

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Bioenergetik und Biokatalyse</b>	<b>1</b>	<b>2.5</b>	<b>Enzymgesteuerte chemische Modifikation von Enzymen (Interkonversion)</b>	<b>33</b>
1.1	Definitionen	1	2.5.1	Phosphorylierung und Dephosphorylierung	34
1.2	Bioenergetik	2	2.5.2	ADP-Ribosylierung	37
1.2.1	Grundlagen der Thermodynamik	2	2.6	Induktion und Repression der Enzymsynthese	37
1.2.2	Reversible und irreversible Reaktionen	6	2.6.1	Mechanismen	38
1.2.3	Fließgleichgewicht	6	2.6.2	Protein-Turnover als Voraussetzung	38
1.2.4	Gekoppelte Reaktionen	7	2.6.3	Beispiele	39
1.2.5	Energiereiche Verbindungen	7	2.7	Limitierte Proteolyse	40
1.3	Biokatalyse	11	2.7.1	Definition	40
1.3.1	Enzyme	11	2.7.2	Wichtige limitierte Proteolysen	40
1.3.2	Cofaktoren	14	2.8	Protein-Protein-Interaktion	41
1.3.3	Enzymkinetik	15			
1.3.4	Hemmung von Enzymen	19			
1.3.5	Enzymaktivität: Einfluss des Milieus	22			
1.3.6	Photometrische Methoden	23	<b>3</b>	<b>Der Kohlenhydratstoffwechsel</b>	<b>43</b>
			3.1	Chemie der Kohlenhydrate	44
<b>2</b>	<b>Prinzipien der Stoffwechselregulation</b>	<b>27</b>	3.1.1	Monosaccharide	44
2.1	Überblick	28	3.1.2	Monosaccharidverbindungen	49
2.2	Regulation der Enzymaktivität durch die Substrat- und Coenzymkonzentration	28	3.2	Mechanismen der Glucoseaufnahme in Zellen	52
2.2.1	Regulation durch die Substratkonzentration	28	3.2.1	Na <sup>+</sup> -Glucose-Symport	53
2.2.2	Regulation durch Limitierung von Coenzymen	29	3.2.2	Glucoseaufnahme durch Transportproteine	53
2.3	Negative Rückkopplung	30	3.3	Die Glykolyse	53
2.3.1	Kompetitive Produkthemmung	30	3.3.1	Einführung	53
2.3.2	Hemmung durch das Endprodukt eines Synthesewegs (Feedback-Hemmung)	30	3.3.2	Die Reaktionen der Glykolyse	54
2.4	Allosterische Regulation	30	3.3.3	Substratkettenphosphorylierung in der Glykolyse	55
2.4.1	Der Mechanismus der allosterischen Regulation	31	3.3.4	Die Weiterverwertung des Pyruvats	58
2.4.2	Kooperativität	31	3.3.5	Energiebilanz der Glykolyse	58
2.4.3	Arten allosterischer Effektoren	32	3.3.6	Regulation der Glykolyse	59
			3.4	Die Gluconeogenese	61
			3.4.1	Einführung	61
			3.4.2	Die Reaktionsfolge der Gluconeogenese	62
			3.4.3	Energiebilanz der Gluconeogenese	64

3.4.4	Regulation der Gluconeogenese . . . . .	65	4.6	Regulation des Fettsäure- und Triacylglycerinstoffwechsels . . . . .	108
3.4.5	Der Cori-(Glucose-Lactat-) und der Alaninzyklus . . . . .	66	4.6.1	Regulation im Fettgewebe . . . . .	108
3.5	Der Pentosephosphatweg . . . . .	68	4.6.2	Regulation in der Leber . . . . .	111
3.5.1	Einführung . . . . .	68	4.7	Stoffwechsel der Phosphoglyceride . . . . .	112
3.5.2	Die Reaktionsabschnitte des Pentosephosphatwegs . . . . .	69	4.7.1	Synthese . . . . .	112
3.5.3	Regulation des Pentosephosphatwegs . . . . .	70	4.7.2	Synthese aus bestehenden Phosphoglyceriden . . . . .	112
3.6	Der Glykogenstoffwechsel . . . . .	72	4.7.3	Abbau von Phosphoglyceriden . . . . .	114
3.6.1	Einführung . . . . .	72	4.8	Stoffwechsel der Sphingolipide . . . . .	114
3.6.2	Glykogensynthese . . . . .	73		Synthese der Sphingolipide . . . . .	114
