

# Inhalt

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	13	<b>2.6</b>	<b>Der Glykogenstoffwechsel</b>	44
1.1	Wozu Biochemie?	13	2.6.1	Der Glykogenaufbau	45
1.2	Der Intermediärstoffwechsel	13	2.6.2	Der Glykogenabbau	46
1.3	Die Grundlagen der Immunchemie	13	2.6.3	Die Regulation des Glykogenstoffwechsels	46
1.4	Die Molekularbiologie	14	<b>2.7</b>	<b>Der Lactose- und Galactosestoffwechsel</b>	48
1.5	Die Hormone	14	2.7.1	Überblick und Funktion	48
1.6	Die Biochemie und das Verständnis klinischer Krankheitsbilder	14	2.7.2	Der Abbau der Lactose und Galactose	48
1.7	Die Biochemie und das Verständnis pharmakotherapeutischer Grundlagen	14	2.7.3	Der Aufbau der Galactose und Lactose	49
1.8	Die Biochemie und klinisch-chemische Parameter	14	<b>2.8</b>	<b>Der Fructosestoffwechsel</b>	50
1.9	Verknüpfung der Biochemie mit anderen vorklinischen Fächern	15	2.8.1	Überblick und Funktion	50
<b>2</b>	<b>Kohlenhydrate</b>	19	2.8.2	Der Fructoseabbau	50
2.1	Grundlagen und Chemie der Kohlenhydrate	19	2.8.3	Der Fructose-Aufbau	51
2.1.1	Überblick und Funktion	19	<b>3</b>	<b>Lipide</b>	55
2.1.2	Die Monosaccharide	19	3.1	Grundlagen und die Chemie der Lipide	55
2.1.3	Die Disaccharide	24	3.1.1	Überblick und Funktion	55
2.1.4	Die Polysaccharide	25	3.1.2	Die Eigenschaften	55
2.2	Der Stoffwechsel der Kohlenhydrate: Übersicht	30	3.1.3	Der Aufbau	55
2.3	Die Glykolyse	30	3.1.4	Die Fettsäuren (FS)	56
2.3.1	Überblick und Funktion	30	3.1.5	Die einfachen Lipide: Triacylglycerine (Fette und Öle) und Wachse	56
2.3.2	Die Reaktionen der Glykolyse	32	3.1.6	Die komplexen Lipide: Phospholipide	57
2.3.3	Die Energiebilanz	35	3.1.7	Die komplexen Lipide: Glykolipide	59
2.3.4	Die Regulation der Glykolyse	35	3.1.8	Die Isoprenoide	59
2.4	Der Pentosephosphatweg (PPW)	37	<b>3.2</b>	<b>Der Stoffwechsel der Fettsäuren</b>	60
2.4.1	Überblick und Funktion	37	3.2.1	Überblick und Funktion	60
2.4.2	Die Lokalisation des Pentosephosphatwegs	37	3.2.2	Der Abbau der Fettsäuren ( $\beta$ -Oxidation)	60
2.4.3	Die Reaktionen des PPW	37	3.2.3	Die Ketonkörper	65
2.4.4	Die NADPH + H <sup>+</sup> -Gewinnung durch den Pentosephosphatweg	39	3.2.4	Die Biosynthese der Fettsäuren („de novo“-Synthese)	68
2.4.5	Die Regulation des Pentosephosphatwegs	40	3.2.5	Die Zusammenfassung des Fettsäurestoffwechsels	72
2.5	Die Gluconeogenese	40	<b>3.3</b>	<b>Die Lipogenese und die Synthese der Phospholipide</b>	72
2.5.1	Überblick und Funktion	40	3.3.1	Überblick und Funktion	72
2.5.2	Die Reaktionen der Gluconeogenese	40	3.3.2	Die Lipogenese	73
2.5.3	Der Aufbau von Glucose aus glucoplastischen Aminosäuren	43	3.3.3	Die Synthese der Phospholipide	73
2.5.4	Der Aufbau von Glucose aus Lactat (Corizyklus)	43	<b>3.4</b>	<b>Das Cholesterin</b>	75
2.5.5	Der Aufbau von Glucose aus Glycerin	43	3.4.1	Überblick und Funktion	75
2.5.6	Die Regulation der Gluconeogenese	43	3.4.2	Die verschiedenen Formen des Cholesterins	75
			3.4.3	Die Cholesterinbiosynthese	75
			3.4.4	Der Cholesterinabbau	77
			<b>3.5</b>	<b>Die Lipoproteine</b>	77
			3.5.1	Überblick und Funktion	77
			3.5.2	Der Aufbau	77

