

# Inhaltsverzeichnis

## I Grundlagen der Chemie

<b>1</b>	<b>Allgemeine Chemie</b> .....	2
	<i>Florian Horn</i>	
<b>1.1</b>	<b>Die chemische Bindung</b> .....	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 – Nebervalenzen	7
<b>1.2</b>	<b>Funktionelle Gruppen und ihre Reaktionen</b> .....	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
<b>1.3</b>	<b>Reaktionen einer menschlichen Zelle</b> .....	12
1.3.1	Die Grundreaktionstypen .....	12
1.3.2	Die Rolle der Säure-Basen-Reaktionen	14
<b>1.4</b>	<b>Isomerien – einmal ganz in Ruhe...</b> .....	14
1.4.1	Konstitutionsisomerie .....	14
1.4.2	Stereoisomerie .....	14
<b>1.5</b>	<b>Mesomerie</b> .....	17
<b>2</b>	<b>Kohlenhydrate</b> .....	18
	<i>Florian Horn</i>	
<b>2.1</b>	<b>Was sind Kohlenhydrate?</b> .....	18
<b>2.2</b>	<b>Monosaccharide</b> .....	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
<b>2.3</b>	<b>Disaccharide</b> .....	24
2.3.1	Maltose und Isomaltose – Malzzucker	25
2.3.2	Laktose – Milchzucker .....	25
2.3.3	Saccharose – Haushaltszucker .....	26
<b>2.4</b>	<b>Oligosaccharide</b> .....	26
<b>2.5</b>	<b>Polysaccharide</b> .....	26
2.5.1	Homoglykane .....	26
2.5.2	Heteroglykane .....	27

<b>3</b>	<b>Lipide</b> .....	28
	<i>Florian Horn</i>	
<b>3.1</b>	<b>Chemie und Systematik der Lipide</b> .....	28
3.1.1	Amphiphile Lipide .....	28
3.1.2	Systematik der Lipide .....	29
<b>3.2</b>	<b>Fettsäuren</b> .....	29
3.2.1	Gesättigte und ungesättigte Fettsäuren	30
3.2.2	Geradzahlige und ungeradzahlige Fettsäuren .....	31
3.2.3	Essenzielle Fettsäuren .....	31
<b>3.3</b>	<b>Glycerin-Derivate</b> .....	31
3.3.1	Triacylglycerine (TAG) – das klassische Fett .....	31
3.3.2	Glycerophosphatide – Membranfett ..	32
<b>3.4</b>	<b>Sphingosin-Derivate</b> .....	33
3.4.1	Sphingosinphosphatide .....	33
3.4.2	Glykolipide .....	33
<b>3.5</b>	<b>Isopren-Derivate</b> .....	34
3.5.1	Die Terpene .....	34
3.5.2	Die Steroide .....	35
<b>4</b>	<b>Aminosäuren und Proteine</b> .....	37
	<i>Isabelle Moc und Florian Horn</i>	
<b>4.1</b>	<b>Aminosäuren</b> .....	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
<b>4.2</b>	<b>Peptide und Proteine</b> .....	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 Fällern .....	47
4.2.6	Auftrennung von Proteinen – die Elektrophorese .....	47
4.2.7	Funktionen der Proteine im Körper ..	48
4.2.8	Prionen .....	48
<b>5</b>	<b>Nukleotide und Nucleinsäuren</b> .....	50
	<i>Florian Horn</i>	
<b>5.1</b>	<b>Chemie der Nucleotide</b> .....	50
5.1.1	Die Basen .....	50
5.1.2	Nucleoside (Base+Zucker) .....	51
5.1.3	Nucleotide (Nucleosid + Phosphat) ..	52
5.1.4	Weitere Funktionen der Nucleotide ..	52
<b>5.2</b>	<b>Nucleinsäuren</b> .....	53
5.2.1	Ribose und Phosphat – für den Zusammenhalt .....	53
5.2.2	Die Basen – Träger der Information ..	54

<b>II</b>	<b>Energiestoffwechsel</b>	
<b>6</b>	<b>Enzyme</b> . . . . .	<b>60</b>
	<i>Marco Armbruster</i>	
<b>6.1</b>	<b>Energetik einer chemischen Reaktion</b> . . . . .	<b>60</b>
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
<b>6.2</b>	<b>Funktionsweise und Aufbau von Enzymen</b> . . . . .	<b>64</b>
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
<b>6.3</b>	<b>Kinetik einer chemischen Reaktion</b> . . . . .	<b>67</b>
6.3.1	Reaktionsordnungen . . . . .	68
6.3.2	Michaelis-Menten-Kinetik . . . . .	69
<b>6.4</b>	<b>Enzymklassen</b> . . . . .	<b>70</b>
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
<b>6.5</b>	<b>Enzymregulation</b> . . . . .	<b>73</b>
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
<b>7</b>	<b>Stoffwechsel der Kohlenhydrate</b> . . . . .	<b>79</b>
	<i>Florian Horn</i>	
<b>7.1</b>	<b>Überblick</b> . . . . .	<b>79</b>
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
<b>7.2</b>	<b>Die Glykolyse</b> . . . . .	<b>82</b>
7.2.1	Vorbereitungsphase – von Glukose zu Glycerol-3-Phosphat . . . . .	84
7.2.2	Die Phase der Energieerzeugung – von Glycerol-3-Phosphat zu Pyruvat . . . . .	86

