

■haltsverzeichnis

Zelle und Chemie		
Einleitung	2	
1 Die Zelle – eine kleine Hausführung	2	
1.1 Die Zellmembran und was sie alles zusammenhält	2	
1.2 Zellorganellen – die verschiedenen Räume der Zelle	2	
Der Zellkern – oder irgendeiner muss einfach alles wissen	3	
Mitochondrien – die Kraftwerke der Zelle	3	
Ribosomen – die Produktionsstätten für Eiweiße	3	
Das Endoplasmatische Retikulum – erste Station beim Export	4	
Der Golgi-Apparat – zweite Station beim Export	4	
Lysosomen – die Müllbeseitiger	5	
Peroxisomen – die Entgifter	5	
1.3 Das Zytoskelett – Stütze und Bewegung	5	
1.4 Stofftransport in die Zelle hinein und aus der Zelle heraus	6	
1.5 Zellkontakte – oder wie der Mensch zusammenhält	7	
1.6 Extrazelluläre Matrix – oder was zwischen den Zellen ist	7	
2 Allgemeine Chemie	8	
2.1 Die chemische Bindung	8	
Die Oktettregel	8	
Freie Elektronen und mehr oder weniger freie Elektronenpaare	10	
Die Elektronegativität	10	
Starke Bindungen – Hauptvalenzen	11	
Schwache Bindungen – Nebenvalenzen	12	
2.2 Funktionelle Gruppen und deren Reaktionen	13	
Wichtige sauerstoffhaltige funktionelle Gruppen	13	
Wichtige schwefelhaltige funktionelle Gruppen	16	
Wichtige stickstoffhaltige funktionelle Gruppen	16	
2.3 Reaktionen einer menschlichen Zelle	17	
Die Grundreaktionstypen	17	
Die Rolle der Säure-Basen-Reaktionen	18	
2.4 Isomerien – mal ganz in Ruhe	19	
Konstitutionsisomerie	19	
Stereoisomerie	19	
2.5 Mesomerie – nichts ist so, wie es scheint	22	
3 Kohlenhydrate	23	
3.1 Was sind Kohlenhydrate?	23	
3.2 Monosaccharide	24	
Hexosen – die 6er-Zucker	24	
Pentosen – die 5er-Zucker	27	
Reaktionen der Monosaccharide	27	
Nachweismethoden	28	
3.3 Disaccharide	29	
Maltose und Isomaltose – Malzzucker	30	
Laktose – Milchzucker	30	
Saccharose – Rohrzucker / Rübenzucker	31	
3.4 Oligosaccharide	31	
3.5 Polysaccharide	31	
Homoglykane	31	
Heteroglykane	32	
4 Lipide	34	
4.1 Was sind Lipide?	34	
Aufgaben der Lipide	35	
Einteilung der Lipide	35	
4.2 Fettsäuren	35	
Gesättigt oder ungesättigt?	36	
Essenziell oder nicht essenziell?	37	
Geradzahlig oder ungeradzahlig?	37	
Zur Namensgebung	37	
4.3 Glycerolipide	38	
Triacylglycerin (TAG) – das klassische Fett	38	
Glycerophosphatide – Membranfett	38	
4.4 Sphingosinderivate – Membranfett für Nerven	39	
Sphingosinphosphatide	40	
Glykolipide	40	
4.5 Isoprenderivate – fettige Vielfalt	41	
Die Terpene	41	
Die Steroide	42	
5 Aminosäuren und Proteine	44	
5.1 Aminosäuren	44	
Die 20 proteinogenen Aminosäuren	44	
Nichtproteinogene Aminosäuren	47	
Eigenschaften der Aminosäuren	47	
Reaktionen der Aminosäuren	49	

5.2	Peptide und Proteine	50
	Die Peptidbindung	50
	Auf- und Abbau der Proteine	51
	Benennung der Peptide	51
	Räumliche Anordnung von Proteinen	52
	Denaturieren und Fällern	54
	Auftrennung von Proteinen – die Elektro- phorese	55
	Funktionen der Proteine im Körper	55
	Prionen – ganz besondere Proteine	56

Stoffwechsel

1	Enzyme	60
1.1	Einige Begriffe zur Energie vorweg	60
	Enthalpie und Entropie	60
	Wann läuft eine Reaktion nun freiwillig ab? – Die freie Energie	61
1.2	Wie funktioniert nun ein Enzym?	62
	Kleine Teilreaktionen anstatt einer großen – das Geheimnis eines Kats	62
	Beschleunigung durch Herabsetzung der Aktivierungsenergie	63
	Enzyme sind Proteine mit einem Aktiven Zentrum	63
	Reaktionsgeschwindigkeit und Reaktions- ordnung	64
1.3	Enzymkinetik	65
	Frau Menten, Herr Michaelis und ihre Theorien	65
1.4	Regulation der Enzymaktivität	67
	Mechanismen der Regulation	67
	Isoenzyme	70
1.5	Umgebungsbedingungen	71
	Optimale Arbeitsbereiche	71
	Coenzyme und prosthetische Gruppen	71
1.6	Enzymklassen	72
	Klasse 1: Oxidoreduktasen	72
	Klasse 2: Transferasen	73
	Klasse 3: Hydrolasen	73
	Klasse 4: Synthasen	74
	Klasse 5: Isomerasen	74
	Klasse 6: Synthetasen	74
	Synthasen – Synthetasen	75
1.7	Enzyme am Krankenbett – Diagnose und Therapie	75
	Enzymdiagnostik	75
	Therapie mit Enzymhemmern	76