3.5.3	Die Einteilung der Lipoproteine	77	5.4.4	Die Lokalisation der Atmungskette	127
3.5.4	Der Lipoproteinstoffwechsel	78	5.4.5	Der Transport der reduzierten Coenzyme vom Zytosol ins Mitochondrium	128
<b>4</b>	<b>Aminosäuren, Peptide und Proteine</b>	<b>85</b>	5.4.6	Die einzelnen Komplexe der Atmungskette	129
<b>4.1</b>	<b>Grundlagen und die Chemie der Aminosäuren</b>	<b>85</b>	5.4.7	Die Protonenausbeute in der Atmungskette	133
4.1.1	Überblick und Funktion	85	5.4.8	Zusammengefasst: Die Vorgänge in der Atmungskette	133
4.1.2	Die Struktur der Aminosäuren	85	5.4.9	Der Transport von ATP aus dem Mitochondrium in das Zytosol	135
4.1.3	Die posttranslationale Modifizierung	90	5.4.10	Die Hemmung der Atmungskette	135
<b>4.2</b>	<b>Peptide und Proteine – das Eiweiß</b>	<b>90</b>	5.4.11	Die Entkopplung der oxidativen Phosphorylierung im braunen Fettgewebe	135
4.2.1	Überblick und Funktion	91	5.4.12	Das ATP – die „Energiewährung“ unseres Körpers	135
4.2.2	Die Peptidbindung	91			
4.2.3	Die räumliche Struktur der Proteine	92	<b>6</b>	<b>Enzyme</b>	<b>141</b>
4.2.4	Verfahren zur Trennung und zum Nachweis von Proteinen	95	<b>6.1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>141</b>
4.2.5	Verfahren zur Strukturaufklärung von Proteinen	97	<b>6.2</b>	<b>Grundbegriffe der Energetik und Kinetik</b>	<b>141</b>
<b>4.3</b>	<b>Der Aminosäurestoffwechsel</b>	<b>98</b>	6.2.1	Der Überblick	141
4.3.1	Überblick und Funktion	98	6.2.2	Einige Grundlagen zur Reaktionsenergetik	141
4.3.2	Die Proteolyse der Proteine	99	6.2.3	Einige Grundlagen zur Reaktionskinetik	143
4.3.3	Der grundsätzliche Abbau der Aminosäuren	99	6.2.4	Der Einfluss von Enzymen auf biochemische Reaktionen	145
4.3.4	Der Abbau der einzelnen Aminosäuren	105	<b>6.3</b>	<b>Die Enzymkinetik</b>	<b>147</b>
4.3.5	Die Aminosäuren als Vorstufen wichtiger Biomoleküle	111	6.3.1	Der Überblick	147
4.3.6	Die Biosynthese der Aminosäuren	115	6.3.2	Das Modell nach Michaelis und Menten	147
<b>5</b>	<b>Endoxidation</b>	<b>119</b>	6.3.3	Die Mechanismen zur Regulation von Enzymen	149
<b>5.1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>119</b>	6.3.4	Der Einfluss von Temperatur und pH-Wert auf die Enzymaktivität	152
<b>5.2</b>	<b>Der Pyruvatdehydrogenase-Komplex (PDH)</b>	<b>119</b>	6.3.5	Das Prinzip der Spektralphotometrie zum Nachweis der Enzymaktivität	153
5.2.1	Überblick und Funktion	119	<b>6.4</b>	<b>Die Einteilung der Enzyme</b>	<b>154</b>
5.2.2	Der Aufbau	119	6.4.1	Der Überblick	154
5.2.3	Die einzelnen Reaktionen	120	6.4.2	Die Enzymklassen	154
5.2.4	Die Regulation	121	6.4.3	Die Isoenzyme	157
<b>5.3</b>	<b>Der Citratzyklus</b>	<b>122</b>	6.4.4	Die Coenzyme und die prosthetischen Gruppen	157
5.3.1	Überblick und Funktion	122	<b>6.5</b>	<b>Die Prinzipien der Stoffwechselregulation</b>	<b>158</b>
5.3.2	Das „Black Box“-Modell des Citratzyklus	122	6.5.1	Der Überblick	158
5.3.3	Die einzelnen Reaktionen	122	6.5.2	Die Regulation durch die Substratkonzentration	159
5.3.4	Die Energiebilanz	124	6.5.3	Die Regulation durch negative Rückkopplung	159
5.3.5	Die Regulation	124	6.5.4	Die allosterische Regulation	159
5.3.6	Der Citratzyklus als das amphibole Zentrum des Intermediärstoffwechsels	125	6.5.5	Die Induktion und Repression der Enzymsynthese	159
<b>5.4</b>	<b>Die Atmungskette (oxidative Phosphorylierung)</b>	<b>126</b>			
5.4.1	Überblick und Funktion	126			
5.4.2	Das „Black Box“-Modell der Atmungskette	126			
5.4.3	Die Atmungskette als Elektronentransportkette	126			

