








# Inhaltsverzeichnis





---

## Teil I Struktur

|  |            |
|--|------------|
| Danksagung .....   | 2          |
| <b>1 Bau und Feinbau der Zelle .....</b>   | <b>3</b>   |
| <i>Benedikt Kost</i>   |            |
| 1.1 <b>Zellbiologie .....</b>  | <b>4</b>   |
| 1.1.1 Lichtmikroskopie .....   | 4          |
| 1.1.2 Elektronenmikroskopie .....  | 8          |
| 1.2 <b>Die Pflanzenzelle .....</b>   | <b>9</b>   |
| 1.2.1 Übersicht .....  | 9          |
| 1.2.2 Cytoplasma .....   | 12         |
| 1.2.3 Zellkern .....   | 20         |
| 1.2.4 Ribosomen .....  | 34         |
| 1.2.5 Biomembranen .....   | 36         |
| 1.2.6 Zelluläre Membranen und Kompartimente .....  | 39         |
| 1.2.7 Zellwände .....  | 47         |
| 1.2.8 Mitochondrien .....  | 59         |
| 1.2.9 Plastiden .....  | 61         |
| 1.3 <b>Endosymbiontentheorie und Hydrogenhypothese .....</b>   | <b>67</b>  |
| 1.3.1 Endocytobiose .....  | 67         |
| 1.3.2 Entstehung der Plastiden und Mitochondrien durch Symbiogenese .....  | 68         |
|  Weiterführende Literatur ..... | 69         |
| <b>2 Die Gewebe der Gefäßpflanzen .....</b>  | <b>71</b>  |
| <i>Benedikt Kost</i>   |            |
| 2.1 <b>Bildungsgewebe (Meristeme) .....</b>  | <b>72</b>  |
| 2.1.1 Apikale (Scheitel-)Meristeme und Primärmeristeme .....   | 73         |
| 2.1.2 Laterale Meristeme (Cambien) .....   | 78         |
| 2.2 <b>Dauergewebe .....</b>   | <b>78</b>  |
| 2.2.1 Parenchym .....  | 79         |
| 2.2.2 Abschlussgewebe .....  | 79         |
| 2.2.3 Festigungsgewebe .....   | 87         |
| 2.2.4 Leitgewebe .....   | 89         |
| 2.2.5 Drüsenzellen und -gewebe .....   | 93         |
|  Weiterführende Literatur ..... | 96         |
| <b>3 Funktionelle Morphologie und Anatomie der Gefäßpflanzen .....</b>   | <b>97</b>  |
| <i>Benedikt Kost, Joachim W. Kadereit</i>  |            |
| 3.1 <b>Morphologie und Anatomie .....</b>  | <b>98</b>  |
| 3.1.1 Homologie und Analogie .....   | 99         |
| 3.1.2 Kormus und Thallus .....   | 101        |
| 3.2 <b>Sprossachse .....</b>   | <b>102</b> |
| 3.2.1 Längsgliederung .....  | 104        |
| 3.2.2 Blattstellungen .....  | 106        |
| 3.2.3 Rhizome .....  | 107        |
| 3.2.4 Lebensformen .....   | 108        |
| 3.2.5 Verzweigung der Sprossachse .....  | 110        |
| 3.2.6 Besondere Funktionen und Anpassungsformen .....  | 114        |
| 3.2.7 Anatomie der Sprossachse im primären Zustand .....   | 118        |
| 3.2.8 Sprossachsen im sekundären Zustand .....   | 122        |