2	Stoffwechsel der Kohlenhydrate	77
2.1	Einleitung	77
	Überblick über die stoffwechselrelevanten Kohlenhydrate	77
	Was können unsere Zellen mit Kohlenhydraten anfangen?	77
	Vom Teller bis in unsere Zellen	78
	Der Kohlenhydrat-Stoffwechsel und unser Organismus	81
	Grundmechanismen der Regulation	82
2.2	Die Glykolyse	83
	Vorbereitungsphase – von Glukose zu Glyceral-3-Phosphat	84
	Die Phase der Energieerzeugung – von Glyceral-3-Phosphat zu Pyruvat	85
	Wie NADH/H ⁺ zur Atmungskette gelangt	87
	Regulation der Glykolyse oder die Frage nach der Geschwindigkeit	89
2.3	Schicksal des Pyruvats unter aeroben und anaeroben Bedingungen	92
	Aerober Abbau – Pyruvat-Dehydrogenase	93
	Anaerober Abbau – Laktat-Dehydrogenase	97
	Energiegewinn mit und ohne Sauerstoff – ein Ausblick	99
2.4	Der Pentosephosphatweg – ein Glykolyse- konkurrent?	99
	Teil 1 – oxidativ und irreversibel	100
	Teil 2 – nicht-oxidativ und reversibel	101
	Aufgaben des NADPH/H ⁺	102
	Aufgaben der Ribose	102
	Regulation des Pentosephosphatweges	102
	Ein defektes Enzym oder wenn Erythrozyten platzen	102
2.5	Der Glykogen-Stoffwechsel	103
	Welche Organe besitzen Glykogen-Vorräte?	103
	Glykogen-Struktur	104
	Glykogen-Biosynthese	104
	Glykogen-Abbau	107
	Regulation des Glykogen-Stoffwechsels	109
	Wenn die Leber 10 kg wiegt	110
2.6	Die Glukoneogenese	110
	Welche Organe betreiben Glukoneogenese?	111
	Umgehung der drei irreversiblen Reaktionen der Glykolyse	112
	Substrate des Zuckeraufbaus	114
	Die Glukoneogenese und ihre drei Kompartimente in der Zelle	115
	Energiebilanz – oder was kostet Glukose?	116
	Regulation der Glukoneogenese	117
2.7	Andere Monosaccharide – oder noch ein paar süße Moleküle	117
	Fruktose	118
	Galaktose	119
	Mannose	121
	Aminozucker	121

3	Stoffwechsel der Lipide	123	Proteine, Aminosäuren und Krankheiten	164
3.1	Einleitung	123	Regulation des Protein- und Aminosäure-	164
	Überblick über die stoffwechselrelevanten		stoffwechsels	
	Lipide	123	4.2 Stoffwechsel der Proteine	164
	Was können unsere Zellen mit Lipiden		Protein-Biosynthese	165
	anfangen?	124	Proteinabbau	166
	Vom Teller bis in unsere Zellen	126	4.3 Stoffwechsel der Aminosäuren	168
	Lipide und Krankheiten	127	Strategien des Aminosäure-Stoffwechsels	168
	Regulation des Lipidstoffwechsels	127	Vitamin B ₆	172
3.2	Fettsäure-Abbau	128	Die Rolle der verschiedenen Organe	173
	Aktivierung der Fettsäuren	128	Biosynthese der Aminosäuren	176
	Transport der Fettsäuren ins Mitochondrium	129	Abbau von Aminosäuren	179
	Die β -Oxidation	130	Der Harnstoffzyklus	183
	Abbau anderer Fettsäuren	132	Aminosäuren als Gruppen-Spender	186
	Regulation der β -Oxidation	133	Biogene Amine	187
	Fettsäure-Oxidation in den Peroxisomen	134	5 Herkunft des ATP	189
3.3	Fettsäure-Biosynthese	134	5.1 Was ist denn jetzt Acetyl-CoA?	189
	Biosynthese der Palmitinsäure	134	Wie sieht Acetyl-CoA aus?	190
	Biosynthese längerer Fettsäuren	140	Wobei entsteht Acetyl-CoA?	190
	Biosynthese ungesättigter Fettsäuren	140	Was man mit Acetyl-CoA anfangen kann	191
	Regulation der Fettsäure-Biosynthese	140	Pantothersäure	192
3.4	Triacylglycerine (TAGs)	141	5.2 Der Citratzyklus	193
	Lipogenese – die TAG-Biosynthese	142	Worum geht es beim Citratzyklus?	193
	Lipolyse – der TAG-Abbau	143	Reaktionen des Citratzyklus	193
	Regulation des TAG-Stoffwechsels	145	Anabole Funktionen – was der Citratzyklus noch	
3.5	Ketonkörper	145	alles kann	196
	Biosynthese der Ketonkörper	145	Anaplerotische Reaktionen – wie der Citrat-	
	Abbau der Ketonkörper	147	zyklus wieder aufgefüllt wird	198
	Zu viele Ketonkörper sind gar nicht gut	147	Regulation des Citratzyklus	200
3.6	Cholesterin	148	Zwischenbilanz	201
	Cholesterin-Biosynthese	148	5.3 Die Reduktionsäquivalente – oder NADH und	
	Veresterung von Cholesterin	151	seine Kollegen	202
	Verwendung von Cholesterin	152	NAD ⁺ und FAD für den katabolen Stoffwechsel	203
	Cholesterin und die Arteriosklerose	153	NADPH – für den anabolen Stoffwechsel	206
3.7	Noch ein paar andere Lipide	153	Wo wir schon dabei sind – die drei restlichen	
	Phospholipide	153	Redox-Coenzyme	206
	Glykolipide	157	Wo entstehen die Reduktionsäquivalente in der	
3.8	Vitamin A	157	Zelle?	206
	Was ist Vitamin A?	157	5.4 Die Atmungskette	208
	Stoffwechsel des Vitamin A	158	Prinzip der Atmungskette	208
	Direkte Wirkungen des β -Carotin	158	Chemie der Atmungskette	210
	Retinsäure und Zellwachstum	159	Elektronen, Protonen und der Wasserstoff	213
	Retinal und der Sehvorgang	159	Arbeitsweise der Atmungskette	213
	Zu viel und zu wenig Vitamin A	161	Die ATP-Produktion	218
4	Stoffwechsel der Proteine und Amino-		Transporte durch die Mitochondrienmembran	219
	säuren	162	Regulation der Atmungskette	220
4.1	Einleitung	162	Bilanz des gesamten aeroben Abbaus	221
	Was können unsere Zellen mit Proteinen und		AMP und die anderen Nukleotide	221
	Aminosäuren anfangen?	162	Entkoppler und Hemmstoffe der Atmungs-	
	Vom Teller bis in unsere Zellen	163	kette	222
	Der Aminosäurenstoffwechsel und unser		5.5 Was ist eigentlich ATP?	224
	Organismus	163	Wie sieht ATP aus?	224
			ATP-Hydrolyse	225

Andere Phosphatspender	226
ΔG^0 und das wahre ΔG	226
Aufgaben von ATP	226
Die vier anderen Nukleotide	227

