

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
1.2	Woher weiß man, was in diesem Buch steht?	26	1.3.1	Die Autonomie der Zelle.
1.2.1	Beobachtung, Hypothese, Experiment, Deutung, Theorie und die Fallen.	27	1.3.2	Das Meer in uns: Milieusicherung durch Spezialisierung.
1.2.2	Zu kompliziert?	29	1.3.3	Ungeregeltes Leben gibt es nicht.
			1.3.4	Rückkopplung kann negativ oder positiv sein
2	Funktion und Interaktion von Zellen	39		
	<i>Christoph Korbmacher mit einem Beitrag von Bernhard Brenner</i>			
2.1	Zelluläre und molekulare Physiologie .	39	2.5	Homöostatische Mechanismen
2.2	Subzelluläre Komponenten und Funktionen	39	2.5.1	Zellvolumenregulation.
2.2.1	Plasmamembran	39	2.5.2	Abstimmung der Ionentransportmechanismen
2.2.2	Zytoskelett	40	2.5.3	Regulation des zytosolischen pH-Werts ..
2.2.3	Zellkern.	41	2.6	Hormone und Mechanismen der Signaltransduktion
2.2.4	Proteinsynthese.	43	2.6.1	Steroidhormone, Calcitriol und Schilddrüsenhormone
2.2.5	Endoplasmatisches Retikulum	44	2.6.2	Die cAMP-Kaskade
2.2.6	Golgi-Apparat	44	2.6.3	Die IP ₃ -Kaskade
2.2.7	Lysosomen, Peroxisomen und Proteasomen	45	2.6.4	Enzymgekoppelte Hormonrezeptoren.
2.2.8	Mitochondrien.	45	2.6.5	Wachstumsfaktoren
2.3	Transportwege durch die Zellmembran	47	2.6.6	Calcium als Botenstoff
2.3.1	Diffusion	47	2.6.7	Stickstoffmonoxid (NO)
2.3.2	Membrantransportproteine.	47	2.7	Zellverbände und Zell-Zell-Kontakte ..
2.3.3	Wasserkanäle (Aquaporine).	47	2.7.1	Gap Junctions.
2.3.4	Ionenkanäle	48	2.7.2	Desmosomen und Hemidesmosomen.
2.3.5	Elektrochemische Triebkraft	49	2.7.3	Schlussleisten (Tight Junctions) und Epithelfunktion
2.3.6	Patch-Clamp-Technik	51	2.7.4	Kontakte zwischen Endothelzellen.
2.3.7	Carrier	52	2.8	Kommunikation benachbarter Zellverbände
2.3.8	Ionenpumpen	55	2.8.1	Regulatorischer Einfluss des Gefäßendothels auf die glatte Gefäßmuskulatur
2.4	Ionale Zusammensetzung von Intra- und Extrazellulärflüssigkeit	58	2.8.2	Funktionelle Interaktion von Endothelzellen, Gliazellen und Neuronen im Zentralnervensystem (ZNS).
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	Muskelenergetik	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
