

- A Energiestoffwechsel I: Naturstoffchemie und Enzymkinetik • 17**
- B Energiestoffwechsel II: Kataboler Stoffwechsel und ATP-Synthese • 97**
- C Energiestoffwechsel III: Energieträger und Energiespeicher • 221**
- D Energiestoffwechsel IV: Rückblick und Ausblick • 293**
- E Zellbiologie • 359**
- F Zellzyklus und molekulare Genetik • 439**
- G Zelluläre Kommunikation • 581**
- H Infektionen, Verletzungen und Vergiftungen • 701**
- I Blut, Leber und Niere • 773**
- J Muskulatur und Nervensystem • 811**
- K Ausblick • 867**
- L Antwortkommentare klinische Fälle • 877**

Inhaltsverzeichnis

Teil A Energiestoffwechsel I: Naturstoffchemie und Enzymkinetik

J. Rassow

1	Der Energiestoffwechsel im Zentrum der Biochemie	19	2.3	Triacylglycerine (TAG)	55
1.1	Was ist Biochemie?	19	2.3.1	Lipide	55
1.2	Was muss ein Mensch essen?	20	2.3.2	Gesättigte und ungesättigte Fettsäuren	56
1.2.1	Kohlenhydrate	20	2.4	Aminosäuren	60
1.2.2	Proteine	21	2.4.1	Grundstruktur und Eigenschaften	60
1.2.3	Fette	21	2.4.2	Die proteinogenen Aminosäuren	63
1.2.4	Vitamine	22	3	Proteine	71
1.3	Was braucht ein Mensch nicht zu essen?	23	3.1	Was ist ein Protein?	71
1.4	Energie	24	3.2	Die Peptidbindung	71
1.5	ATP im Zentrum des Energiestoffwechsels	25	3.3	Proteinstrukturen	73
2	Die molekularen Strukturen der Kohlenhydrate, Triacylglycerine und Aminosäuren	28	3.3.1	Primärstruktur	73
2.1	Die chemischen Eigenschaften eines Metaboliten: Glucose als Gegenstand der Naturstoffchemie	28	3.3.2	Sekundärstruktur	74
2.1.1	Naturstoffchemie	28	3.3.3	Tertiär- und Quartärstruktur	76
2.1.2	Glucose im Blut	29	4	Triebkraft und Geschwindigkeit biochemischer Reaktionen	79
2.1.3	Summenformel und Strukturformel der Glucose	29	4.1	ΔG, die Triebkraft biochemischer Reaktionen	79
2.1.4	Stereochemie	36	4.1.1	ΔG als Differenz zweier Energieniveaus	79
2.1.5	Offenkettige Form und Ringschluss der Glucose	39	4.1.2	Das chemische Gleichgewicht	81
2.2	Kohlenhydrate	43	4.1.3	Wo bleibt beim Ablauf einer chemischen Reaktion die Energie des ΔG?	83
2.2.1	Monosaccharide	43	4.1.4	Die Bedeutung der Entropie	84
2.2.2	Disaccharide, Oligosaccharide und Polysaccharide	48	4.2	Die Geschwindigkeit biochemischer Reaktionen	85
2.2.3	Verbindungen von Kohlenhydraten mit Peptiden und Proteinen	52	4.2.1	Prinzipien der chemischen Reaktionskinetik	85
2.2.4	Kohlenhydrate im Energiestoffwechsel	54	4.2.2	Enzyme als Katalysatoren biochemischer Reaktionen	86
			4.2.3	Enzymkinetik	89

Teil B Energiestoffwechsel II: Kataboler Stoffwechsel und ATP-Synthese

J. Rassow

1	Abbau der Kohlenhydrate zu Pyruvat und Lactat	99	1.4.2	Energiebilanz	125
1.1	Glucose - der zentrale Metabolit des Kohlenhydratstoffwechsels	99	1.5	Abbau der Galaktose	126
1.2	Die Glykolyse	100	2	Oxidativer Abbau von Pyruvat: Die Reaktionen der Pyruvat-Dehydrogenase und des Citratzyklus	129
1.2.1	Ein erster Überblick	100	2.1	Einführung	129
1.2.2	Die einzelnen Reaktionsschritte der Glykolyse	101	2.2	Die Pyruvat-Dehydrogenase (PDH)	130
1.2.3	Reduktion von Pyruvat zu Lactat	109	2.2.1	Funktion und Struktur der Pyruvat-Dehydrogenase-Komplexe	130
1.2.4	Die Regulation der Glykolyse	111	2.2.2	Die einzelnen Reaktionsschritte	131
1.3	Abbau von Glykogen	118	2.2.3	Die Regulation der Pyruvat-Dehydrogenase	134
1.3.1	Glykogen als Speicherform der Glucose	118	2.3	Der Citratzyklus	135
1.3.2	Der Glykogenabbau	118	2.3.1	Grundlagen	135
1.3.3	Die Regulation des Glykogenabbaus	121	2.3.2	Die einzelnen Reaktionsschritte	140
1.3.4	Glykogenabbau in Lysosomen	123			
1.4	Abbau der Fructose	124			
1.4.1	Die Reaktionsschritte des Fructoseabbaus	124			