Genetik

1 Die Grundstoffe	230
1.1 Chemie der Nukleotide	230
Die Basen	230
Nukleoside (Base + Zucker)	231
Nukleotide (Nukleosid + Phosphat)	232
Funktionen der Nukleotide	232
1.2 Nukleinsäuren	233
Ribose und Phosphat – für den Zusammenhalt ..	233
Die Basen – Träger der Information	235
Die DNA-Doppelhelix	236
1.3 Das menschliche Genom	238
Chromatin und Chromosomen – oder wie bekommt man einen 2 m-DNA-Faden in einen 10 μ m großen Zellkern?	238
Unser Genom	240
1.4 Biosynthese der Nukleotide	242
PRPP-Biosynthese	242
Purinnukleotid-Biosynthese	243
Pyrimidinnukleotid-Biosynthese	247
Das Vitamin Folsäure	249
Desoxyribonukleotid-Biosynthese	251
1.5 Abbau der Nukleotide	251
DNasen und RNasen	252
Abbau der Purinnukleotide	252
Gicht	253
Abbau der Pyrimidinnukleotide	255
2 Zellzyklus und Apoptose	256
2.1 Interphase des Zellzyklus	256
Die G ₁ -Phase	257
Die S-Phase	257
Die G ₂ -Phase	257
2.2 Mitose und Zellteilung	258
Die Mitose	258
Die Zellteilung – Zytokinese	259
2.3 Regulation des Zellwachstums	259
Wachstumsfaktoren	259
Von den Wachstumsfaktoren zur Zellteilung ...	261
Ablauf eines kontrollierten Zellzyklus	262
Inhibitoren der CDKs	264
Das RB-Protein – Zentrum der Zellzyklus- kontrolle	264
Das P53-Protein – Wächter des Genoms	265
Was hat der Zellzyklus mit Tumoren zu tun? ...	267

2.4 Apoptose – der programmierte Zelltod	268
Induktion der Apoptose	268
Am Apoptosevorgang Beteiligte	269
Zellveränderung in der Apoptose	270

3 Zellalltag einer menschlichen Zelle	272
--	-----

3.1 Transkription der DNA – Herstellung von RNA	273
Ablauf der Transkription	273
Was ist eigentlich RNA?	275

3.2 Posttranskriptionale Prozessierung – was nach der Transkription geschieht	279
Was bei jeder mRNA prozessiert wird	279
Besondere Prozessierungsvorgänge	282

3.3 Nukleozytoplasmatischer Transport	283
Der Zellkern und das Zytoplasma	283
Kernimport	284
Kernexport	284
Transport der mRNA über weitere Strecken	285

3.4 Translation – die Proteinbiosynthese	285
Aktivierung der Aminosäuren	285
Translationsinitiation – Zusammenbau der Ribosomen	287
Elongation	288
Translationstermination	289

3.5 Posttranslationale Prozessierung – bevor die Proteine in den Dienst gestellt werden können	290
Herstellung der nativen Proteinform (Protein- faltung)	290
Adressierung und Proteintransport – oder wie die Proteine an ihren Arbeitsplatz kommen	290
Modifizierungen von Proteinen	291

3.6 Regulation der Genexpression	294
Chromatin und die Transkription	294
DNA-Steuerelemente	295
DNA-bindende Proteine – die Transkriptions- faktoren	296
Regulation auf Transkriptionsebene	297
Regulation auf Translationsebene	298

4 DNA-Vervielfältigung	299
-------------------------------------	-----

4.1 DNA-Replikation	299
Replikation auf Chromosomenebene	299
Replikation auf molekularer Ebene	300
Die DNA-Polymerasen	301
Telomerasen und der Traum von der ewigen Jugend	302

4.2 Polymerase-Kettenreaktion (PCR)	303
Das Prinzip der PCR	303
Die Reaktionen der PCR	303
Das DNA-Agarosegel – gelchromatographische DNA-Auftrennung	305
PCR in der Diagnostik	305

5	Angriffe auf unser Erbgut	306
5.1	DNA-Schäden und ihre Reparatur	306
	DNA-Schäden – wie Fehler entstehen können	306
	Reparaturmechanismen – oder wie der Körper die Fehler wieder ausbügelt	307
	Mögliche Folgen von DNA-Schäden – wenn die Reparatur versagt hat	309
5.2	Molekulare Tumorbilogie	310
	Was ist ein Tumor?	310
	Wie ein Tumor entsteht	311
	Proto-Onkogene	311
	Tumorsuppressor-Gene	313
	Andere Faktoren, die Tumoren beim Überleben helfen	313
	Rauchen und Lungenkrebs	314
	Zytostatika	314
6	Genetik der Bakterien und Viren	315
6.1	Bakterien	315
	Was sind Bakterien?	315
	Genetik der Bakterien	317
	Grundlagen der Antibiotika-Therapie	317
6.2	Viren	320
	Woraus besteht ein Virus?	320
	Vermehrungszyklus eines Virus	321
6.3	Das Humane Immundefizienz-Virus (HIV)	321
	Was ist HIV?	322
	Was macht das HI-Virus?	323
	Was bedeutet das für den Menschen?	325
	Virustatika	326
6.4	Viren in der Gentherapie	326
	Molekularbiologische Grundlagen	327
	Herstellung rekombinanter Viren	328

Verständigung zwischen den Zellen

Einleitung – Verständigung zwischen den Zellen

		332
Die verschiedenen Botenstoffe		332
Klassische Hormone		332
Gewebshormone		332
Mediatoren		332
Interleukine		333
Neurotransmitter		333
Die Hormonrezeptoren		333
Vier verschiedene Rezeptoren		333
Die Rezeptorverteilung		334
Signaltransduktion		334
Hormone und der Stoffwechsel		335
Regulation des Stoffwechsels		335
Wirkung auf die Enzyme		335

Ein wenig Chemie der Hormone	336
Peptidhormone	336
Steroidhormone	337
Aminosäure-Derivate	337
Eikosanoide und Retinsäure	337
Hormone im Gleichgewicht	338

Hormone in unserem Körper	338
Hormonbildungsorte	338
Das Hypophysen-Hypothalamus-System	339

