Vorwort

Wir freuen uns, erneut eine umfassend überarbeitete neue Auflage der Dualen Reihe Biochemie vorlegen zu können. Das Ziel der Dualen Reihe bestand von Anfang an darin, ein modernes Lehrbuch der Biochemie zu entwickeln, welches den aktuellen Stand der Forschung berücksichtigt, gleichzeitig sollte das Buch aber auch möglichst klar und verständlich sein. In diesem Sinne haben wir nun sämtliche Kapitel erneut durchgesehen. Nicht zuletzt haben wir dabei auch die neuesten Fragen des IMPP im Blick gehabt. Durch die freundliche Unterstützung des Thieme Verlages war es möglich, die thematischen Schwerpunkte der Prüfungsfragen des IMPP umfassend zu integrieren und den Text auf die relevanten Sachverhalte zu fokussieren.

Einige Kapitel des Buches wurden angesichts der Fortschritte der Forschung in weiten Teilen ganz neu geschrieben. Das betraf zunächst das Kapitel zur Biochemie des Nervensystems. Viele Jahrzehnte lang war über die Strukturen der Ionenkanäle und der Rezeptoren für die verschiedenen Neurotransmitter kaum etwas bekannt. In dieser Hinsicht haben die vergangenen Jahre geradezu eine Revolution mit sich gebracht. Viele Funktionen des Nervensystems sind erst jetzt für biochemische Fragestellungen zugänglich geworden. Weitgehend neu geschrieben wurde auch das Kapitel zur Immunologie. Hier waren u. a. die neuesten überaus interessanten Ergebnisse der Tumorimmunologie zu integrieren. Die Fortschritte der Onkologie haben uns auch veranlasst, ein gänzlich neues Kapitel zum Stoffwechsel der Tumorzellen zu schreiben. Unerwartet hat in jüngster Zeit auch die Infektiologie wieder an Bedeutung gewonnen. Die rasante Ausbreitung multiresistenter Erreger stellt die Medizin weltweit vor große Herausforderungen. In der neuen Auflage haben wir deshalb die Kapitel zu den Antibiotika entsprechend aktualisiert. Erheblich erweitert wurden die Abschnitte zur Biochemie der Entzündung und zur Funktion der Inflammasomen. Ganz neu wurde eine Einführung in die Biochemie der humanpathogenen Viren integriert. Nicht zuletzt wurden unter Berücksichtigung des aktuellen Forschungsstandes auch die Erläuterungen zu den molekularen Mechanismen der HIV-Infektion neu geschrieben. Überaus hilfreich waren uns in der Vorbereitung der neuen Auflage erneut die zahlreichen Hinweise, die wir von Studierenden und von Mitgliedern der verschiedenen Hochschulen erhalten haben. Für alle Zusendungen möchten wir uns herzlich bedanken.

Bedanken möchten wir uns auch für die exzellente Arbeit des Verlages, insbesondere bei Frau Eva Wacker und bei Herrn Dr. Jochen Neuberger was die aufwendige Revision der Texte betrifft, bei Herrn Dr. Wilhelm Kuhn, was die professionelle Gestaltung der vielen neuen Abbildungen betrifft sowie bei Herrn Michael Zepf für die perfekte Organisation des Herstellungsprozesses.

So hoffen wir, dass die Duale Reihe auch in Zukunft eine solide und gut lesbare Grundlage für die Vorbereitung auf die vorklinischen Prüfungen bieten wird. Zum anderen würden wir uns freuen, wenn das Lehrbuch auch längerfristig und über die Prüfungen hinaus ein Verständnis für die molekularen Mechanismen physiologischer und pathologischer Prozesse vermitteln könnte. Das Buch wurde speziell für die Studierenden der Medizin geschrieben. Wir hoffen, dass dieses beim Durchblättern sowie beim Lesen der Kapitel spürbar sein wird.

Stuttgart, im Dezember 2015

Joachim Rassow
Karin Hauser
Roland Netzker
Rainer Deutzmann

aus: Rassow u.a., Duale Reihe – Biochemie (ISBN 9783131253545) © 2016 Georg Thieme Verlag KG Stuttgart • New York

Inhaltsverzeichnis

Teil A Energiestoffwechsel

1 Der Energiestoffwechsel im Überblick. 19

J. Rassow

1.1 Worum geht es in diesem Kapitel? 19
1.2 Woher stammt die Energie für Lebensprozesse? . . 19
1.2.1 Die Bedeutung der energetischen Kopplung 19
1.2.2 Die Bedeutung des ATP als Energieträger 20
1.3 Wie entsteht ATP? 22
1.4 Woher stammt die Energie für die ATP-Synthese? 23
1.4.1 Ein Protonenfluss als Energiequelle der ATP-Synthase 24
1.4.2 Die Atmungskette als Protonenpumpe 24
1.4.3 Die Herkunft der Elektronen der Atmungskette . . 25

2 Triebkraft und Geschwindigkeit biochemischer Reaktionen 27

J. Rassow

2.1 Die Triebkraft biochemischer Reaktionen 27
2.1.1 Die Bedeutung der Freien Energie 28
2.1.2 Die Bedeutung des chemischen Gleichgewichts . . 28
2.1.3 Was geschieht bei Annäherung an das chemische Gleichgewicht mit der Freien Energie? 31
2.1.4 Die Bedeutung der Entropie 31
2.2 Die Geschwindigkeit biochemischer Reaktionen . . 32
2.2.1 Prinzipien der chemischen Reaktionskinetik 32
2.2.2 Enzyme als Katalysatoren biochemischer Reaktionen 33
2.2.3 Enzymkinetik 35

3 Die molekulare Struktur der wichtigsten Nahrungsstoffe: Kohlenhydrate, Triacylglycerine und Aminosäuren 45

J. Rassow

3.1 Kurzübersicht 45
3.2 Kohlenhydrate 45
3.2.1 Chemie der Kohlenhydrate 45
3.2.2 Funktion der Kohlenhydrate im Energiestoffwechsel 56
3.3 Triacylglycerine (TAG) 57
3.3.1 Lipide 57
3.3.2 Gesättigte und ungesättigte Fettsäuren 58
3.3.3 Funktion der TAG im Energiestoffwechsel 63
3.4 Aminosäuren 63
3.4.1 Grundstruktur und Eigenschaften 63
3.4.2 Die proteinogenen Aminosäuren 66
3.4.3 Der Sonderfall Selenocystein 72

4 Die wichtigsten biochemischen Funktionsträger: Proteine 74

J. Rassow

4.1 Grundlagen 74
4.1.1 Funktionen 74
4.2 Die Peptidbindung 74
4.3 Proteinstrukturen 75
4.3.1 Primärstruktur 76
4.3.2 Sekundärstruktur 76
4.3.3 Tertiär- und Quartärstruktur 79

5 Abbau der Kohlenhydrate zu Pyruvat bzw. Lactat 82

J. Rassow

5.1 Kurze Einführung 82
5.2 Die Glykolyse 82
5.2.1 Ein erster Überblick 82
5.2.2 Die einzelnen Reaktionsschritte der Glykolyse . . . 83
5.2.3 Die Regulation der Glykolyse 92
5.3 Reduktion und Oxidation von Pyruvat 98
5.3.1 Reduktion von Pyruvat zu Lactat (Lactatgärung) . . 98
5.3.2 Oxidativer Abbau von Pyruvat 100
5.4 Abbau von Glykogen 100
5.4.1 Einführung 100
5.4.2 Der Glykogenabbau 100
5.4.3 Die Regulation des Glykogenabbaus 103
5.5 Abbau der Stärke 104
5.6 Abbau der Fructose 104
5.6.1 Die Reaktionsschritte des Fructoseabbaus 105
5.6.2 Energiebilanz 106
5.7 Abbau der Galaktose 106

6 Oxidativer Abbau von Pyruvat: Die Reaktionen der Pyruvat-Dehydrogenase und des Citratzyklus 109

J. Rassow

6.1 Einführung 109
6.2 Die Pyruvat-Dehydrogenase (PDH) 110
6.2.1 Grundlagen 110
6.2.2 Der Aufbau der Pyruvat-Dehydrogenase 110
6.2.3 Die einzelnen Reaktionsschritte 111
6.2.4 Die Regulation der Pyruvat-Dehydrogenase 114
6.3 Der Citratzyklus 115
6.3.1 Grundlagen 115
6.3.2 Die einzelnen Reaktionsschritte 118
6.3.3 Energieausbeute des Citratzyklus 125

aus: Rassow u.a., Duale Reihe – Biochemie (ISBN 9783131253545) © 2016 Georg Thieme Verlag KG Stuttgart • New York

6.3.4 Regulation des Citratzyklus . . . 125
6.3.5 Auffüllung des Citratzyklus: Anaplerotische Reaktionen . . . 126

7 Abbau von Triacylglycerinen und Ketonkörpern . . . 127

J. Rassow

7.1 Grundlagen . . . 127
7.2 Physiologische Bedeutung . . . 127
7.2.1 Triacylglycerine (TAG) . . . 127
7.2.2 Ketonkörper . . . 129
7.3 Hydrolyse von Triacylglycerinen durch Lipasen . . . 129
7.4 Was wird aus den Hydrolyseprodukten Glycerin und Fettsäuren? . . . 132
7.4.1 Abbau von Glycerin . . . 132
7.4.2 Abbau der Fettsäuren (β-Oxidation) . . . 133
7.5 Abbau von Ketonkörpern . . . 141

8 Abbau von Proteinen und Aminosäuren . . . 147

J. Rassow

8.1 Grundlagen . . . 147
8.2 Transport von Stickstoff im Blut: Alanin, Glutamin und Harnstoff . . . 147
8.2.1 Alanin . . . 148
8.2.2 Glutamin . . . 149
8.2.3 Harnstoff . . . 150
8.3 Der Harnstoffzyklus . . . 150
8.3.1 Grundlagen . . . 150
8.3.2 Die einzelnen Reaktionsschritte . . . 151
8.3.3 Energiebilanz . . . 153
8.3.4 Was wird aus dem Fumarat? . . . 153
8.3.5 Regulation des Harnstoffzyklus . . . 154
8.4 Ammoniak im Stoffwechsel . . . 154
8.4.1 Bildung von Ammoniak . . . 154
8.4.2 Entgiftung von Ammoniak . . . 155
8.5 Abspaltung von Aminogruppen durch Transaminierung und Desaminierung . . . 158
8.5.1 Transaminierung . . . 158
8.5.2 Desaminierung . . . 160
8.6 Wege des Kohlenstoffs im Abbau der Aminosäuren . . . 161
8.6.1 Grundlagen: glucogene und ketogene Aminosäuren . . . 161
8.6.2 Abbau der einzelnen Aminosäuren . . . 163
8.7 Wichtige Produkte des Aminosäureabbaus . . . 168
8.7.1 Aminosäure-Abbauprodukte mit Mediatorfunktion: Biogene Amine . . . 168
8.7.2 Stickstoffmonoxid (NO) als Abbauprodukt des Arginins . . . 169
8.7.3 S-Adenosylmethionin als Überträger von Methylgruppen . . . 169
8.7.4 Stoffwechsel des Cysteins . . . 171
8.7.5 Aminosäuren als Vorstufen weiterer Synthesen . . . 173

9 ATP-Synthese durch oxidative Phosphorylierung . . . 174

J. Rassow

9.1 Einführung: Mechanismen der ATP-Synthese im Stoffwechsel . . . 174
9.2 Die ATP-Synthase . . . 174
9.2.1 Aufbau . . . 174
9.2.2 Funktionsweise . . . 176
9.2.3 Triebkraft der ATP-Synthase . . . 176
9.3 Die Atmungskette . . . 176
9.3.1 Einführung . . . 176
9.3.2 Die Komponenten der Atmungskette . . . 179
9.3.3 Die Redoxpotenziale der Atmungskette . . . 186
9.3.4 Regulation der Aktivität der Atmungskette . . . 187
9.4 Import und Export von Metaboliten über die Mitochondrienmembran . . . 187
9.5 Transport von Reduktionsäquivalenten über die mitochondriale Innenmembran . . . 188
9.5.1 Glycerin-3-phosphat-Shuttle . . . 188
9.5.2 Malat-Aspartat-Shuttle . . . 188
9.5.3 Vergleich beider Shuttle-Systeme . . . 189
9.6 Entkoppler des OXPHOS-Systems . . . 190
9.6.1 Der physiologische Entkoppler Thermogenin . . . 190
9.6.2 Toxische Entkoppler . . . 190
9.7 Angeborene Defekte des OXPHOS-Systems . . . 191
9.8 Bakterielle Atmungsketten . . . 191

10 Ernährung und Verdauung . . . 192

J. Rassow

10.1 Einführung . . . 192
10.2 Ernährung . . . 192
10.2.1 Zusammensetzung der Nahrung . . . 192
10.2.2 Parenterale Ernährung . . . 197
10.2.3 Energiegehalt der Nahrung . . . 197
10.3 Verdauung . . . 198
10.3.1 Überblick . . . 198
10.3.2 Die Verdauungssekrete . . . 198
10.3.3 Verdauung der Nahrungsbestandteile . . . 208

11 Speicherung und Bereitstellung von Kohlenhydraten . . . 210

J. Rassow

11.1 Aufnahme der Kohlenhydrate aus der Nahrung . . . 210
11.1.1 Wichtige Kohlenhydrate in der Nahrung . . . 210
11.1.2 Verdauung der Kohlenhydrate . . . 210
11.1.3 Resorption der Kohlenhydrate im Darm . . . 212
11.1.4 Transport in Hepatozyten . . . 213
11.1.5 Transport der Glucose in die Zellen extrahepatischer Gewebe . . . 213
11.2 Glykogensynthese . . . 215
11.2.1 Mechanismus der Glykogensynthese . . . 215
11.2.2 Regulation der Glykogensynthese . . . 219
11.3 Gluconeogenese . . . 221

aus: Rassow u.a., Duale Reihe – Biochemie (ISBN 9783131253545) © 2016 Georg Thieme Verlag KG Stuttgart • New York

11.3.1 Funktion der Gluconeogenese im Stoffwechsel ... 221
11.3.2 Ort der Gluconeogenese ... 222
11.3.3 Mechanismus der Gluconeogenese ... 222
11.3.4 Ausgangsstoffe der Gluconeogenese ... 227
11.3.5 Regulation der Gluconeogenese ... 228

12 Die Bereitstellung von Fettsäuren, Triacylglycerinen und Ketonkörpern .. 230

J. Rassow

12.1 Überblick ... 230
12.2 Aufnahme der Lipide aus der Nahrung ... 230
12.2.1 Verdauung der Lipide ... 230
12.2.2 Resorption der Lipid-Hydrolyseprodukte ... 232
12.3 Fettsäuresynthese ... 234
12.3.1 Bereitstellung von Acetyl-CoA ... 235
12.3.2 Mechanismus der Fettsäuresynthese ... 235
12.3.3 Regulation der Fettsäuresynthese ... 240
12.3.4 Bildung ungesättigter Fettsäuren ... 242
12.4 Woher stammt das NADPH für die Fettsäuresynthese? ... 242
12.4.1 Das Malat-Enzym als Quelle von NADPH für die Fettsäuresynthese ... 243
12.4.2 Der Pentosephosphatweg ... 243
12.5 Lipogenese: Biosynthese der Triacylglycerine (TAG) ... 248
12.5.1 Reaktionsschritte der TAG-Synthese ... 248
12.5.2 Regulation der TAG-Synthese ... 249
12.6 Ketonkörpersynthese (Ketogenese) ... 250
12.6.1 Grundlagen ... 250
12.6.2 Die Reaktionen der Ketonkörpersynthese ... 251
12.7 Lipoproteine: Transport von Lipiden im Blut ... 251
12.7.1 Aufbau und Einteilung ... 251
12.7.2 Der Stoffwechsel der Lipoproteine ... 253

13 Proteine als Nahrungsmittel ... 259

J. Rassow

13.1 Verdauung der Proteine ... 259
13.1.1 Hydrolyse der Proteine durch Proteasen ... 259
13.1.2 Resorption der Hydrolyseprodukte ... 260
13.2 Proteasen und ihre Reaktionsmechanismen ... 262
13.2.1 Vorkommen und Aufgaben der Proteasen ... 262
13.2.2 Reaktionsmechanismen ... 262
13.2.3 Proteaseinhibitoren ... 264

14 Regulation des Energiestoffwechsels .. 266

J. Rassow

14.1 Einführung ... 266
14.2 Regulation bei kurzfristig erhöhtem Energiebedarf 266
14.3 Regulation bei Ausdauerleistungen ... 268
14.4 Regulation bei Nahrungsmangel ... 270
14.5 Regulation im Anschluss an eine Mahlzeit ... 273
14.6 Schlüsselenzyme des Energiestoffwechsels ... 275
14.7 Zentrale Kontrollpunkte in der Regulation des Energiestoffwechsels ... 277
14.7.1 Die Koordination des Energiestoffwechsels in den peripheren Organen ... 277
14.7.2 Die Regulation des Hungergefühls ... 278

15 Stoffwechsel in Tumorzellen ... 281

J. Rassow

15.1 Einführung ... 281
15.2 Kanzerogenese ... 281
15.3 Tumorwachstum bei Sauerstoffmangel ... 282
15.3.1 Der Warburg-Effekt ... 282
15.3.2 Bausteine der Nukleotid-Synthese ... 284
15.3.3 Glutamin ... 284
15.4 Hydroxyglutarat als Onkometabolit ... 286
15.4.1 Synthese von 2-Hydroxyglutarat durch veränderte Isocitrat-Dehydrogenasen ... 286
15.4.2 2-Hydroxyglutarat als Inhibitor α-Ketoglutarat-abhängiger Dioxygenasen ... 287
15.5 Resümee ... 288

16 Vitamine ... 290

K. Hauser

16.1 Grundlagen ... 290
16.1.1 Vitaminbedarf ... 290
16.1.2 Vitaminosen ... 290
16.1.3 Einteilung der Vitamine ... 292
16.2 Fettlösliche Vitamine ... 292
16.2.1 Retinol – Vitamin A ... 292
16.2.2 Calciferole – Vitamin D ... 295
16.2.3 Tocopherol – Vitamin E ... 296
16.2.4 Vitaminosen ... 298
16.2.5 Phyllochinon – Vitamin K ... 298
16.3 Wasserlösliche Vitamine ... 300
16.3.1 Thiamin – Vitamin B_1 ... 300
16.3.2 Riboflavin – Vitamin B_2 ... 302
16.3.3 Niacin ... 304
16.3.4 Pyridoxin – Vitamin B_6 ... 306
16.3.5 Pantothensäure ... 308
16.3.6 Folsäure ... 309
16.3.7 Cobalamin – Vitamin B_{12} ... 314
16.3.8 Biotin ... 317
16.3.9 Ascorbinsäure – Vitamin C ... 318

17 Spurenelemente ... 322

K. Hauser

17.1 Grundlagen ... 322
17.1.1 Einteilung der Spurenelemente ... 322
17.1.2 Bedarf an Spurenelementen ... 323
17.2 Die einzelnen Spurenelemente ... 323
17.2.1 Eisen ... 323
17.2.2 Magnesium ... 327
17.2.3 Kupfer ... 328

aus: Rassow u.a., Duale Reihe – Biochemie (ISBN 9783131253545) © 2016 Georg Thieme Verlag KG Stuttgart • New York

17.2.4 Zink ... 329
17.2.5 Mangan ... 331
17.2.6 Cobalt ... 331
17.2.7 Schwefel ... 332
17.2.8 Fluorid ... 332
17.2.9 Iod ... 333
17.2.10 Selen ... 333
17.2.11 Molybdän ... 334
17.2.12 Chrom ... 334
17.2.13 Cadmium, Blei, Quecksilber ... 334

Teil B Zellbiologie

1 Einführung ... 339
J. Rassow

1.1 Einführung ... 339

2 Aufbau der Zelle ... 341
K. Hauser

2.1 Überblick ... 341
2.2 Aufbau der Prokaryontenzelle ... 341
2.3 Aufbau der Eukaryontenzelle ... 342
2.3.1 Besonderheiten in mehrzelligen Organismen ... 343
2.3.2 Vorteile der Kompartimentierung ... 343
2.4 Fraktionierung von Zellen ... 343

3 Aufbau und Synthese biologischer Membranen ... 345
K. Hauser

3.1 Überblick ... 345
3.2 Membranlipide ... 345
3.2.1 Das Grundprinzip: Die Lipiddoppelschicht ... 345
3.2.2 Struktur und Verteilung ... 346
3.2.3 Biosynthese ... 350
3.2.4 Abbau ... 356
3.2.5 Biosynthese von Membranen ... 357
3.2.6 Membranfluidität ... 357
3.3 Membranproteine ... 358
3.3.1 Aufbau ... 358
3.3.2 Funktion ... 359
3.4 Kohlenhydrate ... 359
3.4.1 Struktur ... 359
3.4.2 Funktion ... 361

4 Funktion biologischer Membranen ... 363
K. Hauser

4.1 Vielfalt der Membranfunktion ... 363
4.2 Transport ... 363
4.2.1 Passiver und aktiver Transport ... 363
4.2.2 Transportproteine in Membranen ... 365
4.2.3 Transport mithilfe von Membranvesikeln ... 367
4.3 Signalvermittlung ... 371
4.4 Vermittlung von Zell-Zell-Kontakten ... 371
4.4.1 Tight Junctions ... 371
4.4.2 Adhäsionsverbindungen ... 371
4.4.3 Desmosomen ... 372
4.4.4 Hemidesmosomen ... 372
4.4.5 Fokaladhäsionen ... 373
4.4.6 Gap Junctions ... 373

5 Zellorganellen ... 375
K. Hauser

5.1 Einführung ... 375
5.2 Zytosol und Zytoplasma ... 375
5.3 Zellkern ... 375
5.3.1 Aufbau ... 376
5.3.2 Funktion ... 378
5.4 Mitochondrien ... 379
5.4.1 Aufbau ... 379
5.4.2 Funktion ... 380
5.4.3 Proteintransport ins Mitochondrium ... 382
5.5 Endoplasmatisches Retikulum ... 382
5.5.1 Aufbau ... 382
5.5.2 Funktion ... 383
5.6 Golgi-Apparat ... 384
5.6.1 Aufbau ... 384
5.6.2 Funktion ... 385
5.7 Lysosomen ... 387
5.7.1 Aufbau ... 387
5.7.2 Funktion ... 387
5.7.3 Biogenese ... 388
5.8 Peroxisomen ... 389
5.8.1 Aufbau ... 389
5.8.2 Funktion ... 389
5.8.3 Biogenese ... 389
5.9 Proteasom ... 390
5.9.1 Aufbau ... 390
5.9.2 Funktion ... 390
5.9.3 Das Ubiquitinsystem ... 391

6 Zytoskelett ... 393
K. Hauser

6.1 Überblick ... 393
6.2 Mikrofilamente ... 393
6.2.1 Aufbau ... 393
6.2.2 Funktion ... 395
6.3 Mikrotubuli ... 396
6.3.1 Aufbau ... 396
6.3.2 Funktion ... 396

aus: Rassow u.a., Duale Reihe – Biochemie (ISBN 9783131253545) © 2016 Georg Thieme Verlag KG Stuttgart • New York

6.3.3 Komplexe Mikrotubulistrukturen ... 398
6.4 Intermediärfilamente ... 400
6.4.1 Aufbau ... 400
6.4.2 Funktion ... 401

7 Extrazelluläre Matrix ... 403
K. Hauser

7.1 Überblick ... 403
7.2 Komponenten der extrazellulären Matrix ... 403
7.2.1 Kollagen ... 404
7.2.2 Elastin ... 408
7.2.3 Glykosaminoglykane ... 409
7.2.4 Proteoglykane ... 411
7.2.5 Nicht kollagene Glykoproteine ... 413
7.3 Abbau der extrazellulären Matrix ... 414
7.4 Extrazelluläre Matrix des Knochens ... 415
7.4.1 Anorganische Matrix ... 415
7.4.2 Organische Matrix ... 415
7.5 Extrazelluläre Matrix des Knorpels ... 415

Teil C Zellzyklus und molekulare Genetik
R. Netzker

1 Nukleotide ... 419
1.1 Einführung ... 419
1.2 Aufbau der Nukleotide ... 419
1.3 Funktionen der Nukleotide ... 421
1.3.1 Energieträger ... 421
1.3.2 Synthesevorstufen ... 422
1.3.3 Bestandteil von Coenzymen ... 423
1.3.4 Signalmoleküle ... 423
1.3.5 Allosterische Effektoren ... 423
1.4 Stoffwechsel der Nukleotide ... 425
1.4.1 Stoffwechsel der Purinnukleotide ... 425
1.4.2 Stoffwechsel der Pyrimidinnukleotide ... 430
1.4.3 Synthese von Desoxyribonukleotiden aus Ribonukleotiden ... 433

2 Nukleinsäuren (Polynukleotide) ... 436
2.1 Grundlagen ... 436
2.2 DNA ... 437
2.2.1 Die DNA-Doppelhelix ... 437
2.2.2 Die Verpackung der DNA ... 439
2.3 RNA ... 440
2.3.1 Struktur ... 440
2.3.2 Typen der RNA ... 440
2.4 Das humane Genom und Transkriptom ... 441

3 Einführung in die Molekularbiologie ... 442
3.1 Grundbegriffe ... 442
3.2 Zentrales Dogma der Molekularbiologie ... 442

4 Replikation der DNA ... 444
4.1 Einführung ... 444
4.2 Ablauf der Replikation ... 444
4.2.1 Überblick ... 444
4.2.2 Erkennung der Replikationsstartstelle(n) und Strangtrennung ... 445
4.2.3 Synthese des Primers ... 446
4.2.4 DNA-Synthese ... 446
4.2.5 Ligation der Okazaki-Fragmente ... 448
4.2.6 Replikation eukaryontischer Chromosomen-Enden ... 449
4.3 Hemmstoffe der Replikation ... 450

5 Genexpression ... 451
5.1 Überblick ... 451
5.2 Transkription ... 452
5.2.1 Die Transkriptionsprodukte: die verschiedenen RNA-Typen ... 452
5.2.2 Die Transkriptionsenzyme: RNA-Polymerasen ... 456
5.2.3 Ablauf der Transkription ... 457
5.2.4 Regulation der Transkription ... 461
5.2.5 Hemmstoffe der Transkription ... 467
5.3 Entstehung und Nachbearbeitung der mRNA ... 468
5.3.1 Prozessierung der hnRNA ... 468
5.3.2 RNA-Editing ... 471
5.4 Translation ... 473
5.4.1 Der genetische Code ... 473
5.4.2 Beladung der tRNAs mit Aminosäuren ... 474
5.4.3 Ablauf der Translation ... 475
5.4.4 Regulation der Translation ... 480
5.4.5 Hemmstoffe der Translation ... 480
5.4.6 Posttranskriptionelle und translationale Regulation durch kleine RNA ... 483
5.5 Proteinfaltung ... 484
5.5.1 Motor und Ablauf der Proteinfaltung ... 484
5.5.2 An der Proteinfaltung beteiligte Proteine ... 485
5.6 Cotranslationaler Proteintransport in das endoplasmatische Retikulum ... 488
5.7 Co- und posttranslationale Modifikation von Proteinen ... 488

6 Viren ... 491
6.1 Virusaufbau ... 491
6.1.1 Virale Nukleinsäuren ... 491
6.1.2 Virale Proteine ... 491
6.2 Infektionszyklus ... 492
6.3 Systematik der Viren ... 493
6.3.1 RNA-Viren ... 494
6.3.2 DNA-Viren ... 499

aus: Rassow u.a., Duale Reihe – Biochemie (ISBN 9783131253545) © 2016 Georg Thieme Verlag KG Stuttgart • New York

7 Gentechnik und Nachweis bzw. Analyse von Nukleinsäuren ... 501

7.1 Einführung ... 501
7.2 Die Werkzeuge ... 502
7.2.1 Plasmide ... 502
7.2.2 Restriktionsendonukleasen ... 504
7.2.3 Reverse Transkriptase ... 505
7.2.4 Weitere Enzyme ... 505
7.3 Methodik der Gentechnik: Klonierung ... 505
7.3.1 Werkzeuge ... 505
7.3.2 DNA-Transfermethoden ... 507
7.3.3 Ablauf einer Klonierung ... 508
7.3.4 Einsatzgebiete ... 509
7.4 Nachweis und Analyse von Nukleinsäuren ... 510
7.4.1 Polymerasekettenreaktion (PCR) ... 510
7.4.2 Reverse Transkriptions-Polymerasekettenreaktion (RT-PCR) ... 511
7.4.3 Agarose- und Polyacrylamid-Gelelektrophorese ... 511
7.4.4 Blot-Hybridisierung ... 512
7.4.5 Restriktions-Fragment-Längen-Polymorphismus (RFLP) ... 513
7.4.6 DNA-Profilanalyse (Genetischer Fingerabdruck) ... 514
7.4.7 DNA-Sequenzierung ... 515
7.4.8 Knock-out-Tiere und transgene Tiere ... 517

8 Mutationen und DNA-Reparatur ... 519

8.1 Mutationen ... 519
8.1.1 Mutationsformen ... 519
8.1.2 Entstehung von Mutationen ... 521
8.2 Reparatur der DNA-Schäden ... 523
8.2.1 Direkte Reparatur ... 523
8.2.2 Basen-Exzisionsreparatur ... 523
8.2.3 Nukleotid-Exzisionsreparatur ... 524
8.3 Kontrolle der Replikationsgenauigkeit und Fehlpaarungsreparatur (Mismatch-Reparatur) ... 526
8.4 Reparatur von Doppelstrangbrüchen ... 526

9 Der Zellzyklus ... 528

9.1 Ablauf ... 528
9.2 Regulation ... 529
9.2.1 Kontrollpunkte im Zellzyklus ... 529
9.2.2 Komponenten des Zellzyklus-Kontrollsystems ... 530
9.2.3 Steuerung der Phasenübergänge bzw. der S-Phase 531

10 Die Apoptose ... 533

10.1 Einführung ... 533
10.2 Bedeutung der Apoptose ... 533
10.3 Komponenten des Apoptose-Apparates ... 534
10.3.1 Caspasen ... 534
10.3.2 Proteine der Bcl-2-Familie ... 534
10.3.3 Inhibitors of Apoptosis Proteins (IAPs) ... 535
10.4 Auslösung der Apoptose ... 535
10.4.1 Extrinsischer Signalweg ... 535
10.4.2 Intrinsischer Signalweg ... 536
10.4.3 Granzym/Perforin-Weg ... 536
10.5 Wirkung der Effektor-Caspasen ... 537
10.6 Fehlregulationen der Apoptose ... 537

11 Molekulare Onkologie ... 538

11.1 Einführung ... 538
11.2 Tumorentstehung (Kanzerogenese) ... 538
11.2.1 Somatische Mutationen als Auslöser der Transformation ... 539
11.2.2 Die Bedeutung regulatorischer RNA für die Tumorentstehung ... 544
11.2.3 Tumorviren als Auslöser der Transformation ... 545
11.2.4 Bakterien als biologisches Karzinogen ... 546
11.3 Tumorentwicklung: Die Bildung von Tumorgefäßen und Tochterkolonien ... 547
11.3.1 Angiogenese ... 547
11.3.2 Metastasierung ... 547
11.4 Tumortherapie ... 548
11.4.1 Zytostatika ... 548
11.4.2 Neuere Entwicklungen in der Tumortherapie ... 549

Teil D Zelluläre Kommunikation

R. Deutzmann

1 Grundlagen ... 553

1.1 Einführung ... 553
1.2 Prinzipien der Signalübertragung zwischen Zellen 553
1.2.1 Gap Junctions ... 554
1.2.2 Zell-Zell- und Zell-Matrix-Interaktion ... 554
1.2.3 Extrazelluläre Signalübertragung ... 554
1.3 Hormone und Zytokine ... 555
1.3.1 Einteilung der Hormone ... 555
1.3.2 Eigenschaften und Wirkprinzip von Hormonen ... 555
1.3.3 Hormonelle Regelkreise ... 557
1.3.4 Zytokine ... 558
1.4 Nachweismethoden ... 558
1.4.1 Radioimmunoassay (RIA) ... 558
1.4.2 Enzyme-linked immunosorbent Assay (ELISA) ... 559

2 Mechanismen der Signaltransduktion 560

2.1 Einführung ... 560
2.2 Rezeptoren in der Zellmembran ... 561
2.2.1 G-Protein-gekoppelte Rezeptoren ... 561
2.2.2 Ligandenaktivierte Ionenkanäle ... 571
2.2.3 Enzymgekoppelte Rezeptoren ... 572
2.3 Intrazelluläre Rezeptoren (Kernrezeptoren) ... 579
2.3.1 Steroidhormonrezeptoren ... 580
2.3.2 Rezeptoren für Schilddrüsenhormone, Vitamin D und Retinsäure ... 580
2.3.3 Kernrezeptor-Superfamilie – Rezeptoren der PPAR-Familie ... 581

aus: Rassow u.a., Duale Reihe – Biochemie (ISBN 9783131253545) © 2016 Georg Thieme Verlag KG Stuttgart • New York

3 Hormone ... 582

3.1 Pankreashormone ... 582
3.1.1 Insulin ... 582
3.1.2 Glukagon ... 591
3.2 Die Katecholamine Adrenalin und Noradrenalin ... 595
3.2.1 Biosynthese und Sekretion ... 595
3.2.2 Abbau ... 597
3.2.3 Molekulare Mechanismen ... 597
3.2.4 Zelluläre Wirkungen ... 598
3.3 Hormone des hypothalamisch-hypophysären Systems ... 601
3.3.1 Hypothalamus ... 602
3.3.2 Hypophyse ... 603
3.3.3 Rückkopplungsmechanismen ... 605
3.4 Schilddrüsenhormone (Thyroxin und Triiodthyronin) ... 606
3.4.1 Biosynthese, Speicherung, Transport und Abbau ... 606
3.4.2 Wirkungen ... 608
3.5 Hormone der Nebennierenrinde ... 613
3.5.1 Überblick ... 613
3.5.2 Glucocorticoide ... 616
3.5.3 Androgene ... 620
3.6 Hormone der Gonaden ... 622
3.6.1 Androgene ... 623
3.6.2 Östrogene und Gestagene ... 624
3.7 Wachstumshormon ... 629
3.7.1 Regulation der Biosynthese ... 630
3.7.2 Molekulare und zelluläre Wirkungen ... 630
3.8 Prolaktin ... 632
3.8.1 Molekulare und zelluläre Wirkungen ... 633
3.9 Gastrointestinale Hormone ... 633
3.9.1 Gastrin ... 634
3.9.2 Sekretin ... 636
3.9.3 Cholecystokinin (CCK) ... 636
3.10 Hormone mit Wirkung auf den Wasser- und Elektrolythaushalt ... 636
3.10.1 Regulation des Wasserhaushalts: Antidiuretisches Hormon ... 637
3.10.2 Hormonelle Regulation des Natriumhaushalts ... 638
3.10.3 Hormonelle Regulation des Kaliumhaushalts ... 643
3.10.4 Hormone mit Wirkung auf den Calcium- und Phosphathaushalt ... 644

4 Gewebshormone (parakrin wirkende Hormone) ... 649

4.1 Eikosanoide ... 649
4.1.1 Biosynthese ... 649
4.1.2 Wirkungen ... 651
4.2 Entzündungshemmende und entzündungsauflösende Lipidmediatoren ... 655
4.3 Stickstoffmonoxid (NO) ... 656
4.3.1 Biosynthese und Inaktivierung ... 656
4.3.2 Wirkungen ... 657
4.4 Kinine ... 658
4.4.1 Biosynthese und Inaktivierung ... 658
4.4.2 Wirkungen ... 659
4.5 Histamin ... 660
4.5.1 Biosynthese, Speicherung und Inaktivierung ... 660
4.5.2 Wirkungen ... 660
4.6 Serotonin (5-Hydroxytryptamin) ... 662
4.6.1 Biosynthese, Speicherung und Inaktivierung ... 662
4.6.2 Wirkungen ... 662

5 Zytokine ... 666

5.1 Grundlagen ... 666
5.2 Wachstumsfaktoren ... 666
5.3 Zytokine mit Wirkung auf die Hämatopoese ... 669
5.4 Zytokine des Immunsystems ... 670

Teil E Infektionen, Verletzungen und Vergiftungen

J. Rassow

1 Molekulare Immunologie ... 673

1.1 Einführung ... 673
1.2 Das angeborene (unspezifische) Immunsystem ... 674
1.2.1 Abwehr von Mikroorganismen an Oberflächen ... 674
1.2.2 Erkennung von Mikroorganismen durch das angeborene Immunsystem ... 677
1.3 Das adaptive Immunsystem ... 685
1.3.1 Einführung ... 685
1.3.2 Antikörper ... 686
1.3.3 Zelluläre und molekulare Grundlagen adaptiver Immunantworten ... 693
1.3.4 Das erworbene Immunschwächesyndrom (AIDS) ... 702
1.3.5 Allergie ... 704
1.4 Entzündung ... 708
1.4.1 Grundlagen ... 708
1.4.2 Die Aktivierung der Leukozyten ... 708
1.4.3 Die Leukozyten im Entzündungsherd ... 709
1.5 Tumorimmunologie ... 712
1.5.1 Tumor-spezifische und Tumor-assoziierte Antigene ... 712
1.5.2 Immune surveillance und Cancer Immunoediting ... 713
1.6 Mediatoren des Immunsystems ... 715
1.6.1 Interferone (IFN) ... 716
1.6.2 Interleukine ... 716
1.6.3 TNFα ... 717
1.6.4 TGF-β ... 717
1.6.5 Weitere Mediatoren ... 717
1.7 Immunologie der Blutgruppenantigene ... 717
1.7.1 Das AB0-System ... 717
1.7.2 Das Rhesus-System ... 718

aus: Rassow u.a., Duale Reihe – Biochemie (ISBN 9783131253545) © 2016 Georg Thieme Verlag KG Stuttgart • New York

