

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	13	2.5.5	Der Aufbau von Glucose aus Glycerin	46
1.1	Wozu Biochemie?	15	2.5.6	Die Regulation der Gluconeogenese	46
1.2	Der Intermediärstoffwechsel	15	<b>2.6</b>	<b>Der Glykogenstoffwechsel</b>	46
1.3	Die Grundlagen der Immunchemie	15	2.6.1	Überblick	47
1.4	Die Molekularbiologie	15	2.6.2	Der Glykogenaufbau	47
1.5	Die Hormone	16	2.6.3	Der Glykogenabbau	48
1.6	Die Biochemie und das Verständnis klinischer Krankheitsbilder	16	2.6.4	Die Regulation des Glykogenstoffwechsels	48
1.7	Die Biochemie und das Verständnis pharmakotherapeutischer Grundlagen	16	<b>2.7</b>	<b>Der Lactose- und Galactosestoffwechsel</b>	50
1.8	Die Biochemie und klinisch-chemische Parameter	16	2.7.1	Überblick und Funktion	50
1.9	Verknüpfung der Biochemie mit anderen vorklinischen Fächern	17	2.7.2	Der Abbau der Lactose und Galactose	51
			2.7.3	Der Aufbau der Galactose und Lactose	51
<b>2</b>	<b>Kohlenhydrate</b>	19	<b>2.8</b>	<b>Der Fructosestoffwechsel</b>	52
2.1	Grundlagen und Chemie der Kohlenhydrate	21	2.8.1	Überblick und Funktion	52
2.1.1	Überblick und Funktion	21	2.8.2	Der Fructoseabbau	52
2.1.2	Die Monosaccharide	21	2.8.3	Der Fructoseaufbau	53
2.1.3	Die Disaccharide	26			
2.1.4	Die Polysaccharide	27	<b>3</b>	<b>Lipide</b>	55
2.2	Der Stoffwechsel der Kohlenhydrate: Übersicht	32	3.1	Grundlagen und die Chemie der Lipide	57
2.3	Die Glykolyse	32	3.1.1	Überblick und Funktion	57
2.3.1	Überblick und Funktion	32	3.1.2	Die Eigenschaften	57
2.3.2	Die Reaktionen der Glykolyse	34	3.1.3	Der Aufbau	57
2.3.3	Die Energiebilanz	38	3.1.4	Die Fettsäuren (FS)	58
2.3.4	Die Regulation der Glykolyse	38	3.1.5	Die einfachen Lipide: Triacylglycerine (Fette und Öle) und Wachse	58
2.4	Der Pentosephosphatweg (PPW)	39	3.1.6	Die komplexen Lipide: Phospholipide	59
2.4.1	Überblick und Funktion	39	3.1.7	Die komplexen Lipide: Glykolipide	61
2.4.2	Die Lokalisation des Pentosephosphatwegs	40	3.1.8	Die Isoprenoide	61
2.4.3	Die Reaktionen des PPW	40	<b>3.2</b>	<b>Der Stoffwechsel der Fettsäuren</b>	62
2.4.4	Die NADPH + H <sup>+</sup> -Gewinnung durch den Pentosephosphatweg	41	3.2.1	Überblick und Funktion	62
2.4.5	Die Regulation des Pentosephosphatwegs	42	3.2.2	Der Abbau der Fettsäuren (β-Oxidation)	62
2.5	Die Gluconeogenese	42	3.2.3	Die Ketonkörper	67
2.5.1	Überblick und Funktion	42	3.2.4	Die Biosynthese der Fettsäuren („de novo“-Synthese)	71
2.5.2	Die Reaktionen der Gluconeogenese	43	3.2.5	Die Zusammenfassung des Fettsäurestoffwechsels	74
2.5.3	Der Aufbau von Glucose aus glucoplastischen Aminosäuren	45	<b>3.3</b>	<b>Die Lipogenese und die Synthese der Phospholipide</b>	75
2.5.4	Der Aufbau von Glucose aus Lactat (Corizyklus)	45	3.3.1	Überblick und Funktion	75
			3.3.2	Die Lipogenese	75
			3.3.3	Die Synthese der Phospholipide	76