1	Molekulare Hormonwirkung	341
1.1	Typ-I-Rezeptoren (Enzyme)	341
	Tyrosinkinasen	341
	Die Guanylatzyklase	341
1.2	Typ-II-Rezeptoren (Ionenkanäle)	342
	Membranständige Ionenkanäle	342
	Intrazelluläre Ionenkanäle	342
1.3	Typ-III-Rezeptoren (G-Protein-gekoppelt)	342
	Die Rezeptoren	342
	Die G-Proteine	343
	Die durch G-Proteine aktivierbaren Enzyme	343
	Die Adenylatzyklase und cAMP	344
	Die Phospholipase C	345
1.4	Intrazelluläre Rezeptoren	347
	Aktivierung des Rezeptors	347
	Interaktion mit der DNA	348
	Hormone mit intrazellulären Rezeptoren	348
1.5	Zytokinrezeptoren	348
	Die Janus-Kinasen (JAKs)	348
	Die Signaltransduktion	349
1.6	Sortierung der Hormone	349
2	Energieversorgung	350
2.1	Der Energiestoffwechsel	350
	Die Resorptionsphase	350
	Die Postresorptionsphase	350
	Die Schlüsselenzyme des Stoffwechsels	351
2.2	Insulin	352
	Biosynthese des Insulins	352
	Molekulare und physiologische Wirkungen	354
	Wege des Insulins im Körper	357
	Abbau des Insulins	357
	Diabetes mellitus	357
2.3	Glukagon	358
	Biosynthese des Glukagons	359
	Molekulare und physiologische Wirkungen	359
	Wege des Glukagons im Körper	360
	Abbau des Glukagons	360
	Glukagon als Medikament	360

2.4 Adrenalin	360	5 Wachstum	397
Biosynthese des Adrenalins	360	5.1 Somatotropin	397
Molekulare und physiologische Wirkungen	361	Biosynthese des Somatotropins	397
Wege des Adrenalins im Körper	364	Wirkung des Somatotropins	397
Abbau des Adrenalins	364	Abbau von Somatotropin und Somatomedinen .	398
Adrenalin als Notfallmedikament	365	Regelkreis des Somatotropins	398
Zu viel und zu wenig Adrenalin	365	Zu groß, zu klein? Die goldene Mitte!	399
2.5 Glukokortikoide	365	5.2 Schilddrüsenhormone	399
Biosynthese der Glukokortikoide	365	5.3 Androgene	400
Molekulare und physiologische Wirkungen	366	5.4 Erythropoetin	400
Abbau der Glukokortikoide	369	Biosynthese des Erythropoetins	400
Regelkreis der Glukokortikoide	369	Wirkung des Erythropoetins	400
Proopiomelanokortin (POMC)	370	Anwendung in der Medizin	400
Wege der Glukokortikoide im Körper	370	Epo und der Sport	400
Glukokortikoidtherapie	371	6 Fortpflanzung	401
Der Morbus Cushing	371	6.1 Östrogene und Gestagene – die Sexual-	
2.6 Schilddrüsenhormone	372	hormone der Frau	401
Biosynthese der Schilddrüsenhormone	372	Steuerung durch Gonadotropine	401
Molekulare und physiologische Wirkungen	374	Wirkung der Östrogene	401
Abbau der Schilddrüsenhormone	376	Wirkung der Gestagene	402
Regelkreis der Schilddrüsenhormone	376	Der weibliche Zyklus	402
Wege der Schilddrüsenhormone im Körper	377	6.2 Androgene – die Sexualhormone des	
Der Kropf und andere Schilddrüsen-		Mannes	404
erkrankungen	377	Steuerung durch Gonadotropine	404
3 Gastrointestinale Hormone	379	Wirkung der Androgene	404
3.1 Regulation der Magensaftmenge	379	6.3 Biosynthese und Abbau der Sexualhormone ..	405
Gastrin	379	Biosynthese der Sexualhormone	405
Histamin	380	Abbau der Sexualhormone	406
Somatostatin	380	6.4 Prolaktin	406
VIP (Vasoaktives intestinales Peptid)	380	Biosynthese und Regelkreis	406
3.2 Regulation der Pankreas- und Gallen-		Wirkung des Prolaktins	407
sekretion	381	6.5 Oxytocin	407
Sekretin	381	Biosynthese des Oxytocins	407
Cholezystokinin	381	Wirkung auf Uterus und Milchdrüse	407
GIP (Glukose-induziertes insulinotropes		Oxytocin als Medikament	407
Polypeptid)	382	7 Zytokine – die Botenstoffe der Abwehr ...	408
3.3 Sonstige intestinale Hormone	382	7.1 Einteilung der Zytokine	408
4 Wasser, Elektrolyte und Mineralstoffe	383	7.2 Grundeigenschaften der Zytokine	408
4.1 Natrium, Kalium und Wasser	383	7.3 Molekulare Wirkung der Zytokine	408
Der Wasser- und Elektrolythaushalt	383	7.4 Die Zytokine der unspezifischen Abwehr	409
Atriopeptin	384	Interferon- α und Interferon- β –	
Angiotensin II und das RAS	385	die Typ-I-Interferone	409
Aldosteron	387	Tumornekrosefaktor- α (TNF- α), IL-1 und IL-6 –	
Adiuretin	388	die Initiatoren der akuten Phase	409
4.2 Calcium und Phosphat	390	Chemokine	410
Der Calcium- und Phosphathaushalt	390	Interleukin-10	411
Parathormon	391		
Calcitriol	392		
Calcitonin	395		

7.5	Die Zytokine der spezifischen Abwehr	411
	Interleukin-2 (IL-2)	411
	Interleukin-4 (IL-4)	411
	Interferon- γ	412
	Transforming-Growth-Factor- β (TGF- β)	412
	Lymphotoxin (= TNF- β)	412
7.6	Wachstumsfaktoren	413
7.7	Zytokine als Regulatoren der Abwehrreaktion	413
7.8	Zytokine als Medikamente	413
8	Mediatoren	414
8.1	Eikosanoide	414
	Prostaglandine und Thromboxane	414
	Leukotriene	417
	Aspirin® als Hemmstoff der COX	418
8.2	Stickstoffmonoxid (NO)	419
	Biosynthese des NO	419
	Molekulare und physiologische Wirkungen	419
	„Abbau“ des NO	420
	Therapie der Angina pectoris	420
8.3	Histamin	420
	Biosynthese des Histamins	420
	Molekulare und physiologische Wirkungen	420
	Abbau von Histamin	422
	Histamin und Allergie	422
8.4	Bradykinin und Kallidin	422
	Biosynthese des Bradykinins	422
	Molekulare und physiologische Wirkungen	422
	Abbau der Kinine	423
	Kinine und Entzündung	423
9	Neurotransmitter	424
9.1	Grundlagen der Neurotransmission	424
	Die Gemeinsamkeiten der Neurotransmitter	424
	Die Rezeptoren	424
	Die Synapsen	424
9.2	Erregende Neurotransmitter	425
	Acetylcholin	425
	Glutamat	426
9.3	Hemmende Neurotransmitter	428
	Glycin	428
	GABA	428
9.4	Komplex wirkende Neurotransmitter	429
	Noradrenalin	429
	Dopamin	429
	Serotonin	430
	Endogene Opioide	432
	„Exogene“ Opioide	432

