

Inhaltsverzeichnis

I Grundlagen der Chemie		3 Lipide	28
1 Allgemeine Chemie	2	<i>Florian Horn</i>	
<i>Florian Horn</i>		3.1 Chemie und Systematik der Lipide	28
1.1 Die chemische Bindung	2	3.1.1 Amphiphile Lipide	28
1.1.1 Freie Elektronen und freie Elektronenpaare	2	3.1.2 Systematik der Lipide	29
1.1.2 Die Oktettregel	3	3.2 Fettsäuren	29
1.1.3 Die Elektronegativität	5	3.2.1 Gesättigte und ungesättigte Fettsäuren	30
1.1.4 Starke Bindungen – Hauptvalenzen	5	3.2.2 Geradzahlige und ungeradzahlige Fettsäuren	31
1.1.5 Koordinative Bindungen	6	3.2.3 Essenzielle Fettsäuren	31
1.1.6 Schwache Bindungen – Nebenvalenzen	7	3.3 Glycerin-Derivate	31
1.2 Funktionelle Gruppen und ihre Reaktionen	8	3.3.1 Triacylglycerine (TAG) – das klassische Fett	31
1.2.1 Wichtige sauerstoffhaltige funktionelle Gruppen	8	3.3.2 Glycerophosphatide – Membranfett	32
1.2.2 Wichtige schwefelhaltige funktionelle Gruppen	11	3.4 Sphingosin-Derivate	33
1.2.3 Wichtige stickstoffhaltige funktionelle Gruppen	11	3.4.1 Sphingosinphosphatide	33
1.3 Reaktionen einer menschlichen Zelle	12	3.4.2 Glykolipide	33
1.3.1 Die Grundreaktionstypen	12	3.5 Isopren-Derivate	34
1.3.2 Die Rolle der Säure-Basen-Reaktionen	14	3.5.1 Die Terpene	34
1.4 Isomerien – einmal ganz in Ruhe...	14	3.5.2 Die Steroide	35
1.4.1 Konstitutionsisomerie	14	4 Aminosäuren und Proteine	37
1.4.2 Stereoisomerie	14	<i>Isabelle Moc und Florian Horn</i>	
1.5 Mesomerie	17	4.1 Aminosäuren	37
2 Kohlenhydrate	18	4.1.1 Die 21 proteinogenen Aminosäuren	37
<i>Florian Horn</i>		4.1.2 Nicht proteinogene Aminosäuren	40
2.1 Was sind Kohlenhydrate?	18	4.1.3 Eigenschaften der Aminosäuren	41
2.2 Monosaccharide	19	4.1.4 Reaktionen der Aminosäuren	43
2.2.1 Hexosen – die 6er-Zucker	19	4.2 Peptide und Proteine	44
2.2.2 Pentosen – die 5er-Zucker	21	4.2.1 Die Peptidbindung	44
2.2.3 Reaktionen der Monosaccharide	22	4.2.2 Auf- und Abbau der Proteine	44
2.2.4 Nachweismethoden	23	4.2.3 Benennung der Peptide	45
2.3 Disaccharide	24	4.2.4 Räumliche Anordnung von Proteinen	45
2.3.1 Maltose und Isomaltose – Malzzucker	25	4.2.5 Denaturieren und Fällen	47
2.3.2 Laktose – Milchzucker	25	4.2.6 Auftrennung von Proteinen – die Elektrophorese	47
2.3.3 Saccharose – Haushaltszucker	26	4.2.7 Funktionen der Proteine im Körper	48
2.4 Oligosaccharide	26	4.2.8 Prionen	48
2.5 Polysaccharide	26	5 Nukleotide und Nukleinsäuren	50
2.5.1 Homoglykane	26	<i>Florian Horn</i>	
2.5.2 Heteroglykane	27	5.1 Chemie der Nukleotide	50
		5.1.1 Die Basen	50
		5.1.2 Nukleoside (Base + Zucker)	51
		5.1.3 Nukleotide (Nukleosid + Phosphat)	52
		5.1.4 Weitere Funktionen der Nukleotide	52
		5.2 Nukleinsäuren	53
		5.2.1 Ribose und Phosphat – für den Zusammenhalt	53
		5.2.2 Die Basen – Träger der Information	54
		5.2.3 Die DNA-Doppelhelix	55