2.3.3	Citratzyklus und oxidative Phosphorylierung.	145	4.6	Wege des Kohlenstoffs im Abbau der Aminosäuren	182
2.3.4	Regulation des Citratzyklus.	147	4.6.1	Glucogene und ketogene Aminosäuren.	182
2.3.5	Auffüllung des Citratzyklus: Anaplerotische Reaktionen.	147	4.6.2	Abbau der einzelnen Aminosäuren.	184
3	Abbau von Triacylglycerinen und Ketonkörpern.	149	4.7	Wichtige Produkte des Aminosäureabbaus.	189
3.1	Chemische Struktur.	149	4.7.1	Aminosäure-Abbauprodukte mit Mediator- funktion: Biogene Amine.	189
3.2	Physiologische Bedeutung.	150	4.7.2	Stickstoffmonoxid (NO) als Abbauprodukt des Arginins.	190
3.2.1	Triacylglycerine (TAG).	150	4.7.3	S-Adenosylmethionin als Überträger von Methyl- gruppen.	190
3.2.2	Ketonkörper.	151	4.7.4	Stoffwechsel des Cysteins.	192
3.3	Hydrolyse von Triacylglycerinen durch Lipasen.	152	4.7.5	Aminosäuren als Vorstufen weiterer Synthesen ...	194
3.4	Was wird aus den Hydrolyseprodukten Glycerin und Fettsäuren?.	154	5	ATP-Synthese durch oxidative Phosphorylierung.	195
3.4.1	Abbau von Glycerin.	154	5.1	Möglichkeiten der ATP-Synthese.	195
3.4.2	Abbau der Fettsäuren (β -Oxidation).	155	5.2	Das Prinzip der ATP-Synthese durch oxidative Phosphorylierung.	196
3.5	Abbau von Ketonkörpern.	164	5.3	Die ATP-Synthase.	199
4	Abbau von Proteinen und Aminosäuren.	168	5.3.1	Aufbau.	199
4.1	Grundlagen.	168	5.3.2	Funktion.	201
4.2	Transport von Stickstoff im Blut: Alanin, Glutamin und Harnstoff.	168	5.3.3	Die Triebkraft der ATP-Synthase.	202
4.2.1	Alanin.	169	5.4	Die Atmungskette.	203
4.2.2	Glutamin.	170	5.4.1	Eine erste Übersicht.	203
4.2.3	Harnstoff.	171	5.4.2	Die Komponenten der Atmungskette.	204
4.3	Der Harnstoffzyklus.	171	5.4.3	Die Redoxpotenziale der Atmungskette.	215
4.3.1	Grundlagen.	171	5.4.4	Regulation der Aktivität der Atmungskette.	216
4.3.2	Die einzelnen Reaktionsschritte.	172	5.5	Transport von Metaboliten über die mitochondriale Innenmembran.	216
4.3.3	Energiebilanz.	174	5.6	Transport von Elektronen über die mitochondriale Innenmembran.	217
4.3.4	Was wird aus dem Fumarat?.	175	5.6.1	Glycerin-3-phosphat-Shuttle.	217
4.3.5	Regulation des Harnstoffzyklus.	175	5.6.2	Malat-Aspartat-Shuttle.	218
4.4	Ammoniak im Stoffwechsel.	175	5.7	Entkoppler des OXPHOS-Systems.	219
4.4.1	Bildung von Ammoniak.	175	5.7.1	Der physiologische Entkoppler Thermogenin.	219
4.4.2	Entgiftung von Ammoniak.	176	5.7.2	Toxische Entkoppler.	219
4.5	Abspaltung von Aminogruppen durch Transaminierung und Desaminierung.	179	5.8	Angeborene Defekte des OXPHOS-Systems.	220
4.5.1	Transaminierung.	179	5.9	Bakterielle Atmungsketten.	220
4.5.2	Desaminierung.	181			

Teil C Energiestoffwechsel III: Energieträger und Energiespeicher

J. Rassow

1	Verdauung und Resorption der Nahrungsstoffe.	223	2	Speicherung und Bereitstellung von Kohlenhydraten.	240
1.1	Einführung.	223	2.1	Aufnahme der Kohlenhydrate aus der Nahrung.	240
1.2	Ernährung.	223	2.1.1	Wichtige Kohlenhydrate in der Nahrung.	240
1.2.1	Zusammensetzung der Nahrung.	223	2.1.2	Verdauung der Kohlenhydrate.	240
1.2.2	Parenterale Ernährung.	226	2.1.3	Resorption der Kohlenhydrate im Darm.	242
1.2.3	Energiegehalt der Nahrung.	227	2.1.4	Transport in Hepatozyten.	243
1.3	Verdauung.	228	2.1.5	Transport der Glucose in die Zellen extra- hepatischer Gewebe.	243
1.3.1	Überblick.	228	2.2	Glykogensynthese.	244
1.3.2	Die Verdauungsssekrete.	229	2.2.1	Mechanismus der Glykogensynthese.	245
1.3.3	Verdauung der Nahrungsbestandteile.	238	2.2.2	Regulation der Glykogensynthese.	249

