

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
1.2	Woher weiß man, was in diesem Buch steht?	28	1.3.1	Die Autonomie der Zelle
1.2.1	Beobachtung, Hypothese, Experiment, Deutung, Theorie und die Fallen	29	1.3.2	Das Meer in uns: Milieusicherung durch Spezialisierung
1.2.2	Zu kompliziert?	31	1.3.3	Ungeregeltes Leben gibt es nicht
			1.3.4	Rückkopplung kann negativ oder positiv sein
2	Funktion und Interaktion von Zellen	41		
	<i>Christoph Korbmayer und Tilmann Volk, mit einem Beitrag von Bernhard Brenner (†) und Tim Scholz</i>			
2.1	Zelluläre und molekulare Physiologie .	41	2.5	Homöostatische Mechanismen
2.2	Subzelluläre Komponenten und Funktionen	41	2.5.1	Zellvolumenregulation
2.2.1	Plasmamembran	41	2.5.2	Abstimmung der Ionentransportmechanismen
2.2.2	Zytoskelett	43	2.5.3	Regulation des zytosolischen pH-Werts ..
2.2.3	Zellkern	44	2.6	Hormone und Mechanismen der Signaltransduktion
2.2.4	Proteinsynthese	45	2.6.1	Steroidhormone, Calcitriol und Schilddrüsenhormone
2.2.5	Endoplasmatisches Retikulum	46	2.6.2	Die cAMP-Kaskade
2.2.6	Golgi-Apparat	46	2.6.3	Die IP ₃ -Kaskade
2.2.7	Lysosomen, Peroxisomen und Proteasomen	47	2.6.4	Enzymgekoppelte Hormonrezeptoren ...
2.2.8	Mitochondrien	47	2.6.5	Wachstumsfaktoren
2.3	Transportwege durch die Zellmembran	49	2.6.6	Calcium als Botenstoff
2.3.1	Diffusion	49	2.6.7	Stickstoffmonoxid (NO)
2.3.2	Membrantransportproteine	49	2.7	Zellverbände und Zell-Zell-Kontakte ..
2.3.3	Wasserkanäle (Aquaporine)	50	2.7.1	Gap Junctions
2.3.4	Ionenkanäle	50	2.7.2	Desmosomen und Hemidesmosomen ...
2.3.5	Elektrochemische Triebkraft	52	2.7.3	Schlussleisten (Tight Junctions) und Epithelfunktion
2.3.6	Patch-Clamp-Technik	54	2.7.4	Kontakte zwischen Endothelzellen
2.3.7	Carrier	55	2.8	Kommunikation benachbarter Zellverbände
2.3.8	Ionenpumpen	58	2.8.1	Regulatorischer Einfluss des Gefäßendothels auf die glatte Gefäßmuskulatur ..
2.4	Ionale Zusammensetzung von Intra- und Extrazellulärflüssigkeit	62	2.8.2	Funktionelle Interaktion von Endothelzellen, Gliazellen und Neuronen im Zentralnervensystem (ZNS)
2.4.1	Ionengradienten zwischen Extra- und Intrazellulärflüssigkeit	62		
2.4.2	Die zentrale Rolle der Na ⁺ /K ⁺ -ATPase	62		

2.9	Zelluläre Motilität	82	2.9.3	Zellform und subzelluläre Strukturen	86
	<i>Bernhard Brenner (†), Tim Scholz</i>		2.9.4	Fortbewegung einzelner Zellen	86
2.9.1	Molekulare Grundlagen zellulärer Motilität	82	2.9.5	Hochgeordnete Systeme: Sarkomer und Axonem	87
2.9.2	Intrazellulärer Transport, Stoffaufnahme (Endozytose) und Stoffabgabe (Exozytose)	84			
3	Membranpotenzial und Signalübertragung in Zellverbänden	91			
	<i>Andreas Draguhn</i>				
3.1	Wenn Ionenkonzentrationen aus dem Gleichgewicht geraten	91	3.4.5	Leitung von Aktionspotenzialen	107
3.2	Wozu ein Membranpotenzial?	91	3.5	Synaptische Übertragung	112
3.3	Ionengradienten, Umkehrpotenziale und Ruhemembranpotenzial	92	3.5.1	Funktion der Präsynapse	112
3.3.1	Kaliumverteilung und Entstehung des negativen intrazellulären Potenzials	92	3.5.2	Funktion der Postsynapse	119
3.3.2	Verteilung anderer Ionen	93	3.5.3	Integration synaptischer Signale	123
3.3.3	Das Ruhemembranpotenzial	96	3.5.4	Wichtige Transmittersysteme und ihre Pharmakologie	125
3.4	Aktionspotenziale	97	3.6	Elektrische Kopplung	129
3.4.1	Spannungsabhängige Natriumkanäle	98	3.7	Elektrophysiologische Messverfahren .	131
3.4.2	Spannungsabhängige Kaliumkanäle	98	3.8	Mehr als „Nervenkit“ – die Gliazellen	133
3.4.3	Eigenschaften des Aktionspotenzials	100	3.8.1	Astrozyten	134
3.4.4	Die Vielfalt von Ionenkanälen und Aktionspotenzialen	103	3.8.2	Oligodendrozyten und Schwann-Zellen ..	136
			3.8.3	Mikroglia	137
4	Muskulatur	141			
	<i>Theresia Kraft, Bernhard Brenner (†)</i>				
4.1	Wenn die Muskeln versagen	141	4.3.3	Molekulare Mechanismen der Regulation glattmuskulärer Kontraktion	167
4.2	Skelettmuskulatur	141	4.3.4	Mechanische und funktionelle Eigenschaften der glatten Muskulatur ...	171
4.2.1	Organisation des Skelettmuskels	141	4.4	Herzmuskulatur	174
4.2.2	Molekulare Grundlagen der Kontraktion des Skelettmuskels	145	4.4.1	Organisation des Herzmuskels	174
4.2.3	Elektromechanische Kopplung	149	4.4.2	Herzmuskelspezifische Isoformen sarkomerischer Proteine	175
4.2.4	Neuromuskuläre Erregungsübertragung .	153	4.4.3	Elektromechanische Kopplung im Myokard	175
4.2.5	Zeitlicher Verlauf und Formen der Muskelkontraktion	155	4.4.4	Erregung und funktionelle Organisation des Herzmuskels	177
4.2.6	Muskelmechanik	158			
4.2.7	Muskelergetik	162			
4.3	Glatte Muskulatur	165			
4.3.1	Organisation des glatten Muskels	165			
4.3.2	Molekulare Grundlagen der Kontraktion glatter Muskulatur	167			