II	Energiestoffwechsel	
6	Enzyme	60
	<i>Marco Armbruster</i>	
6.1	Energetik einer chemischen Reaktion	60
6.1.1	Thermodynamische Systeme und Zustände	60
6.1.2	Thermodynamische Potenziale	61
6.1.3	Entropie S	61
6.1.4	Enthalpie H	61
6.1.5	Freie Enthalpie G	62
6.1.6	Theorie des Übergangszustandes	63
6.1.7	Reaktionsmodell	64
6.2	Funktionsweise und Aufbau von Enzymen ..	64
6.2.1	Funktionsprinzip	64
6.2.2	Aktives Zentrum	65
6.2.3	Kovalente Katalyse	65
6.2.4	Allgemeine Säure-Base-Katalyse	66
6.2.5	Räumliche Annäherung	66
6.2.6	Cofaktoren	66
6.2.7	Multienzymkomplex	67
6.2.8	Multifunktionale Enzyme	67
6.3	Kinetik einer chemischen Reaktion	67
6.3.1	Reaktionsordnungen	68
6.3.2	Michaelis-Menten-Kinetik	69
6.4	Enzymklassen	70
6.4.1	Die Grundtypen von Reaktionen	70
6.4.2	Oxidoreduktasen (Klasse I)	70
6.4.3	Transferasen (Klasse II)	71
6.4.4	Hydrolasen (Klasse III)	72
6.4.5	Lyasen (Klasse IV)	72
6.4.6	Isomerasen (Klasse V)	72
6.4.7	Ligasen (Klasse VI)	73
6.5	Enzymregulation	73
6.5.1	Enzymhemmung und Enzymaktivierung	73
6.5.2	Kovalente Modifikation und Interkonvertierung	75
6.5.3	Zymogene	76
6.5.4	Isoenzyme	76
6.5.5	Enzym-Turnover	77
7	Stoffwechsel der Kohlenhydrate	79
	<i>Florian Horn</i>	
7.1	Überblick	79
7.1.1	Reaktionswege der Kohlenhydrate ..	79
7.1.2	Die Wege des Glukose-6-Phosphat ..	79
7.1.3	Versorgung unserer Zellen mit Glukose	80
7.2	Die Glykolyse	82
7.2.1	Vorbereitungsphase – von Glukose zu Glyceral-3-Phosphat	84
7.2.2	Die Phase der Energieerzeugung – von Glyceral-3-Phosphat zu Pyruvat	86
7.2.3	Wie NADH/H ⁺ zur Atmungskette gelangt	88
7.2.4	Regulation der Glykolyse oder die Frage nach der Geschwindigkeit	88
7.3	Schicksal des Pyruvats: PDH oder LDH	91
7.3.1	Aerober Abbau – Pyruvat-Dehydrogenase	92
7.3.2	Vitamin B ₁ (Thiamin)	94
7.3.3	Anaerober Abbau – Laktat-Dehydrogenase	94
7.3.4	Energiegewinn mit und ohne Sauerstoff – ein Ausblick	96
7.4	Der Pentosephosphatweg	96
7.4.1	Teil 1 – oxidativ und irreversibel	98
7.4.2	Teil 2 – nichtoxidativ und reversibel ..	99
7.4.3	Aufgaben des NADPH/H ⁺	99
7.4.4	Aufgaben der Ribose	99
7.4.5	Regulation des Pentosephosphatweges	100
7.5	Die Glukoneogenese	101
7.5.1	Welche Organe betreiben Glukoneogenese?	102
7.5.2	Umgehung der drei irreversiblen Reaktionen der Glykolyse	103
7.5.3	Substrate des Zuckeraufbaus	105
7.5.4	Die Glukoneogenese und ihre drei Kompartimente in der Zelle	106
7.5.5	Energiebilanz – oder was kostet Glukose?	107
7.5.6	Regulation der Glukoneogenese	107
7.6	Der Glykogen-Stoffwechsel	108
7.6.1	Welche Organe besitzen Glykogen-Vorräte?	110
7.6.2	Glykogen-Struktur	110
7.6.3	Glykogen-Biosynthese	110
7.6.4	Glykogen-Abbau	113
7.6.5	Regulation des Glykogen-Stoffwechsels	115
7.7	Das Vitamin Biotin	116
7.8	Andere Monosaccharide – oder noch ein paar süße Moleküle	118
7.8.1	Fruktose	118
7.8.2	Galaktose	119
7.8.3	Mannose	121
7.8.4	Aminozucker	122
8	Stoffwechsel der Lipide	123
	<i>Florian Horn</i>	
8.1	Einleitung	123
8.1.1	Überblick über die stoffwechselrelevanten Lipide	123
8.1.2	Was können unsere Zellen mit Lipiden anfangen?	124
8.1.3	Vom Teller bis in unsere Zellen	126
8.1.4	Regulation des Lipidstoffwechsels ...	127

Inhaltsverzeichnis

8.2 Fettsäure-Abbau	127	9.2 Posttranslationale Prozessierung	173
8.2.1 Aktivierung der Fettsäuren	128	9.2.1 Herstellung der nativen Proteinform (Proteinfaltung)	173
8.2.2 Transport der Fettsäuren ins Mitochondrium	129	9.2.2 Glykosylierungen	173
8.2.3 Die β -Oxidation	130	9.2.3 Weitere posttranslationale Modifikationsmöglichkeiten	176
8.2.4 Abbau anderer Fettsäuren	132	9.3 Der Proteinabbau	176
8.2.5 Regulation der β -Oxidation	133	9.3.1 Proteasomen und Ubiquitin	177
8.2.6 Fettsäure-Oxidation in den Peroxisomen	133	9.3.2 Lysosomaler Abbau	177
8.3 Fettsäure-Biosynthese	134	9.4 Strategien des Aminosäurenstoffwechsels ..	178
8.3.1 Biosynthese der Palmitinsäure	135	9.4.1 Die wichtigsten Aminosäuren und deren Verwandte	178
8.3.2 Biosynthese längerer Fettsäuren	140	9.4.2 Wie reagieren Aminosäuren?	178
8.3.3 Biosynthese ungesättigter Fettsäuren .	140	9.5 Vitamin B₆	181
8.3.4 Regulation der Fettsäure-Biosynthese	140	9.6 Die Rolle der verschiedenen Organe	182
8.4 Triacylglycerine (TAGs)	141	9.6.1 Die Zelle am kleinen Zeh	182
8.4.1 Lipogenese – die TAG-Biosynthese ...	143	9.6.2 Die Muskulatur und Aminosäuren ...	182
8.4.2 Lipolyse – der TAG-Abbau	145	9.6.3 Die Leber und Aminosäuren	183
8.4.3 Regulation des TAG-Stoffwechsels ..	146	9.7 Biosynthese der Aminosäuren	184
8.5 Ketonkörper	146	9.7.1 Einfache Biosynthese aus den α -Ketosäuren	184
8.5.1 Biosynthese der Ketonkörper	148	9.7.2 Biosynthese der zwei Amide Glutamin und Asparagin	185
8.5.2 Abbau der Ketonkörper	149	9.7.3 Biosynthese von Prolin, Serin und Glycin	185
8.5.3 Zu viele Ketonkörper sind gar nicht gut	150	9.7.4 Biosynthese der nicht ganz essenziellen Aminosäuren	186
8.6 Cholesterin	150	9.7.5 Essenzielle Aminosäuren	186
8.6.1 Cholesterin-Biosynthese	152	9.8 Abbau von Aminosäuren	187
8.6.2 Veresterung von Cholesterin	155	9.8.1 Sammelbecken Oxalacetat	187
8.6.3 Verwendung von Cholesterin	156	9.8.2 Sammelbecken α -Ketosäure	188
8.7 Der Lipoproteinstoffwechsel	156	9.8.3 Sammelbecken Succinyl-CoA	188
<i>Simone Helferich</i>		9.8.4 Abbau von Phenylalanin und Tyrosin .	188
8.7.1 Überblick	157	9.8.5 Sammelbecken Pyruvat	188
8.7.2 Was transportieren Lipoproteine? ...	158	9.8.6 Der Rest und der große Überblick ...	189
8.7.3 Die Apoproteine	158	9.9 Der Harnstoffzyklus	190
8.7.4 Weg der Nahrungsfette – die Chylomikronen	158	9.9.1 Die Stickstoffentsorgung	191
8.7.5 Die Verteilung der Fette – die VLDL ..	159	9.9.2 Herkunft der beiden Stickstoffe	191
8.7.6 Das Cholesterinreservoir LDL	160	9.9.3 Die Schrittmacherreaktion	191
8.7.7 Der reverse Cholesterintransport – das HDL	160	9.9.4 Die Harnstoffbildung	192
8.8 Noch ein paar andere Lipide	161	9.9.5 Bilanz der Harnstoff-Biosynthese	193
8.8.1 Phospholipide	161	9.9.6 Regulation der Harnstoff-Biosynthese	193
8.8.2 Glykolipide	165	9.9.7 Glutamin-Biosynthese in der Leber ..	193
8.9 Vitamin A	165	9.9.8 Weitere Stoffwechselleistungen des Harnstoffzyklus	194
8.9.1 Was ist Vitamin A?	165	9.10 Aminosäuren als Gruppenspender	195
8.9.2 Stoffwechsel des Vitamin A	166	9.10.1 Glutamin und Aspartat als Amino-Spender	195
8.9.3 Direkte Wirkungen des β -Carotin ...	167	9.10.2 Cystein und PAPS	195
8.9.4 Retinsäure und Zellwachstum	167	9.10.3 Methionin und SAM	195
8.9.5 Retinal und der Sehvorgang	168	9.10.4 Homocystein	196
8.9.6 Zu viel und zu wenig Vitamin A	169	9.11 Biogene Amine	198
9 Stoffwechsel der Proteine und Aminosäuren	171		
<i>Florian Horn</i>			
9.1 Die Proteinbiosynthese	171		
9.1.1 Translation	171		
9.1.2 Sortierung von Proteinen	171		