2.3	Gluconeogenese	250	3.4	Woher stammt das NADPH für die Fettsäuresynthese?	270
2.3.1	Funktion der Gluconeogenese im Stoffwechsel	250	3.4.1	Das Malat-Enzym als Quelle von NADPH für die Fettsäuresynthese.	271
2.3.2	Ort der Gluconeogenese	251	3.4.2	Der Pentosephosphatweg	271
2.3.3	Mechanismus der Gluconeogenese	251	3.5	Lipogenese: Biosynthese der Triacylglycerine (TAG)	276
2.3.4	Ausgangsstoffe der Gluconeogenese	256	3.5.1	Reaktionsschritte der TAG-Synthese	276
2.3.5	Regulation der Gluconeogenese	257	3.5.2	Regulation der TAG-Synthese	278
3	Die Bereitstellung von Fettsäuren, Triacylglycerinen und Ketonkörpern	259	3.6	Ketonkörpersynthese (Ketogenese)	278
3.1	Überblick	259	3.6.1	Grundlagen	278
3.2	Aufnahme der Lipide aus der Nahrung	259	3.6.2	Die Reaktionen der Ketonkörpersynthese.	279
3.2.1	Verdauung der Lipide	259	3.7	Lipoproteine: Transport von Lipiden im Blut	279
3.2.2	Resorption der Lipid-Hydrolyseprodukte	261	3.7.1	Aufbau und Einteilung	279
3.3	Fettsäuresynthese	263	3.7.2	Der Stoffwechsel der Lipoproteine	280
3.3.1	Bereitstellung von Acetyl-CoA	263	4	Proteine als Nahrungsmittel	287
3.3.2	Mechanismus der Fettsäuresynthese	264	4.1	Verdauung der Proteine	287
3.3.3	Regulation der Fettsäuresynthese	268	4.1.1	Hydrolyse der Proteine durch Proteasen	287
3.3.4	Bildung ungesättigter Fettsäuren	270	4.1.2	Resorption der Hydrolyseprodukte	288
			4.2	Proteasen und ihre Reaktionsmechanismen	289
			4.2.1	Vorkommen und Aufgaben der Proteasen	289
			4.2.2	Reaktionsmechanismen	290
			4.2.3	Proteaseinhibitoren	291

Teil D Energiestoffwechsel IV: Rückblick und Ausblick

1	Regulation des Energiestoffwechsels ...	295	3	Vitamine	314
	<i>J. Rassow</i>			<i>K. Hauser</i>	
1.1	Einführung	295	3.1	Grundlagen	314
1.2	Regulation bei kurzfristig erhöhtem Energiebedarf	295	3.1.1	Vitaminbedarf	314
1.3	Regulation bei Ausdauerleistungen	297	3.1.2	Vitaminosen	314
1.4	Regulation bei Nahrungsmangel	298	3.1.3	Einteilung der Vitamine	316
1.5	Regulation im Anschluss an eine Mahlzeit	300	3.2	Fettlösliche Vitamine	316
1.6	Zentrale Kontrollpunkte in der Regulation des Energiestoffwechsels	302	3.2.1	Retinol – Vitamin A	316
1.6.1	Die Koordination des Energiestoffwechsels in den peripheren Organen	302	3.2.2	Calciferole – Vitamin D	319
1.6.2	Die Regulation des Hungergefühls	303	3.2.3	Tocopherol – Vitamin E	320
2	Stoffwechsel in Tumorzellen	306	3.2.4	Phyllochinon – Vitamin K	322
	<i>J. Rassow</i>		3.3	Wasserlösliche Vitamine	324
2.1	Einführung	306	3.3.1	Thiamin – Vitamin B ₁	324
2.2	Kanzerogenese	306	3.3.2	Riboflavin – Vitamin B ₂	325
2.3	Tumorwachstum bei Sauerstoffmangel	307	3.3.3	Niacin	327
2.3.1	Der Warburg-Effekt	307	3.3.4	Pyridoxin – Vitamin B ₆	330
2.3.2	Bausteine der Nukleotid-Synthese	308	3.3.5	Pantothensäure	331
2.3.3	Glutamin	309	3.3.6	Folsäure	333
2.4	Hydroxyglutarat als Onkometabolit	310	3.3.7	Cobalamin – Vitamin B ₁₂	337
2.4.1	Synthese von 2-Hydroxyglutarat durch veränderte Isocitrat-Dehydrogenasen	310	3.3.8	Biotin	340
2.4.2	2-Hydroxyglutarat als Inhibitor α -Ketoglutarat-abhängiger Dioxxygenasen	311	3.3.9	Ascorbinsäure – Vitamin C	341
2.5	Resümee	313	4	Spurenelemente	345
				<i>K. Hauser</i>	
			4.1	Grundlagen	345
			4.1.1	Einteilung der Spurenelemente	345
			4.1.2	Bedarf an Spurenelementen	346