7.2.3	Wie NADH/H <sup>+</sup> zur Atmungskette gelangt .....	88
7.2.4	Regulation der Glykolyse oder die Frage nach der Geschwindigkeit .....	88
<b>7.3</b>	<b>Schicksal des Pyruvats: PDH oder LDH .....</b>	<b>91</b>
7.3.1	Aerober Abbau – Pyruvat-Dehydrogenase .....	92
7.3.2	Vitamin B <sub>1</sub> (Thiamin) .....	94
7.3.3	Anaerober Abbau – Laktat-Dehydrogenase .....	94
7.3.4	Energiegewinn mit und ohne Sauerstoff – ein Ausblick .....	96
<b>7.4</b>	<b>Der Pentosephosphatweg .....</b>	<b>96</b>
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 <sup>+</sup> .....	99
7.4.4	Aufgaben der Ribose .....	99
7.4.5	Regulation des Pentosephosphatweges .....	100
<b>7.5</b>	<b>Die Glukoneogenese .....</b>	<b>101</b>
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
<b>7.6</b>	<b>Der Glykogen-Stoffwechsel .....</b>	<b>108</b>
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
<b>7.7</b>	<b>Das Vitamin Biotin .....</b>	<b>116</b>
<b>7.8</b>	<b>Andere Monosaccharide – oder noch ein paar süße Moleküle .....</b>	<b>118</b>
7.8.1	Fruktose .....	118
7.8.2	Galaktose .....	119
7.8.3	Mannose .....	121
7.8.4	Aminozucker .....	122
<b>8</b>	<b>Stoffwechsel der Lipide .....</b>	<b>123</b>
	<i>Florian Horn</i>	
<b>8.1</b>	<b>Einleitung .....</b>	<b>123</b>
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

<b>8.2</b>	<b>Fettsäure-Abbau</b> .....	127
8.2.1	Aktivierung der Fettsäuren .....	128
8.2.2	Transport der Fettsäuren ins Mitochondrium .....	129
8.2.3	Die $\beta$ -Oxidation .....	130
8.2.4	Abbau anderer Fettsäuren .....	132
8.2.5	Regulation der $\beta$ -Oxidation .....	133
8.2.6	Fettsäure-Oxidation in den Peroxisomen .....	133
<b>8.3</b>	<b>Fettsäure-Biosynthese</b> .....	134
8.3.1	Biosynthese der Palmitinsäure .....	135
8.3.2	Biosynthese längerer Fettsäuren .....	140
8.3.3	Biosynthese ungesättigter Fettsäuren .....	140
8.3.4	Regulation der Fettsäure-Biosynthese .....	140
<b>8.4</b>	<b>Triacylglycerine (TAGs)</b> .....	141
8.4.1	Lipogenese - die TAG-Biosynthese .....	143
8.4.2	Lipolyse - der TAG-Abbau .....	145
8.4.3	Regulation des TAG-Stoffwechsels .....	146
<b>8.5</b>	<b>Ketonkörper</b> .....	146
8.5.1	Biosynthese der Ketonkörper .....	148
8.5.2	Abbau der Ketonkörper .....	149
8.5.3	Zu viele Ketonkörper sind gar nicht gut .....	150
<b>8.6</b>	<b>Cholesterin</b> .....	150
8.6.1	Cholesterin-Biosynthese .....	152
8.6.2	Veresterung von Cholesterin .....	155
8.6.3	Verwendung von Cholesterin .....	156
<b>8.7</b>	<b>Der Lipoproteinstoffwechsel</b> .....	156
	<i>Simone Helferich</i>	
8.7.1	Überblick .....	157
8.7.2	Was transportieren Lipoproteine? .....	158
8.7.3	Die Apoproteine .....	158
8.7.4	Weg der Nahrungsfette - die Chylomikronen .....	158
8.7.5	Die Verteilung der Fette - die VLDL .....	159
8.7.6	Das Cholesterinreservoir LDL .....	160
8.7.7	Der reverse Cholesterintransport - das HDL .....	160
<b>8.8</b>	<b>Noch ein paar andere Lipide</b> .....	161
8.8.1	Phospholipide .....	161
8.8.2	Glykolipide .....	165
<b>8.9</b>	<b>Vitamin A</b> .....	165
8.9.1	Was ist Vitamin A? .....	165
8.9.2	Stoffwechsel des Vitamin A .....	166
8.9.3	Direkte Wirkungen des $\beta$ -Carotin .....	167
8.9.4	Retinsäure und Zellwachstum .....	167
8.9.5	Retinal und der Sehvorgang .....	168
8.9.6	Zu viel und zu wenig Vitamin A .....	169
<b>9</b>	<b>Stoffwechsel der Proteine und Aminosäuren</b> .....	171
	<i>Florian Horn</i>	
<b>9.1</b>	<b>Die Proteinbiosynthese</b> .....	171
9.1.1	Translation .....	171
9.1.2	Sortierung von Proteinen .....	171

