

Inhaltsverzeichnis

I Grundlagen der Chemie

1 Allgemeine Chemie	2
<i>Florian Horn</i>	
1.1 Die chemische Bindung	2
1.1.1 Freie Elektronen und freie Elektronenpaare	2
1.1.2 Die Oktettregel	3
1.1.3 Die Elektronegativität	5
1.1.4 Starke Bindungen – Hauptvalenzen ..	5
1.1.5 Koordinative Bindungen	6
1.1.6 Schwache Bindungen – Nebenvalenzen	7
1.2 Funktionelle Gruppen und ihre Reaktionen	8
1.2.1 Wichtige sauerstoffhaltige funktionelle Gruppen	8
1.2.2 Wichtige schwefelhaltige funktionelle Gruppen	11
1.2.3 Wichtige stickstoffhaltige funktionelle Gruppen	11
1.3 Reaktionen einer menschlichen Zelle	12
1.3.1 Die Grundreaktionstypen	12
1.3.2 Die Rolle der Säure-Basen-Reaktionen ..	14
1.4 Isomeren – einmal ganz in Ruhe ...	14
1.4.1 Konstitutionsisomerie	14
1.4.2 Stereoisomerie	14
1.5 Mesomerie	17
2 Kohlenhydrate	18
<i>Florian Horn</i>	
2.1 Was sind Kohlenhydrate?	18
2.2 Monosaccharide	19
2.2.1 Hexosen – die 6er-Zucker	19
2.2.2 Pentosen – die 5er-Zucker	21
2.2.3 Reaktionen der Monosaccharide	22
2.2.4 Nachweismethoden	23
2.3 Disaccharide	24
2.3.1 Maltose und Isomaltose – Malzzucker ..	25
2.3.2 Laktose – Milchzucker	25
2.3.3 Saccharose – Haushaltszucker	26
2.4 Oligosaccharide	26
2.5 Polysaccharide	26
2.5.1 Homoglykane	26
2.5.2 Heteroglykane	27

3 Lipide	28
<i>Florian Horn</i>	
3.1 Chemie und Systematik der Lipide	28
3.1.1 Amphiphile Lipide	28
3.1.2 Systematik der Lipide	29
3.2 Fettsäuren	29
3.2.1 Gesättigte und ungesättigte Fettsäuren ..	30
3.2.2 Geradzahlige und ungeradzahlige Fettsäuren	31
3.2.3 Essenzielle Fettsäuren	31
3.3 Glycerin-Derivate	31
3.3.1 Triacylglycerine (TAG) – das klassische Fett	31
3.3.2 Glycerophosphatide – Membranfett ..	32
3.4 Sphingosin-Derivate	33
3.4.1 Sphingosinphosphatide	33
3.4.2 Glykolipide	33
3.5 Isopren-Derivate	34
3.5.1 Die Terpene	34
3.5.2 Die Steroide	35
4 Aminosäuren und Proteine	37
<i>Isabelle Moc und Florian Horn</i>	
4.1 Aminosäuren	37
4.1.1 Die 21 proteinogenen Aminosäuren ..	37
4.1.2 Nicht proteinogene Aminosäuren ...	40
4.1.3 Eigenschaften der Aminosäuren	41
4.1.4 Reaktionen der Aminosäuren	43
4.2 Peptide und Proteine	44
4.2.1 Die Peptidbindung	44
4.2.2 Auf- und Abbau der Proteine	44
4.2.3 Benennung der Peptide	45
4.2.4 Räumliche Anordnung von Proteinen ..	45
4.2.5 Denaturieren und Fällen	47
4.2.6 Auftrennung von Proteinen – die Elektrophorese	47
4.2.7 Funktionen der Proteine im Körper ..	48
4.2.8 Prionen	48
5 Nukleotide und Nukleinsäuren	50
<i>Florian Horn</i>	
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	7.1.3 Versorgung unserer Zellen mit Glukose	80
5.2.1 Ribose und Phosphat – für den Zusammenhalt	53	7.2 Die Glykolyse	82
5.2.2 Die Basen – Träger der Information	54	7.2.1 Vorbereitungsphase – von Glukose zu Glyceral-3-Phosphat	84
5.2.3 Die DNA-Doppelhelix	55	7.2.2 Die Phase der Energieerzeugung – von Glyceral-3-Phosphat zu Pyruvat	86
II Energiestoffwechsel		7.2.3 Wie NADH/H ⁺ zur Atmungskette gelangt	88
6 Enzyme	60	7.2.4 Regulation der Glykolyse oder die Frage nach der Geschwindigkeit	88
<i>Marco Armbruster</i>		7.3 Schicksal des Pyruvats: PDH oder LDH	91
6.1 Energetik einer chemischen Reaktion	60	7.3.1 Aerober Abbau – Pyruvat-Dehydrogenase	92
6.1.1 Thermodynamische Systeme und Zustände	60	7.3.2 Vitamin B ₁ (Thiamin)	94
6.1.2 Thermodynamische Potenziale	61	7.3.3 Anaerober Abbau – Laktat-Dehydrogenase	94
6.1.3 Entropie S	61	7.3.4 Energiegewinn mit und ohne Sauerstoff – ein Ausblick	96
6.1.4 Enthalpie H	61	7.4 Der Pentosephosphatweg	96
6.1.5 Freie Enthalpie G	62	7.4.1 Teil 1 – oxidativ und irreversibel	98
6.1.6 Theorie des Übergangszustandes	63	7.4.2 Teil 2 – nichtoxidativ und reversibel	99
6.1.7 Reaktionsmodell	64	7.4.3 Aufgaben des NADPH/H ⁺	99
6.2 Funktionsweise und Aufbau von Enzymen	64	7.4.4 Aufgaben der Ribose	99
6.2.1 Funktionsprinzip	64	7.4.5 Regulation des Pentosephosphatweges	100
6.2.2 Aktives Zentrum	65	7.5 Die Glukoneogenese	101
6.2.3 Kovalente Katalyse	65	7.5.1 Welche Organe betreiben Glukoneogenese?	102
6.2.4 Allgemeine Säure-Base-Katalyse	66	7.5.2 Umgehung der drei irreversiblen Reaktionen der Glykolyse	103