|       |  |     |
|-------|--|-----|
| 3.3   | <b>Blattorgane: Formen und Metamorphosen</b> .....   | 132 |
| 3.3.1 | Laubblatt .....  | 133 |
| 3.3.2 | Blattfolge .....   | 138 |
| 3.3.3 | Gestaltabwandlungen bei Blättern .....   | 139 |
| 3.4   | <b>Wurzeln</b> .....   | 143 |
| 3.4.1 | Wurzelsysteme .....  | 143 |
| 3.4.2 | Anatomie der Wurzel .....  | 149 |
| 3.5   | <b>Reproduktionsorgane der Samenpflanzen</b> .....   | 152 |
| 3.5.1 | Blüten .....   | 152 |
| 3.5.2 | Blütenstände .....   | 164 |
| 3.5.3 | Bestäubung .....   | 165 |
| 3.5.4 | Befruchtung .....  | 169 |
| 3.5.5 | Samen .....  | 170 |
| 3.5.6 | Früchte .....  | 171 |
| 3.5.7 | Samen- und Fruchtausbreitung .....   | 173 |
| 3.5.8 | Samenkeimung .....   | 175 |
|       |  Weiterführende Literatur .....   | 176 |
|       |  |     |
|       | <b>11.1.2019</b> .....   | 179 |
|       | Danksagung .....   | 179 |
|       |  |     |
| 4     | <b>Proteine</b> .....  | 181 |
|       | <i>Benedikt Kost</i>   |     |
| 4.1   | <b>Aminosäuren, die Bausteine der Proteine</b> .....   | 182 |
| 4.2   | <b>Aufbau von Proteinen</b> .....  | 182 |
| 4.2.1 | Primärstruktur .....   | 182 |
| 4.2.2 | Räumliche Struktur von Proteinen .....   | 184 |
| 4.2.3 | Proteinkomplexe .....  | 186 |
|       |  Weiterführende Literatur ..... | 187 |
|       |  |     |
| 5     | <b>Nucleinsäuren</b> .....   | 189 |
|       | <i>Benedikt Kost</i>   |     |
| 5.1   | <b>Bausteine der Nucleinsäuren</b> .....   | 190 |
| 5.2   | <b>Struktur der Desoxyribonucleinsäure (DNA)</b> .....   | 191 |
| 5.3   | <b>Ribonucleinsäuren (RNAs)</b> .....  | 193 |
|       |  Weiterführende Literatur ..... | 193 |
|       |  |     |
| 6     | <b>Regulation</b> .....  | 195 |
|       | <i>Benedikt Kost</i>   |     |
|       |  Weiterführende Literatur ..... | 197 |
|       |  |     |
| 7     | <b>Genom: Nucleotidsequenz, Organisation, Evolution</b> .....  | 199 |
|       | <i>Uwe Sonnwald</i>  |     |
| 7.1   | <b>Die Acker-Schmalwand (<i>Arabidopsis thaliana</i>) als Modellpflanze</b> .....                                  | 200 |
| 7.2   | <b>Konventionen zur Benennung von Genen, Proteinen und Phänotypen</b> .....  | 202 |
| 7.3   | <b>Das Kerngenom</b> .....   | 203 |
| 7.4   | <b>Das Plastidengenom</b> .....  | 205 |
| 7.5   | <b>Das Mitochondriengenom</b> .....  | 207 |
|       |  Weiterführende Literatur ..... | 208 |