10 Herkunft des ATP	200		
<i>Florian Horn</i>			
10.1 Was ist denn jetzt Acetyl-CoA?	200		
10.1.1 Wie sieht Acetyl-CoA aus?	201		
10.1.2 Wobei entsteht Acetyl-CoA?	201		
10.1.3 Was kann man mit Acetyl-CoA anfangen?	202		
10.1.4 Das Vitamin Pantothersäure	203		
10.2 Der Citratzyklus	203		
10.2.1 Worum geht es beim Citratzyklus? ..	205		
10.2.2 Reaktionen des Citratzyklus	205		
10.2.3 Anabole Funktionen – was der Citratzyklus noch alles kann	208		
10.2.4 Anaplerotische Reaktionen – wie der Citratzyklus wieder aufgefüllt wird ..	209		
10.2.5 Regulation des Citratzyklus	211		
10.2.6 Zwischenbilanz	211		
10.3 Die Reduktionsäquivalente – NADH und seine Kollegen	212		
10.3.1 NAD ⁺ und FAD für den katabolen Stoffwechsel	212		
10.3.2 Das Vitamin Niacin und NADH	213		
10.3.3 Das Vitamin Riboflavin und FADH ..	215		
10.3.4 NADPH – für den anabolen Stoffwechsel	216		
10.3.5 Wo wir schon dabei sind – die drei restlichen Redox-Coenzyme	216		
10.3.6 Wo entstehen die Reduktionsäquivalente in der Zelle? ..	216		
10.4 Die Atmungskette	218		
10.4.1 Prinzip der Atmungskette	218		
10.4.2 Chemie und Physik der Atmungskette	220		
10.4.3 Elektronen, Protonen und der Wasserstoff	222		
10.4.4 Arbeitsweise der Atmungskette	223		
10.4.5 Die ATP-Produktion	227		
10.4.6 Transporte durch die Mitochondrienmembran	227		
10.4.7 Regulation der Atmungskette	228		
10.4.8 Bilanz des gesamten aeroben Abbaus	229		
10.4.9 AMP und die anderen Nukleotide ..	230		
10.4.10 Entkoppler und Hemmstoffe der Atmungskette	230		
10.5 Was ist eigentlich ATP?	231		
10.5.1 Wie sieht ATP aus?	231		
10.5.2 ATP-Hydrolyse	232		
10.5.3 Andere Phosphatspender	234		
10.5.4 ΔG^0 und das wahre ΔG	234		
10.5.5 Aufgaben von ATP	234		
10.5.6 Die vier anderen Nukleotide	234		
			236
<i>Florian Horn</i>			
11.1 Das menschliche Genom	236		
11.1.1 Chromatin und Chromosomen – oder wie bekommt man einen 2-m-DNA-Faden in einen 10 µm großen Zellkern?	236		
11.1.2 Unser Genom	238		
11.2 Biosynthese der Nukleotide	239		
11.2.1 PRPP-Biosynthese	240		
11.2.2 Purinnukleotid-Biosynthese	240		
11.2.3 Pyrimidinnukleotid-Biosynthese ...	243		
11.2.4 Desoxyribonukleotid-Biosynthese ...	245		
11.3 Das Vitamin Folsäure	246		
11.3.1 Chemie der Folsäure	246		
11.3.2 Der Hydrierungsstatus der Folsäure ..	246		
11.3.3 Aufnahme und Transport im Blut ...	247		
11.3.4 Der C ₁ -Status der Folsäure	247		
11.3.5 Regeneration der THF in den Zellen ..	247		
11.3.6 Aufgaben der Folsäure	248		
11.3.7 Bedarf an Folsäure	248		
11.3.8 Weitere C ₁ -Gruppen-Überträger ...	249		
11.4 Abbau der Nukleotide	249		
11.4.1 DNasen und RNasen	249		
11.4.2 Abbau der Purinnukleotide	249		
11.4.3 Abbau der Pyrimidinnukleotide	251		
			252
<i>Florian Horn</i>			
12.1 Interphase des Zellzyklus	252		
12.1.1 Die G ₁ -Phase	253		
12.1.2 Die S-Phase	253		
12.1.3 Die G ₂ -Phase	254		
12.2 Mitose und Zellteilung	254		
12.2.1 Die Mitose	254		
12.2.2 Die Zellteilung – Zytokinese	255		
12.3 Regulation des Zellwachstums	255		
12.3.1 Wachstumsfaktoren	255		
12.3.2 Von den Wachstumsfaktoren zur Zellteilung	257		
12.3.3 Ablauf eines kontrollierten Zellzyklus	258		
12.3.4 Inhibitoren der CDKs	260		
12.3.5 Das RB-Protein – Zentrum der Zellzykluskontrolle	260		
12.3.6 Das P53-Protein – Wächter des Genoms	261		
12.3.7 Was hat der Zellzyklus mit Tumoren zu tun?	263		
12.4 Apoptose – der programmierte Zelltod	264		
12.4.1 Induktion der Apoptose	264		
12.4.2 Am Apoptosevorgang Beteiligte	265		
12.4.3 Zellveränderungen in der Apoptose ..	266		