6.5.6	Die Interkonvertierung	159
6.5.7	Die limitierte Proteolyse	160

---

## 7 Vitamine und Spurenelemente 163

<b>7.1 Grundlagen</b>	163
7.1.1 Überblick und Funktion	163
7.1.2 Hypovitaminose, Hypervitaminose, Avitaminose	163
<b>7.2 Die fettlöslichen Vitamine</b>	165
7.2.1 Vitamin A – das Retinol	165
7.2.2 Vitamin D – die Calciferole	167
7.2.3 Vitamin E – das Tocopherol	168
7.2.4 Vitamin K – das Phyllochinon	168
<b>7.3 Die wasserlöslichen Vitamine</b>	170
7.3.1 Vitamin B <sub>1</sub> – das Thiamin	170
7.3.2 Vitamin B <sub>2</sub> – das Riboflavin	171
7.3.3 Das Niacin	172
7.3.4 Vitamin B6 – das Pyridoxin	172
7.3.5 Die Pantothersäure	173
7.3.6 Vitamin B <sub>12</sub> – das Cobalamin	174
7.3.7 Die Folsäure	175
7.3.8 Das Biotin	176
7.3.9 Vitamin C – die L-Ascorbinsäure	177
<b>7.4 Die Spurenelemente</b>	178
7.4.1 Die Funktion der Spurenelemente	178
7.4.2 Die einzelnen Spurenelemente	179

---

## 8 Hormone 183

<b>8.1 Die Grundlagen</b>	183
8.1.1 Überblick und Funktion	183
8.1.2 Die lipophilen Hormone	184
8.1.3 Die hydrophilen Hormone	184
8.1.4 Die hormonelle Regulation	189
<b>8.2 Die Effektorhormone des Hypothalamus und der Hypophyse</b>	189
8.2.1 Überblick und Funktion	189
8.2.2 Die Hypothalamushormone ADH und Ocytocin	189
8.2.3 Das Hypophysenhormon Prolaktin	190
<b>8.3 Die Schilddrüsenhormone</b>	190
8.3.1 Überblick und Funktion	190
8.3.2 Die hormonelle Regulation	190
8.3.3 Die Biosynthese von T <sub>3</sub> und T <sub>4</sub>	191
8.3.4 Die Wirkungen der Schilddrüsenhormone	191
<b>8.4 Das Wachstumshormon Somatotropin</b>	193
8.4.1 Überblick und Funktion	193
8.4.2 Die Regulation	193
8.4.3 Die Wirkungen von STH	194