<b>9.2</b>	<b>Posttranslationale Prozessierung</b> .....	173
9.2.1	Herstellung der nativen Proteinform (Proteinfaltung) .....	173
9.2.2	Glykosylierungen .....	173
9.2.3	Weitere posttranslationale Modifikationsmöglichkeiten .....	176
<b>9.3</b>	<b>Der Proteinabbau</b> .....	176
9.3.1	Proteasomen und Ubiquitin .....	177
9.3.2	Lysosomaler Abbau .....	177
<b>9.4</b>	<b>Strategien des Aminosäurenstoffwechsels</b> ..	178
9.4.1	Die wichtigsten Aminosäuren und deren Verwandte .....	178
9.4.2	Wie reagieren Aminosäuren? .....	178
<b>9.5</b>	<b>Vitamin B<sub>6</sub></b> .....	181
<b>9.6</b>	<b>Die Rolle der verschiedenen Organe</b> .....	182
9.6.1	Die Zelle am kleinen Zeh .....	182
9.6.2	Die Muskulatur und Aminosäuren ...	182
9.6.3	Die Leber und Aminosäuren .....	183
<b>9.7</b>	<b>Biosynthese der Aminosäuren</b> .....	184
9.7.1	Einfache Biosynthese aus den $\alpha$ -Ketosäuren .....	184
9.7.2	Biosynthese der zwei Amide Glutamin und Asparagin .....	185
9.7.3	Biosynthese von Prolin, Serin und Glycin .....	185
9.7.4	Biosynthese der nicht ganz essenziellen Aminosäuren .....	186
9.7.5	Essenzielle Aminosäuren .....	186
<b>9.8</b>	<b>Abbau von Aminosäuren</b> .....	187
9.8.1	Sammelbecken Oxalacetat .....	187
9.8.2	Sammelbecken $\alpha$ -Ketosäure .....	188
9.8.3	Sammelbecken Succinyl-CoA .....	188
9.8.4	Abbau von Phenylalanin und Tyrosin .	188
9.8.5	Sammelbecken Pyruvat .....	188
9.8.6	Der Rest und der große Überblick ...	189
<b>9.9</b>	<b>Der Harnstoffzyklus</b> .....	190
9.9.1	Die Stickstoffentsorgung .....	191
9.9.2	Herkunft der beiden Stickstoffe .....	191
9.9.3	Die Schrittmacherreaktion .....	191
9.9.4	Die Harnstoffbildung .....	192
9.9.5	Bilanz der Harnstoff-Biosynthese ...	193
9.9.6	Regulation der Harnstoff-Biosynthese	193
9.9.7	Glutamin-Biosynthese in der Leber ...	193
9.9.8	Weitere Stoffwechsellleistungen des Harnstoffzyklus .....	194
<b>9.10</b>	<b>Aminosäuren als Gruppenspender</b> .....	195
9.10.1	Glutamin und Aspartat als Amino- Spender .....	195
9.10.2	Cystein und PAPS .....	195
9.10.3	Methionin und SAM .....	195
9.10.4	Homocystein .....	196
<b>9.11</b>	<b>Biogene Amine</b> .....	198

<b>10</b>	<b>Herkunft des ATP</b> .....	<b>200</b>
	<i>Horan Horn</i>	
<b>10.1</b>	<b>Was ist denn jetzt Acetyl-CoA?</b> .....	<b>200</b>
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 Pantothensaure .....	203
<b>10.2</b>	<b>Der Citratzyklus</b> .....	<b>203</b>
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
<b>10.3</b>	<b>Die Reduktionsäquivalente - NADH und seine Kollegen</b> .....	<b>212</b>
10.3.1	NAD <sup>+</sup> 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
<b>10.4</b>	<b>Die Atmungskette</b> .....	<b>218</b>
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
<b>10.5</b>	<b>Was ist eigentlich ATP?</b> .....	<b>231</b>
10.5.1	Wie sieht ATP aus? .....	231
10.5.2	ATP-Hydrolyse .....	232
10.5.3	Andere Phosphatspender .....	234
10.5.4	$\Delta G^{0'}$ und das wahre $\Delta G$ .....	234
10.5.5	Aufgaben von ATP .....	234
10.5.6	Die vier anderen Nukleotide .....	234

		236
	<i>Florian Horn</i>	
<b>11.1</b>	<b>Das menschliche Genom</b>	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
<b>11.2</b>	<b>Biosynthese der Nukleotide</b>	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
<b>11.3</b>	<b>Das Vitamin Folsäure</b>	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 <sub>1</sub> -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 <sub>1</sub> -Gruppen-Überträger	249
<b>11.4</b>	<b>Abbau der Nukleotide</b>	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>	
<b>12.1</b>	<b>Interphase des Zellzyklus</b>	252
12.1.1	Die G <sub>1</sub> -Phase	253
12.1.2	Die S-Phase	253
12.1.3	Die G <sub>2</sub> -Phase	254
<b>12.2</b>	<b>Mitose und Zellteilung</b>	254
12.2.1	Die Mitose	254
12.2.2	Die Zellteilung – Zytokinese	255
<b>12.3</b>	<b>Regulation des Zellwachstums</b>	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
<b>12.4</b>	<b>Apoptose – der programmierte Zelltod</b>	264
12.4.1	Induktion der Apoptose	264
12.4.2	Am Apoptosevorgang Beteiligte	265
12.4.3	Zellveränderungen in der Apoptose	266



	.....	268
<b>13.1</b>	<b>Transkription der DNA – Herstellung von RNA</b> .....	269
	<i>Silke Berghold und Florian Horn</i>	
13.1.1	Ablauf der Transkription .....	269
13.1.2	Was ist eigentlich RNA? .....	271
<b>13.2</b>	<b>Posttranskriptionale Prozessierung – was nach der Transkription geschieht</b> .....	275
	<i>Silke Berghold und Florian Horn</i>	
13.2.1	Was bei jeder mRNA prozessiert wird	275
13.2.2	Besondere Prozessierungsvorgänge ..	278
<b>13.3</b>	<b>Nukleozytoplasmatischer Transport</b> .....	279
	<i>Florian Horn</i>	
13.3.1	Der Zellkern und das Zytoplasma ...	280
13.3.2	Kernimport .....	280
13.3.3	Kernexport .....	281
13.3.4	Transport der mRNA über weitere Strecken .....	281
<b>13.4</b>	<b>Translation – die Proteinbiosynthese</b> .....	281
	<i>Christian Grillhösl</i>	
13.4.1	Aktivierung der Aminosäuren .....	282
13.4.2	Translationsinitiation – Zusammenbau der Ribosomen .....	284
13.4.3	Translationselongation .....	285
13.4.4	Translationstermination .....	286
	.....	288
	<i>Florian Horn</i>	
<b>14.1</b>	<b>Differenzielle Genexpression im Menschen</b> ..	288
14.1.1	Zeit- und ortsabhängige Regulation ..	288
14.1.2	Ebenen der Regulation in unseren Zellen .....	288
<b>14.2</b>	<b>Transkriptionelle Regulation</b> .....	288
14.2.1	Chromatin und die Transkription ....	289
14.2.2	DNA-Methylierung .....	289
14.2.3	DNA-Steurelemente .....	290
14.2.4	DNA-bindende Proteine – die Transkriptionsfaktoren .....	291
<b>14.3</b>	<b>Posttranskriptionelle Regulation</b> .....	293
14.3.1	Die Stabilität der mRNA .....	293
14.3.2	RNA-Interferenz (RNAi) .....	293
<b>14.4</b>	<b>Translationale Regulation</b> .....	293
<b>14.5</b>	<b>Die Epigenetik</b> .....	294
	.....	295
<b>15.1</b>	<b>DNA-Replikation</b> .....	295
	<i>Florian Horn</i>	
15.1.1	Replikation auf Chromosomenebene ..	295
15.1.2	Replikation auf molekularer Ebene ..	296
15.1.3	Die DNA-Polymerasen .....	297