Inhaltsverzeichnis

.....	268	15.1.4	Telomerasen und der Traum von der ewigen Jugend	298
13.1 Transkription der DNA – Herstellung von RNA	269	15.2 Polymerase-Kettenreaktion (PCR)	299	
<i>Silke Berghold und Florian Horn</i>		<i>Christian Grillhösl</i>		
13.1.1 Ablauf der Transkription	269	15.2.1 Das Prinzip der PCR	299	
13.1.2 Was ist eigentlich RNA?	271	15.2.2 Die Reaktionen der PCR	299	
13.2 Posttranskriptionale Prozessierung – was nach der Transkription geschieht	275	15.2.3 Das DNA-Agarosegel – gelchromatographische DNA-Auftrennung	301	
<i>Silke Berghold und Florian Horn</i>		15.3 DNA-Sequenzierung	301	
13.2.1 Was bei jeder mRNA prozessiert wird	275	<i>Paul Ziegler</i>		
13.2.2 Besondere Prozessierungsvorgänge ..	278		303	
13.3 Nukleozytoplasmatischer Transport	279	<i>Florian Horn</i>		
<i>Florian Horn</i>		16.1 DNA-Schäden und ihre Reparatur	303	
13.3.1 Der Zellkern und das Zytoplasma ...	280	16.1.1 DNA-Schäden – wie Fehler entstehen können	303	
13.3.2 Kernimport	280	16.1.2 Reparaturmechanismen – oder wie der Körper die Fehler wieder ausbügelt ..	304	
13.3.3 Kernexport	281	16.1.3 Mögliche Folgen von DNA-Schäden – wenn die Reparatur versagt hat	306	
13.3.4 Transport der mRNA über weitere Strecken	281	16.2 Molekulare Tumorbilogie	307	
13.4 Translation – die Proteinbiosynthese	281	16.2.1 Was ist ein Tumor?	307	
<i>Christian Grillhösl</i>		16.2.2 Wie ein Tumor entsteht	308	
13.4.1 Aktivierung der Aminosäuren	282	16.2.3 Protoonkogene	308	
13.4.2 Translationsinitiation – Zusammenbau der Ribosomen	284	16.2.4 Tumorsuppressor-Gene	310	
13.4.3 Translationselongation	285	16.2.5 Andere Faktoren, die Tumoren beim Überleben helfen	310	
13.4.4 Translationstermination	286	16.2.6 Rauchen und Lungenkrebs	311	
.....	288	16.2.7 Zytostatika	311	
<i>Florian Horn</i>			312	
14.1 Differenzielle Genexpression im Menschen ..	288	<i>Florian Horn</i>		
14.1.1 Zeit- und ortsabhängige Regulation ..	288	17.1 Bakterien	312	
14.1.2 Ebenen der Regulation in unseren Zellen	288	17.1.1 Was sind Bakterien?	312	
14.2 Transkriptionelle Regulation	288	17.1.2 Genetik der Bakterien	314	
14.2.1 Chromatin und die Transkription ...	289	17.1.3 Grundlagen der Antibiotika-Therapie ..	314	
14.2.2 DNA-Methylierung	289	17.2 Viren	317	
14.2.3 DNA-Steuerelemente	290	17.2.1 Woraus besteht ein Virus?	317	
14.2.4 DNA-bindende Proteine – die Transkriptionsfaktoren	291	17.2.2 Vermehrungszyklus eines Virus	318	
14.3 Posttranskriptionelle Regulation	293	17.3 Das Humane Immundefizienz-Virus (HIV) ..	319	
14.3.1 Die Stabilität der mRNA	293	17.3.1 Was ist HIV?	319	
14.3.2 RNA-Interferenz (RNAi)	293	17.3.2 Was macht das HI-Virus?	320	
14.4 Translationale Regulation	293	17.3.3 Was bedeutet das für den Menschen? ..	322	
14.5 Die Epigenetik	294	17.3.4 Virustatika	323	
.....	295	17.4 Viren in der Gentherapie	323	
15.1 DNA-Replikation	295	17.4.1 Molekularbiologische Grundlagen ...	324	
<i>Florian Horn</i>		17.4.2 Herstellung rekombinanter Viren ...	325	
15.1.1 Replikation auf Chromosomenebene ..	295			
15.1.2 Replikation auf molekularer Ebene ..	296			
15.1.3 Die DNA-Polymerasen	297			