<b>8.5 Die Hormone der Nebennierenrinde</b>	194
8.5.1 Überblick und Funktion	194
8.5.2 Die Glucocorticoide	195
8.5.3 Die Mineralcorticoide	196
<b>8.6 Die Sexualhormone</b>	199
8.6.1 Überblick und Funktion	199
8.6.2 Die Regulation	199
8.6.3 Die Synthese	200
8.6.4 Die männlichen Sexualhormone	200
8.6.5 Die weiblichen Sexualhormone	201
8.6.6 Die Schwangerschaftshormone	201
8.6.7 Klinische Bezüge	202
<b>8.7 Die Katecholamine</b>	202
8.7.1 Überblick und Funktion	202
8.7.2 Die Synthese	202
8.7.3 Die Wirkungen	203
8.7.4 Der Abbau	203
<b>8.8 Das Insulin und das Glukagon</b>	204
8.8.1 Überblick und Funktion	204
8.8.2 Das Insulin	204
8.8.3 Das Glukagon	206
8.8.4 Der Diabetes mellitus	207
<b>8.9 Die Hormone des Calciumstoffwechsels</b>	208
8.9.1 Überblick und Funktion	208
8.9.2 Die Regulation	208
8.9.3 Das Parathormon	208
8.9.4 Das Calcitonin	209
8.9.5 Das Vitamin D	209
8.9.6 Zusammenfassung	210
<b>8.10 Die Gewebshormone</b>	211
8.10.1 Überblick und Funktion	211
8.10.2 Das Serotonin	211
8.10.3 Das Histamin	211
8.10.4 Die Eicosanoide	212
8.10.5 Die Kinine	213
8.10.6 Die Zytokine	213
<b>8.11 Die Hormone des Gastrointestinal-Traktes</b>	213
8.11.1 Überblick und Funktion	213
8.11.2 Die Hormone des Magens	214
8.11.3 Die Hormone des Darms	214

---

## 9 Ernährung und Verdauung 217

<b>9.1 Die Ernährung</b>	217
9.1.1 Überblick und Funktion	217
9.1.2 Der Energiegehalt der Nahrung	217
9.1.3 Die essenziellen Nahrungsbestandteile	218
9.1.4 Die besondere Bedeutung der Proteine	218
9.1.5 Die künstliche Ernährung	219

<b>9.2 Die Verdauung</b>	219
9.2.1 Die Regulation	219
9.2.2 Die Verdauungssekrete	219
9.2.3 Die Verdauung der einzelnen Nährstoffe	224

## **10 Stoffwechsel der einzelnen Organe** 231

<b>10.1 Die Leber</b>	231
10.1.1 Überblick und Funktion	231
10.1.2 Der Aufbau	231
10.1.3 Der Kohlenhydratstoffwechsel	232
10.1.4 Der Protein- und Stickstoffstoffwechsel	232
10.1.5 Der Lipidstoffwechsel	234
10.1.6 Die Gallensäuren	235
10.1.7 Die Leber als Entgiftungsorgan	236
<b>10.2 Das Fettgewebe</b>	240
10.2.1 Überblick und Funktion	240
10.2.2 Der Aufbau	240
10.2.3 Der Kohlenhydratstoffwechsel	240
10.2.4 Der Lipidstoffwechsel	241
10.2.5 Die Regulation der Nahrungsaufnahme durch Leptin	243
10.2.6 Das braune Fettgewebe	244
<b>10.3 Das Muskelgewebe</b>	244
10.3.1 Überblick und Funktion	244
10.3.2 Der Aufbau	244
10.3.3 Die Kontraktion	245
10.3.4 Die rote und die weiße Muskulatur	248
10.3.5 Der Kohlenhydratstoffwechsel	248
10.3.6 Der Lipidstoffwechsel	249
10.3.7 Der Proteinstoffwechsel	249
10.3.8 Die ATP-Bereitstellung	250