3.6.3	Glykogenabbau (Glykogenolyse) . . . . .	75	4.8.1	Abbau der Sphingolipide . . . . .	115
3.6.4	Regulation des Glykogenstoffwechsels . . . . .	77	4.8.2	Stoffwechsel des Cholesterins . . . . .	116
3.7	Stoffwechsel weiterer Kohlenhydrate . . . . .	79	4.10	Die Transportform der Lipide: Lipoproteine . . . . .	116
3.7.1	Fructosestoffwechsel . . . . .	79	4.10.1	Aufbau und Einteilung der Lipoproteine . . . . .	117
3.7.2	Galaktosestoffwechsel . . . . .	80		Stoffwechsel der Lipoproteine . . . . .	117
3.7.3	Synthese von Aminozuckern . . . . .	82	4.10.2	Störungen im Lipoproteinstoffwechsel . . . . .	120
3.7.4	Stoffwechsel der Glucuronsäure . . . . .	82	4.10.3		
<b>4</b>	<b>Lipide und Lipidstoffwechsel</b> . . . . .	<b>85</b>	<b>5</b>	<b>Pyruvat-Dehydrogenase-Reaktion und Citratzyklus</b> . . . . .	<b>123</b>
4.1	Überblick über die Lipide . . . . .	86	5.1	Überblick . . . . .	123
4.1.1	Charakteristika der Lipide . . . . .	86	5.2	Die Pyruvat-Dehydrogenase-Reaktion . . . . .	124
4.1.2	Funktionen der Lipide . . . . .	87	5.2.1	Aufbau und Cofaktoren der Pyruvat-Dehydrogenase . . . . .	124
4.2	Einteilung der Lipide . . . . .	88	5.2.2	Die Reaktionsschritte der Pyruvat-Dehydrogenase-Reaktion . . . . .	125
4.2.1	Einfache Lipide . . . . .	89	5.2.3	Regulation der Pyruvat-Dehydrogenase . . . . .	127
4.2.2	Komplexe Lipide . . . . .	90		Der Citratzyklus . . . . .	128
4.3	Abbau von Triacylglycerinen und Fettsäuren . . . . .	91	5.3	Reaktionsprinzip . . . . .	128
4.3.1	Abbau von Triacylglycerinen . . . . .	92	5.3.1	Die Reaktionen des Citratzyklus . . . . .	129
4.3.2	Abbau von Fettsäuren ( $\beta$ -Oxidation) . . . . .	92	5.3.2	Bilanz des Citratzyklus . . . . .	130
4.4	Ketonkörper . . . . .	98	5.3.3	Regulation des Citratzyklus . . . . .	131
4.4.1	Definition und Bedeutung . . . . .	98	5.3.4	Entnahme und Einschleusung von Substraten . . . . .	132
4.4.2	Ketonkörpersynthese . . . . .	98			
4.4.3	Ketonkörperverwertung . . . . .	100			
4.5	Biosynthese der Fettsäuren und Triacylglycerine . . . . .	100			
4.5.1	Fettsäuresynthese . . . . .	100			
4.5.2	Triacylglycerinsynthese . . . . .	108			

<b>6</b>	<b>Atmungskette und oxidative Phosphorylierung .....</b>	135	7.1.3	Die nichtproteinogenen Aminosäuren .....	157
6.1	Überblick .....	136	7.1.4	Ampholytcharakter der Aminosäuren .....	157
6.1.1	Die Atmungskette .....	136	7.2	Peptide und Proteine .....	158
6.1.2	Die oxidative Phosphorylierung .....	136	7.2.1	Die Peptidbindung .....	158
6.1.3	Lokalisation von Atmungskette und oxidativer Phosphorylierung .....	136	7.2.2	Räumliche Struktur der Proteine .....	159
6.2	Die Atmungskette .....	136	7.2.3	Trennung und Sequenzanalyse von Proteinen .....	163
6.2.1	Funktionsprinzip .....	136	7.2.4	Funktion der Peptide und Proteine im Organismus .....	165
6.2.2	Aufbau und Funktionsweise der Atmungskettenkomplexe .....	138	7.3	Proteinabbau .....	166
6.2.3	Beseitigung reaktiver Zwischenprodukte .....	142	7.3.1	Abbau von Nahrungsproteinen .....	166
6.3	Oxidative Phosphorylierung: die mitochondriale ATP-Synthase .....	142	7.3.2	Intrazelluläre Proteolyse .....	167
6.3.1	Bedeutung des Protonengradienten .....	142	7.4	Aminosäureabbau .....	168