2 Blutstillung und Blutgerinnung 721

2.1 Einführung 721
2.2 Blutstillung: Aktivierung und Aggregation von Thrombozyten 721
2.2.1 Thrombozytenadhäsion 721
2.2.2 Thrombozytenaggregation 722
2.2.3 Freisetzung von Inhaltsstoffen aus aktivierten Thrombozyten 724
2.2.4 Hemmung der Thrombozytenaggregation am intakten Endothel 725
2.3 Blutgerinnung 726
2.3.1 Das Prinzip 726
2.3.2 Die Blutgerinnung im Detail 727
2.4 Fibrinolyse 732
2.5 Hemmung der Blutgerinnung 733
2.5.1 Mechanismen in vitro 733
2.5.2 Mechanismen in vivo 733
2.6 Thrombusbildung und Ischämie 735

3 Entgiftung 739

3.1 Entgiftung organischer Fremdstoffe: Biotransformation 739
3.1.1 Phase-I-Reaktionen 740
3.1.2 Phase-II-Reaktionen 743
3.2 Entgiftung anorganischer Fremdstoffe: Stoffwechsel der Schwermetalle 744

Teil F Blut, Leber und Niere

J. Rassow

1 Biochemie des Blutes 749

1.1 Einführung 749
1.2 Transport von O_2 und CO_2 im Blut 749
1.2.1 O_2-Transport durch Hämoglobin 749
1.2.2 Transport von CO_2 755
1.2.3 Die verschiedenen Hämoglobine des Menschen 756
1.2.4 Schutz des Hämoglobins vor Oxidation 757
1.3 Erythropoese und Porphyrinstoffwechsel 760
1.3.1 Erythropoese 760
1.3.2 Hämbiosynthese 760
1.3.3 Häm-Abbau 762
1.4 Die Proteine des Blutserums 766

2 Biochemie der Leber 767

2.1 Einführung 767
2.2 Stoffwechselfunktionen der Leber 768
2.2.1 Konstanthaltung des Blutzuckerspiegels 768
2.2.2 Synthese von Ketonkörpern, Triacylglycerinen und Cholesterin 769
2.2.3 Aufgaben der Leber im Aminosäurestoffwechsel 769
2.3 Produktion von Serumproteinen 770
2.4 Hormon- und Vitaminstoffwechsel in der Leber 770
2.4.1 Hormone 770
2.4.2 Vitamine 770
2.5 Ausscheidungsfunktion der Leber 771
2.5.1 Bestandteile der Galle 771
2.5.2 Gallesekretion 772

3 Biochemie der Niere 773

3.1 Einführung 773
3.2 Ultrafiltration im Nierenkörperchen 774
3.3 Funktionen des proximalen Tubulus 775
3.3.1 Gluconeogenese 775
3.3.2 Resorption und Sekretion 776
3.4 Funktionen der Henle-Schleife 778
3.5 Funktion des distalen Tubulus und des Sammelrohrs 779
3.6 Regulation der Nierenfunktionen 780
3.6.1 Das antidiuretische Hormon ADH (Vasopressin) 780
3.6.2 Aldosteron 780
3.6.3 Funktionen des juxtaglomerulären Apparates 780
3.6.4 Das atriale natriuretische Peptid und andere Peptidhormone 781
3.7 Aufgaben der Niere im Säure- Basen- und Stickstoffhaushalt 781

Teil G Muskulatur und Nervensystem

J. Rassow

1 Biochemie der Muskulatur 787

1.1 Übersicht 787
1.2 Muskelgewebe 787
1.2.1 Einteilung und Aufbau 787
1.3 Molekulare Mechanismen der Muskelkontraktion 791
1.3.1 Querbrückenzyklus 791
1.3.2 Kontrolle der Aktin-Myosin-Bindung 792
1.3.3 Elektromechanische Kopplung 793
1.4 Muskelkrankheiten (Myopathien) 797
1.4.1 Myasthenia gravis 797
1.4.2 Muskeldystrophien 797
1.4.3 Metabolische Muskelkrankheiten 797
1.4.4 Dilatative Kardiomyopathie 798

aus: Rassow u.a., Duale Reihe – Biochemie (ISBN 9783131253545) © 2016 Georg Thieme Verlag KG Stuttgart • New York

2 Neurochemie ... 800

2.1 Einführung ... 800
2.2 Energiestoffwechsel des Nervensystems ... 800
2.3 Gliazellen und Myelin ... 801
2.3.1 Gliazellen ... 801
2.3.2 Myelin ... 801
2.4 Schrankensysteme des ZNS ... 802
2.4.1 Blut-Hirn-Schranke ... 802
2.4.2 Blut-Liquor-Schranke ... 803
2.5 Ruhemembranpotenzial und Aktionspotenzial ... 804
2.5.1 Ruhemembranpotenzial ... 804
2.5.2 Aktionspotenzial ... 808
2.6 Neurotransmitter und ihre Rezeptoren ... 812
2.6.1 Glutamat ... 812
2.6.2 Acetylcholin (Ach) ... 814
2.6.3 Serotonin ... 819
2.6.4 γ-Aminobutyrat, GABA ... 820
2.6.5 Glycin ... 822
2.6.6 Katecholamine ... 823
2.6.7 Neuropeptide ... 825
2.6.8 Endocannabinoide ... 826
2.6.9 Purine ... 826
2.7 Erkrankungen des ZNS ... 828
2.7.1 Multiple Sklerose (MS) ... 828
2.7.2 Alzheimer-Krankheit ... 829
2.7.3 Parkinson-Krankheit ... 831
2.7.4 Chorea Huntington ... 833
2.8 Sinnesorgane und Sinneszellen ... 834
2.8.1 Riechsinneszellen ... 834
2.8.2 Geschmackssinneszellen ... 835
2.8.3 Das Ohr: Hören und Gleichgewicht ... 835
2.8.4 Das Auge ... 836

Teil H Ausblick

J. Rassow

1 Biochemie des langen Lebens ... 843

1.1 Hat sich der Einzug der Wissenschaften in die Medizin gelohnt? ... 843
1.2 Gibt es Unsterblichkeit? ... 844
1.3 Was setzt dem Leben der Zellen höherer Eukaryonten ein Ende? ... 845
1.4 Was schädigt die Zellen? ... 845
1.5 Geht die Zellalterung von den Mitochondrien aus? 847
1.6 Überlebensstrategien ... 847
1.7 Überlebensmutanten ... 848
1.8 Was kann man tun? ... 850

Teil I Antwortkommentare klinische Fälle

1 Antwortkommentare klinische Fälle .. 853

1.1 Myokardinfart ... 853
1.2 Schlaganfall ... 854
1.3 Ösophagusvarizenblutung bei Leberzirrhose ... 854
1.4 Diabetes mellitus ... 855
1.5 Hyperthyreose bei Struma ... 855
1.6 Morbus Cushing ... 856
1.7 Metastasierendes Karzinoid ... 856
1.8 Infektexazerbierte COPD ... 857
1.9 Lungenembolie ... 857
1.10 Akutes prärenales Nierenversagen ... 858
1.11 Muskeldystrophie Typ Duchenne ... 858
1.12 Morbus Parkinson-Syndrom ... 859

Sachverzeichnis ... 860

aus: Rassow u.a., Duale Reihe – Biochemie (ISBN 9783131253545) © 2016 Georg Thieme Verlag KG Stuttgart • New York

▶ Klinik.

▶ Klinik. Medizinisch besonders interessant ist die **Farnesylierung des Onkogen-Produkts Ras**, das nur in seiner farnesylierten membranständigen Form Wachstumssignale an die Zelle vermittelt. Ras ist ein kleines G-Protein, das als Teil einer intrazellulären Signaltransduktionskette Wachstumssignale von Rezeptortyrosinkinasen über weitere Proteinkinasen an Transkriptionsfaktoren weiterleitet. Es gibt mutierte Formen von Ras, die unabhängig vom Vorhandensein eines Wachstumsfaktors ständig aktiv sind und so der Zelle Wachstumssignale vortäuschen. Man schätzt, dass Ras an der Entstehung von etwa 30 % aller Tumoren beteiligt ist. Inhibitoren der Farnesyltransferase könnten die Farnesylierung unterbinden und so bei vielen Tumorerkrankungen therapeutisch eingesetzt werden. Derartige Präparate befinden sich schon in klinischer Erprobung.

Glykosylphosphatidylinositol-(GPI)-Anker: Diese befestigen zelluläre Oberflächenproteine an der Zellmembran.

Glykosylphosphatidylinositol(GPI)-Anker: Viele zelluläre Oberflächenproteine werden durch GPI-Anker an der Zellmembran befestigt. Der Phosphatidylinositol-Anteil befindet sich in der äußeren Schicht der Membran. Inositol ist über einige Oligosaccharide und Phosphoethanolamin mit dem Carboxyterminus des Proteins verbunden.

ADP-Ribosylierung: Man unterscheidet die Mono-ADP-Ribosylierung, bei nur ein ADP-Ribose-Molekül auf ein Protein übertragen wird und die Poly-ADP-Ribosylierung, bei der 200–400 ADP-Ribosereste angehängt werden. Dazu wird zunächst NAD^+ gespalten und das Nikotinamid somit freigesetzt. Der Rest des NAD^+, die ADP-Ribose wird dann auf eine Protein übertragen. Die Übertragung erfolgt meist auf die Seitenkette eines Arginins.

ADP-Ribosylierung: Die beiden berühmtesten Beispiele für ADP-Ribosylierung sind die Inaktivierung des Elongationsfaktors eEF2 (S. 478) durch Diphtherietoxin (S. 482) und die Modifikation eines G_s-Proteins durch Choleratoxin (S. 305). Verschiedene Proteine werden aber auch unter physiologischen Bedingungen ADP-ribosyliert. Man kennt mehr als 800 Proteine, die durch ADP-Ribosylierung modifiziert werden. Vorgänge wie Apoptose, die Regulation der Genexpression und die DNA-Reparatur werden dadurch beeinflußt. Es gibt die Mono-ADP-Ribosylierung, bei der nur eine ADP-Ribose übertragen wird, und die Poly-ADP-Ribosylierung bei der 200–400 ADP-Ribose-Einheiten an das Protein gebunden werden. Die ADP-Ribose-Einheiten werden in der Regel auf die Seitenkette eines Arginins übertragen. Dabei wird ein NAD^+-Molekül gespalten: der Nikotinamid-Teil des NAD^+ wird freigesetzt, der Rest des NAD^+, also die ADP-Ribose wird dann auf das Arginin übertragen.

Ubiquitinylierung: Ubiqutin ist ein kleines Protein von 76 Aminosäuren, das über ein C-terminales Glycin auf die ε -Aminogruppe der Seitenkette eines Lysins übertragen wird. Durch Anhängen weiterer Ubiqutinmoleküle an die Lysinreste der Positionen 48 (K48) und 63 (K63) kommt es zu Polyubiqutinylierung. Damit werden verschiendene Proteine z. B. zum proteasomalen Abbau markiert.

Ubiquitinylierung: Ubiquitin ist ein kleines Protein von 76 Aminosäuren, das in den Geweben ubiquitär, also überall vorhanden ist. Die C-terminale Aminosäure ist ein Glycin. Über dieses kann Ubiquitin ATP-abhängig auf die ε-Aminogruppe der Seitenkette eines Lysins eines Proteins übertragen werden. Dabei reagiert die COO^--Gruppe des Glycins mit der ε-Aminogruppe unter Bildung einer Amidbindung. Diese ähnelt einer Peptidbindung und wird deshalb auch als Isopeptidbindung bezeichnet. An dem einmal angehängten Ubiquitin können über dessen Lysinreste in Position 48 (= K48) oder Position 63(= K63) weitere Ubiquitin-Moleküle verknüpft werden, sodass es zu einer Polyubiquitinylierung kommt. Daraus ergeben sich eine ganze Reihe verschiedener Ubiquitinylierungstypen mit unterschiedlichen biologischen Funktionen. Eine wichtige Funktion ist die Markierung von Proteinen (S. 391) zum proteasomalen Abbau (S. 390).

SUMOylierung und Neddylierung : Es gibt weitere Ubiquitin-ähnliche Proteine (SUMO, NEDD8), die der posttranslationalen Modifikation dienen

SUMOylierung und Neddylierung : Es gibt eine Reihe Ubiquitin-ähnlicher Proteine, von denen die SUMO-Proteine und NEDD8 am besten charakterisiert sind. SUMO-Proteine sind kleine Proteine von ca. 100 Aminosäuren. NEDD8 ist ein Protein von 76 Aminosäuren. Sie dienen ähnlich dem Ubiquitin ebenfalls dazu, gezielt bestimmte Proteine zu markieren. Interessanterweise werden sie auf eine ähnliche Weise übertragen wie Ubiquitin. Auch sie werden über ein C-terminales Glycin auf die ε-Aminogruppe der Seitenkette eines Lysins übertragen.

aus: Rassow u.a., Duale Reihe – Biochemie (ISBN 9783131253545) © 2016 Georg Thieme Verlag KG Stuttgart • New York

6 Viren

6.1 Virusaufbau 491
6.2 Infektionszyklus 492
6.3 Systematik der Viren 493

Sebastian Kaulitzki/Fotolia.com

6.1 Virusaufbau

Viren sind infektiöse Partikel, die in Wirtszellen eindringen können und sich dort mit Hilfe der zellulären Enzyme des Wirtes vermehren können. Außerhalb der Zellen nennt man diese Partikel auch **Virionen**. Sie sind außerordentlich weit verbreitet und können Bakterien, Pflanzen, Tiere und Menschen befallen und dabei Krankheiten auslösen. Sie besitzen keinen eigenen Stoffwechsel, also keine Möglichkeit, ihr Erbgut selbstständig zu replizieren und die Komponenten, aus denen sie bestehen, zu synthetisieren, sondern sind vollständig auf den Wirt angewiesen.
Viren bestehen aus Nukleinsäuren (RNA **oder** DNA), Proteinen und manchmal aus einer Membranhülle aus Lipiden.

6.1 Virusaufbau

Viren bestehen aus einer Nukleinsäure (RNA **oder** DNA), Proteinen und manchmal einer Lipidhülle.

▶ Merke. Viren besitzen keinen eigenen Stoffwechsel und sind deshalb bei ihrer Replikation und Proteinsynthese vollständig auf eine Wirtszelle angewiesen.

▶ Merke.

▶ Definition. Als **Virionen** werden vollständige Viruspartikel außerhalb einer Wirtszelle bezeichnet.

▶ Definition.

6.1.1 Virale Nukleinsäuren

Viren enthalten entweder DNA oder RNA, niemals jedoch beide Arten von Nukleinsäuren zugleich. Die Nukleinsäure kann linear oder zirkulär vorliegen. Sowohl DNA als auch RNA können einzelsträngig (ss) oder doppelsträngig (ds) vorliegen. Außerdem können beide Moleküle entweder aus einem zusammenhängenden Strang bzw. Doppelstrang bestehen (unsegmentiert) oder aus mehreren kürzeren (Doppel-) Strängen aufgebaut sein (segmentiert).

6.1.1 Virale Nukleinsäuren

Die Struktur der Nukleinsäure kann sehr variieren:
- linear oder zirkulär
- einzelsträngig oder doppelsträngig
- segmentiert oder unsegmentiert.

6.1.2 Virale Proteine

Die viralen Proteine können nach ihrer Funktion in folgende Gruppen eingeteilt werden:
- Strukturproteine
- Enzyme
- Regulatorische Proteine

Strukturproteine: Die Strukturproteine umgeben die Nukleinsäure und schützen somit das Genom vor der Umgebung. Diese Proteinhülle wird als Kapsid bezeichnet. Die Untereinheit des **Kapsids** bilden die **Kapsomere**, einzelne monomere Proteine. Den Komplex aus Strukturproteinen und Nukleinsäure nennt man **Nukleokapsid**. Die Anzahl der Proteine, die zum Aufbau eines Kapsids verwendet werden, variiert je nach Virus. Manchmal genügt ein einzelner Proteintyp, manchmal setzt sich ein Kapsid aus zahlreichen verschiedenartigen Monomeren zusammen. Die Kapside können eine langgestreckte helikale Form annehmen, oder sie bilden Ikosaeder (Abb. **C-6.1**).

6.1.2 Virale Proteine

Strukturproteine: Strukturproteine bilden das sog. Kapsid, die Proteinhülle um das virale Genom. Die einzelnen monomeren Proteine werden als Kapsomere bezeichnet und stellen die Untereinheiten des Kapsids dar. Das Nukleokapsid ist der Komplex aus Kapsid und Nukleinsäure.

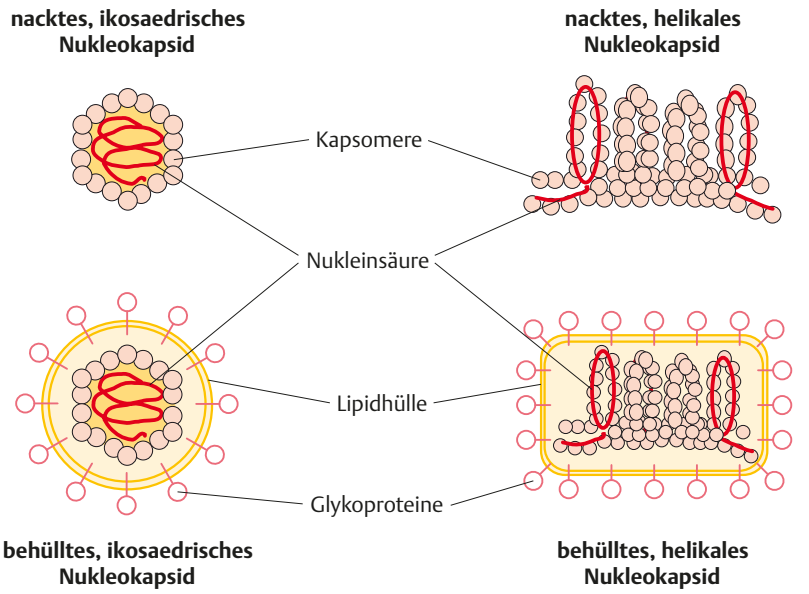
▶ Definition. Als **Nukleokapsid** wird der Komplex aus **Nukleinsäure** und **Kapsid** (virale Proteinhülle) bezeichnet.

▶ Definition.

aus: Rassow u.a., Duale Reihe – Biochemie (ISBN 9783131253545) © 2016 Georg Thieme Verlag KG Stuttgart • New York

C-6.1

C-6.1 Aufbau von Viruspartikeln



(Hof H., Dörries R., Duale Reihe Medizinische Mikrobiologie, 5. Auflage, 2014, Thieme Verlag)

Enzyme: Beipiele für virale Enzyme, die nicht in den Wirtszellen vorkommen:
- **RNA-abhängige RNA-Polymerase:** Synthese von mRNA aus viraler RNA.
- **Reverse Transkriptase:** Übersetzung von viraler RNA in cDNA, um diese mit Hilfe der Integrase stabil im Wirtsgenom zu verankern.
- **Neuraminidasen:** Abspaltung von Sialinsäuren aus viralen und Wirtszellen-eigenen membranständigen Proteinen.

Enzyme: Manche Viren besitzen eigene Enzyme, die sie in ihren Virionen transportieren. Dies sind Enzyme, die nicht in der Wirtszelle vorhanden sind. Dazu zählen z. B. **die RNA-abhängige RNA-Polymerase** und die **reverse Transkriptase**, die für die Synthese virusspezifischer Nukleinsäuren nötig sind. Bei Viren, deren Genom aus (–)ssRNA besteht, synthetisiert die RNA-abhängige RNA-Polymerase aus viraler RNA mRNA zur Proteinsynthese. Die reverse Transkriptase ermöglicht, dass virale RNA in DNA umgeschrieben wird und so das virale Genom mit Hilfe der Integrase in der DNA der Wirtszellen verankert werden kann. Ein weiteres Beispiel für virale Enzyme sind die **Neuraminidasen**, welche in der Lage sind, Sialinsäuren, membranständige Glycoproteine der Wirtszelle, aber auch des Virus selbst, abzuspalten. Dadurch wird sowohl die Infektion als auch das Ausschleusen des Virus aus der Wirtszelle erleichtert. Neuraminidase-Inhibitoren (S. 498) werden unter anderem bei Infektionen mit Influenzaviren (S. 497) eingesetzt.

Regulatorische Proteine: Sie beeinflussen die Genexpression der Wirtszelle, um eine möglichst effiziente Virusproduktion zu ermöglichen.

Regulatorische Proteine: Um alle zur Virusvermehrung notwendigen Vorgänge in der Wirtszelle kontrollieren zu können, werden regulatorische Proteine benötigt. Diese steuern die Genexpression und stellen den Stoffwechsel auf eine möglichst effiziente Virusproduktion um, was zu Lasten der physiologischen Prozesse der Wirtszelle geht.

Membranhülle: Die Membranhülle, die manche Viren umgibt, entstammt der Zellmembran der Wirtszelle und enthält virale Glykoproteine. Viren mit einer solchen Hülle werden als behüllt bezeichnet.

Membranhülle: Manche Viren besitzen eine Hülle aus einer Lipid-Doppelschicht, welche das Kapsid umschließt. Bei der Freisetzung der Viruspartikel verbleibt die Zellmembran der Wirtszelle als äußere Hülle und zusätzlich werden virale Glykoproteine eingelagert. Viren mit einer solchen Lipiddoppelschicht werden als behüllt bezeichnet.

6.2 Infektionszyklus

Der Infektionszyklus eines Virus besteht aus folgenden Phasen:

6.2 Infektionszyklus

Der Infektionszyklus eines Virus besteht aus folgenden Phasen:
- Adsorption
- Penetration
- Entmantelung (uncoating)
- Synthese der viralen Komponenten:
  - Replikation
  - Proteinsynthese
- Morphogenese
- Freisetzung

aus: Rassow u.a., Duale Reihe – Biochemie (ISBN 9783131253545) © 2016 Georg Thieme Verlag KG Stuttgart • New York

Adsorption: Der erste Schritt der Infektion ist die Anheftung des Virions an die Oberfläche der Wirtszelle. Spezifische Virusproteine binden an, in der Zytoplasmamembran gelegene, Rezeptormoleküle. Diese Wechselwirkungen bestimmen die Wirtsspezifität und auch die Zellspezifität eines Virus.

Adsorption: Anheftung des Virions an die Wirtszelle.

Penetration: Nach der Anheftung muss das Virus in die Zelle eindringen. Bei hüllenlosen Viren geschieht dies in der Regel durch rezeptorvermittelte Endozytose (S. 368). Bei Viren, die eine Membranhülle tragen, verschmilzt diese mit der Zytoplasmamembran der Wirtszelle und das Nukleokapsid (Proteinhülle + virales Genom) kann in die Zelle eindringen.

Penetration: Eindringen des Virus in die Wirtszelle.

Entmantelung (uncoating): Das Nukleokapsid zerfällt und setzt die virale Nukleinsäure frei. Dies kann schon während der Penetration geschehen oder beim Vesikeltransport des Virus durch die Zelle im sog. Endosom. Bei RNA-Viren verbleibt die RNA im Zytoplasma. Bei den meisten DNA-Viren (Ausnahme: Pockenvirus) wird das Nukleokapsid bis an die Kernporen transportiert; dort zerfällt es, wobei die virale DNA in den Zellkern eingeschleust wird.

Entmantelung (uncoating): Freisetzung des viralen Genoms.

Synthese der viralen Komponenten:
- **Replikation:** Die Art und Weise der Replikation hängt sehr von der Beschaffenheit des Genoms ab. Bei manchen Viren werden dazu Enzyme benötigt, die nicht in der Wirtszelle vorhanden sind wie z. B. die reverse Transkriptase oder die RNA abhängige RNA-Polymerase. Bei RNA-Viren läuft die Replikation im Zytoplasma ab. Bei DNA-Viren findet sie im Zellkern statt unter Nutzung der Wirts-DNA-Polymerasen.
- **Proteinsynthese:** Im Wesentlichen werden die Komponenten der Wirtszelle zur Proteinsynthese verwendet. Virale Vorläuferproteine werden jedoch durch Proteasen des Virus prozessiert.

Synthese der viralen Komponenten:
- **Replikation** des viralen Genoms: Dieser Prozess variiert sehr stark von Virus zu Virus. Zum Teil werden zusätzlich zu den Proteinen der Wirtszelle virale Proteine benötigt.
- **Proteinsynthese:** Hierzu wird die Transkriptionsmaschinerie der Wirtszelle benutzt, wobei die Prozessierung durch virale Proteine erfolgt.

▶ **Merke.** Bei RNA-Viren erfolgt die Replikation im Zytoplasma, während sie bei DNA-Viren im Zellkern stattfindet.

▶ **Merke.**

Morphogenese: Nach der Synthese der einzelnen Bestandteile kommt es zu einem geordneten Zusammenbau der neuen Viruspartikel (**self-assembly**), weitgehend ohne Unterstützung durch zelluläre Proteine.

Morphogenese: Die Zusammensetzung der Viruspartikel erfolgt weitgehend ohne Beteiligung der Wirtszellenproteine (**self-assembly**).

Freisetzung: Je nach Art des Virus können verschiedene Mechanismen für die Freisetzung der Viruspartikel aus der Wirtszelle unterschieden werden:
- **Knospung:** Dabei lagern sich die Nukleokapside an die Innenseite der Zytoplasmamembran an und werden nach außen abgeschnürt, wobei Teile der Membran als Hülle mitgenommen werden.
- Exozytose (S. 368)**:** Falls die Morphogenese nicht direkt an der Zytoplasmamembran erfolgt, sondern an der Kernmembran oder der Membran des endoplasmatischen Retikulums, gelangen die Viruspartikel durch den Golgi-Apparat an die Zelloberfläche und werden dort exozytiert.
- **Lyse der Wirtszelle:** Bei hüllenlosen Viren erfolgt die Freisetzung durch Lyse der Wirtszellen.

Freisetzung: Man unterscheidet folgende Mechanismen:
- **Knospung:** Die Nukleokapside lagern sich an der Zytoplasmamembran an und werden mit der Membran nach außen abgeschnürt.
- Exozytose (S. 368)**:** Ausschleusen der Viruspartikel über den Golgi-Apparat (S. 384).
- **Lyse der Wirtszelle:** Erfolgt bei hüllenlosen Viren.

▶ **Merke.** Durch Knospung und Exozytose entstehen behüllte Viren (mit Lipidhülle). Unbehüllte Viren (nur Nukleokapsid ohne Lipidhülle) werden durch Lyse der Wirtszelle freigesetzt.

▶ **Merke.**

6.3 Systematik der Viren

6.3 Systematik der Viren

Man kann die Viren nach der Beschaffenheit ihrer Nukleinsäure unterteilen. Diese Einteilung ist in Tab. **C-6.1** dargestellt.
Zunächst erfolgt die Unterteilung in RNA- und DNA-Viren, wobei diese Nukleinsäuren jeweils einzelsträngig (ss) oder doppelsträngig (ds) vorliegen können. Besteht das Genom aus einzelsträngiger RNA oder DNA, so sind zwei Polaritäten möglich, wobei die (+)ssRNA der mRNA entspricht und die (–)ssRNA komplementär dazu ist. Die einzigen bekannten humanpathogenen ssDNA-Viren gehören der Familie der Parvoviren an. Ihr Genom kann sowohl als (+) wie auch als (–)DNA vorliegen. Unter den DNA-Viren gibt es einige, deren Genom zwar partiell aus dsDNA besteht, aber auch Bereiche mit (–)ss DNA aufweist.
Im Folgenden werden einige Beispiele humanpathogener Viren beschrieben.

aus: Rassow u.a., Duale Reihe – Biochemie (ISBN 9783131253545) © 2016 Georg Thieme Verlag KG Stuttgart • New York

C-6.1

C-6.1 Systematik der Viren

RNA-Viren	DNA-Viren
ssRNA:	ssDNA
▪ (–)ssRNA	▪ (–)ssDNA
▪ (+)ssRNA	▪ (+)ssDNA
	ds/ssDNA
dsRNA	dsDNA

ss – einzelsträngig (single-stranded); ds – doppelsträngig (double-stranded)
(–)ssRNA – Gegenstrang der mRNA; (+)ssRNA – entspricht der mRNA

6.3.1 RNA-Viren

Viren mit (+)ssRNA

Zur Replikation dieser Viren wird eine RNA-abhängige RNA-Polymerase benötigt. Diese stellt (–)ssRNA her, welche dann als Matrize zur Herstellung der genomischen (+)ssRNA dient.

Retroviren

Retroviren sind (+)ssRNA-Viren, die ihr Genom mit Hilfe der reversen Transkriptase in dsDNA umschreiben können und diese ins Wirtsgenom integrieren.

▶ Merke.

Virusaufbau der Retroviren: Die RNA der Retroviren ist ähnlich wie die eukaryotische mRNA aufgebaut. Sie enthält eine Cap am 5'-Ende und einen Poly(A)-Schwanz am 3'-Ende. Die Struktur sieht folgendermaßen aus:
5´-LTR-gag-pol-env-LTR-3´
Dabei steht:
- **LTR** für **L**ong **T**erminal **R**epeat. Darunter versteht man einen sich wiederholenden RNA-Abschnitt, der Signale zur Genexpression der viralen Proteine enthält.
- **gag** für **g**roup **a**nti**g**en. Dieses kodiert für die Kapsidproteine.
- **pol** für **pol**ymerase. Darunter werden die viralen Enzyme zusammengefasst.
- **env** für **env**elope. Dieser Abschnitt kodiert für die Glycoproteine der Lipidhülle.

Lebenszyklus der Retroviren: Die reverse Transkriptase schreibt das retrovirale RNA-Genom, das auch ihr Gen umfasst, in doppelsträngige DNA um. Sie besitzt
- **DNA-Polymerase-Aktivität**, die an einem Primer mittels dNTPs einen zur Vorlage komplementären DNA-Strang synthetisiert, und
- **Ribonuklease (RNAse)-H-Aktivität**, die RNA zu Oligonukleotiden abbaut.

6.3.1 RNA-Viren

Viren mit (+)ssRNA

Zur Replikation dieser Viren wird zunächst eine RNA-abhängige RNA-Polymerase benötigt. Diese synthetisiert eine (–)ssRNA, die dann als Matrize zur Herstellung von (+)ssRNA dient. Zusammen mit verschiedenen Hüllproteinen bildet die (+)ssRNA die neuen Viren. Zu den (+)ssRNA-Viren gehört die Familie der Picornaviren. Dazu zählen z. B. das Hepatitis-A-Virus, die Rhinoviren und das Poliovirus.

Retroviren

Eine besondere Gruppe unter den (+)ssRNA-Viren bilden die Retroviren. Sie haben die Besonderheit, dass sie sich über eine Zwischenstufe aus dsDNA in das Genom des Wirtes integrieren können. Diese dsDNA wird durch die reverse Transkriptase aus der (+)ssRNA synthetisiert.

▶ Merke. **Reverse Transkriptase** ist eine von Retroviren oder Hepadnaviren exprimierte RNA- und DNA-abhängige DNA-Polymerase, die einzelsträngige RNA in doppelsträngige DNA transkribiert.

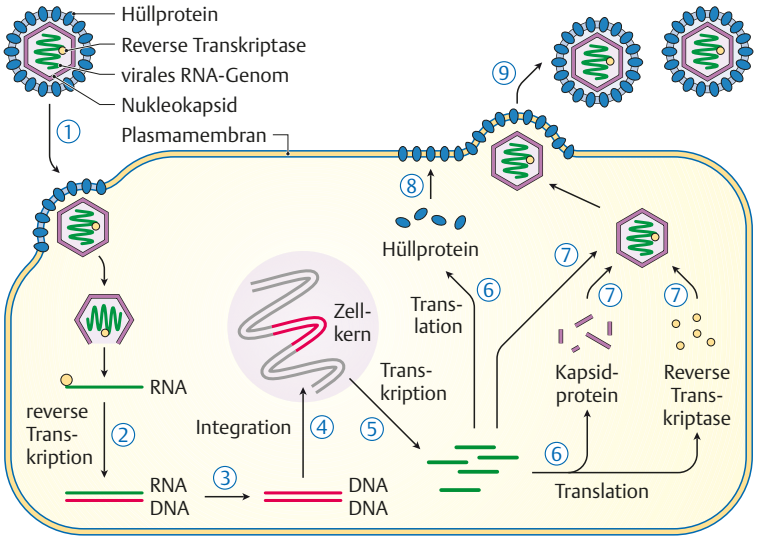
Virusaufbau der Retroviren: In der Viruskapsel befinden sich zwei Kopien der linearen RNA mit einer Länge von 7-12 kb. Die RNA beginnt mit einem Cap am 5´-Ende und endet mit einem Poly(A)-Schwanz am 3´-Ende. Sie entspricht also dem Aufbau einer eukaryontischen mRNA. Die Genstruktur sieht häufig folgendermaßen aus:
5´-LTR-gag-pol-env-LTR-3´
Dabei steht:
- **LTR** für **L**ong **T**erminal **R**epeat. Dies ist ein sich am Anfang und Ende der viralen RNA wiederholender Abschnitt, der Signale zur Regulation der Genexpression, der reversen Transkription und der Verpackung der RNA in Viruskapside enthält.
- **gag** für **g**roup **A**nti**g**en. Dieser Abschnitt kodiert die Kapsidproteine.
- **pol** für **pol**ymerase. Darunter werden die viralen Enzyme, wie reverse Transkriptase, Integrase und manchmal noch eine Protease, zusammengefasst.
- **env** für **env**elope. Dies kodiert die Glykoproteine, die Teil der äußeren Lipidhülle sind.

Zusätzlich kann bei manchen Retroviren ein virales Onkogen (S. 540) kodiert werden. Komplexe Retroviren, wie das HIV (S. 495), besitzen noch weitere Gene für regulatorische und akzessorische Proteine.

Lebenszyklus der Retroviren: Nach der Infektion der Zelle zerfällt das Kapsid und setzt die virale RNA und die viralen Enzyme frei. Die im Kapsid mitgeführte **reverse Transkriptase** erstellt eine doppelsträngige DNA-Kopie (Provirus-DNA) der RNA Abb. **C-6.2**. Um diese Funktion erfüllen zu können, besitzt sie zwei Aktivitäten:
- Die **DNA-Polymerase-Aktivität** synthetisiert an einem Primer mithilfe von Desoxyribonukleotiden (dNTPs) einen zur Vorlage komplementären DNA-Strang.
- Die **Ribonuklease (RNAse)-H-Aktivität** baut RNA zu Oligonukleotiden ab.

aus: Rassow u.a., Duale Reihe – Biochemie (ISBN 9783131253545) © 2016 Georg Thieme Verlag KG Stuttgart • New York

C-6.2 Entwicklung und Infektionszyklus von Retroviren



Entweder verschmilzt die Membran der Retroviren beim Eindringen in die Zelle mit der Cytoplasmamembran (1) oder das Viruspartikel wird über Endocytose in die Zelle aufgenommen. Die im Inneren des Nukleinsäure-Cores gelegene RNA wird durch die gleichzeitig transportierte Reverse Transkriptase (2) in dsDNA umgewandelt (3). Diese wird nach Transport in den Kern freigegeben und mithilfe der ebenfalls mittransportierten Integrase über die langen invertierten Sequenzwiederholungen (engl. long terminal repeats, LTRs) an ihren Enden in das Genom des Wirtes inegriert (Provirus, 4). In diesem Zustand wird die virale DNA transkribiert und die RNA entweder als mRNA in Proteine translatiert (5, 6) oder durch Verpacken in Kapside (7) und Ausschleusen durch die Zellmembran (8) als Genom für neue Viruspartikel (9) verwendet. grün = RNA; rot = DNA; blau = Protein.

(Hof H., Dörries R., Duale Reihe Medizinische Mikrobiologie, 5.Auflage, 2014, Thieme Verlag)

C-6.2

Der natürliche Primer ist eine tRNA der Wirtszelle, die an eine bestimmte Bindungsstelle innerhalb des 5´LTR auf der viralen RNA bindet. An diesem Primer synthetisiert die **DNA-Polymerase-Aktivität** der reversen Transkriptase eine zu der viralen RNA komplementäre einzelsträngige DNA, sodass sich ein RNA-DNA-Hybrid bildet. Die **RNAse-H-Aktivität** baut den RNA-Strang des RNA-DNA-Hybrids zu Oligonukleotiden ab. Nach weiteren Zwischenschritten (z. B. der Umlagerung des Primers) entsteht als Produkt eine doppelsträngige DNA. Diese wird anschließend mithilfe der Integrase in das Wirtsgenom eingebaut und mit ihm repliziert.

Durch die **DNA-Polymerase-Aktivität** der reversen Transkriptase wird zunächst ein DNA-Strang komplementär an die virale RNA synthetisiert. Anschließend wird die RNA durch die **RNAse-H-Aktivität** abgebaut. In mehrere Zwischenschritte entsteht dann eine doppelsträngige DNA, welche durch die Integrase in das Wirtsgenom eingebaut wird.

▶ Definition. Die in das Wirtsgenom integrierte virale dsDNA wird als **Provirus** bezeichnet.

▶ Definition.

Die zellulären Transkriptionsfaktoren und die RNA-Polymerase II werden zur Transkription der viralen Gene rekrutiert, durch alternatives Spleißen entstehen verschiedene mRNAs, die alle viralen Proteine kodieren. Komplette nicht gespleißte Transkripte der Provirus-DNA werden in die sich bildenden neuen infektiösen Viruskapside verpackt.