<b>10.4 Das zentrale Nervensystem</b>	251
10.4.1 Überblick und Funktion	251
10.4.2 Der Aufbau	251
10.4.3 Der Kohlenhydratstoffwechsel	252
10.4.4 Der Lipidstoffwechsel	252
10.4.5 Der Proteinstoffwechsel	252
10.4.6 Die Neurotransmitter	252

<b>10.5 Niere und Elektrolyt-Haushalt</b>	255
10.5.1 Überblick und Funktion	255
10.5.2 Der Aufbau	256
10.5.3 Der Stoffwechsel	256
10.5.4 Die Niere als Ausscheidungsorgan	257
10.5.5 Der Mineralhaushalt	259
10.5.6 Die Produktion von Hormonen	261

<b>10.6 Das Bindegewebe</b>	262
10.6.1 Überblick und Funktion	262
10.6.2 Der Aufbau des Bindegewebes	262
10.6.3 Die Proteine des Bindegewebes	263
10.6.4 Das Knochengewebe	266
10.6.5 Das Knorpelgewebe	266

## **11 Blut** 271

<b>11.1 Einleitung</b>	271
<b>11.2 Die zellulären Bestandteile des Blutes</b>	271
11.2.1 Überblick und Funktion	271
11.2.2 Die Hämatopoese	271
11.2.3 Die Erythrozyten	272
11.2.4 Die Leukozyten	273
11.2.5 Die Thrombozyten	273
<b>11.3 Das Hämoglobin und Myoglobin</b>	274
11.3.1 Überblick und Funktion	274
11.3.2 Das Hämoglobin	274
11.3.3 Das Myoglobin	280
<b>11.4 Der Gastransport</b>	280
11.4.1 Überblick und Funktion	280
11.4.2 Der Weg des Sauerstoffs von derLunge in das Gewebe	281
11.4.3 Der Weg des CO <sub>2</sub> von den Geweben zur Lunge	282
<b>11.5 Die Blutgruppeneigenschaften</b>	283
11.5.1 Der Überblick	283
11.5.2 Das AB0-System	284
11.5.3 Das Rhesus-System	284
<b>11.6 Die Hämostase</b>	284
11.6.1 Überblick und Funktion	285
11.6.2 Die Blutstillung durch Thrombozyten	285
11.6.3 Die Blutgerinnung	286
11.6.4 Die Fibrinolyse	291
<b>11.7 Die Plasmaproteine</b>	291
11.7.1 Überblick und Funktion	291
11.7.2 Die Analyse der Plasmaproteine	291
11.7.3 Dysproteinämien	292

## **12 Immunsystem** 297

<b>12.1 Einleitung</b>	297
<b>12.2 Die spezifische Immunantwort</b>	297
12.2.1 Überblick und Funktion	297
12.2.2 Die CD-Moleküle	298
12.2.3 Die Entstehung und Reifung der Lymphozyten	298
12.2.4 Die T-Lymphozyten (T-Zellen)	299
12.2.5 Die B-Lymphozyten (B-Zellen)	302
12.2.6 Die Antikörper	303
12.2.7 Die Antigene	308
12.2.8 MHC – Der Major Histocompatibility Complex	308
<b>12.3 Die unspezifische Immunantwort</b>	310
12.3.1 Überblick und Funktion	310
12.3.2 Das Komplementsystem	310
12.3.3 Das Lysozym	312
12.3.4 Die Zytokine	312
12.3.5 Die Zellen der unspezifischen Abwehr	313

