

|             |                                                         |           |
|-------------|---------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b>    | <b>Grundlagen der allgemeinen Chemie</b>                | <b>1</b>  |
| <b>1.1</b>  | <b>Atombau und Periodensystem der Elemente</b>          | <b>1</b>  |
| 1.1.1       | Der Aufbau der Atome                                    | 1         |
| 1.1.2       | Das Periodensystem der Elemente                         | 4         |
| <b>1.2</b>  | <b>Die Grundtypen der chemischen Bindung</b>            | <b>5</b>  |
| 1.2.1       | Die Ionenbeziehung                                      | 5         |
| 1.2.2       | Die Atombindung                                         | 7         |
| 1.2.3       | Wasserstoffbrückenbindung                               | 13        |
| 1.2.4       | VAN-DER-WAALS-Bindung                                   | 13        |
| <b>1.3</b>  | <b>Funktionelle Gruppen</b>                             | <b>13</b> |
| <b>1.4</b>  | <b>Stereochemie</b>                                     | <b>17</b> |
| <b>1.5</b>  | <b>Chemische Reaktionen</b>                             | <b>22</b> |
| 1.5.1       | Stoffmenge und molare Masse                             | 23        |
| 1.5.2       | Konzentration                                           | 26        |
| 1.5.3       | Stöchiometrische Berechnungen                           | 27        |
| 1.5.4       | Chemisches Gleichgewicht                                | 28        |
| 1.5.5       | Massenwirkungsgesetz                                    | 29        |
| <b>1.6</b>  | <b>Thermodynamik chemischer Reaktionen</b>              | <b>30</b> |
| 1.6.1       | Der Begriff des Systems                                 | 31        |
| 1.6.2       | Der erste Hauptsatz der Thermodynamik                   | 32        |
| 1.6.3       | Die Reaktionsenthalpie                                  | 33        |
| 1.6.4       | Der zweite Hauptsatz: Immer diese Unordnung             | 34        |
| 1.6.5       | GIBBS-HELMHOLTZ-Gleichung                               | 35        |
| <b>1.7</b>  | <b>Kinetik chemischer Reaktionen</b>                    | <b>36</b> |
| 1.7.1       | Die Aktivierungsenergie                                 | 36        |
| 1.7.2       | Reaktionsordnung und Molekularität                      | 38        |
| 1.7.3       | Reaktionen 1. Ordnung                                   | 38        |
| 1.7.4       | Reaktionen 2. Ordnung                                   | 40        |
| 1.7.5       | Reaktionen pseudo-erster Ordnung                        | 42        |
| 1.7.6       | Reaktionen 0. Ordnung                                   | 42        |
| <b>1.8</b>  | <b>Säuren und Basen</b>                                 | <b>44</b> |
| 1.8.1       | Säuren und Basen nach BRÖNSTED                          | 44        |
| 1.8.2       | pH- und pK-Begriff, Ionenprodukt des Wassers            | 46        |
| 1.8.3       | pH-Wert-Berechnungen starker und schwacher Säuren       | 50        |
| 1.8.4       | Säure/Base-Titrationen                                  | 51        |
| 1.8.5       | Puffer und Pufferkapazität                              | 52        |
| <b>1.9</b>  | <b>Redoxreaktionen</b>                                  | <b>57</b> |
| 1.9.1       | Oxidation und Reduktion - Definition der Begriffe       | 57        |
| 1.9.2       | Die Oxidationszahlen                                    | 58        |
| 1.9.3       | Elektrodenpotential und elektrochemische Spannungsreihe | 59        |
| 1.9.4       | Die NERNST-Gleichung                                    | 63        |
| <b>1.10</b> | <b>Literatur</b>                                        | <b>64</b> |

|          |                                                               |            |
|----------|---------------------------------------------------------------|------------|
| <b>2</b> | <b>Aminosäuren, Peptide und Proteine</b>                      | <b>65</b>  |
| 2.1      | Die allgemeine Struktur der Aminosäuren                       | 65         |
| 2.2      | Chemische Einteilung der Aminosäuren                          | 66         |
| 2.3      | Seltene Aminosäuren                                           | 70         |
| 2.4      | Der isoelektrische Punkt pI                                   | 71         |
| 2.5      | Essentielle Aminosäuren                                       | 75         |
| 2.6      | Aufbau der Peptidbindung                                      | 76         |
| 2.7      | Wichtige Peptide                                              | 77         |
| 2.8      | Peptidgifte                                                   | 80         |
| 2.9      | Proteine                                                      | 81         |
| 2.9.1    | Einteilung und Bedeutung der Proteine                         | 81         |
| 2.9.2    | Primär-, Sekundär-, Tertiär- und Quartärstruktur              | 82         |
| 2.9.3    | Hämoglobin und Myoglobin: Ein Vergleich                       | 88         |
| 2.9.4    | Sauerstoffbindungsverhalten von Häm- und Myoglobin            | 92         |
| 2.9.5    | Hämoglobinallosterie und Einfluß äußerer Faktoren             | 99         |
| 2.10     | Literatur                                                     | 103        |
| <b>3</b> | <b>Experimentelle Methoden</b>                                | <b>104</b> |
| 3.1      | Trenn- und Reinigungsverfahren für Proteine und Nukleinsäuren | 104        |
| 3.2      | Elektrophoretische Trennmethode                               | 105        |
| 3.3      | Chromatographische Trennmethode                               | 110        |
| 3.3.1    | Gelchromatographie                                            | 111        |
| 3.3.2    | Ionenaustauschchromatographie                                 | 114        |
| 3.3.3    | Affinitätschromatographie                                     | 116        |
| 3.3.4    | Dünnschichtchromatographie                                    | 118        |
| 3.4      | Proteinsequenzierung                                          | 120        |
| 3.5      | Literatur                                                     | 123        |
| <b>4</b> | <b>Enzyme und Coenzyme</b>                                    | <b>124</b> |
| 4.1      | Definitionen                                                  | 124        |