IV	Hormone	
18	Die Grundlagen	330
	<i>Florian Horn</i>	
18.1	Die verschiedenen Botenstoffe	330
18.2	Die Hormonrezeptoren	331
18.2.1	Vier verschiedene Rezeptoren	331
18.2.2	Die Rezeptorverteilung	332
18.2.3	Signaltransduktion	333
18.3	Hormone und der Stoffwechsel	333
18.4	Ein wenig Chemie der Hormone	334
18.4.1	Peptidhormone	334
18.4.2	Steroidhormone	335
18.4.3	Aminosäure-Derivate	335
18.4.4	Eikosanoide und Retinsäure	336
18.4.5	Hormone im Gleichgewicht	336
18.5	Hormone in unserem Körper	336
18.5.1	Hormonbildungsorte	336
18.5.2	Das Hypophysen-Hypothalamus-System	337
19	Molekulare Hormonwirkung	339
19.1	Typ-I-Rezeptoren (Enzyme)	339
	<i>Florian Horn</i>	
19.1.1	Tyrosinkinasen	339
19.1.2	Die Guanylatzyklase	340
19.2	Typ-II-Rezeptoren (Ionenkanäle)	340
	<i>Florian Horn</i>	
19.2.1	Membranständige Ionenkanäle	340
19.2.2	Intrazelluläre membranständige Ionenkanäle	340
19.3	Typ-III-Rezeptoren (G-Protein-gekoppelt)	341
	<i>Florian Horn</i>	
19.3.1	Die Rezeptoren	341
19.3.2	Die G-Proteine	341
19.3.3	Die durch G-Proteine aktivierbaren Enzyme	341
19.3.4	Die Adenylatzyklase und cAMP	342
19.3.5	Die Phospholipase C	343
19.4	Intrazelluläre Rezeptoren	345
	<i>Florian Horn</i>	
19.4.1	Aktivierung des Rezeptors	345
19.4.2	Interaktion mit der DNA	346
19.4.3	Hormone mit intrazellulären Rezeptoren	346
19.5	Zytokinrezeptoren	346
	<i>Nadine Schneider</i>	
19.5.1	Die Janus-Kinasen (JAKs)	346
19.5.2	Die Signaltransduktion	347
20	Energieversorgung	348
20.1	Der Energiestoffwechsel	348
	<i>Isabelle Moc und Florian Horn</i>	
20.1.1	Die Resorptionsphase	348
20.1.2	Die Postresorptionsphase	348
20.1.3	Die Schlüsselenzyme des Stoffwechsels	349
20.2	Insulin	350
	<i>Isabelle Moc und Florian Horn</i>	
20.2.1	Biosynthese des Insulins	350
20.2.2	Molekulare Wirkungen von Insulin	351
20.2.3	Physiologische Wirkungen von Insulin	352
20.2.4	Steuerung der Insulinsekretion	354
20.2.5	Wege des Insulins im Körper	355
20.2.6	Abbau des Insulins	355
20.3	Glukagon	356
	<i>Isabelle Moc und Florian Horn</i>	
20.3.1	Biosynthese des Glukogons	357
20.3.2	Molekulare und physiologische Wirkungen	357
20.3.3	Steuerung der Glukagonsekretion	357
20.3.4	Wege des Glukagons im Körper	358
20.3.5	Abbau des Glukagons	358
20.4	Adrenalin	358
	<i>Silke Berghold und Florian Horn</i>	
20.4.1	Biosynthese des Adrenalins	358
20.4.2	Molekulare Wirkungen von Adrenalin	359
20.4.3	Physiologische Wirkungen von Adrenalin	360
20.4.4	Steuerung der Adrenalinsekretion	361
20.4.5	Wege des Adrenalins im Körper	362
20.4.6	Abbau des Adrenalins	362
20.5	Glukokortikoide	363
	<i>Florian Horn</i>	
20.5.1	Biosynthese der Glukokortikoide	363
20.5.2	Molekulare Wirkungen der Glukokortikoide	364
20.5.3	Physiologische Wirkungen der Glukokortikoide	364
20.5.4	Steuerung der Glukokortikoidsekretion	367
20.5.5	Abbau der Glukokortikoide	367
20.5.6	Regelkreis der Glukokortikoide	367
20.5.7	Proopiomelanokortin (POMC)	368
20.5.8	Wege der Glukokortikoide im Körper	368
20.6	Schilddrüsenhormone	370
	<i>Silke Berghold und Florian Horn</i>	
20.6.1	Biosynthese der Schilddrüsenhormone	370
20.6.2	Molekulare und physiologische Wirkungen	372
20.6.3	Abbau der Schilddrüsenhormone	374
20.6.4	Regelkreis der Schilddrüsenhormone	374
20.6.5	Wege der Schilddrüsenhormone im Körper	375