|                             |  |     |
|-----------------------------|--|-----|
| 8                           |  | 209 |
|                             | <i>Uwe Sonnewald</i>   |     |
| 8.1                         | <b>Genstruktur</b>   | 210 |
| 8.2                         | <b>Ablauf der Transkription</b>  | 210 |
| 8.3                         | <b>Kontrolle der Transkription</b>   | 216 |
|                             | Weiterführende Literatur   | 216 |
| 9                           |  | 217 |
|                             | <i>Uwe Sonnewald</i>   |     |
| 9.1                         | <b>Der genetische Code</b>   | 218 |
| 9.2                         | <b>Translation</b>   | 219 |
| 9.3                         | <b>Proteinabbau</b>  | 222 |
| 9.4                         | <b>Sortierung der Proteine in der Zelle: Biogenese der Zellorganellen</b>                                    | 223 |
|                             | Weiterführende Literatur   | 226 |
| 10                          |  | 227 |
|                             | <i>Joachim W. Kadereit</i>   |     |
| 10.1                        | <b>Mendelsche Regeln</b>   | 228 |
| 10.2                        | <b>Extranucleäre Vererbung</b>   | 231 |
|                             | Weiterführende Literatur   | 232 |
| 11                          |  | 233 |
|                             | <i>Joachim W. Kadereit</i>   |     |
| 11.1                        | <b>Genmutation</b>   | 234 |
| 11.2                        | <b>Chromosomenmutation</b>   | 236 |
| 11.3                        | <b>Genommutation</b>   | 238 |
|                             | Weiterführende Literatur   | 240 |
| 12                          |  | 241 |
|                             | <i>Uwe Sonnewald</i>   |     |
| 12.1                        | <b>Epigenetische Regulation der Chromatinstruktur</b>  | 242 |
| 12.2                        | <b>Epigenetische Regulation der mRNA-Stabilität und Translatierbarkeit</b>                                   | 243 |
| 12.3                        | <b>RNA-Interferenz als Werkzeug der Molekularbiologie</b>  | 245 |
|                             | Weiterführende Literatur   | 245 |
| 13                          |  | 247 |
|                             | <i>Uwe Sonnewald</i>   |     |
| 13.1                        | <b>Geschichte der Grünen Gentechnik</b>  | 248 |
| 13.2                        | <b>Biologie der Wurzelhalstumore</b>   | 248 |
| 13.3                        | <b>Methoden des Gentransfers</b>   | 251 |
| 13.4                        | <b>Merkmale und Anwendungsbeispiele</b>  | 254 |
|                             | Weiterführende Literatur   | 258 |
| <b>Teil III Entwicklung</b> |  |     |
|                             | Danksagung   | 260 |
| 14                          | <b>Zelluläre Grundlagen der Entwicklung: entwicklungsbiologische Prinzipien</b>                              | 261 |
|                             | <i>Benedikt Kost</i>   |     |
| 14.1                        | <b>Wachstum</b>  | 263 |
| 14.2                        | <b>Zellzyklus und Zellzykluskontrolle</b>  | 265 |
| 14.3                        | <b>Zelldifferenzierung</b>   | 267 |
