

Inhaltsverzeichnis

I	Bausteine und Strukturelemente der Zelle	3
1	<i>Grundlagen der Lebensvorgänge</i>	5
	P. E. PETRIDES UND G. LÖFFLER	
1.1	Biomoleküle, Zellen und Organismen	6
1.1.1	Elemente in lebenden Systemen	6
1.1.2	Präbiotische Entstehung von Biomolekülen mit funktionellen Gruppen	7
1.1.3	Organisationsstufen biologischer Systeme	8
1.2	Wasser	9
1.2.1	Wasser als Lösungsmittel	9
1.2.2	Wasser als Reaktionspartner	12
1.2.3	Kolligative Eigenschaften von Lösungen	12
1.2.4	Dissoziation von Wasser und pH-Wert	14
1.2.5	Säuren und Basen	16
1.2.6	Puffersysteme	18
1.2.7	Die Säure-Basenkatalyse	20
	Literatur	22
2	<i>Kohlenhydrate, Lipide und Aminosäuren</i>	23
	G. LÖFFLER UND P. E. PETRIDES	
2.1	Kohlenhydrate	24
2.1.1	Klassifizierung und Funktionen	24
2.1.2	Monosaccharide	24
2.1.3	Disaccharide	27
2.1.4	Oligosaccharide und Polysaccharide	27
2.2	Lipide	34
2.2.1	Klassifizierung und Funktionen	34
2.2.2	Fettsäuren	35
2.2.3	Glycerolipide	36
2.2.4	Sphingolipide	39
2.2.5	Isoprenlipide	39
2.2.6	Lipide in wässrigen Lösungen	42
2.3	Aminosäuren	46
2.3.1	Klassifizierung und Funktionen	46
2.3.2	Proteinogene Aminosäuren	46
2.3.3	Nichtproteinogene Aminosäuren	50
2.3.4	Säure-Basen-Eigenschaften von Aminosäuren	51
	Literatur	55

3	<i>Proteine (Polyamino­säuren)</i>	57
	P. E. PETRIDES UND H. R. KALBITZER	
3.1	Klassifizierung und Eigenschaften von Proteinen	58
3.1.1	Klassifizierung von Proteinen	58
3.1.2	Die Peptidbindung	59
3.1.3	Protonierungs-Deprotonierungsgleichgewichte in Proteinen .	60
3.2	Charakterisierung von Proteinen	61
3.2.1	Isolierung von Proteinen	61
3.2.2	Bestimmung von Molekülmasse und isoelektrischem Punkt ..	64
3.2.3	Bestimmung von Aminosäurezusammensetzung und Aminosäuresequenz	68
3.3	Die räumliche Struktur der Proteine	71
3.3.1	Primärstruktur und Peptidbindung	71
3.3.2	Sekundärstrukturen von Proteinen	72
3.3.3	Tertiärstruktur von Proteinen	77
3.3.4	Quartärstruktur von Proteinen	80
3.4	Faltung, Fehlfaltung und Denaturierung von Proteinen	88
3.5	Methoden zur Strukturbestimmung von Proteinen	92
3.6	Synthese von Peptiden und Proteinen	94
3.6.1	Chemische Peptidsynthese	94
3.6.2	Gentechnische Proteinsynthese	95
3.7	Genomik und Proteomik	96
3.7.1	Funktionelle Genomik	96
3.7.2	Proteinevolution	97
	Literatur	101
4	<i>Bioenergetik und Enzymologie</i>	103
	G. LÖFFLER UND B. WIEDERANDERS	
4.1	Thermodynamik und allgemeine Bioenergetik	104
4.1.1	Einführung in die Thermodynamik	104
4.1.2	Energietransformation und Energiegewinnung in der Zelle ...	108
4.2	Katalyse in biologischen Systemen	111
4.2.1	Allgemeine Enzymologie	111
4.2.2	Enzymkinetik	117
4.3	Klinische Bedeutung	125
4.3.1	Bedeutung der Enzymaktivitätsmessung	125
4.3.2	Enzyme als Signalverstärker für diagnostische Verfahren	126
4.4	Mechanismen der Enzymkatalyse	128
4.5	Mechanismen der Enzymregulation	134
	Literatur	139
5	<i>Nucleotide und Nucleinsäuren</i>	141
	G. LÖFFLER	
5.1	Nucleoside und Nucleotide	142
5.1.1	Aufbau von Nucleosiden und Nucleotiden	142
5.1.2	Funktionen von Nucleosiden und Mononucleotiden	144
5.2	Zusammensetzung und Primärstruktur der Nucleinsäuren	146

5.3	Aufbau der DNA	148
5.3.1	Die DNA-Doppelhelix	148
5.3.2	Die Struktur des Chromatins	149
5.4	DNA als Träger der Erbinformation	153
5.4.1	Die Mendel'schen Gesetze	153
5.4.2	Aufbau und Funktion der Chromosomen	154
5.4.3	Prinzip der Informationsspeicherung in der DNA	156
5.5	Struktur und biologische Bedeutung der RNA	158
5.6	Experimenteller Umgang mit Nucleinsäuren	161
5.6.1	Denaturierung und Renaturierung von Nucleinsäuren	161
5.6.2	Analyse der Basensequenzen von Nucleinsäuren	162
	Literatur	168
6	<i>Zelluläre Organellen und Strukturen: Ein Überblick über die Zellbiologie</i>	169
	G. LÖFFLER UND A. HASILIK	
6.1	Aufbau eukaryoter Zellen	170
6.1.1	Organellen und Kompartimente im mikroskopischen Bild	170
6.1.2	Zelluläre Membranen	172
6.1.3	Membrantransport durch Membranproteine	174
6.1.4	Vesikulärer Membrantransport	179
6.2	Plasmamembran und intrazelluläre Organellen	182
6.2.1	Die Plasmamembran	182
6.2.2	Zellkern	186
6.2.3	Das endoplasmatische Reticulum	188
6.2.4	Der Golgi-Apparat	191
6.2.5	Lysosomen	192
6.2.6	Mitochondrien	195
6.2.7	Peroxisomen	198
6.3	Cytoskelett und intrazelluläre Partikel	198
6.3.1	Das Cytoskelett	198
6.3.2	Intrazelluläre Partikel	203
	Literatur	204
II	Stoffwechsel der Zelle:	
	Weitergabe und Realisierung der Erbinformation	207
7	<i>Replikation und Gentechnik</i>	209
	G. LÖFFLER UND M. MONTENARH	
7.1	Der Zellzyklus	210
7.1.1	Der zeitliche Ablauf des Zellzyklus	210
7.1.2	Die Regulation des Zellzyklus	210
7.1.3	Substrate der Cyclin-abhängigen Proteinkinasen	212
7.1.4	Wirkung exogener Faktoren auf den Zellzyklus	212
7.1.5	Apoptose oder der programmierte Zelltod	213
7.2	Die Replikation der DNA	215
7.2.1	Das Prinzip der semikonservativen DNA-Replikation	215
7.2.2	Das Replikon als Grundeinheit der Replikation	216
7.2.3	Für die Replikation benötigte Enzymaktivitäten	217