4.2	Essenzielle Spurenelemente	346	4.2.9	Iod	356
4.2.1	Eisen	346	4.2.10	Selen	357
4.2.2	Magnesium	351	4.2.11	Molybdän	357
4.2.3	Kupfer	351	4.2.12	Chrom	357
4.2.4	Zink	353	4.3	Nicht essenzielle Spurenelemente (Schwermetalle)	358
4.2.5	Mangan	354	4.3.1	Cadmium	358
4.2.6	Cobalt	354	4.3.2	Blei	358
4.2.7	Schwefel	355	4.3.3	Quecksilber	358
4.2.8	Fluorid	356			

Teil E Zellbiologie

1	Einführung	361	4.2.3	Transport mithilfe von Membranvesikeln	389
	<i>J. Rassow</i>		4.3	Signalvermittlung	393
1.1	Einführung	361	4.4	Vermittlung von Zell-Zell-Kontakten	393
2	Aufbau der Zelle	363	4.4.1	Tight Junctions	393
	<i>K. Hauser</i>		4.4.2	Adhäsionsverbindungen	393
2.1	Überblick	363	4.4.3	Desmosomen	394
2.2	Aufbau der Prokaryontenzelle	363	4.4.4	Hemidesmosomen	394
2.3	Aufbau der Eukaryontenzelle	364	4.4.5	Fokaladhäsionen	395
2.3.1	Besonderheiten in mehrzelligen Organismen	365	4.4.6	Gap Junctions	395
2.3.2	Vorteile der Kompartimentierung	365	5	Zellorganellen	397
2.4	Fraktionierung von Zellen	365		<i>K. Hauser</i>	
3	Aufbau und Synthese biologischer Membranen	367	5.1	Einführung	397
	<i>K. Hauser</i>		5.2	Zytosol und Zytoplasma	397
3.1	Überblick	367	5.3	Zellkern	397
3.2	Membranlipide	367	5.3.1	Aufbau	398
3.2.1	Das Grundprinzip: Die Lipiddoppelschicht	367	5.3.2	Funktion	400
3.2.2	Struktur und Verteilung	368	5.4	Mitochondrien	401
3.2.3	Biosynthese	372	5.4.1	Aufbau	401
3.2.4	Abbau	378	5.4.2	Funktion	402
3.2.5	Biosynthese von Membranen	379	5.4.3	Proteintransport ins Mitochondrium	404
3.2.6	Membranfluidität	379	5.5	Endoplasmatisches Retikulum	404
3.3	Membranproteine	380	5.5.1	Aufbau	404
3.3.1	Aufbau	380	5.5.2	Funktion	405
3.3.2	Funktion	381	5.6	Golgi-Apparat	406
3.4	Kohlenhydrate	381	5.6.1	Aufbau	406
3.4.1	Struktur	381	5.6.2	Funktion	407
3.4.2	Funktion	383	5.7	Lysosomen	409
4	Funktion biologischer Membranen	385	5.7.1	Aufbau	409
	<i>K. Hauser</i>		5.7.2	Funktion	409
4.1	Vielfalt der Membranfunktion	385	5.7.3	Biogenese	410
4.2	Transport	385	5.8	Peroxisomen	411
4.2.1	Passiver und aktiver Transport	385	5.8.1	Aufbau	411
4.2.2	Transportproteine in Membranen	387	5.8.2	Funktion	411
			5.8.3	Biogenese	411
			5.9	Proteasom	412
			5.9.1	Aufbau	412
			5.9.2	Funktion	412
			5.9.3	Das Ubiquitinsystem	413

6	Zytoskelett	415	7	Extrazelluläre Matrix	425
	<i>K. Hauser</i>			<i>K. Hauser</i>	
6.1	Überblick	415	7.1	Überblick	425
6.2	Mikrofilamente	415	7.2	Komponenten der extrazellulären Matrix	425
6.2.1	Aufbau	415	7.2.1	Kollagen	426
6.2.2	Funktion	417	7.2.2	Elastin	430
6.3	Mikrotubuli	418	7.2.3	Glykosaminoglykane	431
6.3.1	Aufbau	418	7.2.4	Proteoglykane	433
6.3.2	Funktion	419	7.2.5	Nicht kollagene Glykoproteine	435
6.3.3	Komplexe Mikrotubulistrukturen	420	7.3	Abbau der extrazellulären Matrix	436
6.4	Intermediärfilamente	422	7.4	Extrazelluläre Matrix des Knochens	437
6.4.1	Aufbau	422	7.4.1	Anorganische Matrix	437
6.4.2	Funktion	423	7.4.2	Organische Matrix	437
			7.5	Extrazelluläre Matrix des Knorpels	437