Inhaltsverzeichnis

21	Gastrointestinale Hormone	377	23.4	Östrogene und Gestagene – die weiblichen Sexualhormone	400
	<i>Florian Horn</i>			23.4.1 Biosynthese von Östrogenen und Gestagenen	401
21.1	Regulation der Magensaftmenge	377		23.4.2 Molekulare und physiologische Wirkungen	401
21.1.1	Gastrin	377		23.4.3 Regelkreis der Östrogene und Gestagene – die Gonadotropine	402
21.1.2	Histamin	378		23.4.4 Wege der Östrogene und Gestagene im Körper	403
21.1.3	Somatostatin	378		23.4.5 Abbau der Östrogene und Gestagene	403
21.1.4	VIP (Vasoaktives intestinales Peptid)	378		23.4.6 Der weibliche Zyklus	403
21.2	Regulation der Pankreas- und Gallensekretion	379	23.5	Prolaktin	404
21.2.1	Sekretin	379	23.5.1	Biosynthese des Prolaktins	405
21.2.2	Cholezystokinin	379	23.5.2	Molekulare und physiologische Wirkungen	405
21.2.3	GIP (Glukose-induziertes insulinotropes Polypeptid)	380	23.5.3	Wege des Prolaktins im Körper	405
21.3	Sonstige intestinale Hormone	380	23.5.4	Abbau des Prolaktins	405
22	Wasser, Elektrolyte und Mineralstoffe	381	23.6	Oxytocin	405
	<i>Florian Horn</i>		23.6.1	Biosynthese des Oxytocins	405
22.1	Natrium, Kalium und Wasser	381	23.6.2	Molekulare und physiologische Wirkungen	406
22.1.1	Der Wasser- und Elektrolythaushalt	381	23.6.3	Wege des Oxytocins im Körper	406
22.1.2	Atriopeptin	382	23.6.4	Abbau des Oxytocins	406
22.1.3	Angiotensin II und das RAAS	383	24	Zytokine – die Botenstoffe der Abwehr	407
22.1.4	Aldosteron	385		<i>Nadine Schneider</i>	
22.1.5	Adiuretin	386	24.1	Einteilung der Zytokine	407
22.2	Calcium und Phosphat	388	24.2	Grundeigenschaften der Zytokine	407
22.2.1	Der Calcium- und Phosphathaushalt	388	24.3	Molekulare Wirkung der Zytokine	408
22.2.2	Parathormon	389	24.4	Die Zytokine der unspezifischen Abwehr	408
22.2.3	Calcitriol	390	24.4.1	Interferon- α und Interferon- β – die Typ-I-Interferone	408
22.2.4	Calcitonin	393	24.4.2	Tumornekrosefaktor- α (TNF- α), IL-1 und IL-6 – die Initiatoren der akuten Phase	408
23	Wachstum und Fortpflanzung	395	24.4.3	Chemokine	409
	<i>Christian Grillhösl</i>		24.4.4	Interleukin-10	410
23.1	Somatotropin	395	24.5	Die Zytokine der spezifischen Abwehr	410
23.1.1	Biosynthese des Somatotropins	396	24.5.1	Interleukin-2 (IL-2)	410
23.1.2	Molekulare und physiologische Wirkungen	396	24.5.2	Interleukin-4 (IL-4)	411
23.1.3	Regelkreis des Somatotropins	397	24.5.3	Interferon- γ	411
23.1.4	Somatostatin	397	24.5.4	Transforming-Growth-Factor- β (TGF- β)	411
23.1.5	Wege im Körper	397	24.5.5	Lymphotoxin (TNF- β)	411
23.1.6	Abbau von Somatotropin und Somatomedinen	397	24.6	Zytokine als Regulatoren der Abwehrreaktion	411
23.2	Schilddrüsenhormone	398	25	Mediatoren	413
23.3	Androgene – die männlichen Sexualhormone	398		<i>Franziska Blaschke</i>	
23.3.1	Biosynthese der Androgene	398	25.1	Eikosanoide	413
23.3.2	Molekulare und physiologische Wirkungen	399	25.1.1	Prostaglandine und Thromboxane	414
23.3.3	Regelkreis der Androgene – die Gonadotropine	400	25.1.2	Leukotriene	418
23.3.4	Wege der Androgene im Körper	400			
23.3.5	Abbau der Androgene	400			

25.2 Stickstoffmonoxid (NO)	419	27.3.3 Aktiver Transport	440
25.2.1 Biosynthese des NO	419	27.3.4 Transportproteine	440
25.2.2 Molekulare und physiologische Wirkungen	420	27.3.5 Zytosevorgänge	441
25.2.3 „Abbau“ des NO	420	27.4 Das Zytoskelett	441
25.3 Histamin	420	27.4.1 Aktinfilamente	441
25.3.1 Biosynthese des Histamins	421	27.4.2 Intermediärfilamente	442
25.3.2 Histamin-Rezeptoren	421	27.4.3 Mikrotubuli	443
25.3.3 Wirkungen des Histamins	421	27.5 Der Zellkern	446
25.3.4 Sekretionsreiz für die Ausschüttung von Histamin	422	27.5.1 Aufbau des Zellkerns	446
25.3.5 Abbau von Histamin	422	27.5.2 Aufgaben des Zellkerns	446
25.4 Kinine	423	27.5.3 Der Nukleolus	446
25.4.1 Biosynthese der Kinine	423	27.5.4 Vermehrung des Zellkerns – die Mitose	447
25.4.2 Kinin-Rezeptoren	423	27.6 Die Mitochondrien	447
25.4.3 Wirkungen der Kinine	423	27.6.1 Aufbau der Mitochondrien	447
25.4.4 Sekretionsreiz für die Kinine	423	27.6.2 Aufgaben der Mitochondrien	447
25.4.5 Abbau der Kinine	424	27.6.3 Die Endosymbiontentheorie	448
26 Neurotransmitter	425	27.6.4 Vermehrung der Mitochondrien	448
<i>Florian Horn</i>		27.7 Die Ribosomen	449
26.1 Grundlagen der Neurotransmission	425	27.7.1 Aufbau der Ribosomen	449
26.1.1 Die Gemeinsamkeiten der Neurotransmitter	425	27.7.2 Funktion der Ribosomen	449
26.1.2 Die Rezeptoren	425	27.7.3 Biosynthese der Ribosomen	449
26.1.3 Die Synapsen	426	27.8 Das Endoplasmatische Retikulum	449
26.2 Erregende Neurotransmitter	426	27.8.1 Das glatte ER	449
26.2.1 Acetylcholin	426	27.8.2 Das raue ER	450
26.2.2 Glutamat	427	27.8.3 Herkunft des ER	450
26.3 Hemmende Neurotransmitter	428	27.9 Der Golgi-Apparat	450
26.3.1 Glycin	428	27.9.1 Aufbau des Golgi-Apparates	450
26.3.2 GABA	429	27.9.2 Funktion des Golgi-Apparates	450
26.4 Komplex wirkende Neurotransmitter	429	27.9.3 Wie entsteht der Golgi-Apparat?	451
26.4.1 Noradrenalin	429	27.10 Die Lysosomen	451
26.4.2 Dopamin	430	27.10.1 Aufbau der Lysosomen	451
26.4.3 Serotonin	431	27.10.2 Funktionen der Lysosomen	451
26.4.4 Endogene Opiode	432	27.10.3 Wo kommen die Lysosomen her?	452
V Von der Zelle zum Organismus		27.11 Die Peroxisomen	452
27 Zellbiologie	436	27.11.1 Aufbau der Peroxisomen	452
<i>Isabelle Moc und Florian Horn</i>		27.11.2 Aufgabe der Peroxisomen	452
27.1 Die Zellorganellen	436	27.11.3 Wie vermehren sich Peroxisomen?	453
27.1.1 Zytoplasma und Zytosol	436	27.12 Die Zellkontakte	453
27.1.2 Die Organellen	436	27.12.1 Dichte Kontakte (Tight Junctions)	453
27.2 Die Plasmamembran	436	27.12.2 Haftkontakte (Desmosomen)	453
27.2.1 Aufbau der Plasmamembran	436	27.12.3 Kommunikationskontakte (Gap Junctions)	454
27.2.2 Aufgaben der Plasmamembran	438	28 Extrazellulärsubstanz – was zwischen den Zellen ist	455
27.2.3 Herkunft der Membranen	438	<i>Isabelle Moc und Florian Horn</i>	
27.3 Der Stofftransport	439	28.1 Die Bindegewebszellen	455
27.3.1 Ionen in unseren Zellen	439	28.2 Die Faserproteine	455
27.3.2 Passiver Transport	439	28.2.1 Die Kollagene	455
		28.2.2 Das Elastin	457