5.2	Klinische Bedeutung und Systematik von Herzerkrankungen	171	5.8.1	Ruhepotenzial
5.3	Bedeutung des Herzens für den Kreislauf	171	5.8.2	Herzaktionspotenzial
5.4	Druck-Volumen-Veränderungen während des Herzzyklus	173	5.8.3	Automatie
5.4.1	Phasen der Herzaktion	173	5.9	Elektromechanische Koppelung
5.4.2	Herztöne	174	5.10	Erregungsausbreitung am Herzen
5.4.3	Echokardiografie	174	5.10.1	Hierarchie der Erregungsausbreitung
5.4.4	Mechanismen der Ventrikelfüllung	175	5.10.2	Beeinflussung des Herzrhythmus durch das vegetative Nervensystem
5.4.5	Arbeitsdiagramm des Herzens	176	5.11	Grundlagen der Elektrokardiografie ...
5.5	Regulation der Pumpleistung des Herzens	177	5.11.1	Entstehung des EKG
5.5.1	Frank-Starling-Mechanismus	177	5.11.2	Vektorkardiografie
5.5.2	Herzsympathikus	180	5.11.3	Bipolare Standardableitung
5.5.3	Herzhypertrophie	181	5.11.4	Unipolare EKG-Ableitungen
5.5.4	Beziehungen zwischen Herzzeitvolumen und venösem Rückfluss	182	5.12	Aussagemöglichkeiten des EKG
5.5.5	Das Herz als endokrines Organ	183	5.12.1	Der normale Sinus-Rhythmus
5.6	Regulation der Koronardurchblutung ..	184	5.12.2	Extrasystolen
5.6.1	Anatomische Voraussetzungen	184	5.12.3	Atrioventrikuläre Leitungsstörungen
5.6.2	Koronarfluss (Koronardurchblutung)	184	5.12.4	Vorhofflimmern, Vorhofflattern
5.6.3	Myokardialer Sauerstoffverbrauch	185	5.12.5	Kammerflimmern
5.6.4	Determinanten der Koronardurchblutung	185	5.12.6	Herzinfarkt
5.6.5	Koronare Herzkrankheit	186	5.13	Molekulare Ursachen von Herz-Kreislauf-Erkrankungen
5.7	Beziehungen zwischen Energiestoffwechsel und Herzfunktion	187	5.13.1	Familiäre Hypertrophe Kardiomyopathie – eine Erkrankung des Sarkomers
			5.13.2	Ionenkanalmutationen führen zu Rhythmusstörungen – Kardiale „Channelopathien“
6	Das Kreislaufsystem	214		
	<i>Heimo Ehmke</i>			
6.1	Wenn das Herz nicht richtig arbeiten kann	214	6.3	Das Gefäßsystem
6.2	Funktion des Kreislaufsystems	214	6.3.1	Hochdruck- und Niederdrucksystem
6.2.1	Übersicht	214	6.3.2	Verzweigung des Gefäßbaums
6.2.2	Transportmechanismen	215	6.3.3	Aufbau und Funktion der Gefäßwand
6.2.3	Herzzeitvolumen und O ₂ -Extraktion	215	6.3.4	Gefäßinnervation
6.2.4	Funktionsprinzip des Kreislaufsystems ...	215	6.3.5	Passives und aktives Dehnungsverhalten von Blutgefäßen

6.4	Häodynamik: 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 Häodynamik 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
9.2	Protonen, pH, Säuren und Basen	366
9.2.1	Protonenkonzentration und pH	366
9.2.2	Definition von Säuren und Basen	367
9.2.3	Dissoziation von schwachen Säuren und Basen und Massenwirkungsgesetz	367
9.2.4	Die Henderson-Hasselbalch-Gleichung ...	367
9.3	Puffer	368
9.3.1	Geschlossene und offene Puffersysteme ..	368
9.3.2	Physiologische Puffer	369
9.3.3	Gesamtpufferbasen	370
9.3.4	Anionenlücke	370
9.4	Säuren-Basen-Status im arteriellen Blut	370
9.4.1	pH-Wert	370
9.4.2	CO ₂ -Konzentration	370