<b>12.4 Die Immunantwort: Zusammenfassung</b>	315	<b>14.2 Die Chemie der Nukleinsäuren</b>	347
<b>12.5 Störungen des Immunsystems</b>	316	14.2.1 Überblick und Funktion	347
12.5.1 Der Überblick	316	14.2.2 Die Prinzipien des Nukleinsäure- Aufbaus	347
12.5.2 Die Überempfindlichkeitsreaktionen	316	14.2.3 Der Aufbau der DNA	348
12.5.3 Die Immundefektkrankheiten	318	14.2.4 Der Aufbau der RNA	349
12.5.4 Die Autoimmunkrankheiten	318	<b>14.3 Die Replikation der DNA</b>	350
<b>12.6 Wichtige immunologische Nachweisreaktionen</b>	319	14.3.1 Überblick und Funktion	350
12.6.1 Überblick und Funktion	319	14.3.2 Der Ablauf der Replikation	350
12.6.2 Der Neutralisationstest	319	14.3.3 Hemmstoffe der DNA-Replikation	354
12.6.3 Der Agglutinationstest	319	14.3.4 Die DNA-Reparatur	356
12.6.4 Der Präzipitationstest	320	<b>14.4 Die Transkription</b>	357
12.6.5 ELISA – enzyme linked immuno sorbent assay	320	14.4.1 Überblick und Funktion	357
12.6.6 Die Komplementbindungsreaktion (KBR)	321	14.4.2 Die verschiedenen RNA-Formen	357
12.6.7 Der Western Blot	321	14.4.3 Der Ablauf der Transkription	358
		14.4.4 Die posttranskriptionale Modifikation von RNA (RNA-Reifung)	360
		14.4.5 Hemmstoffe der Transkription	362
<b>13 Zellbiologie</b>	327	<b>14.5 Die Translation</b>	362
<b>13.1 Die Membranen</b>	327	14.5.1 Überblick und Funktion	362
13.1.1 Überblick und Funktion	327	14.5.2 Die Grundlage: Der genetische Code	363
13.1.2 Der Aufbau zellulärer Membranen (Plasmamembran)	327	14.5.3 Das Werkzeug: Die transfer-RNA (tRNA)	363
<b>13.2 Die Zellorganellen und das Zytoskelett</b>	329	14.5.4 Der Ort: Die Ribosomen	365
13.2.1 Der Überblick	329	14.5.5 Der Ablauf der Translation	365
13.2.2 Der Zellkern (Nukleus)	329	14.5.6 Hemmstoffe der Translation	367
13.2.3 Das endoplasmatische Retikulum (ER)	330	14.5.7 Die Proteinfaltung	368
13.2.4 Der Golgi-Apparat	331	14.5.8 Der Transport von Proteinen	368
13.2.5 Die Lysosomen	331	14.5.9 Die co- bzw. posttranslationale Modifikation von Proteinen	369
13.2.6 Die Mitochondrien	332	<b>14.6 Molekulare Onkologie</b>	370
13.2.7 Die Peroxisomen	333	14.6.1 Der Überblick	370
13.2.8 Das Zytoskelett und die extrazelluläre Matrix	333	14.6.2 Begriffsdefinitionen	370
<b>13.3 Der Zellzyklus und die Apoptose</b>	333	14.6.3 Ausgangspunkte der Tumorentstehung	370
13.3.1 Der Überblick	334	<b>14.7 Molekularbiologische Methoden zur Analyse von Nukleinsäuren</b>	374
13.3.2 Der Ablauf des Zellzyklus	334	14.7.1 Überblick und Funktion	374
13.3.3 Die Regulation des Zellzyklus	334	14.7.2 Die Werkzeuge	374
13.3.4 Die Apoptose (programmierter Zelltod)	334	14.7.3 Die Übertragung von DNA	375
		14.7.4 Die Klonierung	376
		14.7.5 Die Analyse von DNA	376
		14.7.6 Die Analyse von RNA	380
<b>14 Molekularbiologie</b>	339	<b>15 Anhang</b>	384
<b>14.1 Die Chemie der Nukleotide</b>	339	<b>15.1 Wichtige chemische Grundlagen</b>	384
14.1.1 Überblick und Funktion	339	<b>15.2 Beispiele für wichtige Moleküle mit ihren Bindungen und Gruppen</b>	388
14.1.2 Der Aufbau	339	<b>15.3 Stoffwechselübersichten</b>	389
14.1.3 Die Funktion	341		
14.1.4 Die Synthese der Nukleotide	341		
14.1.5 Die Wiederverwertung (Salvage Pathway)	345		
14.1.6 Der Abbau	345		
14.1.7 Störungen im Nukleotidstoffwechsel	346		