| 4.2      | Benennung und Einteilung der Enzyme                           | 126        |
| 4.3      | Der Begriff des Coenzym                                       | 126        |
| 4.3.1    | Definition                                                    | 126        |
| 4.3.2    | Der Vitaminbegriff                                            | 130        |
| 4.4      | Aktivierungsenergie und Übergangszustand                      | 130        |
| 4.5      | Das aktive Zentrum                                            | 135        |
| 4.6      | Die Triosephosphat-Isomerasereaktion                          | 137        |
| 4.7      | MICHAELIS-MENTEN-Kinetik                                      | 139        |
| 4.7.1    | Die MICHAELIS-MENTEN-Gleichung                                | 139        |
| 4.7.2    | Die MICHAELIS-Konstante                                       | 143        |
| 4.7.3    | Die MICHAELIS-MENTEN-Auftragung                               | 144        |
| 4.7.4    | Die LINEWEAVER-BURK-Gleichung und ihre Auftragung             | 144        |
| 4.7.5    | Die EADIE-HOFSTEE-Gleichung und ihre Auftragung               | 145        |
| 4.8      | Hemmung enzymatisch katalysierter Reaktionen                  | 146        |
| 4.8.1    | Die kompetitive Hemmung                                       | 146        |
| 4.8.2    | Die nichtkompetitive Hemmung                                  | 149        |
| 4.8.3    | Die unkompetitive Hemmung                                     | 152        |

|             |                                                              |            |
|-------------|--------------------------------------------------------------|------------|
| 4.8.4       | Die Substratüberschußhemmung                                 | 155        |
| 4.8.5       | Die irreversible Hemmung                                     | 158        |
| <b>4.9</b>  | <b>Die Regulation der Enzymaktivität</b>                     | <b>159</b> |
| 4.9.1       | Regulation durch Rückkopplung                                | 159        |
| 4.9.2       | Die allosterische Regulation von Enzymen                     | 159        |
| 4.9.3       | Regulation durch Interkonversion                             | 161        |
| 4.9.4       | Die regulierte Aktivierung von Enzymen durch Proteolyse      | 162        |
| <b>4.10</b> | <b>Isoenzyme und Multi-Enzym-Komplexe</b>                    | <b>162</b> |
| <b>4.11</b> | <b>Enzymeinheiten</b>                                        | <b>164</b> |
| <b>4.12</b> | <b>Enzymdiagnostik in der Klinik</b>                         | <b>165</b> |
| 4.12.1      | Allgemeines                                                  | 165        |
| 4.12.2      | Creatinkinase und Herzinfarkt                                | 166        |
| 4.12.3      | Lactat-Dehydrogenase                                         | 167        |
| 4.12.4      | Alkalische Phosphatase und $\gamma$ -Glutamyl-Transpeptidase | 167        |
| 4.12.5      | Transaminasen und akute Virushepatitis                       | 168        |
| 4.12.6      | Glutamat-Dehydrogenase                                       | 168        |
| 4.12.7      | Pankreasenzyme und Akute Pankreatitis                        | 169        |
| <b>4.13</b> | <b>Literatur</b>                                             | <b>170</b> |
| <b>5</b>    | <b>Kohlenhydrate I</b>                                       | <b>171</b> |
| <b>5.1</b>  | <b>Begriffe und Definitionen</b>                             | <b>171</b> |
| <b>5.2</b>  | <b>Darstellungsformen</b>                                    | <b>174</b> |
| <b>5.3</b>  | <b>Disaccharide und Polysaccharide</b>                       | <b>178</b> |
| <b>5.4</b>  | <b>Abgeleitete Verbindungen</b>                              | <b>182</b> |
| <b>5.5</b>  | <b>Die Biotransformation</b>                                 | <b>189</b> |
| <b>5.6</b>  | <b>Glucosediagnostik in der Klinik: Der optische Test</b>    | <b>194</b> |
| <b>5.7</b>  | <b>Heteroglykane: Glykoproteine</b>                          | <b>199</b> |
| <b>5.8</b>  | <b>Literatur</b>                                             | <b>202</b> |
| <b>6</b>    | <b>Lipide I</b>                                              | <b>203</b> |
| <b>6.1</b>  | <b>Definition und Einteilung der Lipide</b>                  | <b>203</b> |
| <b>6.2</b>  | <b>Fettsäuren und Triglyceride</b>                           | <b>204</b> |
| 6.2.1       | Struktur und physikalische Eigenschaften der Fettsäuren      | 204        |
| 6.2.2       | Die Autoxidation ungesättigter Fettsäuren und Vitamin E      | 210        |
| 6.2.3       | Bedeutung der Fettsäuren                                     | 214        |
| 6.2.4       | Triglyceride (Triacylglycerole)                              | 215        |
| 6.2.5       | Wachse                                                       | 220        |
| <b>6.3</b>  | <b>Phosphatide</b>                                           | <b>220</b> |
| <b>6.4</b>  | <b>Sphingolipide</b>                                         | <b>228</b> |
| <b>6.5</b>  | <b>Glykolipide</b>                                           | <b>230</b> |
| <b>6.6</b>  | <b>Cholesterol</b>                                           | <b>231</b> |
| 6.6.1       | Bedeutung                                                    | 231        |
| 6.6.2       | Struktur, Isomerie und Nomenklatur des Cholesterols          | 233        |
| 6.6.3       | Die Synthese des Cholesterols                                | 236        |
| 6.6.4       | Die Regulation der Cholesterol-Synthese                      | 239        |
| <b>6.7</b>  | <b>Vitamin A</b>                                             | <b>241</b> |
| <b>6.8</b>  | <b>Die Plasmamembran</b>                                     | <b>244</b> |

## VIII

|             |                                                                            |            |
|-------------|----------------------------------------------------------------------------|------------|
| 6.8.1       | Allgemeine Eigenschaften der Plasmamembran                                 | 244        |
| 6.8.2       | Die Lipide der Membranen                                                   | 245        |
| 6.8.3       | Die Membranproteine                                                        | 247        |
| 6.8.4       | Die Kohlenhydrate der Membran                                              | 248        |