Beispiel eines Retrovirus: Humanes Immundefiziensvirus (HIV)

Das wichtigste humanpathogene Retrovirus ist das HIV. Es verursacht nach einer mehrjährigen symptomlosen Phase eine erworbene Immunschwäche, abgekürzt AIDS (S. 702) (**a**cquired **i**mmunodeficiency **s**yndrome). Die Anzahl der weltweit mit HIV infizierten Menschen wurde 2013 auf 35 Millionen geschätzt. An den Folgen der Infektion starben im gleichen Jahr 1,5 Millionen Menschen. Eine Übersicht über die Infektionsraten in Deutschland befindet sich in Tab. **E-1.3**.

Beispiel eines Retrovirus: Humanes Immundefiziensvirus (HIV)

Das Humane Immundefizienzvirus (HIV) verursacht eine erworbene Immunschwäche (AIDS – **a**cquired **i**mmunodeficiency **s**yndrome).

aus: Rassow u.a., Duale Reihe – Biochemie (ISBN 9783131253545) © 2016 Georg Thieme Verlag KG Stuttgart • New York

Infektion: Die Infektion erfolgt nach einer Bindung an das Zelloberflächenprotein CD4 und Chemokinrezeptoren, die sich auf T-Helferzellen und Makrophagen befinden. Man unterscheidet HI-Viren-Stämme, welche bevorzugt T-Helferzellen binden (lymphotrop), und solche, die eher an Makrophagen binden (makrophagotrop).

Infektion: Das in der Membranhülle verankerte Protein **gp120** bindet an den zellulären Rezeptor **CD4**, der auf T-Helferzellen (S. 700), Makrophagen, Monozyten (S. 711) und dendritischen Zellen (S. 693) vorkommt. Je nach Virusstamm kann gp120 nach einer Konformationsänderung mit unterschiedlicher Affinität auch an die Chemokinrezeptoren CXCR4 **oder** CCR5 binden. Man unterscheidet HIV-Stämme, die bevorzugt T-Helferzellen (CXCR4-Rezeptor) binden, und solche, die überwiegend Makrophagen (CCR5-Rezeptor) infizieren. Entsprechend werden sie als lymphotrope (X4-Isolate) bzw. als makrophagotrope (R5-Isolate) Viren bezeichnet. Ein zweites virales Glykoprotein (**gp41**) bewirkt die Verschmelzung der Membranhülle mit der Zytoplasmamembran und das Eindringen des Kapsids in die Zelle. Die weiteren Vorgänge wurden schon im Absatz zum Lebenszyklus der Retroviren (S. 494) beschrieben. Einige der Proteine werden als Vorläuferfusionsproteine synthetisiert, die erst durch eine virale Protease in die funktionellen Endprodukte gespalten werden.

Variabilität des HI-Virus: Durch die Fehlerrate bei der Transkription der, in das Wirtszellengenom integrierten, viralen DNA (Provirus-DNA) mutieren die viralen Gene. Die veränderten viralen Enzyme sind häufig resistent gegen vorhandene Medikamente.

Variabilität des HI-Virus: Weder die **RNA-Polymerase II** noch die **reverse Transkriptase** besitzen eine Korrekturlesefähigkeit. Dadurch werden mit einer **Fehlerrate von 1:10^3-1:10^4** falsche Basen in die virale RNA eingebaut, was letztlich zu einer Veränderung der Aminosäuresequenz der viralen Proteine führt. Die RNA-Polymerase II hat hier die größere Bedeutung, da sie sehr viele Virusgenome herstellt, während die reverse Transkriptase pro Zyklus nur ein einziges Mal arbeitet. Allerdings kann die **reverse Transkriptase** während der DNA-Synthese zwischen den beiden identischen **RNA-Strängen wechseln**. Dadurch kann sich die entstandene DNA mosaikartig aus komplementären Teilen des (+)- und (–)RNA-Stranges zusammensetzen (**Copy choice-Rekombination**). Bei Doppelinfektionen mit unterschiedlichen Subtypen fördert dieser Mechanismus die Entstehung neuer Varianten. Diese **hohe Variabilität** stellt ein großes Problem bei der Entwicklung von Medikamenten gegen HIV-Infektion dar. Durch die Veränderung der viralen Zielenzyme können sich **Resistenzen gegen vorhandene Wirkstoffe** bilden.

Therapie: Bei der Therapie von HIV werden meist drei Wirkstoffe kombiniert.Diese Therapieform wird als HAART (**h**ighly **a**ctive **a**nti**r**etroviral **t**herapy) oder als cART, (**c**ombined **a**nti**r**etroviral **t**herapy) bezeichnet.
Es werden Inhibitoren für drei virale Enzyme benutzt:

- Für die **reverse Transkriptase** existieren verschiedene Inhibitoren:
- nukleosidische und nukleotidische Inhibitoren (S. 424).
- nicht-nukleosidische Reverse-Transkriptase-Inhibitoren (NNRTI), diese binden neben dem katalytischen Zentrum und führen so zu einer inaktiven Konformation.
- Inhibitoren der **viralen Protease** führen zu einer reversiblen Hemmung der Proteasen und verhindern so die Prozessierung viraler Proteine.
- Ein Beispiel für einen Inhibitor der **Integrase** ist Raltegravir.

Therapie: Üblicherweise wird eine HIV-Infektion mit einer Kombination von mindestens drei Wirkstoffen behandelt. Man bezeichnet diese Therapieform als HAART (**h**ighly **a**ctive **a**nti**r**etroviral **t**herapy) oder als cART (**c**ombined **a**nti**r**etroviral **t**herapy).
Als Angriffspunkte für Medikamente dienen:

- **die reverse Transkriptase:** Bei den Inhibitoren der reversen Transkriptase unterscheidet man zwischen **nukleosidischen** und nukleotidische Inhibitoren (S. 424), diese werden auch als NRTI bzw. NtRTI bezeichnet. Außerdem gibt es noch die chemisch sehr unterschiedlichen **nicht-nukleosidischen Reverse-Transkriptase-Inhibitoren** (NNRTI), z. B. Nevirapin und Etravirin. Letztere binden benachbart zum katalytischen Zentrum und führen zu einer inaktiven Konformation der reversen Transkriptase.
- **die virale Protease:** Hemmstoffe der viralen Protease bestehen meist aus peptidähnlichen Substanzen, die statt einer Peptidbindung eine nicht hydrolisierbare Struktur aufweisen. Sie hemmen die HIV-Protease reversibel und verhindern dadurch die Prozessierung der Vorläuferproteine, sodass nur funktionslose Polypeptide gebildet werden.
- **die Integrase**: Mit Raltegravir steht ein Inhibitor der Integrase zur Verfügung und bietet damit einen neuen zusätzlichen therapeutischen Ansatz.

Viren mit (–)ssRNA

Durch die RNA-abhängige RNA-Polymerase muss komplementär zur (–)ssRNA eine mRNA gebildet werden. Diese wird dann zur Synthese der viralen Proteine benutzt. Die Replikation erfolgt ebenfalls über die RNA abhängige RNA-Polymerase.

Viren mit (–)ssRNA

Da die (–)ssRNA nicht translatiert werden kann, muss die mRNA durch eine **RNA-abhängige RNA-Polymerase** gebildet werden, die im Nukleokapsid mitgeführt wird. Zunächst werden nur Teile der RNA transkribiert, die als mRNA zur Synthese der viralen Proteine genutzt werden. Erst später wird die komplette virale RNA synthetisiert und steht dann als Matrize zur Bildung der (–)ssRNA zur Verfügung.
Beispiele für (–)ssRNA-Viren sind die **Rhabdoviren** (z. B. Rabiesvirus = Tollwutterreger) und **Paramyxoviren** (z. B. Masern- und Mumpserreger), welche ein unsegmentiertes Genom (S. 491) besitzen. Im Gegensatz dazu ist das Genom der **Orthomyxoviren** (z. B. Influenza) segmentiert. Diese sollen im Folgenden näher besprochen werden.

aus: Rassow u.a., Duale Reihe – Biochemie (ISBN 9783131253545) © 2016 Georg Thieme Verlag KG Stuttgart • New York

Influenza Viren

Influenza-Viren sind die Erreger der echten Grippe und verursachen saisonale Epidemien, die sich in nicht vorhersagbaren Zeitabständen zu Pandemien entwickeln können. Die schwerste bekannte Pandemie (Spanische Grippe) forderte 1918 weltweit zahlreiche Tote (die Schätzwerte streuen von 18 bis 50 Millionen).

Struktur der Influenza-Viren: Die (–)ssRNA dieser Viren ist segmentiert. Jedes dieser Segmente kodiert je ein virales Protein. Die Influenza-Typen-A und -B besitzen jeweils 8 und der Typ-C 7 RNA-Moleküle (Abb. **C-6.3**). Die höchste Pathogenität dieser drei Typen für den Menschen besitzen die Typ-A-Viren. Besonders wichtig für die Pathogenität sind die zwei **viralen Antigene**:

- **Hämagglutinin:** Dieses Protein sorgt für die Adsorption der Virionen (S. 493) an die Wirtszelle und bewirkt eine Fusion der viralen Hülle mit der Zellmembran, was letztlich zur Endozytose (S. 368) führt.
- **Neuraminidase:** Dieses Enzym spaltet Sialinsäurereste von Glykoproteinen ab. Wenn gereifte Influenzaviren die Wirtszelle durch Knospung (S. 493) verlassen, bleiben sie zunächst über benachbarte virale Rezeptoren an die Zelloberfläche gebunden. Erst durch die Wirkung der Neuraminidase können sie sich von der Zelle lösen und weitere Zellen infizieren.

Bei Typ C-Viren wird die Funktion dieser beiden Antigene vom Hämagglutinin-Esterase-Fusionsprotein (HEF) übernommen.

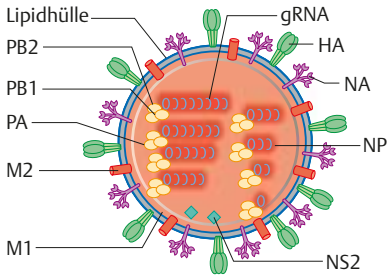
Influenza Viren

Die Influenza-Viren verursachen saisonale Grippe-Epidemien und zeitweise schwere Pandemien.

Struktur der Influenza-Viren: Bei den Influenza-Viren handelt es sich um segementierte Viren bei denen jedes Segment für je ein virales Protein kodiert. Man unterscheidet Typ-A, -B und -C-Viren wobei Typ-A die höchste Pathogenität für den Menschen besitzt. Für die Pathogenität der Influenza-Viren sind zwei Antigene von besonderer Bedeutung:

- **Hämagglutinin,** sorgt bei der Adsorption (S. 493) für eine Fusion zwischen Virion und Zellmembran.
- **Neuraminidase,** ermöglicht das Ablösen der Virionen von der Wirtszelle nach der Knospung (S. 493).

C-6.3 Struktur des Influenza-Virus (Orthomyxoviridae)



Orthomyxoviridae

Genom	lineare ss(–)RNA (13 – 14 Kb)
Größe	120 nm
Kapsid	helikal
Hülle	ja

Das Genom des Influenzavirus besteht aus 8 einzelsträngigen RNA-Elementen (gRNA), die mit dem Nukleoprotein (NP) verpackt sind. Mit jedem Segment ist der Polymerasekomplex (PA, PB1, PB2) assoziiert, der für die Transkription und Replikation der Gensegmente zuständig ist. Im Virus sind auch noch wenige Kopien des NS 2-Proteins verpackt, das beim Transport der viralen Nukleokapside aus dem Zellkern eine Rolle spielt. Die innere Lipidschicht ist mit dem Matrixprotein M1 ausgekleidet. In der Hülle befindet sich ein weiteres Matrixprotein M2, das eine Kanalfunktion für Ionen und hier insbesondere von H^+-Ionen zur Verfügung stellt. Weiterhin befinden sich in der Hülle Trimere des Hämagglutinins (HA), die zur Adsorption des Virus an seinen zellulären Rezeptor und nach proteolytischer Spaltung für die Fusion der viralen Hülle mit der endosomalen Membran notwendig sind. Schließlich sind in der Hülle noch Tetramere des Enzyms Neuraminidase (NA) eingelagert. Dieses Enzym kann zelluläre Rezeptoren für das Virus zerstören. Es verhindert vermutlich, dass von der Zelle knospende Viruspartikel sofort wieder an ihrem zellulären Rezeptor gebunden werden.

(Hof H., Dörries R., Duale Reihe Medizinische Mikrobiologie, 5.Auflage, 2014, Thieme Verlag)

C-6.3

Variabilität der Influenza-Viren: Bei Influenza-A-Viren gibt es 16 verschiedene Hämagglutinin-Typen (H1 – H16) und 9 verschiedene Neuraminidase-Typen (N1 – N9), die in unterschiedlichen Kombinationen auftreten (Spanische Grippe: H1N1; Asiatische Grippe: H2N2; Hongkong-Grippe: H3N2; Vogelgrippe: H5N1). Dies bedeutet ein Problem für die Immunabwehr, da für jeden Subtyp andere Antikörper benötigt werden.

Es gibt zwei Mechanismen die maßgeblich für die Variabilität der Influenza-Viren verantwortlich sind:

- **Antigen-Shift:** Da beide Antigene auf unterschiedlichen Segmenten der viralen RNA kodiert werden, kann es bei einer Mischinfektion mit zwei verschiedenen Influenza-Subtypen zu einer Neukombination kommen (**Reassortment**). Dabei kann ein neuer Subtyp mit ganz anderen infektiösen Eigenschaften entstehen (Abb. **C-6.4**). Da es sich um eine äußerst gravierende Änderung der Antigenzusammensetzung handelt, ist es wahrscheinlich, dass große Teile der Bevölkerung kei-

Variabilität der Influenza-Viren:

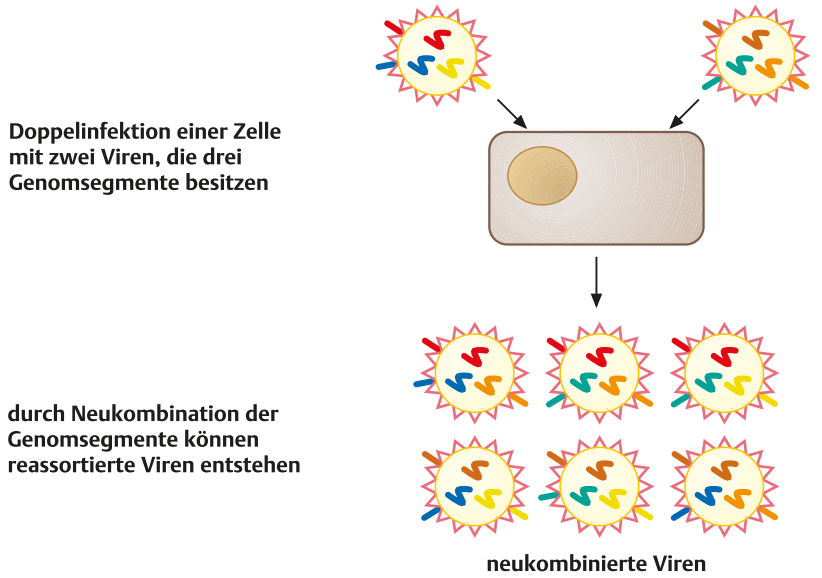
Ein großes Problem für die Therapie von Grippeerkrankungen stellt die hohe Variabilität der Influenzaviren dar. Die Variabilität wird verursacht durch:

- **Antigenshift:** Neukombinationen der viralen RNA-Segmente (Reassortment) zweier Subtypen.
- **Antigendrift:** Fehler bei der RNA-Synthese.

aus: Rassow u.a., Duale Reihe – Biochemie (ISBN 9783131253545) © 2016 Georg Thieme Verlag KG Stuttgart • New York

C-6.4

C-6.4 Reassortment viraler Erbinformation bei segmentierten Genomen



(Hof H., Dörries R., Duale Reihe Medizinische Mikrobiologie, 5.Auflage, 2014, Thieme Verlag)

ne wirksame Immunabwehr gegen diesen neuen Subtyp entwickeln und es möglicherweise zu einer Pandemie kommt.

- **Antigendrift:** Die RNA-Polymerase besitzt im Gegensatz zu DNA-Polymerasen keine Korrekturlesefähigkeit, wodurch die RNA-Synthese fehlerbehaftet ist. Die dadurch verursachten Mutationen führen zu ständigen kleinen Veränderungen der Antigene. Die Virusvarianten, gegen die der Wirt eine schlechtere Immunabwehr aufbaut, werden selektiert und verbreiten sich deshalb besser.

Impfung: Wirksamer Impfschutz wird durch die Variabilität der Viren erschwert. Die Impfung muss jährlich aufgefrischt werden.

Impfung: Die beste Vorsorge wäre eine wirksame Impfung. Wegen der häufigen Veränderung der Influenzaviren (Antigendrift und Antigenshift) kann leider kein dauerhafter Impfschutz gewährleistet werden. Die Impfung muss jährlich aufgefrischt werden und erfolgt gegen den vermutlich zirkulierenden Stamm.

▸ Exkurs.

▸ Exkurs. Die Zusammensetzung des jeweils aktuellen Impfstoffs wird jedes Jahr von der WHO (Weltgesundheitsorganisation) festgelegt. Die ständige Impfkommission (STIKO) des Robert-Koch-Instituts (https://www.rki.de) empfiehlt allen Personen über 60 Jahren, Schwangeren und gesundheitlich vorgeschädigten Personen (z. B. chronisch Kranken) eine Influenza-Impfung. Außerdem wird empfohlen, dass sich Personen mit einem erhöhten Ansteckungsrisiko (z. B. medizinisches Personal) impfen lassen. Bei gesunden Kindern, Jugendlichen und Erwachsenen unter 60 Jahren (ohne berufliche Indikation) wird davon ausgegangen, dass die Infektion ohne schwerwiegende Komplikationen verläuft. Deshalb wird eine Impfung nicht ausdrücklich empfohlen.

Medikamentöse Behandlung: Zwei Wirkstoffgruppen werden für die Behandlung eingesetzt,

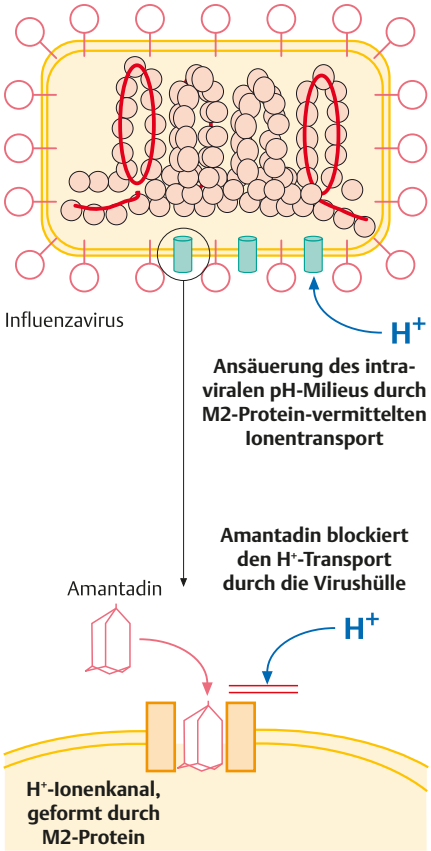
- **A/M2-Protonenkanal-Hemmer:** Eine Hemmung diese Kanals verhindert die Ansäuerung der Endosomen (S. 368), die für die Freisetzung der RNA aus dem Nukleokapsid– uncoating (S. 493) – notwendig ist.
- **Neuraminidase-Inhibitoren:** Diese verhindern die Freisetzung der Viren aus der Wirtszelle.

Medikamentöse Behandlung: Für die Behandlung werden die folgenden zwei Wirkstoffgruppen eingesetzt, die beide eine Freisetzung der Virionen verhindern:

- **A/M2-Protonenkanal-Hemmer:** Nach der Aufnahme der Virionen in die Wirtzelle befindet sich das Nukleokapsid (RNA + Hüllproteine) einschließlich der viralen Membranhülle in den Endosomen. Zur Freisetzung der RNA – uncoating (S. 493) – ist eine Ansäuerung notwendig, die durch den in der Lipidhülle des Virus lokalisierten A/M2-Protonenkanal gewährleistet ist. Eine Hemmung dieses Kanals verhindert die weitere Vermehrung des Virus. Ein zur Verfügung stehender Hemmstoff ist Amantadin (Abb. **C-6.5**). Erfolgt dessen Einsatz innerhalb von 48 Stunden nach der Infektion, kann die Schwere der Krankheit signifikant gemildert werden. Wegen häufiger Resistenzbildung sollte der Einsatz auf Risikopatienten beschränkt werden.
- **Neuraminidase-Inhibitoren:** Eine Hemmung der Neuraminidase verhindert die Freisetzung der Viren aus infizierten Zellen und unterbricht somit den Infektionszyklus. Es stehen Zanamivir (Relenza) und Oseltamivir (Tamiflu) zur Verfügung. Auch diese Medikamente verhindern nicht die Infektion und sollten in der Frühphase der Erkrankung eingesetzt werden.

aus: Rassow u.a., Duale Reihe – Biochemie (ISBN 9783131253545) © 2016 Georg Thieme Verlag KG Stuttgart • New York

C-6.5 Wirkungsweise von Amantadin bei Influenzaviren



Amantadin blockiert die zur Freisetzung des Nukleokapsids notwendige intravirale Ansäuerung, indem es den H^+-Ionenkanal in der Virushülle blockiert, der durch das M2-Protein gebildet wird. Als Folge kann der Influenzavirus nicht replizieren, da die Nukleinsäure nicht freigesetzt wird.

(Hof H., Dörries R., Duale Reihe Medizinische Mikrobiologie, 5.Auflage, 2014, Thieme Verlag)

Viren mit dsRNA

Die Transkription erfolgt durch die RNA-abhängige RNA-Polymerase. Die entstandene mRNA wird zur Translation benutzt, kann aber auch durch die gleiche Polymerase zum Doppelstrang ergänzt werden und somit der Replikation dienen.
Zu den dsRNA-Viren gehören z. B. die **Reoviren** (z. B. Rotaviren), deren Genom aus 9–12 Segmenten besteht. Für den Menschen bedeutsam ist das **Rotavirus**, das schwere Gastroenteriden (Brechdurchfall) bei Kindern verursacht, wobei es in den Entwicklungsländern jährlich zu etwa 900 000 Todesfällen kommt.

6.3.2 DNA-Viren

Viren mit dsDNA

Die doppelsträngige DNA kann **zirkulär** sein, kovalent geschlossen sein, wie bei den **Polyoma-** und den **Papillomaviren**, oder besteht aus **linearen** Molekülen, wie bei den **Adeno-, Herpes-** und **Pockenviren**.
Die Pockenviren unterscheiden sich von den anderen dsDNA-Viren. Die Virionen der Pockenviren enthalten alle Enzyme, die zur Transkription notwendig sind. Das Virus muss also nicht in den Zellkern gelangen, sondern verbleibt im Zytoplasma. In einer frühen Phase der Virusentwicklung werden die virale DNA-Polymerase und alle zur Replikation notwendigen Enzyme synthetisiert, aus denen sich die sog. Virosomen im Zytoplasma aufbauen, in denen dann die Replikation erfolgt.
Die anderen dsDNA-Viren sind bei der Transkription und Replikation stärker abhängig von den Enzymen der Wirtszelle. Diese Vorgänge verlaufen deshalb im Zellkern.

Viren mit dsRNA

Transkription und Replikation erfolgen mit Hilfe der RNA-abhängigen RNA-Polymerase. Ein Beispiel sind die **Reoviren**, zu denen auch das **Rotavirus**, ein Erreger des Brechdurchfalls gehört.

6.3.2 DNA-Viren

Viren mit dsDNA

Beispiele für dsDNA-Viren mit zirkulärer DNA sind **Polyoma-** und den **Papillomaviren**. Im Gegensatz dazu besitzen **Adeno-, Herpes-** und **Pockenviren** ein lineares DNA-Molekül. Pockenviren stellen eine Besonderheit unter den DNA-Viren dar, weil sie alle zur Transkription notwendigen Enzyme selbst kodieren. Die Replikation erfolgt daher im Zytoplasma in sog. Virosomen.

aus: Rassow u.a., Duale Reihe – Biochemie (ISBN 9783131253545) © 2016 Georg Thieme Verlag KG Stuttgart • New York

Sachverzeichnis

Fette Seitenzahlen: Bei mehreren Fundstellen kennzeichnet diese Angabe die Seite, auf der das Stichwort ausführlicher besprochen oder ein Überblick gegeben wird. Bei gleichwertigen Einträgen ist die Hervorhebung unterlassen.

A

A (Aminoacyl)-Stelle 476
A-Banden 788
A-Kette, Insulin 582
β-Kette 698
δ-Kette 691
κ-Kette 691
λ-Kette 691
μ-Kette 691
A-Konformation (Doppelhelix) 440
AB0-System 717
ABCA1 (ATP-binding cassette transporter A1) 256
ABCD 1 141
Abciximab 723
Abl 540
Abl-Tyrosinkinase 540-541
ACAT s. Acyl-CoA-Cholesterin-Acyltransferase 255
ACE (Angiotensin converting Enzyme 639
ACE-Hemmer 640
– Wirkung auf Kinine 660
Acetaldehyd
– aktivierter 112
– Ethanolabbau 143
Acetat-CoA-Ligase 143
Acetoacetat 127
– Abbau 142
– Synthese 251
Acetoacetyl-CoA
– Abbau Ketonkörper 142
– Cholesterinbiosynthese 354
– Ketonkörpersynthese 251
Aceton 127, 141
Acetyl-CoA 109
– Biotransformation 743
– Citratzyklus 118
– Fettsäuresynthese 235, 238
– Ketonkörpersynthese 251
– β-Oxidation 133
Acetyl-CoA-Carboxylase 236, 589
– Regulation 240, 276
– – durch Insulin 588
Acetylcholin (Ach) 814
– Regulation der Salzsäureproduktion 203
– Synthese, Freisetzung und Abbau 815
Acetylcholin-Esterase 815
Acetylcholin-Esterase-Hemmer 817
Acetylcholin-Rezeptoren (Cholinozeptoren) 816
– Gifte 817
– muscarinische (mAChR) 817
– nicotinische (nAChR) 816
Acetylierung, von Proteinen 489
Acetylsalicylsäure 37
– Hemmung der TXA2-Synthese 726
– Schädigung der Magenschleimhaut 203
– Wirkung als COX-Hemmstoff 654
– Wirkungsmechanismus 40
ACF (Kompetenzfaktor) 472
Achondroplasie 668
Aconitase 119
– zytosolische (Eisenstoffwechsel) 326
Aconitat 119
Aconitat-Hydratase 119
ACP (Acyl Carrier Protein) 237
Acquired Immunodeficiency Syndrome s. AIDS 511
Acrodermatitis enteropathica 331
Acroleyl-β-Aminofumarat 304
ACTH (adrenocorticotropes Hormon) 602
– Funktion 604
– Struktur 603
Actinomycin D 450, 467
Acyl-Adenylat 134
Acyl-AMP 134
Acyl-Carrier-Protein (ACP) 237
Acyl-CoA 134
– Triacylglycerinsynthese 248
Acyl-CoA-Cholesterin-Acyltransferase (ACAT) 255
Acyl-CoA-Dehydrogenase 136
Acyladenylat 248
Acylcarnitin
– Struktur 135
– Transport ins Mitochondrium 135
1-Acylglycerin-3-phosphat-Acyltransferase 350
Acylierung, von Proteinen 489
ADAMTS-I 628
Adaptation, Rezeptor, G-Protein-gekoppelter 563
Adaptation der Lichtempfindlichkeit 839
Adaptin 368, 387
ADAR (Adenosin-Desaminase an RNA) 472
Addison, Morbus 620
Addison-Krise 620
Adenin 419
Adenin-Phosphoribosyltransferase (APRT) 430
Adenohypophyse 603
– Hormone 603
Adenosin 420
Adenosin-Desaminase 428
– an RNA (ADAR) 472
– Mangel 434
Adenosinmonophosphat (AMP) 425
– Muskulatur 154
Adenosintriphosphat 20
Adenylat-Kinasen 267
Adenylatzyklase 564
– Hemmung durch G_i-Proteine 566
Adenylsuccinat-Synthase, Regulation Purinnukleotidsynthese 428
ADH = Alkohol-Dehydrogenasen 143
ADH = antidiuretisches Hormon 602, **637**
– Regulation der Nierenfunktion 780
– Sekretion) 637
– – Regulation 638
– Struktur 604
– Wirkungen 637
Adhäsin 504
Adhäsionsverbindung 371
Adipokin 131
Adiponektin 132
Adipose Triglyceride Lipase (ATGL) 130
Adipositas 132, 278
Adipozyten 128, 133
Adiuretin = ADH 780
ADP-Ribosylierung 305, 490, 567
ADP-Ribosyltransferase 305
ADP-Ribosylzyklase 305
ADP/ATP-Translokator 187, 380
– Rolle bei der Apoptose 536
Adrenalin
– Abbau 597
– Auslösung des Hungersignals 269
– Biosynthese 595
– Regulation der Fettsäuresynthese 240
– Regulation der Gluconeogenese 228
– Regulation der Lipolyse 130
– Regulation der PP-1 221
– Rezeptoren (Tabelle) 597
– Sekretion 596
– Wirkungen 597-598, 600
adrenogenitales Syndrom (AGS) 616
Adrenozeptor 598
– α_1-Adrenozeptor 598
– α_2-Adrenozeptor 598
– β-Adrenozeptor 598
Advanced Glycation End Products (AGE) 590
ÄG, verschiedener Verbindungen 422
Agarose-Gelelektrophorese 511
AGE (Advanced Glycation End Products) 590
Agglutination
– Blutgruppen 717
– IgM 690
Agglutinine 718
Aggrastat 723
Aggrecan 403, 412
Aggregation (Blut) 717
Ago2-RNase 484
Agouti-related Peptide = AgRP 279
AGS (adrenogenitales Syndrom) 616
Ahornsirup-Krankheit 164
AIDS-Aquired Immundeficiency Syndrom, Immunsystem 702
– Nachweis 511
Akinese (Parkinson) 831
Akkumulationsgift 335
Akt-Kinase 585
Aktin 393
– α-Aktin 394
– γ-Aktin 394
– in Thrombozyten 722
Aktinfasern 373
Aktinfilamente **393, 787**
α-Aktinin 787
Aktionspotenzial 808
Aktivator 43
Aktivierungsenergie 33
Aktivin 627, 667
Aktivität
– katalytische 39
– optische 46
Akute-Phase-Proteine 684, 770
δ-ALA (δ-Aminolävulinsäure 760
Alanin 67, 169
– β-Alanin 432
– Abbau 163
– Gluconeogenese 227
– Stoffwechsel 148
Alanin-Aminotransferase (ALAT, ALT) 159, 344
Alaninzyklus 148
Alarmone 423
ALAT = Alanin-Aminotransferase 159
Albumin 766
Aldehyd-Dehydrogenase (ALDH) 742, 143
– Biotransformation 742
– Inaktivierung der Katecholamine 823
– Inaktivierung von Serotonin 663
Aldolase A, Glucoseabbau 86
Aldolase B, Fructoseabbau 105
Aldolspaltung 86
Aldosteron 640
– Regulation der Nierenfunktion 780
– Regulation des Kaliumhaushalts 643
– Wirkungen 641
Alkaloid 195
Alkalose 782
Alkohol-Dehydrogenasen (ADH) 143
– Biotransformation 742
Alkoholismus 143
Alkoholkonsum
– Folgen 143
Alkylanzien 548
Alkylierung, von Basen in der DNA 522
Alkylumlagerung 315
all-trans-Retinal 292, 836, 839
all-trans-Retinol 292, 839
all-trans-Retinsäure 293
Allergie (s. auch Überempfindlichkeitsreaktionen) 704
– Auslöser 707
– Desensibilisierung 707
– Entstehungsmechanismus 706
Allodynie 653
Allolactose 464
Allopurinol 429
Allosterie 43
– Hämoglobin 43, 753
Allosterischer Effekts. Allosterie 43
ALT = Alanin-Aminotransferase 159
Alzheimer, Alois 829
Alzheimer, Morbus 484, 537, 829, **831**
Alzheimer-Plaque 830
Amantadin 832
α-Amanitin 456
Amenorrhoe 633
Amethopterin 313
Amin, biogenes 168
Aminoacyl-tRNA 474
Aminoacyl-tRNA-Synthetase 474
γ-Aminobuttersäure (GABA 169
γ-Aminobutyrat 820
Aminoglykoside 481
Aminogruppe 64
– pK-Wert 65
β-Aminoisobutyrat 432
5-Aminolävulinat 760
δ-Aminolävulinsäure (δ-ALA) 760
– Regulation des Eisenstoffwechsels 326
δ-Aminolävulinsäure-Synthase 760
Aminopeptidasen 260
Aminopropanol 169
Aminosäure
– Abbau 161
– Aktivierung (Translation) 474
– Decarboxylierung 168
– essenzielle 71, 193
– glucogene 162
– im Primärharn 775
– ketogene 162
– L- und D-Isomere 66
– nicht essenzielle 71
– proteinogene 66
– Pufferkapazität 65
– Rückresorption in der Niere 776
– Struktur 64
– Titrationskurve 64
Aminosäuren 63

Aminosäuren 63

Strukturen der einzelnen Aminosäuren 67ff
pKs-Werte der Aminosäuren 65
Abbau der Aminosäuren 162
– Transaminasen und Desaminasen 158
– Pyridoxalphosphat (PALP) 158
– Harnstoffzyklus 158
– Methioninzyklus 170
– glukogene und ketogene Aminosäuren 161
Produkte des Aminosäurestoffwechsels 168
– Biogene Amine 168
– Coenzym A 308
– Glutathion 758, 823
– Häm-Synthese/Porphyrine 670
– Katecholamine 595
– Kreatin 266
– Membranlipide 345
– Neurotransmitter 812
– NO (Stickstoffmonoxid) 812
– Nukleotide 419
– Taurin 173

aus: Rassow u.a., Duale Reihe – Biochemie (ISBN 9783131253545) © 2016 Georg Thieme Verlag KG Stuttgart • New York

Ammoniak 149-150, **154**
– Entgiftung 155
– im Urin 783
– Pyrimidinnukleotidsynthese 430
– Schicksal in der Niere 783
AMP (Adenosinmonophosphat) 425
AMP-aktivierte Kinase (AMPK) 277
– Energieladung 267
AMP-Desaminase 154
AMP-Kinase 586
amphiphil 345
Amplifizierung von DNA (PCR) 510
α-Amylase
– im Pankreassekret 204, 210
– im Speichel 210
β-Amyloid Precursor 829
Amylo-1,4→1,6-Transglucosylase 218
Amylopektin 53
– in der Nahrung 210
Amylose 53
– in der Nahrung 210
β-Amyloid 829-830
– fibrilläres 830
Anämie
– hämolytische 298, 300
– hyperchrome 435
– megaloblastäre 313, 316, 435
– mikrozytäre, hypochrome 327
– perniziöse 316
– renale 760
Anämie, perniziöse 139
Anaphase 529
Anaphylatoxine 684
– als Entzündungmediator 717
Anaphylaxie 704
Androgene 620, **623, 624**
– Biosynthese 623
– Wirkungen 623
Androgen bindendes Protein 624
Androstendion 620
Aneuploidie 519
Angeborenes Immunsystem 677
Angina pectoris 736
– Anfall 796
Angiogenese (Kanzerogenese) 547
Angiotensin converting Enzyme (ACE) 639
Angiotensin I 639
Angiotensin II 639
– Regulation der Aldosteronsynthese 641
– Wirkungen 640
Angiotensin-Rezeptor (AT) 640
– Rolle bei der Kanzerogenese 540
Angiotensinogen 639
– Leber 770
Anhydrid, gemischtes 88
Ankerproteine 372
Annealing, Polymerasekettenreaktion 510
Anomere 48
ANP (atriales natriuretisches Peptid) 642
– Regulation der Nierenfunktion 781
Anti-Müller-Hormon (AMH) 622
Anti-Onkogene 539
Antibiotikum 450, 467
– Hemmung der Proteinsynthese 480
– Resistenzplasmide 503
Anticholinergika 832
Anticodon-Schleife 454
Antidepressiva 819
Antigen-MHC-Protein-Komplex 700
Antigen-Shift 497
Antigenbindestelle 686
Antigendrift 498
Antigenpräsentation
– B-Zellen 695
– dendritische Zellen 693
– MHC-Klasse-I-Proteine 701
– MHC-Klasse-II-Proteine 700-701
– Rolle der Lysosomen 388
Antigenprozessierung 693
Antihistaminika (H_1-Blocker) 705
Antikörper **686-688**, 690, 693
– monoklonale, Immuntherapie 549
– primärer 559
– sekundärer 559
– gegen AB0-System 717
– Klassen (Isotypen) 686
– Klassenwechsel 692, 697
– lösliche 697
– polyklonale 693
– somatische Hypermutation 693
– somatische Rekombination 691
Antileukotriene 706
Antimycin A 184
Antioxidationsmittel 759
– Tocopherol 297
– Vitamin C 318
antiparallel 439
Antiphlogistika, nichtsteroidale (NSAP) 654
Antiport 365
Antithrombin 733
– Aktivierung durch Heparin 733
α_1-Antitrypsin-Mangel 264
Aortendissektion 409
Aortenektasie 409
Ap_nA (Diadenosinoligophosphate) 423
AP-Endonuklease 523
AP-Stelle 523
Apaf-1 (Apoptotic Protease activating Factor 1) 543, 536
APC (Tumorsuppressor) 543
Äpfelsäure (Malat) 123
APO-1 535
ApoA-I (Apoprotein A-I) 256
ApoB-48 (Apoprotein B-48) 253
– RNA-Editing 472
ApoB-100 (Apoprotein B-100) 254, 769
– RNA-Editing 472
ApoC-II (Apoprotein C-II) 253
Apocaeruloplasmin 329
ApoE (Apoprotein E) 253
Apolipoprotein 251
Apoptose 533
– Auslösung durch zytotoxische T-Zellen 701
– Beseitigung von Zellen 534
– Eliminierung von B-Zellen 696
– Fehlregulation 537
– Induktion 535
– Kanzerogenese 539
– Regulation 534
– Selektion von T-Zellen 699
– Signalweg
– – extrinsischer 535
– – intrinsischer 536
– übermäßige 537
Apoptose-Mediatorproteine, mitochondriale 536
Apoptosekörper 533
Apoptosom 536
Apoptotic Protease activating Factor 1 (Apaf-1) 536
Apotransferrin 324
Apparat, juxtaglomerulärer 780
APRT (Adenin-Phosphoribosyltransferase) 430
aPTT (aktivierte partielle Thromboplastinzeit) 732
Aquaporin (AQP) 233, 637
– Aquaporin-1
– – in der Niere 777
– – Struktur 365
– Aquaporin-2 779
– – Induktion durch ADH 780
– Aquaporin-3 779
– Aquaporin-4 779
Äquivalent, kalorisches 198
Arachidonsäure 59
– bei allergischen Reaktionen 705
– Eikosanoidsynthese 649
– Synthese 60
2-Arachidonylglycerin 59
Arbeitsumsatz 197
Archaebakterien 341
Arf 385-387
Arginase 153
Arginin 70
– Abbau 164
– Harnstoffzyklus 153
– Synthese von NO 656
Argininosuccinat 153
Argininosuccinat-Lyase 153
Argininosuccinat-Synthetase 153
Aromatase 615
– Östrogenbildung 627
Arrestin 839
Arteria, hepatica 767
Arteriosklerose
– bei Adipositas 132
– Definition 62
– Pathogenese 735
Arthritis urica 429
ASAT = Aspartat-Aminotransferase 159
Ascorbinsäure = Vitamin C 195, 291, 297
Ascorbyl-Radikal 319
Asialoglykoproteinrezeptor 361
Asparagin 68
– Abbau 167
– hydrolytische Desaminierung 161
Asparaginsäure 70
Aspartat 70
– Abbau 165, 167
– Gluconeogenese 224
– Harnstoffzyklus 153
– Purinnukleotidsynthese 425
– Pyrimidinnukleotidsynthese 430
Aspartat-Aminotransferase (ASAT, AST) 154, 159, 344
– Malat-Aspartat-Shuttle 189
Aspartat-Carbamoyltransferase 431
Aspartat-Glutamat-Translokator 189
Aspirin = Acetylsalicylsäure 40
Asthma bronchiale 704
– Prophylaxe 655
– Anfall 705
Astral-Mikrotubulus 400
Astrozyten 801
– Glutaminsynthese 155
Aszites 144
AT (Angiotensinrezeptor) 640
AT_1-Rezeptorantagonist 640
Ataxia telangiectasia mutated (ATM) 542
ATGL (Adipose Triglyceride Lipase) 130
Atherom 736
Atherosklerose 736
– Schutz durch ω3-Fettsäuren 62
ATM (Ataxia telangiectasia mutated) 542
ATM- and Rad3-related (ATR) 542