6.2.5 Räumliche Annäherung	66	7.5.3 Substrate des Zuckeraufbaus	105
6.2.6 Cofaktoren	66	7.5.4 Die Glukoneogenese und ihre drei Kompartimente in der Zelle	106
6.2.7 Multienzymkomplex	67	7.5.5 Energiebilanz – oder was kostet Glukose?	107
6.2.8 Multifunktionale Enzyme	67	7.5.6 Regulation der Glukoneogenese	107
6.3 Kinetik einer chemischen Reaktion	67	7.6 Der Glykogen-Stoffwechsel	108
6.3.1 Reaktionsordnungen	68	7.6.1 Welche Organe besitzen Glykogen-Vorräte?	110
6.3.2 Michaelis-Menten-Kinetik	69	7.6.2 Glykogen-Struktur	110
6.4 Enzymklassen	70	7.6.3 Glykogen-Biosynthese	110
6.4.1 Die Grundtypen von Reaktionen	70	7.6.4 Glykogen-Abbau	113
6.4.2 Oxidoreduktasen (Klasse I)	70	7.6.5 Regulation des Glykogen-Stoffwechsels	115
6.4.3 Transferasen (Klasse II)	71	7.7 Das Vitamin Biotin	116
6.4.4 Hydrolasen (Klasse III)	72	7.8 Andere Monosaccharide	118
6.4.5 Lyasen (Klasse IV)	72	7.8.1 Fruktose	118
6.4.6 Isomerasen (Klasse V)	72	7.8.2 Galaktose	119
6.4.7 Ligasen (Klasse VI)	73	7.8.3 Mannose	121
6.5 Enzymregulation	73	7.8.4 Aminosucker	122
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		

8	Stoffwechsel der Lipide	123	8.9.3	Direkte Wirkungen des β -Carotin	167
	<i>Florian Horn</i>		8.9.4	Retinsäure und Zellwachstum	167
8.1	Einleitung	123	8.9.5	Retinal und der Sehvorgang	168
8.1.1	Überblick über die stoffwechselrelevanten Lipide	123	8.9.6	Zu viel und zu wenig Vitamin A	169
8.1.2	Was können unsere Zellen mit Lipiden anfangen?	124			
8.1.3	Vom Teller bis in unsere Zellen	126	9	Stoffwechsel der Proteine und Aminosäuren	171
8.1.4	Regulation des Lipidstoffwechsels	127		<i>Florian Horn</i>	
8.2	Fettsäure-Abbau	127	9.1	Die Proteinbiosynthese	171
8.2.1	Aktivierung der Fettsäuren	128	9.1.1	Translation	171
8.2.2	Transport der Fettsäuren ins Mitochondrium	129	9.1.2	Sortierung von Proteinen	171
8.2.3	Die β -Oxidation	130	9.2	Posttranslationale Prozessierung	173
8.2.4	Abbau anderer Fettsäuren	132	9.2.1	Herstellung der nativen Proteinform (Proteinfaltung)	173
8.2.5	Regulation der β -Oxidation	133	9.2.2	Glykosylierungen	173
8.2.6	Fettsäure-Oxidation in den Peroxisomen	133	9.2.3	Weitere posttranslationale Modifikationsmöglichkeiten	176
8.3	Fettsäure-Biosynthese	134	9.3	Der Proteinabbau	176
8.3.1	Biosynthese der Palmitinsäure	135	9.3.1	Proteasomen und Ubiquitin	177
8.3.2	Biosynthese längerer Fettsäuren	140	9.3.2	Lysosomaler Abbau	177
8.3.3	Biosynthese ungesättigter Fettsäuren	140	9.4	Strategien des Aminosäurenstoffwechsels ..	178
8.3.4	Regulation der Fettsäure-Biosynthese	140	9.4.1	Die wichtigsten Aminosäuren und deren Verwandte	178
8.4	Triacylglycerine (TAGs)	141	9.4.2	Wie reagieren Aminosäuren?	178
8.4.1	Lipogenese – die TAG-Biosynthese	143	9.5	Vitamin B₆	181
8.4.2	Lipolyse – der TAG-Abbau	145	9.6	Die Rolle der verschiedenen Organe	182
8.4.3	Regulation des TAG-Stoffwechsels	146	9.6.1	Die Zelle am kleinen Zeh	182
8.5	Ketonkörper	146	9.6.2	Die Muskulatur und Aminosäuren	182
8.5.1	Biosynthese der Ketonkörper	148	9.6.3	Die Leber und Aminosäuren	183
8.5.2	Abbau der Ketonkörper	149	9.7	Biosynthese der Aminosäuren	184
8.5.3	Zu viele Ketonkörper sind gar nicht gut	150	9.7.1	Einfache Biosynthese aus den α -Ketosäuren	184
8.6	Cholesterin	150	9.7.2	Biosynthese der zwei Amide Glutamin und Asparagin	185
8.6.1	Cholesterin-Biosynthese	152	9.7.3	Biosynthese von Prolin, Serin und Glycin	185
8.6.2	Veresterung von Cholesterin	155	9.7.4	Biosynthese der nicht ganz essenziellen Aminosäuren	186
8.6.3	Verwendung von Cholesterin	156	9.7.5	Essenzielle Aminosäuren	186
8.7	Der Lipoproteinstoffwechsel	156	9.8	Abbau von Aminosäuren	187
	<i>Simone Harrasser</i>		9.8.1	Sammelbecken Oxalacetat	187
8.7.1	Überblick	157	9.8.2	Sammelbecken α -Ketosäure	188
8.7.2	Was transportieren Lipoproteine?	158	9.8.3	Sammelbecken Succinyl-CoA	188
8.7.3	Die Apoproteine	158	9.8.4	Abbau von Phenylalanin und Tyrosin	188
8.7.4	Weg der Nahrungsfette – die Chylomikronen	158	9.8.5	Sammelbecken Pyruvat	188
8.7.5	Die Verteilung der Fette – die VLDL	159	9.8.6	Der Rest und der große Überblick	189
8.7.6	Das Cholesterinreservoir LDL	160	9.9	Der Harnstoffzyklus	190