			<b>3.4</b>	<b>Das Cholesterin</b>	77
			3.4.1	Überblick und Funktion	77
			3.4.2	Die verschiedenen Formen des Cholesterins	77

3.4.3	Die Cholesterinbiosynthese	78	<b>5.4 Die Atmungskette (oxidative Phosphorylierung)</b>	130	
3.4.4	Der Cholesterinabbau	79	5.4.1	Überblick und Funktion	130
<b>3.5 Die Lipoproteine</b>		80	5.4.2	Das „Black-Box“-Modell der Atmungskette	130
3.5.1	Überblick und Funktion	80	5.4.3	Die Atmungskette als Elektronentransportkette	130
3.5.2	Der Aufbau	80	5.4.4	Die Lokalisation der Atmungskette	131
3.5.3	Die Einteilung der Lipoproteine	80	5.4.5	Der Transport der reduzierten Coenzyme vom Zytosol ins Mitochondrium	132
3.5.4	Der Lipoproteinstoffwechsel	81	5.4.6	Die einzelnen Komplexe der Atmungskette	133
<b>4 Aminosäuren, Peptide und Proteine</b>		85	5.4.7	Die Protonenausbeute in der Atmungskette	137
<b>4.1 Grundlagen und die Chemie der Aminosäuren</b>		87	5.4.8	Zusammengefasst: Die Vorgänge in der Atmungskette	137
4.1.1	Überblick und Funktion	87	5.4.9	Der Transport von ATP aus dem Mitochondrium in das Zytosol	139
4.1.2	Die Struktur der Aminosäuren	87	5.4.10	Die Hemmung der Atmungskette	139
4.1.3	Die posttranslationale Modifizierung	92	5.4.11	Die Entkopplung der oxidativen Phosphorylierung im braunen Fettgewebe	139
<b>4.2 Peptide und Proteine – das Eiweiß</b>		92	5.4.12	Das ATP – die „Energiewährung“ unseres Körpers	140
4.2.1	Überblick und Funktion	92	<b>6 Enzyme</b>		143
4.2.2	Die Peptidbindung	93	<b>6.1 Einleitung</b>		145
4.2.3	Die räumliche Struktur der Proteine	94	<b>6.2 Grundbegriffe der Energetik und Kinetik</b>		145
4.2.4	Verfahren zur Trennung und zum Nachweis von Proteinen	97	6.2.1	Der Überblick	145
4.2.5	Verfahren zur Strukturauflärung von Proteinen	101	6.2.2	Einige Grundlagen zur Reaktionsenergetik	145
<b>4.3 Der Aminosäurestoffwechsel</b>		101	6.2.3	Einige Grundlagen zur Reaktionskinetik	147
4.3.1	Überblick und Funktion	101	6.2.4	Der Einfluss von Enzymen auf biochemische Reaktionen	149
4.3.2	Die Proteolyse der Proteine	102	<b>6.3 Die Enzymkinetik</b>		151
4.3.3	Der grundsätzliche Abbau der Aminosäuren	103	6.3.1	Der Überblick	151
4.3.4	Der Abbau der einzelnen Aminosäuren	109	6.3.2	Das Modell nach Michaelis und Menten	151
4.3.5	Die Aminosäuren als Vorstufen wichtiger Biomoleküle	116	6.3.3	Die Mechanismen zur Regulation von Enzymen	153
4.3.6	Die Biosynthese der Aminosäuren	119	6.3.4	Der Einfluss von Temperatur und pH-Wert auf die Enzymaktivität	157
<b>5 Endoxidation</b>		121	6.3.5	Das Prinzip der Spektralphotometrie zum Nachweis der Enzymaktivität	157
<b>5.1 Einleitung</b>		123	<b>6.4 Die Einteilung der Enzyme</b>		158
<b>5.2 Der Pyruvatdehydrogenase-Komplex (PDH)</b>		123	6.4.1	Der Überblick	158
5.2.1	Überblick und Funktion	123	6.4.2	Die Enzymklassen	158