| <b>6.9</b>  | <b>Transportvorgänge durch Membranen</b>                                   | <b>249</b> |
| 6.9.1       | Begriffsdefinitionen                                                       | 249        |
| 6.9.2       | Passiver Transport                                                         | 249        |
| 6.9.3       | Aktiver Transport                                                          | 252        |
| <b>6.10</b> | <b>Literatur</b>                                                           | <b>253</b> |
| <b>7</b>    | <b>Kohlenhydrate II</b>                                                    | <b>254</b> |
| <b>7.1</b>  | <b>Verdauung und Resorption von Kohlenhydraten</b>                         | <b>254</b> |
| <b>7.2</b>  | <b>Glykolyse</b>                                                           | <b>256</b> |
| 7.2.1       | Definiton und Bedeutung der Glykolyse                                      | 256        |
| 7.2.2       | Übersicht und Einteilung der Glykolyse                                     | 257        |
| 7.2.3       | Die Bilanz der Glykolyse                                                   | 258        |
| 7.2.4       | Die Schritte der Glykolyse                                                 | 259        |
| 7.2.5       | Die Regulation der Glykolyse                                               | 266        |
| 7.2.6       | Die alkoholische Gärung                                                    | 270        |
| 7.2.7       | Stoffwechsel von Galactose, Fructose und Mannose                           | 270        |
| <b>7.3</b>  | <b>Gluconeogenese</b>                                                      | <b>273</b> |
| 7.3.1       | Definition und Bedeutung der Gluconeogenese                                | 273        |
| 7.3.2       | Überblick über die Gluconeogenese                                          | 274        |
| 7.3.3       | Wichtige Schritte der Gluconeogenese im einzelnen                          | 275        |
| 7.3.4       | Die Bilanz der Gluconeogenese                                              | 278        |
| 7.3.5       | Die Regulation der Gluconeogenese                                          | 278        |
| 7.3.6       | Cori- und Alanin-Zyklus                                                    | 281        |
| <b>7.4</b>  | <b>Die oxidative Decarboxylierung und ihre Coenzyme</b>                    | <b>282</b> |
| 7.4.1       | Definition der oxidativen Decarboxylierung                                 | 282        |
| 7.4.2       | Die Coenzyme der oxidativen Decarboxylierung und ihre zugehörigen Vitamine | 283        |
| 7.4.3       | Die Enzyme der oxidativen Decarboxylierung                                 | 289        |
| 7.4.4       | Die Regulation der oxidativen Decarboxylierung                             | 291        |
| <b>7.5</b>  | <b>Der Pentosephosphatweg</b>                                              | <b>292</b> |
| 7.5.1       | Definition und Bedeutung des Pentosephosphatweges                          | 292        |
| 7.5.2       | Der Pentosephosphatweg im Überblick                                        | 292        |
| <b>7.6</b>  | <b>Glykogenstoffwechsel</b>                                                | <b>296</b> |
| 7.6.1       | Bedeutung des Glykogens                                                    | 296        |
| 7.6.2       | Der Aufbau des Glykogens                                                   | 296        |
| 7.6.3       | Der Abbau des Glykogens                                                    | 299        |
| 7.6.4       | Die Regulation des Glykogenstoffwechsels                                   | 301        |
| <b>7.7</b>  | <b>Die Synthese der Aminosucker</b>                                        | <b>302</b> |
| <b>7.8</b>  | <b>Klinischer Bezug</b>                                                    | <b>304</b> |
| <b>7.9</b>  | <b>Literatur</b>                                                           | <b>307</b> |
| <b>8</b>    | <b>Citratzyklus und Atmungskette</b>                                       | <b>308</b> |
| <b>8.1</b>  | <b>Der Citratzyklus</b>                                                    | <b>308</b> |
| 8.1.1       | Bedeutung und Lokalisation des Citratzyklus'                               | 308        |

|             |                                                                              |            |
|-------------|------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 8.1.2       | Die Reaktionen des Citratzyklus' im Überblick                                | 309        |
| 8.1.3       | Die Schritte des Citratzyklus' im einzelnen                                  | 311        |
| 8.1.4       | Die Bilanz des Citratzyklus'                                                 | 317        |
| 8.1.5       | Die Regulation des Citratzyklus'                                             | 318        |
| 8.1.6       | Stellung des Citratzyklus' im Stoffwechsel                                   | 319        |
| <b>8.2</b>  | <b>Die Atmungskette als Folge von Redoxreaktionen</b>                        | <b>320</b> |
| 8.2.1       | ATP als universeller Energielieferant                                        | 320        |
| 8.2.2       | Die kontrollierte Knallgasreaktion als Grundprinzip der Atmungskette         | 322        |
| 8.2.3       | Der Begriff der Redoxreaktion                                                | 324        |
| 8.2.4       | Die Atmungskette in der Übersicht                                            | 326        |
| 8.2.5       | Die einzelnen Komponenten der Atmungskette                                   | 328        |
| <b>8.3</b>  | <b>Chemiosmotische Kopplung: ATP-Synthese</b>                                | <b>334</b> |
| <b>8.4</b>  | <b>Transporter der Mitochondrienmembran</b>                                  | <b>339</b> |
| <b>8.5</b>  | <b>Sauerstoffaktivierende Enzyme</b>                                         | <b>341</b> |
| 8.5.1       | Oxidasen                                                                     | 341        |
| 8.5.2       | Dioxygenasen                                                                 | 341        |
| 8.5.3       | Monooxygenasen                                                               | 341        |
| 8.5.4       | Katalase und Peroxidase                                                      | 341        |