|                             |  Weiterführende Literatur | 271 |

|        |  |     |
|--------|--|-----|
| 15     | <b>Interaktionen von Zellen im Entwicklungsgeschehen</b> .....   | 273 |
|        | <i>Benedikt Kost</i>   |     |
| 15.1   | <b>Kontrolle der Embryogenese</b> .....  | 274 |
| 15.2   | <b>Musterbildung in Gewebeschichten</b> .....  | 276 |
| 15.3   | <b>Kontrolle der Meristem- und Organidentität im Sprossmeristem</b> .....  | 277 |
| 15.4   | <b>Mechanismen der Zellkommunikation</b> .....   | 278 |
| 15.4.1 | Austausch von Makromolekülen zwischen Zellen .....   | 279 |
|        |  Weiterführende Literatur .....   | 280 |
| 16     | <b>Systemische Kontrolle der Entwicklung</b> .....   | 281 |
|        | <i>Benedikt Kost</i>   |     |
|        |  Weiterführende Literatur .....   | 283 |
| 17     | <b>Kontrolle der Entwicklung durch Phytohormone</b> .....  | 285 |
|        | <i>Benedikt Kost</i>   |     |
| 17.1   | <b>Auxine</b> .....  | 286 |
| 17.1.1 | Vorkommen .....  | 287 |
| 17.1.2 | Stoffwechsel .....   | 287 |
| 17.1.3 | Transport der Indol-3-essigsäure .....   | 289 |
| 17.1.4 | Wirkungen des Auxins .....   | 290 |
| 17.1.5 | Molekulare Mechanismen der Auxinwirkung .....  | 294 |
| 17.2   | <b>Cytokinine</b> .....  | 294 |
| 17.2.1 | Vorkommen .....  | 294 |
| 17.2.2 | Stoffwechsel und Transport .....   | 294 |
| 17.2.3 | Wirkungen von Cytokininen .....  | 296 |
| 17.2.4 | Molekulare Mechanismen der Cytokininwirkung .....  | 298 |
| 17.3   | <b>Gibberelline</b> .....  | 299 |
| 17.3.1 | Vorkommen .....  | 299 |
| 17.3.2 | Stoffwechsel und Transport .....   | 300 |
| 17.3.3 | Wirkungen von Gibberellinen .....  | 301 |
| 17.4   | <b>Abscisinsäure</b> .....   | 303 |
| 17.4.1 | Vorkommen, Stoffwechsel und Transport der Abscisinsäure .....  | 304 |
| 17.4.2 | Wirkungen der Abscisinsäure .....  | 304 |
| 17.4.3 | Molekulare Mechanismen der ABA-Wirkung .....   | 306 |
| 17.5   | <b>Ethylen</b> .....   | 307 |
| 17.5.1 | Vorkommen, Stoffwechsel und Transport .....  | 307 |
| 17.5.2 | Physiologische Wirkungen des Ethylens .....  | 307 |
| 17.5.3 | Molekulare Mechanismen der Ethylenwirkung .....  | 310 |
| 17.6   | <b>Weitere Signalstoffe mit phytohormonähnlicher Wirkung</b> .....   | 310 |
| 17.6.1 | Brassinolide .....   | 311 |
| 17.6.2 | Oxylipine .....  | 311 |
|        |  Weiterführende Literatur ..... | 312 |
| 18     | <b>Kontrolle der Entwicklung durch Außenfaktoren</b> .....   | 313 |
|        | <i>Benedikt Kost</i>   |     |
| 18.1   | <b>Wirkung der Temperatur</b> .....  | 314 |
| 18.1.1 | Thermoperiodismus und Thermomorphosen .....  | 314 |
| 18.1.2 | Aufhebung von Ruhezuständen durch Einwirken bestimmter Temperaturen .....  | 314 |
| 18.1.3 | Blühinduktion durch Einwirken bestimmter Temperatur .....  | 315 |
| 18.2   | <b>Wirkung des Lichts</b> .....  | 316 |
| 18.2.1 | Photomorphogenese und Skotomorphogenese .....  | 317 |
| 18.2.2 | Photoperiodisch induzierte Morphosen .....   | 318 |
| 18.2.3 | Circadiane Rhythmik und physiologische Uhren .....   | 320 |
| 18.2.4 | Photorezeptoren und Signalwege der lichtgesteuerten Entwicklung .....  | 324 |
| 18.3   | <b>Sonstige Außenfaktoren</b> .....  | 330 |
|        |  Weiterführende Literatur ..... | 331 |




