten ..	988
29.1.2	Bruchteile und Vielfache von Maßeinheiten	981	29.3.1	Zum Weiterlesen.....	990
29.1.3	Maßeinheiten: SI und die anderen	981			
29.1.4	Konzentration, Fraktion und Aktivität ...	983			
29.1.5	Osmolalität, osmotischer und onkotischer Druck	984			
	Anhang	991			
	Normalwerte	992			
	Sachverzeichnis/Abkürzungsverzeichnis	997			