7.3	Veränderungen der DNA-Sequenz	224
7.3.1	Reparatur von DNA-Schäden	225
7.3.2	Rekombination, Transposition und Retrotransposition	227
7.4	Gentechnik	229
7.4.1	Vektoren zum Einschleusen fremder DNA in Zellen	229
7.4.2	Herstellung spezifischer DNA-Sequenzen	232
7.4.3	Gentechnik und Grundlagenwissenschaften	236
7.4.4	Biotechnische Anwendungen der Gentechnologie	238
	Literatur	241
8	<i>Transkription und posttranskriptionale Prozessierung der RNA</i>	243
	G. LÖFFLER UND M. MONTENARH	
8.1	Mechanismus der Transkription	244
8.1.1	Pro- und eukaryote RNA-Polymerasen	245
8.1.2	Transkription bei Prokaryoten	246
8.1.3	Transkription bei Eukaryoten	247
8.1.4	Hemmstoffe der Transkription	250
8.2	Posttranskriptionale Modifikationen der primären RNA-Transkripte	251
8.2.1	Prozessierung der Transkripte der tRNA-Gene	251
8.2.2	Die Prozessierung der Transkripte für ribosomale RNA	251
8.2.3	Herstellung eukaryoter mRNA	251
8.2.4	Der Export von RNA aus dem Zellkern	255
8.2.5	Abbau von mRNA	256
8.3	Regulation der Transkription bei Prokaryoten	257
8.4	Regulation der Genexpression bei Eukaryoten	257
8.4.1	Aktivierung und Inaktivierung von Genen	257
8.4.2	Regulation der Initiation der Transkription	259
8.4.3	Aufbau und Wirkungsmechanismus von Transkriptions-regulierenden Faktoren	260
8.4.4	Hemmung der Transkription	262
8.4.5	Alternatives Spleißen	262
8.4.6	mRNA-Editing	264
	Literatur	265
9	<i>Biosynthese, Modifikation und Abbau von Proteinen</i>	267
	A. HASILIK	
9.1	Biosynthese von Proteinen	268
9.1.1	Überblick	268
9.1.2	Der genetische Code	270
9.1.3	Transfer-RNA's, Meisterstücke der Evolution	272
9.1.4	Ribosomen und Polysomen	275
9.1.5	Mechanismus der Proteinbiosynthese	277
9.1.6	Regulation der Proteinbiosynthese	281
9.2	Faltung, Transport und Modifikationen von Proteinen	282
9.2.1	Faltung der Polypeptidketten	282
9.2.2	Transport von Polypeptiden und Proteinen durch Membranen	286
9.2.3	Covalente Modifikationen von Proteinen	289

9.3	Abbau von Proteinen	294
9.3.1	Spezifität der Proteinasen	294
9.3.2	Klassifizierung der Proteinasen	294
9.3.3	Funktionen von Proteinasen in verschiedenen Kompartimenten	295
9.3.4	Abbau von Proteinen in verschiedenen Kompartimenten	295
	Literatur	299
10	<i>Viren</i>	301
	S. MODROW	
10.1	Aufbau und Einteilung der Viren	302
10.2	Virusvermehrung und Replikation	304
10.2.1	Adsorption	306
10.2.2	Aufnahme der Viruspartikel	307
10.2.3	Freisetzung der Nucleinsäure	310
10.2.4	Genexpression	310
10.2.5	Genomreplikation	314
10.2.6	Morphogenese	315
10.2.7	Freisetzung der Nachkommenviren	317
10.3	Folgen der Virusinfektion für Wirtszelle und -organismus	318
10.3.1	Zellschädigung und Viruspersistenz	318
10.3.2	Tumorbildung durch Viren	319
10.4	Diagnostik von Virusinfektionen	322
10.4.1	Direkter Virusnachweis	322
10.4.2	Bestimmung der Immunantwort gegen Virusproteine	322
10.5	Prophylaxe und Therapie von Virusinfektionen	324
10.5.1	Impfung	324
10.5.2	Chemotherapie	326
	Literatur	329
11	<i>Gendiagnostik und Gentherapie</i>	331
	P. E. PETRIDES	
11.1	Genetische Grundlagen	332
11.1.1	Analyse des menschlichen Genoms	332
11.1.2	Identifizierung von Krankheitsgenen	334
11.1.3	Vererbung von Genen	337
11.1.4	Vererbung mitochondrialer DNA	339
11.2	Genetische Erkrankungen	339
11.2.1	Häufigkeit der Erkrankungen und ihre medizinische Bedeutung	339
11.2.2	Stabile Mutationen als Ursache vererbbarer und erworbener Erkrankungen	340
11.2.3	Instabile oder dynamische Mutationen	344
11.2.4	Auswirkungen von Mutationen auf die Struktur des Genproduktes oder die Genexpression	346
11.2.5	Zellbiologische Folgen des Defektes des Genproduktes	353
11.2.6	Genotyp-Phänotyp-Beziehungen	356
11.2.7	Pharmakogenetik	356
11.3	Diagnostik genetischer Erkrankungen	358
11.3.1	Mutationsanalyse auf Proteinebene	359
11.3.2	Mutationsanalyse auf DNA-Ebene	359