| <b>8.6</b>  | <b>Literatur</b>                                                             | <b>342</b> |
| <b>9</b>    | <b>Lipide II</b>                                                             | <b>343</b> |
| <b>9.1</b>  | <b>Lipidverdauung</b>                                                        | <b>343</b> |
| 9.1.1       | Die Emulgierung des Nahrungsfettes                                           | 343        |
| 9.1.2       | Die Gallensäuren und die Cholelithiasis                                      | 343        |
| 9.1.3       | Die Pankreaslipasen                                                          | 347        |
| <b>9.2</b>  | <b>Transport von Lipiden: Lipoproteine</b>                                   | <b>350</b> |
| <b>9.3</b>  | <b>Die Beta-Oxidation</b>                                                    | <b>355</b> |
| 9.3.1       | Die Cobalamine (Vitamin-B <sub>12</sub> -Gruppe): perniziöse Anämie          | 362        |
| <b>9.2</b>  | <b>Synthese von Fettsäuren</b>                                               | <b>366</b> |
| <b>9.3</b>  | <b>Die Ketogenese</b>                                                        | <b>370</b> |
| <b>9.4</b>  | <b>Arachidonsäurestoffwechsel und Prostaglandine</b>                         | <b>372</b> |
| <b>9.5</b>  | <b>Hyperlipoproteinämien</b>                                                 | <b>375</b> |
| <b>9.6</b>  | <b>Literatur</b>                                                             | <b>376</b> |
| <b>10</b>   | <b>Aminosäurestoffwechsel</b>                                                | <b>377</b> |
| <b>10.1</b> | <b>Verdauung von Proteinen</b>                                               | <b>377</b> |
| <b>10.2</b> | <b>Übersicht über den Stickstoff-Stoffwechsel</b>                            | <b>379</b> |
| <b>10.3</b> | <b>Der Aminosäureabbau</b>                                                   | <b>380</b> |
| 10.3.1      | Transaminierung                                                              | 380        |
| 10.3.2      | Oxidative und eliminierende Desaminierung                                    | 384        |
| 10.3.3      | Decarboxylierung                                                             | 385        |
| <b>10.4</b> | <b>Der Harnstoffzyklus</b>                                                   | <b>387</b> |
| <b>10.5</b> | <b>Abbau des Kohlenstoffgerüsts der Aminosäuren</b>                          | <b>390</b> |
| 10.5.1      | Alanin, Serin, Threonin und Cystein: Abbau zu Pyruvat                        | 391        |
| 10.5.2      | Aspartat und Asparagin: Abbau zu Oxalacetat                                  | 392        |
| 10.5.3      | Abbau zu 2-Ketoglutarat: Glutamin und Glutamat, Histidin, Prolin und Arginin | 392        |
| 10.5.4      | Abbau verzweigtkettiger Aminosäuren: Leucin, Isoleucin und Valin             | 393        |

|              |                                                                                                 |            |
|--------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 10.5.5       | Phenylalanin und Tyrosin                                                                        | 395        |
| 10.5.6       | Tryptophan                                                                                      | 397        |
| <b>10.6</b>  | <b>Klinischer Bezug</b>                                                                         | <b>398</b> |
| 10.6.1       | Störungen im Harnstoffzyklus, Leberzerfallkoma                                                  | 398        |
| 10.6.2       | Phenylketonurie                                                                                 | 399        |
| 10.6.3       | Alkaptonurie                                                                                    | 399        |
| 10.6.4       | Albinismus                                                                                      | 400        |
| 10.6.5       | Ahornsirupkrankheit                                                                             | 400        |
| 10.6.6       | Homocystinurie                                                                                  | 400        |
| <b>10.7</b>  | <b>Literatur</b>                                                                                | <b>400</b> |
| <b>11</b>    | <b>Purin und Pyrimdinstoffwechsel</b>                                                           | <b>401</b> |
| 11.1         | Definition der Purine und Pyrimidine                                                            | 401        |
| 11.2         | Synthese der Pyrimidine                                                                         | 404        |
| 11.3         | Die Ribonukleotidreduktase                                                                      | 408        |
| 11.4         | Thymidylat-Synthase-Reaktion: Die Bedeutung von Tetrahydrofolat                                 | 410        |
| 11.5         | Abbaureaktionen der Pyrimidine                                                                  | 415        |
| 11.6         | Purinbiosynthese                                                                                | 417        |
| 11.7         | Abbau der Purine                                                                                | 420        |
| 11.8         | ATP als Ausgangssubstanz für FAD und NAD <sup>+</sup>                                           | 422        |
| 11.9         | Klinischer Bezug                                                                                | 423        |
| 11.9.1       | Gicht                                                                                           | 423        |
| 11.9.2       | LESCH-NYHAN-Syndrom                                                                             | 426        |
| 11.9.3       | Adenosin-Desaminase-Mangel                                                                      | 427        |
| <b>11.10</b> | <b>Literatur</b>                                                                                | <b>427</b> |
| <b>12</b>    | <b>Nukleinsäuren und Molekulare Genetik</b>                                                     | <b>428</b> |
| 12.1         | Der Begriff der biologischen Information                                                        | 428        |
| 12.2         | Der Aufbau des Informationsträgers DNA                                                          | 430        |