5	Das Herz	181			
	<i>Axel Gödecke, Jürgen Schrader, Malte Kelm</i>				
5.1	Hintergrund	181	5.7	Beziehungen zwischen Energiestoffwechsel und Herzfunktion	199
5.2	Klinische Bedeutung und Systematik von Herzerkrankungen	181	5.8	Elektrophysiologische Grundlagen	203
5.3	Bedeutung des Herzens für den Kreislauf	181	5.8.1	Ruhepotenzial	203
5.4	Druck-Volumen-Veränderungen während des Herzzyklus	182	5.8.2	Herzaktionspotenzial	203
5.4.1	Phasen der Herzaktion	183	5.8.3	Automatie	207
5.4.2	Herztöne	184	5.9	Elektromechanische Kopplung	208
5.4.3	Echokardiografie	185	5.10	Erregungsausbreitung am Herzen	210
5.4.4	Mechanismen der Ventrikelfüllung	185	5.10.1	Hierarchie der Erregungsausbreitung	211
5.4.5	Arbeitsdiagramm des Herzens	186	5.10.2	Beeinflussung des Herzrhythmus durch das vegetative Nervensystem	212
5.5	Regulation der Pumpleistung des Herzens	188	5.11	Grundlagen der Elektrokardiografie ..	213
5.5.1	Frank-Starling-Mechanismus	188	5.11.1	Entstehung des EKG	214
5.5.2	Herzsympathikus	190	5.11.2	Vektorkardiografie	216
5.5.3	Herzhypertrophie	192	5.11.3	Bipolare Standardableitung	217
5.5.4	Beziehungen zwischen Herzzeitvolumen und venösem Rückfluss	193	5.11.4	Unipolare EKG-Ableitungen	218
5.5.5	Das Herz als endokrines Organ	195	5.12	Aussagemöglichkeiten des EKG	219
5.6	Regulation der Koronardurchblutung .	195	5.12.1	Der normale Sinus-Rhythmus	219
5.6.1	Anatomische Voraussetzungen	195	5.12.2	Extrasystolen	221
5.6.2	Koronarfluss (Koronardurchblutung)	196	5.12.3	Atrioventrikuläre Leitungsstörungen	221
5.6.3	Myokardialer Sauerstoffverbrauch	197	5.12.4	Vorhofflimmern, Vorhofflattern	222
5.6.4	Determinanten der Koronardurchblutung	197	5.12.5	Kammerflimmern	222
5.6.5	Koronare Herzkrankheit	198	5.12.6	Herzinfarkt	223
6	Das Kreislaufsystem	228	5.13	Molekulare Ursachen von Herz-Kreislauf-Erkrankungen	224
	<i>Heimo Ehmke</i>				
6.1	Wenn das Herz nicht richtig arbeiten kann	228	6.3.3	Aufbau und Funktion der Gefäßwand	232
6.2	Funktion des Kreislaufsystems	228	6.3.4	Gefäßinnervation	235
6.2.1	Übersicht	228	6.3.5	Passives und aktives Dehnungsverhalten von Blutgefäßen	235
6.2.2	Transportmechanismen	229	6.4	Hämodynamik: Physik des Kreislaufs .	238
6.2.3	Herzzeitvolumen und O ₂ -Extraktion	229	6.4.1	Druck, Stromstärke und Widerstand	238
6.2.4	Funktionsprinzip des Kreislaufsystems ..	229	6.4.2	Arterieller Blutdruck	238
6.3	Das Gefäßsystem	231	6.4.3	Blutdruckmessung	239
6.3.1	Hochdruck- und Niederdrucksystem	231	6.4.4	Zentralvenöser Druck	240
6.3.2	Verzweigung des Gefäßbaums	232	6.4.5	Strömungswiderstand	240

6.4.6	Pulsation von Druck und Strömung im Gefäßsystem	246	6.7.2	Orthostase	268
			6.7.3	Kreislauffunktion bei körperlicher Arbeit	271
			6.7.4	Kreislauffunktion bei thermischer Belastung	273
6.5	Stofftransport in Austauschgefäßen	248	6.8	Der Lungenkreislauf	275
6.5.1	Grundlagen des Stofftransportes	248	6.8.1	Gefäßarchitektur und Hämodynamik der Lunge	275
6.5.2	Wege des Stofftransportes	249	6.8.2	Regulation der pulmonalen Strombahn	276
6.5.3	Filtration von Flüssigkeit	250	6.8.3	Messung der Lungendurchblutung	277
6.5.4	Bildung und Transport der Lymphe	252	6.9	Kreislauffunktion und Lebensalter	278
6.5.5	Stofftransport im Interstitium	252	6.9.1	Fetaler Kreislauf	278
6.6	Kreislaufregulation	253	6.9.2	Kreislaufumstellung während der Geburt	278
6.6.1	Definition	253	6.9.3	Postnatale Anpassung der Kreislauffähigkeit	279
6.6.2	Regulation des arteriellen Blutdrucks	253	6.9.4	Strukturumbau im höheren Lebensalter	280
6.6.3	Regulation der Durchblutung	259			
6.6.4	Regulation des Blutvolumens	263			
6.7	Kreislauffunktion unter Belastung	267			
6.7.1	Sicherstellung von Herzzeitvolumen und arteriellem Blutdruck	267			
7	Blut: Ein flüssiges Organsystem	283			
	<i>Barbara Walzog, Joachim Fandrey</i>				
7.1	Zu wenig roter Blutfarbstoff	283	7.5	Abwehrmechanismen des Körpers	295
7.2	Eigenschaften und Funktionen des Blutes	283	7.5.1	Die unspezifische zelluläre Abwehr	295
7.3	Zusammensetzung und Volumen des Blutes	283	7.5.2	Die unspezifische humorale Abwehr	299
7.3.1	Blutvolumen	283	7.5.3	Abwehr und Entzündung	301
7.3.2	Zusammensetzung des Blutplasmas	284	7.5.4	Spezifische zelluläre Abwehr	301
7.3.3	Funktionen des Blutplasmas	285	7.5.5	Die spezifische humorale Abwehr	306
7.3.4	Plasmaelektrolyte	286	7.6	Blutstillung, Blutgerinnung und Wundheilung	310
7.4	Zelluläre Bestandteile des Blutes	287	7.6.1	Thrombozyten	310
7.4.1	Hämatopoetische Stammzellen	287	7.6.2	Blutgerinnung	314
7.4.2	Hämatopoetische Wachstumsfaktoren	289	7.6.3	Hemmstoffe der Blutgerinnung in vivo und in vitro	316
7.4.3	Erythrozyten	290	7.6.4	Fibrinolyse	318
7.4.4	Blutgruppensysteme	292	7.6.5	Wundheilung	319
8	Atmung	322			
	<i>Armin Kurtz</i>				
8.1	Lungenembolie als Lebensgefahr auch bei jungen Menschen	322	8.2.2	Gliederung der Lunge	323
8.2	Funktionelle Anatomie der Lunge	322	8.2.3	Luftwege	323
8.2.1	Brusthöhle	322	8.2.4	Der Alveolarraum	324
			8.2.5	Nichtrespiratorische Funktion der Luftwege	324