8.7.7	Der reverse Cholesterintransport – das HDL	160	9.9.1	Die Stickstoffentsorgung	191
8.8	Noch ein paar andere Lipide	161	9.9.2	Herkunft der beiden Stickstoffe	191
8.8.1	Phospholipide	161	9.9.3	Die Schrittmacherreaktion	191
8.8.2	Glykolipide	165	9.9.4	Die Harnstoffbildung	192
8.9	Vitamin A	165	9.9.5	Bilanz der Harnstoff-Biosynthese	193
8.9.1	Was ist Vitamin A?	165			
8.9.2	Stoffwechsel des Vitamin A	166			

9.9.6	Regulation der Harnstoff-Biosynthese	193	10.5	Was ist eigentlich ATP?	231
9.9.7	Glutamin-Biosynthese in der Leber	193	10.5.1	Wie sieht ATP aus?	231
9.9.8	Weitere Stoffwechsellleistungen des Harnstoffzyklus	194	10.5.2	ATP-Hydrolyse	232
9.10	Aminosäuren als Gruppenspender	195	10.5.3	Andere Phosphatspender	234
9.10.1	Glutamin und Aspartat als Amino-Spender	195	10.5.4	ΔG^{OI} und das wahre ΔG	234
9.10.2	Cystein und PAPS	195	10.5.5	Aufgaben von ATP	234
9.10.3	Methionin und SAM	195	10.5.6	Die vier anderen Nukleotide	234
9.10.4	Homocystein	196	III	Molekularbiologie	
9.11	Biogene Amine	198	11	Die Grundstoffe	236
10	Herkunft des ATP	200		Florian Horn	
	Florian Horn		11.1	Das menschliche Genom	236
10.1	Was ist denn jetzt Acetyl-CoA?	200	11.1.1	Chromatin und Chromosomen – oder wie bekommt man einen 2-m-DNA-Faden in einen 10 μm großen Zellkern?	236
10.1.1	Wie sieht Acetyl-CoA aus?	201	11.1.2	Unser Genom	238
10.1.2	Wobei entsteht Acetyl-CoA?	201	11.2	Biosynthese der Nukleotide	239
10.1.3	Was kann man mit Acetyl-CoA anfangen?	202	11.2.1	PRPP-Biosynthese	240
10.1.4	Das Vitamin Pantothersäure	203	11.2.2	Purinnukleotid-Biosynthese	240
10.2	Der Citratzyklus	203	11.2.3	Pyrimidinnukleotid-Biosynthese	243
10.2.1	Worum geht es beim Citratzyklus?	205	11.2.4	Desoxyribonukleotid-Biosynthese	245
10.2.2	Reaktionen des Citratzyklus	205	11.3	Das Vitamin Folsäure	246
10.2.3	Anabole Funktionen – was der Citratzyklus noch alles kann	208	11.3.1	Chemie der Folsäure	246
10.2.4	Anaplerotische Reaktionen – wie der Citratzyklus wieder aufgefüllt wird	209	11.3.2	Der Hydrierungsstatus der Folsäure	246
10.2.5	Regulation des Citratzyklus	211	11.3.3	Aufnahme und Transport im Blut	247
10.2.6	Zwischenbilanz	211	11.3.4	Der C_1 -Status der Folsäure	247
10.3	Die Reduktionsäquivalente – NADH und seine Kollegen	212	11.3.5	Regeneration der THF in den Zellen	247
10.3.1	NAD ⁺ und FAD für den katabolen Stoffwechsel	212	11.3.6	Aufgaben der Folsäure	248
10.3.2	Das Vitamin Niacin und NADH	213	11.3.7	Bedarf an Folsäure	248
10.3.3	Das Vitamin Riboflavin und FADH	215	11.3.8	Weitere C_1 -Gruppen-Überträger	249
10.3.4	NADPH – für den anabolen Stoffwechsel	216	11.4	Abbau der Nukleotide	249
10.3.5	Wo wir schon dabei sind – die drei restlichen Redox-Coenzyme	216	11.4.1	DNasen und RNasen	249
10.3.6	Wo entstehen die Reduktionsäquivalente in der Zelle?	216	11.4.2	Abbau der Purinnukleotide	249
10.4	Die Atmungskette	218	11.4.3	Abbau der Pyrimidinnukleotide	251
10.4.1	Prinzip der Atmungskette	218	12	Zellzyklus und Apoptose	252
10.4.2	Chemie und Physik der Atmungskette	220		Florian Horn	
10.4.3	Elektronen, Protonen und der Wasserstoff	222	12.1	Interphase des Zellzyklus	252
10.4.4	Arbeitsweise der Atmungskette	223	12.1.1	Die G_1 -Phase	253
10.4.5	Die ATP-Produktion	227	12.1.2	Die S-Phase	253
10.4.6	Transporte durch die Mitochondrienmembran	227	12.1.3	Die G_2 -Phase	254
10.4.7	Regulation der Atmungskette	228	12.2	Mitose und Zellteilung	254
10.4.8	Bilanz des gesamten aeroben Abbaus	229	12.2.1	Die Mitose	254
10.4.9	AMP und die anderen Nukleotide	230	12.2.2	Die Zellteilung – Zytokinese	255
10.4.10	Entkoppler und Hemmstoffe der Atmungskette	230	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	14.4	Translationale Regulation	294
12.3.7	Was hat der Zellzyklus mit Tumoren zu tun?	263		<i>Florian Horn</i>	
12.4	Apoptose – der programmierte Zelltod	264	14.5	Die Epigenetik	294
12.4.1	Induktion der Apoptose	264		<i>Bettina Otte</i>	
12.4.2	Am Apoptosevorgang Beteiligte	265	15	DNA-Vervielfältigung	295
12.4.3	Zellveränderungen in der Apoptose ..	266	15.1	DNA-Replikation	295
13	Zellalltag einer menschlichen Zelle	268		<i>Florian Horn</i>	