| 12.3         | Der Informationsfluß vom Gen zum Protein: RNA                                                   | 435        |
| 12.3.1       | Die Transkription bei Prokaryonten                                                              | 435        |
| 12.3.2       | Die Regulation der Transkription: Das Operonmodell                                              | 438        |
| 12.3.3       | Die Transkription bei Eukaryonten                                                               | 440        |
| 12.3.4       | Das Prozessieren des Primärtranskriptes bei Eukaryonten: Polyadenylierung, Capping und Spleißen | 447        |
| 12.3.5       | Die Transkription von rRNA-Genen im Nucleolus                                                   | 453        |
| 12.3.6       | Prozessierung von tRNA-Transkripten                                                             | 455        |
| 12.3.7       | Das Ribosom                                                                                     | 456        |
| 12.3.8       | Der genetische Code                                                                             | 458        |
| 12.3.9       | tRNA                                                                                            | 459        |
| 12.3.10      | Die Proteinbiosynthese                                                                          | 464        |
| 12.3.11      | Synthese der Glykoproteine: Endoplasmatisches Reticulum                                         | 468        |
| <b>12.4</b>  | <b>Die Weitergabe von Information: DNA-Replikation</b>                                          | <b>474</b> |
| <b>12.5</b>  | <b>Veränderungen der Information: Mutationen</b>                                                | <b>478</b> |
| 12.5.1       | Die Polymerase ist fehlbar                                                                      | 478        |
| 12.5.2       | Mutagene                                                                                        | 478        |
| 12.5.3       | Reparaturmechanismen                                                                            | 479        |

|             |                                                                          |            |
|-------------|--------------------------------------------------------------------------|------------|
| 12.5.4      | Mutationen im Großen                                                     | 480        |
| <b>12.6</b> | <b>Der Einfluß fremder Information: Viren</b>                            | <b>482</b> |
| 12.6.1      | Aufbau und Vermehrung von Viren                                          | 482        |
| 12.6.2      | Der Aufbau eines Retrovirus                                              | 484        |
| 12.6.3      | Das humane Immundefizienz Virus HIV                                      | 486        |
| <b>12.7</b> | <b>Fehlgeleitete Informationen: Krebs</b>                                | <b>488</b> |
| <b>12.8</b> | <b>Methoden der Molekulargenetik</b>                                     | <b>490</b> |
| 12.8.1      | Das Zerschneiden von DNA: Restriktionsendonukleasen                      | 491        |
| 12.8.2      | Das Vermehren von DNA-Fragmenten in vivo                                 | 493        |
| 12.8.3      | Northern- und Southern-Blot                                              | 495        |
| 12.8.4      | In-vitro-Amplifizierung von DNA                                          | 498        |
| 12.8.5      | Ansätze zur Gentherapie                                                  | 499        |
| <b>12.9</b> | <b>Literatur</b>                                                         | <b>501</b> |
| <b>13</b>   | <b>Prinzipien der Signaltransduktion</b>                                 | <b>502</b> |
| <b>13.1</b> | <b>Das Prinzip von Rezeptor und Ligand</b>                               | <b>502</b> |
| <b>13.2</b> | <b>Der zweite Bote</b>                                                   | <b>505</b> |
| <b>13.3</b> | <b>G-Proteine</b>                                                        | <b>508</b> |
| 13.3.1      | Aufbau und Funktion der G-Proteine                                       | 508        |
| 13.3.2      | Aktivierung der Proteinkinase A durch cAMP                               | 510        |
| 13.3.3      | Aktivierung der PKC durch DAG und $\text{Ca}^{2+}$                       | 511        |
| 13.3.4      | Eine Reaktivierung der Calmodulin-abhängigen Kinase II                   | 512        |
| 13.3.5      | Die Kehrseite der Medaille: Die Phosphatasen                             | 514        |
| <b>13.4</b> | <b>Membranständige Tyrosinkinasen</b>                                    | <b>515</b> |
| 13.4.1      | Proteine mit SH2-Domänen erkennen den aktivierten Tyro sinkinaserezeptor | 515        |
| 13.4.2      | Die GTPasen der Ras-Familie und der MAP-Kinase-Weg                       | 516        |
| 13.4.3      | Aufbau und Signalweitergabe des Insulinrezeptors                         | 518        |
| 13.4.4      | Rezeptor-assoziierte Tyrosinkinasen                                      | 519        |
| <b>13.5</b> | <b>Serin-/Threoninkinaserezeptoren</b>                                   | <b>520</b> |
| <b>13.6</b> | <b>Signalübertragung bei Steroid- und Schilddrüsenhormonen</b>           | <b>521</b> |
| <b>13.7</b> | <b>NO - Stickstoffmonoxid</b>                                            | <b>526</b> |
| 13.7.1      | Chemie des NO                                                            | 526        |
| 13.7.2      | Synthese des NO                                                          | 528        |
| 13.7.3      | Stickstoffmonoxid-Synthasen                                              | 529        |
| 13.7.4      | Stickstoffmonoxid und das Gefäßsystem: Guanylcyclase                     | 532        |
| 13.7.5      | Stickstoffmonoxid und das Nervensystem                                   | 534        |
| 13.7.6      | Stickstoffmonoxid und das Immunsystem                                    | 535        |
| <b>13.8</b> | <b>Literatur</b>                                                         | <b>537</b> |
| <b>14</b>   | <b>Hormone</b>                                                           | <b>539</b> |
| <b>14.1</b> | <b>Allgemeine Grundlagen der Endokrinologie</b>                          | <b>539</b> |