6.3.2	Aufbau und Mechanismus der ATP-Synthase .....	144	7.4.1	Transaminierung, Desaminierung und Decarboxylierung .....	168
6.4	Mitochondriale Transportsysteme .....	145	7.4.2	Transport des Ammoniaks zur Leber ..	172
6.4.1	Transport von Reduktionsäquivalenten .....	145	7.4.3	Der Harnstoffzyklus .....	172
6.4.2	Transport von ATP, ADP und Pi .....	147	7.4.4	Abbau des Kohlenstoffskeletts der Aminosäuren .....	175
6.5	Regulation von Atmungskette und oxidativer Phosphorylierung .....	147	7.4.5	Störungen des Aminosäureabbaus ..	182
6.6	Blockade und Entkopplung von Atmungskette und oxidativer Phosphorylierung .....	147	7.5	Aminosäuresynthese .....	183
6.6.1	Blockade von Atmungskette und oxidativer Phosphorylierung .....	147	7.5.1	Übertragung von C <sub>1</sub> -Körpern .....	183
6.6.2	Entkopplung von Atmungskette und oxidativer Phosphorylierung .....	148	7.5.2	Synthese der nichtessenziellen Aminosäuren .....	184
6.6.3	Mitochondriale Thermogenese .....	148	7.6	Aminosäuren als Ausgangsstoffe für Synthesen .....	186
7	<b>Stoffwechsel der Aminosäuren und Proteine .....</b>	151	<b>8</b>	<b>Regulation des Stoffwechsels .....</b>	189
7.1	Aminosäuren .....	152	8.1	Wiederholung der wichtigsten Stoffwechselwege .....	189
7.1.1	Struktur und Einteilung der Aminosäuren .....	152	8.1.1	Kohlenhydratstoffwechsel .....	189
7.1.2	Die proteinogenen Aminosäuren .....	152	8.1.2	Pyruvat-Dehydrogenase, Citratzyklus und oxidative Phosphorylierung .....	190
			8.2	Fettstoffwechsel .....	190
			8.2.1	Bildung von Energiespeichern .....	191
			8.2.2	Schnell eintretende Insulineffekte .....	191
				Langsam eintretende Insulineffekte .....	192

## XVI Inhaltsverzeichnis

8.3	Speicherverwertung .....	192	10.1.3	Funktion .....	227
8.3.1	Wirkung von Glucagon .....	192	10.1.4	Abbau und Wiederverwertung .....	228
8.3.2	Wirkung von Katecholaminen .....	193	10.1.5	Pathobiochemie .....	230
8.3.3	Wirkung von Glucocorticoiden .....	193	10.2	Nukleinsäuren .....	231
8.4	Anpassung der Speicherverwertung an Stoffwechselveränderungen ...	193	10.2.1	Definition und Struktur .....	231
8.4.1	Anpassung an Nahrungskarenz .....	193	10.2.2	Synthese .....	232
8.4.2	Anpassung an körperliche Anstrengung .....	195	10.2.3	Abbau .....	232
8.5	Pathobiochemie .....	195	10.3	Speicherung, Übertragung und Expression genetischer Information .....	233
8.5.1	Diabetes mellitus .....	195	10.3.1	Die genetische Information: das Genom .....	233
8.5.2	Adipositas .....	196	10.3.2	Der Fluss der genetischen Information .....	236
8.5.3	Angeborene Störungen der Energiespeicherverwertung .....	196	10.3.3	Der Schlüssel zur genetischen Information: der genetische Code ..	236
<b>9</b>	<b>Vitamine .....</b>	<b>197</b>	10.3.4	Mutationen, ihre Auswirkungen auf den genetischen Code und ihre Reparatur .....	238
9.1	Allgemeines .....	197	10.3.5	Die Replikation der DNA .....	241
9.1.1	Definition und Klassifikation .....	197	10.3.6	Von DNA zu RNA: die Transkription ..	246
9.1.2	Funktion .....	197	10.3.7	Reifung, Transport und Nachbearbeitung der RNA .....	251