Atmungskette und oxidative Phosphorylierung 174

Atmungskette 176
ATP-Synthase 174

Atmungskette 24, **176**
– angeborene Defekte 191
– bakterielle 191
– Einschleusung von $FADH_2$ 137
– Entkoppler 190
– Entkopplung 611
– – partielle 611
– Komplex I 179
– Komplex II 181
– Komplex III 183
– Komplex IV 185
– Redoxpotenziale 186
– Regulation 187
– Vergiftung durch Cyanid 186
Atmungskettenkomplex 177
Atorvastatin 255
ATP (Adenosintriphosphat) 20
– Struktur 420
– Weichmacherwirkung 791
– Regulation der Glykolyse 94
– Regulation des Citratzyklus 125
ATP-binding cassette transporter A1 (ABCA1) 256
ATP-Synthase 22, 174
– angeborene Defekte 191
ATPase
– F-Typ 367
– P-Typ 367
– V-Typ 367
ATR (ATM- and Rad3-related) 542
Atractylosid 187
Atriopeptin s. ANP 642
– Lipolyse 131
Atriumpeptid, natriuretisches s. ANP 642
Atrophie, kortikale 830
Atropin 195
Autophagie 370
Autophagosom 370
Autophagozytose 370
Autophosphorylierung
– JAK-Kinase 578
– Rezeptortyrosinkinase 575
Avery, Oswald 436
Avidität 690
Avitaminose, Definition 290
Axin 544
Axon-Wachstum 802
Axonverlust 828
Azidose 251
– metabolische 590
Azinuszellen 205

B

B-Kette, Insulin 582
B-Konformation (Doppelhelix) 439
B-Zell-Lymphom
– Entstehung 541
B-Zell-Rezeptor 696
B-Zelle 696-697
– Aktivierung 696
– Antikörperklassenwechsel 697
– naive 696
– Plasmazellen 697
– Reifung 696
– Selektion im Knochenmark 696
– Insulinausschüttung 94
B1-Rezeptor (Kinin-Rezeptor) 659
B2-Rezeptor (Kinin-Rezeptor) 659
Bak 536
Bakterien, kompetente 507
Bakterienzellwand 54
Bakteriophage 507
– als Klonierungsvektor 507
Ballaststoffe 194
Ballondilatation, Thrombozytenaggregationshemmer 723
Barbiturate, Abbau in der Biotransformation 740
β-Barrel-Proteine 78, 359
Basalkörper 398
Basallamina 403, 412
– Aufbau 414
– glomeruläre 774
Basedow, Morbus 611
Basen, komplementäre 438
Basen-Exzisionsreparatur 523
Basenanaloga 522
Basenstapelung 439
Basentriplett 473
Batrachotoxin 811
Bauchglatze 742
Bax-Protein 536, 543
BBB (Blood-brain barrier) 802
Bcl-2-Protein 534, 536
– Rolle bei der Kanzerogenese 540
bcr (breakpoint cluster region) 541
Bcr-Abl-Tyrosinkinase 541
Becker-Muskeldystrophie 797
Behring, Emil von 673
Belegzellen 200
Bence-Jones-Proteine 686
Benserazid 832
Benzbromaron 429
Benzodiazepine 821
Benzodihydropyran 296
Benzpyren 741
Beriberi-Krankheit 301
Bernsteinsäure (Succinat) 123
Bet v1 707
Betaglykan 412
Betula verrucosa 707
Bicarbonat
– Rückresorption 781
– Salzsäureproduktion 201
– Transportform von CO_2 755
– Puffer (Blut) 755
Bid-Protein 535-536

aus: Rassow u.a., Duale Reihe – Biochemie (ISBN 9783131253545) © 2016 Georg Thieme Verlag KG Stuttgart • New York

Bienengift 232
Bilayer 345
Bile Salt Export Pump (BSEP) 772
Bilirubin 762
– als Antioxidans 759
– direktes (konjugiertes) 763
– indirektes 763
– Konjugation in der Leber 771
Bilirubin-Diglucuronid 763
Biliverdin 763
Bindehautxerose 294
Bindung
– energiereiche 84
– – Acetyl-CoA 109
– glykosidische 50
– – im Nukleotid 420
– – in Glykosaminoglykanen 409
Biotin 291, **317**
– als Cofaktor der Pyruvat-carboxylase 222
– Mangel 318
– Hypervitaminose 318
– Propionyl-CoA-Carboxylase 138
– Pyruvat-Carboxylase 126
Biotinyllysin 291, 317
Biotransformation 739-742, 744
– Definition 739
– Funktionalisierungsreaktionen 740
– Konjugationsreaktionen 743
– Umwandlungsreaktionen 739
Biperiden 832
Birkenpollen-Allergie 707
1,3-Bisphosphoglycerat
– Glykolyse 86
– Phosphatgruppen-Übertragungspotenzial 422
2,3-Bisphosphoglycerat
– Regulation der O_2-Affinität (Hämoglobin) 754
Bitot-Fleck 294
Blasengalle 205, 772
Blastozyste 629
Blau-Opsin 837
Blaualgen 341
Blei 335
Bleivergiftung 335, 429
Blood-brain barrier (BBB) 802
Blotting, Definition 512
Blunt End 504
Blut 749
– Bicarbonat-Puffer 755
– Regulation des pH-Werts 755
– Sauerstoffsättigung 750
Blut-Harn-Schranke 774
Blut-Hirn-Schranke 802
Blut-Liquor-Schranke 803
Bluterguss 763
Bluterkrankheit, klassische 729
Blutgerinnung 726-728
– extrinsischer Weg 727
– Gerinnungsfaktoren (Tabelle) 731
– Hemmung 733-734
– intravasale 712
– intrinsischer Weg 727
– Rolle des Kallikrein 659
– Zusammenfassung 730
Blutglucosekonzentration
– Regulation durch Insulin 587
– Regulation über Glucoseaufnahme in Hepatozyten 96, 768
– Regulation über Glykogenabbau 103
Blutgruppen 717
– Tabelle 718
– Test vor Transfusion 718
Blutgruppenantigene 717-718
– AB0-System 717
– Rhesus-System 718
Bluthochdruck 640
Blutlipidspiegel, Senkung durch Fibrate 581
Blutplasma 749
– Zusammensetzung 766
Blutserum 749
– Proteinzusammensetzung 766
Blutstillung **721**, 724
Blutungsneigung, erhöhte 300
Blutvergiftung 712
Blutzuckerspiegel s. Blutglucosekonzentration 768
BMI = Body Mass Index 278
BMP (bone morphogenic protein) 578, 667
BNP (Brain natriuretic Peptide 643, 781
Body Mass Index (BMI) 278
Bohr, Christian 753
Bohr, Niels 753
Bohr-Effekt 753
Bone morphogenetic Protein (BMP) 578, 667
Bordetella pertussis 567
Botenstoff
– Hormone 555
– Second Messenger 563
Botulinumtoxin 370
Bowman-Kapsel 774
Bradykinin 658
Brain natriuretic Peptide (BNP) 643, 781
Branching Enzyme 218
braunes Fettgewebe 190
BRE (TFIIB Recognition Element) 459
breakpoint cluster region (bcr) 541
Brechreiz 664
Brennwert, pysikalischer 197
Brenztraubensäure (Pyruvat) 90
bridging 705
Bromuracil 522
Bronchialkarzinom 741
– kleinzelliges, Entstehung 541
– Metastasen 548
Bronchiektasen 399
Bronchokonstriktion 705
Brown'sche Molekularbewegung 375
Brunner-Drüsen 208
BSC 1 (Bumetanid-sensitive Cotransporter) 778
BSE (bovine spongiforme Enzephalopathie) 485
BSEP (Bile Salt Export Pump) 772
Bufadienolide 613
Bulbus olfactorius 834
Bumetanid-sensitiver Cotransporter (BSC 1) 778
Burkitt-Lymphom, Entstehung 541
Bürstensaum (der Enterozyten) 210
Busulfan 548
γ-Butyrobetain 319

C

C 1 682
C 1q 682
C 2 682
C 3 682
C 3a 684
C 3b 683
– Porenbildung im MAC 683
C 4 682
C 5 682
C 5a 682, 684
C 5b 682-683
C 6 682
C 7 682
C 8 682
C 9 682
C-Domäne (Antikörper) 686
c-fos 547
C-Gensegment 691
c-jun 547
C-Peptid, Insulin 582
C-reaktive Protein (CRP), Komplementaktivierung 682
C-Segment 691
C-Sequenz 691
Ca^{2+}-ATPase, Regulation durch Ca^{2+}/CaM 571
Ca^{2+}-Cycling, im Skelettmuskel 611
Ca^{2+}-Kanal, IP_3-gesteuerter 570
Ca^{2+}-Kanäle, spannungsabhängig 811
CAAT-Box 460
CAD (Caspase-aktivierte DNase) 537
CAD-Multienzymkomplex 430
Cadherin 371
– in Metastasen 547
Cadmium 335
Caeruloplasmin 325
– Kupferspeicher 329
CAK (CDK-activating kinase) 530
Calciferol 295, 646
Calcitonin 645
Calcitriol 291, 295
– Wirkungen als Hormon 647
Calcium
– Antagonisten 795
– als Second Messenger 570
– bei der Thrombozytenaktivierung 724
– bei der γ-Carboxylierung 731
– Inaktivierung als Second Messenger 571
Calciumhaushalt 644
Calciumhomöostase 644
Calciumkanal, spannungsgesteuerter
– Autoantikörper 817
– Photorezeption 837
Calciumphosphat-Kopräzipitationsmethode 508
Calciumphosphatsteine 776
Calciumsensorprotein 645
Calciumspeicher 381, 384
Calciumsteine 776
Caldesmon 793
Calmodulin (CaM) 570, 793
Calor 708
CaM-Kinasen, Regulation durch Ca^{2+}/CaM 571
cAMP
– Aktivierung der PKA 564
– Inaktivierung 566, 573
– Regulation der Lipolyse 131
– Synthese 564
– Wirkungen als Second Messenger 564
cAMP-responsive Element Binding Proteins = CREB 566
cAMP-responsive Elements = CRE 566
cAMP-Spiegel, Regulation durch Insulin 587
Camptothecin 450
Canaliculi, der Belegzellen 201
Cancer Immunoediting 713
Cannabinoidrezeptor 59, 826
Cap (Catabolite activating Protein) 462
– mRNA 452, 468
– Proteasom 390
Cap-bindendes Protein 476
19S-Capkomplex 390
Capping, Definition 468
CapZ 787
Carbamatgruppe 755
Carbaminsäure 430
Carbamoylaspartat 431
Carbamoylphosphat
– Harnstoffzyklus 152
– Pyrimidinsynthese 430
Carbamoylphosphat-Synthetase
– Regulation 276
– Harnstoffzyklus 152
– Pyrimidinsynthese 430
Carbanion, Thiaminpyrophosphat 112
Carboanhydrase
– in der Lunge 755
– in Erythrozyten 755
– in Tubuluszellen 781
– Salzsäureproduktion 201
– Wechselzahl 39
Carboplatin 548
Carboxy-Biotin 317
Carboxylgruppe 64
– pK-Wert 65
Carboxylierung 489
γ-Carboxylierung,
– Gerinnungsfaktoren 731
– Vitamin-K-abhängige 299
Carboxypeptidase 260
– im Pankreassekret 204
Carboxyphosphat 430
Carcinoma in situ (Portio) 546
Cardenolide 613
Cardiolipin 350, 379
– Biosynthese 352
– Struktur 347
Carnitin 134
Carnitin-Acylcarnitin-Translokase 135
Carnitin-Acyltransferase 1 134
– Regulation 276
– Regulation des Fettsäure-Stoffwechsels 240
Carnitin-Acyltransferase 2 135
β-Carotin 292
Carrier 187
Caspase 8 535
Caspase 9 536
Caspase-aktivierte DNase (CAD) 537
Caspasen 534
Catabolite activating Protein, (CAP) 462
Catechol 595
Catechol-O-Methyltransferase (COMT) 597
– Inaktivierung der Katecholamine 823
Catenin 371
β-Catenin, Rolle bei der Kanzerogenese 540, 544
CBF (Transkriptionsfaktor) 460
CD-Nomenklatur 683
CD4-Zellen 699, **700**
– Bindung an MHC-II 700
CD8-Zellen 699, **700**
– Bindung an MHC-I 701
CD14, Bindung von β-Amyloid 831
CD36 - Scavenger-Rezeptor 679
CD40 697
CD40L 697
CD95 (Fas, s. auch dort) 701
CD142 727
Cdc6 532
Cdc25-Phosphatase 530
CDK (cyclin-dependent kinase) 530
CDK-Inhibitor
CDK-Inhibitor-Proteine (CKI) 530
– $p21^{Cip1}$ 543
Cdk7 (Transkriptionsfaktor) 460
cDNA 509
– Synthese bei der RT-PCR 511
cDNA-Bank 509
CDP-1,2-Diacylglycerin 352
CDP-Cholin 352
CDP-Diacylglycerin-Inositol-3-Phosphatidyltransferase 352
CDP-Ethanolamin 352
Cdt1 532
CD 36 253
CD 40 L 670
Celecoxib 654
Cellulose 53
Cephalosporin
– Resorption 261
– Wirkungsmechanismus 55
Ceramid 347
– Biosynthese 352
Cerebroside 350
– Biosynthese 353
– Struktur 348
Cetuximab 549
CF (Cleavage Faktor) 471
CFTR-Kanal
– Aktivierung durch PKA 565
– Mukoviszidose 676
– Salzkonzentration im Schleim der Bronchien 675
CFU (Colony forming Unit) 669
CGI-58 131
cGMP
– als Inhibitor von Phosphodiesterase Typ III 574
– Inaktivierung 573
– Synthese 572
– Wirkungen als Second Messenger 573
cGMP-Phosphodiesterase, in Scheibchenmembranen 838
Chaperone 486
– Definition 485
– mitochondriale 382
– Proteindisulfid-Isomerasen 487
Chargaff-Regel 438
Chelatbildner 745
Chemokine 670
– im Komplementsystem 684
Chemorezeptoren 834

aus: Rassow u.a., Duale Reihe – Biochemie (ISBN 9783131253545) © 2016 Georg Thieme Verlag KG Stuttgart • New York

Chemotaxis 709
Chenodesoxycholsäure 206
Chimäre 518
Chinin 195
Chinolat-Phosphoribosyl-Transferase 304
Chinolsäure 304
Chinon-Reduktase 299
Chiralität 46-47
Chlor, Rückresorption 778-779
Chloramphenicol 481
Chloramphenicol-Acetyltransferase 503
Chlorid-Transporter 807
Cholecalciferol 291, 295, 646
Cholecystokinin (CKK) 636
Cholecystokinin-Pankreozymin s. Cholecystokinin 636
Cholelithiasis 208
Cholera 567
Choleratoxin 305
– Wirkungsweise 567
Cholesterin 349-350
– Abbau 357
– Biosynthese 354
– – Energiebilanz 356
– – Regulation 356
– Einfluss auf die Membranfluidität 358
– im enterohepatischen Kreislauf 357
– im VLDL 254
– in der Leber 769
– Rolle bei der Arteriosklerose 257
– Steroidhormonbiosynthese 613
– Struktur 349
– Tagesbedarf 769
Cholesterin-Desmolase 614
Cholesterin-Esterase 614
– im Pankreassekret 204
– Verdauung von Lipiden 232
Cholesterinester-Hydrolase 614
Cholesterinsteine 208
Cholesterol 349
Cholestrinbiosynthese, Lokalisation in der Zelle 355
Cholin 350
Cholsäure 206
Chondrodysplasie 668
Chondroitinsulfat 56, 403, **410**, 412
Chondrozyten 415
Chorea Huntington 484, 537, **833**
Christmas-Faktor 728
Chrom 334
Chromanring 296
Chromasthma 334
Chromatin 378, **439**
– Regulation der Transkription 467
– Umstrukturierung während Zellzyklus 531
Chromekzem 334
Chrommangel 334
Chromosom, im Zellzyklus 528
Chromosomenmutation 519
Chylomikronen 233, **253**
Chymotrypsin 260
– im Pankreassekret 204
– Reaktionsmechanismus 262
Ciclosporin A 699
Cimetidin 203
CIN (zervikale interepitheliale Neoplasie) 546
Cineol 195
Cip/Kip-Familie 530
Ciprofloxacin 450
Δ^2-cis 138
Δ^3-cis 138
Cisplatin 548
11-cis-Retinal 293, 836
– Regeneration 839
9-cis-Retinsäure 293
Citrat 119
– Fettsäurebiosynthese 235
– Glukoneogenese 224
– Hemmung der Glykolyse 95
– Isomerisierung 119
– Regulation der Fettsäuresynthese 240
Citrat-Lyase
– Fettsäuresynthese 235
– Gluconeogenese 224
Citrat-Synthase 118
Citrat-Translokator 235
Citratzyklus 115
– anaplerotische Reaktionen 126
– Energiebilanz 125
– Funktion im Stoffwechsel 115
– Regulation 125, 276
Citrullin, Harnstoffzyklus 153
Citryl-CoA 119
CKI (CDK-Inhibitor-Proteine) 530
CKK (Cholecystokinin) 636
Clathrin 368, 385, 387
Claudin 371
Clearance-Rezeptor 631
Cleavage and Polyadenylation Specificity Factor (CPSF) 471
Cleavage Stimulation Factor (CstF) 471
Cleavage-Faktor (CF) 471
Clopidogrel 724
Clostridium tetani 822
Cluster of Differentiation (CD) 683
CMC (kritische Mizellenkonzentration 231
CNP 643
CO_2 755
CO_2-Partialdruck, Regulation der O_2-Affinität (Hämoglobin) 754
Co-Chaperone 486
CO-Vergiftung 751
Coated Pit 368
Coated Vesicle 368
Coating Protein I (COPI) 386
Coating Protein II (COPII) 383
Cobalamin 291, 314
– Mangel 316
– Methylmalonyl-CaA-Mutase 139
Cobalt 331
– Mangel 331
– im Cobalamin 314
Cocain 195
Cochlea 835
Cockayne-Syndrom 525
Code, genetischer 473
Codein 826
Codon, synonymes 473, 509
Coenzym 178
Coenzym A
– Citratzyklus 122
– Funktion 308
– Struktur 308
Coenzym Q 180
Coiled-Coil-Struktur 789
Colchicin 195, 396
Colipase 231
Colony forming Unit (CFU 669
COMT (Catechol-O-Methyltransferase) 597
– Inaktivierung der Katecholamine 823
Conn-Syndrom 642
Connexin 373
Connexon 373
COPI (Coating Protein I) 386-387
COPII (Coating Protein II) 383, 387
Core
– Glycosid 360
– Proteasom 390
Cori-Krankheit 102
Cori-Zyklus 100
Corpus luteum (Gelbkörper) 628
Corrin 314
Corticoliberins. CRH 602
Cortisol 617
– beim Fasten 272
– Regulation der Gluconeogenese 229
– Struktur 616
– Wirkung 618
Cortison 617, 642
– als Antiallergikum 706
Cortocotropin-Releasing-Hormons. CRH 602
cos-Sequenz 508
Cosmid 508
COX = Zyklooxygenase 650
COX-2-Inhibitoren 654
CP1 (Transkriptionsfaktor) 460
CP2 (Transkriptionsfaktor) 460
CpG-Inseln 466
CPS 2 (Carbamoylphosphat-Synthetase 2) 430
CPSF (Cleavage and Polyadenylation Specificity Factor) 471
CREB (cAMP-responsive element-binding protein) 278
– Aktivierung durch PKA 566
Creutzfeld-Jakob-Krankheit 485
CRH (Corticotropin-Releasing Hormon, Corticoliberin) 602
Crick, Francis Harry 438
Cristae 379
Crohn, Morbus 680
Cromoglykat 705
CRP (C-reaktives Protein) 684
CstF (Cleavage Stimulation Factor) 471
CTD-Phosphatase (Fcp1) 460
CTF (Transkriptionsfaktor) 460
CTP (Cytidin-5'-triphosphat) 431
CTR1 (Cu^{2+}-ATPase) 329
Cu_A-Zentrum 185
Cu_B-Zentrum 185
Cu^{2+}-ATPase (CTR1) 329
Cumarin 196
– Derivate 299
Cushing-Syndrom 619-620
Cyanidvergiftung 186
Cyanobakterien 341
Cyanocobalamin 314-315
Cycle-Sequencing 516
cyclin-dependent kinase (CDK) 530
Cyclophosphamid 548
CYP s. Cytochrom-P-450-Enzyme-740
CYP3A4 740
Cysteamin 169
Cystein 69
– Abbau 163
– Bildung von Disulfidbrücken 81
– Stoffwechsel 171
Cysteinylleukotriene 651
– Wirkungen 655
Cystic Fibrosis Transmembrane Conductance Regulator-Kanal(Chlorid-Kanal) 565
Cystinsteine 776
Cytidin 420
Cytidin-5'-triphosphat (CTP) 431
Cytidin-Desaminase Apobec-1 472
Cytidyltransferase 352
Cytochalasine 394
Cytochrom
– Typ a 185
– Typ a_3 185
– Typ b 183
– Typ b_5 242
– Typ c 184
– – Apoptose 536
Cytochrom-bc_1-Komplex 183
Cytochrom-c-Oxidase 185
Cytochrom-P-450-Enzyme (CYP) 740
– bakterielle 742
– Reaktionsmechanismus 741
– Reduktasen 741, 742
– Steroidhormonbiosynthese 614
Cytosin 419
Cytosinarabinosid 450, 548

D

D-Antigen 719
D-Galaktose 49
D-Gensegment 691
α-D-Glucose 50
D-Glucose 49
D-Mannose 49
D-Ribose 419
D-Segment 691
D/L-Nomenklatur 46
Dactinomycin 548
DAG siehe Diacylglycerin 352
DAMPs (Danger-associated molecular patterns) 677
Dantrolen 796
dATP, Synthese 433
Daunorubicin 548
DBP (Vitamin-D-Bindeprotein) 647
DC (dendritische Zellen) s. Zellen, dendritische 693
dCTP, Synthese 433
ddNTP (Didesoxynukleotid) 516
DDT 811
Death-inducing signalling Complex (DISC) 535
Debranching Enzyme 102
Decarboxylierung
– oxidative 117
– PALP-abhängige, Mechanismus 307
Decorin 412-413
Defensine 675, 700
Dehydroalanin 607
Dehydroascorbinsäure 318
7-Dehydrocholesterin 646
Dehydroepiandrosteron (DHEA) 620
Dehydrogenase 116
– FAD-abhängige 117
– NAD^+-abhängige 117
Deiodase 608
Deiodase 2 599
Deletion 519-520, 541
Demenz 829
Denaturierung, Polymerasekettenreaktion 510
Dense Bodies 789
Deoxycarnitin 319
Depolarisation 808
Depurinierung, thermische 521
Der p1 707
Dermatansulfat 403
Dermatitis, atopische 704
Dermatophagoides pteronyssinus 707
Desaminierung 160
– eliminierende 161
– hydrolytische 160
– oxidative 160
– – von Basen in der DNA 521-522
Desaturase 60, 242
Desensibilisierung (Allergie) 707
Desmin 402
Desminfilamente 402
Desmocollin 372
Desmoglein 372
Desmosom 372
5'-Desoxyadenosylcobalamin 291, 314
Desoxycholsäure 207
2-Desoxy-D-Ribose 419
Desoxyribonuklease, im Pankreassekret 204
Desoxyribonukleinsäure (DNA, DNS) 436-437
– Basenpaarung 438
– Doppelhelix 437
– GC-Gehalt 438
– Konformation 439
– mitochondriale (mtDNA) **379**, 439
– superspiralisierte 446
– Synthese 446
– Syntheserate 446
Desoxyribonukleotidsynthese 433
– thyminhaltige 434
Desoxyribose 419
Dextrin 210
dGTP, Synthese 433
DHEA (Dehydroepiandrosteron) 620
Diabetes insipidus 638, 780
Diabetes mellitus 278, 585
– Behandlung 214
– Stoffwechsel 274
– Symptome 590
– Typen 274
Diacylglycerin (DAG) 249, 352
– Synthese aus PIP_2 568
– Wirkung als Second Messenger 568
1,2-Diacylglycerin-Cholin-Phosphotransferase 352
1,2-Diacylglycerin-Ethanolamin-Phosphotransferase 352
Diadenosinoligophosphate (Ap_nA) 423
Diapedese 708
Diastereomere 47

aus: Rassow u.a., Duale Reihe – Biochemie (ISBN 9783131253545) © 2016 Georg Thieme Verlag KG Stuttgart • New York

Diauxie 463
DIC (disseminierte intravasale Gerinnung) 735
Dicer 483
Dickdarmtumor 543
– erblicher nichtpolypöser 526
Diclofenac, Magenulcus 203
Didesoxymethode nach Sanger 516
Didesoxynukleotid (ddNTP) 516
Difarnesylnaphtochinon 291, 298
Diffusion 363
– erleichterte 363
– freie 363
Digitalisglykoside 796
Digoxin 613
Dihydrofolat (Dihydrofolat)-Reduktase 309
– dTMP-Synthese 434
– Hemmung, Tumortherapie 548
– Hemmer 313
Dihydrofolsäure
Dihydroliponamid-Acetyltransferase 111-112
Dihydroliponamid-Dehydrogenase 111, 113
Dihydroorotase 431
Dihydroorotat 431
Dihydroorotat-Dehydrogenase 431
Dihydropyridin-Rezeptor 794
Dihydrotestosteron 623
Dihydrouridin-Schleife 454
Dihydroxyaceton 46
Dihydroxyacetonphosphat
– Fructoseabbau 105
– Glycerin-3-phosphat-Shuttle 188
– Glycerinabbau 132
– Glykolyse 86
– Triacylglycerinsynthese 248
1,2-Dihydroxybenzol (Catechol) 595
1,25-Dihydroxycholecalciferol 291, 295
2,4-Dihydroxy-3,3-dimethylbutyrat 308
1,25-Dihydroxyergocalciferol 295
3,4-Dihydroxyphenylalanin (Dopa) 595
Diiodtyrosin (DIT) 607
Diktyosom 385
Dimercaptopropansulfonsäure (DMPS) 745
5-Dimethylallyldiphosphat 355
Dimethylbenzimidazolribosid 314
Dimethylquecksilber 335
2,4-Dinitrophenol 190
Dinukleotid 437
Dioxygenasen 166, 167
– Tumorstoffwechsel 287
Dipeptidasen 260
Diphosphatidylglycerin s. Cardiolipin 347
5-Diphosphomevalonat 355
Diphtherietoxin 305
Disaccharid 50
DISC (Death-inducing signalling Complex) 535
discrimination, self/non-self) 673
Dishevelled 544
Disse-Raum 767
Disulfidbrücke 81
– Proteinfaltung 487
DIT (Diiodtyrosin) 607
DMPS (Dimercaptopropansulfonsäure) 745
DMT 1 324
DNA
– Abbau durch Restriktionsendonukleasen 504
– Amplifizierung (PCR) 510
– Auftrennung in Agarosegelen 511
– Klonierung 505
– Methylierung 504
– – Kanzerogenese 548
– Nachweis im Southern-Blot 513
– Plasmid 502
– Quervernetzung 548
– Satelliten-DNA 514
DNA s. Desoxyribonukleinsäure 436
DNA-abhängige Proteinkinase (DNA-PK) 542
DNA-Doppelhelix 437, 439
– Entwindung 446
DNA-Glykosylase 523
DNA-Ligase, in der Gentechnik 505, 507
DNA-Looping 466
DNA-Methylierung 466
DNA-Methyltransferasen 466
DNA-Photolyase 523
DNA-PK (DNA-abhängige Proteinkinase 542
DNA-Polymerase
– Eukaryont 449
– in der Gentechnik 505
– Polymerasekettenreaktion 510
– Typ I 447
– Typ III 447
– Typ α 447
– – Primasefunktion 446
– Typ I β, DNA-Reparatur 523
– Typ I γ 449
– Typ I δ 447
– – DNA-Reparatur 524
– DNA-Polymerase ε 447
– – DNA-Reparatur 524
– Typ η 449
– RNA-abhängige 449
DNA-Profilanalyse 514
DNA-Reparatur 523, 525
– direkte 523
– Doppelstrangbruch 526
– transkriptionsgekoppelte (TCR) 525
DNA-Schadens-Kontrollpunkte 530
DNA-Sequenzierung 515
DNA-Synthese, Polymerasekettenreaktion 510
DNA-Transfer 507
DNA-Viren 499
DnaA (Initiationsprotein) 445
DnaB (Helikase) 445
DnaG (Primase) 446
DNS s. Desoxyribonukleinsäure 436
Docetaxel 548
Docosahexaensäure 62
Döderlein-Stäbchen 99
Dogma, zentrales 442
Dolicholphosphat 360
Dolor 708
Domäne
– konstante 686
– variable 686
Dopa 595
Dopa-Decarboxylase 596
Dopamin 169, **595**
– Neurotransmitter 823
Dopaminrezeptoren, Agonisten 832
Dopamin–Hydroxylase 596
Doping 624
Doppelbindungscharakter, partieller 75
Doppelhelix s. DNA-Doppelhelix 437
Doppelstrangbruch 522
– DNA-Reparatur 526
DOTMA 508
Down-Syndrom 830
Downstream Promoter Element (DPE) 459
Doxorubicin 548
DPE (Downstream Promoter Element) 459
Drosha-RNase 483
Druck, kolloidosmotischer (onkotischer) 766
Drüsen, endokrine 555
dTMP, Synthese 434
Duchenne-Muskeldystrophie 797
Ductus thoracicus 234
Dünndarmsekret 208
– Zusammensetzung 200
Duplikation 519
dUTP, Synthese 434
dUTP-Diphosphohydrolase 434
Dynamin 368
Dynein 397, 399
Dynorphine 825
Dysplasie, primäre ziliäre 399
Dystrophin 797

E

E (Exit)-Stelle 476
E/Z-Nomenklatur 61
E1-Enzym (Ubiquitin aktivierendes Enzym) 391
E2-Enzym (Ubiquitin konjugierendes Enzym) 391
E3-Enzym (Substraterkennungsprotein) 391
EBK s. Eisenbindungskapazität 325
EBP (Transkriptionsfaktor) 460
EDTA (N,N-Ethylendiamintetraessigsäure) 264
eEF (Elongationsfaktoren 478
EF-Motiv (EF-Hand) 570
Effektor (Exekutor)-Caspasen 534, **535-537**
Effektor-T-Zelle 696
Effektorhormon 557, 602
EGF (Epidermal Growth Factor) 667
EGFR-ähnlicher Wachstumsfaktor-Rezeptor 540, 549
Ehrlich Paul 673, 682
Eicosapentaensäure 62
eIF (Initiationsfaktoren) 475-476
Eikosanoide 649
– Rolle bei Allergien 705
Eikosatetraensäure s. Arachidonsäure 649
Einnistung, Eizelle 628
Einzelstrangbindeprotein 445
Einzelstrangbruch 523
Eisen 323
– Speicherung 325
Eisen-Schwefel-Zentrum (Fe/S-Zentrum) 179
Eisenbindungskapazität (EBK)
– latente 325
– totale 325
Eisenhut 119
Eisenhydroxid 325
Eisenmangel 327
Eisenresorption 324
Elastase 260
– bei der Immunantwort 700
Elastin 408
Elektrolythaushalt 636
Elektronen-transferierenden Flavoprotein (ETF) 137, **182**
Elektrophorese 511
Elektrophorese, Blutserum 766
Elektroporation
– Bakterien 507
– Eukaryonten 508
ELISA (Enzyme-linked immunosorbent Assay) 559
– HIV-Nachweis 511
Elongation
– Fettsäuresynthese 236
– Transkription
– – Eukaryonten 460
– – Prokaryonten 458
– Translation 478
Elongationsfaktoren (eEF) 478
Embryonalentwicklung
– Steuerung durch Retinsäure 294
– Regulation durch Wachstumsfaktoren 666
– Rolle der Hyaluronidasen 411
– Rolle des Fibronektins 413
ENaC (epithelial Na^+-Channel) 641, 779
Enantiomere 47
endergon, Definition 28
Endharn 775
2,3-Endiol-L-Gluconsäurelacton (Vitamin C) 318
Endocannabinoid 59, **826**
Endolymphe 835
Endonuklease G 536
Endorphine 603, 825
Endosom 368
– frühes 368
– spätes 368
Endosymbiontentheorie 380
Endotoxin 678
Endozytose 368
– rezeptorvermittelte 368
Endplatte, motorische 787
energetische Kopplung 34
Energie, Freie
– Berechnung 29
– Definition 27
Energiebilanz
– Cholesterinbiosynthese 356
– Citratzyklus 125
– Fettsäuresynthese 239
– Fructoseabbau 106
– Glykolyse 90
– Harnstoffzyklus 153
– Purinnukleotidsynthese 426
– β-Oxidation 139
Energiediagramm 27
– mit Enzym 34
– Übergangszustand 33
Energieerhaltungssatz 31
Energiegehalt
– Kohlenhydrate 129
– Proteine 129
– TAG 129
Energieladung, Berechnung 267
Energiespeicher, in Zahlen 270
Energiestoffwechsel
– aerober 268
– bei Nahrungsmangel 270
– Regulation 266
– Schlüsselenzym 275
Energieumsatz 197
Enkephaline 603, 825
Enolase 89
Enoyl-CoA-Hydratase 137
Enterokinase 208
Enteropeptidase 259
– im Dünndarmsekret 208
Enthalpie
– Definition 31
– Freie 27
Enthalpie, Freie, Definition 27
Entkoppler, Atmungskette 190
Entkopplerprotein 599
Entropie 31
Entzündung 708
– Hemmung durch Glucocorticoide 619
– klassische Zeichen 708
– Rolle der Kinine 669
– Rolle der Prostaglandine 653
Entzündungsmediatoren 709, **711**
– Herzinfarkt 62
– im Komplementsystem 684
Enzephalomyopathie, mitochondriale 379
Enzephalopathie
– hepatische 156
– spongiforme bovine (BSE) 485
Enzym
– Affinität 37
– bifunktionelles
– – Debranching Enzyme 102
– – Fructose-2,6-bisphosphat-Interkonvertierung 95
– Gleichgewichtseinstellung 34
– isosterisches 44
– katalytische Aktivität 39
– Klassifizierung 35
– kompetitive Hemmung 41
– nicht kompetitive Hemmung 42
– reversible Hemmung 40
– unkompetitive Hemmung 42
– Wechselzahl 39
Enzyme, als Katalysatoren 33
Enzyme-linked immunosorbent Assay (ELISA) 511, **559**
Enzymhemmung 40
Enzymkinetik 35
EP-Rezeptoren 651
EPAC, Aktivierung 566
Ependymzellen 804
Epidermal Growth Factor (EGF) 667
Epidermolysis bullosa simplex 402
Epigenetik 467
Epimere 47, 49
Epimerisierung, von UDP-Galaktose-106
Epiphysenfuge 609, 619
– Schluss 624-625
Epitop 686
EPO (Erythropoetin) 668, **760**
Epoxid-Hydrolasen, Biotransformation 742

aus: Rassow u.a., Duale Reihe – Biochemie (ISBN 9783131253545) © 2016 Georg Thieme Verlag KG Stuttgart • New York