11.3.3	Ermittlung von Genträgern	360
11.3.4	Reihenuntersuchungen	361
11.3.5	Pränatale Diagnostik	363
11.3.6	DNA-Fingerabdrucktechnik als forensische Methode	363
11.3.7	Gendiagnostik mit Hilfe der Chiptechnologie	365
11.4	Therapie genetischer Erkrankungen	366
11.4.1	Änderung der Umwelt	366
11.4.2	Änderung des Genotyps (Gentherapie)	368
11.4.3	Herstellung von Vektoren für die Gentherapie	369
	Literatur	371
III	Stoffwechsel der Zelle: Intermediärstoffwechsel	373
12	<i>Methoden zur Analyse des Intermediärstoffwechsels</i>	375
	M. STUMVOLL, G. LÖFFLER, P. E. PETRIDES	
12.1	In-vitro-Methoden zur Untersuchung des Intermediärstoffwechsels	376
12.1.1	Die Untersuchung isolierter Organe und Gewebe	376
12.1.2	Untersuchungen an Einzelzellen	377
12.1.3	Untersuchungen an subzellulären Organellen	379
12.2	In-vivo-Methoden	380
12.2.1	In-vivo-Methoden mit Tracereinsatz	380
12.2.2	Organbilanzuntersuchungen	384
12.2.3	Mikrodialyse	385
12.2.4	Prinzip des „Clamps“ als In-vivo-Untersuchungstechnik	386
12.2.5	Positronen-Emissions-Tomographie (PET)	387
12.2.6	Magnet-Resonanz-Spektroskopie (NMR)	390
	Literatur	394
13	<i>Stoffwechsel von Glucose und Glycogen</i>	395
	G. LÖFFLER	
13.1	Abbau der Glucose	396
13.1.1	Die Glycolyse	396
13.1.2	Der Hexosemonophosphat-Weg	401
13.2	Der Glycogenstoffwechsel	404
13.2.1	Glycogenbiosynthese	404
13.2.2	Glycogenabbau	406
13.3	Die Gluconeogenese	407
13.4	Regulation von Glucoseaufnahme und -phosphorylierung	410
13.4.1	Glucosetransportproteine	410
13.4.2	Bildung und Verbrauch von Glucose-6-phosphat	413
13.5	Regulation des Glycogenstoffwechsels	415
13.6	Regulation von Glycolyse und Gluconeogenese	420
13.6.1	Induktion und Repression von Enzymen der Glycolyse und Gluconeogenese	420
13.6.2	Allosterische Regulation von Schlüsselenzymen der Glycolyse	423
13.6.3	Allosterische Regulation der Gluconeogenese	425

13.7	Pathobiochemie	427
13.7.1	Erworbene Störungen des Kohlenhydratstoffwechsels	427
13.7.2	Angeborene Störungen des Kohlenhydratstoffwechsels	428
	Literatur	430
14	<i>Stoffwechsel von Triacylglycerinen und Fettsäuren</i>	433
	G. LÖFFLER	
14.1	Stoffwechsel der Triacylglycerine	434
14.1.1	Funktionen von Triacylglycerinen	434
14.1.2	Intrazellulärer Abbau der Triacylglycerine	434
14.1.3	Abbau von Triacylglycerinen in Lipoproteinen	436
14.1.4	Triacylglycerin-Biosynthese	437
14.2	Stoffwechsel der Fettsäuren	439
14.2.1	Fettsäureabbau	439
14.2.2	Biosynthese und Abbau der Ketonkörper	443
14.2.3	Biosynthese gesättigter Fettsäuren	444
14.2.4	Biosynthese ungesättigter Fettsäuren	449
14.2.5	Prostaglandine, Thromboxane und Leukotriene	451
14.3	Regulation des Stoffwechsels von Fettsäuren und Triacylglycerinen	455
14.3.1	Regulation der Synthese und des Abbaus von Triacylglycerinen	455
14.3.2	Regulation von Synthese und Abbau von Fettsäuren	457
14.4	Pathobiochemie	459
	Literatur	460
15	<i>Stoffwechsel der Aminosäuren</i>	461
	P. E. PETRIDES	
15.1	Grundzüge des Aminosäurestoffwechsels im Gesamtorganismus	462
15.1.1	Täglicher Umsatz der Aminosäuren	462
15.1.2	Zentrale Stellung der Leber im Aminosäurestoffwechsel	463
15.1.3	Grundlagen des intrazellulären Aminosäurestoffwechsels	464
15.1.4	Besondere Bedeutung von Pyridoxalphosphat als Coenzym im Aminosäurestoffwechsel	465
15.2	Stoffwechsel von Ammoniak bzw. der von ihm abgeleiteten Aminogruppe	468
15.2.1	Grundzüge des Ammoniakstoffwechsels	468
15.2.2	Grundzüge des Stoffwechsels der Aminogruppen der Aminosäuren	472
15.2.3	Ammoniakstoffwechsel von Leber, Gehirn und Nieren	475
15.3	Stoffwechsel der essentiellen Aminosäuren	481
15.3.1	Abbau, Stoffwechselbedeutung und Pathobiochemie der essentiellen Aminosäuren	483
15.3.2	Lysin, Methionin und Threonin	486
15.3.3	Valin, Leucin und Isoleucin	492
15.3.4	Phenylalanin, Tryptophan und das bedingt essentielle Tyrosin	495
15.3.5	Histidin	503
15.3.6	Energiegewinn beim Abbau der essentiellen Aminosäuren	504

15.4	Stoffwechsel der nichtessentiellen Aminosäuren	505
15.4.1	Biosynthese, Abbau und Stoffwechselbedeutung	505
15.4.2	Energiegewinn beim Abbau der nichtessentiellen Aminosäuren	513
15.5	Stoffwechsel der Aminosäuren bei Nahrungskarenz	513
	Literatur	517
16	<i>Der Citratzyklus</i>	519
	G. LÖFFLER	
16.1	Stellung des Citratzyklus im Stoffwechsel	520
16.2	Reaktionsfolge des Citratzyklus	521
16.3	Regulation des Citratzyklus	526
16.4	Amphibole Natur des Citratzyklus	527
	Literatur	529
17	<i>Redoxreaktionen, Sauerstoff und oxidative Phosphorylierung</i>	531
	U. BRANDT	
17.1	Energiewandlung in den Mitochondrien	532
17.1.1	Voraussetzungen der oxidativen Phosphorylierung	532
17.1.2	Elektronen- und Protonentransport in der Atmungskette	537
17.1.3	ATP-Synthese	542
17.1.4	Energiebilanz der oxidativen Phosphorylierung	544
17.1.5	Kontrolle und Regulation der oxidativen Phosphorylierung ..	544
17.2	Oxidoreductasen	547
17.2.1	Klassifizierung der Oxidoreductasen	547
17.2.2	Monooxygenasen	548
17.3	Oxidativer Stress	550
17.4	Pathobiochemie	553
17.4.1	Pathobiochemie von Störungen im OXPHOS-System	553
17.4.2	Angeborene Störungen	553
17.4.3	Degenerative Erkrankungen und Altern	554
	Literatur	555
18	<i>Koordinierung des Stoffwechsels</i>	557
	G. LÖFFLER UND P. E. PETRIDES	
18.1	Nahrungszufuhr und Nahrungskarenz	558
18.1.1	Speicherung von Nahrungsstoffen in der Leber, in der Skelettmuskulatur und im Fettgewebe	558
18.1.2	Die hormonelle Regulation der Substratspeicherung bei Nahrungszufuhr	562
18.1.3	Leber und extrahepatische Gewebe bei Nahrungskarenz	564
18.1.4	Die hormonelle Regulation der Substratmobilisierung bei Nahrungskarenz	567
18.2	Muskelarbeit	569
18.2.1	Stoffwechsel der Muskelzelle in Ruhe	569
18.2.2	Herkunft des für den Kontraktions-Relaxations-Vorgang benötigten ATP	570