Organe

1	Zellbiologie	434
1.1	Die Zellorganellen	434
	Zytosol und Zytoplasma	434
	Die Organellen	434
1.2	Die Plasmamembran	434
	Aufbau der Plasmamembran	434
	Aufgaben der Plasmamembran	436
	Herkunft der Membranen	437
1.3	Der Stofftransport	437
	Ionen in unseren Zellen	437
	Passiver Transport	437
	Aktiver Transport	438
	Transportproteine	438
	Zytosevorgänge	438
1.4	Das Zytoskelett	439
	Aktinfilamente	439
	Intermediärfilamente	440
	Mikrotubuli	441
1.5	Der Zellkern	443
	Aufbau des Zellkerns	443
	Aufgaben des Zellkerns	443
	Der Nukleolus	444
	Vermehrung des Zellkerns – die Mitose	444
1.6	Die Mitochondrien	444
	Aufbau der Mitochondrien	444
	Aufgaben der Mitochondrien	445
	Die Endosymbiontentheorie	446
	Vermehrung der Mitochondrien	446
1.7	Die Ribosomen	446
	Aufbau der Ribosomen	446
	Funktion der Ribosomen	446
	Biosynthese der Ribosomen	447
1.8	Das Endoplasmatische Retikulum	447
	Das glatte ER	447
	Das raue ER	447
	Herkunft des ER	448
1.9	Der Golgi-Apparat	448
	Aufbau des Golgi-Apparates	448
	Funktion des Golgi-Apparates	448
	Wie entsteht der Golgi-Apparat?	448
1.10	Die Lysosomen	448
	Aufbau der Lysosomen	448
	Funktionen der Lysosomen	448
	Wo kommen die Lysosomen her?	449
1.11	Die Peroxisomen	449
	Aufbau der Peroxisomen	449
	Aufgabe der Peroxisomen	449
	Wie vermehren sich Peroxisomen?	450

1.12 Die Zellkontakte	450	4.2 Hämoglobin oder warum unser Blut so rot ist	484
Dichte Kontakte (Tight junctions)	450	Das Hämoglobin-Molekül	484
Haftkontakte (Desmosomen)	450	Hämoglobin-Biosynthese	486
Kommunikationskontakte (Gap junctions)	451	Eisenstoffwechsel	489
2 Extrazellulärschubstanz – was zwischen den Zellen ist	452	Der Sauerstofftransport	491
2.1 Die Bindegewebszellen	452	Der CO ₂ -Transport	492
2.2 Die Faserproteine	452	Hämoglobin als Puffer	493
Die Kollagene	452	Inaktive Hämoglobinformen und fehlerhaftes Hämoglobin	494
Das Vitamin C	454	Hämoglobin-Abbau	495
Das Elastin	455	Die Gelbsucht	497
2.3 Die Glykosaminoglykane	456	4.3 Die Blutgruppen – eine weitere Eigenschaft der Erythrozyten	497
Die Hyaluronsäure	456	Das ABO-System	497
Die anderen Glykosaminoglykane	456	Das Rhesus-System	499
2.4 Die Glykoproteine	457	4.4 Die Thrombozyten	500
Fibronektin	457	Entstehung der Thrombozyten – die Thrombopoese	500
Laminin	457	Aufgaben der Thrombozyten	500
3 Stoffaufnahme	458	4.5 Blutstillung – wenn das Gefäßsystem einmal leckschlägt	501
3.1 Ernährung	458	Die vaskuläre Reaktion	501
Wie viel Nahrung müssen wir zu uns nehmen?	458	Die Rolle der Thrombozyten	501
Der Energiegehalt der Nahrung	459	Die Blutgerinnung	502
Die essenziellen Nährstoffe	460	Vitamin K	503
3.2 Unser Verdauungstrakt	460	Fibrinolyse	505
Teller, Mund und Speiseröhre	460	Hemmung der Blutgerinnung	506
Der Magen	461	4.6 Das Blutplasma	506
Das Duodenum und seine Drüsen	464	Der Blutzucker	507
Die weiteren Darmabschnitte	467	Plasmaproteine	507
3.3 Aufnahme der einzelnen Nahrungsbestandteile	467	4.7 Der Lipoprotein-Stoffwechsel	508
Kohlenhydrate	467	Die Apoproteine	509
Lipide	469	Die Lipoproteine	509
Proteine	471	Lipoproteine und die Arteriosklerose	511
Nukleinsäuren	471	5 Die Leber	512
Wasser	472	5.1 Anatomie und Histologie	512
Vitamine	472	Das Leberläppchen	512
Die Spurenelemente	473	Die Blutversorgung	513
Mengenelemente	474	Was passiert wo in der Leber?	513
Wie die Nahrungsstoffe in die Peripherie gelangen	474	Die Zellen der Leber	514
4 Das Blut	475	5.2 Die Leber und der Energiestoffwechsel	514
4.1 Die Erythrozyten	476	Die Resorptionsphase	514
Entstehung der Erythrozyten – die Erythropoese	477	Die Postresorptionsphase	515
Vitamin B ₁₂ (Cobalamin)	477	Die Enzymausstattung	516
Der besondere Stoffwechsel der Erythrozyten	479	Was die Leber für sich selbst tut	516
Glutathion – Notarzt der Erythrozyten	481	Was die Leber für den ganzen Menschen tut	516
Was verbirgt sich eigentlich hinter den so gefürchteten Oxidationsreaktionen?	482	5.3 Nur einen winzigen Schlock – der Alkoholstoffwechsel	518
Vitamin E (Tocopherol)	483	Was ist Alkohol?	518
Abbau von Erythrozyten	484	Die Alkoholaufnahme	519
		Der Alkoholmetabolismus	519