**Teil IV Physiologie**

|  |            |
|--|------------|
| Danksagung .....   | 335        |
| <b>19 Stoffwechselphysiologie .....</b>  | <b>337</b> |
| <i>Uwe Sonnewald</i>   |            |
| 19.1 <b>Mineralstoffhaushalt .....</b>   | <b>339</b> |
| 19.1.1 Stoffliche Zusammensetzung des Pflanzenkörpers .....  | 339        |
| 19.1.2 Nährelemente .....  | 340        |
| 19.1.3 Aufnahme und Verteilung mineralischer Nährelemente .....  | 346        |
| 19.2 <b>Wasserhaushalt .....</b>   | <b>351</b> |
| 19.2.1 Transportmechanismen .....  | 352        |
| 19.2.2 Zellulärer Wasserhaushalt .....   | 353        |
| 19.2.3 Aufnahme des Wassers durch die Pflanze .....  | 355        |
| 19.2.4 Abgabe von Wasser durch die Pflanze .....   | 356        |
| 19.2.5 Leitung des Wassers .....   | 360        |
| 19.2.6 Wasserbilanz .....  | 362        |
| 19.3 <b>Photosynthese: Lichtreaktion .....</b>   | <b>362</b> |
| 19.3.1 Licht und Lichtenergie .....  | 362        |
| 19.3.2 Photosynthesepigmente .....   | 363        |
| 19.3.3 Aufbau der lichtsammelnden Antennenkomplexe .....   | 368        |
| 19.3.4 Übersicht über den photosynthetischen Elektronen- und Protonentransport .....                         | 369        |
| 19.3.5 Photosystem II .....  | 373        |
| 19.3.6 Cytochrom- <i>b<sub>6</sub>/f</i> -Komplex .....  | 374        |
| 19.3.7 Photosystem I .....   | 375        |
| 19.3.8 Regulations- und Schutzmechanismen der Lichtreaktion .....  | 376        |
| 19.3.9 Photophosphorylierung .....   | 376        |
| 19.4 <b>Photosynthese: Weg des Kohlenstoffs .....</b>  | <b>378</b> |
| 19.4.1 Carboxylierende Phase des Calvin-Zyklus .....   | 378        |
| 19.4.2 Reduzierende Phase des Calvin-Zyklus .....  | 380        |
| 19.4.3 Regenerierende Phase des Calvin-Zyklus .....  | 380        |
| 19.4.4 Verarbeitung der Primärprodukte der Kohlenstoffassimilation .....                                     | 380        |
| 19.4.5 Regulationsmechanismen bei der photosynthetischen Kohlenhydratproduktion und -verteilung .....        | 385        |
| 19.4.6 Photorespiration .....  | 386        |
| 19.4.7 Aufnahme von CO <sub>2</sub> in die Pflanze .....   | 388        |
| 19.4.8 Vorgeschaltete CO <sub>2</sub> -Fixierung bei C <sub>4</sub> -Pflanzen .....                          | 390        |
| 19.4.9 Vorgeschaltete CO <sub>2</sub> -Fixierung bei Pflanzen mit Crassulaceen-Säuremetabolismus (CAM) ..... | 393        |
| 19.4.10 Vorgeschaltete CO <sub>2</sub> -Konzentrierung durch Hydrogencarbonatpumpen .....                    | 395        |
| 19.4.11 Abhängigkeit der Kohlenstoffassimilation von Außenfaktoren .....                                     | 395        |
| 19.5 <b>Assimilation von Nitrat .....</b>  | <b>397</b> |
| 19.5.1 Photosynthetische Nitratassimilation .....  | 398        |
| 19.5.2 Nitratassimilation in photosynthetisch nicht aktiven Geweben .....                                    | 400        |
| 19.6 <b>Assimilation von Sulfat .....</b>  | <b>400</b> |
| 19.7 <b>Transport von Assimilaten in der Pflanze .....</b>   | <b>401</b> |
| 19.7.1 Zusammensetzung des Phloeminhalts .....   | 401        |
| 19.7.2 Beladung des Phloems .....  | 402        |
| 19.7.3 Transport der Assimilate im Phloem .....  | 403        |
| 19.7.4 Phloementladung .....   | 404        |
| 19.8 <b>Energiegewinnung durch den Abbau von Kohlenhydraten .....</b>  | <b>404</b> |
| 19.8.1 Glykolyse .....   | 405        |
| 19.8.2 Gärungen .....  | 405        |
| 19.8.3 Zellatmung .....  | 407        |
| 19.9 <b>Bildung von Struktur- und Speicherlipiden .....</b>  | <b>414</b> |
| 19.9.1 Biosynthese der Fettsäuren .....  | 415        |
| 19.9.2 Biosynthese von Membranlipiden .....  | 415        |
| 19.9.3 Biosynthese von Speicherlipiden .....   | 417        |
| 19.10 <b>Mobilisierung von Speicherlipiden .....</b>   | <b>418</b> |