8.3	Der konvektive Transport der Atemgase in der Lunge, Lungenvolumina und Ventilation	327	8.8.5	Atemwegswiderstand (visköser Widerstand)	362
8.3.1	Atemluft und Luftdruck	327	8.8.6	Determinanten des Bronchialwiderstandes	363
8.3.2	Trockene und feuchte Gase	327	8.8.7	Physiologische Schwankungen des Atemwegswiderstandes: der Einfluss von Sympathikus und Parasympathikus	365
8.3.3	Inspiration und Expiration	328	8.8.8	Direkte und indirekte Messung des Atemwegswiderstandes	365
8.3.4	Lungenvolumina	331	8.9	Atemarbeit in Ruhe und bei Belastung	369
8.3.5	Totraum	334	8.10	Obstruktive und restriktive Störungen	369
8.3.6	Ventilation	335	8.11	Grundlagen der künstlichen Beatmung	370
8.3.7	Änderungen der alveolären Gasdrucke während des Atemzyklus	336	8.12	Die Atemregulation	370
8.3.8	Bestimmung der O ₂ -Aufnahme und der CO ₂ -Abgabe	337	8.12.1	Respiratorische Neuronenpopulationen in der Medulla oblongata	371
8.4	Diffusion der Atemgase O₂ und CO₂ über die alveoläre Membran	338	8.12.2	Chemosensorische Einflüsse auf die Atmung	373
8.5	Der Transport von Sauerstoff im Blut	343	8.12.3	Mechanosensorische Zuflüsse	376
8.5.1	Sauerstofftransport durch Hämoglobin	343	8.12.4	Weitere nicht rückgekoppelte Atemantriebe: Emotionen, Schmerz, Temperatur, Progesteron	376
8.5.2	Sauerstoffbindungskurve	345	8.12.5	Einfluss der Atmung auf die Herzstätigkeit	377
8.5.3	Regulation der Sauerstoffaffinität des Hämoglobins	346	8.12.6	Atemregulation unter speziellen Bedingungen	377
8.5.4	Ontogenetische Veränderungen des Hämoglobinmusters	348	8.13	Störungen der Sauerstoffversorgung: Hypoxie	378
8.5.5	Angeborene Störungen der Hämoglobinfunktion	349	8.13.1	Blutgasanalyse und Pulsoximetrie	378
8.6	Der Transport von Kohlendioxid im Blut	350	8.13.2	Formen der Hypoxie	378
8.6.1	Transportformen des Kohlendioxids	350	8.14	Atmung unter besonderen Umweltbedingungen	382
8.6.2	Die CO ₂ -Bindungskurve	351	8.14.1	Atmung und Höhenanpassung	382
8.7	Durchblutung der Lunge	353	8.14.2	Pathophysiologie der Höhenexposition	383
8.7.1	Funktionelle Eigenschaften des pulmonalen Gefäßsystems	353	8.14.3	Tauchen	384
8.7.2	Flüssigkeitsbilanz	354			
8.7.3	Herzzeitvolumen und Sauerstoffversorgung	354			
8.7.4	Einfluss des Sauerstoffdrucks auf die pulmonale Durchblutung	354			
8.7.5	Einfluss der Körperlage auf Lungendurchblutung und alveoläre Belüftung	355			
8.7.6	Das Ventilations-Perfusions-Verhältnis	356			
8.8	Die mechanischen Eigenschaften von Lunge und Thorax	359			
8.8.1	Dehnbarkeit des Atemapparates	359			
8.8.2	Oberflächenspannung der Alveolen	360			
8.8.3	Messung der Compliance beim Menschen	362			
8.8.4	Altersabhängige Veränderungen der Compliance	362			

9	Säuren-Basen-Haushalt	387		
	<i>Markus Bleich, frühere Bearbeitung: Gerhard Burckhardt*</i>			
9.1	Wenn die Homöostase der Protonenkonzentration aus dem Gleichgewicht gerät	387	9.4.2	CO ₂ -Konzentration
			9.4.3	Aktuelles Bicarbonat, Standardbicarbonat
9.2	Protonenkonzentration, pH, Säuren und Basen	387	9.5	Säuren-Basen-Gleichgewicht
9.2.1	Protonenkonzentration und pH	387	9.5.1	Zelluläre und globale Balance
9.2.2	Definition von Säuren und Basen	388	9.5.2	Produktion und Ausscheidung von CO ₂ , H ⁺ , NH ₄ ⁺ und HCO ₃ ⁻
9.2.3	Das Massenwirkungsgesetz: Dissoziation von schwachen Säuren und Basen	388	9.6	Störungen des Säuren-Basen-Haushalts
9.2.4	Die Henderson-Hasselbalch-Gleichung ..	388	9.6.1	Respiratorische Störungen des Säuren-Basen-Haushalts
9.3	Puffer	389	9.6.2	Nicht-respiratorische Störungen des Säuren-Basen-Haushalts
9.3.1	Geschlossene und offene Puffersysteme ..	389	9.6.3	Säuren-Basen-Haushalt und Plasmakalium
9.3.2	Physiologische Puffer	390	9.6.4	Säuren-Basen-Haushalt und Volumenhaushalt
9.3.3	Gesamtpufferbasen	391	9.7	Intrazellulärer pH
9.3.4	Anionenlücke	391		
9.4	Säuren-Basen-Status im arteriellen Blut	392		
9.4.1	pH	392		
10	Die Funktion der Nieren	404		
	<i>Stefan Silbernagl</i>			
10.1	Was passiert, wenn die Nieren versagen?	404	10.6	Aktive Na⁺-Resorption und die Folgen
10.2	Überblick	404	10.6.1	Massentransport im proximalen Tubulus .
10.2.1	Ein kurzer Blick auf die Anatomie	404	10.6.2	Die erste Phase der proximalen Resorption: Na ⁺ -Symport und Na ⁺ -Antiport
10.2.2	Harnableitung	405	10.6.3	Die zweite Phase der proximalen Resorption: Chlorid, Natrium und andere Kationen
10.2.3	Wie entsteht der Harn?	406	10.6.4	Konzentrierung schafft Triebkräfte für passive Resorption
10.2.4	Woher weiß man, was in der Niere vorgeht?	407	10.6.5	Die Kapillarwand als letzte Hürde der Resorption
10.3	Renale Clearance	408	10.6.6	Resorption in der Henle-Schleife
10.4	Die Nierendurchblutung	410	10.6.7	Regulation der Na ⁺ -Ausscheidung
10.4.1	Das Gefäßsystem der Niere	410	10.6.8	Kaliumausscheidung
10.4.2	Renale Durchblutung	410	10.7	Harnkonzentrierung und Diurese
10.5	Die Filtration des Primärharns	414	10.7.1	Der Gegenstromtrick
10.5.1	Bau des Filters	415	10.7.2	Na ⁺ /K ⁺ -ATPase als Motor im aufsteigenden Teil der Schleife
10.5.2	Ohne Druck kein Filtrat	416	10.7.3	Recycling von Harnstoff spart Kochsalz ..
10.5.3	Durchlässigkeit des Filters	418	10.7.4	Konzentriert wird im Sammelrohr