| <b>14.2</b> | <b>Hormone der Hypophyse</b>                                             | <b>543</b> |
| 14.2.1      | Ocytocin                                                                 | 545        |
| 14.2.2      | Adiuretin (Vasopressin)                                                  | 546        |
| 14.2.3      | Diabetes insipidus                                                       | 549        |
| 14.2.4      | Somatotropin (STH, Wachstumshormon) und IGF I/II                         | 550        |
| 14.2.5      | Melanotropin (MSH) und Corticotropin (ACTH)                              | 556        |

|              |                                                                       |            |
|--------------|-----------------------------------------------------------------------|------------|
| 14.2.6       | Prolactin                                                             | 558        |
| 14.2.7       | Thyreotropin (TSH) und Thyreoliberin (TRH)                            | 562        |
| 14.2.8       | Gonadoliberin, Follitropin (FSH) und Lutropin (LH)                    | 564        |
| 14.2.9       | Klinischer Bezug                                                      | 567        |
| <b>14.3</b>  | <b>Melatonin, ein Hormon der Zirbeldrüse (Epiphyse)</b>               | <b>567</b> |
| <b>14.4</b>  | <b>Hormone der Schilddrüse</b>                                        | <b>569</b> |
| 14.4.1       | Anatomie der Schilddrüse                                              | 569        |
| 14.4.2       | Die Synthese der Schilddrüsenhormone                                  | 571        |
| 14.4.3       | Der Transport der Schilddrüsenhormone im Blut                         | 575        |
| 14.4.4       | Die periphere Konversion                                              | 575        |
| 14.4.5       | Die Wirkung der Schilddrüsenhormone                                   | 577        |
| 14.4.6       | Abbau der Schilddrüsenhormone                                         | 579        |
| 14.4.7       | Hyperthyrose: Morbus BASEDOW und autonome Adenome                     | 579        |
| 14.4.8       | Hypothyreosen: Die Autoimmunthyreoiditis HASHIMOTO                    | 580        |
| <b>14.5</b>  | <b>Parathyrin, Calcitonin, Calcitriol und der Calciumstoffwechsel</b> | <b>581</b> |
| 14.5.1       | Calcium                                                               | 581        |
| 14.5.2       | Das Parathyrin oder Parathormon                                       | 585        |
| 14.5.3       | Das Calcitonin                                                        | 588        |
| 14.5.4       | Das Calcitriol oder D-Hormon                                          | 589        |
| 14.5.5       | Das Parathyroid-related protein (PTH-rp)                              | 592        |
| 14.5.6       | Hypercalcämie                                                         | 593        |
| 14.5.7       | Primärer Hyperparathyreoidismus                                       | 594        |
| 14.5.8       | Sekundärer Hyperparathyreoidismus                                     | 596        |
| 14.5.9       | Hypocalcämie                                                          | 598        |
| 14.5.10      | Hypoparathyreoidismus                                                 | 598        |
| <b>14.6</b>  | <b>Hormone des Pankreas</b>                                           | <b>600</b> |
| 14.6.1       | Insulin                                                               | 600        |
| 14.6.2       | Glucagon                                                              | 604        |
| 14.6.3       | Diabetes mellitus                                                     | 604        |
| <b>14.7</b>  | <b>Adrenalin und Noradrenalin</b>                                     | <b>609</b> |
| 14.7.1       | Phäochromozytom                                                       | 614        |
| <b>14.8</b>  | <b>Die Hormone der Nebennierenrinde</b>                               | <b>615</b> |
| 14.8.1       | Definition und Einteilung der Hormone                                 | 615        |
| 14.8.2       | Die Biosynthese der Steroidhormone                                    | 616        |
| 14.8.3       | Der Abbau der Nebennierenrindenhormone                                | 618        |
| 14.8.4       | Glucocorticoide                                                       | 619        |
| 14.8.5       | Mineralcorticoide                                                     | 622        |
| 14.8.6       | Hormonelle Erkrankungen der Nebennierenrinde                          | 626        |
| <b>14.9</b>  | <b>Hormone der Keimdrüsen und der Plazenta</b>                        | <b>627</b> |
| 14.9.1       | Die Androgene                                                         | 627        |
| 14.9.2       | Die Estrogene                                                         | 636        |
| 14.9.3       | Estrogene in der Therapie und bei der Kontrazeption                   | 642        |
| 14.9.4       | Das Progesteron                                                       | 644        |
| 14.9.5       | Gestagene als hormonelle Kontrazeptiva                                | 645        |
| 14.9.6       | Hormone der Plazenta                                                  | 646        |
| 14.9.7       | Der Schwangerschaftstest                                              | 649        |
| <b>14.10</b> | <b>Gewebshormone und Mediatoren</b>                                   | <b>649</b> |
| 14.10.1      | Gastrin                                                               | 649        |



|              |                                                       |            |
|--------------|-------------------------------------------------------|------------|
| 14.10.2      | Sekretin und Pankreozymin (Cholecystokinin)           | 650        |
| 14.10.3      | Histamin                                              | 651        |
| 14.10.4      | Serotonin                                             | 652        |
| 14.10.5      | Kinine                                                | 654        |
| 14.10.6      | Die Prostaglandine                                    | 656        |
| <b>14.11</b> | <b>Literaturhinweise</b>                              | <b>657</b> |
| <b>15</b>    | <b>Nerv und Muskel</b>                                | <b>659</b> |