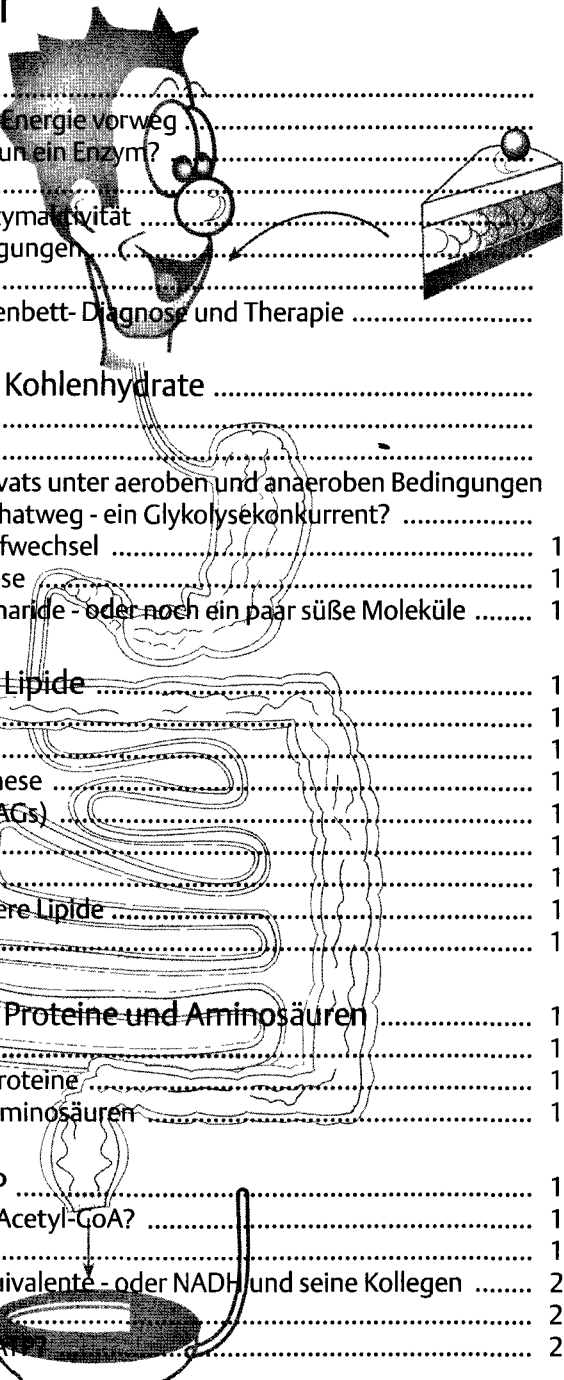
Wirkungen des Alkohols	520	7 Die Muskulatur	546
Der Alkoholtest	521	7.1 Muskelaufbau	546
5.4 Die Leber als Produktionsfabrik	522	7.2 Der Kontraktionsmechanismus	547
Produktion der Plasmaproteine	522	Die Gleitfilamenttheorie	547
Cholesterin-Biosynthese	522	Der Kraftakt	547
Produktion von Gallenflüssigkeit	522	Nerv-Muskel-Zusammenspiel	548
Herstellung von Hormonen	526	Muskelerschlaffung	549
Biosynthese von Kreatin	526	7.3 Stoffwechsel der Muskelzelle	549
5.5 Speicher und Abwehr	526	Kreatinkinase	549
Die Leber als Speicherorgan	527	Adenylat-Kinase (Myokinase)	550
Die Leber und ihre Abwehrfunktion	527	Anaerobe Glykolyse	550
5.6 Die Leber als Ausscheidungsorgan	527	Aerobe Oxidation	550
Die Biotransformation	527	Der Stoffwechsel im Überblick	550
Ausscheidung über die Galle	532	8 Immunsystem	552
Der Harnstoffzyklus	532	8.1 Die Bestandteile der Abwehr	552
5.7 Leberfunktionsprüfungen	532	8.2 Wie sich unser Körper vor unerwünschten	552
Biosyntheseleistungen	533	Gästen schützt	552
Ausscheidungsleistungen	533	Am besten erst gar niemanden reinlassen	552
Zellständige Enzyme	534	Der Kampftrupp in der zweiten Linie:	
6 Die Nieren	536	Natürliche Resistenz und Immunsystem	554
6.1 Einmal durch die Niere und zurück	536	8.3 Leukozyten – die Zellen der Abwehr	555
(Anatomie der Gefäße)	536	Die Zellen der myeloischen Reihe	557
6.2 Ein geladener Filter	537	Die Zellen der lymphatischen Reihe	558
6.3 Sinnvolle Abwasserkanäle	537	B- und T-Zell-Rezeptoren (BCR und TCR) –	
(funktionelle Anatomie der Tubuli)	537	Steckbriefe des Immunsystems	560
Proximaler Tubulus	537	Organisation der Gene für die Antigen-	
Henle-Schleife	538	rezeptoren der Lymphozyten	562
Distaler Tubulus	538	Die MHC-Moleküle	563
Das Sammelrohr	539	Wie zytotoxische T-Zellen und NK-Zellen ihre	
6.4 Eigene Energieversorgung	539	Zielzellen töten	567
6.5 „Im Auftrag des Körpers“	539	Keine Chance für Verräter und Invaliden –	
Säure-Basen-Haushalt	539	Autoreaktive Lymphozyten und Lymphozyten	
Das RAS-System	541	mit defekten Rezeptoren werden eliminiert.	567
Die Niere kann auch synthetisieren	541	8.4 Der humorale Anteil der Abwehr	568
Stoffe, die auf die Niere wirken	542	Antikörper	568
6.6 Urin – der ganz besondere Saft?	543	Allergie	572
Wie sieht „Otto Normalurin“ aus?	543	T-B-Zell-Interaktion	573
Wenn Urin mal nicht gelb ist	544	Das Komplementsystem	575
Mikroorganismen im Urin	544	Akute-Phase-Proteine	579
Physiologische Bestandteile des Urins	544	Quellenverzeichnis	580
Was nicht im Urin vorkommen darf	545	Sachverzeichnis	582
Wenn plötzlich Steine in die Kloschüssel fallen .	545		