9.4.3	Aktuelles Bicarbonat, Standardbicarbonat.	371
9.5	Säuren-Basen-Gleichgewicht.	371
9.5.1	Zelluläre und globale Balance	371
9.5.2	Produktion und Ausscheidung von CO ₂ , NH ₄ ⁺ und HCO ₃ ⁻	371
9.5.3	Respiratorische Störungen des Säuren-Basen-Haushalts	372
9.5.4	Nicht-respiratorische Störungen des Säuren-Basen-Haushalts	374
9.5.5	Säuren-Basen-Haushalt und Plasmakalium	376
9.6	Intrazellulärer pH	377
9.6.1	Zum Weiterlesen	378
10	Die Funktion der Nieren	380
	<i>Stefan Silbernagl</i>	
10.1	Was passiert, wenn die Nieren versagen?	380
10.2	Überblick.	380
10.2.1	Ein kurzer Blick auf die Anatomie.	380
10.2.2	Harnableitung	381
10.2.3	Wie entsteht der Harn?	382
10.2.4	Woher weiß man, was in der Niere vorgeht?	383
10.3	Renale Clearance.	384
10.4	Die Nierendurchblutung.	386
10.4.1	Das Gefäßsystem der Niere	386
10.4.2	Renale Durchblutung	387
10.5	Die Filtration des Primärharns	390
10.5.1	Bau des Filters	390
10.5.2	Ohne Druck kein Filtrat	392
10.5.3	Durchlässigkeit des Filters	394
10.6	Aktive Na⁺-Resorption und die Folgen .	395
10.6.1	Massentransport im proximalen Tubulus .	395
10.6.2	Die erste Phase der proximalen Resorption: Na ⁺ -Symport und Na ⁺ -Antiport	396
10.6.3	Die zweite Phase der proximalen Resorption: Chlorid, Natrium und andere Kationen	396
10.6.4	Konzentrierung schafft Triebkräfte für passive Resorption	399
10.6.5	Die Kapillarwand als letzte Hürde der Resorption	399
10.6.6	Resorption in der Henle-Schleife	400
10.6.7	Regulation der Na ⁺ -Ausscheidung	402
10.6.8	Kaliumausscheidung	405
10.7	Harnkonzentrierung und Diurese	406
10.7.1	Der Gegenstromtrick	406
10.7.2	Na ⁺ /K ⁺ -ATPase als Motor im aufsteigenden Teil der Schleife	407
10.7.3	Recycling von Harnstoff spart Kochsalz ...	407
10.7.4	Konzentriert wird im Sammelrohr	409
10.7.5	Diurese und Diuretika	409
10.7.6	Funktion der epithelialen Zilien	412
10.8	Tubulärer Transport organischer Stoffe	413
10.8.1	Glucose und Aminosäuren	413
10.8.2	Peptide	417
10.8.3	Proteine	417

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
			10.13.3	Danksagung	438
11	Salz- und Wasserhaushalt	440			
	<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
13.2	Was heißt Konstanz der Körpertemperatur?	567	13.7.1	Angenehmes Raumklima
13.3	Wärmebildung	569	13.7.2	Ein Sauna-Besuch
13.4	Wärmetransfer im Körper	569	13.7.3	Körperliche Arbeit/Training
13.5	Wärmeaustausch mit der Umwelt	570	13.7.4	Neugeborene
13.6	Aktive Regulation	573	13.7.5	Alte Menschen
13.6.1	Thermosensoren	574	13.7.6	Akklimatisation
13.6.2	Regulationszentrum	574	13.8	Hyperthermie, Hypothermie und Fieber
13.6.3	Effektoren	575	13.8.1	„Gefahr von außen“
13.6.4	Zusammenspiel der thermoregulatorischen Mechanismen	576	13.8.2	„Gefahr von innen“
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
14.2	Allgemeine Endokrinologie: Was sind Hormone, wozu dienen sie und wo werden sie gebildet?	586	14.6.4	Wie werden die Nebennierenrindenhormone reguliert?