9.1.3	Vorkommen .....	198	10.3.8	Von mRNA zum Protein: die Proteinbiosynthese (Translation) ..	254
9.1.4	Hypo- und Hypervitaminosen .....	198	10.3.9	Fertigstellung der Proteine .....	260
9.2	Wasserlösliche Vitamine .....	198	10.3.10	Regulation der Genexpression .....	261
9.2.1	Thiamin (Vitamin B <sub>1</sub> ) .....	198	10.3.11	Übertragung der genetischen Information bei Bakterien und Viren .....	265
9.2.2	Riboflavin (Vitamin B <sub>2</sub> ) .....	199	10.4	In-vitro-DNA-Rekombination und Gentechnik .....	269
9.2.3	Nikotinsäure oder Nikotinamid .....	200	10.4.1	Molekulare Werkzeuge in der Gentechnik .....	269
9.2.4	Pantothenäsäure .....	201	10.4.2	Übertragung der DNA .....	271
9.2.5	Folsäure .....	204	10.5	Analyse von Nukleinsäuren .....	271
9.2.6	Biotin .....	205	10.5.1	Grundtechniken .....	271
9.2.7	Pyridoxin (Vitamin B <sub>6</sub> ) .....	206	10.5.2	Anwendungsbeispiele .....	274
9.2.8	Cobalamin (Vitamin B <sub>12</sub> ) .....	206	10.6	Faltung und Modifikation von Proteinen .....	275
9.2.9	Ascorbinsäure (Vitamin C) .....	208	10.6.1	Proteinfaltung .....	275
9.3	Fettlösliche Vitamine .....	209	10.6.2	Adressierung von Proteinen .....	277
9.3.1	Tocopherole (Vitamin E) .....	209	10.6.3	Limitierte Proteolyse .....	278
9.3.2	Calciferole (Vitamin D) .....	210			
9.3.3	Phyllochinone (Vitamin K) .....	211			
9.3.4	Retinol (Vitamin A) .....	212			
9.4	Vitaminanaloga (Antivitamine) ...	215			
<b>10</b>	<b>Genetik .....</b>	<b>217</b>			
10.1	Nukleotide .....	218			
10.1.1	Definition und Struktur .....	218	10.6.1	Proteinfaltung .....	275
10.1.2	Synthese .....	220	10.6.2	Adressierung von Proteinen .....	277
			10.6.3	Limitierte Proteolyse .....	278

10.6.4	Proteinglykosylierung .....	279	11.8	Peroxisomen .....	308
10.6.5	Nichtenzymatische Glykosylierung (Glykierung) .....	280	11.8.1	Aufbau .....	308
10.6.6	Verankerung von Proteinen in Membranen .....	281	11.8.2	Funktion .....	309
10.7	Proteolyse .....	281	11.9	Zytoplasma (Zytosol) .....	309
10.7.1	Einteilung der Proteasen (Peptidasen) .....	281	11.10	Zytoskelett .....	309
10.7.2	Lysosomale Proteasen .....	283	11.10.1	Definition .....	309
10.7.3	Zytosolische Proteasen .....	284	11.10.2	Aufbau .....	310
10.8	Tumorentstehung und Tumortherapie: Die Vorgänge auf Gen-Ebene .....	284	11.10.3	Funktion .....	310
10.8.1	Tumorentstehung (Kanzerogenese) ..	284	11.11	Extrazelluläre Matrix .....	311
10.8.2	Tumortherapie durch Zytostatika ...	287	11.11.1	Definition .....	311
			11.11.2	Komponenten .....	311
			11.12	Zellzyklus .....	312
			11.12.1	Ablauf .....	312
			11.12.2	Regulation .....	313
			11.13	Apoptose .....	314
			11.13.1	Definition .....	314
<b>11</b>	<b>Zytologie .....</b>	<b>289</b>	11.13.2	Ablauf .....	314
11.1	Zelltypen .....	290	11.13.3	Bedeutung .....	315
11.1.1	Prokaryonte Zellen .....	290	<b>12</b>	<b>Säure-Basen-Haushalt, Wasser- und Elektrolythaushalt, Spurenelemente .....</b>	<b>317</b>
11.1.2	Eukaryonte Zellen .....	291	12.1	Säure-Basen-Haushalt .....	317
11.1.3	Pro- und eukaryonte Zellen im Vergleich .....	293	12.1.1	Protonenbilanz .....	317
11.2	Membranen .....	293	12.1.2	pH-Regulation .....	318