5.2.2	Der Aufbau	123	6.4.3	Die Isoenzyme	160
5.2.3	Die einzelnen Reaktionen	124	6.4.4	Die Coenzyme und die prosthetischen Gruppen	161
5.2.4	Die Regulation	125			
<b>5.3 Der Citratzyklus</b>		126			
5.3.1	Überblick und Funktion	126			
5.3.2	Das „Black-Box“-Modell des Citratzyklus	126			
5.3.3	Die einzelnen Reaktionen	127			
5.3.4	Die Energiebilanz	128			
5.3.5	Die Regulation	128			
5.3.6	Der Citratzyklus als das amphibole Zentrum des Intermediärstoffwechsels	129			

<b>6.5</b>	<b>Die Prinzipien der Stoffwechselregulation</b>	162	8.3.3	Die Biosynthese von T <sub>3</sub> und T <sub>4</sub>	196
6.5.1	Der Überblick	162	8.3.4	Die Wirkungen der Schilddrüsenhormone	197
6.5.2	Die Regulation durch die Substratkonzentration	162	<b>8.4</b>	<b>Das Wachstumshormon Somatotropin</b>	199
6.5.3	Die Regulation durch negative Rückkopplung	163	8.4.1	Überblick und Funktion	199
6.5.4	Die allosterische Regulation	163	8.4.2	Die Regulation	199
6.5.5	Die Induktion und Repression der Enzymsynthese	163	8.4.3	Die Wirkungen von STH	199
6.5.6	Die Interkonvertierung	163	<b>8.5</b>	<b>Die Hormone der Nebennierenrinde</b>	200
6.5.7	Die limitierte Proteolyse	164	8.5.1	Überblick und Funktion	200
<b>7</b>	<b>Vitamine und Spurenelemente</b>	165	8.5.2	Die Glucocorticoide	200
<b>7.1</b>	<b>Grundlagen</b>	167	8.5.3	Die Mineralcorticoide	202
7.1.1	Überblick und Funktion	167	<b>8.6</b>	<b>Die Sexualhormone</b>	205
7.1.2	Hypovitaminose, Hypervitaminose, Avitaminose	167	8.6.1	Überblick und Funktion	205
<b>7.2</b>	<b>Die fettlöslichen Vitamine</b>	169	8.6.2	Die Regulation	205
7.2.1	Vitamin A – das Retinol	169	8.6.3	Die Synthese	205
7.2.2	Vitamin D – die Calciferole	171	8.6.4	Die männlichen Sexualhormone	206
7.2.3	Vitamin E – das Tocopherol	172	8.6.5	Die weiblichen Sexualhormone	207
7.2.4	Vitamin K – das Phyllochinon	173	8.6.6	Die Schwangerschaftshormone	207
<b>7.3</b>	<b>Die wasserlöslichen Vitamine</b>	174	8.6.7	Klinische Bezüge	208
7.3.1	Vitamin B <sub>1</sub> – das Thiamin	174	<b>8.7</b>	<b>Die Katecholamine</b>	208
7.3.2	Vitamin B <sub>2</sub> – das Riboflavin	175	8.7.1	Überblick und Funktion	208
7.3.3	Das Niacin	176	8.7.2	Die Synthese	208
7.3.4	Vitamin B <sub>6</sub> – das Pyridoxin	176	8.7.3	Die Wirkungen	209
7.3.5	Die Pantothensäure	177	8.7.4	Der Abbau	209
7.3.6	Vitamin B <sub>12</sub> – das Cobalamin	178	<b>8.8</b>	<b>Das Insulin und das Glukagon</b>	210
7.3.7	Die Folsäure	179	8.8.1	Überblick und Funktion	210
7.3.8	Das Biotin	180	8.8.2	Das Insulin	210
7.3.9	Vitamin C – die L-Ascorbinsäure	181	8.8.3	Das Glukagon	213
<b>7.4</b>	<b>Die Spurenelemente</b>	182	8.8.4	Der Diabetes mellitus	213
7.4.1	Die Funktion der Spurenelemente	182	<b>8.9</b>	<b>Die Hormone des Calciumstoffwechsels</b>	215
7.4.2	Die einzelnen Spurenelemente	182	8.9.1	Überblick und Funktion	215