14.2.1	Endokrin, parakrin, autokrin	588	14.7	Hypothalamus-Hypophysen-Schilddrüsen-System
14.2.2	Vom Gen zum Hormon	591	14.7.1	Die hypothalamische Ebene: Neurotransmitter und TRH
14.2.3	Rezeptoren	592	14.7.2	Die hypophysäre Ebene: TSH
14.2.4	Regulation von Rezeptoren	595	14.7.3	Die Hormone der Schilddrüse: T ₃ und T ₄ ..
14.2.5	Wie werden hormonelle Systeme reguliert?	595	14.7.4	Regulation der Schilddrüsenhormone
14.3	Hypothalamus-Hypophysen-System ...	600	14.7.5	Schilddrüsenerkrankungen
14.4	Wachstumshormon (STH = Somatotropes Hormon, GH = growth hormone)	603	14.8	Der Inselapparat des Pankreas: Insulin und Glucagon
14.5	Prolactin	606	14.8.1	Die Hormone des Pankreas: Insulin, Glucagon, Somatostatin, pankreatisches Polypeptid, Amylin
14.6	Hypothalamus-Hypophysen-Nebennieren-System: Mineralo- und Glucocorticoide	608	14.8.2	Insulin
14.6.1	Die hypothalamische Ebene: Neurotransmitter, CRH und ADH	608	14.8.3	Glucagon
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
			14.8.5	Blutzuckerregulation
			14.8.6	Diabetes mellitus

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

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	Somatoviszerale Sensibilität	701			
	<i>Karl Meßlinger</i>				
17.1	„Ein merkwürdiger Fall“	701	17.7.3	Noxische Entzündungsmediatoren.	714
17.2	Grundbegriffe der somatoviszeralen 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 somatoviszeralen 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
			17.10.2	Neuropathische Schmerzen	730
			17.10.3	Zentrale Sensibilisierung	731
			17.10.4	Absteigende Hemmsysteme	731
18	Hören und Sprechen: Kommunikation des Menschen	736			
	<i>Jörg Geiger</i>				
18.1	Ein Carrier mit zwei sehr verschiede- nen Wirkorten	736	18.3	Hörempfindungen	737
18.2	Schall	736	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 Kortextareale	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
21.3.2	Signaltransduktion in Geschmackssinneszellen.	807	21.4.3	Zentrale Verarbeitung und Geruchswahrnehmung
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
22.2	Sensomotorik im Überblick	820		848
22.3	Rückenmark: Struktur, Funktion, Symptome	823	22.7	Basalganglien: Struktur, Funktion, Symptome
22.3.1	Das Rückenmark als Reflexzentrum.	823	22.7.1	Strukturelemente und Organisationsprinzipien der Basalganglien.....
22.3.2	Efferenzen der Spinalmotorik	826	22.7.2	Funktionelle Anatomie und externe Verbindungen
22.3.3	Spinale Reflexbögen und Rhythmusgeneratoren	829	22.7.3	Zelluläre Funktionsabläufe und interne Verbindungen
22.3.4	Klinische Aspekte spinaler Reflexe	835	22.7.4	Pathophysiologie der Basalganglien
22.4	Supraspinale Kontrolle spinaler Verschaltungen	839	22.8	Kleinhirn: Struktur, Funktion, Symptome
22.5	Sequenzielle Aktivierung von Kortexarealen bei zielmotorischen Bewegungen	841	22.8.1	Funktionelle Anatomie des Kleinhirns.
22.6	Motorische Areale des zerebralen Kortex	842	22.8.2	Feinstruktur und synaptische Verschaltung der Kleinhirnrinde
22.6.1	Aufbau, Funktion und Interaktionen des motorischen Kortex	842	22.8.3	Extrazerebelläre Projektionen und motorische Funktionen
22.6.2	Der primäre motorische Kortex	846	22.8.4	Motorisches Lernen
22.6.3	Prämotorische Rindenfelder	847	22.8.5	Kleinhirnläsionen und zerebelläre Funktionsstörungen.
23	Neurovegetative Regulation	865		
	<i>Pontus B. Persson und Anja Bondke Persson</i>			
23.1	Peripheres vegetatives Nervensystem .	865	23.2	Organeffekte
23.1.1	Aufgaben und Wirkungen des vegetativen Nervensystems	865	23.2.1	Regulation der Gefäßweite
23.1.2	Aufbau und Gliederung	865	23.2.2	Pupillenweite.....
			23.2.3	Herzfrequenz und Myokardkontraktilität .
			23.2.4	Die Bronchialmuskulatur

23.2.5	Steuerung des enterischen Nervensystems	873	23.4.2	Stuhlkontinenz und Darmentleerung	876
23.3	Zentrale Steuerung und Kontrolle des vegetativen Nervensystems	874	23.4.3	Harnkontinenz und Blasenentleerung	877
23.3.1	Vegetative Zentren im ZNS	874	23.5	Vegetative Kerngebiete in der Medulla oblongata	878
23.4	Vegetative Funktionen des Rückenmarks	874	23.5.1	Sympathikus	878
23.4.1	Lage und Funktion.	874	23.5.2	Vagus.	879
			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.