18.2.3	Mobilisierung der für Muskularbeit benötigten Substrate	572
18.3	Septischer Schock und multiples Organversagen	575
	Literatur	578
IV	Stoffwechsel der Zelle:	
	Biosynthese von Speicher- und Baustoffen	581
19	<i>Biosynthese von Kohlenhydraten</i>	583
	G. LÖFFLER	
19.1	Biosynthese und Stoffwechsel von Monosacchariden	584
19.1.1	Nucleosiddiphosphat-Monosaccharide als Ausgangspunkt für die Monosaccharidsynthese	584
19.1.2	Stoffwechsel der Glucuronsäure	585
19.1.3	Stoffwechsel von Galactose, Mannose und Fucose	586
19.1.4	Stoffwechsel von Fructose und Aminosuckern	588
19.2	Biosynthese der Heteroglykane	591
19.2.1	Allgemeine Prinzipien	591
19.2.2	Biosynthese der Glycoproteine	592
19.2.3	Biologische Bedeutung der Proteinglycosylierung sowie der Glycoproteine	593
19.2.4	Biosynthese von Hyaluronsäure und Proteoglykanen	594
19.2.5	Penicillin und die Glycopeptidbiosynthese der bakteriellen Zellwand	595
	Literatur	597
20	<i>Stoffwechsel von Phosphoglyceriden, Sphingolipiden und Cholesterin</i>	599
	G. LÖFFLER	
20.1	Stoffwechsel der Phosphoglyceride	600
20.1.1	Biosynthese der Phosphoglyceride	600
20.1.2	Biosynthese von Membranen	603
20.1.3	Abbau der Phosphoglyceride	605
20.2	Stoffwechsel der Sphingolipide	606
20.2.1	Biosynthese der Sphingolipide	606
20.2.2	Abbau der Sphingolipide	607
20.3	Stoffwechsel der Isoprenlipide und des Cholesterins	608
20.3.1	Biosynthese des Cholesterins	608
20.3.2	Stoffwechsel und Abbau des Cholesterins	610
20.3.3	Regulation der Cholesterinbiosynthese	611
20.4	Lipide und Signalmoleküle	615
20.5	Transport der Lipide im Blut	616
20.5.1	Aufbau der Lipoproteine	616
20.5.2	Stoffwechsel der Lipoproteine	619
20.6	Pathobiochemie	624
20.6.1	Pathobiochemie der Phosphoglyceride und Sphingolipide	624
20.6.2	Pathobiochemie des Lipoproteinstoffwechsels	625
	Literatur	628

21	<i>Stoffwechsel der Purine und Pyrimidine</i>	629
	G. LÖFFLER	
21.1	Biosynthese von Purin- und Pyrimidinnucleotiden	630
21.1.1	Biosynthese von Purinnucleotiden	630
21.1.2	Biosynthese von Pyrimidinnucleotiden	633
21.1.3	Biosynthese von Desoxyribonucleotiden	635
21.1.4	Regulation der Biosynthese von Purin- und Pyrimidinnucleotiden	637
21.1.5	Hemmstoffe der Purin- und Pyrimidinbiosynthese	639
21.2	Wiederverwertung von Purinen und Pyrimidinen	640
21.3	Abbau von Nucleotiden	642
21.3.1	Abbau von Purinnucleotiden	642
21.3.2	Abbau von Pyrimidinnucleotiden	643
21.4	Pathobiochemie	644
21.4.1	Purinstoffwechsel	644
21.4.2	Pyrimidinstoffwechsel	646
	Literatur	647
22	<i>Häm und Gallenfarbstoffe</i>	649
	P. E. PETRIDES	
22.1	Biosynthese des Häms	650
22.1.1	Übersicht über die Hämbiosynthese	650
22.1.2	Einzelschritte der Hämbiosynthese	650
22.1.3	Ausscheidung von Porphyrinen und Porphyrinvorstufen	652
22.1.4	Energiebedarf der Hämbiosynthese	654
22.1.5	Regulation der Hämbiosynthese	654
22.2	Pathobiochemie: Störungen der Hämbiosynthese	655
22.2.1	Sideroblastische Anämie	655
22.2.2	Angeborene Porphyrrien	655
22.2.3	Erworbene Porphyrrien	660
22.3	Abbau des Häms zu Gallenfarbstoffen	661
22.3.1	Abbau zu Bilirubin	661
22.3.2	Nachweismethoden für Bilirubin im Blutplasma	662
22.3.3	Abbau des Bilirubins im Darm	664
22.3.4	Hämoglobin- und Bilirubinsatz	665
22.4	Pathobiochemie: Störungen des Bilirubinstoffwechsels	665
22.4.1	Erworbene Hyperbilirubinämien	665
22.4.2	Angeborene Hyperbilirubinämien	666
	Literatur	668
V	Stoffwechsel des Organismus: Bedeutung von Nahrungskomponenten	671
23	<i>Ernährung</i>	673
	P. E. PETRIDES UND G. WOLFRAM	
23.1	Ernährungsmedizin	674
23.1.1	Die aktuelle Ernährungssituation und ihre Folgen	674
23.1.2	Konsequenzen für die Ernährungsmedizin	674