Teil F Zellzyklus und molekulare Genetik

R. Netzer

1	Nukleotide	441	4.2.2	Erkennung der Replikationsstartstelle(n) und Strangtrennung	467
1.1	Einführung	441	4.2.3	Synthese des Primers	468
1.2	Aufbau der Nukleotide	441	4.2.4	DNA-Synthese	468
1.3	Funktionen der Nukleotide	443	4.2.5	Ligation der Okazaki-Fragmente	470
1.3.1	Energieträger	443	4.2.6	Replikation eukaryontischer Chromosomen-Enden	471
1.3.2	Synthesestufen	444	4.3	Hemmstoffe der Replikation	472
1.3.3	Bestandteil von Coenzymen	445			
1.3.4	Signalmoleküle	445	5	Genexpression	473
1.3.5	Allosterische Effektoren	445	5.1	Überblick	473
1.4	Stoffwechsel der Nukleotide	447	5.2	Transkription	474
1.4.1	Stoffwechsel der Purinnukleotide	447	5.2.1	Die Transkriptionsprodukte: die verschiedenen RNA-Typen	474
1.4.2	Stoffwechsel der Pyrimidinnukleotide	452	5.2.2	Die Transkriptionsenzyme: RNA-Polymerasen	478
1.4.3	Synthese von Desoxyribonukleotiden aus Ribonukleotiden	455	5.2.3	Ablauf der Transkription	479
			5.2.4	Regulation der Transkription	483
2	Nukleinsäuren (Polynukleotide)	458	5.2.5	Hemmstoffe der Transkription	489
2.1	Grundlagen	458	5.3	Entstehung und Nachbearbeitung der mRNA	490
2.2	DNA	459	5.3.1	Prozessierung der hnRNA	490
2.2.1	Die DNA-Doppelhelix	459	5.3.2	RNA-Editing	494
2.2.2	Die Verpackung der DNA	461	5.4	Translation	495
2.3	RNA	462	5.4.1	Der genetische Code	495
2.3.1	Struktur	462	5.4.2	Beladung der tRNAs mit Aminosäuren	496
2.3.2	Typen der RNA	462	5.4.3	Ablauf der Translation	497
2.4	Das humane Genom und Transkriptom	462	5.4.4	Regulation der Translation	502
			5.4.5	Hemmstoffe der Translation	502
3	Einführung in die Molekularbiologie ...	464	5.4.6	Posttranskriptionelle und translationale Regulation durch kleine RNA	505
3.1	Grundbegriffe	464	5.5	Proteinfaltung	506
3.2	Zentrales Dogma der Molekularbiologie	464	5.5.1	Motor und Ablauf der Proteinfaltung	506
			5.5.2	An der Proteinfaltung beteiligte Proteine	508
4	Replikation der DNA	466	5.6	Cotranslatationaler Proteintransport in das endoplasmatische Retikulum	510
4.1	Einführung	466	5.7	Co- und posttranslationale Modifikation von Proteinen	511
4.2	Ablauf der Replikation	466			
4.2.1	Überblick	466			

6	Viren	514	8.2	Reparatur der DNA-Schäden	552
6.1	Virusaufbau	514	8.2.1	Direkte Reparatur.....	552
6.1.1	Virale Nukleinsäuren.....	514	8.2.2	Basen-Exzisionsreparatur.....	552
6.1.2	Virale Proteine.....	514	8.2.3	Nukleotid-Exzisionsreparatur.....	553
6.2	Infektionszyklus	515	8.3	Kontrolle der Replikationsgenauigkeit und Fehlpaarungsreparatur (Mismatch-Reparatur)	555
6.3	Systematik der Viren	516	8.4	Reparatur von Doppelstrangbrüchen	555
6.3.1	RNA-Viren.....	517			
6.3.2	DNA-Viren.....	524			
6.4	Impfmethoden	525	9	Der Zellzyklus	557
6.4.1	Ganzvirus-Impfstoffe.....	525	9.1	Ablauf	557
6.4.2	Proteinbasierte Impfstoffe.....	525	9.2	Regulation	558
6.4.3	Genbasierte Impfstoffe.....	526	9.2.1	Kontrollpunkte im Zellzyklus.....	558
			9.2.2	Komponenten des Zellzyklus-Kontrollsystems....	559
			9.2.3	Steuerung der Phasenübergänge bzw. der S-Phase.	560
7	Gentechnik, Nachweis bzw. Analyse von Nukleinsäuren und Gentherapie ... 528				
7.1	Einführung	528	10	Die Apoptose	562
7.2	Die Werkzeuge	529	10.1	Einführung	562
7.2.1	Plasmide.....	529	10.2	Bedeutung der Apoptose	562
7.2.2	Restriktionsendonukleasen.....	531	10.3	Komponenten des Apoptose-Apparates	563
7.2.3	Reverse Transkriptase.....	532	10.3.1	Caspasen.....	563
7.2.4	Weitere Enzyme.....	532	10.3.2	Proteine der Bcl-2-Familie.....	563
7.3	Methodik der Gentechnik: Klonierung	532	10.3.3	Inhibitors of Apoptosis Proteins (IAPs).....	564
7.3.1	Werkzeuge.....	532	10.4	Auslösung der Apoptose	564
7.3.2	DNA-Transfermethoden.....	534	10.4.1	Extrinsischer Signalweg.....	564
7.3.3	Ablauf einer Klonierung.....	535	10.4.2	Intrinsischer Signalweg.....	565
7.3.4	Einsatzgebiete.....	536	10.4.3	Granzym/Perforin-Weg.....	566
7.4	Nachweis und Analyse von Nukleinsäuren	537	10.5	Wirkung der Effektor-Caspasen	566
7.4.1	Polymerasekettenreaktion (PCR).....	537	10.6	Fehlregulationen der Apoptose	566
7.4.2	Reverse Transkriptions-Polymerasekettenreaktion (RT-PCR).....	538			
7.4.3	Agarose- und Polyacrylamid-Gelelektrophorese ..	538	11	Molekulare Onkologie	567
7.4.4	Blot-Hybridisierung.....	539	11.1	Einführung	567
7.4.5	Restriktions-Fragment-Längen-Polymorphismus (RFLP).....	540	11.2	Tumorentstehung (Kanzerogenese)	567
7.4.6	DNA-Profilanalyse (Genetischer Fingerabdruck) ..	541	11.2.1	Somatische Mutationen als Auslöser der Transformation.....	568
7.4.7	DNA-Sequenzierung.....	542	11.2.2	Die Bedeutung regulatorischer RNA für die Tumorentstehung.....	573
7.4.8	DNA-Chips (DNA-Microarrays) zur Analyse von Genexpressionsmustern.....	544	11.2.3	Tumoviren als Auslöser der Transformation.....	574
7.4.9	Chromatin-Immunopräzipitation (ChIP).....	544	11.2.4	Bakterien als biologisches Karzinogen.....	575
7.4.10	RNA-Interferenz.....	544	11.3	Tumorentwicklung: Die Bildung von Tumorgefäßen und Tochterkolonien	576
7.4.11	Knock-out-Tiere und transgene Tiere.....	544	11.3.1	Angiogenese.....	576
7.4.12	Genom-Editierung.....	545	11.3.2	Metastasierung.....	576
7.5	Somatische Gentherapie	547	11.4	Tumorthherapie	577
			11.4.1	Zytostatika.....	577
			11.4.2	Neuere Entwicklungen in der Tumorthherapie....	578
8	Mutationen und DNA-Reparatur	548			
8.1	Mutationen	548			
8.1.1	Mutationsformen.....	548			
8.1.2	Entstehung von Mutationen.....	550			