Epoxid-Reduktase 299
Epoxidierung 741
EPSP (exzitatorisches postsynaptisches potenzial) 812
Eptifibatide 723
ER s. Retikulum, endoplasmatisches 382
erbA 540
erbB 540
Erbitux 549
eRF (Terminationsfaktoren) 478
Ergocalciferol 295, 646
Erkältungskrankheit, Mittel 195
Erkrankung,
– mitochondriale 379
– neurodegenerative 829
Ernährung
– parenterale 197
– vegane 195
Erythroblastose, fetale 719
Erythropoese 760
Erythropoetin (EPO) 668, 760
Erythrose-4-phosphat 247
Erythrozyt
– Bildung 760
– Blutgruppenantigene 717
ES-BP (eisensensorisches Protein) 326
esiRNA 517
Essigsäure, aktivierte 109
Esterbindung
– in Nukleotiden 420
– tRNA 454
ETF (Elektronen-transferierendes Flavoprotein) 137
ETF-Ubichinon-Oxidoreduktase 137, 182
Ethanol
– Abbau 143
– alkoholische Gärung 98
– Bedeutung für den Enegiestoffwechsel 143
Ethanolamin 169, 350
Ethidiumbromid 512
Etoposid 548
Euchromatin 378
Eukaryontenzelle, Aufbau 342
Exekutor-Caspasen 534
exergon, Definition 28
Exon 452, 468
3'-5'-Exonuklease-Aktivität 526
Exophthalmus 611
Exozytose 368
Export, Zellkern 378
Exportrezeptor 377
Expression, monoallelische 466
Extrinsic Factor 315
Exzisionsreparatur 523-524
exzitatorisches postsynaptisches potenzial (EPSP) 812
EZM (extrazelluläre Matrix) 403

F

F-Teil, ATP-Synthase 175
F-Aktin 393
F-dUMP (Fluordesoxyuridylat) 435
F-Plasmid (Fertilitätsplasmid) 502
F-Typ-ATPase 367
Fab-Fragment 687
FABPpm 253
FAD (Flavinadenindinukleotid) 181, 291
– Mechanismus der Elektronenübertragung 117
FADD (Fas-associated Death Domain Protein) 535
$FADH_2$
– -Oxidation 136
– Citratzyklus 123
– – Ausbeute 125
– Pyruvat-Dehydrogenase 113
– β-Oxidation, Ausbeute 139
Faeces, Zusammensetzung 198
Faktor II 726
– Thrombin 729
Faktor III 727
Faktor IX 728
– Mangel 729
Faktor V 728
Faktor VII 727
Faktor VIII 728
– Mangel 729
– Thrombozytenaggregation 721
Faktor X (Stuart-Prower-Faktor) 726-728
– Hemmung durch Antithrombin 733
Faktor XI 727-728
– Mangel 729
Faktor XII (Hagemann-Faktor) 727
Faktoren (Blutgerinnung, Tabelle) 731
σ-Faktoren 456
β-Faltblatt 77
FAP (familiäre adenomatöse Polyposis coli) 543
Farbsinnstörungen 837
Farnesyldiphosphat 355
Farnesylierung 490
Fas -associated Death Domain Protein (FADD) 535
Fas-Liganden 535
– auf zytotoxischen T-Zellen 701
Fasern, elastische 408
Fasten 270-271
– GH-Wirkung 632
– Wirkung von Hormonen 272
FAT 253
FATP 253
FATP1 (Fatty Acid Transport Protein 1) 233
Favismus 245
FBP-2 s. Fructose-Bisphophatase-2 95
Fc-Fragment 687
Fc-Rezeptoren, in der Plazenta 688
Fc-Teil 687
Fcp1 (CTD-Phosphatase) 460
Fe/S-ZentrumSiehe Eisen-Schwefel-Zentrum 181
Feedback Inhibition s. Produkthemmung 95
Feedforward-Regulation 95
Fehlingprobe 52
Fehlpaarungs-Reparatur 526
Fel d1 707
Felis domesticus 707
FEN1 524
Ferrioxidase I 325
Ferrireduktase 324
Ferritin 324
Ferritin-Reduktase 325
Ferrochelatase 761
Fertilitätsplasmid (F-Plasmid) 502
Fes 540
Fett s. Lipid 192
Fettgewebe
– braunes 128
– Lipolyse 130
– weißes 128
Fettleber 128, 143, 234
Fettleberhepatitis 143
Fettreserve 127
Fettsäure
– Abbau (s. auch β-Oxidation) 133
– Aktivierung 134
– essenzielle 193
– Nomenklatur 59
– physiologische Funktion 239
– Transport ins Mitochondrium 134
– ungesättigte, Bildung 242
– ω3-Fettsäuren 62
Fettsäure-Hydroperoxid 297
Fettsäure-Synthase 589
– Aufbau 236
Fettsäure-Transportprotein 1 233
Fettsäuresynthese 234
– Energiebilanz 239
– in der Leber 769
– Regulation 240, 276
– durch Insulin 588
Fettspeicherkrankheiten 357
Fettstoffwechsel, GH-Wirkung 632
Fettstreifen 735
Fettsucht 278
Fettzellen 128
FGF (Fibroblast Growth Factor) 667
FGF (related growth factor) 540
FGF-Rezeptor 540
FGF23 648
Fibrate 581
Fibrillin 408
Fibrin
– Bildung 729
– Bindung an GP IIb/IIIa 723
– Umwandlung von Fibrinogen 726
Fibrin-Aggregat 730
Fibrinogen
– Struktur 729
– Umwandlung zu Fibrin 726
Fibrinolyse 732
Fibrinopeptide 730
Fibroblast Growth Factor (FGF) 667
Fibronektin 413
– lösliches 723
– RGD-Motiv 723
– Thrombozytenaggregation 723
Fibrose, zystische 676
Fieber, Rolle der Prostaglandine 654
Filamente
– dicke 788
– dünne 787
Filtrationsrate, glomeruläre (GFR) 774
– Bestimmung 783
Fingerabdruck, genetischer 514
Fingerhut, roter 796
First Pass Effect 616,**772**
Fischer-Projektion 50, 66
FK506 699
Flagellen 399
Flavinadenindinukleotid (FAD)
– Atmungskette 181
– Vitamin B_2 302
Flavinmononukleotid (FMN),
– Atmungskette 179
– Vitamin B_2 302
Flavoprotein 182
– Funktion 303
flg 540
Fließgleichgewicht 31
Flip-Flop
– Mechanismus, Lipidresorption 232
– Membranlipide 358
– Thrombozytenaktivierung 725
– Transportprotein 363
Flippasen 357
Floxazine 467
Flucloxacillin 503
Fluor 332
Fluorapatit 333
Fluordesoxyuridylat (F-dUMP) 435
Fluoruracil **435**, 548
FMN s. Flavinmononukleotid 179, 291
fms 540
Fokaladhäsion 373
Folgestrang 446
Follikelphase 627
Follikelreifung 627
Folsäure 291, **309**
– Funktion 310
Folsäure(Folat)-Reduktase 309
Folsäure-Hypervitaminose 314
Folsäuremangel 313, 435
Forbes-Krankheit 102
Forkhead box P3 702
Formiminoglutamat 310, 314
Formylpeptidrezeptor 677
– auf Leukozyten 709
Fos 540
Fotorezeptoren 836-837
FoxP3 702
frame shift mutation 520
Frizzled-Rezeptor 544
Fructokinase 105
Fructose
– Abbau 104
– – Energiebilanz 106
– Aufnahme in die Enterozyten 212
– Aufnahme in die Leber 768
– Struktur 47
Fructose-1,6-bisphosphat, Glykolyse 85
Fructose-1,6-Bisphosphatase 589
– Regulation, allosterische 228
Fructose-1-phosphat, Fructoseabbau 105
Fructose-2,6-bisphosphat
– Regulation der Fructose-1,6-bisphosphatase 228
– Regulation der Gluconeogenese 271
– Regulation der Glykolyse 95
Fructose-6-phosphat
– Glykolyse 85
– Pentosephosphatweg 246
– Phosphorylierung 85
Fructose-Bisphosphatase 225
Fructose-Bisphosphatase-2 (FBP-2) 95
– Regulation 96
Fructose-Intoleranz 106
FSH (Follikel stimulierendes Hormon) 602, 604, 623
Fucose 359
– in Blutgruppenantigenen 717
Fumarat
– Citratzyklus 123
– Harnstoffzyklus 153
Fumarat-Hydratase 123
Functio laesa 708
Funktionalisierungsreaktionen 740
Furanose 48
Furche (DNA)
– große 439
– kleine 439
Furosemid 779
Furunkel 503
Fusionsprotein, bei der Kanzerogenese 541
F'-Plasmid 502

G

ΔG 27
G_i-Protein 566
G-Aktin 393
G-Protein
– heterotrimeres
– – Aktivierung 562
– – Aufbau 562
– – Effektormoleküle 563
– – Inaktivierung 562
– – inhibitorisches (G_i) 566
– – Transducin 838
– kleines 576
– riechspezifisches 834
G-Protein-Rezeptors. Rezeptor, G-Protein gekoppelter 561
g-Strophanthin 613
G-Zellen 202, 634
G0-Phase 528
G1-Phase 528
– Restriktionspunkt 531
G1/S-Übergang 531
G2-Phase 529
G2/M-Übergang 532
G418 518
GABA - Aminobuttersäure 169, 820
$GABA_A$-Rezeptoren 820
$GABA_B$-Rezeptoren 821
$GABA_C$-Rezeptoren 821
GAGs. Glykosaminoglykane 409
gain-of-function-Mutationen 286
gal-Operon 462
Galaktokinase 106
Galaktopoese 633
Galaktosämie 107
Galaktose
– Abbau 106
– Auflnahme in die Enterozyten 212
– Aufnahme in die Leber 768
– Epimere 49
– im Keratansulfat 410
– in Blutgruppenantigenen 717
– N-Glykosylierung 359
Galaktose-1-phosphat, Galaktoseabbau 106
Galaktose-1-phosphat-Uridyltransferase 106
β-Galaktosidase 211
– in pUC 18 506
– lac-Operon 462
Galaktosylcerebrosid 348
Galle 205
Gallenblase 772
Gallenfarbstoffe 771

aus: Rassow u.a., Duale Reihe – Biochemie (ISBN 9783131253545) © 2016 Georg Thieme Verlag KG Stuttgart • New York

Gallengang 767
Gallenkanälchen 767
Gallensalze 205
Gallensäure 205 , 771
– konjugierte 205
– primäre 206
– Sekretion 772
– sekundäre 206
– Synthese 205
– Zusammensetzung 200, **205, 771**
Gallensteine 208
Ganciclovir 518
Gangliosid GM2 388
Ganglioside 350
– Biosynthese 353
– Struktur 348
Gap Junction 373
GAP siehe GTPase-aktivierendes Protein 563
GAPDH s. Glycerinaldehyd-3-phosphat-Dehydrogenase 86
Gärung, alkoholische 98
Gasaustausch, Lunge 749
Gaskonstante 29
Gastrin 634
– Regulation der Salzsäureproduktion 202
– Sekretion, Regulation 635
– Wirkung 634
Gastrin-Cholecystokinin-B-Rezeptor 634
Gastrin-releasing Peptide (GRP) 635
Gastrinom 635
Gastritis 202
GC-Gehalt (DNA) 438
GCSF s. Granulozyte Colony Stimulating Factor 668
GDP-Man, Synthese des Core-Glykosids 360
Gedächtnis, Rolle des Histamins 661
Gedächtniszellen 685, 697
GEF s. Guaninnukleotid-Austauschfaktor (GEF) 576
Gehirn, Energiestoffwechsel 800
Gehörknöchelchen 835
Gehörorgan 835
Gelbkörper 628
Gelbsucht 144, 765
Gelelektrophorese 511
Gelenkregion 687
Gen, Definition 436
Genamplifikation 541
Genbank
– cDNA 509
– genomische 509
Genbibliothek s. Genbank 509
Genexpression 451
– Definition 442
– monoallelische 466
– Regulation 461
– – durch miRNA 483
– – posttranskriptionelle 483
– – translationale 483
Genmutation 520
Genom 441
– E. coli 444
– humanes 441
– menschliches 444
– mitochondriales 380
– prokaryontisches 341
– retrovirales 442
– virales 437
Genommutation 519
Genomreparatur, globale (GGR) 525
Gentechnik, Definition 501
Gentherapie, somatische 501
Gentransfer, horizontaler 503
Geranyldiphosphat 355
Gerbsäure 324
Gerinnung, disseminierte intravasale (DIC) 735
Gerinnungsfaktor,
– Hemmung (Cumarinderivate) 300
– Konzentrat 300
– Übersichtstabelle 731
Gerinnungsstörungen
– Diagnose 732
– Hämophilien 729
– von-Willebrand-Syndrom 722
Gesättigte Fettsäuren 58
Geschlechtsmerkmale, sekundäre 624
Geschlechtsorgane, Reifung 624
Geschmackssinneszellen 835
Geschwindigkeitskonstante 32, 36
Gestagene 624
Gewebe-Plasminogenaktivator 732
Gewebe-Thromboplastin 727
Gewebefaktor 727
Gewebshormone 555, 649
Gewebskallikrein 658
GFRs. Filtrationsrate, glomeruläre 774
GGR (globale Genomreparatur) 525
GH (Growth Hormone)s. Wachstumshormon 602
Ghrelin **280**, 630
GHRH (Growth-Hormone-Releasing-Hormon, Somatoliberin) 602, 630
Gibbs, Edward 27
Gicht 429
Gichtanfall, akuter 396, 400
Gichtknoten 429
Gichttophi 429
Gilbert-Meulengracht-Syndrom 765
GIP (gastroinhibitorisches Peptid) 635
Glanzmann, Morbus 723
GLDH (Glutamat-Dehydrogenase) 344
Gleevec 68
Gleichgewicht, chemisches 28
Gleichgewichtsorgan 835
Gleitfilamentmechanismus 791
Gliafaserproteine, saure 402
Gliazellen 801
Glisson-Trias 767
Glivec 68
Globulin
– Thyroxin bindendes (TBG) 608
– Typ α 766
– Typ β 766
Glomerulus 774
– im Bulbus olfactorius 834
GLP (Glucagon-like Peptide) 592
Glucagon-like Peptide (GLP) 592
Glucocorticoid-Rezeptor (GR) 618
Glucocorticoide 616-617
– als Immunsuppressiva 619
– Biosynthese, Regulation 616
– Hemmung der Phopspholipase A_2 650
– Hemmung der Prostaglandinsynthese 618
– Regulation der Katecholaminsbiosynthese 596
– Wirkungen 617
– – auf den Stoffwechsel 618
– – auf Organsysteme 619
Glucokinase 84, 94
– Regulation 275
Gluconeogenese 225
– im Hungerstoffwechsel 270
– in der Leber 768
– in der Niere 775
– Mechanismus 222
– Regulation 276
– Stimulation in der Leber 271
Glucosamin, im Heparansulfat 410
Glucose
– Abbau = Glykolyse 82
– Anomere 50
– Aufnahme, Regulation 275
– Aufnahme in die Enterozyten 212
– Aufnahme in Erythrozyten 214
– Aufnahme ins extrahepatische Gewebe 213
– Aufnahmen ins ZNS 214
– Epimere 49
– Glykogensynthese 216
– im Gehirn 800
– im Primärharn 775
– N-Glykosylierung 359
– Phosphorylierung 20, 27, 83
– – Energiediagramm 27
– – G 28
– reduzierende Eigenschaften 51
– Rückresorption in der Niere 214, 776
– Stoffwechsel in Leber 768
– Struktur 47
– täglicher Bedarf 221
Glucose-1-phophat-UTP-Transferase 216
Glucose-1-phosphat
– Glykogenabbau 100
– Glykogensynthese 216
Glucose-6-phosphat 20, 27, 83
– Glykogensynthese 216
– Pentosephosphatweg 245
– Regulation der PP-1 221
Glucose-6-phosphat-Dehydrogenase 245
Glucose-6-phosphat-Dehydrogenase-Mangel 245, 759
Glucose-6-phosphat-Isomerase 85
Glucose-6-Phosphatase 225
– in den Hepatozyten 768
Glucose-Toleranz-Faktor (GTF) 334
Glucose-Transporter 212
Glucosehomöostase, Rolle der Niere 775
Glucosetransporter (GLUT) 366
Glucosurie 590
Glucosylcerebrosid 348
Glucuronide 743
Glucuronsäure 409
Glukagon 591
– Auslösung des Hungersignals 269
– beim Fasten 272
– Regulation der Fettsäuresynthese 240
– Regulation der Gluconeogenese 228
– Sekretion 591
– Wirkungen 592
GLUT (Glucosetransporter) 366
– Typ 1 214
– – im Gehirn 800
– Typ 2 213, 768
– – in der Niere 776
– Typ 3 214
– – in Nervenzellen 800
– Typ 4 213, 589
– – Regulation 93
– – Regulation durch Insulin 587
– Typ 5 212, 768
Glutamat 70, 812
– Abbau 164
– als Neurotransmitter
– – im Ohr 835
– – Photorezeption 837
– Gluconeogenese 227
– in der Folsäure 309
– oxidative Desaminierung 160
– Synthese 812
Glutamat-Dehydrogenase (GLDH) **155**, 160, 344
Glutamat-Oxalacetat-Transaminase (GOT) 159
Glutamat-Pyruvat-Transaminase (GPT) 159
Glutamat-Rezeptoren 813
– Ionotrope 813
– metabotrope 814
– NMDA-Rezeptoren 814
– RNA-Editing 472
Glutamin 68
– Abbau 164
– Gluconeogenese 227
– hydrolytische Desaminierung 160
– Produktion in der Leber 769
– Purinnukleotidsynthese 425
– Stoffwechsel 149
– Tumorentstehung 284
Glutamin-Phosphoribosyl-Amidotransferase 426
Glutamin-Synthetase 155, 160
Glutaminsäure 70
– Abbau 164
γ-Glutaryltransferase (γ-GT) 344
Glutathion (GSH) 758
– Biotransformation 743
Glutathion-Peroxidase 72
Glutathion-S-Transferase (GST) 743
Glutathionkonjugate 743
Gluten 261
Glyceral-3-phosphat s. Glycerinaldehyd-3-phosphat 86
Glycerin 350
– Abbau 132
– Gluconeogenese 227
– im Primärharn 775
– in Glycerophospholipiden 346
– Resorption 233
– Triacylglycerinsynthese 248
Glycerin-3-phosphat
– Glycerophospholipid-Biosynthese 350
– Lipolyse 132
Glycerin-3-phosphat-Acyltransferase 350
Glycerin-3-phosphat-Dehydrogenase 132
– Atmungskette 183
– mitochondriale 188
– zytosolische 188
Glycerin-3-phosphat-Shuttle 188
Glycerin-Kinase 227, 248
Glycerinaldehyd 46
– D/L-Form 46
– Fructoseabbau 105
Glycerinaldehyd-3-phosphat
– Glykolyse 86
– Mechanismus der Oxidation 87
– Pentosephosphatweg 246
Glycerinaldehyd-3-phosphat-Dehydrogenase 86
Glycerinaldehyd-Kinase 105
Glycerintrinitrat = Glyceroltrinitrat 796
Glycerokinase 248
Glyceroltrinitrat = Glycerintrinitrat 796
Glyceron-3-phosphat s. Dihydroxyacetonphosphat 86
Glycerophosphatid 346
Glycerophospholipide 346
– Abbau 356
– Biosynthese 350
Glycin 67, 822
– Abbau 163
– Biotransformation 744
– Hämbiosynthese 760
– Purinnukleotidsynthese 425
– Umwandlung in Serin 310
Glycinrezeptor-Antagonist 822
Glycocholsäure 206
Glykan 409
Glykierung 590

Glykogen 215

Struktur Abb.-11.5a, 215
Synthese 215
Regulation der Glykogensynthese 219
Abbau 100
Regulation des Glykogenabbaus 103
Glykogenosen 216, 217

Glykogen
– Abbau 100
– – Regulation 275
– Definition 215
– Speicherung 100
– – Vergleich mit TAG 129
– Stoffwechsel in der Leber 768
– Struktur 52
– Synthese, Regulation 275
Glykogen-Phosphorylase 100
– Aktivierung bei Ausdauerleistung 269
– hormonelle Regulation 104
– Regulation 275
Glykogen-Phosphorylase-Kinase, Regulation durch Ca2 + /CaM 571
Glykogen-Synthase **216**, 218
– Typ 3 (GSK-3) 220
– – Regulation durch Insulin 585
– Typ 3β 544
– Regulation 219, 275
Glykogenabbau
– der Skelettmuskulatur 104
– Regulation 103
Glykogengranula 218

aus: Rassow u.a., Duale Reihe – Biochemie (ISBN 9783131253545) © 2016 Georg Thieme Verlag KG Stuttgart • New York

Glykogenin 215, 218
Glykogenosen auch Glykogenspeicherkrankheiten 101, 216, **217**, 226, 797
Glykogensynthese 215-216, 218
– Regulation 219-220
Glykokalix 359
Glykolipid, Definition 348
Glykolyse 82
– aerobe 91
– anaerobe, Regulation im Muskel 267
– Definition 82
– Energiebilanz 90
– Regulation 92, 275
– – durch Glukagon 592
– – durch Insulin 587
– Schlüsselenzyme 92
Glykoprotein
– Definition 54
– GP Ib 721
– GP IIb 722
– GP IIIa 722
– Myelin-assoziiertes (MAG) 802
Glykosaminoglykane (GAG) 55, **409**, 412
– Abbau 411
– Biosynthese 411
– Definition 409
– Funktion 411
Glykosylierung 489
– Definition 54
– von Kollagen 405
– von Membranlipiden 385
– von Proteinen **359**, 385
Glykosyltransferase 360, 411
GMCSF s. Granulocyte Macrophage Colony stimulating Factor 668
GMP (Guanosinmonophosphat) 425
GnRH (Gonadotropin-Releasing-Hormon, Gonadoliberin) 602, 623
– Ausschüttung, Rückkopplung 628
GnRH-Neurone 622
Golgi-Apparat 384
Gonadoliberin s. GnRH 602
Gonadotropin-Releasing-Hormon (GnRH) 602
Gonadotropine 604
GOT = Glutamat-Oxalacetat-Transaminase 159
GP IIb/IIIa (Glykoprotein IIb/IIIa) 722
– Bindung von Fibrin) 723
GP-IIb/IIIa-Antagonist 723
GP-IIb/IIIa-Rezeptor-Antagonisten 723
GPI-Anker 490
GPR54 622
GPT s. Glutamat-Pyruvat-Transaminase 159
Gq-Protein 567
Graaf-Follikel 628
Granula, elektronendichte (δ-Granula) 724
α-Granula (Thrombozyten) 721
– Inhaltsstoffe 724
β-Granula 218
δ-Granula (Thrombozyten) 724
Granulocyte Colony stimulating Factor (GCSF) 668
Granulocyte Macrophage Colony stimulating Factor (GMCSF) 668
Granulom 700
Granulozyten, eosinophile 706
Granzyme 701
GRB2 576
Griffith, Frederick 436
Growth Hormone (GH)s. Wachstumshormon 602
Growth-Hormone-Releasing-Hormon, Somatoliberins. GHRH 602
GRP (Gastrin-releasing Peptide) 635
Grün-Opsin 837
Grundumsatz 197
Grünschwäche 837
Gruppe, prosthetische 182
Gruppenübertragungspotenzial, hohes 84
GSH s. Glutathion 758
GSK 3 (Glykogen-Synthase-Kinase 3) 220
GSK 3 s. Glykogen-Synthase-Kinase 3 585
GSSG 759
GST (Glutathion-S-Transferase) 743
γ-GT (γ-Glutaryltransferase) 344
GTF (Glucose-Toleranz-Faktor) 334
GTP Synthese 122
GTPase activating Factor (GAP) 576
GTPase-aktivierendes Protein (GAP) 563
Guanin 419
Guanin-7-methyltransferase 468
Guanine Nucleotide Exchange Factor (GEF) 576
Guaninnukleotid-Austauschfaktor (GEF) 576
Guanosin 420
– methyliertes (mRNA) 452, 468
Guanosinmonophosphat (GMP) 425
Guanylatzyklase 572
– lösliche (zytosolische) 572
– membrangebundene 572
– zytosolische, Aktivierung durch NO 656
Guanylyltransferase 468
Guldberg 29
Gyrase 450
Gyrasehemmer 450, 467

H

ΔH 31
H_1-Blocker (Antihistaminika) 705
H^+-ATPase, lysosomale 387
H^+-K^+-ATPase 201
H-Antigen 717
H-Kette 686-687
H-Kette (Immunglobulin), somatische Rekombination 691
H-Ras 540
Haarzellen 835
Haemophilus influenzae 689, 698
Hageman-Faktor (Faktor XII) 727
Halbacetal 48
Halbketal 48
Haldane-Effekt 755
Halothan, Abbau 742
Häm-a-Gruppe 185
Häm-a_3-Gruppe 185
Häm-Abbau 762
Häm-Oxygenase 762
Hämatokrit 749
Hämatom 763
Hämatopoese, Wirkung von Zytokinen 668-669
Hämatopoetine 666-667
Hämbiosynthese 760
Hämgruppe
– Abbau 762
– Hämoglobin 751
– Import ins Lysosom 390
– P-450-Enzyme 741
Hämochromatose 326
Hämoglobin
– Abbau 762
– Allosterie 43
– allosterische Effekte 753
– anomales 756
– Bohr-Effekt 753
– CO_2-Bindung 755
– fetales 756
– HbA_1 756
– – Affinität zu 2,3-BPG 756
– HbA_2 756
– HbA1, Struktur 750
– HbF 756
– HbH 756
– HbS 756
– Helix F 751
– Kooperativität 753
– Mechanismus der O_2-Bindung 752
– Methämoglobin 757
– neonatales 756
– Oxidationsschutz 758
– oxidiertes 757
– Oxygenierung 751, 753
– Quartärstruktur 79
– R-Zustand 752
– Röntgenkristallstruktur 751
– Sauerstoffbindungskurve 750
– Sichelzellanämie 756
– Struktur 750
– – O_2-Bindestelle 751
– Synthese 760
– T-Zustand 752
– – Stabilisierung 753-754
Hämolyse 718
Hämophilie, s. auch Gerinnungsstörungen 729
Hämosiderin 325
Hämosiderose 326
Hämostase 721
Hanf 59
Hapten 698
– Hib-Impfung 698
Haptoglobulin 762
Harn, hypotoner 638
Harnsäure 150, 428
– im Urin 783
– Rückresorption in der Niere 776
Harnsäures. auch Urat 428
Harnsäuresteine 776
Harnstoff 150
– im Primärharn 775
– im Urin 783
– Rückresorption in der Niere 783
Harnstoff-Transporter 783
Harnstoffzyklus 150-151
– Energiebilanz 153
– Regulation 154, 276
Hartnup-Krankheit 261
Haschisch 59
Hauptzellen 201
Hausstaub 707
Haworth-Projektion 50
HbA_{1c} 590
Hbs. Hämoglobin 756
hCG (humanes Choriogonadotropin) 629
HCN-Kanäle 818
HCP 1 (heme carrier protein 1) 324
α-HDL 256
HDL s. high density lipoprotein 256
Heavy Chain (Antikörper) 686
Hedgehog-Protein 666
Heinz-Körper 245
Helicobacter pylori 202
Helikase 445
α-Helix 77
– Membrananker 80
Helix, amphiphile 382
Helix F (Hämoglobin) 751
Helminth-Paradox 707
heme carrier protein (HCP) 324
Hemeralopie 294
Hemidesmosom 372
Hemmung
– irrreversible 40
– isosterische 44
– kompetitive 41
– nicht kompetitiv 42
– reversible 40
– unkompetitive 42
Henle-Schleife 774
– Funktion 778
Henseleit, Kurt 116, 151
Heparanase 733
Heparansulfat 403, **410**, 412
– Hemmung der Blutgerinnung 734
Heparin 410
– Hemmung der Blutgerinnung 733
– Struktur 54
Hepatomegalie 226
Hepatozyt 767
Hephaestin 324
Her2 549
Herceptin 549
Hereditary nonpolyposis colorectal Carcinoma (HNPCC) 526
Heroin 826
Hers-Krankheit 101
Herz, HCN-Kanäle 818
Herzerkrankung, koronare 736
Herzglykosid 195
Herzglykoside 796
Herzinfarkt 62
– CK-MB 267
– GP-IIb/IIIa-Rezeptor-Antagonisten 723
– Marker 267
– Pathogenese 735
– Therapie 737
– Therapie mit Plasminogenaktivatoren 732
– Thrombozytenaggregationshemmer 724
– Troponin 792
Herzinsuffizienz, Diagnose über BNP 643
Herzmuskulatur, Aufbau 789
Herzzeitvolumen, Steigerung 609
Heterochromatin 378
Heterodimerisierung, intrazellulärer Rezeptor 579-581
Heteroglykane 54
Heuschnupfen 704
HEV (High endothelial Venules) 695
Hexokinase 83
– Regulation 93, 275
Hexokinase II 589
Hexosaminidase A 388
Hexose 47
Hexosemonophosphatwegs. Pentosephosphatweg 243
Hfr (High Frequency of Recombination) 502
HGF-Rezeptor 540
hGH (Human Growth Hormone), gentechnische Herstellung 509
HGPRT (Hypoxanthin-Guanin-Phosphoribosyltransferase) 430
Hib-Impfung 698
HIF-1 283
High density lipoprotein (HDL) 256
High endothelial Venules (HEV) 695
High Frequency of Recombination (Hfr) 502
Hinge Region 687
Hippursäure 744
Hirudin 734
Hirudo medicinalis 734
Histamin 169, **660**
– als Antiallergikum 661
– als Neurotransmitter 661
– Auslösung allergischer Reaktionen 704
– Auslösung von Allergien 705
– Biosynthese 660
– Regulation der Salzsäureproduktion 203
– Wirkungen 660-661
Histaminfreisetzung, durch C 3a uznd C 5a 684
Histaminrezeptoren 660-661
Histidin 70
– Abbau 164
– Decarboxylierung zu Histamin 660
– im Hämoglobin 751
– pK-Wert 65
Histidin E7 (Hämoglobin) 751
Histidin F8 (Hämoglobin) 751
Histidinbelastungstest 314
Histon-Deacetylase (HDAC), Rolle im Zellzyklus 531
Histon-Deacetylasen 467
Histon-Oktamer 440
Histone 439
– Modifikation 467
Hitzeschockprotein, Steroidhormonrezeptor 580
Hitzeschockproteine (Hsp) 486
HIV
– Infektion 496
– Nachweis 511
– Therapie 496
– Variabilität 496
HIV (Humanes Immundefizienzvirus) 495
HIV-Human Immunodeficiency Virus, Immunsystem 702
HLA-Proteine 694
HMG-CoA-Reduktase 354, 356
– Interkonvertierung 356
HMG-CoA-Reduktasehemmer 255
HMG-CoASiehe β-Hydroxy-β-methylglutaryl-CoA 251
HMWK (hochmolekulares Kininogen) 658

aus: Rassow u.a., Duale Reihe – Biochemie (ISBN 9783131253545) © 2016 Georg Thieme Verlag KG Stuttgart • New York

HNPCC (Hereditary nonpolyposis Colorectal Carcinoma) 526
hnRNA 441
hnRNA (heteronukleäre RNA)
– Prozessierung 468
– RNA-Editing 472
– Struktur 452
Hodentumor 548
Homocystein 171
– Remethylierung 310, 315
Homodimerisierung
– intrazellulärer Rezeptor 579
– Steroidhormonrezeptor 580
Homogenisator 343
Homogentisat 166
Homogentisat-Dioxygenase 166
Homoglykane 54
Homöostase, Zellzahl 534

Hormone 582

Hormon-Substanzklassen 556
Hormone 555, **582**
– adrenocorticotropess. ACTH 602
– aglanduläre 555
– Aminosäurederivate, Eigenschaften 556
– antidiuretischess. ADH 604
– effektorische 557
– Einteilung 555
– Follikel-stimulierendes s. FSH 604
– gastrointestinale 633
– glandotrope
– – Funktion 604
– – Struktur 603
– glanduläre 555
– hydrophile 556
– hydrophobe 556
– lipophile 579
– Melanozyten stimulierendes 603
– Nachweismethoden 558
– Regelkreise 557
– Sekretion, pulsatile 603
– somatotropes (STH) s. Wachstumshormon 629
– Thyreoidea stimulierendes(TSH) 608
– Wasser-, Elektrolythaushalt 636
– Wirkprinzip 556
Hormone-responsive Element (HRE) 579
Hornissengift 232
Hornykiewicz, Oleh 831
HRE (Hormone-responsive Element) 579
HSL (hormonsensitive Lipase) 130
Hsp (Hitzeschockproteine) 486
– Hsp60 486
– Hsp70 382, 486
– Hsp90 487, 580
5-HT-Rezeptoren 662
– Klassifizierung 663
Human Growth Hormone s. hGH 509
human Leucocyte Antigen s. HLA 694
humanes Choriogonadotropin (hCG) 629
Humanes Immundefiziensvirus (HIV) 495
Hungergefühl, Regulation 278
Hungerstoffwechsel 270
Hunter-Glossitis 316
Huntingtin 833
Hyaluronat 403, **410**, 412
Hyaluronidase 504
Hyaluronidasen 411
Hyaluronsäure 56
Hyaluronsäure s. Hyaluronat 410
Hybridisierung
– Definition 512
– Polymerasekettenreaktion 510
– Southern-Blot 513
Hybridom 693
Hydrid-Ion, Reduktion von NAD^+ 88
Hydrochinon 291
Hydrolase, saure 387
Hydrophobizität
– Plot 80
– von Aminosäuren 80
3-Hydroxyacyl-CoA 137
3-Hydroxyacyl-CoA-Dehydrogenase 137
3-Hydroxyanthranilat 167
(3-) Hydroxybutyrat 127
– Abbau 142
– Synthese 251
3-Hydroxybutyrat-Dehydrogenase 142
β-Hydroxybutyrat-Dehydrogenase 251
4-Hydroxycumarin 299
Hydroxyethyl-Thiaminpyrophosphat 112
Hydroxyglutarat 286
Hydroxyharnstoff 434
5-Hydroxyindolacetat 662
Hydroxylapatit 415
1α-Hydroxylase 647
11β-Hydroxylase, Mangel 616
21α-Hydroxylase, Mangel 616
Hydroxylierung 741
– von Kollagen 405
Hydroxylradikal 297, 758
Hydroxylysin 404, 408
3-Hydroxy-3-methylglutaryl-CoA (β-Hydroxy-β-methylglutaryl-CoA) 251
– Cholesterinbiosynthese 354
– Ketonkörpersynthese 251
Hydroxyprolin 404, 408
3β-Hydroxysteroid-Dehydrogenase 615
11β-Hydroxysteroid-Dehydrogenase 642
5-Hydroxytryptamins. Serotonin 662
5-Hydroxytryptophan, Serotoninbiosynthese 662
Hyperaldosteronismus
– primärer 642
– Sekundärer 642
Hyperalgesie 653
Hyperammonämie 154
– Therapie 156
Hyperbilirubinämie 765
Hypercholesterinämie 255
– familiäe 257
Hyperglykämie, bei Diabetes mellitus 590
Hyperinsulinämie 585
Hyperkalzämie 296
– bei Insulinmangel 590
Hyperkalzurie 296
Hyperkoagulabilität 300
Hyperlipoproteinämie Typ II 257
Hypermutation, somatische 693
Hyperosmolarität 637
Hyperostose 295
Hyperplasie, kongenitale lipoide adrenale 614
Hyperprolaktinämie 633
Hypersensitivitätsreaktion (s. auch Allergie) 704
Hyperthermie, maligne 611
Hyperthyreose 611
Hypertonie
– arterielle 640
– hypokaliämische 642
Hypertriglyceridämie 581
Hyperurikämie
– primäre 429
– sekundäre 429
Hypervitaminose 292
– Definition 290
Hypoosmolarität 637
Hypophyse 603
Hypophysenhinterlappen 603
Hypophysenvorderlappen 603
Hypothalamisch-hypophysäres System 557, 558
Hypothalamus 602
Hypothyreose 611
Hypovitaminose, Definition 290
Hypoxanthin 420, 428
Hypoxanthin-Guanin-Phosphoribosyltransferase (HGPRT) 430

I

IAP (Inhibitor of Apoptosis Proteins) 535
I-Banden 788
Ibuprofen, Magenulcus 203
ICAD 537
ICAM-1 708
Iccosomen (Immune-complex-coated bodies) 695
Iduronsäure 409-410
IF Interferone 670, 701
– IFN-γ s. Interferon-γ 697
IgA 688
IgA-Dimere 688
IgA-Mangel, selektiver 689
IgA-Proteasen 689
IgA-Rezeptor 688
IgD 690
IgE 690
– bridging durch Antigen 704
IGF (Insulin-ähnlicher Wachstumsfaktor) 630, 667
IGF-1 (Insulin-like growth factor 1), Leber 770
IGF-Bindungsproteinen 631
IGF-I-Rezeptor 631
IGF-II-Rezeptor 631
IgG 686, 688
– Aktivierung des Komplementsystems 682
– Funktionen 688
– Subklassen 688
IgM 689
– Aktivierung des Komplementsystems 682
IgM-Pentamere 689
Ikterus 144, 765
ILs. Interleukine 668
Iminosäure 69
Imipramin 824
Immotile-Cilia-Syndrom 399
Immune surveillance 713
Immune-complex-coated Bodies (Iccosomen) 695
Immunglobulin (Ig) 686
– Aufbau 686
– IgA 688
– IgD 690
– IgE 690
– IgG 686, 688
– IgM 689
– Klassenwechsel 692, 697
– s. auch einzelne Igs 682
– somatische Hypermutation 693
– Übersichtstabelle 691
Immunisierung 685