15.1.4	Telomerasen und der Traum von der ewigen Jugend . . . . .	298
<b>15.2</b>	<b>Polymerase-Kettenreaktion (PCR)</b> . . . . .	299
	<i>Christian Grillhösl</i>	
15.2.1	Das Prinzip der PCR . . . . .	299
15.2.2	Die Reaktionen der PCR . . . . .	299
15.2.3	Das DNA-Agarosegel – gelchromatographische DNA- Auftrennung . . . . .	301
<b>15.3</b>	<b>DNA-Sequenzierung</b> . . . . .	301
	<i>Paul Ziegler</i>	
	. . . . .	303
	<i>Florian Horn</i>	
<b>16.1</b>	<b>DNA-Schäden und ihre Reparatur</b> . . . . .	303
16.1.1	DNA-Schäden – wie Fehler entstehen können . . . . .	303
16.1.2	Reparaturmechanismen – oder wie der Körper die Fehler wieder ausbügelt . .	304
16.1.3	Mögliche Folgen von DNA-Schäden – wenn die Reparatur versagt hat . . . . .	306
<b>16.2</b>	<b>Molekulare Tumorbilogie</b> . . . . .	307
16.2.1	Was ist ein Tumor? . . . . .	307
16.2.2	Wie ein Tumor entsteht . . . . .	308
16.2.3	Protoonkogene . . . . .	308
16.2.4	Tumorsuppressor-Gene . . . . .	310
16.2.5	Andere Faktoren, die Tumoren beim Überleben helfen . . . . .	310
16.2.6	Rauchen und Lungenkrebs . . . . .	311
16.2.7	Zytostatika . . . . .	311
	. . . . .	312
	<i>Florian Horn</i>	
<b>17.1</b>	<b>Bakterien</b> . . . . .	312
17.1.1	Was sind Bakterien? . . . . .	312
17.1.2	Genetik der Bakterien . . . . .	314
17.1.3	Grundlagen der Antibiotika-Therapie .	314
<b>17.2</b>	<b>Viren</b> . . . . .	317
17.2.1	Woraus besteht ein Virus? . . . . .	317
17.2.2	Vermehrungszyklus eines Virus . . . . .	318
<b>17.3</b>	<b>Das Humane Immundefizienz-Virus (HIV)</b> . .	319
17.3.1	Was ist HIV? . . . . .	319
17.3.2	Was macht das HI-Virus? . . . . .	320
17.3.3	Was bedeutet das für den Menschen? .	322
17.3.4	Virustatika . . . . .	323
<b>17.4</b>	<b>Viren in der Gentherapie</b> . . . . .	323
17.4.1	Molekularbiologische Grundlagen . . .	324
17.4.2	Herstellung rekombinanter Viren . . . .	325

## IV Hormone

<b>18</b>	<b>Die Grundlagen</b> . . . . .	330
	<i>Florian Horn</i>	
<b>18.1</b>	<b>Die verschiedenen Botenstoffe</b> . . . . .	330
<b>18.2</b>	<b>Die Hormonrezeptoren</b> . . . . .	331
18.2.1	Vier verschiedene Rezeptoren . . . . .	331
18.2.2	Die Rezeptorverteilung . . . . .	332
18.2.3	Signaltransduktion . . . . .	333
<b>18.3</b>	<b>Hormone und der Stoffwechsel</b> . . . . .	333
<b>18.4</b>	<b>Ein wenig Chemie der Hormone</b> . . . . .	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
<b>18.5</b>	<b>Hormone in unserem Körper</b> . . . . .	336
18.5.1	Hormonbildungsorte . . . . .	336
18.5.2	Das Hypophysen-Hypothalamus-System . . . . .	337
<b>19</b>	<b>Molekulare Hormonwirkung</b> . . . . .	339
<b>19.1</b>	<b>Typ-I-Rezeptoren (Enzyme)</b> . . . . .	339
	<i>Florian Horn</i>	
19.1.1	Tyrosinkinassen . . . . .	339
19.1.2	Die Guanylatzyklase . . . . .	340
<b>19.2</b>	<b>Typ-II-Rezeptoren (Ionenkanäle)</b> . . . . .	340
	<i>Florian Horn</i>	
19.2.1	Membranständige Ionenkanäle . . . . .	340
19.2.2	Intrazelluläre membranständige Ionenkanäle . . . . .	340
<b>19.3</b>	<b>Typ-III-Rezeptoren (G-Protein-gekoppelt)</b> . . . . .	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
<b>19.4</b>	<b>Intrazelluläre Rezeptoren</b> . . . . .	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
<b>19.5</b>	<b>Zytokinrezeptoren</b> . . . . .	346
	<i>Nadine Schneider</i>	
19.5.1	Die Janus-Kinasen (JAKs) . . . . .	346
19.5.2	Die Signaltransduktion . . . . .	347