10.7.5	Diurese und Diuretika	436	10.10 Die Niere im Dienst des Säure-Basen-Haushalts	452
10.7.6	Funktion der epithelialen Zilien	437	10.10.1 H ⁺ -Sekretion, proximal und distal	452
10.8 Tubulärer Transport organischer Stoffe		439	10.10.2 HCO ₃ ⁻ -Resorption	454
10.8.1	Glucose und Aminosäuren	439	10.10.3 Phosphat als Harnpuffer: titrierbare Säure	454
10.8.2	Peptide	442	10.10.4 Die Rolle des Ammoniaks	455
10.8.3	Proteine	442	10.11 Renin und Nierenhormone	457
10.8.4	Proximale Sekretion als Ausscheidungsmechanismus	444	10.12 Nierenstoffwechsel	459
10.8.5	Harnsäure	445	10.13 Nierenversagen und künstliche Niere ..	461
10.9 Phosphat-, Calcium- und Magnesium-Ausscheidung		447	10.13.1 Nierenversagen	461
10.9.1	Phosphat-Resorption	447	10.13.2 Die künstliche Niere	462
10.9.2	Calcium und Magnesium	449		
10.9.3	Kristalle und Steine im Harn	450		
11 Salz- und Wasserhaushalt				468
	<i>Albrecht Schwab, frühere Bearbeitung: Hans Oberleithner*</i>			
11.1 Das sprichwörtliche „Wasser des Lebens“		468	11.6 Die Säurebilanz	486
11.2 Die Zelle und ihr Mantel		468	11.6.1 Konstanz des Zell-pH-Werts	487
11.3 Körperwasser		469	11.6.2 Azidose und Alkalose	487
11.3.1	Flüssigkeitsräume	469	11.7 Die Kaliumbilanz	489
11.3.2	Interstitielle Flüssigkeit	471	11.7.1 Raumverteilung	489
11.3.3	Transzelluläre Flüssigkeit	471	11.7.2 Kalium und Säure-Basen-Störungen	490
11.3.4	Intrazelluläre Flüssigkeit	471	11.7.3 Kaliumionen und das kardiovaskuläre System	490
11.4 Die Natriumbilanz		472	11.7.4 Insulin und Catecholamine	492
11.4.1	Natriumsensoren	473	11.7.5 Renale Kaliumsekretion	492
11.4.2	Die Niere im Dienste der Natriumhomöostase	474	11.8 Die Calcium- und Phosphatbilanz	494
11.4.3	Ödeme	474	11.8.1 Calciumionen im Extrazellulärraum	494
11.4.4	Regulation des Blutdrucks	476	11.8.2 Phosphat im Extrazellulärraum	495
11.4.5	Kochsalz und Blutdruck	477	11.8.3 Regulation des Calcium- und Phosphat-haushalts	495
11.4.6	Ernährung und Blutdruck	478	11.8.4 Calcium-Phosphat-Entgleisung	497
11.4.7	Aldosteron und Blutdruck	479	11.9 Die Magnesiumbilanz	500
11.5 Die Wasserbilanz		481	11.9.1 Aufnahme und Ausscheidung	501
11.5.1	Zentrale Steuerung	481	11.9.2 Magnesiumverarmung	501
11.5.2	Renale Steuerung	482		
11.5.3	ADH-Mechanismus	482		

12	Funktion des Magen-Darm-Trakts, Energiehaushalt und Ernährung	504
	<i>Michael Gekle</i>	
12.1	Der Magen-Darm-Trakt: Ein komplexes Organsystem und häufige Arztbesuche	504
12.2	Allgemeingültiges zum Magen-Darm-Trakt	505
12.2.1	Aufbau	505
12.2.2	Epithelialer Transport, Absorption, Sekretion	506
12.2.3	Regulationsmechanismen im Magen-Darm-Trakt	507
12.2.4	Abwehrfunktion des Magen-Darm-Trakts	514
12.2.5	Motilität des Magen-Darm-Trakts	515
12.3	Ösophagus und Schlucken	520
12.3.1	Ösophagus	520
12.3.2	Schlucken	521
12.4	Magen	522
12.4.1	Funktionelle Anatomie	522
12.4.2	Magenmotorik	523
12.4.3	Säuresekretion	527
12.4.4	Pepsinogensekretion	531
12.4.5	Schutz der Magenschleimhaut	531
12.4.6	Schutz der Duodenalschleimhaut	532
12.5	Mundhöhle und Mundspeicheldrüsen	533
12.5.1	Mundhöhle	533
12.5.2	Die Funktion von Speicheldrüsen	533
12.5.3	Mundspeicheldrüsen	534
12.6	Pankreas	537
12.6.1	Exokrine Funktion des Pankreas	537
12.6.2	Funktion der Pankreasazini	540
12.6.3	Funktion der Ausführungsgänge des Pankreas	542
12.7	Physiologie der Leber	543
12.7.1	Allgemeines zur Physiologie der Leber	543
12.7.2	Funktionelle Anatomie	544
12.7.3	Transport und Stoffwechsel in Hepatozyten	545
12.7.4	Gallenbildung	548
12.7.5	Enterohepatischer Kreislauf	549
12.7.6	Die Leber als metabolisches Organ	550
12.8	Motorik von Dünn- und Dickdarm	555
12.8.1	Aufbau und Vergleich von Dünn- und Dickdarm	555
12.8.2	Dünndarmmotorik	556
12.8.3	Dickdarmmotorik	556
12.8.4	Darmentleerung	557
12.9	Dünn- und Dickdarm: Flüssigkeits- und Elektrolyttransport	558
12.9.1	Intestinaler Wasser- und Elektrolyttransport	558
12.9.2	Zelluläre Mechanismen der Na ⁺ -Absorption	558
12.9.3	Zelluläre Mechanismen der Cl ⁻ -Absorption	561
12.9.4	Zelluläre Mechanismen der Cl ⁻ -Sekretion	561
12.9.5	Zelluläre Mechanismen der K ⁺ -Resorption	562
12.9.6	Zelluläre Mechanismen der K ⁺ -Sekretion	562
12.9.7	Regulation des intestinalen Wasser- und Elektrolyttransports	563
12.10	Dünn- und Dickdarm: Nährstoffverdauung und -absorption	564
12.10.1	Übersicht	564
12.10.2	Kohlenhydratverdauung	564
12.10.3	Kohlenhydratabsorption	566
12.10.4	Proteinverdauung	567
12.10.5	Absorption von Proteinen, Peptiden und Aminosäuren	568
12.10.6	Lipidverdauung	569
12.10.7	Lipidabsorption	572
12.10.8	Nukleinsäureverdauung und -absorption	574
12.10.9	Vitaminabsorption	574
12.10.10	Ca ²⁺ -Absorption	576
12.10.11	Magnesiumabsorption	576
12.10.12	Eisenabsorption	577
12.10.13	Phosphatabsorption	578
12.11	Die Anforderungen des Organismus an die Ernährung	579
12.11.1	Bestandteile der Nahrung	579
12.11.2	Bedarf an Nahrungsbestandteilen	579
12.12	Energiehaushalt und Kontrolle des Körpergewichts	585
12.12.1	Energiebilanz	585
12.12.2	Energiespeicher	586