23.2	Die Lebensmittel	675
23.2.1	Einteilung und gesetzliche Bestimmungen	675
23.2.2	Verarbeitung, Abbau und Resorption von Lebensmitteln	676
23.3	Der Ernährungszustand	676
23.4	Energiebilanz	677
23.4.1	Energieumsatz	677
23.4.2	Methoden zur Messung des Energieumsatzes	680
23.4.3	Positive Energiebilanz	681
23.4.4	Negative Energiebilanz	682
23.5	Einzelne Nährstoffe	684
23.5.1	Proteine	684
23.5.2	Kohlenhydrate	687
23.5.3	Lipide	687
23.5.4	Ethanol	688
23.5.5	Ballaststoffe	690
23.6	Nährstoffzufuhr	690
23.6.1	Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr	690
23.6.2	Vollwertige Ernährung	690
23.6.3	Ernährung in besonderen Lebenssituationen	692
23.6.4	Alternative Ernährungsformen	692
23.6.5	Künstliche Ernährung	693
	Literatur	694
24	Spurenelemente	697
	P. E. PETRIDES	
24.1	Allgemeine Grundlagen	698
24.1.1	Einteilung der Spurenelemente	698
24.1.2	Wirkungsweise der Spurenelemente	699
24.1.3	Stoffwechsel der Spurenelemente	701
24.1.4	Klinische Bedeutung der Spurenelemente	701
24.1.5	Bedarf an Spurenelementen	701
24.2	Die einzelnen Spurenelemente	702
24.2.1	Eisen	702
24.2.2	Kupfer	709
24.2.3	Molybdän	712
24.2.4	Kobalt	713
24.2.5	Zink	713
24.2.6	Mangan	714
24.2.7	Fluor	714
24.2.8	Jod	716
24.2.9	Chrom	716
24.2.10	Selen	717
24.2.11	Cadmium	717
24.2.12	Blei	718
24.2.13	Quecksilber	718
	Literatur	719
25	Vitamine	721
	G. LÖFFLER	
25.1	Allgemeine Grundlagen und Pathobiochemie	722
25.1.1	Definition und Einteilung	722
25.1.2	Täglicher Bedarf an Vitaminen	723
25.1.3	Pathobiochemie	723

25.2	Fettlösliche Vitamine	725
25.2.1	Retinol	725
25.2.2	Calciferole	730
25.2.3	Tocopherole	733
25.2.4	Phyllochinone	735
25.3	Wasserlösliche Vitamine	737
25.3.1	L-Ascorbinsäure	737
25.3.2	Thiamin	738
25.3.3	Riboflavin	739
25.3.4	Niacin und Niacinamid	740
25.3.5	Pyridoxin	741
25.3.6	Pantothersäure	742
25.3.7	Biotin	743
25.3.8	Folsäure	744
25.3.9	Cobalamin	746
25.4	Vitaminähnliche Substanzen	748
	Literatur	749
VI	Stoffwechsel des Organismus:	
	Spezifische Gewebe	751
26	<i>Binde- und Stützgewebe</i>	753
	R. DEUTZMANN, L. BRUCKNER-TUDERMAN, P. BRUCKNER	
26.1	Zusammensetzung der extrazellulären Matrix (ECM)	754
26.2	Kollagene	754
26.2.1	Fibrilläre Kollagene	755
26.2.2	Fibrillen-assoziierte Kollagene	758
26.2.3	Nichtfibrilläre Kollagene	759
26.2.4	Angeborene Erkrankungen des Kollagen-Stoffwechsels	761
26.3	Elastin	762
26.4	Proteoglykane	763
26.4.1	Aggrecan	764
26.4.2	Kleine leucinreiche Proteoglykane	765
26.4.3	Membrangebundene Proteoglykane	766
26.5	Nichtkollagene Glycoproteine	766
26.5.1	Fibronektin	766
26.5.2	Laminine	768
26.5.3	Integrine	769
26.6	Abbau der extrazellulären Matrix	771
26.7	Biochemie und Pathobiochemie des Skelettsystems	773
26.7.1	Die extrazelluläre Matrix von Knorpel und Knochen	773
26.7.2	Zelluläre Bestandteile des Skelettsystems: Differenzierung und Aktivierung von Chondroblasten, Osteoblasten und Osteoclasten	773
26.7.3	Regulation des Knochenwachstums bis zur Pubertät	776
26.7.4	Homöostase des Skelettsystems	776
26.7.5	Hormonelle Regulation des Knochenstoffwechsels	776
26.7.6	Knochenerkrankungen	778
26.8	Biochemie der Haut	779
26.8.1	Aufbau und Funktion der Haut	779
26.8.2	Die Epidermis	779

26.8.3	Die dermo-epidermale Junctionszone	780
26.8.4	Die Dermis	781
26.8.5	Pathobiochemie der Haut	783
	Literatur	786
27	<i>Endokrine Funktionen I: Regulation durch chemische Kommunikation zwischen Zellen</i>	789
	G. LÖFFLER	
27.1	Extrazelluläre Signalmoleküle	790
27.1.1	Extrazelluläre Signalmoleküle und die Kommunikation zwischen Zellen	790
27.1.2	Glanduläre Hormone, Gewebshormone und Zytokine	791
27.1.3	Einteilung extrazellulärer Signalmoleküle nach ihren jeweiligen Funktionen	791
27.2	Stoffwechsel und Analyse von Hormonen und Zytokinen	792
27.2.1	Biosynthese und Sekretion	792
27.2.2	Transport im Blut	793
27.2.3	Abbau und Ausscheidung	793
27.2.4	Methoden zur Konzentrationsbestimmung	793
27.3	Rezeptoren für Hormone und Zytokine	795
27.3.1	Liganden-aktivierte Transkriptionsfaktoren als Rezeptoren	795
27.3.2	Liganden-regulierte Ionenkanäle als Rezeptoren	796
27.3.3	Integrale Membranproteine als Rezeptoren	797
27.4	Prinzip der Signaltransduktion von Membranrezeptoren	799
27.5	Signaltransduktion heptahelicaler Rezeptoren	800
27.5.1	Die Bedeutung heterotrimerer G-Proteine für die Signaltransduktion heptahelicaler Rezeptoren	800
27.5.2	Rezeptoren, die an das Adenylatcyclasesystem gekoppelt sind	801
27.5.3	Rezeptoren, die an die Phospholipase C β gekoppelt sind	803
27.6	Signaltransduktion von Tyrosinkinase-Rezeptoren und Rezeptoren mit assoziierten Proteinkinasen	806
27.7	Membrangebundene Guanylatcyclasen	808
	Literatur	810
28	<i>Endokrine Funktionen II: Zytokine</i>	813
	P. C. HEINRICH, F. SCHAPER, A. TIMMERMAN, A. S. MARTENS, U. LEHMANN	
28.1	Zytokineigenschaften	814
28.2	Einteilung der Zytokine	814
28.2.1	Wachstumsfaktoren	814
28.2.2	Interleukine	816
28.2.3	Interferone	816
28.2.4	Chemokine	816
28.3	Zytokin-Rezeptoren und Signaltransduktionswege	817
28.3.1	Drei Rezeptorspezies	817
28.3.2	Rezeptoraktivierung	818
28.3.3	Rekrutierung zytoplasmatischer Effektorproteine	819