Immunologie 673

Immunschwächekrankheit s. AIDS 511
Immunsystem
– adaptives **685**-**686**, 688, 693
– – Definition 674
– angeborenes 674-676, 682
– – Definition 674
– erworbenes s. Immunsystem, adaptives 674
– Mediatoren 715
– spezifisches s. Immunsystem, adaptives 674
– Überreaktion (Allergie) 704
– unspezifisches s. Immunsystem, angeborenes 674
– Wirkung von Glucocorticoiden 619
– Wirkung von Zytokinen 670
Immuntherapie, allergenspezifische (SIT) 707
Immuntoleranz, Apoptose 534
IMP (Inosinmonophosphat) 425
IMP-Dehydrogenase 428
Import, Zellkern 378
Importrezeptor 377
Impotenz 633
Imprinting 466
Inaktivator 40
Induktion, Transkription 461

Infektiologie

Bakterien, Prokaryonten 341
– Peptidoglykan/Murein 54
Bakterielle Toxine:
– Botulinum-Toxin 370, 815, 817
– Tetanus-Toxin 822
– Diphtherietoxin 305
– Choleratoxin 305
– Shigatoxin 482
Viren 491
– HIV 702, 495
– Hepatitis C Virus 545
Prionen 484
Immunität 673
– angeborene Immunität 674
– erworbene Immunität 685
– Immunabwehr von Parasiten 706
Antibiotika 480:
Hemmung der bakteriellen Zellwandsynthese:
– Penicilline 40, 503
– Cephalosporine 55, 261
– Carbapeneme 55
– Vancomycin 55
Hemmung der bakteriellen Proteinsynthese:
– Aminoglykoside 480
– Chloramphenicol 480
– Linezolid 480
– Makrolide 480
Sonstige Antibiotika:
– Rifampicin 740, 467
– Metronidazol 480
– Sulfonamide, Trimethoprim 313, 480

Infertilität 399
Inflammasomen 680
Influenza Viren 497
– Struktur 497
Influenza-Viren, Variabilität 497
Inhibin
– im Follikel 627
– im Hoden 623
Inhibitor 43
– kompetitiver 41
Inhibitor of Apoptosis Proteins (IAP) 535
Initiation
– Replikation, Prokaryonten 445
– Transkription
– – Eukaryonten 460
– – Prokaryonten 457
– Translation 475
Initiationsfaktoren (Translation) 475-476
Initiationskomplex 476
– 48S-Initiationskomplex 476
– offener 460
Initiator (Inr) 459
Initiator-Caspasen 534
Initiator-Methionyl-tRNA 475
Ink4-Familie 530
Inosin 420
Inosinmonophosphat (IMP) 154, 425
Inositol 350
– Struktur des Phosphatidylinositol 347
Inositol-1,4,5-trisphosphat siehe IP_3 352
Inositoltriphosphat-Rezeptor = IP_3-Rezeptor 796
Inr (Initiator) 459
INR-Wert (International Normalized Ratio) 732
Insertion 519-520, 541
Instabilität, dynamische 396
Insulin **582**, 585, 587
– Abbau 584
– als Regulator der Genexpression (Tabelle) 589
– Biosynthese 582
– Regulation der Fettsäuresynthese 240
– Regulation der Gluconeogenese 229

aus: Rassow u.a., Duale Reihe – Biochemie (ISBN 9783131253545) © 2016 Georg Thieme Verlag KG Stuttgart • New York

– Regulation der Lipolyse 130
– Regulation der PP-1 220
– Regulation des Hungergefühls 280
– Regulation des Kaliumhaushalts 643
– Sekretion 583
– Signaltransduktion 584
– Speicherung 582
– Struktur 582
– während der Resorptionsphase 273
– Wirkungen
– – molekulare 584
– – zelluläre 587
Insulin-like Growth Factor s. IGF 667
Insulinmangel, Klinik 585
Insulinresistenz 132, 274, 585, 632
Insulinrezeptor 584
– Signaltransduktion 585
Insulinrezeptorsubstrat (IRS) 584
Insulinsensitizer 581
int-2 540
Integration, Plasmid 502
Integrilin 723
Integrin 372, 413
– Bindung an ICAM-1 (Diapedese) 708
– Glykoproteine GP I-III 722
Integrinphase 708
Interferone (IFN) 670, 716
– IFN-α 701, **716**
– IFN-β 701, **716**
– IFN-γ 697, **716**
– – Unterdrückung allergischer Reaktionen 706
Interkalierung 467, **522**
– Ethidiumbromid 512
Interkonversions. Interkonvertierung 97
Interkonvertierung 97
– Pyruvat-Dehydrogenase 114
Interleukine (IL) 668, 670
– Aktivierung von B-Zellen 697
– IL-1β 716
– IL -2 699, 716
– IL -4 716
– IL -5 716
– IL -6 716
– IL -8 670, 709, **716**
– IL -10 707, **716**
– IL -17 716
Intermediärfilamente 372, **400**
Intermediärtubulus 774
Intermembranraum, Mitochondrium 379
International Normalized Ratio (INR) 732
Intoxikation, Knollenblätterpilz 456
Intrinsic Factor 315
– im Magensaft 200
– Mangel, perniziöse Anämie 139
Intron 452, 468
Inversion 519
Invertzucker 104
Iod
– als Spurenelement 333
– Schilddrüsenhormone 606
Ionenkanal
– cAMP-regulierter 566
– ligandenaktivierter 571
– mechanosensitiver (Ohr) 835
Ionenkanal, in biologischen Membranen 365
Ionenpumpe 367
ionotropen Glutamatrezeptoren 813
IP_3 352
– Synthese aus PIP_2 568
– Wirkungen als Second Messenger 570
IP_3-Rezeptor 570, 572
Ipililumab 715
IRBP (interstitielles Retinoid-bindendes Protein) 839
IRE (Iron Response Element) 326
Irinotecan 450, 549
Iron Response Element (IRE) 326
Irreversible Hemmung 40
IRS (Insulinrezeptorsubstrat) 584
Ischämie 735
Isoalloxanring 302
Isocitrat 119
Isocitrat-Dehydrogenase 120
– Tumorstoffwechsel 285
Isoelektrischer Punkt (IP) 65
– Beispielrechnung 65
Isoenzym
– Definition 37
– in der Diagnostik 99
– Lactat-Dehydrogenase 99
Isoleucin 67
– Abbau 164
Isomaltose 210
Isomere 47
– Aminosäuren 66
Isomerisierung
– 3-Phosphoglycerat 89
– Citrat 119
– Glucose 28
– von Glucose-6-phosphat 85
Isoniazid 743
5-Isopentenyldiphosphat 355
5-Isopentenylpyrophosphat 355
Isopreneinheit, aktivierte 355
Isoprenylierung 489
Isosorbidmononitrat 658
Isosterie 44
Isotyp (Antikörper) 686
Isoxazolylpenicillin 503
Ito-Zellen 293
I-Zellen 636

J

J-Gensegment 691
J-Kette
– IgA 688
– IgM 689
J-Segment 691
JAK (Janus-Kinase) 578
JAK-STAT-Proteine 578
JAK-STAT-Signaltransduktionsweg 578
Janus-Kinase 578
Jenner, Edward 673
Joining Chain 688
Juckreiz 705
Jumonji-C-Histon-Demethylasen
– Tumorstoffwechsel 288
Jun 540

K

K_m 37
K^+-Kanäle
– K2P-Kanäle 806
– spannungsabhängig 812
K-Ras 540
Kalium, Sekretion in der Niere 779
Kaliumhaushalt 643
Kaliumkanäle, Ruhemembranpotenzial 805
Kallidin 658
Kallikreine 658
Kamel, Wasserspeicherung 140
Kanalprotein 364
Kanzerogenese 538
– Molekulare Onkologie 538
– Tumorstoffwechsel 281
Kardiomyopathie
– hypertrophe 135
– dilatative 798
Karies 105
– Prophylaxe 333
Kartagener-Syndrom 399
Karzinome 281
Katabolit-Aktivator-Protein (CAP) 462
Katabolit-Repression, lac-Operon 463
Katal 39
Katalase 140, 389
– in Erythrozyten 759
Katalytische Aktivität 39
Katarakt, diabetischer 591
Katecholamine 595
– Abbau 597
– Biosynthese 595
– Inaktivierung 823
– Neurotransmitter 823
– Sekretion 596
– Wirkungen 598
Kationenkanal, mechanosensitiver 637
Katzen-Allergie 707
Kayser-Fleischer-Kornealring 329
KDEL-Rezeptor 386
Keimbahnmutation 519
Keratansulfat 410, 412
Keratin 401
Keratinfilamente 372, 401
Kernantigen proliferierender Zellen 447
Kerne, subkortikale 832
Kernexport 377
Kernexportrezeptor 377
Kernexportsignal (NES) 377
Kernhülle 376
Kernikterus 765
Kernimport 377
Kernimportrezeptor 377
Kernkörperchen 377
20S-Kernkomplex 390
Kernlamina 376, 402
Kernlokalisierungssequenz (NLS) 377
– Zykline 530
Kernmembran 376
Kernplasma 376
Kernpore 376
Kernporenkorb 376
Kernteilungsspindel 400
3-Ketoacyl-CoA 137
Keto-Enol-Tautomerie
– Fructose 52
– von Basen in der DNA 521
Ketogenese 250
α-Ketogluconolacton 318
α-Ketoglutarat
– Citratzyklus 120
– oxidative Decarboxylierung 120
α-Ketoglutarat-Dehydrogenase 120
Ketonkörper 129
– Abbau 141
– Definition 127, 250
– im Primärharn 775
Ketonkörpersynthese 250
– in der Leber 769
Ketonurie, bei Diabetes mellitus 590
17-Ketosteroide 616
3-Keto-Thiolase
– Ketonkörperabbau 142
– β-Oxidation 137
α-Kette 698
Kettenabbruchmethode 516
Kettenverlängerung, Fettsäuresynthese 238
Keuchhusten 567
kidney Na+-Bicarbonat Cotransporter (kNBC 1) 781
Kinase
– mitochondriale (PINK1-Genprodukt) 833
– Zyklin-abhängige 530
Kinesin 397
Kinetochor-Mikrotubulus 400
Kinin-Rezeptoren 659
Kininase II 660
Kinine 658
– Verbindung zum RAAS 659
– Wirkungen 659
Kininogen 658
– hochmolekulares (HMWK) 658
– – Blutgerinnung 727
– niedermolekulares (LMWK) 658
Kinozilien 399
– auf Riechsinneszellen 834
Kir-Kanäle 806
Kisspeptin 622
Klassenwechsel (Immunglobuline) 692
Kleeblattstruktur (tRNA) 454
Klonierung
– einzelne Schritte 508
– molekulare, Definition 505
Klonierungsvektor 506
– Bakteriophage 507
kNBC 1 (kidney Na^+-Bicarbonat Cotransporter) 781
Knochen 403, 415
– Glucocorticoidwirkung 619
Knock-out
– Definition 517
– Knock-out-Maus 518
Knollenblätterpilz-Vergiftung 456
Knoop, Franz 134
Knorpel 403, 412, **415**
Kobalt 331
Koffein, als Hemmstoff der Phosphodiesterase 574
Kohlendioxid, Transport im Blut 755

Kohlenhydrate

Chemie der Kohlenhydrate 45
Stereochemie 46
Verdauung der Kohlenhydrate 210
Glucose-Transporter 212, 366, 776, 800
Abbau der Kohlenhydrate 82
Glykolyse 82
Gluconeogenese 221
Pentosephosphatweg 243
Pyruvatdehydrogenase 110
Citratzyklus 115
Glykogen 215
– Struktur Abb.-11.5a, 215
– Synthese 215
– Abbau 100
– Glykogenosen la;216
Fructose-Abbau 104
Galaktose-Abbau 106
Glykoproteine und Proteoglykane 404, 411, 413,
– O-Glykosylierung 360
– N-Glykosylierung 359
– Glykierung 590
Glykolipide 348

Kohlenhydrat 45
– Abbau 82
– als Hapten 698
– als Membranbaustein 359
– als Nahrungsstoff 192
– Definition 45
– Funktion im Energiestoffwechsel 56
– Grundstruktur 45
– in der extrazellulären Matrix 403
– in der Nahrung 210
– komplexer Typ 359
– Nomenklatur 46
– Stoffwechsel, GH-Wirkung 632
Kohlenmonoxidvergiftung 751
Kohlenstoffatom
– anomeres 48
– assymetrisches 46
Köhler, Georges 693
Kokain 824
Kollagen 404
– Biosynthese 405
– fibrilläres 404
– Fibrillen-assoziiertes 404
– Rolle bei der Thrombozytenaggregation 721
– Schmelzpunkt 405
– Struktur 405
Kollagen-Helix 77
Kollagenase 414
Kollagenfaser 406
Kollagentypen 403
Kollateralkreislauf 144
Kolonkarzinom 489, 653
Kompartimentierung, Vorteile 343
Kompetenz, natürliche 507
Kompetenzfaktor ACF 472
Kompetitive Hemmung 41
Komplementaktivierung 682
– alternativer Weg 683
– durch CRP 684
– klassischer Weg 682
– Lektin-Weg 684

aus: Rassow u.a., Duale Reihe – Biochemie (ISBN 9783131253545) © 2016 Georg Thieme Verlag KG Stuttgart • New York

Komplementkaskade 682
Komplementrezeptoren 683
Komplementsystem 682
– Aktivierung
– – alternativer Weg 683
– – klassischer Weg 682
– Auslösung einer Entzündungsreaktion 708
– Proteinkomponenten 682
Komplex, ternärer 447
Komplex I, Atmungskette 179
Komplex II, Atmungskette 181
Komplex III, Atmungskette 183
Komplex IV, Atmungskette 185
Komponente, sekretorische 688
(α-) Konfiguration, Kohlenhydrat 48
Konformere 47
Konjugation 502
Konjugationsreaktionen 743
Kontakt-System 727
Kontrazeption, hormonelle 629
Konzentrationsverhältnis 29
Kooperativität 43
– Hämoglobin 753
– Sauerstoffbindung im Hämoglobin 750
Kopplung, elektromechanische 793
Kopplung, energetische 19
– in der Biotransformation 744
Kopplungstetrasaccharid 411
Koproporphyrinogen III 761
Koprosterin 357
Koronarintervention, perkutane = PCI 724
Koronarsyndrom, akutes 724
Korsakow-Syndrom 121
Kraft, protonenmotorische (PMF) 176
Kraniosynostosis 668
Kreatin-Kinase 266
Kreatinin 150
– im Primärharn 775
– im Urin 783
Kreatinphosphat 266
– Phosphatgruppen-Übertragungspotenzial 422
Krebs, Zahlen 538
Krebs, Hans 116, 151
Krebsentstehung s. Kanzerogenese 539
Krebserkrankung, bei Adipositas 132
Krebszelle 538
Kreislauf
– enterohepatischer 207
– portaler 767
– systemischer 767
Kreislaufversagen 712
Kretinismus 611
Kropf 611
Kugelfisch 810
Kupfer 328
Kupferverteilungsstörung, intrazelluläre 329
Kuru 485
Kwashiorkor 194
Kynurenin 167

L

L-Carbidopa 832
L-Carnitin 319
L-DOPA
– Überquerung der Blut-Hirn-Schranke 803
– zur Behandlung der Parkinson-Krankheit 832
L-Gluconolacton-Oxidase 318
L-Kette 686
– somatische Rekombination 691
L-Struktur (tRNA) 455
L/D-Nomenklatur 46
Labyrinth
– häutiges 835
– knöchernes 835
– vestibuläres 835
lac-Operon 462, 464
Lactase 106, 211
β-Lactamase 503
β-Lactamring 503
Lactat
– Abbau 100
– anaerobe Glykolyse 98
– Cori-Zyklus 100
– Gluconeogenese 227
– im Herzmuskel 268
– im Primärharn 775
– in der Leber 268
– in der Skelettmuskulatur 268
Lactat-Dehydrogenase 99
– in der Diagnostik 99
– Isoenzyme 99
Lactatgärung 98
Lactoferrin 676
Lactonase 245
Lactonring 318
Lactose 106
– lac-Operon 462
– Struktur 106
– Verdauung 211
Lactose-Intoleranz 211
lacZΔM15 506
Laktat, Tumorstoffwechsel 282
Laktogenese 633
Lambert-Eaton-Syndrom 817
Lamin 402
Laminfilamente 402
Laminin 414
Lanosterin 355
Lariat 470
LCAT s. Lecithin-Cholesterin-Acyltransferase 256
LDH s. Lactat-Dehydrogenase 99
LDL s. low density lipoprotein 254
LDL-Rezeptor (LDLR) 253
LDLR-related Protein (LRP1) 253
Leber 767-769
– Aminosäurestoffwechsel 769
– Aufbau 767
– Biotransformation 739
– Fettleber 128
– Kohlenhydratstoffwechsel 768
– Kreislauf
– – portaler 767
– – systemischer 767
– Produktion von Serumproteinen 770
– Regulation der Blutglucosekonzentration 96
– TAG-Bildung bei Alkoholabusus 129
Leber hereditary optic neuropathy (LHON) 180
Leber-Optikusatrophie (LHON) 180, 191
Lebergalle 205, 772
Leberläppchen 767
Leberzirrhose 143, 144, 742
Lecithin, im VLDL 256
Lecithin s. Phosphatidylcholin 347
Lecithin-Cholesterin-Acyltransferase (LCAT) 256
Leistungsumsatz 197
Leitenzym 343
Leitstrang 446
Lektin, Mannan-bindnendes (MBL) 684
Lektin-Weg (Komplementsystem) 684
Lepra 700
Leptin 132, 279
– Wirkungen 279
Leptinrezeptor 279
Lernen
– Rolle des Histamins 661
– Rolle des Serotonins 663
Lesch-Nyhan-Syndrom 430
Leserasterverschiebung 520, 548
Leucin 67
– Abbau 163
Leukämie
– chronisch myeloische 541
– lymphatische 429
– myeloische 68, 429
Leukokorie 542
Leukotrien-Rezeptor-Antagonisten 655
Leukotriene (LT) 651, 705
– Rezeptoren 655
– Wirkungen 655
Leukotrienrezeptor-Antagonisten 706
Leukozyten
– Aktivierung 708
– Diapedese 708
– Entzündung 708
Lewy-Körper 833
Leydig-Zwischenzellen 604, 623
α-L-Fucose 706
LH (Luteotropin) 602, 604, 623
LH-surge 626
LHON s. Leber-Optikusatrophie 180
Lichtempfindlichkeit, Adaptation 839
α-L-Iduronidase-Mangel 388
Light Chain (Antikörper) 686
Lineweaver-Burk-Diagramm 39
Linezolid 481
Lingua franca 340
Linker-DNA 440
Linolensäure 60
Linolsäure 58
Lipase 129
– Adipose Triglyceride Lipase (ATGL) 130
– hormonsensitive 269
– hormonsensitive (HSL) 130
– Monoacylglycerin-Lipase 130

Lipide

Einführung 57
Fettsäuren 58
– Fettsäuresynthese 234
– β-Oxidation der Fettsäuren 133
– α-Oxidation der Fettsäuren 141
Verdauung und Resorption der Lipide 230
– Gallensäuren 205
Transport der Lipide im Blut 251
Triacylglycerine (TAG) 57, 127
– Fettgewebe, Adipozyten 251
– molekulare Struktur 57
– Synthese 248
– Abbau 129
Membranlipide 345
Lipidanker von Membranproteinen 358
Dolicholphosphat 361
Cholesterin 349
– Synthese 354
– Transport mit HDL 361
– Atherosklerose 735
– Scavenger-Rezeptoren 679
– Herzinfarkt 735, 267
Synthese der Steroidhormone 613
Arachidonsäurestoffwechsel 650
Fettlösliche Vitamine 292

Lipid
– als Nahrungsstoff 192
– in Membranen 345
– Resorption 232
Lipidanker 358
Lipiddoppelschicht 345
Lipidmediatoren 655
Lipidose 357
Lipidoxidationskette 297
Lipidtransferproteine 357
Lipidtröpfchen 128
Lipofektion 508
Lipogenese 248
Lipolyse 130
– Regulation 130, 276
– – durch Insulin 588
Liponamid 112
Lipoprotein 251
– Definition 251
– Klassifikation 252
Lipoproteinlipase 129, 253, 589
Lipotoxizität 585
β-Lipotropin s. β-LPH 603
5-Lipoxygenase, Leukotriensynthese 651
Lipoxygenasehemmer 655
Liquor cerebrospinalis 803
LMWK (niedermolekulares Kininogen) 658
Lokalanästhetika 827
Long Feedback-Loop 605
Long Patch Repair 524
low density lipoprotein (LDL) 254
β-LPH (β-Lipotropin) 603
LPS-bindende Protein (LBP) 678
LRP (LDLR related protein) 253
LRP-Korezeptor 544
LSD (Lysergsäurediethylamid) 819
LT s. Leukotriene 651
Lumbalpunktion 804
Lunge, Gasaustausch 749
Lutealphase 628
Luteotropins. LH 602
17,20-Lyase 615
Lymn-Taylor-Modell 791
Lynch Syndrom 526
Lynen, Feodor 109
Lyse pathogener Mikroorganismen 683
Lysergsäurediethylamid (LSD) 819
Lysetherapie 737
Lysin 70
– Abbau 163
– im Kollagen 404
– pK-Wert 65
– Titrationskurve 64
Lysolecithin 256
Lysophosphatidat 350
– Triacylglycerinsynthese 248
Lysophosphatidylcholin, Lipidabbau 232
Lysophospholipase 356
Lysophospholipid 356
Lysosom 387
– Biogenese 388
– primäres 368, 388
– sekundäres 368, 389
Lysozym 387, 676
Lysyl-Hydroxylase 405
Lysyl-Oxidase 406

M

M-Cholinozeptoren 817
M-Phase-stimulierender Faktor 532
M2-Rezeptoren 818
MAC (Membrane Attack Complex) 682
mAChR (Muscarinische Acetylcholin-Rezeptoren) 817
Macrophage Colony stimulating Factor (MCSF) 668
Macula densa 780
MAG (Myelin-assoziiertes Glykoprotein) 802
Magenkrebs, Risikofaktor Heliobacter pylorus 546
Magenlipase 230
Magensaft 200
– Zusammensetzung 200
Magnesium 327
Magnesiummangel 328
Magnesiumphosphatsteine 776
MAGs. Maltase-Gucoamylase 211
Maillard-Reaktionen 590
Major basic Protein 706
Major Histocompatibility Complex s. MHC 694
Makroangiopathie, bei Diabetes mellitus 591
α_2-Makroglobulin 766
Makrolide 481
Makrophagen 711
– Aktivierung durch T_H1-Zellen 700
– im Gehirn (Mikroglia) 801
Makrosatelliten 514
Malariaresistenz durch HbS 756
Malat
– Citratzyklus 123
– Gluconeogenese 224
Malat-Aspartat-Shuttle 188
Malat-Dehydrogenase 123
Malat-Enzym 243
Malat/α-Ketoglutarat-Translokator 189
Malonat, Hemmung der Atmungskette 182

aus: Rassow u.a., Duale Reihe – Biochemie (ISBN 9783131253545) © 2016 Georg Thieme Verlag KG Stuttgart • New York

Malonyl-CoA
– aktiviertes 235
– Fettsäuresynthese 235, 238
– Pyrimidinnukleotidabbau 432
Maltase-Glucoamylase (MAG) 211
Maltose 210
– reduzierende Eigenschaften 51
Maltotriose 210
Mammalian Target of Rapamycin (mTOR) 278
Mammogenese 633
Mangan 331
Manganmangel 331
Mannose
– Epimere 49
– N-Glykosylierung 359
Mannose-6-phosphat-Rezeptor 386
MAO (Monoaminoxidase) 597
– Inaktivierung der Katecholamine 823
MAO-B-Hemmer 832
MAP-Kinase 577
– Rolle bei der Kanzerogenese 540
MAP-Kinase-Kaskade 576
MAPK (Mitogen-activated Protein Kinase) 577
Marcumar 299
Marfan-Syndrom 409
Marginalisation 655
Marihuana 59
mas 540
Masse, wirksame 29
Massenwirkungsgesetz 29
Mastzelle 704
– Degranulation 704
– Funktion 706
Matrix
– extrazelluläre (EZM) 403
– – Abbau 414
– Knochen 415
– Knorpel 415
– mitochondriale 379, 381
Matrix-GLA-Protein 299, 415
Matrix-Metalloproteinase - Matrix-Metalloprotease (MMP) 414, 547, 628
– Angiogenese im Tumor 547
– MMP 7 544
Maturation promoting Factor (MPF) 532
MBL (Mannan-bindendes Lektin) 684
MBP (Myelin basic proteins) 802
MC-Rezeptoren 603
McArdle-Krankheit 101
McArdle-Syndrom 797
mcm2 – 7 532
MCSF s. Macrophage Colony stimulating Factor 668
MCSF-Rezeptor 540
Mdm2-Ubiquitin-Ligase 542
Mediator, Genexpression 466
Mediatoren
– Entzündung 711
– Immunsystem 715
Megakaryozyten 721
megaloblastische Anämie 171
Melanin 166
Melatonin 168
Membran, biologische 345
– Aufbau 345
– Biosynthese 357
– Funktion 363
– Transportmechanismen 365
Membrananker, α-Helix 80
Membrane Attack Complex (MAC) 682
Membranfluidität, Definition 358
Membranfluss 370
Membranlipide 345
– Glykosylierung 385
Membranpotenzial, ATP-Synthase 176
Membranproteine
– Einteilung 358
– hydrophobe Wechselwirkungen 80
– integrale 358, 385
– periphere 359
– β-barrel 359
Membranvesikel, Transport 367
Memory Cells 697
Menachinon 298
Menadion 298
Menkes-Krankheit 329
Menstruation 629
Menstruationszyklus 626, 629
– Regulation 626
Menthol 195
Mercaptopurin 548
Mercaptursäure 743
Mercaptursäurekonjugate 743
Mesangiumzellen 780
Messenger
– primärer 563
– retrograde 59
– sekundärer 563
Messenger-RNA (mRNA) 441
met 540
Met-Hb (Methämoglobin) 757
Metallothionein 330, 335, 745
Metaphase 529
Metarhodopsin II 838
Metastase 538
Metastasierung 547
Metformin 229
Methämoglobin (Met-Hb) 757
Methämoglobin-Reduktase 758
Methämoglobinämie 758
Methionin 69
– Abbau 164, 169
Methionin-Synthase 171, 310, **315**
Methioninzyklus 171
Methotrexat 313, 548
– Mechanismus der Hemmung 41
3-Methoxy-4-hydroxymandelsäure 597
Methylbindungsproteine 467
Methylcobalamin 291, 314
5-Methylcytosin 466
Methylierung, DNA 466
Methylmalonyl-CoA
– Pyrimidinnukleotidabbau 432
– β-Oxidation 138
Methylmalonyl-CoA-Mutase
– Mechanismus 315
2-Methyl-1,4,-naphtochinin 298
2'-O-Methyltransferasen 468
Metronidazol 480
Mevalonat 354
MHC-Gene 694
MHC-I-Komplex, Abbau im Proteasom 391
MHC-II-Komplex, Abbau im Lysosom 388
MHC-Klasse-I-Proteine 694
– Antigenpräsentation 701
– Bindung an CD8 701
– Erkennung durch zytotoxische Zellen 701
MHC-Klasse-II-Proteine 694
– Antigenpräsentation 701
– auf B-Zellen 696
– auf Makrophagen 700
– Bindung an CD4 700
Michaelis-Menten-Diagramm 36
Michaelis-Menten-Gleichung 38
Michaelis-Menten-Kinetik 36
Michaelis-Menten-Konstante 37
Micro RNA (miRNA) 441, 455
– Tumorentstehung 544
Mifepriston 629
mIgD 696
mIgM 696
Migräne 664
Mikroangiopathie, bei Diabetes mellitus 590
Mikrofibrillen, elastischen Fasern 408
Mikrofilamente 371, 393
Mikroglia 801
– aktivierte (Alzheimer-Krankheit) 831
β2-Mikroglobulin 694
Mikroprozessor 483
Mikrosatellit 514
Mikrosomen 741
Mikrotubuli **396**, 400
Mikrotubuli-Organisations-Zentrum (MTOC) 396
Mikrotubulidublett ((9 × 2 + 2) 399
Mikrotubulitriplett (9 × 3) 398
Mikrovilli, Struktur 395
Milchsäure, Tumorstoffwechsel 282
Milchzucker 211
Milstein, César 693
Mineralocorticoid-Rezeptor (MR) 618
Minisatellit 514
Minus-Ende
– Aktinfilament 393
– Mikrotubulus 396
miRNA (microRNA) 441, 455
– Funktion 483
– Regulation der Genexpression 483
– Tumorentstehung 544
Mismatch-Reparatur 526
Missense-Mutation 520
MIT, Monoiodtyrosin 607
Mitochondrienmembran 379
– innere 380
Mitochondrium 379
– Fettsäuretransport 134
– Rolle bei der Apoptose 536
Mitogen-activated Protein Kinase (MAPK) 577
Mitomycin C 450, 467, 548
Mitose 529
Mitoxantron 548
Mitralzellen 834
Mizelle 345
– gemischte 231
Mizellenkonzentration, kritische (CMC) 231
MLCK = Myosin light Chain Kinase 793
MOAT (Multispecific organic Anion Transporters) 803
mob-Gene 502
Mobilferrin 324
Modifikation von Proteinen 488
MOG (Myelin-Oligodendrozyten-Glykoprotein) 802
Molekularbewegung, Brown'sche 375
Mondscheinkinder 525
2-Monoacylglycerin 231, 352
– Lipidabbau 231
Monoacylglycerin-Lipase 130
Monoaminoxidase (MAO) 597
– Inaktivierung der Katecholamine 823
– Inaktivierung von Serotonin 662
Monoaminoxidases. MAO 742
Monocarboxylat-Transporter 142
monocistronisch (mRNA) 453
Monoiodtyrosin (MIT) 607
Monolayer 167, 345
Monooxygenase 166, 169
– Cytochrom-P-450-Enzyme 740
– FAD-haltige 742
– Reaktionsmechanismus 740
Monosaccharid 46
Monozyten 711
Montelukast 655
Morbus, Meulengracht 765
Morbus haemolyticus neonatorum 719
Morphin 826
Motorproteine 397
MPF (Maturation promoting Factor) 532
mRNA (messenger RNA) 441
– Capping 468
– RNA-Editing 472
– Struktur 452
MRP (Multidrug Resistance Protein) 803
MRSA (methicillinresistenter S. aureus) 503
MS (Multiple Sklerose) 828
α-MSH (Melanozyten-stimulierendes Hormon) 280, 603
mtDNA 379, 439
MTOC (Mikrotubuli-Organisations-Zentrum) 396
mTOR (Mammalian Target of Rapamycin) 278
MUC 2 (Mucin) 199
Mucine 198, 675
Mukopolysaccharide 409
Mukopolysaccharide, saure 55
Mukopolysaccharidosen 388, 411
Mukosablock 324
Mukoviszidose 676
Müller-Zellen 837
Multi-Drug-Resistenz 503
Multidrug Resistance Proteins (MRP) 803
– Tumore 281
Multidrug Transporter 803
Multiple Cloning Site 506
Multiple Sklerose (MS) 828
Multispecific organic Anion Transporters (MOAT) 803
Murein 54
Muscarinische Acetylcholin-Rezeptoren (M-Cholinozeptoren, mAChR) 817
Muskeldystrophie
– Typ Becker 797
– Typ Duchenne 797
Muskelgewebe, Arten 787
Muskelkontraktion 791
– molekulare Mechanismen 791
– pharmakologische Beeinflussbarkeit 795
Muskelkrankheiten = Myopathien 797
Muskelrelaxantien 795

Muskulatur 787

Sarkomere 787
Querbrückenzyklus und Muskelkontraktion 791
Energiestoffwechsel der Muskulatur 266
– Glykogen als Energiespeicher 215
– Glykogenabbau 100
– AMP-Desaminase 154
– Adenylatkinase 267
– Kreatinphosphat/Creatinphosphat 266
– Kreatinkinase (CK) 266
– Laktat 98
Myoglobin 757
Pharmakologie der Muskulatur 795
Myopathien 797

Muskulatur, glatte, Aufbau 789
Mutarotation 48
Mutation 519-520
– Definition 519
– durch chemische Reaktion 522
– durch physikalische Faktoren 521
– Entstehung 521
– Mechanismen der Entstehung 541
– somatische 519
– – Kanzerogenese 540
– – Retinoblastom 542
– stille (neutrale, synonyme) 520
Myasthenia gravis 797, 817
Myb 540
Myc, Rolle bei der Kanzerogenese 540-541
Mycobacterium tuberculosis 700
Myelin 801
Myelin basic proteins (MBP) 802
Myelin-Oligodendrozyten-Glykoprotein (MOG) 802
Myelinproteine, basische (MBP) 802
Myelinscheide
– Aufbau 801
– Multiple Sklerose 828
Myelogenese 801
Myelomzellen 693
Myelose, funikuläre 316
Mykobakterien 700
Myofibrillen 787
Myoglobin 757
– Sauerstoffbindungskurve 750
– Tertiärstruktur 79
Myopathien = Muskelkrankheiten 797
Myosin
– Aufbau 789
– Typen 788

aus: Rassow u.a., Duale Reihe – Biochemie (ISBN 9783131253545) © 2016 Georg Thieme Verlag KG Stuttgart • New York

Myosin II 788
Myosin light Chain Kinase = MLCK 793
Myosin light Chain Phosphatase = MLCP 796
Myosinfilamente 788
Myosinkopf 789
Myosinphosphatase = Myosin light Chain Phosphatase = MLCP 796
Myristoylierung 489
Myt1-Kinase 530
Myxothiazol 184

N

N^5,N^{10}-Methylen-THF 309
N^5- Methyl-Tetrahydrofolsäure 315
N^5-Formimino-THF 310
N^5-Hydroxymethyl-THF 310
N^5-Methyl-Tetrahydrofolat 170-171
N^5-Methyl-THF 310
N^{10}-Formyl-THF 310, 312
N,N-Ethylendiamintetraessigsäure (EDTA) 264
N-Acetylgalaktosamin
– im Chondroitinsulfat 410
– in Glykosaminoglykanen 409
N-Acetylglucosamin
– im Hyaluronat 410
– im Keratansulfat 410
– in Blutgruppenantigenen 717
– in Glykosaminoglykanen 409
– N-Glykosylierung 359
N-Acetylglutamat, Harnstoffzyklus 154
N-Acetylmuraminsäure 54
N-Acetylneuraminsäure (NANA) 361
– N-Glykosylierung 359
N-Arachidonylethanolamid 59
N-CAM (neurales Zelladhäsionsmolekül) 361
N-Cholinozeptor, Autoantikörper 817
N-Formylmethionin-tRNA 312
N-Glykosylierung 359
– Erkennungsmotiv 360
N-Methylierung 489
N-Ras 540
Na^+-Ca^{2+}-Antiporter 794
Na^+-Cl^--Symportcarriers (s. auch TSC) 779
Na^+-Glucose-Symporter, in der Niere 214
Na^+-H^+-Antiporter (NHE3) 781
Na^+-K^+-2 Cl−-Symportcarrier (s. auch BSC 1) 778
Na^+-K^+-ATPase 804
– Funktion 367
– in der Niere 776, 779
– Induktion duch Aldosteron 780
– Struktur 367
Na^+-Kanäle, spannungsabhängig 809
Na^+-Taurocholate cotransporting Polypeptide (NTCP) 772
Nachtblindheit 294
Nachweismethoden, Hormone 558
Nacktmaus 698
NAD, Niacin 291
NAD^+
– als Substrat für enzymatische Reaktionen 305
– Mechanismus der Hydrid-Ion-Aufnahme 88
– Struktur 88
– Synthese 304, 378
– Übertragung eines Hydridions 117
NADH
– Citratzyklus 115
– – Ausbeute 125
– Glykolyse 87, 90
– Lactatgärung 98
– Pyruvatdehydrogenase 113
– Redoxpotenzial 186
– Regulation des Citratzyklus 125
– β-Oxidation 137, 139
NADH-Ubichinon-Oxidoreduktase 179
NADP, Niacin 291
$NADP_+$, Synthese 304
Nahrung
– Energiegehalt 197
– Zusammensetzung 192-193
Nalidixinsäure 450
NANA siehe N-Acetylneuraminsäure 359
Narkoseeinleitung 827
Natrium, Rückresorption 778-779
Natriumhaushalt 638
– Angiotensin II-Wirkung 640
Natriumkanal
– epithelialer (ENaC) 779
– in der Niere 779
Natriumresorption
– Aldosteronwirkung 641
– Stimulation 641
NDP (Nukleosiddiphosphat) 422
Nebennierenrinde
– Hormone 613, 623
– Insuffizienz, primäre 620
Nebenschilddrüse, Parathormon 645
Nebenzellen 201
Nebulin 787
Nedd4 – 2 (Ubiquitin-Ligase) 641
Nekrose 533
neo^R-Gen 518
Neomycin-Phosphotransferase, Knock-out-Marker 518
Neoplasie 281
– zervikale interepitheliale (CIN) 546
Nephron 773
Nerve Growth Factor (NGF) 666-667
Nervensystem 800
– Energiestoffwechsel 800
– peripheres, Myelin 802
Nervenzelle s. Neuron 802
NES (nuclear export sequence) 377
NET (Norepinephrine Transporter) 824
neu (her2) 540
Neugeborenenikterus 765
Neuraminidase 361
Neuroblastom, Entstehung 541