12.12.3	Energiefreisetzung	587	12.13.3	Die Elemente der Regelkreise der Energiebilanz	593
12.12.4	Energieumsatz	588	12.13.4	Kurzzeitregulation der Nahrungsaufnahme	597
12.12.5	Energiegehalt der Nahrung	590	12.13.5	Langzeitregulation der Energiebilanz	599
12.12.6	Messung des Energiebedarfs	590	12.13.6	Fettsucht	600
12.13	Regulation der Nahrungsaufnahme ...	592	12.13.7	Unterernährung	601
12.13.1	Wasser und Salz	592			
12.13.2	Energie	592			
13	Wärmehaushalt und Temperaturregulation	604			
	<i>Michael Gekle, Dominique Singer</i>				
13.1	Von der Kälte überwältigt – und geschützt	604	13.6.4	Zusammenspiel der thermoregulatorischen Mechanismen	614
13.2	Was heißt Konstanz der Körpertemperatur?	604	13.7	Physiologie und Umwelt	615
13.3	Wärmebildung	606	13.7.1	Angenehmes Raumklima	615
13.4	Wärmetransfer im Körper	607	13.7.2	Ein Sauna-Besuch	615
13.5	Wärmeaustausch mit der Umwelt	607	13.7.3	Körperliche Arbeit/Training	616
13.6	Aktive Regulation	610	13.7.4	Neugeborene	617
13.6.1	Thermosensoren	610	13.7.5	Alte Menschen	618
13.6.2	Regulationszentrum	612	13.7.6	Akklimatisation	618
13.6.3	Effektoren	612	13.8	Hyperthermie, Hypothermie und Fieber	618
14	Endokrines System	624	13.8.1	„Gefahr von außen“	618
	<i>Ralf Paschke</i>		13.8.2	„Gefahr von innen“	620
14.1	Die Störung hormoneller Systeme führt zu Krankheiten	624	14.6	Hypothalamus-Hypophysen-Nebennieren-System: Mineralo- und Glucocorticoide	646
14.2	Allgemeine Endokrinologie: Was sind Hormone, wozu dienen sie und wo werden sie gebildet	624	14.6.1	Die hypothalamische Ebene: Neurotransmitter, CRH und ADH	647
14.2.1	Endokrin, parakrin, autokrin	626	14.6.2	Die hypophysäre Ebene: Proopiomelanocortin (POMC) und seine Hormone (ACTH, β-Endorphin, MSH)	648
14.2.2	Vom Gen zum Hormon	629	14.6.3	Die Hormone der Nebennierenrinde (Corticoide): Aldosteron, Cortisol, Androgene	650
14.2.3	Rezeptoren	630	14.6.4	Wie werden die Nebennierenrindenhormone reguliert?	655
14.2.4	Regulation von Rezeptoren	633	14.7	Hypothalamus-Hypophysen-Schilddrüsen-System	658
14.2.5	Wie werden hormonelle Systeme reguliert?	635	14.7.1	Die hypothalamische Ebene: Neurotransmitter und TRH	658
14.3	Hypothalamus-Hypophysen-System ..	638	14.7.2	Die hypophysäre Ebene: TSH	658
14.4	Wachstumshormon (STH = Somatotropes Hormon, GH = growth hormone)	641			
14.5	Prolactin	644			

14.7.3	Die Hormone der Schilddrüse: T ₃ und T ₄ .	659	14.8.2	Insulin	665
14.7.4	Regulation der Schilddrüsenhormone ...	663	14.8.3	Glucagon	669
14.7.5	Schilddrüsenerkrankungen	664	14.8.4	Somatostatin hemmt die Sekretion von Insulin und Glucagon	670
14.8	Der Inselapparat des Pankreas: I nsulin und Glucagon	665	14.8.5	Blutzuckerregulation	670
14.8.1	Die Hormone des Pankreas: Insulin, Glucagon, Somatostatin, pankreatisches Polypeptid, Amylin	665	14.8.6	Diabetes mellitus	670
15	Sexualfunktionen, Schwangerschaft und Geburt	675			
	<i>Ulrike Kämmerer, Yves Garnier, Dominique Singer</i>				
15.1	Trotz Kinderwunsch keine Schwangerschaft: was nun?	675	15.5.4	Atemgas- und Stoffaustausch in der Plazenta	689
15.2	Physiologie der weiblichen Geschlechtsorgane	675	15.5.5	Hormonproduktion in der Plazenta	692
15.2.1	Entwicklung der weiblichen Sexualorgane	675	15.5.6	Eigensauerstoffverbrauch der Plazenta ...	692
15.2.2	Menstruationszyklus	676	15.5.7	Immunmodulatorische Funktionen der Plazenta	692
15.2.3	Hormonelle Steuerung des Zyklus	678	15.6	Physiologie des Fetus	694
15.2.4	Wirkung der Hormone auf den Uterus ...	680	15.6.1	Phasen des Wachstums	694
15.2.5	Klimakterium und Menopause	680	15.6.2	Entwicklung einzelner Organe	694
15.3	Physiologie der männlichen Geschlechtsorgane	682	15.7	Physiologie der Schwangeren	700
15.3.1	Geschlechtsentwicklung beim Mann ...	682	15.7.1	Stoffwechsel	700
15.3.2	Spermatogenese	682	15.7.2	Herz und Kreislauf	700
15.3.3	Hormonelle Steuerung	683	15.7.3	Atmung	700
15.4	Sexualität, Befruchtung und Implantation	684	15.7.4	Niere	701
15.4.1	Kohabitation	684	15.8	Physiologie von Geburt und Laktation	702
15.4.2	Befruchtung und Implantation der Eizelle	685	15.8.1	Geburt	702
15.5	Plazentafunktion	688	15.8.2	Laktation	704
15.5.1	Aufgaben der Plazenta	688	15.9	Anpassung des Neugeborenen an das extrauterine Leben	705
15.5.2	Aufbau der Plazenta	688	15.9.1	Beginn der Lungenatmung	706
15.5.3	Durchblutung der Plazenta	688	15.9.2	Aktivierung der Thermoregulation	709
			15.9.3	Umstellung der Stoffwechselfunktionen .	710
16	Leistungsphysiologie	715			
	<i>Heimo Mairbörl</i>				
16.1	Ein defektes Enzym verringert die Leistungsfähigkeit	715	16.3	Muskel-Aufbau	715
16.2	Die Bedeutung von körperlicher Aktivität	715	16.3.1	Muskelfasertypen	715
			16.3.2	Muskelumbildung	717