28.4	Spezielle Signaltransduktionsmechanismen	820
28.4.1	PDGF-Signaltransduktion	820
28.4.2	TGF- β -Signaltransduktion	821
28.4.3	Interleukin-1-Signaltransduktion	823
28.4.4	TNF-Signaltransduktion	824
28.4.5	Interleukin-6-Typ-Zytokin-Signaltransduktion	824
28.4.6	Interferon-Signaltransduktion	827
28.4.7	Interleukin-8-Signaltransduktion	829
28.4.8	Notch-Signaltransduktion	829
28.5	Regulation der Signaltransduktion	831
28.5.1	Rezeptor-Expression	831
28.5.2	Rückkopplungsmechanismen	833
	Literatur	835
29	<i>Endokrine Funktionen III:</i>	
	<i>Die schnelle Stoffwechselregulation</i>	837
	G. LÖFFLER, M. KELLERER, H. U. HÄRING	
29.1	Insulin	838
29.1.1	Struktur	838
29.1.2	Biosynthese und Sekretion	839
29.1.3	Plasmakonzentration und Abbau	843
29.1.4	Biologische Wirkungen	843
29.1.5	Molekularer Wirkungsmechanismus	847
29.2	Glucagon	850
29.2.1	Struktur	850
29.2.2	Biosynthese und Sekretion	850
29.2.3	Biologische Wirkungen	852
29.2.4	Molekularer Wirkungsmechanismus	852
29.3	Katecholamine	853
29.3.1	Struktur	853
29.3.2	Biosynthese und Sekretion	853
29.3.3	Biologische Wirkungen	855
29.3.4	Molekularer Wirkungsmechanismus	856
29.3.5	Abbau	857
29.4	Pathobiochemie	859
29.4.1	Insulinmangel – Diabetes mellitus	859
	Literatur	864
30	<i>Endokrine Funktionen IV:</i>	
	<i>Hypothalamisch-hypophysäres System und Zielgewebe</i>	865
	P. E. PETRIDES	
30.1	Hypothalamisch-hypophysäre Beziehungen	867
30.1.1	Hypothalamus	867
30.1.2	Hypophyse	868
30.1.3	Regulation von Hypothalamus und Hypophyse durch die Zielgewebe	868
30.1.4	Hormone des Hypophysenmittel- und -hinterlappens	869
30.1.5	Weitere Hormone des Hypothalamus	869
30.2	Hypothalamus-Hypophysen-Schilddrüsen-Achse	871
30.2.1	Regulatorische Polypeptide des Hypothalamus und der Hypophyse	871
30.2.2	Regulation von Hypothalamus und Hypophyse	872

30.2.3	Hormone der Schilddrüse	873
30.2.4	Transport der Schilddrüsenhormone im Blut	874
30.2.5	Periphere Aktivierung und Abbau von T ₄ und T ₃	875
30.2.6	Molekularer Wirkungsmechanismus der Schilddrüsenhormone	875
30.2.7	Zelluläre Wirkungen der Schilddrüsenhormone	876
30.2.8	Laborchemische Tests zur Bestimmung der Schilddrüsenfunktion	877
30.2.9	Pathobiochemie	877
30.3	Hypothalamus-Hypophysen-Nebennierenrinden- (Zona fasciculata-)Achse	880
30.3.1	Regulatorische Polypeptide des Hypothalamus und der Hypophyse	880
30.3.2	Regulation von Hypothalamus und Hypophyse	881
30.3.3	Hormone der Zona fasciculata der Nebennierenrinde	882
30.3.4	Transport des Cortisols im Blut	883
30.3.5	Abbau des Cortisols	883
30.3.6	Molekularer Wirkungsmechanismus des Cortisols	884
30.3.7	Zelluläre Wirkungen des Cortisols	884
30.3.8	Zusammenhänge zwischen hypothalamisch-hypophysärer NNR-Achse und Immunsystem	886
30.3.9	Laborchemische Tests zur Bestimmung der Zona fasciculata-Funktion	886
30.3.10	Synthetische Glucocorticoidhormone	887
30.3.11	Pathobiochemie	887
30.4	Hypothalamus-Hypophysen-Leydig/Sertoli-Zellachse	888
30.4.1	Regulatorische Polypeptide des Hypothalamus und der Hypophyse	888
30.4.2	Regulation von Hypothalamus und Hypophyse	889
30.4.3	Zielgewebe der Gonadotropine	889
30.4.4	Transport der Androgene im Blut	891
30.4.5	Periphere Aktivierung oder Umwandlung von Testosteron	891
30.4.6	Abbau der Androgene	892
30.4.7	Molekularer Wirkungsmechanismus des Testosterons	892
30.4.8	Zelluläre Wirkungen des Testosterons	892
30.4.9	Synthetische Androgene und Antiandrogene	892
30.4.10	Modulation der LH-Wirkung durch Prolactin	892
30.4.11	Laborchemische Tests zur Bestimmung der Leydig-Zellfunktion	893
30.4.12	Pathobiochemie	893
30.5	Hypothalamus-Hypophysen-Ovar-Uterus-Achse	894
30.5.1	Regulatorische Polypeptide des Hypothalamus und der Hypophyse	894
30.5.2	Regulation von Hypothalamus und Hypophyse	895
30.5.3	Hormone des Ovars (Östrogene und Progesterone)	895
30.5.4	Transport der Hormone im Blut	896
30.5.5	Abbau der Hormone	897
30.5.6	Zyklische Aktivität des Hypothalamus-Hypophysen-Ovar-Systems	897
30.5.7	Molekularer Wirkungsmechanismus der Hormone	900
30.5.8	Zelluläre Wirkungen der Hormone	900
30.5.9	Synthetische Progesterone, Östrogene und Phytoöstrogene ...	902
30.5.10	Laborchemische Tests zur Bestimmung der Ovarfunktion ...	903
30.5.11	Weitere Hormone des Ovars	903
30.5.12	Hormone der Placenta	903