<b>8</b>	<b>Hormone</b>	185	8.9.2	Die Regulation	215
<b>8.1</b>	<b>Die Grundlagen</b>	187	8.9.3	Das Parathormon	215
8.1.1	Überblick und Funktion	187	8.9.4	Das Calcitonin	215
8.1.2	Die lipophilen Hormone	188	8.9.5	Das Vitamin D (Calcitriol)	216
8.1.3	Die hydrophilen Hormone	188	8.9.6	Zusammenfassung	217
8.1.4	Die hormonelle Regulation	193	<b>8.10</b>	<b>Die Gewebshormone</b>	218
<b>8.2</b>	<b>Die Effektorhormone des Hypothalamus und der Hypophyse</b>	194	8.10.1	Überblick und Funktion	218
8.2.1	Überblick und Funktion	194	8.10.2	Das Serotonin	218
8.2.2	Die Hypothalamushormone ADH und Oxytocin	194	8.10.3	Das Histamin	218
8.2.3	Das Hypophysenhormon Prolaktin	195	8.10.4	Die Eicosanoide	219
<b>8.3</b>	<b>Die Schilddrüsenhormone</b>	195	8.10.5	Die Kinine	221
8.3.1	Überblick und Funktion	195	8.10.6	Die Zytokine	221
8.3.2	Die hormonelle Regulation	195	<b>8.11</b>	<b>Die Hormone des Gastrointestinaltraktes</b>	221
			8.11.1	Überblick und Funktion	221
			8.11.2	Die Hormone des Magens	221
			8.11.3	Die Hormone des Darms	221

<b>9</b>	<b>Ernährung und Verdauung</b>	223	10.5.3	Der Stoffwechsel	264
<b>9.1</b>	<b>Die Ernährung</b>	225	10.5.4	Die Niere als Ausscheidungsorgan	265
9.1.1	Überblick und Funktion	225	10.5.5	Der Mineralhaushalt	267
9.1.2	Der Energiegehalt der Nahrung	225	10.5.6	Die Produktion von Hormonen	270
9.1.3	Die essenziellen Nahrungsbestandteile	226	<b>10.6</b>	<b>Das Bindegewebe</b>	270
9.1.4	Die besondere Bedeutung der Proteine	226	10.6.1	Überblick und Funktion	270
9.1.5	Die künstliche Ernährung	227	10.6.2	Der Aufbau des Bindegewebes	270
<b>9.2</b>	<b>Die Verdauung</b>	227	10.6.3	Die Proteine des Bindegewebes	271
9.2.1	Die Regulation	227	10.6.4	Das Knochengewebe	275
9.2.2	Die Verdauungssekrete	227	10.6.5	Das Knorpelgewebe	275
9.2.3	Die Verdauung der einzelnen Nährstoffe	232			
<b>10</b>	<b>Stoffwechsel der einzelnen Organe</b>	237	<b>11</b>	<b>Blut</b>	277
<b>10.1</b>	<b>Die Leber</b>	239	<b>11.1</b>	<b>Einleitung</b>	279
10.1.1	Überblick und Funktion	239	<b>11.2</b>	<b>Die zellulären Bestandteile des Blutes</b>	279
10.1.2	Der Aufbau	239	11.2.1	Überblick und Funktion	279
10.1.3	Der Kohlenhydratstoffwechsel	240	11.2.2	Die Hämatopoese	279
10.1.4	Der Protein- und Stickstoffstoffwechsel	240	11.2.3	Die Erythrozyten	280
10.1.5	Der Lipidstoffwechsel	242	11.2.4	Die Leukozyten	281
10.1.6	Die Gallensäuren	243	11.2.5	Die Thrombozyten	281
10.1.7	Die Leber als Entgiftungsorgan	244	<b>11.3</b>	<b>Das Hämoglobin und Myoglobin</b>	282
<b>10.2</b>	<b>Das Fettgewebe</b>	248	11.3.1	Überblick und Funktion	282
10.2.1	Überblick und Funktion	248	11.3.2	Das Hämoglobin	282
10.2.2	Der Aufbau	248	11.3.3	Das Myoglobin	288
10.2.3	Der Kohlenhydratstoffwechsel	248	<b>11.4</b>	<b>Der Gastransport</b>	289