16.4	Energiebereitstellung	719	16.9.1	Ernährung im Alltag und vor, während sowie nach körperlicher Belastung	734
16.4.1	Energieträger	719	16.9.2	Körpergewicht und Sport	735
16.4.2	ATP-regenerierende Stoffwechselwege ..	722	16.9.3	Ess-Störungen	736
16.4.3	Regelung der Energiebereitstellung bei Belastung	724	16.10	Leistungsdiagnostik	736
16.5	Atmung bei Belastung	725	16.10.1	Belastungstests	737
16.5.1	Lungenvolumina und Ventilation	725	16.10.2	Beurteilung der Leistungsfähigkeit	737
16.5.2	Limitiert die Atmung die Belastbarkeit? ..	726	16.10.3	Ermüdung, Übertraining	739
16.6	Kreislaufregulation bei Belastung	727	16.11	Doping	739
16.6.1	Steigerung des Herzzeitvolumens bei Belastung	727	16.12	Sport im Alter	740
16.6.2	Die Verteilung des Herzzeitvolumens	729	16.13	Sport in Prävention und Rehabilitation	740
16.7	Blut-/Plasmavolumen und Sauerstofftransport bei Belastung	730	16.14	Sport in großer Höhe	741
16.8	Thermoregulation und Flüssigkeitshaushalt	732	16.14.1	Höhenkrankheiten	742
16.9	Ernährung im Sport	734	16.14.2	Anpassung an Höhe	742
17	Somatoviszerale Sensibilität	746	16.14.3	Belastung und Training in der Höhe	743
	<i>Karl Meßlinger, Michaela Kress</i>				
17.1	„Ein merkwürdiger Fall“	746	17.7	Nozizeption und Schmerz	759
17.2	Grundbegriffe der somatoviszeralen Sensibilität	746	17.7.1	Definition von Nozizeption und Schmerz .	759
17.2.1	Psychophysiologie des somato-sensorischen Systems	746	17.7.2	Nozizeptoren	759
17.2.2	Sinnesrezeptoren der somatoviszeralen Sensibilität	747	17.7.3	Entzündungsmediatoren und Schmerz ..	760
17.3	Mechanische Oberflächensensibilität .	750	17.7.4	Transduktion noxischer Reize	761
17.3.1	Klassifikationsmerkmale der Mechanorezeptoren	750	17.7.5	Erregungsleitung und Lokalanästhetika ..	762
17.3.2	Mechanorezeptortypen der Haut	751	17.7.6	Neuropeptide und neurogene Entzündung	763
17.3.3	Tastsinn	753	17.7.7	Jucken (Pruritus)	764
17.4	Thermosensibilität	754	17.8	Spinale sensorische Systeme	765
17.5	Tiefensensibilität und Propriozeption .	756	17.8.1	Dermatome und Head-Zonen	765
17.6	Viszerale Sensibilität	757	17.8.2	Spinale Verschaltung der Afferenzen	767
17.6.1	Viszerale Dehnungsrezeptoren	757	17.8.3	Hinterstrangsystem	769
17.6.2	Viszerale Chemorezeptoren	758	17.8.4	Vorderseitenstrangsystem	769
			17.9	Zerebrale sensorische Systeme	770
			17.9.1	Somatosensorischer Thalamus	770
			17.9.2	Primärer somatosensorischer Kortex	771
			17.9.3	Weitere somatosensorische Rindenfelder	774
			17.9.4	Reorganisation des somatosensorischen Kortex	774

17.10 Schmerz und Schmerzhemmung	776	17.10.2 Neuropathische Schmerzen	778
17.10.1 Schmerzkomponenten und Schmerzformen	776	17.10.3 Zentrale Sensibilisierung	779
17.10.4 Absteigende Hemmsysteme		17.10.4 Absteigende Hemmsysteme	779
18 Hören und Sprechen: Kommunikation des Menschen	784		
<i>Jörg Geiger</i>			
18.1 Ein Carrier mit zwei sehr verschiedenen Wirkorten	784	18.6.2 Kodierung der Schallintensität durch Aktionspotenzialfrequenz und Rekrutierung	795
18.2 Schall	784	18.6.3 Efferent vermittelte Modulation des cochleären Verstärkers: Verhinderung von Sättigung und Schutz vor Schädigung. ...	795
18.3 Hörempfindungen	785	18.7 Klinisch wichtige Innenohrpotenziale .	796
18.3.1 Die Hörschwelle	785	18.8 Zentralnervöse Verarbeitung von Schallreizen	796
18.3.2 Lautstärkeempfindungen	786	18.8.1 Aufbau der Hörbahn	796
18.4 Aufgaben des Mittelohres	787	18.8.2 Neuronale Schallanalyse	796
18.5 Funktion des Innenohres	788	18.9 Hörschäden und Hörprüfungen	799
18.5.1 Aufbau der Cochlea	788	18.9.1 Mittelohr- und Innenohrschäden	799
18.5.2 Die Sinneszellen	789	18.9.2 Audiometrische Verfahren	800
18.5.3 Der Transduktionsvorgang	790	18.9.3 Hörgeräte und Cochlea-Implantate	802
18.6 Kodierung im Hörnerv	793	18.10 Der periphere Sprechapparat	802
18.6.1 Kodierung der Schallfrequenz durch den Ort auf der Basilarmembran: Tonotopie ..	793		
19 Gleichgewichts-, Lage- und Bewegungssinn	807		
<i>Jörg Geiger</i>			
19.1 Vertigo	807	19.4 Das zentrale vestibuläre System	811
19.2 Aufgaben des vestibulären Systems ..	807	19.4.1 Eingänge der Vestibulariskerne	811
19.3 Physiologie des peripheren Vestibularorgans	807	19.4.2 Ausgänge der Vestibulariskerne	813
19.3.1 Aufbau des Vestibularorgans	807	19.4.3 Die Stabilisierung des Gleichgewichtes ..	813
19.3.2 Der adäquate Reiz für die vestibulären Haarzellen	808	19.5 Störungen des vestibulären Systems ..	817
20 Sehsystem und Augenbewegungen	821		
<i>Ulf Eysel</i>			
20.1 Geblendet durch eine trübe Linse	821	20.3 Auge und optische Abbildung auf der Netzhaut	821
20.2 Visuell-visuomotorisches System	821	20.3.1 Licht und Abbildung	821
		20.3.2 Akkommodation	823