Zelle und Chemie

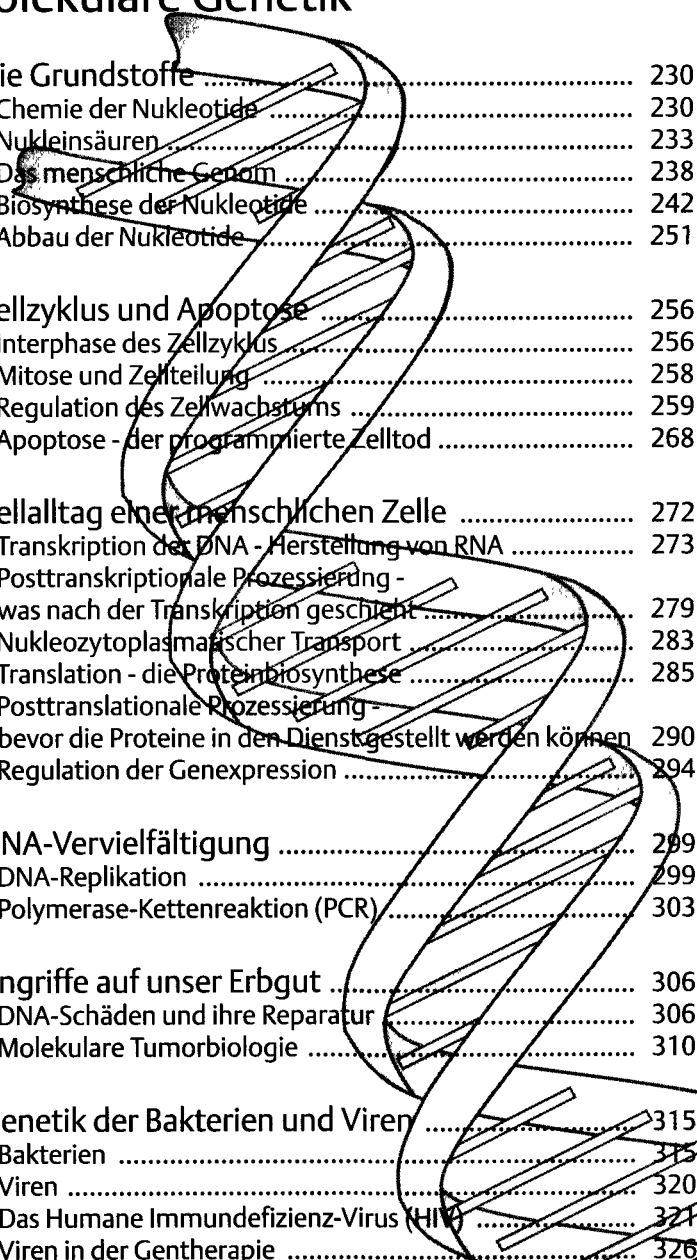
Einleitung	2
1 Die Zelle - eine kleine Hausführung	2
1.1 Die Zellmembran und was sie alles zusammenhält	2
1.2 Zellorganellen - die verschiedenen Räume der Zelle	2
1.3 Das Zytoskelett - Stütze und Bewegung	5
1.4 Stofftransport in die Zelle hinein und aus der Zelle heraus	6
1.5 Zellkontakte - oder wie der Mensch zusammenhält	7
1.6 Extrazelluläre Matrix - oder was zwischen den Zellen ist ...	7
2 Allgemeine Chemie	8
2.1 Die chemische Bindung	8
2.2 Funktionelle Gruppen und deren Reaktionen	13
2.3 Reaktionen einer menschlichen Zelle	17
2.4 Isomerien - mal ganz in Ruhe	19
2.5 Mesomerie - nichts ist so, wie es scheint	22
3 Kohlenhydrate	23
3.1 Was sind Kohlenhydrate?	23
3.2 Monosaccharide	24
3.3 Disaccharide	29
3.4 Oligosaccharide	31
3.5 Polysaccharide	31
4 Lipide	34
4.1 Was sind Lipide?	34
4.2 Fettsäuren	35
4.3 Glycerolipide	38
4.4 Sphingosinderivate - Membranfett für Nerven	39
4.5 Isoprenederivate - fettige Vielfalt	41
5 Aminosäuren und Proteine	44
5.1 Aminosäuren	44
5.2 Peptide und Proteine	50

Stoffwechsel

1 Enzyme	60
1.1 Einige Begriffe zur Energie vorweg	60
1.2 Wie funktioniert nun ein Enzym?	62
1.3 Enzymkinetik	65
1.4 Regulation der Enzymaktivität	67
1.5 Umgebungsbedingungen	71
1.6 Enzymklassen	72
1.7 Enzyme am Krankenbett- Diagnose und Therapie	75
2 Stoffwechsel der Kohlenhydrate	77
2.1 Einleitung	77
2.2 Die Glykolyse	83
2.3 Schicksal des Pyruvats unter aeroben und anaeroben Bedingungen	92
2.4 Der Pentosephosphatweg - ein Glykolysekonkurrent?	99
2.5 Der Glykogen-Stoffwechsel	103
2.6 Die Glukoneogenese	110
2.7 Andere Monosaccharide - oder noch ein paar süße Moleküle	117
3 Stoffwechsel der Lipide	123
3.1 Einleitung	123
3.2 Fettsäure-Abbau	128
3.3 Fettsäure-Biosynthese	134
3.4 Triacylglycerine (TAGs)	141
3.5 Ketonkörper	145
3.6 Cholesterin	148
3.7 Noch ein paar andere Lipide	153
3.8 Vitamin A	157
4 Stoffwechsel der Proteine und Aminosäuren	162
4.1 Einleitung	162
4.2 Stoffwechsel der Proteine	164
4.3 Stoffwechsel der Aminosäuren	168
5 Herkunft des ATP	189
5.1 Was ist denn jetzt Acetyl-CoA?	189
5.2 Der Citratzyklus	193
5.3 Die Reduktionsäquivalente - oder NADH und seine Kollegen	202
5.4 Die Atmungskette	208
5.5 Was ist eigentlich ATP?	224