13.1	Transkription der DNA – Herstellung von RNA	269	15.1.1	Replikation auf Chromosomenebene .	295
	<i>Silke Berghold und Florian Horn</i>		15.1.2	Replikation auf molekularer Ebene ..	296
13.1.1	Ablauf der Transkription	269	15.1.3	Die DNA-Polymerasen	297
13.1.2	Was ist eigentlich RNA?	271	15.1.4	Telomerasen und der Traum von der ewigen Jugend	298
13.2	Posttranskriptionale Prozessierung – was nach der Transkription geschieht	275	15.2	Polymerase-Kettenreaktion (PCR)	299
	<i>Silke Berghold und Florian Horn</i>			<i>Christian Grillhösl</i>	
13.2.1	Was bei jeder mRNA prozessiert wird	275	15.2.1	Das Prinzip der PCR	299
13.2.2	Besondere Prozessierungsvorgänge ..	278	15.2.2	Die Reaktionen der PCR	299
13.3	Nukleozytoplasmatischer Transport	279	15.2.3	Das DNA-Agarosegel – gelchromatographische DNA- Auftrennung	301
	<i>Florian Horn</i>		15.3	DNA-Sequenzierung	301
13.3.1	Der Zellkern und das Zytoplasma ...	280		<i>Paul Ziegler</i>	
13.3.2	Kernimport	280	16	Angriffe auf unser Erbgut	303
13.3.3	Kernexport	281		<i>Florian Horn</i>	
13.3.4	Transport der mRNA über weitere Strecken	281	16.1	DNA-Schäden und ihre Reparatur	303
13.4	Translation – die Proteinbiosynthese	281	16.1.1	DNA-Schäden – wie Fehler entstehen können	303
	<i>Christian Grillhösl</i>		16.1.2	Reparaturmechanismen – oder wie der Körper die Fehler wieder ausbügelt ..	304
13.4.1	Aktivierung der Aminosäuren	282	16.1.3	Mögliche Folgen von DNA-Schäden – wenn die Reparatur versagt hat	306
13.4.2	Translationsinitiation – Zusammenbau der Ribosomen	284	16.2	Molekulare Tumorbilogie	307
13.4.3	Translationselongation	285	16.2.1	Was ist ein Tumor?	307
13.4.4	Translationstermination	286	16.2.2	Wie ein Tumor entsteht	308
14	Regulation der Genexpression	288	16.2.3	Protoonkogene	308
14.1	Differenzielle Genexpression im Menschen .	288	16.2.4	Tumorsuppressor-Gene	310
	<i>Florian Horn</i>		16.2.5	Andere Faktoren, die Tumoren beim Überleben helfen	310
14.1.1	Zeit- und ortsabhängige Regulation ..	288	16.2.6	Rauchen und Lungenkrebs	311
14.1.2	Ebenen der Regulation in unseren Zellen	288	16.2.7	Zytostatika	311
14.2	Transkriptionelle Regulation	288	17	Genetik der Bakterien und Viren	312
	<i>Florian Horn</i>			<i>Florian Horn</i>	
14.2.1	Chromatin und die Transkription	289	17.1	Bakterien	312
14.2.2	DNA-Methylierung	289	17.1.1	Was sind Bakterien?	312
14.2.3	DNA-Steuerelemente	290	17.1.2	Genetik der Bakterien	314
14.2.4	DNA-bindende Proteine – die Transkriptionsfaktoren	291	17.1.3	Grundlagen der Antibiotika-Therapie .	314
14.3	Posttranskriptionelle Regulation	293	17.2	Viren	317
14.3.1	Die Stabilität der mRNA	293	17.2.1	Woraus besteht ein Virus?	317
	<i>Florian Horn</i>		17.2.2	Vermehrungszyklus eines Virus	318
14.3.2	RNA-Interferenz (RNAi)	293			
	<i>Bettina Otte</i>				

17.3 Das Humane Immundefizienz-Virus (HIV) ..	319	19.3.3 Die durch G-Proteine aktivierbaren Enzyme	341
17.3.1 Was ist HIV?	319	19.3.4 Die Adenylatzyklase und cAMP	342
17.3.2 Was macht das HI-Virus?	320	19.3.5 Die Phospholipase C	343
17.3.3 Was bedeutet das für den Menschen?	322	19.4 Intrazelluläre Rezeptoren	345
17.3.4 Virustatika	323	<i>Florian Horn</i>	
17.4 Viren in der Gentherapie	323	19.4.1 Aktivierung des Rezeptors	345
17.4.1 Molekularbiologische Grundlagen ...	324	19.4.2 Interaktion mit der DNA	346
17.4.2 Herstellung rekombinanter Viren	325	19.4.3 Hormone mit intrazellulären Rezeptoren	346
IV Hormone		19.5 Zytokinrezeptoren	346
18 Die Grundlagen	330	<i>Nadine Schneider</i>	
18.1 Die verschiedenen Botenstoffe	330	19.5.1 Die Janus-Kinasen (JAKs)	346
<i>Florian Horn</i>		19.5.2 Die Signaltransduktion	347
18.2 Die Hormonrezeptoren	331	20 Energieversorgung	348
<i>Florian Horn</i>		20.1 Der Energiestoffwechsel	348
18.2.1 Vier verschiedene Rezeptoren	331	<i>Isabelle Moc und Florian Horn</i>	
18.2.2 Die Rezeptorverteilung	332	20.1.1 Die Resorptionsphase	348
18.2.3 Signaltransduktion	333	20.1.2 Die Postresorptionsphase	348
18.3 Hormone und der Stoffwechsel	333	20.1.3 Die Schlüsselenzyme des Stoffwechsels	349
<i>Florian Horn</i>		20.2 Insulin	350