<b>20</b>	<b>Energieversorgung</b> . . . . .	348
<b>20.1</b>	<b>Der Energiestoffwechsel</b> . . . . .	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
<b>20.2</b>	<b>Insulin</b> . . . . .	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
<b>20.3</b>	<b>Glukagon</b> . . . . .	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
<b>20.4</b>	<b>Adrenalin</b> . . . . .	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
<b>20.5</b>	<b>Glukokortikoide</b> . . . . .	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
<b>20.6</b>	<b>Schilddrüsenhormone</b> . . . . .	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

<b>21</b>	<b>Gastrointestinale Hormone</b> . . . . .	377
	<i>Florian Horn</i>	
<b>21.1</b>	<b>Regulation der Magensaftmenge</b> . . . . .	377
21.1.1	Gastrin . . . . .	377
21.1.2	Histamin . . . . .	378
21.1.3	Somatostatin . . . . .	378
21.1.4	VIP (Vasoaktives intestinales Peptid) . . . . .	378
<b>21.2</b>	<b>Regulation der Pankreas- und Gallensekretion</b> . . . . .	379
21.2.1	Sekretin . . . . .	379
21.2.2	Cholezystokinin . . . . .	379
21.2.3	GIP (Glukose-induziertes insulinotropes Polypeptid) . . . . .	380
<b>21.3</b>	<b>Sonstige intestinale Hormone</b> . . . . .	380
<b>22</b>	<b>Wasser, Elektrolyte und Mineralstoffe</b> . . . . .	381
	<i>Florian Horn</i>	
<b>22.1</b>	<b>Natrium, Kalium und Wasser</b> . . . . .	381
22.1.1	Der Wasser- und Elektrolythaushalt . . . . .	381
22.1.2	Atriopeptin . . . . .	382
22.1.3	Angiotensin II und das RAAS . . . . .	383
22.1.4	Aldosteron . . . . .	385
22.1.5	Adiuretin . . . . .	386
<b>22.2</b>	<b>Calcium und Phosphat</b> . . . . .	388
22.2.1	Der Calcium- und Phosphathaushalt . . . . .	388
22.2.2	Parathormon . . . . .	389
22.2.3	Calcitriol . . . . .	390
22.2.4	Calcitonin . . . . .	393
<b>23</b>	<b>Wachstum und Fortpflanzung</b> . . . . .	395
	<i>Christian Grillhösl</i>	
<b>23.1</b>	<b>Somatotropin</b> . . . . .	395
23.1.1	Biosynthese des Somatotropins . . . . .	396
23.1.2	Molekulare und physiologische Wirkungen . . . . .	396
23.1.3	Regelkreis des Somatotropins . . . . .	397
23.1.4	Somatostatin . . . . .	397
23.1.5	Wege im Körper . . . . .	397
23.1.6	Abbau von Somatotropin und Somatomedinen . . . . .	397
<b>23.2</b>	<b>Schilddrüsenhormone</b> . . . . .	398
<b>23.3</b>	<b>Androgene – die männlichen Sexualhormone</b> . . . . .	398
23.3.1	Biosynthese der Androgene . . . . .	398
23.3.2	Molekulare und physiologische Wirkungen . . . . .	399
23.3.3	Regelkreis der Androgene – die Gonadotropine . . . . .	400
23.3.4	Wege der Androgene im Körper . . . . .	400
23.3.5	Abbau der Androgene . . . . .	400

<b>23.4</b>	<b>Östrogene und Gestagene – die weiblichen Sexualhormone</b> . . . . .	400
23.4.1	Biosynthese von Östrogenen und Gestagenen . . . . .	401
23.4.2	Molekulare und physiologische Wirkungen . . . . .	401
23.4.3	Regelkreis der Östrogene und Gestagene – die Gonadotropine . . . . .	402
23.4.4	Wege der Östrogene und Gestagene im Körper . . . . .	403
23.4.5	Abbau der Östrogene und Gestagene . . . . .	403
23.4.6	Der weibliche Zyklus . . . . .	403
<b>23.5</b>	<b>Prolaktin</b> . . . . .	404
23.5.1	Biosynthese des Prolaktins . . . . .	405
23.5.2	Molekulare und physiologische Wirkungen . . . . .	405
23.5.3	Wege des Prolaktins im Körper . . . . .	405
23.5.4	Abbau des Prolaktins . . . . .	405
<b>23.6</b>	<b>Oxytocin</b> . . . . .	405
23.6.1	Biosynthese des Oxytocins . . . . .	405
23.6.2	Molekulare und physiologische Wirkungen . . . . .	406
23.6.3	Wege des Oxytocins im Körper . . . . .	406
23.6.4	Abbau des Oxytocins . . . . .	406
<b>24</b>	<b>Zytokine – die Botenstoffe der Abwehr</b> . . . . .	407
	<i>Nadine Schneider</i>	
<b>24.1</b>	<b>Einteilung der Zytokine</b> . . . . .	407
<b>24.2</b>	<b>Grundeigenschaften der Zytokine</b> . . . . .	407
<b>24.3</b>	<b>Molekulare Wirkung der Zytokine</b> . . . . .	408
<b>24.4</b>	<b>Die Zytokine der unspezifischen Abwehr</b> . . . . .	408
24.4.1	Interferon- $\alpha$ und Interferon- $\beta$ – die Typ-I-Interferone . . . . .	408
24.4.2	Tumornekrosefaktor- $\alpha$ (TNF- $\alpha$ ), IL-1 und IL-6 – die Initiatoren der akuten Phase . . . . .	408
24.4.3	Chemokine . . . . .	409
24.4.4	Interleukin-10 . . . . .	410
<b>24.5</b>	<b>Die Zytokine der spezifischen Abwehr</b> . . . . .	410
24.5.1	Interleukin-2 (IL-2) . . . . .	410
24.5.2	Interleukin-4 (IL-4) . . . . .	411
24.5.3	Interferon- $\gamma$ . . . . .	411
24.5.4	Transforming-Growth-Factor- $\beta$ (TGF- $\beta$ ) . . . . .	411
24.5.5	Lymphotoxin (TNF- $\beta$ ) . . . . .	411
<b>24.6</b>	<b>Zytokine als Regulatoren der Abwehrreaktion</b> . . . . .	411
<b>25</b>	<b>Mediatoren</b> . . . . .	413
	<i>Franziska Blaeschke</i>	
<b>25.1</b>	<b>Eikosanoide</b> . . . . .	413
25.1.1	Prostaglandine und Thromboxane . . . . .	414
25.1.2	Leukotriene . . . . .	418