Teil G Zelluläre Kommunikation

R. Netzker, R. Deutzmann*

1	Grundlagen	583	1.2.2	Zell-Zell- und Zell-Matrix-Interaktion.....	584
1.1	Einführung	583	1.2.3	Extrazelluläre Signalübertragung.....	584
1.2	Prinzipien der Signalübertragung zwischen Zellen	583	1.3	Hormone und Zytokine	585
1.2.1	Gap Junctions.....	583	1.3.1	Einteilung der Hormone.....	585

1.3.2	Eigenschaften und Wirkprinzip von Hormonen . . .	585	3.7	Wachstumshormon	659
1.3.3	Hormonelle Regelkreise	587	3.7.1	Regulation der Biosynthese.	660
1.3.4	Zytokine.	588	3.7.2	Molekulare und zelluläre Wirkungen	660
1.4	Nachweismethoden	588	3.8	Prolaktin	662
1.4.1	Radioimmunoassay (RIA)	588	3.8.1	Molekulare und zelluläre Wirkungen	663
1.4.2	Enzyme-linked immunosorbent Assay (ELISA)	589	3.9	Gastrointestinale Hormone	663
			3.9.1	Gastrin	664
			3.9.2	Sekretin	666
			3.9.3	Cholecystokinin (CCK)	666
2	Mechanismen der Signaltransduktion.	590	3.10	Hormone mit Wirkung auf den Wasser- und Elektrolythaushalt	666
2.1	Einführung.	590	3.10.1	Regulation des Wasserhaushalts: Antidiuretisches Hormon	667
2.2	Rezeptoren in der Zellmembran.	591	3.10.2	Hormonelle Regulation des Natriumhaushalts. . .	668
2.2.1	G-Protein-gekoppelte Rezeptoren	591	3.10.3	Hormonelle Regulation des Kaliumhaushalts. . . .	673
2.2.2	Ligandenaktivierte Ionenkanäle.	601	3.10.4	Hormone mit Wirkung auf den Calcium- und Phosphathaushalt	674
2.2.3	Enzymgekoppelte Rezeptoren	601			
2.3	Intrazelluläre Rezeptoren (Kernrezeptoren)	608			
2.3.1	Steroidhormonrezeptoren	609			
2.3.2	Rezeptoren für Schilddrüsenhormone, Vitamin D und Retinsäure	610			
2.3.3	Kernrezeptor-Superfamilie – Rezeptoren der PPAR-Familie.	610			
3	Hormone	612	4	Gewebshormone (parakrin wirkende Hormone).	679
3.1	Pankreashormone	612	4.1	Eikosanoide	679
3.1.1	Insulin	612	4.1.1	Biosynthese	679
3.1.2	Glukagon	621	4.1.2	Wirkungen.	681
3.2	Die Katecholamine Adrenalin und Noradrenalin . .	625	4.2	Entzündungshemmende und entzündungsauflösende Lipidmediatoren	685
3.2.1	Biosynthese und Sekretion	625	4.3	Stickstoffmonoxid (NO)	686
3.2.2	Abbau.	627	4.3.1	Biosynthese und Inaktivierung.	686
3.2.3	Molekulare Mechanismen	627	4.3.2	Wirkungen.	687
3.2.4	Zelluläre Wirkungen	628	4.4	Kinine	688
3.3	Hormone des hypothalamisch-hypophysären Systems	631	4.4.1	Biosynthese und Inaktivierung.	688
3.3.1	Hypothalamus	632	4.4.2	Wirkungen.	689
3.3.2	Hypophyse	633	4.5	Histamin.	690
3.3.3	Rückkopplungsmechanismen.	635	4.5.1	Biosynthese, Speicherung und Inaktivierung	690
3.4	Schilddrüsenhormone (Thyroxin und Triiodthyronin)	636	4.5.2	Wirkungen.	690
3.4.1	Biosynthese, Speicherung, Transport und Abbau. .	636	4.6	Serotonin (5-Hydroxytryptamin)	692
3.4.2	Wirkungen	638	4.6.1	Biosynthese, Speicherung und Inaktivierung	692
3.5	Hormone der Nebennierenrinde	643	4.6.2	Wirkungen.	692
3.5.1	Überblick.	643			
3.5.2	Glucocorticoide	646	5	Zytokine	696
3.5.3	Androgene.	650	5.1	Grundlagen	696
3.6	Hormone der Gonaden	652	5.2	Wachstumsfaktoren.	696
3.6.1	Androgene.	653	5.3	Zytokine mit Wirkung auf die Hämatopoese	698
3.6.2	Östrogene und Gestagene.	654	5.4	Zytokine des Immunsystems.	699