18.4 Ein wenig Chemie der Hormone	334	<i>Isabelle Moc und Florian Horn</i>	
<i>Florian Horn</i>		20.2.1 Biosynthese des Insulins	350
18.4.1 Peptidhormone	334	20.2.2 Molekulare Wirkungen von Insulin ..	351
18.4.2 Steroidhormone	335	20.2.3 Physiologische Wirkungen von Insulin	352
18.4.3 Aminosäure-Derivate	335	20.2.4 Steuerung der Insulinsekretion	354
18.4.4 Eikosanoide und Retinsäure	336	20.2.5 Wege des Insulins im Körper	355
18.4.5 Hormone im Gleichgewicht	336	20.2.6 Abbau des Insulins	355
18.5 Hormone in unserem Körper	336	20.3 Glukagon	356
18.5.1 Hormonbildungsorte	336	<i>Isabelle Moc und Florian Horn</i>	
<i>Florian Horn</i>		20.3.1 Biosynthese des Glukogons	357
18.5.2 Das Hypothalamus-Hypophysen-System	337	20.3.2 Molekulare und physiologische Wirkungen	357
<i>Jan Nassrallah und Laura Schröder</i>		20.3.3 Steuerung der Glukagonsekretion ...	357
19 Molekulare Hormonwirkung	339	20.3.4 Wege des Glukagons im Körper	358
19.1 Typ-I-Rezeptoren (Enzyme)	339	20.3.5 Abbau des Glukagons	358
<i>Florian Horn</i>		20.4 Adrenalin	358
19.1.1 Tyrosinkinasen	339	<i>Silke Berghold und Florian Horn</i>	
19.1.2 Die Guanylatzyklase	340	20.4.1 Biosynthese des Adrenalinins	358
19.2 Typ-II-Rezeptoren (Ionenkanäle)	340	20.4.2 Molekulare Wirkungen von Adrenalin	359
<i>Florian Horn</i>		20.4.3 Physiologische Wirkungen von Adrenalin	360
19.2.1 Membranständige Ionenkanäle	340	20.4.4 Steuerung der Adrenalinsekretion ...	361
19.2.2 Intrazelluläre membranständige Ionenkanäle	340	20.4.5 Wege des Adrenalinins im Körper ...	362
19.3 Typ-III-Rezeptoren (G-Protein-gekoppelt) ..	341	20.4.6 Abbau des Adrenalinins'	362
<i>Florian Horn</i>		20.5 Glukokortikoide	363
19.3.1 Die Rezeptoren	341	<i>Florian Horn</i>	
19.3.2 Die G-Proteine	341	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	23.1.3	Regelkreis des Somatotropins	397
20.5.5	Abbau der Glukokortikoide	367	23.1.4	Somatostatin	397
20.5.6	Regelkreis der Glukokortikoide	367	23.1.5	Wege im Körper	397
20.5.7	Proopiomelanokortin (POMC)	368	23.1.6	Abbau von Somatotropin und Somatomedinen	397
20.5.8	Wege der Glukokortikoide im Körper	368	23.2	Schilddrüsenhormone	398
20.6	Schilddrüsenhormone	370	23.3	Androgene – die männlichen Sexualhormone	398
	<i>Silke Berghold und Florian Horn</i>		23.3.1	Biosynthese der Androgene	398
20.6.1	Biosynthese der Schilddrüsenhormone	370	23.3.2	Molekulare und physiologische Wirkungen	399
20.6.2	Molekulare und physiologische Wirkungen	372	23.3.3	Regelkreis der Androgene – die Gonadotropine	400
20.6.3	Abbau der Schilddrüsenhormone	374	23.3.4	Wege der Androgene im Körper	400
20.6.4	Regelkreis der Schilddrüsenhormone	374	23.3.5	Abbau der Androgene	400
20.6.5	Wege der Schilddrüsenhormone im Körper	375	23.4	Östrogene und Gestagene – die weiblichen Sexualhormone	400
21	Gastrointestinale Hormone	377	23.4.1	Biosynthese von Östrogenen und Gestagenen	401
	<i>Florian Horn</i>		23.4.2	Molekulare und physiologische Wirkungen	401
21.1	Regulation der Magensaftmenge	377	23.4.3	Regelkreis der Östrogene und Gestagene – die Gonadotropine	402
21.1.1	Gastrin	377	23.4.4	Wege der Östrogene und Gestagene im Körper	403
21.1.2	Histamin	378	23.4.5	Abbau der Östrogene und Gestagene	403
21.1.3	Somatostatin	378	23.4.6	Der weibliche Zyklus	403
21.1.4	VIP (Vasoaktives intestinales Peptid)	378	23.5	Prolaktin	404
21.2	Regulation der Pankreas- und Gallensekretion	379	23.5.1	Biosynthese des Prolaktins	405
21.2.1	Sekretin	379	23.5.2	Molekulare und physiologische Wirkungen	405
21.2.2	Cholezystokinin	379	23.5.3	Wege des Prolaktins im Körper	405
21.2.3	GIP (Glukose-induziertes insulinotropes Polypeptid)	380	23.5.4	Abbau des Prolaktins	405
21.3	Sonstige intestinale Hormone	380	23.6	Oxytocin	405
22	Wasser, Elektrolyte und Mineralstoffe	381	23.6.1	Biosynthese des Oxytocins	405
	<i>Florian Horn</i>		23.6.2	Molekulare und physiologische Wirkungen	406
22.1	Natrium, Kalium und Wasser	381	23.6.3	Wege des Oxytocins im Körper	406
22.1.1	Der Wasser- und Elektrolythaushalt	381	23.6.4	Abbau des Oxytocins	406
22.1.2	Atriopeptin	382	24	Zytokine – die Botenstoffe der Abwehr	407