11.2.1	Membrantypen .....	293	12.2	Wasser- und Elektrolythaushalt .....	322
11.2.2	Aufbau .....	293	12.2.1	Wasserhaushalt .....	322
11.2.3	Synthese und Abbau .....	296	12.2.2	Elektrolythaushalt .....	322
11.2.4	Funktion .....	296	12.3	Spurenelemente .....	328
11.3	Zellkern .....	301	12.3.1	Eisen ( $Fe^{2+}, Fe^{3+}$ ) .....	328
11.3.1	Aufbau .....	301	12.3.2	Kupfer ( $Cu^{2+}, Cu^+$ ) .....	332
11.3.2	Funktion .....	302	12.3.3	Zink ( $Zn^{2+}$ ) .....	333
11.4	Mitochondrien .....	302	12.3.4	Selen (Se) .....	333
11.4.1	Aufbau .....	302	12.3.5	Iod (Iodid = $I^-$ ) .....	333
11.4.2	Funktion .....	303	<b>13</b>	<b>Hormone und Zytokine .....</b>	<b>335</b>
11.5	Lysosomen .....	304	13.1	Allgemeines .....	336
11.5.1	Aufbau .....	304	13.1.1	Definition .....	336
11.5.2	Entstehung .....	304	13.1.2	Klassifikation .....	336
11.5.3	Funktion .....	304	13.1.3	Hormonstoffwechsel .....	336
11.6	Endoplasmatisches Retikulum .....	306	13.1.4	Hormonrezeptoren und Signaltransduktionswege .....	338
11.6.1	Aufbau .....	306			
11.6.2	Funktion .....	306			
11.7	Golgi-Apparat (Dictyosom) .....	307			
11.7.1	Aufbau .....	307			
11.7.2	Funktion .....	307			

## XVIII Inhaltsverzeichnis

13.1.5	Hormonelle Regelkreise . . . . .	343	13.8.3	Interleukine . . . . .	374
13.1.6	Nachweismethoden . . . . .	344	13.8.4	Wachstumsfaktoren . . . . .	375
13.2	<b>Regulation von Wachstum, Differenzierung und Fortpflanzung . . . . .</b>	344	<b>14</b>	<b>Immunsystem . . . . .</b>	<b>377</b>
13.2.1	Growth hormone (GH, Somatotropin, STH) . . . . .	344	14.1	Allgemeines . . . . .	377
13.2.2	Schilddrüsenhormone . . . . .	345	14.1.2	Klassifikation . . . . .	378
13.2.3	Sexualhormone . . . . .	348	14.2	<b>Bestandteile der spezifischen Immunantwort . . . . .</b>	<b>380</b>
13.2.4	Prolaktin . . . . .	353	14.2.1	Antigene . . . . .	380
13.2.5	Oxytocin . . . . .	354	14.2.2	Antikörper . . . . .	384
13.3	<b>Regulation des Stoffwechsels . . . . .</b>	354	14.2.3	B- und T-Lymphozyten . . . . .	388
13.3.1	Insulin . . . . .	354	14.3	Komplementsystem . . . . .	391
13.3.2	Glucagon . . . . .	358	14.3.1	Aufbau . . . . .	391
13.3.3	Katecholamine . . . . .	360	14.3.2	Aktivierung und Funktion . . . . .	392
13.3.4	Glucocorticoide . . . . .	361	14.4	Blutgruppenantigene . . . . .	394
13.4	<b>Regulation von Verdauung und Resorption . . . . .</b>	366	14.5	Immundefekte . . . . .	394
13.4.1	Gastrin . . . . .	366	14.5.1	Allergien . . . . .	394
13.4.2	Sekretin . . . . .	366	14.5.2	AIDS . . . . .	395
13.4.3	Cholezystokinin (Pankreozymin) . . . . .	366	14.5.3	Autoimmunerkrankungen . . . . .	396
13.4.4	Salzsäureproduktion . . . . .	367	15	<b>Blut . . . . .</b>	<b>397</b>
13.4.5	Sekretion des Pankreas . . . . .	367	15.1	Erythrozyten . . . . .	397
13.5	<b>Regulation des Elektrolyt- und Wasserhaushalts . . . . .</b>	367	15.1.1	Überblick . . . . .	397
13.5.1	Mineralocorticoide . . . . .	367	15.1.2	Sauerstoffaufnahme und -versorgung . . . . .	398
13.5.2	Atriales natriuretisches Peptid (ANP) . . . . .	368	15.1.3	CO <sub>2</sub> -Transport . . . . .	403
13.5.3	Antidiuretisches Hormon (ADH, Vasopressin) . . . . .	368	15.1.4	Hämoglobin . . . . .	403