20.3.3	Abbildungsfehler des optischen Apparates	824	20.5.2	Funktionelle Anatomie der Netzhaut	834
20.3.4	Refraktionsfehler	825	20.5.3	Fototransduktion	835
20.3.5	Regelung der Pupillenweite	825	20.5.4	Fotochemische Adaptation	836
20.3.6	Kammerwasser und Augeninnendruck	826	20.5.5	Signalverarbeitung in der Netzhaut	837
20.3.7	Tränen	827	20.5.6	Objektive Messung der Netzhautfunktion	839
20.4	Okulomotorik	827	20.5.7	Sehschärfe	840
20.4.1	Augenmuskeln und ihre Zugrichtungen	827	20.6	Das zentrale Sehsystem	842
20.4.2	Eigenschaften und Steuerung von Augenbewegungen	828	20.6.1	Topografie der Sehbahn	842
20.5	Die Netzhaut: primäre sensorische Prozesse und neuronale Signalverarbeitung	832	20.6.2	Subkortikale Zentren der Sehbahn	845
20.5.1	Augenhintergrund	832	20.6.3	Die primäre Sehrinde	847
21	Geschmack und Geruch	859	20.6.4	Höhere visuelle Kortextareale	850
	<i>Andreas Draguhn</i>		20.6.5	Visuell evozierte Potenziale	851
21.1	Einleitung	859	20.6.6	Räumliches Sehen	851
21.2	Die Bedeutung der Chemosensibilität	859	20.6.7	Farbsehen	853
21.3	Der Geschmackssinn	860	21.3.4	Störungen des Schmeckens	865
21.3.1	Geschmacksknospen und Geschmackssinneszellen	860	21.4	Der Geruchssinn	867
21.3.2	Signaltransduktion in Geschmackssinneszellen	861	21.4.1	Riechepithel und olfaktorische Sinneszellen	867
21.3.3	Zentrale Verarbeitung von Geschmacksreizen	863	21.4.2	Signaltransduktion in olfaktorischen Sinneszellen	868
			21.4.3	Zentrale Verarbeitung und Geruchswahrnehmung	869
			21.4.4	Störungen des Riechens	872
22	Sensomotorische Systeme: Körperhaltung und Bewegung	875			
	<i>Heiko J. Luhmann</i>				
22.1	Mangel eines Botenstoffs führt zu Morbus Parkinson	875	22.5	Sequenzielle Aktivierung von Kortextarealen bei zielmotorischen Bewegungen	897
22.2	Sensomotorik im Überblick	875	22.6	Motorische Areale des zerebralen Kortex	898
22.3	Rückenmark: Struktur, Funktion, Symptome	878	22.6.1	Aufbau, Funktion und Interaktionen des motorischen Kortex	898
22.3.1	Das Rückenmark als Reflexzentrum	878	22.6.2	Der primäre motorische Kortex	902
22.3.2	Efferenzen der Spinalmotorik	882	22.6.3	Prämotorische Rindenfelder	904
22.3.3	Spinale Reflexbögen und Rhythmusgeneratoren	885	22.6.4	Physiologie und Pathophysiologie absteigender Projektionen aus dem motorischen Kortex	905
22.3.4	Klinische Aspekte spinaler Reflexe	891			
22.4	Supraspinale Kontrolle spinaler Verschaltungen	895			

22.7	Basalganglien: Struktur, Funktion, Symptome	906	22.8	Kleinhirn: Struktur, Funktion, Symptome	914
22.7.1	Strukturelemente und Organisationsprinzipien der Basalganglien	906	22.8.1	Funktionelle Anatomie des Kleinhirns ...	914
22.7.2	Funktionelle Anatomie und externe Verbindungen	907	22.8.2	Feinstruktur und synaptische Verschaltung der Kleinhirnrinde	915
22.7.3	Zelluläre Funktionsabläufe und interne Verbindungen	911	22.8.3	Extrazerebelläre Projektionen und motorische Funktionen	917
22.7.4	Pathophysiologie der Basalganglien	912	22.8.4	Motorisches Lernen	918
			22.8.5	Kleinhirnläsionen und zerebelläre Funktionsstörungen	919
23	Neurovegetative Regulation	923			
	<i>Carsten A. Wagner</i>				
23.1	Peripheres vegetatives Nervensystem	923	23.4	Vegetative Funktionen des Rückenmarks	934
23.1.1	Aufgaben und Wirkungen des vegetativen Nervensystems	923	23.4.1	Lage und Funktion	934
23.1.2	Aufbau und Gliederung	923	23.4.2	Stuhlkontinenz und Darmentleerung ...	936
			23.4.3	Harnkontinenz und Blasenentleerung ...	937
23.2	Organeffekte	929	23.5	Vegetative Kerngebiete in der Medulla oblongata	938
23.2.1	Regulation der Gefäßweite	930	23.5.1	Sympathikus	938
23.2.2	Herzfrequenz und Myokardkontraktilität	930	23.5.2	Vagus	939
23.2.3	Die Bronchialmuskulatur	932			
23.2.4	Steuerung des enterischen Nervensystems	932	23.6	Hypothalamus und limbisches System – homöostatische Regulationen und emotionelle Verhaltensweisen	940
23.2.5	Pupillenweite	933			
23.3	Zentrale Steuerung und Kontrolle des vegetativen Nervensystems	934			
23.3.1	Vegetative Zentren im ZNS	934			
24	Integrative Funktionen des Gehirns	944			
	<i>Hans-Christian Pape</i>				
24.1	Ein berühmter Patient	944	24.4	Kognition versus Emotion – Das limbische System	952
24.2	Grundlage kognitiver Funktionen	944	24.4.1	Lobus limbicus und Papez-Kreis – Grundlagen des limbischen Systemkonzepts	952
24.3	Organisation des Cortex cerebri	947	24.4.2	Störungen der Funktion limbischer Strukturen – Dissoziation von Emotion und Kognition	954
24.3.1	Gliederung des Cortex cerebri in Areale, Schichten (Laminae) und Säulen (Kolumnen)	947	24.5	Motivation – Belohnung und Abhängigkeit	957
24.3.2	Organisation und Funktion der assoziativen Areale des Kortex	949	24.5.1	Grundlagen motivationalen Verhaltens ..	957
24.3.3	Klinische Konsequenzen lokaler Funktionsstörungen des Assoziationskortex	949	24.5.2	Psychotrope Substanzen – Abhängigkeit .	958