25.2	Das Elektroenzephalogramm	923	25.3.4	Transmittersysteme zur Regulation der Stadien von Schlaf und Wachheit
25.2.1	Grundlagen des Elektroenzephalogramms	923		
25.2.2	Verhaltenszustände und ihre Korrelate im EEG	924	25.4	Der zirkadiane Rhythmus
25.2.3	Klinische Anwendungen des EEG	926	25.4.1	Mechanismen des zirkadianen Rhythmus.
25.3	Wachheit und Schlaf	927	25.4.2	Störungen des zirkadianen Rhythmus
25.3.1	Das Profil des Schlafs	927	25.5	Schlafstörungen
25.3.2	Physiologische und klinische Bedeutung des Schlafs	929	25.5.1	Zum Weiterlesen
26	Psychophysik	941		
	<i>Thomas F. Münte und Ulrike M. Krämer</i>			
26.1	Entscheidungshilfe	941	26.3	Signalentdeckungstheorie
26.2	Klassische Psychophysik	941	26.4	Aktuelle Erweiterung der Psychophysik
26.2.1	Fragen der Psychophysik	941	26.4.1	Zum Weiterlesen
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
27.2	Blut-Hirn- und Blut-Liquor-Schranke ...	949	27.3	Hirndurchblutung und Hirnstoffwechsel
27.2.1	Funktionelle Bedeutung der Blut-Hirn-Schranke	949	27.3.1	Globale Durchblutung und globaler Stoffwechsel
27.2.2	Die Blut-Hirn-Schranke als Barriere	950	27.3.2	Ischämie des Gehirns
27.2.3	Die Blut-Hirn-Schranke als austauschende Membran	951	27.3.3	Lokale Durchblutung und lokaler Stoffwechsel
27.2.4	Erhöhte Durchlässigkeit der Blut-Hirn-Schranke	952	27.3.4	Altersabhängigkeit von Hirndurchblutung und -stoffwechsel
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
28.2	Wachstum und Reifung	965
28.3	Physiologische Veränderungen im Alter	966
28.3.1	Endokrinologie im Alter	966
28.3.2	Kardiovaskuläres System	967
28.3.3	Nervensystem und Sinnesorgane	967
28.3.4	Weitere Organe	967
28.4	Ursachen des Alterns	968
28.4.1	Theorie der freien Radikale: Oxidativer Stress	968
28.4.2	Theorie der reduzierten Kalorienzufuhr ..	969
28.4.3	Alterung und DNA-Reparatur: Genetische Instabilität	971
28.4.4	Sirtuine	971
28.4.5	Theorie der Telomerlänge	971
28.5	Menschliche Progerie-Erkrankungen ..	972
28.6	Der Tod	973
28.6.1	Zum Weiterlesen.....	974
29	Maßeinheiten, Kurven und ein wenig Mathematik	976
	<i>Stefan Silbernagl</i>	
29.1	Messgrößen und Maßeinheiten	976
29.1.1	Maßsysteme	976
29.1.2	Bruchteile und Vielfache von Maßeinheiten	977
29.1.3	Maßeinheiten: SI und die anderen	977
29.1.4	Konzentration, Fraktion und Aktivität	979
29.1.5	Osmolalität, osmotischer und onkotischer Druck	980
29.2	Potenzen und Logarithmen	983
29.3	Grafische Darstellung von Messdaten ..	984
29.3.1	Zum Weiterlesen.....	986
	Anhang	987
	Normalwerte	988
	<i>Zusammengestellt von Stefan Pummer und Stefan Silbernagl</i>	
	Sachverzeichnis/Abkürzungsverzeichnis	993