13.6	<b>Regulation des Calcium- und Phosphatstoffwechsels . . . . .</b>	369	15.1.5	Erythropoese und Erythrozytenabbau . . . . .	405
13.6.1	Parathormon . . . . .	369	15.1.6	Stoffwechsel . . . . .	411
13.6.2	Calcitonin . . . . .	370	15.2	Granulozyten, Monozyten und Makrophagen . . . . .	414
13.6.3	Calciferole . . . . .	371	15.2.1	Granulozyten . . . . .	414
13.7	<b>Gewebshormone . . . . .</b>	371	15.2.2	Monozyten und Makrophagen . . . . .	415
13.7.1	Histamin . . . . .	371	15.3	Lymphozyten . . . . .	416
13.7.2	Serotonin (5-Hydroxytryptamin) . . . . .	371	15.4	Blutstillung, Blutgerinnung und Fibrinolyse . . . . .	416
13.7.3	Kinine . . . . .	372	15.4.1	Thrombozyten . . . . .	416
13.7.4	Eikosanoide . . . . .	372	15.4.2	Blutgerinnung . . . . .	418
13.8	<b>Zytokine . . . . .</b>	374	15.4.3	Fibrinolyse . . . . .	423
13.8.1	Proinflammatorische Zytokine . . . . .	374			
13.8.2	Chemokine . . . . .	374			

15.5	<b>Blutplasma</b> .....	424	17.1.3	Bilanz .....	456
15.5.1	Wichtige Serumproteine .....	424	17.1.4	Parenterale Ernährung .....	460
15.5.2	Akute-Phase-Proteine .....	425	17.2	Verdauung und Resorption .....	460
15.5.3	Lipoproteine im Blut .....	426	17.2.1	Verdauungssekrete .....	460
			17.2.2	Kohlenhydrate .....	467
<b>16</b>	<b>Leber</b> .....	427	17.2.3	Proteine .....	468
16.1	Stoffwechsel der Leber .....	427	17.2.4	Lipide .....	469
16.1.1	Energiestoffwechsel .....	428	17.2.5	Vitamine .....	472
16.1.2	Glucosehomöostase .....	428	17.3	Wasser, Elektrolyte, Ballaststoffe ..	472
16.1.3	Lipidstoffwechsel .....	428	17.3.1	Wasser .....	472
16.1.4	Aminosäure- und Proteinstoffwechsel .....	430	17.3.2	Elektrolyte, Mineralstoffe, Spurenelemente .....	473
16.1.5	Weitere Stoffwechselleistungen .....	431	17.3.3	Ballaststoffe .....	475
16.2	Cholesterin .....	432	17.4	Endokrine Funktionen .....	475
16.2.1	Cholesterinbiosynthese .....	432	17.5	Resorptionsstörungen .....	475
16.2.2	Cholesterintransport .....	437	17.5.1	Malabsorption .....	475
16.2.3	Funktionen des Cholesterins .....	437	17.5.2	Maldigestion .....	476
16.2.4	Elimination von Cholesterin .....	438	<b>18</b>	<b>Fettgewebe</b> .....	477
16.3	Gallenflüssigkeit und Gallensäuren .....	438	18.1	Stoffwechselleistungen .....	477
16.3.1	Gallenflüssigkeit .....	438	18.1.1	Resorptionsphase .....	477
16.3.2	Synthese der Gallensäuren .....	439	18.1.2	Postresorptionsphase .....	481
16.3.3	Funktion der Gallensäuren .....	439	18.1.3	Regulation .....	481
16.3.4	Elimination der Gallensäuren .....	441	18.2	Endokrine Funktion .....	482
16.4	Biotransformation .....	441	<b>19</b>	<b>Niere</b> .....	483
16.4.1	Prinzip und Bedeutung .....	441	19.1	Energiestoffwechsel .....	483
16.4.2	Phase I (Funktionalisierungsreaktion) .....	442	19.1.1	Energiegewinnung .....	483
16.4.3	Phase II (Konjugation) .....	443	19.1.2	Gluconeogenese .....	484
16.4.4	Induktion des Biotransformationssystems .....	446	19.2	Endokrine Funktion .....	485
16.5	Endokrine Funktionen .....	446	19.2.1	Erythropoetin .....	485
16.5.1	Hepatische Synthese von Hormonen und Hormonvorstufen .....	446	19.2.2	1,25-Dihydroxycholecalciferol .....	485