<b>25.2</b>	<b>Stickstoffmonoxid (NO)</b> . . . . .	419
25.2.1	Biosynthese des NO . . . . .	419
25.2.2	Molekulare und physiologische Wirkungen . . . . .	420
25.2.3	„Abbau“ des NO . . . . .	420
<b>25.3</b>	<b>Histamin</b> . . . . .	420
25.3.1	Biosynthese des Histamins . . . . .	421
25.3.2	Histamin-Rezeptoren . . . . .	421
25.3.3	Wirkungen des Histamins . . . . .	421
25.3.4	Sekretionsreiz für die Ausschüttung von Histamin . . . . .	422
25.3.5	Abbau von Histamin . . . . .	422
<b>25.4</b>	<b>Kinine</b> . . . . .	423
25.4.1	Biosynthese der Kinine . . . . .	423
25.4.2	Kinin-Rezeptoren . . . . .	423
25.4.3	Wirkungen der Kinine . . . . .	423
25.4.4	Sekretionsreiz für die Kinine . . . . .	423
25.4.5	Abbau der Kinine . . . . .	424
<b>26</b>	<b>Neurotransmitter</b> . . . . .	425
	<i>Florian Horn</i>	
<b>26.1</b>	<b>Grundlagen der Neurotransmission</b> . . . . .	425
26.1.1	Die Gemeinsamkeiten der Neurotransmitter . . . . .	425
26.1.2	Die Rezeptoren . . . . .	425
26.1.3	Die Synapsen . . . . .	426
<b>26.2</b>	<b>Erregende Neurotransmitter</b> . . . . .	426
26.2.1	Acetylcholin . . . . .	426
26.2.2	Glutamat . . . . .	427
<b>26.3</b>	<b>Hemmende Neurotransmitter</b> . . . . .	428
26.3.1	Glycin . . . . .	428
26.3.2	GABA . . . . .	429
<b>26.4</b>	<b>Komplex wirkende Neurotransmitter</b> . . . . .	429
26.4.1	Noradrenalin . . . . .	429
26.4.2	Dopamin . . . . .	430
26.4.3	Serotonin . . . . .	431
26.4.4	Endogene Opioide . . . . .	432

## **V Von der Zelle zum Organismus**

<b>27</b>	<b>Zellbiologie</b> . . . . .	436
	<i>Isabelle Moc und Florian Horn</i>	
<b>27.1</b>	<b>Die Zellorganellen</b> . . . . .	436
27.1.1	Zytoplasma und Zytosol . . . . .	436
27.1.2	Die Organellen . . . . .	436
<b>27.2</b>	<b>Die Plasmamembran</b> . . . . .	436
27.2.1	Aufbau der Plasmamembran . . . . .	436
27.2.2	Aufgaben der Plasmamembran . . . . .	438
27.2.3	Herkunft der Membranen . . . . .	438
<b>27.3</b>	<b>Der Stofftransport</b> . . . . .	439
27.3.1	Ionen in unseren Zellen . . . . .	439
27.3.2	Passiver Transport . . . . .	439

27.3.3	Aktiver Transport	440
27.3.4	Transportproteine	440
27.3.5	Zytosevorgänge	441
<b>27.4</b>	<b>Das Zytoskelett</b>	441
27.4.1	Aktinfilamente	441
27.4.2	Intermediärfilamente	442
27.4.3	Mikrotubuli	443
<b>27.5</b>	<b>Der Zellkern</b>	446
27.5.1	Aufbau des Zellkerns	446
27.5.2	Aufgaben des Zellkerns	446
27.5.3	Der Nukleolus	446
27.5.4	Vermehrung des Zellkerns – die Mitose	447
<b>27.6</b>	<b>Die Mitochondrien</b>	447
27.6.1	Aufbau der Mitochondrien	447
27.6.2	Aufgaben der Mitochondrien	447
27.6.3	Die Endosymbiontentheorie	448
27.6.4	Vermehrung der Mitochondrien	448
<b>27.7</b>	<b>Die Ribosomen</b>	449
27.7.1	Aufbau der Ribosomen	449
27.7.2	Funktion der Ribosomen	449
27.7.3	Biosynthese der Ribosomen	449
<b>27.8</b>	<b>Das Endoplasmatische Retikulum</b>	449
27.8.1	Das glatte ER	449
27.8.2	Das raue ER	450
27.8.3	Herkunft des ER	450
<b>27.9</b>	<b>Der Golgi-Apparat</b>	450
27.9.1	Aufbau des Golgi-Apparates	450
27.9.2	Funktion des Golgi-Apparates	450
27.9.3	Wie entsteht der Golgi-Apparat?	451
<b>27.10</b>	<b>Die Lysosomen</b>	451
27.10.1	Aufbau der Lysosomen	451
27.10.2	Funktionen der Lysosomen	451
27.10.3	Wo kommen die Lysosomen her?	452
<b>27.11</b>	<b>Die Peroxisomen</b>	452
27.11.1	Aufbau der Peroxisomen	452
27.11.2	Aufgabe der Peroxisomen	452
27.11.3	Wie vermehren sich Peroxisomen?	453
<b>27.12</b>	<b>Die Zellkontakte</b>	453
27.12.1	Dichte Kontakte (Tight Junctions)	453
27.12.2	Haftkontakte (Desmosomen)	453
27.12.3	Kommunikationskontakte (Gap Junctions)	454
<b>28</b>	<b>Extrazellulärsubstanz – was zwischen den Zellen ist</b>	455
	<i>Isabelle Moc und Florian Horn</i>	
<b>28.1</b>	<b>Die Bindegewebszellen</b>	455
<b>28.2</b>	<b>Die Faserproteine</b>	455
28.2.1	Die Kollagene	455
28.2.2	Das Elastin	457