Neurochemie 800

Neurodermitis 704
Neurofilamente (NF) 402
Neurohypophyse 603
– Hormone 604
Neuron
– cholinerges, Parkinson-Krankheit 831
– dopaminerges
– – Parkinson-Krankheit 831
– – Verschaltung in Substantia nigra 832
– GABAerges
– – Chorea Huntington 833
– – Parkinson-Krankheit 831
– olfaktorisches 834
– – Regeneration 834
– Regeneration 802
Neuropeptide 825
– Substanz P 825
– Typ 279
Neurotransmitter, Histamin 661
Neutrophile Granulozyten 709
Nexin 399
NF (Neurofilament) 402
NFκB-Transkriptionsfaktor, Toll-like-Rezeptor-Aktivierung 678
NGF s. Nerve Growth Factor 666
NGF-ähnlicher Wachstumsfaktor-Rezeptor 540
NHE3 (Na^+-H^+-Antiporter) 781
Niacin 304
Niacin-Hypervitaminose 306
Niacinmangel 306
nicht kompetitive Hemmung 42
Nicotinamid 304
Nicotinamidadenindinukleotids. NAD^+ bzw. NADH 88
Nicotinische Acetylcholin-Rezeptoren (nAChR) 816
– der motorischen Endplatte 816
Nicotinsäureamid 304
Nicotinsäuremononukleotid 304
Nidation 629
Niemann-Pick C 1 like 1 (NPC 1L 1) 233
Niemann-Pick, Morbus 357, 388
Niere 773-775
– Gluconeogenese 775
– Rückresorption von Ionen 783
– Sekretion, Proton 781
– Sekretion im proximalen Tubulus 777
Nierenkörperchen 773
Nierenschwelle (Glucose) 274
Nierensteine 776
Nierentubulus 774
Nikotin 195
Nitrate, 758
– Nitrat-Atmung 191
– organische 658
Nitrit 758
Nitrocellulose 513
Nitrolingual 658
Nitrotyrosin 657
Nitrovasodilatatoren = NO-Donatoren 796
NK-Zelle 702
NLS (nuclear localization sequence) 377
NMDA-Rezeptoren 814
NMN^+s. Nikotinsäuremononukleotid 378
NMP (Nukleotidmonophosphat) 422
NO s. Stickstoffmonoxid 169, 656
NO-Donatoren = Nitrovasodilatatoren 796
NO-Synthase 169, 656
NOD-like Rezeptoren (NLRs) 679
Nogo-Protein 802
Nogo-Rezeptor 802
Nomenklatur
– Aminosäure 67
– E/Z- 61
– Fettsäure 59
– Kohlenhydrate 46
Nonsense-Mutation 520
Noradrenalin
– Abbau 597
– Biosynthese 595
– Neurotransmitter 824
– Rezeptoren (Tabelle) 597
– Sekretion 596
– Thermogenese 599
– Wirkungen 600
Norepinephrine Transporter (NET) 824
Northern-Blot 513
NOS s. NO-Synthase 657
Notch-Protein 666
Novobiocin 450
NSAP (nichtsteroidale Antiphlogistika) 654
NSF 370
NTCP (Na^+-Taurocholate cotransporting Polypeptide 772
nuclear export sequence (NES) 377
nuclear localization sequence (NLS) 377
Nukleinsäure, Definition 436

Nukleinsäuren und Proteinbiosynthese

Nukleotidstoffwechsel 425
DNA und DNA-Replikation 437, 444
Mutationen 519
DNA-Reparatur 523
RNA und Transkription 452
Translation: Ribosomen und Proteinbiosynthese 473
Posttranslationale Modifikationen 488
Intrazellulärer Proteintransport 488, 382 f, 385
Nukleolus 377
Nukleosid, Definition 420
Nukleosid-Phosphorylase 428
Nukleosidanaloga 450
Nukleosiddiphosphat-Kinase 422
Nukleosidmonophosphat-Kinase 422
Nukleosom 440
Nukleotid 419
– Definition 420
– Nomenklatur 421
– Verknüpfung 437
Nukleotid-Exzisionsreparatur 524
Nukleotid-Synthese, Tumorstoffwechsel 284
Nukleotidase 428

O

O-Beinen 295
O-Glykosylierung 360
OAT (Organic Anion Transporter) 777
ob-Gen 279
Occludin 371
1-Octadecyl-2-Acetyl-Phosphatidylcholin 725
Ödem 705
Okazaki-Fragmente 446
Oligodendrozyten 801
Oligomerisierung, von Proteinen 79
Oligonukleotid 437
Oligopeptid-Translokator Pept1 261
Oligosaccharylrest 360
Olivenöl 61
Ölsäure 58
– Bildung 242
Omeprazol 202
6-O-Methylguanin, Basenpaarung mit Thymin 522
OMP (Orotidin-5'-monophosphat) 431
Onkogen 540
– virales 545

Onkologie

Regulation des Zellzyklus 529
Onkogene und Tumorsuppressorgene 539
Mutationen 519
– Thymin-Dimere 522
– Philadelphia-Chromosom 541
Stoffwechsel in Tumorzellen 281
Metastasierung 547
Tumorimmunologie 712
Tumortherapie 548

Onkologie, molekulare 538
Onkometabolit 286
Onkoprotein 540
Operator 462
Operon 462
Opioide **825, 827**
Opioidrezeptoren 825
Opium 826
Opsin 836
– Genlokalisation 837
Opsoni(si)erung
– durch Antikörper 688
– durch Komplementsystem 683
Opsonin 683
ORC (Origin Recognition Complex) 532
Organic Anion Transporter (OAT) 777
Organum vasculosum laminae terminalis (OVLT) 654
Origin of Replication (ori) 444
– im Klonierungsvektor 506
– Rolle im Zellzyklus 532
Origin Recognition Complex (ORC) 532
oriT 502
Ornithin, Harnstoffzyklus 153
Ornithin-Carbamoyl-Transferase 153
Orotat 431
Orotidin-5´-monophosphat (OMP) 431

aus: Rassow u.a., Duale Reihe – Biochemie (ISBN 9783131253545) © 2016 Georg Thieme Verlag KG Stuttgart • New York

Orotidylat 431
Osmolarität, Regulation 637
Osteocalcin 299, 415
Osteogenesis imperfecta 407
Osteomalazie 295
Osteoporose 295, 619
– Schutz durch Östrogene 625
Östradiol 625
Östrogene **624-625**, 627
– Biosynthese 625
– Wirkungen 625
– – extragenitale 625
Östrogenrezeptoren 625
Ouabain 613
OVLT (Organum vasculosum laminae terminalis) 654
Ovulation 628
Oxalacetat
– Citratzyklus 118, 123
– Gluconeogenese 223
– Malat-Aspartat-Shuttle 188
– Transport über Mitochondrienmembran 224
Oxalsäure 324
Oxalsuccinat, Citratzyklus 120
Oxidase, peroxisomale 389
α-Oxidation 141
β-Oxidation 133
– Energiebilanz 139
– geradzahlige Fettsäuren 135
– gesättigte Fettsäuren 135
– peroxisomale 140, 389
– Regulation 140, 276
– – durch Insulin 588
– Schlüsselenzym 140
– ungeradzahlige Fettsäuren 138
– ungesättigte Fettsäuren 137
– Wassergewinnung 140
Oxidation, von Basen in der DNA 522
oxidativer Stress
– Apoptose 536
– Hämoglobin 757
– Superoxidanion 758
2-Oxoglutarat 120
2-Oxoglutarat-Dehydrogenase 121
8-Oxo-Guanin 522
OXPHOS s. Phosphorylierung, oxidative 174
Oxygenase, mischfunktionelle (s. auch Monooxygenase) 740
Oxygenierung, Hämoglobin 751, 753
Oxytocin 602
– Struktur 604

P

P (Peptidyl)-Stelle 476
p-Aminobenzoesäure 309
P-Glykoprotein (Pgp) 803
P-Typ-ATPase 367
p21^{Cip1} 543
p53 542
– Beeinflussung durch E6 (Papillomaviren) 545
– Funktion 542
– Wirkungen 542
PABP (poly(A)-Bindeprotein) 476
Paclitaxel 548
PAF s. Plättchen-aktivierender Faktor 722
Palindrom
– Bindung von Hormonrezeptoren 580
– Restriktionsendonuklease 504
– Termination der RNA-Synthese 458
Palmitinsäure 58, 236
– Energibilanz β-Oxidation 139
PALP s. Pyridoxalphosphat 158
PAMP s. Pyridoxaminphosphat 158
PAMs (Pathogen-associated molecular patterns) 677
Pankreaslipase 129, 204, 231
Pankreassekret
– Inhaltsstoffe 204
– Produktion 205
– Zusammensetzung 200
Pankreatitis, akute 204
Pantetheinphosphat 308
Pantoinsäure 308
Pantoprazol 202
Pantothensäure 291, **308**
Pantothensäure-Hypervitaminose 309
Pantothensäuremangel 309
Pantothensäurephosphat 308
Papain 687
Papillomaviren 545
PAPS (3'-Phosphoadenosin-5'-phosphosulfat) 744
Parasitenabwehr 706
– IgE 690
Parathormon (PTH) 644
Parathormon related Peptide (PTH-rP) 645
Paratop 686
Parietalzellen 200
PARK-Gene 832
Parkin 833
Parkinson, James 831
Parkinson, Morbus 484, 537
Parkinson-Krankheit 831-832
Pars convoluta 779
Pathogen-associated molecular patterns (PAMPs) 677
Pattern-Recognition Rezeptoren (PRRs) 677
Pavlov, Ivan Petrovic 208
PC (Prohormon-Konvertase) 603
PCI = perkutane Koronarintervention 724
PCNA (Proliferating Cell nuclear Antigen) 447, 524
PCR s. Polymerasekettenreaktion 510
PDE 573
PDE5-Hemmer 796
PDGF (Platelet-derived Growth Factor) 667
PDGF-B-Kette 540
PDH s. Pyruvat-Dehydrogenase 110
PDI (Proteindisulfid-Isomerase) 487
PDK (PIP3-dependent Kinase) 585
Pellagra 168, 306
Pendrin 606
Penicillin
– Resorption 261
– Sekretion in der Niere 778
– Wirkungsmechanismus 55
Penicillinase 503
Pentosephosphatweg 243
– nicht oxidativer Teil 246
– oxidativer Teil 245
– physiologische Funktion 243
– Regulation 248, 276
PEPCK (Phosphoenolpyruvat-Carboxykinase) 224
Pepsin 201, **259**
– Spaltung von IgG) 687
Pepsinogen 201, **259**
– im Magensaft 201
– Typ A 201
PepT 1 777
PepT 2 777
Peptid
– atriales natriuretisches s. ANP 638
– Definition 74
– gastroinhibitorisches (GIP) 635
– Glukagon-ähnliches (GLP) 592
– intestinales natriuretisches 781
– vasoaktives intestinales (VIP) 635
Peptidbindung 74
– Bildung am Ribosom 478
Peptidhormone, Eigenschaften 556
Peptidyl-Prolyl-cis/trans-Isomerase 487
Peptidyl-tRNA 478
Peptidyltransferase-Reaktion 478
Perforin 701
Perhydroxylradikal 297
Perilipin 269
– Regulation der Lipolyse 131
Perilymphe 835
Peripherine 402
Periportalfeld 767
Perlecan 412-413
Permeabilitäts-Transitions-Poren 536
Permease, Mechanismus 364
Peroxidase, Prostaglandinsynthese 650
Peroxinitrit 657
Peroxisom 389
– β-Oxidation 140
Peroxylradikal 297
Pertussistoxin, Wirkungsweise 567
Perutz, Max 751
PEVK-Region 789
Pfaundler-Hurler, Morbus 388
Pfeilgiftfrosch 811
PFK-1 s. Phosphofructokinase-1 85
PFK-2 s. Phosphofructokinase-2 95
Pflanzenstoff, sekundärer 195
Pfortader 767
Pfortaderhochdruck 144
Pfu-Polymerase 510
PG (Prostaglandine) 650
PGH_2 (Prostaglandin H_2) 649
PGH-Synthase 650
Pgp (P-Glykoprotein) 803
Phage s. Bakteriophage 507
Phagosom 368, 710
Phagozytose 368, 395
– nach Opsonierung 683
Phalloidin 394
Phänotyp 519
Phase-I-Reaktion 740
Phase-II-Reaktion 743
– Reaktionsmechanismus 744
Phenol 196
Phenprocoumon 299
Phenylalanin 67
– Abbau 165
Phenylalanin-Hydroxylase 165
Phenylethanolamin-N-Methyltransferase 596
Phenylketonurie 166
Phenylmethylsulfonylfluorid (PMSF) 264
Phenylpyruvat 166
Philadelphia-Chromosom 541
Phorbolester als Tumorpromotor 569
Phosphat-Translokator 187, 380
Phosphatase,
– saure 387
– in der Gentechnik 505
Phosphatgruppenübertragungspotenzial 421
Phosphathaushalt 644
Phosphatidat 350
– Triacylglycerinsynthese 248
Phosphatidat-Phosphatase 249, 352
Phosphatidylcholin 350
– Biosynthese 352
– Struktur 347
Phosphatidylethanolamin 350
– Biosynthese 352
– Struktur 347
Phosphatidylinositol 350
– als Vorstufe von IP_3 und DAG 568
– Biosynthese 352
– Struktur 347
Phosphatidylinositol-4,5-bisphosphat (PIP_2) 352, 568
Phosphatidylinositol-4-phosphat (PIP) 352
Phosphatidylserin 350
– Biosynthese 352
– Struktur 347
Phosphatidylserin-Decarboxylase 352
Phosphatidylserin-Synthase 352
3'-Phosphoadenosin-5'-phosphosulfat (PAPS) 744
Phosphodiesterasen (PDE) 573
– cGMP-spezifische, Aktivierung 566
– Typ 3B 585
Phosphoenolpyruvat
– Gluconeogenese 224
– Glykolyse 89
– Phosphatgruppen-Übertragungspotenzial 422
Phosphoenolpyruvat-Carboxykinase 224
Phosphoenolpyruvat-Carboxykinase (PEP-Carboxykinase) 589
Phosphofructokinase-1(PFK-1) **85**, 589
– Regulation 94, 275
– Regulation, im Muskel 267
Phosphofructokinase-2 (PFK-2) 95
– Regulation 96
Phosphoglucomutase 216
6-Phosphogluconat 245
6-Phosphogluconolacton 245
2-Phosphoglycerat
– Glykolyse 89
3-Phosphoglycerat
– Glykolyse 89
– Isomerisierung 89
(3-)Phosphoglycerat-Kinase 89
Phosphoglycerat-Mutase 89
Phosphoglycerid 346
Phospholamban 571, 600
Phospholipase
– PLA_1 356
– PLA_2 356
– – Abbau von Lipiden 232
– – im Pankreassekret 204
– – Eikosanoidsynthese 650
– – Aktivierung durch Histamin 705
– PLC 576
– PLCβ
– – Aktivierung durch Gq-Protein 567
Phospholipid
– Aufbau 346
– Definition 346
5-Phosphomevalonat 355
Phosphopantethein 291
– Fettsäre-Synthase (ACP) 237
Phosphoprotein-Phosphatase 1 (PP-1) 220, 587
Phosphoribomutase 428
Phosphoribosylamin 426
Phosphoribosylpyrophosphat - α-5-Phosphoribosyl-1-pyrophosphat (PRPP) 425
– Pyrimidinnukleotidsynthese 431
Phosphoribosylpyrophosphat-Synthetase 425
Phosphorsäure-Carbonsäure-Anhydrid, gemischtes 88
Phosphorsäurediester, im Dinukleotid 437
Phosphorylase a 103
Phosphorylase b 103
Phosphorylase-Kinase 103
– Regulation der Glykogensynthese 219
– Signal bei Hunger 269
Phosphorylierung
– oxidative 89, 174
– Substratkette 174
Photoreaktivierung 523
Photorezeption, Mechanismus 837
Photorezeptoren 837
Phyllochinon 291, 298
Phytansäure, Abbau 141
Phytinsäure 324
PI3-Kinase 576, 585
Pichia pastoris 507
PIF 602
Pigmentzirrhose 327
PIH = Prolaktin-Release-Inhibiting Hormon 602
PIK (Präinitiationskomplex)
– Transkription 460
– Translation 475
Ping-Pong-Mechanismus, Transaminierung 159
PINK1 833
Pinozytose 368
– rezeptorvermittelte 368
Pioglitazon 581
PIP (Phosphatidylinositol-4-phosphat) 352
PIP_2 (Phosphatidylinositol-4,5-bisphosphat) 352, 568
PIP3-dependent Kinase (PDK) 585
pK_s-Wert, Aminosäuren 64
PKA = Proteinkinase A 131
PKB 576
PKC s. Proteinkinase C 568

aus: Rassow u.a., Duale Reihe – Biochemie (ISBN 9783131253545) © 2016 Georg Thieme Verlag KG Stuttgart • New York

PLA_2 s. Phospholipase A_2 649
Plaques
– atherosklerotische 62, 736
– Alzheimer-Krankheit 829
Plasmakallikrein 658
Plasmalogene 389
Plasmazellen 697
Plasmid 341, **502-504**
– Definition 502
– Klonierungsvektor 506
– konjugatives 503
– metabolisches 504
– mobilisierbares 503
Plasmin 732
Plasminogen 732
Plasminogenaktivator 732
Platelet-activating Factor (PAF) s. Plättchen-aktivierender Faktor 725
Platelet-derived Growth Factor (PDGF) 667
Platinverbindungen 548
Plättchen-aktivierender Faktor (PAF) 722
– Freisetzung 724
– Funktionen 725
Plättchenaggregationshemmer 723
PLCs. Phospholipase C 567
Plexus choroidei 803
PLP (Proteolipid-Protein) 802
Plus-Ende
– Aktinfilament 393
– Mikrotubulus 396
PMCA 571
PMF s. Kraft, protonenmotorische 176
PMSF (Phenylmethylsulfonylfluorid) 264
Podozyten 774
Pol-Mikrotubulus 400
Polarität, Aktinfilament 393
Polkissen 780
poly(A)-Bindeprotein (PABP) 476
Poly(A)-Polymerase 471
poly(A)-Schwanz 452, **471**
Polyacrylamid-Gelelektrophorese 511
Polyadenylierung 471
– Definition 471
Polyadenylierungssignal 471
Polyadenylierungsstelle 471
polycistronisch (mRNA) 453
Polymerase Chain Reaction (PCR) s. Polymerasekettenreaktion 510
Polymerasehemmer 467
Polymerasekettenreaktion (PCR) 510
– RT-PCR 511
– STR-Typisierung 515
Polynukleotid 437
Polynukleotidkinase, in der Gentechnik 505
Polyolweg 48
Polypeptid, Definition 74
Polyploidie 519
Polyposis coli, familiäre adenomatöse (FAP) 543
Polysaccharid 50
– nichtreduzierendes Ende 52
– reduzierendes Ende 52
Polysom 479
Polyubiquitin 391
POMC = Proopiomelanocortin 280, 603
Pompe, Morbus 388
Pompe-Krankheit 102
Porin 365
– Rolle bei der Apoptose 536
– β-Barrel 78
Porphobilinogen 761
Porphyria cutanea tarda 762
Porphyrie 762
Porphyrinring, Hämoglobin 751
Portio, Carcinoma in situ 546
postprandial 273
Postresorptionsphase 56
posttranslationale Modifikationen 488
Potenz 624
PP-1 (Phosphoprotein-Phosphatase1) 220, 587
pp60src 540
PPAR-Rezeptoren
– Bindung von Prostaglandinen 652
– Stimulation durch Thiazolidindione 586
PPARγ (Peroxisome Proliferator-activated Receptor γ) 278
prä-miRNA 483
Prä-β-HDL 256
Präinitiationskomplex (PIK)
– Transkription 460
– Translation 475
Präkallikrein 658
– Blutgerinnung 727
Prämedikation 827
Pramipexol 832
Präproglukagon 591
Präproinsulin 582
Präreplikationskomplex 532
Prasugrel 724
Pregnenolon 614
Presenilin 1 (PS 1) 829
Presenilin 2 (PS 2) 829
pri-miRNA 483
Pribnow-Box 457
Primärgalle 772
Primärharn 774-775
– pH-Wert 782
Primärstruktur, Protein 76
Primase 446
Primer 446
– bei der PCR 510
Prion Protein, cellular (PrP^c) 485
Prion Protein, Scrapie (PrP^{sc}) 485
Prionenkrankheiten 484
Procaspasen 534
– Typ 8 535
– Typ 9 536
Proconvertin 727
Produkthemmung 95
– Hexokinase 93
Prodynorphin 825
Proenkephalin 825
Progesteron 624
– Biosynthese 625
– Wirkungen 625
Progesteronrezeptor-Antagonisten 629
Prohormon-Konvertase (PC) 582, 603
Proinsulin 582
Prokaryontenzelle, Aufbau 341
Prokollagen 405
Prolaktin 602, 632
– Regulation 632
– Wirkung 633
Prolaktin Inhibiting Faktor (PIF) 602
Prolaktin-Release-Inhibiting Hormon = PIH 602
Prolaktinom 633
Proliferating Cell nuclear Antigen, (PCNA) 447
Prolin 69
– Abbau 164
– Helixbrecher im Kollagen 77
– Proteinfaltung 487
Prolyl-Hydroxylase 405
– Tumorstoffwechsel 288
Promoter Clearance 460
Promotor, Struktur 459
Promotorelemente 459-460
– distales zur Hormonbindung 579
Promotorkomplex
– geschlossener 457
– offener 457
Proopiomelanocortin = POMC 280, 603
Propeptid, Kollagen 405
Prophase 529
Propionyl-CoA, β-Oxidation 138
Propionyl-CoA-Carboxylase 138
Propofol 827
Prorenin 639
Prostaglandin E_2
– Regulation der Salzsäureproduktion 203
– Schutz der Magenschleimhaut 203
Prostaglandin-D-Rezeptor 652
Prostaglandine (PG) 650
– PGH_2 650
– Wirkungen 651, 653
Prostanoide 649
Prostazyklin
– Hemmung der Thrombozytenaggregation 725
– PGI_2 650, **652**
prosthetische Gruppe 178
Protease 262
– Metall-abhängige 263
– metallabhängige 414
Proteaseinhibitor 264
Proteasom 390
– 26S-Proteasom 390
– Antigenfragmentierung 701
Protein
– als Nahrungsmittel 259
– als Nahrungsstoff 193
– Androgen bindendes (ABP) 624
– basisches (Major basic Protein) 706
– Bcl2-Familie 534
– Bence-Jones-Protein 686
– C-reaktivess. CRP 684
– Definition 74
– eisensensorisches (ES-BP) 326
– ER-residentes 386
– Glykosylierung 359, 385
– Hydrolyse 259
– im Primärharn 777
– in der extrazellulären Matrix 403
– interstitielles Retinoid-bindendes (IRBP) 839
– lysosomales 386
– mitochondriales 379
– Modifikation, co- und posttranslational 488
– Nachweis 513
– native Struktur, Definition 75
– peroxisomales 390
– Primärstruktur 76
– Quartärstruktur 79
– Resorption 260
– sekretorisches 383, 385
– Sekundärstruktur 76
– Sexualhormon bindendes (SHBG) 623
– Tertiärstruktur 79
– vimentinähnliches 402
– Vitamin-K-abhängiges 299
Protein C 734
Protein H 683
Protein Rho 458
Protein S 734
Protein Trafficking 385
Protein-Kinase, AMP-aktivierte 241
Proteinbiosynthese
– GH-Wirkung 632
– Regulation 278
Proteindisulfid-Isomerase (PDI) 487
Proteindomäne 75
Proteinfaltung, Definition 484
Proteinfaltungskrankheit, Alzheimer-Disease 830
Proteinkinase A (PKA)
– Aktivierung durch cAMP 564
– Aktivierung von Ionenkanälen 565
– Regulation der Glykogensynthese 219
– Regulation der Lipolyse 131
– Signal bei Hunger 269
Proteinkinase B (PKB) 278, 576, 585
– Regulation der Glykogensynthese 220
Proteinkinase C (PKC)
– Aktivierung durch DAG und Calcium 568
– Funktionen 569
– Isoformen 568
Proteinkinase G (PKG)
– Aktivierung durch cGMP 573
– Substrate 796
Proteinkinase K (PKA) 277
Proteinmodifikationen
– Acetylierungen 489
– ADP-Ribosylierung 490
– Glykosylierung 489
– N-Methylierung 489
– Neddylierung 490
– Proteolytische Prozessierung 488
– SUMOylierung 490
– Ubiquitinylierung 490
Proteinsortierung 385
Proteintransport
– cotranslationaler ins ER 488
– in den Zellkern 377
– ins Mitochondrium 382
Proteoglykan 55
– Definition 54, 411
Proteolipid-Protein (PLP) 802
Proteolyse, limitierte 489
Prothrombin 726, 728
Prothrombinase 728
Protofilament
– Intermediärfilament 400
– Mikrotubulus 396
proton motive force 176
Protonen, Sekretion in der Niere 781-782
Protonengradient, ATP-Synthase 176
Protoonkogen 539
– Tabellenübersicht 540
– zelluläres 545
Provitamin A 292
Prozessierung, proteolytische 489
PrP (Prion-Protein) 484
PrP-Komplex 484
PRPP s. Phosphoribosylpyrophosphat 425
PS 1 (Presenilin 1) 829
PS 2 (Presenilin 2) 829
Pseudohypoaldosteronismus Typ II 641
Pseudomonas aeruginosa 676
Pseudosubstratstelle (der PKC) 568
Pseudouridin 454
Psoriasis 429
Pteridinringsystem 309
PTH (Parathormon) 644
PTH-rP (Parathoron related Peptide) 645
Ptosis 817
Ptyalin 200, 210
Pubertät 622
pUC 18 506
Pufferkapazität, Aminosäure 65
Punktmutation 520, 541
Purin 419
Purin-Rezeptor 724, 826
Purinanaloga 548
Purine 826
Purinnukleotid
– Abbau 428
– Salvage Pathway 430
– Synthese 425
– – Energiebilanz 426
– – Regulation 428
Pyranose 48
Pyridinring, Funktion im NADH 88
Pyridostigmin 817
Pyridoxal 306
Pyridoxal-Kinase 306
Pyridoxalphosphat 291, 306
Pyridoxamin 306
Pyridoxaminphosphat 307
– Transaminierung 158
Pyridoxin 291, 306
Pyridoxinsäure 306
Pyrimidin 419
Pyrimidinanaloga 548
Pyrimidinnukleotid
– Abbau 432
– Synthese 430
Pyrimidinring, im Thiamin 300
Pyrococcus furiosus 511
Pyrodoxol 306
Pyrosequenzierung 517
Pyruvat
– Carboxylierung zu Oxalacetat 126
– Glukoneogenese 222
– Glykolyse 90
– oxidativer Abbau 109
– Reduktion zu Lactat 98
Pyruvat-Carboxylase 126, **222**, 589
– Regulation, allosterische 228

aus: Rassow u.a., Duale Reihe – Biochemie (ISBN 9783131253545) © 2016 Georg Thieme Verlag KG Stuttgart • New York

Pyruvat-Dehydrogenase (PDH) 110, 589
– Coenzyme 111
– Produkthemmung 114
– Regulation 114, 276
– – durch Insulin 588
Pyruvat-Dehydrogenase = PDH 117, 589
Pyruvat-Kinase 90, 589
– Regulation 97
Pyruvat-Translokator 380

Q

Q-Zyklus, Definition 183
QH_2 (Ubichinon) 181
Qualitätskontrolle, im ER 384
Quartärstruktur, Protein 79
Quecksilber 335
Quecksilbervergiftung 335
Querbrückenzyklus 791
Querstreifung 787
Quick, Armand 732
Quick-Test 732

R

r-PA 732
R-Plasmid (Resistenzplasmid) 503
R-Smads (Receptor-regulated Smad-Proteine) 578
RAAS (Renin-Angiotensin-Aldosteron-System 638
– Verbindung zum Kininstoffwechsel 659
Rab 370, 387
Racemat 47
Rachitis 295, 648
Radikalfänger
– Tocopherol 296
– Vitamin C 319
Radioimmunoassay (RIA) 558
Raf 540
Ran-GAP 377
Ran-GEF 377
Ran-GTPase 377
Ranitidin 203, 661
Rapamycin 278
RAR (all-trans-Retinsäure-Rezeptor) 580
Ras-Protein 576
– Aktivierung durch Rezeptortyrosinkinasen 576
– MAP-Kinase-Kaskade 577
– Rolle bei der Kanzerogenese 541
– Rolle bei der Krebsentstehung 490
Rasterschubmutation 520
Raum, periplasmatischer 341
Rb (Retinoblastoma-Protein) 531, 542
– Beeinflussung durch E7 (Papillomaviren) 545
Reaktion
– anaplerotische 126
– erster Ordnung 32, 38
– phototochemische, primäre 836
– pseudo-erster Ordnung 32
– zweiter Ordnung 32
Reaktionsgeschwindigkeit
– Definition 32
– v_{max} 36
Reaktionskinetik 32
Reaktionswärme 31
Receptor-regulated Smad-Proteine (R-Smads) 578
Reduktase
– Biotransformation 742
– β-Oxidation 138
Reduktionsäquivalent, Definition 188
Refraktärzeit 809
Refsum-Syndrom 141
Regelkreis
– biologischer 557
– hormoneller 557
– hypothalamisch-hypophysärer 557
Regio olfactoria 834
Region, untranslationierte (UTR) 452
Registerpeptid 405
Regulation
– allosterische 43
– Stoffwechsel allgemein 97
Reihe, elektrochemische 186
Reisediarrhö 572
Rekombination, somatische
– Immunglobuline 691
– T-Zell-Rezeptoren 698
Rel 540
Relaxasen 502
Release-Inhibiting-Hormone 602
Releasing-Hormone 602
Remethylierung (von Homocystein) 310, 315
Remnant 253
Renin 639
– Regulation der Nierenfunktion 781
Renin-Angiotensin-Aldosteron-System s. RAAS 638
Reninsekretion 639
ReoPro 723
Reperfusionstherapie 737
Replikation
– Ablauf 445
– bidirektionale 444
– Definition 444
– Fehlerrate 526
– Hemmstoffe 450
– Initiation, Prokaryonten 445
– Kontrolle der Genauigkeit 526
– Rolling Circle 502
– unidirektionale 444
Replikationsfaktor C (RFC) 447
Replikationsgabel 444-445
Replikon 444
Repolarisation 809
Repression, Transkription 461
Repressorprotein, lac-Operon 462
rER (raues endoplasmatisches Retikulum) 383
Resistenzplasmid (R-Plasmid) 503
Resorption, Niere 776
Resorptionsphase 56, 273
Respirasom 177
Respirationstrakt
– Oberfläche 674
– Schleimhaut 675
Respiratory Burst 700
Restriktions-Fragment-Längen-Polymorphismus (RFLP) 513
Restriktionsendonukleasen 504, 507
– Definition 504
Restriktionsfragment 504
Restriktionspunkte im Zellzyklus 529
– G1-Phase 531
Resveratrol 196
Reteplase 732
Retikulozyt 760
Retikulum, endoplasmatisches (ER) 382
– cotranslationaler Transport 488
– glattes (gER) 384
– raues (rER) 383
Retinal 291-293
Retinoblastom 542
– familiäres 542
– hereditäres 542
– sporadisches 542
Retinoblastomprotein (Rb) 531, **542**
Retinol 291-293
Retinolbindeprotein 292, 293
Retinsäure 291, 293
– Rezeptor 580
Retinylpalmitat 293
Retroviren 545
– Lebenszyklus 494
– Struktur 494
– Virusaufbau 494
Reversible Hemmung 41
Rezeptor
– α_1-Rezeptor 600
– β_1-Rezeptor-Antagonisten 601
– β_2-Rezeptor 600, 601
– γ,δ-Rezeptor-T-Zellen 699
– adrenerger 598
– enzymgekoppelter 572
– G-Protein-gekoppelter 561
– – Adaptation 563
– intrazellulärer 579
– – Struktur 579
– ionotroper 571
– membranständiger 561
– mit assoziierter Tyrosinkinase 576
– Retinsäure 580
– Schilddrüsenhormone 580
– Serin/Threoninkinase-Rezeptor 578
– Steroidhormone 580
– Tyrosinkinase-Rezeptor s. Rezeptortyrosinkinase 574
– Vitamin D 580
Rezeptor-Dimerisierung 575, 578
Rezeptor-Serin/Threoninkinasen 578
Rezeptortyrosinkinase 574-576
– Aktivierung 574-575
– Effektormoleküle 576
– Insulin 584
RFC (Replikationsfaktor C) 447
RFC 2 524
RFLP (Restriktions-Fragment-Längen-Polymorphismus) 513
RGD-Motiv
– Fibronektin 723
– Hemmung durch Medikamente 723
RGD-Regel 413
Rh-Erythroblastose 719
Rhesus-D-Gen 719
Rhesus-Prophylaxe 719
Rhesus-System 718
Rho-Protein 458
Rhodanase 186, 315
Rhodanid 186
Rhodopsin 836
Rhodopsin-Kinase 839
Rhythmik
– pulsatile 602
– zirkadiane, Cortisol 617
RIA (Radioimmunoassay) 558
Ribitol 302
Riboflavin 118, 302
Riboflavinmangel 303
Riboflavinphosphat 302
Ribonucleoprotein, small nuclear (snRNP) 469
Ribonuklease, im Pankreassekret 204
Ribonukleinsäure (RNA, RNS) 436, 440
– heterogene nukleäre (hnRNA) 441
– ribosomale (rRNA) 441
– short interfering (siRNA) 441
– small cytoplasmic (scRNA) 441
– small nuclear (snRNA) 441
– small nucleolar (snoRNA) 441
Ribonukleotid-Reduktase 433-434
Ribose 419
Ribose-5-phosphat
– Pentosephosphatweg 246
– Purinnukleotidsynthese 425
Ribosephosphat-Pyrophosphokinase 425
– Regulation 426
Ribosom
– mitochondriales 379
– Präinitiationskomplex 475
– rRNA-Zusammensetzung 453
– Synthese der Untereinheiten 379
Ribozym 33, 453
– 28S-rRNA 478
Ribulose-5-phosphat 246
Riechepithel 834
Riechgeißeln 834
Riechkolben 834
Riechrezeptoren 834
– Reaktionsmechanismus 834
Riechschleimhaut 834
Riechsinneszellen 834
Rieske-Eisen-Schwefel-Protein 183
Rifampicin 467
– Induktor von P-450-Enzymen 740
Rigor (Parkinson) 831
Rigor mortis = Totenstarre 792
Ring, kontraktiler 395
Ringschluss, Kohlenhydrate 49
RISC 483
Rituximab 715
RNA s. Ribonukleinsäure 436
– heterogene nukläre (hnRNA) s. hnRNA 452
– messenger RNA (mRNA) s. mRNA 452
– Micro-RNA (miRNA) 455
– Nachweis durch RT-PCR 511
– Nachweis im Northern-Blot 513
– ribosomale (rRNA) s. rRNA 453
– short interfering (siRNA) 455
– small cytoplasmic (scRNA) 455
– small nuclear (snRNA) 454
– small nucleolar (snoRNA) 455
– Transfer-RNA (tRNA) s. tRNA 454
RNA-DNA-Hybrid, reverse Transkription 495
RNA-Editing 471
– A(denosin) zu I(nosin) 472
– C(ytosin) zu U(racil) 472
– Definition 471
RNA-Helikase 476
RNA-Helikasen (Splicing) 470
RNA-Interferenz 517
RNA-Interferenz (RNAi) 455
RNA-Polymerase
– eukaryontische 456
– mitochondriale 457
– prokaryontische 456
– σ-Faktoren 456
RNA-Polymerase I 457
RNA-Polymerase II 457
– Transkription von Strukturgenen 459
RNA-Polymerase III 457
RNA-Polymerasehemmer 467
RNA-Synthese 378
– Mechanismus 458
RNA-Viren 494
RNAi (RNA-Interferenz) 455
RNAse H 495
RNase P 453
RNS s. Ribonukleinsäure 436
Rofecoxib 654
Röhrensystem, transversales = T-System 794
Rohrzucker 210
Rohrzucker s. Saccharose 104
Rolling-Circle-Replikation 502
ROMK (= Renal outer medullary Potassium Channel) 641
Rosenkranz, rachitischer 295
Rosiglitazon 581
Rot-Grün-Blindheit 837
Rot-Opsin 837
Rotor, ATP-Synthase 175
rRNA (ribosomale RNA) 441, **453**
– zuständige RNA-Polymerasen 457
rRNA-Gene 377
rT 3 608
RT-PCR 511
– HIV-Nachweis 511
RU 486 629
Rübenzucker 210
Rubor 708
Rückkopplung
– einfache 557
– negative, Hypophyse/Hypothalamus 605
Rückresorption, Niere 776
Ruhemembranpotenzial 804
– K2P-Kanäle 806
– Kaliumkanäle 805
RXR (9-cis-Retinsäure-Rezeptor) 580
Ryanodin 794
Ryanodinrezeptor, Aktivierung durch PKA 565

aus: Rassow u.a., Duale Reihe – Biochemie (ISBN 9783131253545) © 2016 Georg Thieme Verlag KG Stuttgart • New York