30.6	Hypothalamus-Hypophysen-Leber-Knochen-Achse	904
30.6.1	Regulatorische Polypeptide des Hypothalamus und der Hypophyse	904
30.6.2	Regulation von Hypothalamus und Hypophyse	905
30.6.3	Hormone der Leber	905
30.6.4	Transport der IGF's im Blut	906
30.6.5	Molekularer Wirkungsmechanismus der Somatomedine	906
30.6.6	Zelluläre Wirkungen der IGF's	906
30.6.7	Pathobiochemie	906
	Literatur	907
31	<i>Funktion der Nieren und Regulation des Wasser- und Elektrolythaushaltes</i>	909
	A. KURTZ	
31.1	Die Niere	911
31.1.1	Durchblutung der Niere	911
31.1.2	Aufbau und Funktion der Glomeruli	912
31.1.3	Aufbau des Harnkanalsystems	914
31.1.4	Resorption von Elektrolyten und Wasser	918
31.1.5	Ausscheidung von Protonen und Hydrogencarbonat	922
31.1.6	Säure-Basen-Transport der Tubulusepithelien	923
31.1.7	Reabsorption von Monosacchariden, Peptiden und Aminosäuren	923
31.1.8	Ausscheidung harnpflichtiger Substanzen	925
31.1.9	Energiegewinnung in der Niere	925
31.1.10	Die Niere als endokrines Organ	926
31.2	Der Endharn (Urin)	930
31.2.1	Eigenschaften des Urins	930
31.2.2	Chemische Zusammensetzung des Urins	931
31.2.3	Pathobiochemie des Urins	932
31.2.4	Harn- und Nierensteine	933
31.3	Der Wasserhaushalt	934
31.3.1	Wasserbilanz	934
31.3.2	Hormonelle Regulation des Wasserhaushaltes	936
31.3.3	Pathobiochemie des Wasserhaushaltes	938
31.4	Der Natriumhaushalt	939
31.4.1	Natriumbilanzierung	939
31.4.2	Hormonelle Regulation des Natriumhaushaltes	940
31.4.3	Pathobiochemie des Natriumhaushaltes	945
31.5	Der Kaliumhaushalt	947
31.5.1	Regulation des Kaliumhaushaltes	947
31.5.2	Pathobiochemie des Kaliumhaushaltes	948
31.6	Der Calcium- und Phosphathaushalt	949
31.6.1	Calciumhaushalt	949
31.6.2	Phosphathaushalt	951
31.6.3	Hormonelle Regulation des Calcium- und Phosphatstoffwechsels	953
31.6.4	Pathobiochemie des Calcium- und Phosphathaushaltes	958
31.7	Der Magnesium- und Sulfathaushalt	959
31.7.1	Magnesium	959
31.7.2	Schwefel	961

31.8	Der Säure-Basen-Haushalt	961
31.8.1	Notwendigkeit der Konstanthaltung der Protonenkonzentration	961
31.8.2	Entstehung von Säuren im Stoffwechsel	962
31.8.3	Verteilung der Protonen zwischen Intra- und Extrazellulärraum	964
31.8.4	Puffersysteme	964
31.8.5	Regulation der Protonenkonzentration	965
31.8.6	Pathobiochemie des Säure-Basen-Haushaltes	968
	Literatur	972
32	<i>Blut</i>	975
	P. E. PETRIDES	
32.1	Korpuskuläre Elemente des Blutes	976
32.1.1	Bildung im Knochenmark	976
32.1.2	Thrombocyten	977
32.1.3	Leukocyten	980
32.1.4	Pathobiochemie	983
32.1.5	Erythrocyten	984
32.1.6	Pathobiochemie	988
32.1.7	Hämoglobin	990
32.1.8	Pathobiochemie	999
32.1.9	Erythrocyten-Antigene	1003
32.2	Nicht-respiratorische Funktion der Lungen	1007
32.2.1	Pathobiochemie	1008
32.3	Plasmaproteine	1009
32.3.1	Konzentration, Biosynthese und Abbau von Plasmaproteinen	1009
32.3.2	Trennung von Plasmaproteinen in Einzelfractionen	1010
32.3.3	Die einzelnen Proteinfractionen des Serums	1011
32.3.4	Funktionen der Plasmaproteine	1014
32.3.5	Pathobiochemie	1015
32.4	Blutstillung	1016
32.4.1	Vaskuläre Blutstillung	1017
32.4.2	Zelluläre Blutstillung	1017
32.4.3	Plasmatische Vorgänge (Blutgerinnung)	1018
32.4.4	Fibrinolyse	1025
32.4.5	Pathobiochemie	1026
	Literatur	1028
33	<i>Muskelgewebe</i>	1031
	P. E. PETRIDES, D. O. FÜRST, M. GAUTEL	
33.1	Feinstruktur der Muskulatur	1032
33.1.1	Die quergestreifte Muskulatur	1032
33.1.2	Die glatte Muskulatur	1034
33.2	Die Proteine des kontraktile Apparates	1034
33.2.1	Myosin	1034
33.2.2	Actin	1036
33.2.3	Das Cytoskelett der quergestreiften Muskelzellen	1036
33.3	Molekularer Mechanismus der Muskelkontraktion und -relaxation	1039
33.3.1	Der Querbrückenzyklus	1039