|         |  |     |
|---------|--|-----|
| 19.11   | <b>Bildung der Aminosäuren</b> .....                                   | 419 |
| 19.11.1 | Familien der Aminosäuren .....   | 419 |
| 19.11.2 | Aromatische Aminosäuren .....  | 421 |
| 19.11.3 | Nichtproteinogene Aminosäuren und Aminosäureabkömmlinge .....          | 421 |
| 19.12   | <b>Bildung von Purinen und Pyrimidinen</b> .....                       | 421 |
| 19.13   | <b>Bildung von Tetrapyrrolen</b> .....                                 | 423 |
| 19.14   | <b>Sekundärstoffwechsel</b> .....                                      | 424 |
| 19.14.1 | Phenole .....  | 426 |
| 19.14.2 | Terpenoide .....   | 430 |
| 19.14.3 | Alkaloide .....  | 435 |
| 19.14.4 | Glucosinolate und cyanogene Glykoside .....                            | 436 |
| 19.14.5 | Chemische Coevolution .....  | 437 |
| 19.15   | <b>Pflanzentypische fundamentale Polymere</b> .....                    | 439 |
| 19.15.1 | Polysaccharide .....   | 439 |
| 19.15.2 | Lignin .....   | 440 |
| 19.15.3 | Cutin und Suberin .....  | 442 |
| 19.15.4 | Speicherproteine .....   | 444 |
| 19.16   | <b>Stoffausscheidungen der Pflanzen</b> .....                          | 445 |
|         | 📖 Weiterführende Literatur .....                                       | 446 |
| 20      | <b>Bewegungsphysiologie</b> .....                                      | 447 |
|         | <i>Uwe Sonnewald</i>   |     |
| 20.1    | <b>Grundbegriffe der Reizphysiologie</b> .....                         | 448 |
| 20.2    | <b>Freie Ortsbewegungen</b> .....                                      | 449 |
| 20.2.1  | Taxien .....   | 450 |
| 20.2.2  | Intrazelluläre Bewegungen .....  | 453 |
| 20.3    | <b>Bewegungen lebender Organe</b> .....                                | 454 |
| 20.3.1  | Tropismen .....  | 454 |
| 20.3.2  | Nastien .....  | 463 |
| 20.3.3  | Autonome Bewegungen .....  | 471 |
| 20.3.4  | Durch den Turgor vermittelte Schleuder- und Explosionsbewegungen ..... | 471 |
| 20.4    | <b>Sonstige Bewegungen</b> .....                                       | 472 |
|         | 📖 Weiterführende Literatur .....                                       | 473 |
| 21      | <b>Allelophysiologie</b> .....   | 475 |
|         | <i>Uwe Sonnewald</i>   |     |
| 21.1    | <b>Besonderheiten der heterotrophen Ernährung</b> .....                | 476 |
| 21.1.1  | Saprophyten und Parasiten .....  | 476 |
| 21.1.2  | Carnivore Pflanzen .....   | 478 |
| 21.2    | <b>Symbiose</b> .....  | 478 |
| 21.2.1  | Luftstickstofffixierende Symbiosen .....                               | 480 |
| 21.2.2  | Biochemie und Physiologie der N <sub>2</sub> -Fixierung .....          | 485 |
| 21.2.3  | Mykorrhiza .....   | 486 |
| 21.2.4  | Flechten .....   | 488 |
| 21.3    | <b>Pathogene</b> .....   | 488 |
| 21.3.1  | Grundbegriffe der Phytopathologie .....                                | 489 |
| 21.3.2  | Mikrobielle Pathogene .....  | 490 |
| 21.3.3  | Mechanismen der Pathogenese .....                                      | 492 |
| 21.3.4  | Pathogenabwehr .....   | 493 |
| 21.4    | <b>Herbivorie</b> .....  | 494 |
| 21.4.1  | Herbivorabwehr .....   | 495 |
| 21.4.2  | Tritrophe Interaktionen .....  | 497 |
| 21.5    | <b>Allelopathie</b> .....  | 498 |
|         | 📖 Weiterführende Literatur .....                                       | 500 |