10.2.4	Der Lipidstoffwechsel	249	11.4.1	Überblick und Funktion	289
10.2.5	Die Regulation der Nahrungsaufnahme durch Leptin	252	11.4.2	Der Weg des Sauerstoffs von der Lunge in das Gewebe	289
10.2.6	Das braune Fettgewebe	252	11.4.3	Der Weg des CO <sub>2</sub> von den Geweben zur Lunge	290
<b>10.3</b>	<b>Das Muskelgewebe</b>	252	<b>11.5</b>	<b>Die Blutgruppeneigenschaften</b>	292
10.3.1	Überblick und Funktion	252	11.5.1	Der Überblick	292
10.3.2	Der Aufbau	252	11.5.2	Das ABO-System	292
10.3.3	Die Kontraktion	253	11.5.3	Das Rhesus-System	292
10.3.4	Die rote und die weiße Muskulatur	257	<b>11.6</b>	<b>Die Hämostase</b>	293
10.3.5	Der Kohlenhydratstoffwechsel	257	11.6.1	Überblick und Funktion	293
10.3.6	Der Lipidstoffwechsel	257	11.6.2	Die Blutstillung durch Thrombozyten	293
10.3.7	Der Proteinstoffwechsel	258	11.6.3	Die Blutgerinnung	294
10.3.8	Die ATP-Bereitstellung	258	11.6.4	Die Fibrinolyse	299
<b>10.4</b>	<b>Das zentrale Nervensystem</b>	259	<b>11.7</b>	<b>Die Plasmaproteine</b>	299
10.4.1	Überblick und Funktion	259	11.7.1	Überblick und Funktion	299
10.4.2	Der Aufbau	260	11.7.2	Die Analyse der Plasmaproteine	300
10.4.3	Der Kohlenhydratstoffwechsel	260	11.7.3	Dysproteinämien	300
10.4.4	Der Lipidstoffwechsel	261			
10.4.5	Der Proteinstoffwechsel	261	<b>12</b>	<b>Immunsystem</b>	303
10.4.6	Die Neurotransmitter	261	<b>12.1</b>	<b>Einleitung</b>	305
<b>10.5</b>	<b>Niere und Elektrolythaushalt</b>	264	<b>12.2</b>	<b>Die spezifische Immunantwort</b>	305
10.5.1	Überblick und Funktion	264	12.2.1	Überblick und Funktion	305
10.5.2	Der Aufbau	264	12.2.2	Die CD-Moleküle	306
			12.2.3	Die Entstehung und Reifung der Lymphozyten	306

12.2.4	Die T-Lymphozyten (T-Zellen)	307	<b>14</b>	<b>Molekularbiologie</b>	347
12.2.5	Die B-Lymphozyten (B-Zellen)	310	<b>14.1</b>	<b>Die Chemie der Nukleotide</b>	349
12.2.6	Die Antikörper	311	14.1.1	Überblick und Funktion	349
12.2.7	Die Antigene	316	14.1.2	Der Aufbau	349
12.2.8	MHC – Der Major Histocompatibility Complex	316	14.1.3	Die Funktion	351
<b>12.3</b>	<b>Die unspezifische Immunantwort</b>	318	14.1.4	Die Synthese der Nukleotide	351
12.3.1	Überblick und Funktion	318	14.1.5	Die Wiederverwertung (salvage pathway)	355
12.3.2	Das Komplementsystem	318	14.1.6	Der Abbau	356
12.3.3	Das Lysozym	320	14.1.7	Störungen im Nukleotidstoffwechsel	356
12.3.4	Die Zytokine	320	<b>14.2</b>	<b>Die Chemie der Nukleinsäuren</b>	357
12.3.5	Die Zellen der unspezifischen Abwehr	322	14.2.1	Überblick und Funktion	357
<b>12.4</b>	<b>Die Immunantwort: Zusammenfassung</b>	324	14.2.2	Die Prinzipien des Nukleinsäureaufbaus	358
<b>12.5</b>	<b>Störungen des Immunsystems</b>	326	14.2.3	Der Aufbau der DNA	358
12.5.1	Der Überblick	326	14.2.4	Der Aufbau der RNA	360
12.5.2	Die Überempfindlichkeitsreaktionen	326	<b>14.3</b>	<b>Die Replikation der DNA</b>	360