Teil H Infektionen, Verletzungen und Vergiftungen

J. Rassow

1	Molekulare Immunologie	703	1.3.1	Einführung.	715
1.1	Einführung.	703	1.3.2	Antikörper	716
1.2	Das angeborene (unspezifische) Immunsystem. . .	704	1.3.3	Zelluläre und molekulare Grundlagen adaptiver Immunantworten.	723
1.2.1	Abwehr von Mikroorganismen an Oberflächen. . .	704	1.3.4	Das erworbene Immunschwächesyndrom (AIDS) .	732
1.2.2	Erkennung von Mikroorganismen durch das angeborene Immunsystem	707	1.3.5	Allergie.	734
1.3	Das adaptive Immunsystem	715	1.4	Entzündung	737
			1.4.1	Grundlagen	737

1.4.2	Die Aktivierung der Leukozyten	738	2.2.3	Freisetzung von Inhaltsstoffen aus aktivierten Thrombozyten	752
1.4.3	Die Leukozyten im Entzündungsherd	739	2.2.4	Hemmung der Thrombozytenaggregation am intakten Endothel	754
1.5	Tumorimmunologie	741	2.3	Blutgerinnung	754
1.5.1	Tumor-spezifische und Tumor-assoziierte Antigene	742	2.3.1	Das Prinzip	754
1.5.2	Immune surveillance und Cancer Immunoediting	742	2.3.2	Die Blutgerinnung im Detail	755
1.6	Mediatoren des Immunsystems	745	2.4	Fibrinolyse	761
1.6.1	Interferone (IFN)	745	2.5	Hemmung der Blutgerinnung	761
1.6.2	Interleukine	746	2.5.1	Mechanismen in vitro	761
1.6.3	TNF α	746	2.5.2	Mechanismen in vivo	761
1.6.4	TGF- β	746	2.6	Thrombusbildung und Ischämie	763
1.6.5	Weitere Mediatoren	746			
1.7	Immunologie der Blutgruppenantigene	747			
1.7.1	Das ABO-System	747			
1.7.2	Das Rhesus-System	748			
2	Blutstillung und Blutgerinnung	750	3	Entgiftung	767
2.1	Einführung	750	3.1	Entgiftung organischer Fremdstoffe:	
2.2	Blutstillung: Aktivierung und Aggregation von Thrombozyten	750		Biotransformation	767
2.2.1	Thrombozytenadhäsion	750	3.1.1	Phase-I-Reaktionen	768
2.2.2	Thrombozytenaggregation	751	3.1.2	Phase-II-Reaktionen	771
			3.2	Entgiftung anorganischer Fremdstoffe:	
				Stoffwechsel der Schwermetalle	772