Inhaltsverzeichnis

28.3 Die Glykosaminoglykane	458	30.3 Die Erythrozyten	481
28.3.1 Die Hyaluronsäure	458	<i>Silke Berghold</i>	
28.3.2 Die anderen Glykosaminoglykane ...	458	30.3.1 Die Erythropoese	482
28.4 Die Glykoproteine	459	30.3.2 Das Erythropoetin	483
28.4.1 Fibronektin	459	30.3.3 Vitamin B ₁₂ (Cobalamin)	485
28.4.2 Laminin	459	30.3.4 Stoffwechsel der Erythrozyten	487
28.5 Das Vitamin C	459	30.3.5 Glutathion – Notarzt der Erythrozyten	489
28.5.1 Aufnahme von Vitamin C	460	30.3.6 Abbau der Erythrozyten	491
28.5.2 Radikalfänger Vitamin C	460	30.3.7 Das Vitamin E (Tocopherol)	492
28.5.3 Die Vitamin-C-abhängigen Reaktionen	460	30.4 Blutgruppen und Transfusionsbiologie	493
28.5.4 Bedarf an Vitamin C	460	<i>Florian Horn</i>	
29 Die Stoffaufnahme	461	30.4.1 Die Rolle des Immunsystems	493
<i>Florian Horn</i>		30.4.2 Das ABO-System	494
29.1 Ernährung	461	30.4.3 Das Rhesus-System	496
29.1.1 Wie viel Nahrung müssen wir zu uns		30.4.4 Das Kell-System	498
nehmen?	461	30.4.5 Die Bluttransfusion	498
29.1.2 Besonderheiten der Proteine	461	30.5 Das Hämoglobin	498
29.1.3 Der Energiegehalt der Nahrung	462	<i>Silke Berghold</i>	
29.1.4 Die essenziellen Nährstoffe	463	30.5.1 Das Hämoglobin-Molekül	498
29.2 Unser Verdauungstrakt	463	30.5.2 Hämoglobin-Biosynthese	500
29.2.1 Teller, Mund und Speiseröhre	463	30.5.3 Der Sauerstofftransport	503
29.2.2 Der Magen	464	30.5.4 Hämoglobin-Abbau	506
29.2.3 Das Duodenum und seine Drüsen ...	468	30.5.5 Unbrauchbare Hämoglobinformen ...	508
29.2.4 Die weiteren Darmabschnitte	471	30.6 Der Eisenstoffwechsel	509
29.3 Aufnahme der einzelnen		<i>Florian Horn</i>	
Nahrungsbestandteile	471	30.6.1 Wozu brauchen wir überhaupt Eisen?	509
29.3.1 Kohlenhydrate	471	30.6.2 Die Eisenspeicher unseres Organismus	510
29.3.2 Lipide	473	30.6.3 Die Resorption von Eisen im	
29.3.3 Proteine	474	Dünndarm	510
29.3.4 Nukleinsäuren	475	30.6.4 Transport von Eisen im Blut	511
29.3.5 Wasser	475	30.6.5 Der Eisenumsatz unseres Körpers ...	512
29.3.6 Vitamine	476	30.6.6 Die Eisenausscheidung	512
29.3.7 Spurenelemente	477	30.6.7 Vorkommen von Eisen in der Nahrung	512
29.3.8 Mengenelemente	477	30.6.8 Regulation der Eisenaufnahme	513
29.3.9 Wie die Nahrungsstoffe in die		30.6.9 Eisen und die Infektion	513
Peripherie gelangen	478	30.7 Das Blutplasma	515
30 Das Blut	479	<i>Florian Horn</i>	
30.1 Aufgaben des Blutes	479	30.7.1 Zellen, Plasma und Serum	515
<i>Silke Berghold und Florian Horn</i>		30.7.2 Die Plasmaproteine	515
30.1.1 Transportfunktionen	479	30.7.3 Die Fraktionen der Elektrophorese ..	517
30.1.2 Die Homöostase	479	30.7.4 Die anderen Plasmaproteine	521
30.1.3 Die Blutgerinnung	480	30.7.5 Der Blutzuckerspiegel	522
30.1.4 Die Immunabwehr	480	30.8 Die Hämostase	523
30.2 Das Knochenmark	480	<i>Florian Horn</i>	
<i>Silke Berghold und Florian Horn</i>		30.8.1 Ein kurzer Überblick scheint von	
30.2.1 Aufbau des Knochenmarks	480	Nöten	523
30.2.2 Die Stromazellen des Knochenmarks .	480	30.8.2 Die vaskuläre Reaktion	524
30.2.3 Stammzellen des Knochenmarks	481	30.8.3 Die Endothelzellen	524
		30.8.4 Die Thrombozyten	525
		30.8.5 Das plasmatische Gerinnungssystem .	529
		30.8.6 Regulation der Hämostase	532
		30.8.7 Das fibrinolytische System	534
		30.8.8 Das Vitamin K	536