12.5.3	Die Immundefektkrankheiten	326	14.3.1	Überblick und Funktion	360
12.5.4	Die Autoimmunkrankheiten	327	14.3.2	Der Ablauf der Replikation	361
<b>12.6</b>	<b>Wichtige immunologische Nachweisreaktionen</b>	328	14.3.3	Hemmstoffe der DNA-Replikation	367
12.6.1	Überblick und Funktion	328	14.3.4	Ursachen von Mutationen	367
12.6.2	Der Neutralisationstest	328	14.3.5	Die DNA-Reparatur	368
12.6.3	Der Agglutinationstest	328	<b>14.4</b>	<b>Die Transkription</b>	370
12.6.4	Der Präzipitationstest	328	14.4.1	Überblick und Funktion	370
12.6.5	ELISA – Enzyme-linked Immunosorbent Assay	329	14.4.2	Die verschiedenen RNA-Formen	370
12.6.6	Die Komplementbindungsreaktion (KBR)	330	14.4.3	Die RNA-Polymerasen	371
<b>13</b>	<b>Zellbiologie</b>	333	14.4.4	Der Ablauf der Transkription	371
<b>13.1</b>	<b>Die Membranen</b>	335	14.4.5	Die Prozessierung von RNA	377
13.1.1	Überblick und Funktion	335	14.4.6	Die Prozessierung der prä-tRNA	379
13.1.2	Der Aufbau zellulärer Membranen (Plasmamembran)	335	14.4.7	Hemmstoffe der Transkription	379
<b>13.2</b>	<b>Die Zellorganellen und das Zytoskelett</b>	337	<b>14.5</b>	<b>Die Translation</b>	380
13.2.1	Der Überblick	337	14.5.1	Überblick und Funktion	380
13.2.2	Der Zellkern (Nucleus)	337	14.5.2	Die Grundlage: Der genetische Code	380
13.2.3	Das endoplasmatische Retikulum (ER)	339	14.5.3	Das Werkzeug der Translation: Die Transfer-RNA (tRNA)	381
13.2.4	Der Golgi-Apparat	339	14.5.4	Der Ort der Translation: Die Ribosomen	383
13.2.5	Die Lysosomen	339	14.5.5	Der Ablauf der Translation	383
13.2.6	Die Mitochondrien	340	14.5.6	Die Regulation der Translation	386
13.2.7	Die Peroxisomen	341	14.5.7	Die Hemmstoffe der Translation	386
13.2.8	Das Zytoskelett und die extrazelluläre Matrix	341	14.5.8	Die Proteinfaltung	387
<b>13.3</b>	<b>Der Zellzyklus und die Apoptose</b>	342	14.5.9	Die Addressierung und der Transport von Proteinen	387
13.3.1	Der Überblick	342	14.5.10	Die co- bzw. posttranslationale Modifikation von Proteinen	388
13.3.2	Der Ablauf des Zellzyklus	342	<b>14.6</b>	<b>Molekulare Onkologie</b>	389
13.3.3	Die Regulation des Zellzyklus	342	14.6.1	Der Überblick	389
13.3.4	Die Apoptose (programmierter Zelltod)	343	14.6.2	Begriffsdefinitionen	390
			14.6.3	Ausgangspunkte der Tumorentstehung	390

<b>14.7 Molekularbiologische Methoden zur Analyse von Nukleinsäuren</b>	394	<b>15 Anhang</b>	403
14.7.1 Überblick und Funktion	394	<b>15.1 Wichtige chemische Grundlagen</b>	404
14.7.2 Die Werkzeuge	394	<b>15.2 Beispiele für wichtige Moleküle mit ihren Bindungen und Gruppen</b>	409
14.7.3 Die Übertragung von DNA	395	<b>15.3 Stoffwechselübersichten</b>	410
14.7.4 Die Klonierung	395		
14.7.5 Gentherapie	397		
14.7.6 Die Analyse von DNA	397		
14.7.7 Die Analyse von RNA	400	<b>Sachverzeichnis</b>	414