Teil I Blut, Leber und Niere

J. Rassow

1	Biochemie des Blutes	775	3	Biochemie der Niere	799
1.1	Einführung	775	3.1	Einführung	799
1.2	Transport von O₂ und CO₂ im Blut	775	3.2	Ultrafiltration im Nierenkörperchen	800
1.2.1	O ₂ -Transport durch Hämoglobin	775	3.3	Funktionen des proximalen Tubulus	801
1.2.2	Transport von CO ₂	781	3.3.1	Gluconeogenese	801
1.2.3	Die verschiedenen Hämoglobine des Menschen ..	782	3.3.2	Resorption und Sekretion	802
1.2.4	Schutz des Hämoglobins vor Oxidation	783	3.4	Funktionen der Henle-Schleife	804
1.3	Erythropoese und Porphyrinstoffwechsel	786	3.5	Funktion des distalen Tubulus und des Sammelrohrs	805
1.3.1	Erythropoese	786	3.6	Regulation der Nierenfunktionen	806
1.3.2	Hämbiosynthese	786	3.6.1	Das antidiuretische Hormon ADH (Vasopressin) ..	806
1.3.3	Häm-Abbau	788	3.6.2	Aldosteron	806
1.4	Die Proteine des Blutserums	792	3.6.3	Funktionen des juxtaglomerulären Apparates ...	806
			3.6.4	Das atriale natriuretische Peptid und andere Peptidhormone	807
2	Biochemie der Leber	793	3.7	Aufgaben der Niere im Säure-Basen- und Stickstoffhaushalt	807
2.1	Einführung	793			
2.2	Stoffwechselfunktionen der Leber	794			
2.2.1	Konstanthaltung des Blutzuckerspiegels	794			
2.2.2	Synthese von Ketonkörpern, Triacylglycerinen und Cholesterin	795			
2.2.3	Aufgaben der Leber im Aminosäurestoffwechsel ..	795			
2.3	Produktion von Serumproteinen	796			
2.4	Hormon- und Vitaminstoffwechsel in der Leber ...	796			
2.4.1	Hormone	796			
2.4.2	Vitamine	796			
2.5	Ausscheidungsfunktion der Leber	797			
2.5.1	Bestandteile der Galle	797			
2.5.2	Gallesekretion	798			

Teil J Muskulatur und Nervensystem

J. Rassow

1	Biochemie der Muskulatur	813	2.5	Ruhemembranpotenzial und Aktionspotenzial ...	830
1.1	Übersicht	813	2.5.1	Ruhemembranpotenzial	830
1.2	Muskelgewebe	813	2.5.2	Aktionspotenzial	834
1.2.1	Einteilung und Aufbau	813	2.6	Neurotransmitter und ihre Rezeptoren	838
1.3	Molekulare Mechanismen der Muskelkontraktion ..	816	2.6.1	Glutamat	838
1.3.1	Querbrückenzyklus	816	2.6.2	Acetylcholin (ACh)	840
1.3.2	Kontrolle der Aktin-Myosin-Bindung	817	2.6.3	Serotonin	845
1.3.3	Elektromechanische Kopplung	820	2.6.4	γ-Aminobutyrat, GABA	846
1.4	Muskelkrankheiten (Myopathien)	823	2.6.5	Glycin	848
1.4.1	Myasthenia gravis	823	2.6.6	Katecholamine	849
1.4.2	Muskeldystrophien	823	2.6.7	Neuropeptide	851
1.4.3	Metabolische Muskelkrankheiten	823	2.6.8	Endocannabinoide	852
1.4.4	Dilatative Kardiomyopathie	824	2.6.9	Purine	852
2	Neurochemie	826	2.7	Erkrankungen des ZNS	854
2.1	Einführung	826	2.7.1	Multiple Sklerose (MS)	854
2.2	Energiestoffwechsel des Nervensystems	826	2.7.2	Alzheimer-Krankheit	855
2.3	Gliazellen und Myelin	827	2.7.3	Parkinson-Krankheit	857
2.3.1	Gliazellen	827	2.7.4	Chorea Huntington	859
2.3.2	Myelin	827	2.8	Sinnesorgane und Sinneszellen	860
2.4	Schrankensysteme des ZNS	828	2.8.1	Riechsinneszellen	860
2.4.1	Blut-Hirn-Schranke	828	2.8.2	Geschmackssinneszellen	861
2.4.2	Blut-Liquor-Schranke	829	2.8.3	Das Ohr: Hören und Gleichgewicht	861
			2.8.4	Das Auge	862

Teil K Ausblick

J. Rassow

1	Biochemie des langen Lebens	869	1.4	Was schädigt die Zellen?	871
1.1	Hat sich der Einzug der Wissenschaften in die Medizin gelohnt?	869	1.5	Geht die Zellalterung von den Mitochondrien aus?	872
1.2	Gibt es Unsterblichkeit?	870	1.6	Überlebensstrategien	873
1.3	Was setzt dem Leben der Zellen höherer Eukaryonten ein Ende?	870	1.7	Überlebensmutanten	874
			1.8	Was kann man tun?	875

Teil L Antwortkommentare klinische Fälle

1	Antwortkommentare klinische Fälle ...	879	1.8	Infektexazerbierte COPD	883
1.1	Myokardinfarkt	879	1.9	Lungenembolie	883
1.2	Schlaganfall	880	1.10	Akutes prärenales Nierenversagen	884
1.3	Ösophagusvarizenblutung bei Leberzirrhose	880	1.11	Muskeldystrophie Typ Duchenne	884
1.4	Diabetes mellitus	881	1.12	Parkinson-Syndrom	885
1.5	Hyperthyreose bei Struma	881			
1.6	Morbus Cushing	882			
1.7	Metastasierendes Karzinoid	882			
				Sachverzeichnis	886