## Teil V Evolution und Systematik

|  |     |
|--|-----|
| Danksagung .....   | 504 |
| <b>22 Evolution</b> .....  | 505 |
| <i>Joachim W. Kadereit</i>   |     |
| <b>22.1 Variation</b> .....  | 506 |
| 22.1.1 Phänotypische Plastizität .....   | 507 |
| 22.1.2 Genetische Variation .....  | 508 |
| 22.1.3 Rekombinationssystem .....  | 508 |
| <b>22.2 Muster und Ursachen natürlicher Variation</b> .....  | 516 |
| 22.2.1 Natürliche Selektion .....  | 516 |
| 22.2.2 Genetische Drift .....  | 519 |
| <b>22.3 Artbildung</b> .....   | 519 |
| 22.3.1 Artdefinitionen .....   | 519 |
| 22.3.2 Artbildung durch divergente Evolution .....   | 521 |
| 22.3.3 Hybridisierung und Hybridartbildung .....   | 525 |
| <b>22.4 Makroevolution</b> .....   | 530 |
|  Weiterführende Literatur .....                             | 532 |
| <b>23 Methoden der Systematik</b> .....  | 533 |
| <i>Joachim W. Kadereit</i>   |     |
| <b>23.1 Arterkennung</b> .....   | 534 |
| <b>23.2 Monografien, Floren und Bestimmungsschlüssel</b> .....   | 534 |
| <b>23.3 Verwandtschaftsforschung</b> .....   | 534 |
| 23.3.1 Merkmale .....  | 535 |
| 23.3.2 Merkmalskonflikte .....   | 535 |
| 23.3.3 Numerische Systematik .....   | 536 |
| 23.3.4 Phylogenetische Systematik – <i>maximum parsimony</i> .....   | 537 |
| 23.3.5 <i>Maximum likelihood</i> .....   | 538 |
| 23.3.6 Bayessche Analyse .....   | 538 |
| 23.3.7 Statistische Unterstützung von Verwandtschaftshypothesen .....  | 538 |
| <b>23.4 Phylogenie und Klassifikation</b> .....  | 538 |
| <b>23.5 Nomenklatur</b> .....  | 539 |
|  Weiterführende Literatur .....                           | 541 |
| <b>24 Stammesgeschichte und Systematik der Bakterien, Archaeen, „Pilze“, Pflanzen und anderer photoautotropher Eukaryoten</b> .....          | 543 |
| <i>Joachim W. Kadereit</i>   |     |
| <b>24.1 Bakterien und Archaeen</b> .....   | 547 |
| 24.1.1 Zellbau, Vermehrung und genetischer Apparat .....   | 547 |
| 24.1.2 Lebensweise der Bakterien und Archaeen und ihre Bedeutung für Eukaryoten .....  | 552 |
| <b>24.2 Chitinpilze, Flechten, Cellulosepilze</b> .....  | 553 |
| 24.2.1 Chitinpilze – Mycobionta (Echte Pilze) .....  | 553 |
| 24.2.2 Flechten – Lichenes .....   | 560 |
| 24.2.3 Cellulosepilze – Oomyceten .....  | 563 |
| <b>24.3 „Algen“ und andere photoautotrophe Eukaryoten</b> .....  | 564 |
| 24.3.1 Glaucobionta .....  | 569 |
| 24.3.2 Rhodobionta .....   | 569 |
| 24.3.3 Chlorobionta – Grünalgen, photoautotrophe Eukaryoten mit Chlorophyten als sekundären Endosymbionten, streptophytische Grünalgen ..... | 588 |
| <b>24.4 Chlorobionta: Streptophyta – Landpflanzen (Moose, Farnpflanzen, Samenpflanzen)</b> .....   | 603 |
| 24.4.1 Organisationstyp Moose .....  | 605 |
| 24.4.2 Organisationstyp Farnpflanzen .....   | 619 |
| 24.4.3 Spermatophytina – Samenpflanzen .....   | 642 |
| 24.4.4 Abstammung und Verwandtschaft der Samenpflanzen .....   | 718 |
|  Weiterführende Literatur .....                           | 721 |