| <b>15.1</b>  | <b>Wichtige Begriffe der Neurochemie</b>              | <b>659</b> |
| 15.1.1       | Aufbau der Nervenzelle, Begriff des Neurotransmitters | 659        |
| 15.1.2       | Das Aktionspotential                                  | 660        |
| <b>15.2</b>  | <b>Dopamin, Noradrenalin und der M. PARKINSON</b>     | <b>661</b> |
| <b>15.3</b>  | <b>GABA, Glycin und Serotonin</b>                     | <b>662</b> |
| <b>15.4</b>  | <b>Das Acetylcholin als Neurotransmitter</b>          | <b>663</b> |
| 15.4.1       | Die zwei Cholinrezeptoren des Acetylcholins           | 663        |
| 15.4.2       | Stoffwechsel des Acetylcholins                        | 665        |
| <b>15.5</b>  | <b>Spongiforme Enzephalopathien</b>                   | <b>669</b> |
| <b>15.6</b>  | <b>Die Histologie des Muskels</b>                     | <b>671</b> |
| <b>15.7</b>  | <b>Muskelkontraktion</b>                              | <b>672</b> |
| <b>15.8</b>  | <b>Neuromuskuläre Erkrankungen</b>                    | <b>677</b> |
| <b>15.9</b>  | <b>Literatur</b>                                      | <b>679</b> |
| <b>16</b>    | <b>Niere, Mineralstoffe und Spurenelemente</b>        | <b>680</b> |
| <b>16.1</b>  | <b>Einführung</b>                                     | <b>680</b> |
| <b>16.2</b>  | <b>Anatomische Vorbemerkungen</b>                     | <b>680</b> |
| <b>16.3</b>  | <b>Die Alkalimetalle</b>                              | <b>682</b> |
| 16.3.1       | Natrium und die Osmolalität                           | 682        |
| 16.3.2       | Kalium                                                | 688        |
| <b>16.4</b>  | <b>Erdalkalimetalle</b>                               | <b>691</b> |
| 16.4.1       | Magnesium                                             | 691        |
| <b>16.5</b>  | <b>Chlor</b>                                          | <b>693</b> |
| <b>16.6</b>  | <b>Phosphat</b>                                       | <b>695</b> |
| <b>16.7</b>  | <b>Säure-Base-Haushalt: Azidose und Alkalose</b>      | <b>696</b> |
| 16.7.1       | Respiratorische Azidose                               | 697        |
| 16.7.2       | Nicht-respiratorische Azidose                         | 698        |
| 16.7.3       | Respiratorische Alkalose                              | 699        |
| 16.7.4       | Nicht-respiratorische Alkalose                        | 699        |
| <b>16.8</b>  | <b>Spurenelemente</b>                                 | <b>699</b> |
| 16.8.1       | Kupfer und der Morbus WILSON                          | 700        |
| 16.8.2       | Zink                                                  | 701        |
| 16.8.3       | Mangan und Molybdän                                   | 702        |
| 16.8.4       | Fluor                                                 | 702        |
| 16.8.5       | Selen                                                 | 702        |
| <b>16.9</b>  | <b>Literatur</b>                                      | <b>703</b> |
| <b>17</b>    | <b>Binde- und Stützgewebe</b>                         | <b>704</b> |
| <b>17.1</b>  | <b>Histologie des Bindegewebes</b>                    | <b>704</b> |

|             |                                                                |            |
|-------------|----------------------------------------------------------------|------------|
| <b>17.2</b> | <b>Die Kollagene</b>                                           | <b>705</b> |
| 17.2.1      | Nomenklatur und Einteilung der Kollagene                       | 705        |
| 17.2.2      | Die molekulare Architektur der Kollagene                       | 706        |
| 17.2.3      | Kollagen I                                                     | 707        |
| 17.2.4      | Kollagen IV                                                    | 711        |
| <b>17.3</b> | <b>Elastin, Fibronektin und Laminin</b>                        | <b>714</b> |
| <b>17.4</b> | <b>Proteoglykane</b>                                           | <b>716</b> |
| <b>17.5</b> | <b>Literatur</b>                                               | <b>717</b> |
| <b>18</b>   | <b>Blut</b>                                                    | <b>718</b> |
| <b>18.1</b> | <b>Funktion und Bedeutung des Blutes</b>                       | <b>718</b> |
| <b>18.2</b> | <b>Der Erythrozyt</b>                                          | <b>719</b> |
| 18.2.1      | Entwicklung und Aufbau des Erythrozyten                        | 719        |
| 18.2.2      | Der Eisenstoffwechsel                                          | 722        |
| 18.2.3      | Porphyrinstoffwechsel                                          | 724        |
| <b>18.3</b> | <b>Die Serumproteine</b>                                       | <b>731</b> |
| 18.3.1      | Serumelektrophorese                                            | 731        |
| 18.3.2      | Albumin                                                        | 733        |
| 18.3.3      | $\alpha_1$ -Antitrypsin                                        | 734        |
| 18.3.4      | $\alpha_1$ -saures Glykoprotein                                | 735        |
| 18.3.5      | $\alpha_2$ -Makroglobulin                                      | 735        |
| 18.3.6      | Coeruloplasmin                                                 | 735        |
| 18.3.7      | Haptoglobin                                                    | 736        |
| 18.3.8      | Transferrin                                                    | 736        |
| 18.3.9      | Akute-Phase-Proteine                                           | 737        |
| <b>18.4</b> | <b>Klinischer Bezug</b>                                        | <b>739</b> |
| 18.4.1      | Hämoglobinopathien                                             | 739        |
| 18.4.2      | Hepatische Porphyrie                                           | 740        |
| 18.4.3      | Erythroetische Porphyrie                                       | 741        |
| 18.4.4      | Iktus (Gelbsucht)                                              | 741        |
| <b>18.5</b> | <b>Literaturhinweise</b>                                       | <b>741</b> |
| <b>19</b>   | <b>Die Blutgerinnung</b>                                       | <b>742</b> |
| <b>19.1</b> | <b>Übersicht</b>                                               | <b>742</b> |
| <b>19.2</b> | <b>Der Thrombozyt</b>                                          | <b>743</b> |