<b>28.3</b>	<b>Die Glykosaminoglykane</b> .....	458
28.3.1	Die Hyaluronsäure .....	458
28.3.2	Die anderen Glykosaminoglykane ...	458
<b>28.4</b>	<b>Die Glykoproteine</b> .....	459
28.4.1	Fibronectin .....	459
28.4.2	Laminin .....	459
<b>28.5</b>	<b>Das Vitamin C</b> .....	459
28.5.1	Aufnahme von Vitamin C .....	460
28.5.2	Radikalfänger Vitamin C .....	460
28.5.3	Die Vitamin-C-abhängigen Reaktionen	460
28.5.4	Bedarf an Vitamin C .....	460
<b>29</b>	<b>Die Stoffaufnahme</b> .....	461
	<i>Florian Horn</i>	
<b>29.1</b>	<b>Ernährung</b> .....	461
29.1.1	Wie viel Nahrung müssen wir zu uns nehmen? .....	461
29.1.2	Besonderheiten der Proteine .....	461
29.1.3	Der Energiegehalt der Nahrung .....	462
29.1.4	Die essenziellen Nährstoffe .....	463
<b>29.2</b>	<b>Unser Verdauungstrakt</b> .....	463
29.2.1	Teller, Mund und Speiseröhre .....	463
29.2.2	Der Magen .....	464
29.2.3	Das Duodenum und seine Drüsen ...	468
29.2.4	Die weiteren Darmabschnitte .....	471
<b>29.3</b>	<b>Aufnahme der einzelnen Nahrungsbestandteile</b> .....	471
29.3.1	Kohlenhydrate .....	471
29.3.2	Lipide .....	473
29.3.3	Proteine .....	474
29.3.4	Nukleinsäuren .....	475
29.3.5	Wasser .....	475
29.3.6	Vitamine .....	476
29.3.7	Spurenelemente .....	477
29.3.8	Mengenelemente .....	477
29.3.9	Wie die Nahrungsstoffe in die Peripherie gelangen .....	478
<b>30</b>	<b>Das Blut</b> .....	479
<b>30.1</b>	<b>Aufgaben des Blutes</b> .....	479
	<i>Silke Berghold und Florian Horn</i>	
30.1.1	Transportfunktionen .....	479
30.1.2	Die Homöostase .....	479
30.1.3	Die Blutgerinnung .....	480
30.1.4	Die Immunabwehr .....	480
<b>30.2</b>	<b>Das Knochenmark</b> .....	480
	<i>Silke Berghold und Florian Horn</i>	
30.2.1	Aufbau des Knochenmarks .....	480
30.2.2	Die Stromazellen des Knochenmarks .	480
30.2.3	Stammzellen des Knochenmarks ....	481

<b>30.3</b>	<b>Die Erythrozyten</b> . . . . .	481
	<i>Silke Berghold</i>	
30.3.1	Die Erythropoese . . . . .	482
30.3.2	Das Erythropoetin . . . . .	483
30.3.3	Vitamin B <sub>12</sub> (Cobalamin) . . . . .	485
30.3.4	Stoffwechsel der Erythrozyten . . . . .	487
30.3.5	Glutathion – Notarzt der Erythrozyten	489
30.3.6	Abbau der Erythrozyten . . . . .	491
30.3.7	Das Vitamin E (Tocopherol) . . . . .	492
<b>30.4</b>	<b>Blutgruppen und Transfusionsbiologie</b> . . . .	493
	<i>Florian Horn</i>	
30.4.1	Die Rolle des Immunsystems . . . . .	493
30.4.2	Das AB0-System . . . . .	494
30.4.3	Das Rhesus-System . . . . .	496
30.4.4	Das Kell-System . . . . .	498
30.4.5	Die Bluttransfusion . . . . .	498
<b>30.5</b>	<b>Das Hämoglobin</b> . . . . .	498
	<i>Silke Berghold</i>	
30.5.1	Das Hämoglobin-Molekül . . . . .	498
30.5.2	Hämoglobin-Biosynthese . . . . .	500
30.5.3	Der Sauerstofftransport . . . . .	503
30.5.4	Hämoglobin-Abbau . . . . .	506
30.5.5	Unbrauchbare Hämoglobinformen . . .	508
<b>30.6</b>	<b>Der Eisenstoffwechsel</b> . . . . .	509
	<i>Florian Horn</i>	
30.6.1	Wozu brauchen wir überhaupt Eisen?	509
30.6.2	Die Eisenspeicher unseres Organismus	510
30.6.3	Die Resorption von Eisen im Dünndarm . . . . .	510
30.6.4	Transport von Eisen im Blut . . . . .	511
30.6.5	Der Eisenumsatz unseres Körpers . . .	512
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
<b>30.7</b>	<b>Das Blutplasma</b> . . . . .	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
<b>30.8</b>	<b>Die Hämostase</b> . . . . .	523
	<i>Florian Horn</i>	
30.8.1	Ein kurzer Überblick scheint von Nöten . . . . .	523
30.8.2	Die vaskuläre Reaktion . . . . .	524
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