S

ΔS 32
S-Adenosylhomocystein, Capping (mRNA) 469
S-Adenosylmethionin (SAM) 169
– Biotransformation 744
– Capping (mRNA) 469
S-Phase 528
– Kontrolle 532
S-Zellen 636
Saccharase 104, 211
Saccharase-Isomaltase (SI) 211
Saccharomyces cerevisiae 507
Saccharose 104
– in der Nahrung 210
SAH s. S-Adenosylhomocystein 469
Salvage Pathway 430
Salzsäure
– Produktion 201
– – Hemmung durch Sekretin 636
– Regulation der Produktion **202**, 634
– Sekretion, Stimulation durch Histamin 661
SAM. S-Adenosylmethionin 169
Sammelrohr 774
– Funktion 779
Sanger, DNA-Sequenzierung 516
Sar1 383, 386-387
Sarkolemm 794
Sarkome 281
Sarkomer, Aufbau 787
Satelliten-DNA 514
Sauerstoff 25
– Radikale
– – Arteriosklerose 735
– – Hämoglobinoxidation 758
– reaktive Sauerstoffspezies (ROS) 758
– Redoxpotenzial 186
– Transport im Blut 749
Sauerstoff., Radikale, bei der Immunantwort 700
Sauerstoffbindestelle (Hämoglobin) 752
Sauerstoffbindung (Hämoglobin) 752
– Regulation
– – durch 2,3-Bisphosphoglycerat 754
– – durch CO_2-Partialdruck 754
– – durch pH-Wert 753
Sauerstoffbindungskurve
– Hämoglobin 750
– Myoglobin 750
– Rechtsverschiebung 754
Sauerstoffmangel, durch Thrombusbildung 735
Sauerstoffpartialdruck
– Alveolarluft 749
– Blut 749

Sauerstoffradikale/Reaktive Sauerstoffspezies (ROS)

Tabellarische Zusammenstellung 846
Sauerstoffradikale in Mitochondrien 847
Sauerstoffradikale im Immunsystem 710
Mutationen 519
Biochemie des Alterns 843
Inaktivierung von Sauerstoffradikalen:
– in Erythrozyten 758
– Superoxiddismutase 710
– Katalase 760
– Glutathion 758
– Vitamin C 318
– Vitamin E 296
– Polyphenole 196

Sauerstoffsättigung, Blut 750
Säure-Basen-Haushalt, in der Niere 781
Säureanhydridbindung, in Nukleotiden 421
Scanning (Translationsstart) 476
SCAP 255
Scavenger Receptor Class B Type 1 (SR-B1) 256
Scavenger-Rezeptoren 679
SCF (Stem Cell Factor) 668
Schallwahrnehmung 835
Scharnierregion 687
Schaumzellen 257, 735
Scheibchenmembranen 836
Schienentransport 397
Schiff-Base
– Definition 158
– im Kollagen 406
– im Rhodopsin 836
– Transaminierung 158, 307
Schilddrüse, Unterfunktion 611
Schilddrüsenhormon, Thermogenese 599
Schilddrüsenhormone 556, **606**
– Abbau 608
– Anpassung von Organ- und Gewebefunktion 609
– Biosynthese 607
– Rezeptor 580
– Stoffwechselprozesse 609
– Thermogenese 610
– Transport 608
– Wachstumsprozesse 609
– Wirkungen 608
Schilddrüsenhormonrezeptor, Rolle bei der Kanzerogenese 540
Schlaf 822
Schlaganfall 62
– Pathogenese 735
β-Schleife 79
Schleifendiuretika 779
Schleim 675
Schleimhaut, Infektionsabwehr 675-676
Schleimhautverhornung 294
Schlüsselenzym, Eigenschaften 92
Schmelzpunkt, von Kollagen 405
Schmerz
– Hemmung durch Glucocorticoide 619
– Rolle der Kinine 660
– Rolle der Prostaglandine 653
Schnecke 835
Schock
– anaphylaktischer 705
– septischer 712
Schrödinger 31
Schwangerschaftsabbruch 629
Schwangerschaftsnachweis 629
Schwann-Zellen 801
Schwefel 332
Schwermetalle, Stoffwechsel 744
Schwermetallvergiftung 745
Schwesterchromatiden 528
Scrapie 485
γ-Secretase 830
scRNA (small cytoplasmic RNA) 441, **455**
Second Messenger
– Calcium 570
– cAMP
– – Synthese 564
– – Wirkungen 564
– cGMP
– – Synthese 572
– – Wirkungen 573
– DAG
– – Synthese 568
– – Wirkungen 568
– IP_3
– – Synthese 568
– – Wirkungen 570
Sedoheptulose-7-phosphat 246
Sekretin 636
– Wirkung 636
Sekretion
– autokrine 555
– endokrine 554
– parakrine 554
– pulsatile, GnRH 625
Sekundärharn 775
Sekundärstruktur
– tRNA 454
– Protein 76
Sekundärtumor 547
Selegilin 832
Selektine 362
– Bindung von Leukozyten 708
Selektinphase 708
Selektion
– negative 699
– positive 699
Selektionsmarker 507
Selen 333
Selenmangel 334
Selenocystein
– Deiodase 608
– Kodierung auf der mRNA 473
– Synthese 72
Semichinon 181, 303
semikonservativ 444
Sepsis 712
Sequenzen, repetitive 514
SERCA 571
Serin 69, 350
– Abbau 163
– eliminierende Desaminierung 161
– Umwandlung in Glycin 310
Serin-/Threoninkinasen, Proteinkinase C 568
Serin-Hydroxymethyltransferase 434
Serin-Protease 259
– katalytische Triade 263
– Komplementsystem 682
– Reaktionsmechanismus 262
Serinkinase, Rezeptor 578
Serotonin 169, **662**, 819
– Biosynthese 662
– Brechreiz 820
– Regulation der Darmmotilität 663
– Rolle bei der Blutstillung 724
– Synthese und Abbau 819
– Wirkungen 662-663
Serotoninmangel 663
Serotoninrezeptoren 662, 819
– Klassifizierung 663
– RNA-Editing 472
Serotoninrückaufnahme-Hemmer, selektive (SSRI) 663
SERT, Inhibitoren 819
Sertoli-Zellen 623
Serum- and Glucocorticoid-inducible Kinase (SGK) 641
Serumelektrophorese 766
Serumproteine 766
– Produktion in der Leber 770
Sesselform 49
Sexpilus 502
Sexualhormone 622
Sexualverhalten 624
SGK (Serum- and Glucocorticoid-inducible Kinase) 641
SGLT (Sodium glucose luminal transporter) 776
SGLT 1 (Sodium Glucose Tansporter 1 212
SGLT 2 214
SGLT 2-Hemmer, Diabetes mellitus-Behandlung 214
SH-Gruppe
– periphere (Fettsäure-Synthase) 237
– zentrale (Fettsäure-Synthase) 237
SH2-Domäne 575, 578
SHBG (Sexualhormon bindendes Protein) 623
Short Feedback- 605
Short Patch Repair 523
Short Tandem Repeats s. STR 514
shRNA 517
Shuttle-Vektor 506
Shuttleprotein 377
SI s. Saccharase-Isomaltase 211
Sialinsäures. N-Acetylneuraminsäure 361
Sichelkrise 756
Sichelzellanämie 756
– Nachweis über RFLP 514
Signal Recognition Particle (SRP) 383, 455, **488**
Signal Transducer and Activator of Transcription (STAT) 578
Signalerkennungspartikel (SRP) 488
Signalpeptidase 488
– mitochondriale 382
Signalsequenz
– cotranslationaler Proteintransport 488
– sekretorisches Protein 383

Signaltransduktion 553

Signaltransduktion
– Definition 560
– Mechanismen 560-561
Signalübertragung 553-554
– autokrine 555
– endokrine 554
– parakrine 554
Signalweg
– extrinsischer
– – Apoptose 535
– – Blutgerinnung 727
– intrinsischer
– – Apoptose 536
– – Blutgerinnung 727
Sildenafil (Viagra) 796
– Wirkmechanismus 574
Silent Mutation 520
Single Strand binding Protein (ssb) 445
Sinneszellen
– Auge 836
– Geschmack 835
– Gleichgewichtsorgan 835
– Nase 834
– Ohr 835
Sinusitis, chronische 399
Sinusoide 767
siRNA (short interfering RNA) 441, **455**
– endogene 484
Sirtuin 278
sis 540
SIT (allergenspezifische Immuntherapie) 707
Situs inversus 399
Skelettmuskulatur, Aufbau 787
Skorbut 319
7SL RNA 441, 455
Smac/Diablo 536
Smad 4 578
SNAP 370
SNARE-Proteine 370
snoRNA (small nucleolar RNA) 441, **455**
snRNA 441
snRNA (small nuclar RNA) 454
snRNPs, snurps (Small nuclear Ribonucleoproteins) 469
Sodium glucose luminal transporter (SGLT) 776
Sodium Glucose Transporter 1 (SGLT 1) 212
Sofortreaktion (Soforttyp-Allergie) 704
Solenoid 440
Somatoliberins. GHRH 602
Somatostatin, Regulation der Salzsäureproduktion 203
Somatotropins. Wachstumshormon 602
Sonde (Nukleinsäure) 513
Sorbit 48
– bei Fructose-Intoleranz 106
– Struktur 47
Sorbitol (Sorbit) 47, 48
SOS 576
Southern-Blot 513
SOX9 622
Sp1 (Transkriptionsfaktor) 460
Spaltung, thioklastische
– -Oxidation 137
– Ketonkörperabbau 142
Speichel, Zusammensetzung 200
Speichenproteine 399
Speicherkrankheiten, lysosomale 388
Spermatogenese 604, 624
Sphingolipide
– Abbau 356
– Biosynthese 352

aus: Rassow u.a., Duale Reihe – Biochemie (ISBN 9783131253545) © 2016 Georg Thieme Verlag KG Stuttgart • New York

Sphingolipidosen 388
Sphingomyelin 350
– Abbau 356
– Biosynthese 353
– Struktur 347
Sphingomyelinase 356
Sphingophospholipid, Struktur 347
Sphingosin 347
Spiegelbildlichkeit s. Chiralität 47
spinale Analgesie 825
Spindelpol 400
Spironolactone 640
Splanchnomegalie 631
Spleißen 468
Spleißosom 469
Splicing (Spleißen) 468, 470
– alternatives 470
– Definition 469
Spurenelemente 322
– täglicher Bedarf 323
Squalen 355
Squalenepoxid 355
SR-B1 (Scavenger Receptor Class B Type 1) 256
Src 489
– Rolle bei der Kanzerogenese 540
SREBP (Sterol Response Element Binding Protein) 356
SREBP-1 c (Sterol regulatory Element-binding Protein 1c) 278, 588
SREBP2 255
23 S RNA 454
28 S RNA 454
SRP (Signal Recognition Particle) 383, 455, **488**
SRP-Rezeptor 383, 488
SRY 622
ssb (Single Strand binding Protein) 445
Stäbchen 836
Stäbchen-Opsin 837
Stacking energy 439
Stammzellfaktor 668
Standardbedingungen 28
Staphylococcus aureus 503
– methicillinresistenter (MRSA) 503
– α-Toxin 79
Staphylokokkenpenicillin 503
StAR (Steroidogenic acute regulatory Protein) 614
StAR D 4 – 6 614
Stärke
– in der Nahrung 210
– Struktur 53
Startcodon 476
Starthemmung 831
STAT (Signal Transducer and Activater of Transcription) 578
STAT-Dimer 578
STAT-Proteine 578
Statine 62
Stator, ATP-Synthase 175
Steady State 31
Stearinsäure 58, 236
Stearoyl-CoA-Desaturase 242
Stem Cell Factor, SCFSiehe Stammzellfaktor 668
Stercobilin 764
Stercobilinogen 764
Stereoisomere 47
Stereozilien 395, 835
Steroid, cardiotones 613
Steroidhormone 613, 615-616
– Biosynthese 613
– Eigenschaften 556
Steroidhormonrezeptor 580
Steroidogenic acute regulatory Protein (StAR) 614
sterol carrier protein (SCP) 614
Sterol Response Element Binding Protein (SREBP) 356
Sterol Response Element Binding Protein1c (SREBP1c) 588
STH (Somatotropin, somatotropes Hormon) s. Wachstumshormon 629
Stickoxide 700
– Transport im Blut 147
Stickstoffmonoxid (NO) 656
– Induktion durch Kinine 659
– Wirkungen 657
Stickstoffmonoxid = NO 169
Sticky End 504
Stillen 632
Stoffwechselregulation, Mechanismen 97
Stoppcodon 473
– Leserasterverschiebung 520
STR (Short Tandem Reapeats) 514
STR-Typisierung 515
Strangbruch 450, 467, 548
Stress
– Cortisolwirkung 619
– genotoxischer 542
Stresshormone 616
Striatum 831
Strobilurine 184
Struktur, lassoähnliche 470
Struma 611
Strychnin 822
Stuart-Prower-Faktor s. Faktor X 726
Substantia nigra 831
Substanz P 825
Substitution 541
– bei Mutationen 520
Substratkettenphosphorylierung 89, 122, **174**
Succinat, Citratzyklus 122
Succinat-Dehydrogenase 123
– Atmungskette 181
Succinat-Thiokinase 122
Succinyl-CoA
– Citratzyklus 120, 122
– Hämbiosynthese 760
– β-Oxidation 138
Succinyl-CoA-Ligase 122
Succinyl-CoA-Synthetase 122
Suizid-Substrat 435
Sulfanilamid 313
Sulfat-Atmung 191
Sulfonamide 313
– Inaktivierung 743
Sulfonylharnstoffe 586
Superoxid-Dismutase
– in Erythrozyten 759
– Pathogenabbau 710
Superoxidradikal, Hämoglobinoxidation 757
supraspinale Analgesie 825
Svedberg-Einheit 453
sympathoadrenerges System 595
Symport 365
Synaptobrevin 822
Syndrom, adrenogenitales (AGS) 616
Syndrom, metabolisches 274, 278, 586
Synovia 403
α-Synuclein 833
Synzytium 375
– funktionelles, Herzmuskulatur 789
– Muskelfaser 787
System
– endogenes (Blutgerinnung) 727
– extrinsisches, Blutgerinnung 727
– hypophysäres-hypothalamisches Hormone 601
– – Regelkreis 557
– – Rückkopplungsmechanismen 605
– intravaskuläres (Blutgerinnung) 727
– intrinsisches, Blutgerinnung 727
– sympathoadrenerges 595
System, offenes 31

T

T 3 s. Thyronin 606
T 4 s. Thyroxin 606
T 4-DNA-Ligase 507
T_H1-Zelle
– Aktivierung von Makrophagen 700
– Mediatoren 706
– Rolle bei Allergien 706
T_H2-Zelle
– Aktivierung von B-Zellen 700
– Mediatoren 706
– Rolle bei Allergien 706
T_H17-Zelle 702
T-B-Konjugat 696
T-Effektorzelle 700
T-Helferzelle s. T_H1- bzw. T_H2-Zelle 700
t-PA (Tissue Plasminogen Activator) 732
t-SNARE 370
T-System 794
T-Zell 698-700
– Aktivierung 695
– Aktivierung durch MHC-Klasse-II 699
– Bindung von MHC-Klasse-II 700
– reife, naive 699
– Reifung 698
– Selektion im Thymus 699
– Vorläufer 698;
– Wachstumsfaktor 716
– zytotoxische 700
T-Zell-Rezeptor 698
Tabakrauch 741
TAF (TBP-associated Factor) 460
TAG (Triacylglycerine) **57**, 127
Tamoxifen 549
Tandem Repeats, genetischer Fingerabdruck 514
Tangier-Krankheit 257
Taq-Polymerase 510
TATA-binding Protein (TBP) 460
TATA-Box 457, 459
tau-Protein 829
– Fibrillenbildung 831
Taurin 63
– Synthese 173
Taurocholsäure 206
Tautomerisierung 521
Taxane 548
Taxol 195, 396
Tay-Sachs, Morbus 388
TBG (Thyroxin bindendes Globulin) 608
tBid 535
TBP (TATA-biding Protein 460
TBP-associated Factor (TAF) 460
TBPA (Präalbumin, Thyroxin bindendes) 608
TCR (transkriptionsgekoppelte Reparatur) 525
Telomerase 449
Telomere 449
Telopeptid 405-406
Telophase 529
Temperatur, absolute 29
Template 510
Teniposid 548
Termination
– intrinsische (ρ-unabhängige) 458
– Transkription
– – Eukaryonten 461
– – Prokaryonten 458
– Translation 478
– ρ-abhängige 458
Terminationsfaktoren (eRF) 478
Terminator
– lac-Operon 462
– RNA-Synthese 458
Terpenoid 195
Tertiärstruktur
– Protein 79
– tRNA 454
Testosteron 623
TET-Enzyme, Tumorstoffwechsel 287
Tetanus 822
Tetanustoxin 504, **822**
Tetracycline 481
Tetrahydrocannabinol 59
Tetrahydrofolat 291
Tetrahydrofolsäure (THF) 309
– Purinnukleotidsynthese 425
3,3',5,5'-Tetraiodthyronin 606
Tetrapyrrolringsystem, Cobalamin 314
Tetrazyklin-Resistenz 503
Tetrodotoxin (TTX) 810
TFIIB Recognition Element 459
TFIID (Transkriptionsfaktor IID) 460
TFIIH (Transkriptionsfaktor IIH) 460
TfR (Transferrinrezeptor) 325
TGF 578
TGF-Familie 667
TGF-Superfamilie 667
TGF-β (transforming growth factor beta) 717
TGN (Trans-Golgi-Netzwerk) 385
TH (Thyreoidea stimulerendes Hormon) 602
TH1-Zelle
– Aktivierung von B-Zellen 697
– Sekretion von Interferon-γ 697
TH2-Zelle
– Aktivierung von B-Zellen 696
– Interleukinproduktion 697
Thalassämien 756
THC (Δ^9-Tetrahydrocannabinols) 826
Thekazellen 627
Therapie, antibiotische 313
Thermodynamik 32
Thermodynamik, 2. Hauptsatz 31
Thermogenese
– im braunen Fettgewebe 599
– Schilddrüsenhormone 610
Thermogenin (UCP1) **190**, 599
Thermus aquaticus 510
THF s. Tetrahydrofolsäure 309
Thiamin 291, 300
– Wernicke-Enzephalopathie 121
Thiamin-Kinase 300
Thiamin-Mangel 301
Thiaminpyrophosphat (TPP) 291, **300**
– Carbanion 112
Thiazid-sensitiver Cotransporter (TSC) 779
Thiaziddiuretika 779
Thiazolidindione 581, 586
Thiazolring, im Thiamin 300
Thiocyanat 186, 315
Thioester 87
– Acetyl-CoA 109
Thioguanin 548
Thiohalbacetal 87
Thiol-Disulfid-Austauschreaktion 487
Thiolase 137, 251
Thioredoxin-Reduktase 433
Threonin 69
– Abbau 163-164
– eliminierende Desaminierung 161
Threoninkinase, Rezeptor 578
Thrombin (Faktor IIa) 728
– Funktion 728
– Hemmung durch Antithrombin 733
– Hemmung durch Hirudin 734
– Modifikation durch Thrombomodulin 734
Thrombomodulin 734
Thromboplastin 727
– Gewebe-Thromboplastin 727
– partielles 732
Thromboplastinzeit 732
– aktivierte partielle (aPTT) 732
Thrombopoetin (TPO) 668
Thrombose 300
Thromboxan A_2 (TXA_2) 650
– Aktivierung von Thrombozyten 722
– Freisetzung 724
– Wirkungen 652
Thrombozyten 721
– Aktivierung 721-722
– α-Granula 721
Thrombozytenadhäsion 721
Thrombozytenaggregation 722
– Einfluss von NO 657
– Hemmung 725
– Rolle des Serotonins 664
– Wirkung von Thromboxan 652
Thrombozytenaggregationshemmer 723
– Herzinfarkt 724
Thrombozytenaktivierung 725
Thrombus, weißer 723
THs. Somatotropin 602

aus: Rassow u.a., Duale Reihe – Biochemie (ISBN 9783131253545) © 2016 Georg Thieme Verlag KG Stuttgart • New York

Thymidin 420
Thymidinkinase, Knock-out-Marker 518
Thymidylat-Synthase 434
– Hemmung 435
– – Tumortherapie 548
Thymin 419
Thymindimer 522
Thymulin 330
Thymus 698
Thyreoglobulin 606
Thyreoliberins. TRH 602
Thyreoperoxidase 607
Thyreotropin-Releasing-Hormons. TRH 602
Thyronin 606
Thyroxin 606
Thyroxin bindendes Präalbumin (TBPA) 608
Ticlopidin 724
Tier
– chimäres 518
– transgenes 517
Tight Junction 371
TIM (Translocase of the inner Membrane) 382
Tip Links 835
Tirofiban 723
Tissue Factor 727
Tissue Plasminogen Activator (t-PA) 732
Tissue-Transglutaminase 261
Titin 789, 798
Titrationskurve, Aminosäuren 64
tk-Gen 518
7-TM-Rezeptor 561
TNF (Tumor Necrosis Factor)-Superfamilie 670
TNFR s. Tumornekrosefaktor 535
TNFα 670
α-Tocochinon 297
Tocopherol 291
α-Tocopherol 296
α-Tocopherol-Hydrochinon 297
α-Tocopheryl-Radikal 297
Todesrezeptoren 535
Toll-like-Rezeptoren (TLR) 678
– bei Entzündungsreaktionen 708
– Aktivierung durch β-Amyloid 831
TOM (Translocase of the outer Membrane) 382
Topoisomerase 458
– Hemmung, Tumortherapie 548
Topoisomerase Hemmung 467
Topoisomerase I 446
– Hemmstoffe 450
Topoisomerase II 446
Topotecan 450
Totenstarre 792
α-Toxin 79
TPO s. Thrombopoetin 668
TR (Schilddrüsenhormonrezeptor) 580
tra-Region 502
Traberkrankheit 485
Tractus olfactorius 834
TRAIL-Rezeptoren 535
trans-Enoyl-CoA 136
Trans-Golgi-Netzwerk (TGN) 385
Transaldolase 247
Transaminierung 71, **158**
– Mechanismus 307
– Reaktionsmechanismus 158
Transcobalamin II 315
Transcortin
– Progesterontransport 625
– Steroidhormontransport 616
Transcuprein 329
Transducin 838
Transduktion 507
Transfektion 508
Transfer-RNA (tRNA) 441, 454
Transferrin 324
Transferrinrezeptor (TfR) 325
Transformation
– Kanzerogenese 539
– von Bakterienzellen 507
Transforming Growth Factor (TGF), Signalweg 578
transforming growth factor beta (TGF-β) 717
transgen, Definition 517
Transition 520
Transketolase 246
Transkriptase, reverse 494, **505**
– Definition 494, 505
– RT-PCR 511
– Telomerase 449
Transkription 457
– Definition 452
– Eukaryonten 459
– – Elongation 460
– – Initiation 460
– – Regulation 464
– – Termination 461
– Hemmstoffe 467
– Kontrollelement, distales 464
– Prokaryonten 457
– – Elongation 458
– – Initiation 457
– – Regulation 462
– – Termination 458
– Regulation 461
– – durch Hormon-Rezeptor-Komplex 579
– – Histon-Modifikation 467
– reverse 442
Transkriptionsblase 457
Transkriptionsfaktor
– E2F im Zellzyklus 531
– ligandenabhängiger 579
– MYC, Tumorstoffwechsel 285
– Struktur 465
Transkriptionskontrolle
– negative 462
– positive 462
Transläsions-Synthese 449
Translation 473
– Abbruch durch frame shift mutation 520
– Definition 473
– Elongation 478
– Initiation 475
– Rolle der Hitzeschockproteine 486
– Termination 478
Translocase of the inner Membrane (TIM) 382
Translocase of the outer Membrane (TOM) 382
Translokase 478
Translokation **519**, 541
Translokatorprotein 187
Transmembranhelix 358
Transpeptidase 54
Transport
– cotranslationaler ins ER 488
– entlang von Mikrotubuli 397
– in den Zellkern 377
– in Membranvesikeln 367
– ins Mitochondrium 382
– passiver 363
– primär-aktiver 363, **365**
– retrograder 383
– sekundär-aktiver 363, 365
– über Membranen 363
Transport-ATPase 367
Transporter, in biologischen Membranen 366
Transversion 520
Transzytose 370
Trastuzumab 549
Treg-Zelle 702
Tremor (Parkinson) 831
Tretmühlenmechanismus 393
TRH (Thyreotropin-Releasing-Hormon) 602, 607
Triacylglycerin 57
– Definition 127
– Funktion im Energiestoffwechsel 63
– physiologische Bedeutung 127
– Synthese 248
Triacylglycerine (TAG) 127
– Speicherung 128
– Synthese
– – Regulation 249
Triade 794
Trichothiodystrophie 525
3,3',5-Triiodthyronin 606
Trimethyllysin 319
Trimethyllysin-α-Ketoglutarat-Dioxygenase 319
Trimming (Glykoproteine) 360
Trinukleotidexpansion 834
Triokinase 105
Triose-Kinase 105
Triosephosphat-Isomerase 86
Tripelhelix (im Kollagen)
– Assemblierung 406
– Struktur 404
Triplett (genetischer Code) 473
Trisaccharid 50
Trisomie 21 (Down-Syndrom) 830
trk 540
tRNA (Transfer-RNA) 437, 441, **454**
– Aktivierung mit Aminosäure 474
– Struktur 454
Trommelfell 835
Tropoelastin 408
Tropokollagen 404, 406
Tropomodulin 787
Tropomyosin 792
Troponin 792
– Herzinfarkt 792
Truncus coeliacus 767
Trypsin 259
Trypsinogen, im Pankreassekret 204
Tryptophan 67
– Abbau 167
– Serotoninbiosynthese 662
Tryptophanmangel 168
TSC (Thiazid-sensitiver Cotransporter) 779
TSH (Thyreoidea stimulierendes Hormon) 608
TSPO (Translocator Protein) 614
Tuberkulose 700
(+)-Tubocurarin 195
Tubuli, Mitochindrienmembran 379
Tubulin 396
Tubulus
– distaler 774
– – Funktion 779
– proximaler 774
Tumor 538
– benigner 538
– Dickdarm 543
– Entstehung 538
– klassisches Zeichen einer Entzündung 708
– maligner 538
Tumor Necrosis Factor Superfamilie 670
Tumor-assoziierte Antigene 712
Tumor-spezifische Antigene 712
Tumorentstehung 538
– Glykolyse 282
Tumorentwicklung 547
Tumorimmunlogie 712
– Strategien des Immunsystems 714
Tumornekrosefaktor, als Entzündungsmediator 717
Tumornekrosefaktor-Rezeptor (TNFR)-Superfamilie 535
Tumorpromotoren 569
Tumorstoffwechsel
– Dioxygenasen 287
– Hydroxyglutarat 286
– Isocitrat-Dehydrogenase 285
– Jumonji-C-Histon-Demethylasen 288
– Nukleotid-Synthese 284
– Prolyl-Hydroxylase 288
– TET-Enzyme 287
– Transkriptionsfaktor HIF-1 283
Tumorsuppressor 541
– p53 542
Tumorsuppressorgen 539, **541**
Tumortherapie 548
– mit Antikörpern 715
– Zytostatika 548
Tumorviren 545
Tumorzellen, Stoffwechsel 281
β-turn 79
TXA_2 s. Thromboxan A_2 650
Typ-1-Diabetes 585
Typ-2-Diabetes 585
– bei Adipositas 132
Tyrosin 67, 69
– Abbau 165
– pK-Wert 65
– Schilddrüsenhormone 606
Tyrosin-Hydroxylase 595
Tyrosinkinase 576
Tyrosinkinaserezeptor siehe Rezeptortyrosinkinase 574
Tyrosinmangel 166
TΨC-Schleife 454

U

Überempfindlichkeitsreaktion (s. auch Allergie) 704
– Typ I 704
– – Pharmakologie 705
Übergangszustand, Definition 33
Übergewicht 279
Ubichinol (QH_2) 181, 183
Ubichinol-Cytochrom-c-Oxidoreduktase 183
Ubichinon **180**, 183
Ubichinon-Oxidoreduktase 179
Ubiquitin 391
– Rolle bei Parkinson-Krankheit 833
Ubiquitinsystem 391
Ubiquitinylierung 490
UCP1 (Thermogenin) **190**, 599
UDP-Galaktose, Biosynthese der Cerebroside 353
UDP-Galaktose-4-Epimerase 106
UDP-GlcNAc, Synthese des Core-Glykosids 360
UDP-Glucose
– Biosynthese der Cerebroside 353
– Biosynthese der Ganglioside 353
– Glykogensynthese 218
UDP-Glucuronsäure, Biotransformation 743
UDP-Glucuronyltransferase 763
Ulkus 202
Ultrafiltration, Nierenkörperchen 774
Ultrazentrifugation 344
UMP (Uridin-5'-monophosphat) 431
Umwandlungsreaktionen 739
Uncoating 493
uncoupling protein 1 190
ungesättigte Fettsäuren 58
Uniport 365
unkompetitive Hemmung 42
Uracil 419
Uracil-DNA-Glykosylase 523
Urat 428
Uratnephropathie 429
Urats. auch Harnsäure 428
Urea Transporter 783
Uridin 420
Uridin-5'-monophosphat (UMP) 431
Uridindiphosphat-Galaktose (UDP-Galaktose), Galaktoseabbau 106
Urikosurika 429
Urin 783
– 24-Stunden-Urin 150, 783
– Zusammensetzung 150
Urobilin 764
Urobilinogen 764
Uroguanylin 781
Urokinase 732
Uronidase 411
Uronsäure 55, 409
Urtikaria 661, 704
Usher-Syndrom 395
Uterusschleimhaut
– Einnistung 628
– Proliferation 627
UTR (untranslationierte Region) 452

aus: Rassow u.a., Duale Reihe – Biochemie (ISBN 9783131253545) © 2016 Georg Thieme Verlag KG Stuttgart • New York

V

V_1-Rezeptoren 638
v_{max} 36
V-D-J-C-System 691, 693
V-Domäne (Antikörper) 686
V-Gensegment 691
V-J-C-System 691, 693
V-Segment 691
v-SNARE 370
V-Typ-ATPase 367, 782
Valin 67
– Abbau 164
Van-der-Waals-Kräfte 81
Vancomycin, Wirkungsmechanismus 55
Vanillinmandelsäure 597
Variable Number of Tandem Repeats s. VNTR 514
Varizenblutungen 145
Vascular endothelial Growth Factor (VEGF) 666-667
Vasodilatation 600
Vasokonstriktion 600
Vasopressin ADH 604
– Primärstruktur 76
VDAC (Voltage-dependent Anion Channel) 536
– Rolle bei der Apoptose 536
VDR (Vitamion-D-Rezeptor) 580
VEGF s. Vascular endothelial Growth Factor) 666
Vektor 506
– integrativer 506
Vena
– cava inferior 767
– centralis 767
Venole, hochendotheliale (HEV) 695
Verbindungstubulus 774
Verbrauchskoagulopathie 735
Verdauung 198, 200
Verdauungssekret 198
– Regulation der Produktion 634
Verdauungstrakt
– Oberfläche 674
– Regulation der Motilität 634
– Schleimhaut 675
Vergiftung, Knollenblätterpilz 456
Verhornung 401
very low density lipoprotein 769
very low density lipoprotein (VLDL) 253
Verzweigtkettenkrankheit 164
verzweigtkettige Fettsäuren, Abbau 141
Vesikel 345
Vesikelfluss 370
Vesikeltransport 367
Viagra 796
– Wirkmechanismus 574
Vibrio cholerae 567
Vimentin 402
Vimentinfilamente 402
Vinblastin 396, 548
Vinca-Alkaloide 548
Vincristin 396, 548
VIP (vasoaktives intestinales Peptid) 635
Viren 491
– Adsorption 493
– Aufbau 491
– Entmantelung (uncoating) 493
– Freisetzung 493
– Infektionszyklus 492
– Knospung 493
– Systematik 493
Virulenzplasmid 504

Vitamine und Coenzyme 290

Vitamin A 291-292
– Hypervitaminose 295
– Mangel 294
Vitamin B_1 291, 300
– Hypervitaminose 301
– Wernicke-Enzephalopathie 121
Vitamin B_2 291, 302
– Hypervitaminose 303
– Mangel 303
Vitamin B_6 291, 306
– Hypervitaminose 303
– Mangel 307
Vitamin B_9 309
Vitamin B_{12} 170, 291, 314
– Hypervitaminose 316
– Mangel 314, 316
– Resorption 200
Vitamin C 195, 291, 318
– Funktion 319
– Hypervitaminose 320
– Mangel 319
– Regeneration von Tocopherol 297
Vitamin D 291
– Bindeprotein (DBP) 647
– Hypervitaminose 296
– Mangel 295
– Rezeptor 580
– Wirkung als Hormon 646
Vitamin D 3 295
Vitamin D_2 295
Vitamin E 291, 296
– Hypervitaminose 298
– Mangel 298
Vitamin H 317
Vitamin K 291
– Alkoxid 299
– Antagonisten 299
– Hypervitaminose 300
– Mangel 300
– Blutgerinnung 731
Vitamin K_1 298
Vitamin K_2 298-299
– Epoxid 299
– Hydrochinon 299
Vitaminbedarf 290
Vitamine 290
– Einteilung 292
– fettlösliche 292
– hydrophile 291
– lipophile 291
– wasserlösliche 300
Vitaminmangel 195
Vitaminose
– Definition 290
– Ursachen 290
VKD-Protein 299
VLDL s. very low density lipoprotein 253
VMAT 2 660
VNP 643
VNTR (Variable Number of Tandem Repeats) 514
– RFLP-Analyse 515
– Typisierung 515
Volatile Anästheika 827
von Gierke, Glykogenose Typ I 226
von-Willebrand-Faktor (vWF) 721
Von-Willebrand-Syndrom 722
vWF (Von-Willebrand-Faktor) 721

W

Waage 29
Wachstum, postnatales 631
Wachstumsfaktor, Insulin-ähnlicher (IGF) 630
Wachstumsfaktoren 666-667
– in der Embryonalentwicklung 666
– Tabellenübersicht 667
– Wirkungen 666-667
Wachstumshormon (GH) 629-630
– Biosynthese 630
– Struktur 629
– Wirkungen 630-631
– – metabolische 631
Wanderung, von Zellen 395
Warburg, Otto 116
Warburg-Effekt 282
Wärmebildung, zitterfreie 599
Wasser, Rückresorption in der Niere 778
Wasserhaushalt 636
Wasserstoffperoxid 140
– in Erythrozyten 758
Wasserstoffübertragung, Mechanismus 303
Watson, James Dewey 438
Wechselwirkungen
– hydrophobe 80
– – Membranproteine 80
– ionische 81
Wechselzahl 39
Wee1-Kinase 530
Weg
– alternativer (Komplementsystem) 683
– extrinsischer, Blutgerinnung 727
– intrinsischer, Blutgerinnung 727
– klassischer (Komplementsystem) 682
Wernicke-Enzephalopathie 121
Wespengift 232
Western-Blot 513
Willebrand, Erik von 722
Wilson, Morbus 329
Winterschlaf, Wasserhaushalt 140
WNK-Kinase 642
Wnt-Protein 666
– Rolle bei der Kanzerogenese 544
Wobble-Theorie 473
Wöhler, Friedrich 150
Wundstarrkrampf 822
Wurminfektion, Abwehr 706

X

X-Beine 295
Xanthin 420
Xanthin-Dehydrogenase 429
Xanthin-Oxidase 428-429
– Biotransformation 742
– Hemmung durch Allopurinol 429
Xanthin-Oxidoreduktase 429
Xanthinsteine 776
Xanthosin 420
Xase
– extrinsische 727
– intrinsische 727-728
Xenophagie 684
Xeroderma pigmentosum 525
Xerophthalmie 294
Xylulose-5-phosphat 246

Z

Z-Scheibe 787
Zahnbelag 105
Zahnschmelzfluorose 333
Zapfen 836
Zapfenopsine 836
Zell-Zell-Kontakte 371
Zellaufschluss 343
Zellen
– antigenpräsentierende
– – B-Zelle 695
– – dendritische Zellen 693
– dendritische (DC) 693
– – follikuläre 695
– – interdigitierende 693, 695, 699
– Gastrin produzierende 634
Zellen, muköse 201
Zellfraktionierung 343
Zellkern 375
– Proteinexport 377
– Proteinimport 377
Zellorganellen 375
Zellproliferation, unkontrollierte 538
Zelltod, programmierter 533
Zellwachstum, Regulation 278
Zellwand, Bakterien 54
Zellweger-Syndrom 141, 390
Zellzyklus 528
– Ablauf 528
– Regulation 529
– Restriktionspunkte 529
Zentrifugation 343
Zentrifugationsgeschwindigkeit 343
Zentriol 398
Zentrosom 396
Zentrum
– chirales 46
– katalytisches 34
Zervixkarzinom 546
– Impfung 546
Zileuton 655
Zink 329
Zinkfingerproteine 330
– Steroidhormonrezeptor 580
Zinkmangel 331
Zisterne 384
Zitronensäure (Citrat) 119
ZNS (zentrales Nervensystem) 800
– Erkrankungen 828-829, 831
– Glucocorticoidwirkung 619
Zöliakie 261, 695
Zollinger-Ellison-Syndrom 635
Zonula
– adhaerens 371
– occludens 371
Zungengrundlipase 230
Zwitterionen 65
Zykline 530-531
zyklo-ADP-Ribose 305
Zyklooxygenase (COX) 650
Zyklooxygenase-Hemmer 654
Zymogene, im Magensaft 201
Zymogengranula 205
Zytokeratin 401
Zytokine 666
– Definition 558
– im Immunsystem 670
– in der Hämatopoese 669
Zytokinese 529
Zytokinrezeptor 576, 666
Zytoplasma 375
Zytoskelett 393
Zytosol 375
Zytostatikum 450, 467
– in der Tumortherapie 548
Zytotoxizität, Mechanismus 701

aus: Rassow u.a., Duale Reihe – Biochemie (ISBN 9783131253545) © 2016 Georg Thieme Verlag KG Stuttgart • New York