31 Die Leber	539		
<i>Isabelle Moc und Florian Horn</i>			
31.1 Anatomie und Histologie	539		
31.1.1 Das Leberläppchen	539		
31.1.2 Die Blutversorgung	540		
31.1.3 Was passiert wo in der Leber?	540		
31.1.4 Die Zellen der Leber	541		
31.2 Die Leber und der Energiestoffwechsel	541		
31.2.1 Die Resorptionsphase	541		
31.2.2 Die Postresorptionsphase	542		
31.2.3 Die Enzyenausstattung	543		
31.2.4 Was die Leber für sich selbst tut	543		
31.2.5 Was die Leber für den ganzen Menschen tut	544		
31.3 Der Alkoholstoffwechsel	545		
31.3.1 Was ist Alkohol?	545		
31.3.2 Die Alkoholaufnahme	545		
31.3.3 Der Alkoholmetabolismus	546		
31.3.4 Kurzfristige Wirkungen des Alkohols .	546		
31.3.5 Langfristige Wirkungen des Alkohols .	547		
31.3.6 Der Alkoholtest	548		
31.4 Die Leber als Produktionsfabrik	548		
31.4.1 Produktion der Plasmaproteine	549		
31.4.2 Cholesterin-Biosynthese	549		
31.4.3 Produktion von Gallenflüssigkeit	549		
31.4.4 Herstellung von Hormonen	553		
31.4.5 Biosynthese von Kreatin	553		
31.5 Speicher und Abwehr	554		
31.5.1 Die Leber als Speicherorgan	554		
31.5.2 Die Leber und ihre Abwehrfunktion .	554		
31.6 Die Leber als Ausscheidungsorgan	554		
31.6.1 Die Biotransformation	554		
31.6.2 Ausscheidung über die Galle	559		
31.6.3 Der Harnstoffzyklus	559		
31.7 Leberfunktionsprüfungen	560		
31.7.1 Biosyntheseleistungen	560		
31.7.2 Ausscheidungsleistungen	560		
31.7.3 Zellständige Enzyme	561		
32 Die Nieren	563		
<i>Paul Ziegler</i>			
32.1 Überblick	563		
32.1.1 Begriffe	563		
32.1.2 Aufbau der Niere	563		
32.1.3 Harnbildung	563		
32.2 Das Niereninterstitium und die Gefäße	564		
32.3 Der Ultrafilter der Glomeruli	565		
32.4 Das Tubulussystem	565		
32.4.1 Der proximale Tubulus	566		
32.4.2 Der dünne Teil der Henle-Schleife ...	567		
32.4.3 Der dicke aufsteigende Teil der Henle-Schleife	567		
32.4.4 Der juxtaglomeruläre Apparat	568		
32.4.5 Der distale Tubulus	568		
32.4.6 Das Sammelrohr	569		
32.5 Energieversorgung der Niere	570		
32.6 Die endokrinen Aufgaben der Niere	570		
32.6.1 Erythropoetin	570		
32.6.2 Renin-Angiotensin-Aldosteron-System (RAAS)	570		
32.6.3 Calcitriol	571		
32.7 Regulation der Nierenfunktion	571		
32.7.1 Bayliss-Effekt	571		
32.7.2 Tubuloglomeruläre Rückkopplung ...	571		
32.7.3 Renin-Angiotensin-Aldosteron-System	572		
32.7.4 Feineinstellung der Urinkonzentration	572		
32.8 Der Urin	572		
32.8.1 Zusammensetzung des Urins	572		
32.9 Die Nieren im Säure-Basen-Haushalt	573		
32.9.1 Bicarbonat-Resorption	573		
32.9.2 Ammonium-Synthese	573		
32.9.3 Die Glukoneogenese der Niere	574		
32.9.4 Protonen-Ausscheidung im Sammelrohr	574		
33 Der Säure-Basen-Haushalt	575		
<i>Paul Ziegler</i>			
33.1 Chemie der Säuren und Basen	575		
33.1.1 Der pH-Wert	576		
33.1.2 Puffer	577		
33.2 Die Puffersysteme des Körpers	578		
33.2.1 Kohlensäure-Bicarbonat-Puffersystem	578		
33.2.2 Aufrechterhaltung des pH-Werts	579		
33.2.3 Nicht-Bicarbonat-Puffer	579		
33.2.4 Transport von CO ₂ im Blut	580		
33.3 Protonenbilanz des Körpers	581		
33.4 Messung des Säure-Basen-Status	582		
34 Die Muskulatur	584		
<i>Michael Pritsch</i>			
34.1 Aufbau der Muskulatur	584		
34.1.1 Der Skelettmuskel	584		
34.1.2 Der Herzmuskel	584		
34.1.3 Die glatte Muskulatur	585		
34.1.4 Die Proteine des Sarkomers	585		
34.2 Der Kontraktionsmechanismus	586		
34.2.1 Die Gleitfilament-Theorie	586		
34.2.2 Die Kontrolle der Kontraktion	587		
34.2.3 Kontraktion ist Chefsache	588		
34.2.4 Regeneration des Muskelgewebes ...	589		

Inhaltsverzeichnis

34.3 Stoffwechsel der Skelettmuskulatur	589		
34.3.1 Anaerobe Energiegewinnung	589		
34.3.2 Aerobe (oxidative) Energiegewinnung	591		
34.3.3 Skelettmuskeltypen	591		
34.4 Stoffwechsel der Herzmuskulatur	592		
35 Das Immunsystem	593		
<i>Nadine Schneider</i>			
35.1 Die Bestandteile der Abwehr	593		
35.2 Wie sich unser Körper vor unerwünschten Gästen schützt	593		
35.2.1 Die ersten Barrieren unseres Immunsystems	593		
35.2.2 Der Kampftrupp in der zweiten Linie: Natürliche Resistenz und Immunsystem	595		
35.3 Leukozyten – die Zellen der Abwehr	596		
35.3.1 Die Zellen der myeloischen Reihe	597		
35.3.2 Die Zellen der lymphatischen Reihe	599		
35.3.3 B- und T-Zell-Rezeptoren (BCR und TCR) – Steckbriefe des Immunsystems	601		
35.3.4 Organisation der Gene für die Antigenrezeptoren der Lymphozyten	603		
35.3.5 Die MHC-Moleküle	605		
35.3.6 Wie zytotoxische T-Zellen und NK-Zellen ihre Zielzellen töten	609		
35.3.7 Autoreaktive Lymphozyten und Lymphozyten mit defekten Rezeptoren werden eliminiert	609		
35.4 Der humorale Anteil der Abwehr	610		
35.4.1 Antikörper	610		
35.4.2 Allergie	614		
35.4.3 T-B-Zell-Interaktion	615		
35.4.4 Das Komplementsystem	617		
35.4.5 Akute-Phase-Proteine	620		
Literaturverzeichnis	622		
Sachverzeichnis	624		