			19.2.3	Renin .....	487
			19.3	Grundlagen der Harnbildung .....	488
			19.3.1	Glomeruläre Filtration .....	488
16.5.2	Hepatischer Hormonabbau .....	447	19.3.2	Tubuläre Rückresorption .....	489
			19.3.3	Tubuläre Sekretion .....	491
<b>17</b>	<b>Magen-Darm-Trakt</b> .....	449	19.3.4	Wasserrückresorption und Harnkonzentration .....	491
17.1	Grundlagen der Ernährung .....	449	19.4	Rückresorption .....	492
17.1.1	Wert und Zusammensetzung der Nahrung .....	449	19.4.1	Rückresorption von $\text{Na}^+$ .....	492
17.1.2	Essentielle Nahrungsbestandteile ..	451	19.4.2	Rückresorption von Chlorid .....	493

19.4.3	Rückresorption von Glucose .....	493	<b>22</b>	<b>Nervensystem</b> .....	517
19.4.4	Rückresorption von Aminosäuren und Peptiden .....	493	22.1	Energiestoffwechsel .....	517
19.4.5	Rückresorption von Harnstoff .....	494	22.1.1	Aerobe Glykolyse .....	517
19.4.6	Rückresorption von Bicarbonat .....	494	22.1.2	Ketonkörperabbau .....	518
19.4.7	Rückresorption von Sulfat .....	494	22.2	Blut-Hirn-Schranke, Blut-Liquor-Schranke,	
19.5	Ausscheidung von Protonen und Puffern .....	494	22.2.1	Liquor cerebrospinalis .....	519
19.5.1	Protonenausscheidung .....	494	22.2.2	Blut-Hirn-Schranke .....	519
19.5.2	Puffersysteme im Harn .....	495	22.2.3	Blut-Liquor-Schranke .....	519
			22.3	Liquor cerebrospinalis .....	520
				Myelin .....	520
<b>20</b>	<b>Bewegung</b> .....	497	<b>22.4</b>	Erregungsleitung und -übertragung .....	521
20.1	Kontraktiles Aktomyosinsystem in Muskelzellen .....	497	22.4.1	Membranpotenzial .....	521
20.1.1	Struktur des quergestreiften Muskels .....	498	22.4.2	Rezeptorpotenzial .....	522
20.1.2	Proteine des kontraktilen Apparats ..	498	22.4.3	Aktionspotenzial .....	522
20.1.3	Zytoskelett der Muskelzelle .....	501	22.4.4	Fortleitung der Erregung innerhalb einer Zelle .....	522
20.1.4	Kontraktion und Relaxation .....	502	22.4.5	Übertragung der Erregung auf eine andere Zelle .....	523
20.1.5	Besonderheiten des Herzmuskels ...	504			
20.1.6	Besonderheiten glatter Muskelzellen .....	504	<b>23</b>	<b>Auge</b> .....	525
20.2	Motile Systeme .....	505	23.1	Grundlagen: Photorezeptoren und ihre Sehpigmente .....	525
20.2.1	Mikrotubuläres System .....	505			
20.2.2	Aktin und Myosin in Nichtmuskelzellen .....	507	23.1.1	Aufbau und Funktion der Photorezeptoren .....	525
20.3	Energiestoffwechsel .....	508	23.1.2	Struktur und Synthese der Sehpigmente .....	526
20.3.1	Skelettmuskel .....	508	23.2	Signalentstehung beim Sehvorgang .....	527
20.3.2	Herzmuskel .....	509			
20.3.3	Glatte Muskulatur .....	510	23.3	Signaltransduktion beim Sehvorgang .....	527
20.4	Endokrine Funktionen .....	510			
<b>21</b>	<b>Stützgewebe</b> .....	511	23.3.1	Hyperpolarisation des Photorezeptors .....	527
21.1	Extrazelluläre Matrix .....	511	23.3.2	Weitergabe des Impulses an das 2. Neuron .....	527
21.2	Knorpelgewebe .....	511			
21.3	Knochen .....	512	23.3.3	Wiederherstellung des Ruhemembranpotenzials .....	528
21.3.1	Knochenbildung .....	512			
21.3.2	Knochenabbau .....	514			
21.4	Zahnhartsubstanz .....	515			
				<b>Register</b> .....	529