24.6	Lernen und Gedächtnis	959	24.8.1	Mechanismen der frühen Entwicklung des Nervensystems	970
24.6.1	Gedächtnissysteme	959	24.8.2	Bildung synaptischer Kontakte: Konkurrenz, Eliminierung und Stabilisierung	971
24.6.2	Module des deklarativen Gedächtnisses, Funktionsstörungen und klinische Konsequenzen	961	24.9	Linkes Gehirn/Rechtes Gehirn – Sprache	976
24.6.3	Module des nicht-deklarativen Gedächtnisses	962	24.9.1	Lateralisation von Sprachfunktionen	976
24.6.4	Präfrontaler Kortex und Arbeitsgedächtnis	964	24.9.2	Lateralisation räumlich-visueller Funktionen	979
24.6.5	Interaktionen neuronaler Schaltkreise bei Speicherung und Abruf von Informationen	964	24.9.3	Der Wada-Test	979
24.7	Lernabhängige synaptische Plastizität	965	24.9.4	Anatomische Asymmetrie	980
24.7.1	Mechanismen der Langzeitpotenzierung .	966	24.10	Nicht invasive Verfahren zur Messung von Hirnfunktionen	981
24.7.2	Balance zwischen Langzeitpotenzierung und -depression	969	24.10.1	EEG und MEG	981
24.8	Hirnentwicklung: Entwicklungs- und erfahrungsabhängige Plastizität	970	24.10.2	Bildgebende Verfahren	981
25	Wachheit und Schlaf: Rhythmen des Gehirns im Muster des Elektroenzephalogramms	985			
	<i>Hans-Christian Pape</i>				
25.1	Wenn Schlaf übermächtig wird	985	25.3.2	Physiologische und klinische Bedeutung des Schlafs	992
25.2	Das Elektroenzephalogramm	985	25.3.3	Neurophysiologische Grundlagen von Wachheit und Schlaf	993
25.2.1	Grundlagen des Elektroenzephalogramms	985	25.3.4	Transmittersysteme zur Regulation der Stadien von Schlaf und Wachheit	995
25.2.2	Verhaltenszustände und ihre Korrelate im EEG	986	25.4	Der zirkadiane Rhythmus	998
25.2.3	Klinische Anwendungen des EEG	989	25.4.1	Mechanismen des zirkadianen Rhythmus	998
25.3	Wachheit und Schlaf	990	25.4.2	Störungen des zirkadianen Rhythmus ...	1000
25.3.1	Das Profil des Schlafs	990	25.5	Schlafstörungen	1000
26	Psychophysik	1004			
	<i>Thomas F. Münte, Ulrike M. Krämer</i>				
26.1	Entscheidungshilfe	1004	26.3	Signalentdeckungstheorie	1007
26.2	Klassische Psychophysik	1004	26.4	Aktuelle Erweiterung der Psychophysik	1009
26.2.1	Fragen der Psychophysik	1004			
26.2.2	Schwellenbestimmungen	1005			

27	Blut-Hirn-Schranke, Liquor cerebrospinalis, Hirndurchblutung und Hirnstoffwechsel	1013		
	<i>Kerstin Göbel, Sven G. Meuth</i>			
27.1	Je schneller, desto besser	1013	27.2.7	Liquor cerebrospinalis: Kompartimente, Resorption, Regulation
27.2	Blut-Hirn- und Blut-Liquor-Schranke ..	1013		1020
27.2.1	Funktionelle Bedeutung der Blut-Hirn-Schranke	1013	27.3	Hirndurchblutung und Hirnstoffwechsel
27.2.2	Die Blut-Hirn-Schranke als Barriere	1014		1021
27.2.3	Die Blut-Hirn-Schranke als austauschende Membran	1015	27.3.1	Globale Durchblutung und globaler Stoffwechsel
27.2.4	Erhöhte Durchlässigkeit der Blut-Hirn-Schranke	1016	27.3.2	Ischämie des Gehirns
27.2.5	Grundlagen der Blut-Liquor-Schranke ...	1018	27.3.3	Lokale Durchblutung und lokaler Stoffwechsel
27.2.6	Substanzbewegungen über die Blut-Liquor-Schranke	1018	27.3.4	Altersabhängigkeit von Hirndurchblutung und -stoffwechsel
				1026
28	Reifung, Altern und Tod	1029		
	<i>Michael Kühl</i>			
28.1	Der menschliche Lebenszyklus	1029	28.4	Ursachen des Alterns
28.2	Wachstum und Reifung	1030		1033
28.3	Physiologische Veränderungen im Alter	1031	28.4.1	Theorie der freien Radikale: Oxidativer Stress
28.3.1	Endokrinologie im Alter	1031	28.4.2	Theorie der reduzierten Kalorienzufuhr ..
28.3.2	Kardiovaskuläres System	1032	28.4.3	Alterung und DNA-Reparatur: Genetische Instabilität
28.3.3	Nervensystem und Sinnesorgane	1032	28.4.4	Sirtuine
28.3.4	Weitere Organe	1033	28.4.5	Theorie der Telomerlänge
				1037
			28.5	Menschliche Progerie-Erkrankungen ..
				1037
			28.6	Der Tod
				1038
29	Maßeinheiten, Kurven und ein wenig Mathematik	1041		
	<i>Stefan Silbernagl</i>			
29.1	Messgrößen und Maßeinheiten	1041	29.1.5	Osmolalität, osmotischer und onkotischer Druck
29.1.1	Maßsysteme	1041		1046
29.1.2	Bruchteile und Vielfache von Maßeinheiten	1042	29.2	Potenzen und Logarithmen
29.1.3	Maßeinheiten: SI und die anderen	1042		1048
29.1.4	Konzentration, Fraktion und Aktivität ...	1045	29.3	Grafische Darstellung von Messdaten ..
				1049
30	Normalwerte/Referenzbereiche	1053		
	Sachverzeichnis	1057		