Molekulare Genetik



1 Die Grundstoffe	230
1.1 Chemie der Nukleotide	230
1.2 Nukleinsäuren	233
1.3 Das menschliche Genom	238
1.4 Biosynthese der Nukleotide	242
1.5 Abbau der Nukleotide	251
2 Zellzyklus und Apoptose	256
2.1 Interphase des Zellzyklus	256
2.2 Mitose und Zellteilung	258
2.3 Regulation des Zellwachstums	259
2.4 Apoptose - der programmierte Zelltod	268
3 Zellalltag einer menschlichen Zelle	272
3.1 Transkription der DNA - Herstellung von RNA	273
3.2 Posttranskriptionale Prozessierung - was nach der Transkription geschieht	279
3.3 Nukleozytoplasmatischer Transport	283
3.4 Translation - die Proteinbiosynthese	285
3.5 Posttranslationale Prozessierung - bevor die Proteine in den Dienst gestellt werden können	290
3.6 Regulation der Genexpression	294
4 DNA-Vervielfältigung	299
4.1 DNA-Replikation	299
4.2 Polymerase-Kettenreaktion (PCR)	303
5 Angriffe auf unser Erbgut	306
5.1 DNA-Schäden und ihre Reparatur	306
5.2 Molekulare Tumorbilogie	310
6 Genetik der Bakterien und Viren	315
6.1 Bakterien	315
6.2 Viren	320
6.3 Das Humane Immundefizienz-Virus (HIV)	321
6.4 Viren in der Gentherapie	326

Verständigung zwischen den Zellen

Einleitung - Verständigung zwischen den Zellen

Die verschiedenen Botenstoffe	332
Die Hormonrezeptoren	333
Hormone und der Stoffwechsel	335
Ein wenig Chemie der Hormone	336
Hormone in unserem Körper	338

1 Molekulare Hormonwirkung

1.1 Typ-I-Rezeptoren (Enzyme)	341
1.2 Typ-II-Rezeptoren (Ionenkanäle)	342
1.3 Typ-III-Rezeptoren (G-Protein-gekoppelt)	342
1.4 Intrazelluläre Rezeptoren	347
1.5 Zytokinrezeptoren	348
1.6 Sortierung der Hormone	349

2 Energieversorgung

2.1 Der Energiestoffwechsel	350
2.2 Insulin	352
2.3 Glukagon	358
2.4 Adrenalin	360
2.5 Glukokortikoide	365
2.6 Schilddrüsenhormone	372

3 Gastrointestinale Hormone

3.1 Regulation der Magensaftmenge	379
3.2 Regulation der Pankreas- und Gallensekretion	381
3.3 Sonstige intestinale Hormone	382

4 Wasser, Elektrolyte und Mineralstoffe

4.1 Natrium, Kalium und Wasser	383
4.2 Calcium und Phosphat	390

5 Wachstum

5.1 Somatotropin	397
5.2 Schilddrüsenhormone	399
5.3 Androgene	400
5.4 Erythropoetin	400

6 Fortpflanzung

6.1 Östrogene und Gestagene - die Sexualhormone der Frau	401
6.2 Androgene - die Sexualhormone des Mannes	404
6.3 Biosynthese und Abbau der Sexualhormone	405
6.4 Prolaktin	406
6.5 Oxytocin	407

7 Zytokine - die Botenstoffe der Abwehr

7.1 Einteilung der Zytokine	408
7.2 Grundeigenschaften der Zytokine	408
7.3 Molekulare Wirkung der Zytokine	408
7.4 Die Zytokine der unspezifischen Abwehr	409
7.5 Die Zytokine der spezifischen Abwehr	411
7.6 Wachstumsfaktoren	413
7.7 Zytokine als Regulatoren der Abwehrreaktion	413
7.8 Zytokine als Medikamente	413

8 Mediatoren

8.1 Eikosanoide	414
8.2 Stickstoffmonoxid (NO)	419
8.3 Histamin	420
8.4 Bradykinin und Kallidin	422

9 Neurotransmitter

9.1 Grundlagen der Neurotransmission	424
9.2 Erregende Neurotransmitter	425
9.3 Hemmende Neurotransmitter	428
9.4 Komplex wirkende Neurotransmitter	429

Organe

1 Zellbiologie	434
1.1 Die Zellorganellen	434
1.2 Die Plasmamembran	434
1.3 Der Stofftransport	437
1.4 Das Zytoskelett	439
1.5 Der Zellkern	443
1.6 Die Mitochondrien	444
1.7 Die Ribosomen	446
1.8 Das Endoplasmatische Retikulum	447
1.9 Der Golgi-Apparat	448
1.10 Die Lysosomen	448
1.11 Die Peroxisomen	449
1.12 Die Zellkontakte	450
2 Extrazellulärsubstanz - was zwischen den Zellen ist	452
2.1 Die Bindegewebszellen	452
2.2 Die Faserproteine	452
2.3 Die Glykosaminoglykane	456
2.4 Die Glykoproteine	457
3. Stoffaufnahme	458
3.1 Ernährung	458
3.2 Unser Verdauungstrakt	460
3.3 Aufnahme der einzelnen Nahrungsbestandteile	467
4 Das Blut	475
4.1 Die Erythrozyten	476
4.2 Hämoglobin oder warum unser Blut so rot ist	484
4.3 Die Blutgruppen - eine weitere Eigenschaft der Erythrozyten	497
4.4 Die Thrombozyten	500
4.5 Blutstillung - wenn das Gefäßsystem einmal leck schlägt	501
4.6 Das Blutplasma	506
4.7 Der Lipoprotein-Stoffwechsel	508

5 Die Leber	512
5.1 Anatomie und Histologie	512
5.2 Die Leber und der Energiestoffwechsel	514
5.3 Nur einen winzigen Schlock - der Alkoholstoffwechsel	518
5.4 Die Leber als Produktionsfabrik	522
5.5 Speicher und Abwehr	526
5.6 Die Leber als Ausscheidungsorgan	527
5.7 Lebertunktionsprüfungen	532
6 Die Nieren	536
6.1 Einmal durch die Niere und zurück (Anatomie der Gefäße)	536
6.2 Ein geladener Filter	537
6.3 Sinnvolle Abwasserkanäle (funktionelle Anatomie der Tubuli)	537
6.4 Eigene Energieversorgung	539
6.5 „Im Auftrag des Körpers“	539
6.6 Urin - der ganz besondere Saft?	543
7 Die Muskulatur	546
7.1 Muskelaufbau	546
7.2 Der Kontraktionsmechanismus	547
7.3 Stoffwechsel der Muskelzelle	549
8 Immunsystem	552
8.1 Die Bestandteile der Abwehr	552
8.2 Wie sich unser Körper vor unerwünschten Gästen schützt	552
8.3 Leukozyten - die Zellen der Abwehr	555
8.4 Der humorale Anteil der Abwehr	568