22.1.3	Angiotensin II und das RAAS	383		<i>Nadine Schneider</i>	
22.1.4	Aldosteron	385	24.1	Einteilung der Zytokine	407
22.1.5	Adiuretin	386	24.2	Grundeigenschaften der Zytokine	407
22.2	Calcium und Phosphat	388	24.3	Molekulare Wirkung der Zytokine	408
22.2.1	Der Calcium- und Phosphathaushalt	388	24.4	Die Zytokine der unspezifischen Abwehr	408
22.2.2	Parathormon	389	24.4.1	Interferon- α und Interferon- β – die Typ-I-Interferone	408
22.2.3	Calcitriol	390	24.4.2	Tumornekrosefaktor- α (TNF- α), IL-1 und IL-6 – die Initiatoren der akuten Phase	408
22.2.4	Calcitonin	393	24.4.3	Chemokine	409
23	Wachstum und Fortpflanzung	395	24.4.4	Interleukin-10	410
	<i>Christian Grillhösl</i>				
23.1	Somatotropin	395			
23.1.1	Biosynthese des Somatotropins	396			
23.1.2	Molekulare und physiologische Wirkungen	396			

24.5 Die Zytokine der spezifischen Abwehr	410	V Von der Zelle zum Organismus	
24.5.1 Interleukin-2 (IL-2)	410	27 Zellbiologie	436
24.5.2 Interleukin-4 (IL-4)	411	<i>Isabelle Moc und Florian Horn</i>	
24.5.3 Interferon- γ	411	27.1 Die Zellorganellen	436
24.5.4 Transforming-Growth-Factor- β (TGF- β)	411	27.1.1 Zytoplasma und Zytosol	436
24.5.5 Lymphotoxin (TNF- β)	411	27.1.2 Die Organellen	436
24.6 Zytokine als Regulatoren der Abwehrreaktion	411	27.2 Die Plasmamembran	436
25 Mediatoren	413	27.2.1 Aufbau der Plasmamembran	436
<i>Franziska Blaeschke</i>		27.2.2 Aufgaben der Plasmamembran	438
25.1 Eikosanoide	413	27.2.3 Herkunft der Membranen	438
25.1.1 Prostaglandine und Thromboxane	414	27.3 Der Stofftransport	439
25.1.2 Leukotriene	418	27.3.1 Ionen in unseren Zellen	439
25.2 Stickstoffmonoxid (NO)	419	27.3.2 Passiver Transport	439
25.2.1 Biosynthese des NO	419	27.3.3 Aktiver Transport	440
25.2.2 Wirkungen des Stickstoffmonoxids	420	27.3.4 Transportproteine	440
25.2.3 „Abbau“ des NO	420	27.3.5 Zytosevorgänge	441
25.3 Histamin	420	27.4 Das Zytoskelett	441
25.3.1 Biosynthese des Histamins	421	27.4.1 Aktinfilamente	441
25.3.2 Histamin-Rezeptoren	421	27.4.2 Intermediärfilamente	442
25.3.3 Wirkungen des Histamins	421	27.4.3 Mikrotubuli	443
25.3.4 Sekretionsreiz für die Ausschüttung von Histamin	422	27.5 Der Zellkern	446
25.3.5 Abbau von Histamin	422	27.5.1 Aufbau des Zellkerns	446
25.4 Kinine	423	27.5.2 Aufgaben des Zellkerns	446
25.4.1 Biosynthese der Kinine	423	27.5.3 Der Nukleolus	446
25.4.2 Kinin-Rezeptoren	423	27.5.4 Vermehrung des Zellkerns – die Mitose	447
25.4.3 Wirkungen der Kinine	423	27.6 Die Mitochondrien	447
25.4.4 Sekretionsreiz für die Kinine	423	27.6.1 Aufbau der Mitochondrien	447
25.4.5 Abbau der Kinine	424	27.6.2 Aufgaben der Mitochondrien	447
26 Neurotransmitter	425	27.6.3 Die Endosymbiontentheorie	448
<i>Florian Horn</i>		27.6.4 Vermehrung der Mitochondrien	448
26.1 Grundlagen der Neurotransmission	425	27.7 Die Ribosomen	449
26.1.1 Die Gemeinsamkeiten der Neurotransmitter	425	27.7.1 Aufbau der Ribosomen	449
26.1.2 Die Rezeptoren	425	27.7.2 Funktion der Ribosomen	449
26.1.3 Die Synapsen	426	27.7.3 Biosynthese der Ribosomen	449
26.2 Erregende Neurotransmitter	426	27.8 Das Endoplasmatische Retikulum	449
26.2.1 Acetylcholin	426	27.8.1 Das glatte ER	449
26.2.2 Glutamat	427	27.8.2 Das raue ER	450
26.3 Hemmende Neurotransmitter	428	27.8.3 Herkunft des ER	450
26.3.1 Glycin	428	27.9 Der Golgi-Apparat	450
26.3.2 GABA	429	27.9.1 Aufbau des Golgi-Apparates	450
26.4 Komplex wirkende Neurotransmitter	429	27.9.2 Funktion des Golgi-Apparates	450
26.4.1 Noradrenalin	429	27.9.3 Wie entsteht der Golgi-Apparat?	451
26.4.2 Dopamin	430	27.10 Die Lysosomen	451
26.4.3 Serotonin	431	27.10.1 Aufbau der Lysosomen	451
26.4.4 Endogene Opioide	432	27.10.2 Funktionen der Lysosomen	451
		27.10.3 Wo kommen die Lysosomen her?	452
		27.11 Die Peroxisomen	452
		27.11.1 Aufbau der Peroxisomen	452
		27.11.2 Aufgabe der Peroxisomen	452
		27.11.3 Wie vermehren sich Peroxisomen?	453

27.12 Die Zellkontakte	453	30 Das Blut	479
27.12.1 Dichte Kontakte (Tight Junctions) ...	453	30.1 Aufgaben des Blutes	479
27.12.2 Haftkontakte (Desmosomen)	453	<i>Silke Berghold und Florian Horn</i>	