33.3.2	Kopplung zwischen Erregung und Kontraktion	1041
33.3.3	Molekularer Mechanismus der Muskelrelaxation	1043
33.4	Regeneration der Muskelzelle	1045
33.5	Pathobiochemie:	
	Angeborene und erworbene Muskelerkrankungen	1046
33.5.1	Angeborene Muskelkrankheiten	1046
33.5.2	Erworbene Muskelkrankheiten	1050
	Literatur	1051
34	<i>Gehirn und Nervengewebe</i>	1053
	P. E. PETRIDES UND C. M. BECKER	
34.1	Stoffwechsel des Gehirns	1054
34.1.1	Energiestoffwechsel des Gehirns	1054
34.1.2	Blut-Hirn-Schranke und Liquor cerebrospinalis	1055
34.2	Bauelemente des zentralen und peripheren Nervensystems ...	1058
34.2.1	Neurone und Synapsen	1058
34.2.2	Gliazellen und die Produktion von Myelinscheiden	1059
34.2.3	Pathobiochemie der angeborenen peripheren Neuropathien	1060
34.2.4	Pathobiochemie der zentralen neurodegenerativen Erkrankungen	1061
34.3	Erregung und Erregungsleitung – Bioelektrizität	1062
34.3.1	Entstehung von Membranpotentialen	1062
34.3.2	Ionenkanalproteine	1062
34.4	Signalübertragung von Neuron zu Neuron	1065
34.4.1	Allgemeine Prinzipien	1065
34.4.2	Acetylcholin	1068
34.4.3	Dopamin, Noradrenalin und Adrenalin	1069
34.4.4	Glycin, γ -Aminobutyrat (GABA) und Glutamat	1070
34.4.5	Serotonin (5-Hydroxytryptamin, 5HT)	1071
34.4.6	Peptiderge Neurotransmitter	1073
34.4.7	Hormone des Gehirns: Melatonin	1074
34.5	Periphere Nervenregeneration	1075
	Literatur	1076
35	<i>Gastrointestinaltrakt</i>	1077
	G. LÖFFLER	
35.1	Gastrointestinale Sekrete	1078
35.1.1	Speichel	1078
35.1.2	Magensaft	1078
35.1.3	Pankreassekret	1081
35.1.4	Galle	1083
35.1.5	Duodenalsekret	1085
35.1.6	Regulation der gastrointestinalen Sekretion	1085
35.1.7	Pathobiochemie	1090
35.2	Verdauung und Resorption einzelner Nahrungsbestandteile ..	1091
35.2.1	Kohlenhydrate	1092
35.2.2	Fette	1093
35.2.3	Proteine, Peptide und Aminosäuren	1096
35.2.4	Resorption von Wasser und Elektrolyten	1097
35.2.5	Schicksal der Nahrungsstoffe im Colon	1100

35.3	Das Immunsystem des Intestinaltraktes	1100
	Literatur	1102
36	<i>Leber</i>	1103
	G. LÖFFLER UND D. HÄUSSINGER	
36.1	Die zellulären Bestandteile der Leber und ihre anatomischen Beziehungen	1104
36.1.1	Funktion und Aufbau der Leber	1104
36.1.2	Zusammensetzung der Leber	1104
36.2	Funktionen der Leberparenchymzellen	1105
36.2.1	Funktionen im Intermediärstoffwechsel	1105
36.2.2	Biotransformation	1109
36.3	Die Leber als Ausscheidungsorgan	1113
36.3.1	Die Bedeutung der Hepatocyten bei der Gallebildung	1113
36.3.2	Die Funktion der Cholangiocyten bei der Gallebildung	1116
36.4	Funktionen der Nichtparenchymzellen der Leber	1116
36.5	Pathobiochemie	1117
36.5.1	Toxische Leberzellschädigung	1117
36.5.2	Gallensteine	1119
	Literatur	1120
37	<i>Immunsystem</i>	1121
	P. E. PETRIDES UND S. ANSORGE	
37.1	Angeborene oder unspezifische Immunantwort	1122
37.2	Molekulare Instrumente der adaptiven Immunantwort	1123
37.2.1	Chemische Natur von Antigenen	1123
37.2.2	Das HLA-System als Instrument der Antigenpräsentation	1124
37.3	Die zellulären Komponenten des adaptiven Immunsystems	1127
37.4	T-Lymphocyten	1130
37.4.1	Molekularer Mechanismus der T-Zell-Aktivierung	1130
37.4.2	Cytotoxische T-Zellen in der adaptiven Immunantwort	1133
37.5	Antikörper und Antigenrezeptoren von B-Lymphocyten	1135
37.5.1	Aufbau und Vorkommen von Antikörpern	1135
37.5.2	Entstehung der Antikörpervielfalt	1140
37.6	B-Lymphocyten	1143
37.6.1	Reifung und Aktivierung von B-Lymphocyten	1143
37.6.2	Antiseren und monoklonale Antikörper	1146
37.7	Komplementsystem	1148
37.8	Wechselwirkungen zwischen unspezifischer und spezifischer Immunantwort	1151
37.9	Immunabwehr von Mikroorganismen	1152
37.9.1	Bakterienabwehr	1152
37.9.2	Virusabwehr	1154
37.10	Pathobiochemie	1154
37.10.1	Immundefekte	1154
37.10.2	Allergien	1155

37.10.3	Autoimmunkrankheiten	1156
37.10.4	Transplantatabstoßungen	1157
	Literatur	1158
38	<i>Tumorgewebe</i>	1159
	P. E. PETRIDES	
38.1	Fehlregulation des Wachstums und der Differenzierung bei Tumoren	1160
38.2	Tumorentstehung (Cancerogenese)	1161
38.3	Onkogene	1161
38.3.1	Identifizierung von Onkogenen	1161
38.3.2	Funktion von Onkogenen	1161
38.3.3	Protoonkogenaktivierung durch Mutationen	1163
38.4	Antionkogene	1163
38.4.1	Identifizierung von Antionkogenen	1163
38.4.2	Funktionen von Antionkogenen	1166
38.4.3	Inaktivierung von Antionkogenen durch Mutationen	1168
38.5	Kumulative Aktivierung von Onkogenen und Inaktivierung von Antionkogenen beim Mehrschrittprozess der Tumorigenese	1169
38.5.1	Familiäre adenomatöse Polyposis (FAP)	1169
38.5.2	Hereditäre nicht-polypöse colorektale Tumoren	1170
38.5.3	Sporadische colorektale Tumoren	1170
38.6	Entstehung von Fusionsgenen durch Translokationen	1173
38.7	Mechanismen der Invasion und Metastasierung	1175
38.7.1	Invasion und Metastasierung	1175
38.7.2	Wechselwirkungen von Tumorzellen mit der extrazellulären Matrix	1176
38.7.3	Bedeutung von Proteinasen für Invasion und Metastasierung ..	1176
38.8	Tumorentstehung durch Cancerogene	1177
38.8.1	Chemische Cancerogenese	1177
38.8.2	Physikalische Cancerogenese	1179
38.9	Stoffwechsel von Tumorgeweben	1179
38.10	Diagnostik von Tumoren	1179
38.11	Krebstherapie	1180
38.12	Gentherapeutische Ansätze bei Krebserkrankungen	1181
	Literatur	1183
VII	Anhang	1185
	<i>Häufige Abkürzungen</i>	1187
	<i>Sachverzeichnis</i>	1191