<b>31</b>	<b>Die Leber</b> .....	539
	<i>Isabelle Moc und Florian Horn</i>	
<b>31.1</b>	<b>Anatomie und Histologie</b> .....	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
<b>31.2</b>	<b>Die Leber und der Energiestoffwechsel</b> ....	541
31.2.1	Die Resorptionsphase .....	541
31.2.2	Die Postresorptionsphase .....	542
31.2.3	Die Enzymausstattung .....	543
31.2.4	Was die Leber für sich selbst tut ....	543
31.2.5	Was die Leber für den ganzen Menschen tut .....	544
<b>31.3</b>	<b>Der Alkoholstoffwechsel</b> .....	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
<b>31.4</b>	<b>Die Leber als Produktionsfabrik</b> .....	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
<b>31.5</b>	<b>Speicher und Abwehr</b> .....	554
31.5.1	Die Leber als Speicherorgan .....	554
31.5.2	Die Leber und ihre Abwehrfunktion .	554
<b>31.6</b>	<b>Die Leber als Ausscheidungsorgan</b> .....	554
31.6.1	Die Biotransformation .....	554
31.6.2	Ausscheidung über die Galle .....	559
31.6.3	Der Harnstoffzyklus .....	559
<b>31.7</b>	<b>Leberfunktionsprüfungen</b> .....	560
31.7.1	Biosyntheseleistungen .....	560
31.7.2	Ausscheidungsleistungen .....	560
31.7.3	Zellständige Enzyme .....	561
<b>32</b>	<b>Die Nieren</b> .....	563
	<i>Paul Ziegler</i>	
<b>32.1</b>	<b>Überblick</b> .....	563
32.1.1	Begriffe .....	563
32.1.2	Aufbau der Niere .....	563
32.1.3	Harnbildung .....	563
<b>32.2</b>	<b>Das Niereninterstitium und die Gefäße</b> ....	564
<b>32.3</b>	<b>Der Ultrafilter der Glomeruli</b> .....	565
<b>32.4</b>	<b>Das Tubulussystem</b> .....	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
<b>32.5</b>	<b>Energieversorgung der Niere . . . . .</b>	<b>570</b>
<b>32.6</b>	<b>Die endokrinen Aufgaben der Niere . . . . .</b>	<b>570</b>
32.6.1	Erythropoetin . . . . .	570
32.6.2	Renin-Angiotensin-Aldosteron-System (RAAS) . . . . .	570
32.6.3	Calcitriol . . . . .	571
<b>32.7</b>	<b>Regulation der Nierenfunktion . . . . .</b>	<b>571</b>
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
<b>32.8</b>	<b>Der Urin . . . . .</b>	<b>572</b>
32.8.1	Zusammensetzung des Urins . . . . .	572
<b>32.9</b>	<b>Die Nieren im Säure-Basen-Haushalt . . . . .</b>	<b>573</b>
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
<b>33</b>	<b>Der Säure-Basen-Haushalt . . . . .</b>	<b>575</b>
	<i>Paul Ziegler</i>	
<b>33.1</b>	<b>Chemie der Säuren und Basen . . . . .</b>	<b>575</b>
33.1.1	Der pH-Wert . . . . .	576
33.1.2	Puffer . . . . .	577
<b>33.2</b>	<b>Die Puffersysteme des Körpers . . . . .</b>	<b>578</b>
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 <sub>2</sub> im Blut . . . . .	580
<b>33.3</b>	<b>Protonenbilanz des Körpers . . . . .</b>	<b>581</b>
<b>33.4</b>	<b>Messung des Säure-Basen-Status . . . . .</b>	<b>582</b>
<b>34</b>	<b>Die Muskulatur . . . . .</b>	<b>584</b>
	<i>Michael Pritsch</i>	
<b>34.1</b>	<b>Aufbau der Muskulatur . . . . .</b>	<b>584</b>
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
<b>34.2</b>	<b>Der Kontraktionsmechanismus . . . . .</b>	<b>586</b>
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

<b>34.3</b>	<b>Stoffwechsel der Skelettmuskulatur</b> . . . . .	589
34.3.1	Anaerobe Energiegewinnung . . . . .	589
34.3.2	Aerobe (oxidative) Energiegewinnung	591
34.3.3	Skelettmuskeltypen . . . . .	591
<b>34.4</b>	<b>Stoffwechsel der Herzmuskulatur</b> . . . . .	592
<b>35</b>	<b>Das Immunsystem</b> . . . . .	593
	<i>Nadine Schneider</i>	
<b>35.1</b>	<b>Die Bestandteile der Abwehr</b> . . . . .	593
<b>35.2</b>	<b>Wie sich unser Körper vor unerwünschten Gästen schützt</b> . . . . .	593
35.2.1	Die ersten Barrieren unseres Immunsystems . . . . .	593
35.2.2	Der Kampftrupp in der zweiten Linie: Natürliche Resistenz und Immunsystem . . . . .	595
<b>35.3</b>	<b>Leukozyten – die Zellen der Abwehr</b> . . . . .	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
<b>35.4</b>	<b>Der humorale Anteil der Abwehr</b>	<b>610</b>
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
	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>622</b>
	<b>Sachverzeichnis</b>	<b>624</b>