| 19.2.1      | Die Aktivierung des Thrombozyten                               | 744        |
| 19.2.2      | Wichtige Thrombozytenaktivatoren im einzelnen                  | 745        |
| 19.2.3      | Wichtige Thrombozyteninhibitoren                               | 750        |
| 19.2.4      | Hemmung der Cyclooxygenase durch Acetylsalicylsäure (Aspirin®) | 751        |
| <b>19.3</b> | <b>Die plasmatische Gerinnungskaskade</b>                      | <b>753</b> |
| <b>19.4</b> | <b>Faktoren und Inhibitoren der plasmatischen Gerinnung</b>    | <b>754</b> |
| 19.4.1      | Übersicht                                                      | 754        |
| 19.4.2      | Die Faktoren der Kontaktphase                                  | 756        |
| 19.4.3      | Vitamin K und die Faktoren IX, X, VII und II                   | 761        |
| 19.4.4      | Der Gewebefaktor (Tissue factor TF, Faktor III)                | 771        |
| 19.4.5      | Faktor V und VIII                                              | 771        |
| 19.4.6      | Hämophilie                                                     | 772        |

|              |                                                        |            |
|--------------|--------------------------------------------------------|------------|
| 19.4.7       | Fibrinogen und Faktor XIII                             | 772        |
| 19.4.8       | Protein C und Protein S - APC-Resistenz                | 775        |
| 19.4.9       | Antithrombin III                                       | 779        |
| <b>19.5</b>  | <b>Die Fibrinolyse</b>                                 | <b>781</b> |
| <b>19.6</b>  | <b>Literatur</b>                                       | <b>782</b> |
| <b>20</b>    | <b>Immunologie - eine Einführung</b>                   | <b>783</b> |
| <b>20.1</b>  | <b>Der Begriff der Immunität</b>                       | <b>783</b> |
| <b>20.2</b>  | <b>Die Organe des lymphatischen Systems</b>            | <b>784</b> |
| <b>20.3</b>  | <b>Die Zellen des Immunsystems</b>                     | <b>787</b> |
| 20.3.1       | Die Zellen der unspezifischen Abwehr                   | 787        |
| 20.3.2       | Die spezifischen Zellen der Immunabwehr                | 789        |
| <b>20.4</b>  | <b>Unspezifische Abwehr</b>                            | <b>795</b> |
| <b>20.5</b>  | <b>Die spezifische Immunabwehr: Der Antikörper</b>     | <b>799</b> |
| 20.5.1       | Begriffsbestimmung                                     | 799        |
| 20.5.2       | Die Immunglobulinklassen und ihre Subklassen           | 800        |
| 20.5.3       | Die Immunglobulinfragmente                             | 801        |
| 20.5.4       | Domänen                                                | 802        |
| 20.5.5       | Die Disulfidbrücken der Immunglobuline                 | 804        |
| 20.5.6       | Die Kohlenhydrate der Immunglobuline                   | 805        |
| 20.5.7       | Die funktionellen Bereiche des Immunglobulinmoleküls   | 805        |
| 20.5.8       | Die Immunglobuline im einzelnen                        | 807        |
| 20.5.9       | Die Struktur von Antigenen                             | 815        |
| 20.5.10      | Das Prinzip der Herstellung monoklonaler Antikörper    | 816        |
| <b>20.6</b>  | <b>Das Plasmozytom oder Multiple Myelom</b>            | <b>817</b> |
| 20.6.1       | Definition und Epidemiologie                           | 817        |
| 20.6.2       | Pathologie                                             | 818        |
| 20.6.3       | BENCE-JONES-Proteine                                   | 819        |
| 20.6.4       | Symptome                                               | 819        |
| 20.6.5       | Labordiagnostik                                        | 821        |
| 20.6.6       | Therapie und Prognose                                  | 821        |
| <b>20.7</b>  | <b>Die Entstehung der Antikörpervielfalt</b>           | <b>821</b> |
| <b>20.8</b>  | <b>Aktivierung der Lymphozyten</b>                     | <b>827</b> |
| <b>20.9</b>  | <b>Die Interleukine</b>                                | <b>829</b> |
| <b>20.10</b> | <b>Komplement</b>                                      | <b>831</b> |
| 20.10.1      | Begriff, Nomenklatur und Eigenschaften des Komplements | 831        |
| 20.10.2      | Der klassische Weg der Komplementaktivierung           | 833        |
| 20.10.3      | Der alternative Weg der Komplementaktivierung          | 838        |
| 20.10.4      | Der lytische Weg                                       | 840        |
| 20.10.5      | Die Regulation der Komplementkaskade                   | 841        |
| 20.10.6      | Die sonstigen Effekte von C3b, C4a und C5a             | 842        |
| <b>20.11</b> | <b>Klinischer Bezug</b>                                | <b>842</b> |
| 20.11.1      | Der Entzündungsprozeß                                  | 842        |
| 20.11.2      | Überempfindlichkeitsreaktionen                         | 844        |
| 20.11.3      | Die Rhesus-Inkompatibilität und der Coombs-Test        | 845        |
| <b>20.12</b> | <b>Western-Blot-Analysen</b>                           | <b>850</b> |
| <b>20.13</b> | <b>Der Immunoassay</b>                                 | <b>852</b> |

## **XVI**

|              |                                                       |            |
|--------------|-------------------------------------------------------|------------|
| 20.13.1      | Allgemeines                                           | 852        |
| 20.13.2      | Der kompetitive Immunoassay                           | 853        |
| 20.13.3      | Der immunometrische Assay („Sandwich-Assay“)          | 857        |
| 20.13.4      | Trennverfahren                                        | 859        |
| 20.13.5      | Detektionsverfahren                                   | 859        |
| <b>20.14</b> | <b>Immundiffusion nach MANCINI</b>                    | <b>862</b> |
| <b>20.15</b> | <b>Literatur</b>                                      | <b>863</b> |
| <b>21</b>    | <b>Anhang</b>                                         | <b>864</b> |
| <b>21.1</b>  | <b>Logarithmisches Rechnen</b>                        | <b>864</b> |
| <b>21.2</b>  | <b>Größen, Einheiten und Konstanten</b>               | <b>865</b> |
| <b>21.3</b>  | <b>Lokalisation der Stoffwechselwege in der Zelle</b> | <b>868</b> |
| <b>21.4</b>  | <b>Etymologie</b>                                     | <b>868</b> |