27.12.3 Kommunikationskontakte (Gap Junctions)	454	30.1.1 Transportfunktionen	479
28 Extrazellulärsubstanz – was zwischen den Zellen ist	455	30.1.2 Die Homöostase	479
<i>Isabelle Moc und Florian Horn</i>		30.1.3 Die Blutgerinnung	480
28.1 Die Bindegewebszellen	455	30.1.4 Die Immunabwehr	480
28.2 Die Faserproteine	455	30.2 Das Knochenmark	480
28.2.1 Die Kollagene	455	<i>Silke Berghold und Florian Horn</i>	
28.2.2 Das Elastin	457	30.2.1 Aufbau des Knochenmarks	480
28.3 Die Glykosaminoglykane	458	30.2.2 Die Stromazellen des Knochenmarks .	480
28.3.1 Die Hyaluronsäure	458	30.2.3 Stammzellen des Knochenmarks	481
28.3.2 Die anderen Glykosaminoglykane ...	458	30.3 Die Erythrozyten	481
28.4 Die Glykoproteine	459	<i>Silke Berghold</i>	
28.4.1 Fibronectin	459	30.3.1 Die Erythropoese	482
28.4.2 Laminin	459	30.3.2 Das Erythropoetin	483
28.5 Das Vitamin C	459	30.3.3 Vitamin B ₁₂ (Cobalamin)	485
28.5.1 Aufnahme von Vitamin C	460	30.3.4 Stoffwechsel der Erythrozyten	487
28.5.2 Radikalfänger Vitamin C	460	30.3.5 Glutathion – Notarzt der Erythrozyten	489
28.5.3 Die Vitamin-C-abhängigen Reaktionen	460	30.3.6 Abbau der Erythrozyten	491
28.5.4 Bedarf an Vitamin C	460	30.3.7 Das Vitamin E (Tocopherol)	492
29 Die Stoffaufnahme	461	30.4 Blutgruppen und Transfusionsbiologie	493
<i>Florian Horn</i>		<i>Florian Horn</i>	
29.1 Ernährung	461	30.4.1 Die Rolle des Immunsystems	493
29.1.1 Wie viel Nahrung müssen wir zu uns nehmen?	461	30.4.2 Das AB0-System	494
29.1.2 Besonderheiten der Proteine	461	30.4.3 Das Rhesus-System	496
29.1.3 Der Energiegehalt der Nahrung	462	30.4.4 Das Kell-System	498
29.1.4 Die essenziellen Nährstoffe	463	30.4.5 Die Bluttransfusion	498
29.2 Unser Verdauungstrakt	463	30.5 Das Hämoglobin	498
29.2.1 Teller, Mund und Speiseröhre	463	<i>Silke Berghold</i>	
29.2.2 Der Magen	464	30.5.1 Das Hämoglobin-Molekül	498
29.2.3 Das Duodenum und seine Drüsen ...	468	30.5.2 Hämoglobin-Biosynthese	500
29.2.4 Die weiteren Darmabschnitte	471	30.5.3 Der Sauerstofftransport	503
29.3 Aufnahme der einzelnen Nahrungsbestandteile	471	30.5.4 Hämoglobin-Abbau	506
29.3.1 Kohlenhydrate	471	30.5.5 Unbrauchbare Hämoglobinformen ...	508
29.3.2 Lipide	473	30.6 Der Eisenstoffwechsel	509
29.3.3 Proteine	474	<i>Florian Horn</i>	
29.3.4 Nukleinsäuren	475	30.6.1 Wozu brauchen wir überhaupt Eisen?	509
29.3.5 Wasser	475	30.6.2 Die Eisenspeicher unseres Organismus	510
29.3.6 Vitamine	476	30.6.3 Die Resorption von Eisen im Dünndarm	510
29.3.7 Spurenelemente	477	30.6.4 Transport von Eisen im Blut	511
29.3.8 Mengenelemente	477	30.6.5 Der Eisenumsatz unseres Körpers ...	512
29.3.9 Wie die Nahrungsstoffe in die Peripherie gelangen	478	30.6.6 Die Eisenausscheidung	512
		30.6.7 Vorkommen von Eisen in der Nahrung	512
		30.6.8 Regulation der Eisenaufnahme	513
		30.6.9 Eisen und die Infektion	513
		30.7 Das Blutplasma	515
		<i>Florian Horn</i>	
		30.7.1 Zellen, Plasma und Serum	515
		30.7.2 Die Plasmaproteine	515
		30.7.3 Die Fraktionen der Elektrophorese ..	517
		30.7.4 Die anderen Plasmaproteine	521
		30.7.5 Der Blutzuckerspiegel	522

30.8 Die Hämostase	523	32 Die Nieren	563
<i>Florian Horn</i>		<i>Paul Ziegler</i>	
30.8.1 Ein kurzer Überblick scheint von Nöten	523	32.1 Überblick	563
30.8.2 Die vaskuläre Reaktion	524	32.1.1 Begriffe	563
30.8.3 Die Endothelzellen	524	32.1.2 Aufbau der Niere	563
30.8.4 Die Thrombozyten	525	32.1.3 Harnbildung	563
30.8.5 Das plasmatische Gerinnungssystem	529	32.2 Das Niereninterstitium und die Gefäße	564
30.8.6 Regulation der Hämostase	532	32.3 Der Ultrafilter der Glomeruli	565
30.8.7 Das fibrinolytische System	534	32.4 Das Tubulussystem	565
30.8.8 Das Vitamin K	536	32.4.1 Der proximale Tubulus	566
31 Die Leber	539	32.4.2 Der dünne Teil der Henle-Schleife ...	567
<i>Isabelle Moc und Florian Horn</i>		32.4.3 Der dicke aufsteigende Teil der Henle-Schleife	567
31.1 Anatomie und Histologie	539	32.4.4 Der juxtaglomeruläre Apparat	568
31.1.1 Das Leberläppchen	539	32.4.5 Der distale Tubulus	568
31.1.2 Die Blutversorgung	540	32.4.6 Das Sammelrohr	569
31.1.3 Was passiert wo in der Leber?	540	32.5 Energieversorgung der Niere	570
31.1.4 Die Zellen der Leber	541	32.6 Die endokrinen Aufgaben der Niere	570
31.2 Die Leber und der Energiestoffwechsel	541	32.6.1 Erythropoetin	570
31.2.1 Die Resorptionsphase	541	32.6.2 Renin-Angiotensin-Aldosteron-System (RAAS)	570
31.2.2 Die Postresorptionsphase	542	32.6.3 Calcitriol	571
31.2.3 Die Enzymausstattung	543	32.7 Regulation der Nierenfunktion	571
31.2.4 Was die Leber für sich selbst tut	543	32.7.1 Bayliss-Effekt	571
31.2.5 Was die Leber für den ganzen Menschen tut	544	32.7.2 Tubuloglomeruläre Rückkopplung ...	571
31.3 Der Alkoholstoffwechsel	545	32.7.3 Renin-Angiotensin-Aldosteron-System	572
31.3.1 Was ist Alkohol?	545	32.7.4 Feineinstellung der Urinkonzentration	572
31.3.2 Die Alkoholaufnahme	545	32.8 Der Urin	572
31.3.3 Der Alkoholmetabolismus	546	32.8.1 Zusammensetzung des Urins	572
31.3.4 Kurzfristige Wirkungen des Alkohols .	546	32.9 Die Nieren im Säure-Basen-Haushalt	573
31.3.5 Langfristige Wirkungen des Alkohols .	547	32.9.1 Bicarbonat-Resorption	573
31.3.6 Der Alkoholtest	548	32.9.2 Ammonium-Synthese	573
31.4 Die Leber als Produktionsfabrik	548	32.9.3 Die Glukoneogenese der Niere	574
31.4.1 Produktion der Plasmaproteine	549	32.9.4 Protonen-Ausscheidung im Sammelrohr	574
31.4.2 Cholesterin-Biosynthese	549	33 Der Säure-Basen-Haushalt	575
31.4.3 Produktion von Gallenflüssigkeit	549	<i>Paul Ziegler</i>	
31.4.4 Herstellung von Hormonen	553	33.1 Chemie der Säuren und Basen	575
31.4.5 Biosynthese von Kreatin	553	33.1.1 Der pH-Wert	576
31.5 Speicher und Abwehr	554	33.1.2 Puffer	577
31.5.1 Die Leber als Speicherorgan	554	33.2 Die Puffersysteme des Körpers	578
31.5.2 Die Leber und ihre Abwehrfunktion .	554	33.2.1 Kohlensäure-Bicarbonat-Puffersystem	578
31.6 Die Leber als Ausscheidungsorgan	554	33.2.2 Aufrechterhaltung des pH-Werts	579
31.6.1 Die Biotransformation	554	33.2.3 Nicht-Bicarbonat-Puffer	579
31.6.2 Ausscheidung über die Galle	559	33.2.4 Transport von CO ₂ im Blut	580
31.6.3 Der Harnstoffzyklus	559	33.3 Protonenbilanz des Körpers	581
31.7 Leberfunktionsprüfungen	560	33.4 Messung des Säure-Basen-Status	582
31.7.1 Biosyntheseleistungen	560		
31.7.2 Ausscheidungsleistungen	560		
31.7.3 Zellständige Enzyme	561		

34 Die Muskulatur	584	35.3 Leukozyten – die Zellen der Abwehr	596
<i>Michael Pritsch</i>		<i>Nadine Schneider</i>	
34.1 Aufbau der Muskulatur	584	35.3.1 Die Zellen der myeloischen Reihe ...	597
34.1.1 Der Skelettmuskel	584	35.3.2 Die Zellen der lymphatischen Reihe ..	599
34.1.2 Der Herzmuskel	584	35.3.3 B- und T-Zell-Rezeptoren (BCR und TCR) – Steckbriefe des Immunsystems	601
34.1.3 Die glatte Muskulatur	585	35.3.4 Organisation der Gene für die Antigenrezeptoren der Lymphozyten .	603
34.1.4 Die Proteine des Sarkomers	585	35.3.5 Die MHC-Moleküle	605
34.2 Der Kontraktionsmechanismus	586	35.3.6 Wie zytotoxische T-Zellen und NK-Zellen ihre Zielzellen töten	609
34.2.1 Die Gleitfilament-Theorie	586	35.3.7 Autoreaktive Lymphozyten und Lymphozyten mit defekten Rezeptoren werden eliminiert	609
34.2.2 Die Kontrolle der Kontraktion	587	35.4 Der humorale Anteil der Abwehr	610
34.2.3 Kontraktion ist Chefsache	588	<i>Nadine Schneider</i>	
34.2.4 Regeneration des Muskelgewebes ...	589	35.4.1 Antikörper	610
34.3 Stoffwechsel der Skelettmuskulatur	589	35.4.2 Allergie	614
34.3.1 Anaerobe Energiegewinnung	589	35.4.3 T-B-Zell-Interaktion	615
34.3.2 Aerobe (oxidative) Energiegewinnung	591	35.4.4 Das Komplementsystem	617
34.3.3 Skelettmuskeltypen	591	35.4.5 Akute-Phase-Proteine	620
34.4 Stoffwechsel der Herzmuskulatur	592	35.5 Wichtige immunologische Methoden	621
35 Das Immunsystem	593	<i>Bettina Otte</i>	
35.1 Die Bestandteile der Abwehr	593	35.5.1 Durchflusszytometrie	621
<i>Nadine Schneider</i>		35.5.2 ELISA	621
35.2 Wie sich unser Körper vor unerwünschten Gästen schützt	593	35.5.3 SDS-PAGE und Westernblot	621
<i>Nadine Schneider</i>		Literaturverzeichnis	623
35.2.1 Die ersten Barrieren unseres Immunsystems	593	Sachverzeichnis	625
35.2.2 Der Kampftrupp in der zweiten Linie: Natürliche Resistenz und Immunsystem	595		