25 **Vegetationsgeschichte** .....723  
*Joachim W. Kadereit*

25.1 **Methoden** .....724

25.2 **Präkambrium und Paläozoikum (ca. 4600–252 Mio. Jahre)** .....724

25.3 **Mesozoikum (252–66 Mio. Jahre)** .....727

25.4 **Känozoikum (66 Mio. Jahre bis heute)** .....728

    📖 Weiterführende Literatur .....737

**Teil VI Ökologie**

Danksagung .....740

26 **Grundlagen der Pflanzenökologie** .....741  
*Christian Körner*

26.1 **Limitierung, Fitness und Optimum** .....742

26.2 **Stress und Anpassung** .....743

26.3 **Der Faktor Zeit und nichtlineare Reaktionen** .....744

26.3.1 Phänologie und biologische Zeitmaße .....744

26.3.2 Nichtlinearität und Häufigkeit .....745

26.4 **Biologische Variation** .....745

26.5 **Das Ökosystem und seine Struktur** .....746

26.5.1 Die Struktur der Biozönose .....746

26.5.2 Biotop: Standort und Umweltfaktoren .....749

26.6 **Pflanzenökologische Forschungsansätze** .....756

    📖 Weiterführende Literatur .....757

27 **Pflanzen im Lebensraum** .....759  
*Christian Körner*

27.1 **Strahlung und Energiehaushalt** .....761

27.1.1 Strahlungsmaße und Strahlungsbilanz .....761

27.1.2 Energiebilanz und Mikroklima .....761

27.1.3 Licht im Pflanzenbestand .....762

27.2 **Licht als Signal** .....764

27.2.1 Photoperiodismus und Saisonalität .....764

27.2.2 Rotlichtsignale in Pflanzenbeständen .....765

27.3 **Temperaturresistenz** .....765

27.3.1 Frostresistenz .....765

27.3.2 Hitzeresistenz .....766

27.3.3 Feuerökologie .....767

27.4 **Mechanische Einflüsse** .....770

27.5 **Wasserhaushalt** .....770

27.5.1 Wasserpotenzial und Transpiration .....770

27.5.2 Reaktionen auf Wassermangel .....772

27.5.3 Stomataverhalten in freier Natur .....773

27.5.4 Wasserhaushalt des Ökosystems .....774

27.6 **Nährstoffhaushalt** .....776

27.6.1 Verfügbarkeit von Bodennährstoffen .....776

27.6.2 Quellen und Senken für Stickstoff .....777

27.6.3 Strategien der Stickstoffinvestition .....778

27.6.4 Bodenheterogenität, Konkurrenz und Symbiosen im Wurzelraum .....781

27.6.5 Stickstoff und Phosphor in globaler Betrachtung .....783




27.6.6 Calcium, Schwermetalle, „Salz“ .....784

27.7 **Wachstum und Kohlenstoffhaushalt** .....784

27.7.1 Ökologie von Photosynthese und Respiration .....784

27.7.2 Ökologie des Wachstums .....787

27.7.3 Funktionelle Wachstumsanalyse .....790

|         |   |     |
|---------|---|-----|
| 27.7.4  | Das stabile Isotop $^{13}\text{C}$ in der Ökologie.....   | 791 |
| 27.7.5  | Biomasse, Produktivität, globaler C-Kreislauf.....  | 794 |
| 27.7.6  | Biologische Aspekte des „CO <sub>2</sub> -Problems“.....  | 799 |
| 27.8    | <b>Biotische Wechselwirkungen</b> .....   | 801 |
| 27.9    | <b>Biomasse- und Landnutzung durch den Menschen</b> .....   | 805 |
| 27.9.1  | Nutzung und Umgestaltung der Vegetation.....  | 805 |
| 27.9.2  | Waldnutzung und Waldrodung.....   | 807 |
| 27.9.3  | Weide- und Wiesenwirtschaft.....  | 809 |
| 27.9.4  | Nutzpflanzenbau.....  | 809 |
|         |  Weiterführende Literatur.....   | 810 |
| 28      | <b>Populations- und Vegetationsökologie</b> .....   | 811 |
|         | <i>Christian Körner</i>   |     |
| 28.1    | <b>Populationsökologie</b> .....  | 812 |
| 28.1.1  | Wachstum von Populationen.....  | 812 |
| 28.1.2  | Konkurrenz und Coexistenz.....  | 816 |
| 28.1.3  | Reproduktionsökologie.....  | 818 |
| 28.2    | <b>Pflanzenareale</b> .....   | 821 |
| 28.2.1  | Arealtypen.....   | 822 |
| 28.2.2  | Ausbreitung.....  | 823 |
| 28.2.3  | Ursachen für Arealgrenzen und Arealbesetzung.....   | 826 |
| 28.2.4  | Florengebiete und Florenreiche.....   | 828 |
| 28.3    | <b>Biodiversität und ökosystemare Stabilität</b> .....  | 829 |
| 28.3.1  | Biodiversität.....  | 829 |
| 28.3.2  | Biodiversität und Ökosystemfunktion.....  | 830 |
| 28.4    | <b>Vegetationsökologie</b> .....  | 832 |
| 28.4.1  | Zusammensetzung von Pflanzengemeinschaften.....   | 832 |
| 28.4.2  | Entstehung und Veränderung von Pflanzengemeinschaften.....  | 835 |
| 28.4.3  | Klassifikation von Vegetationstypen.....  | 837 |
| 28.4.4  | Korrelative Analyse von Vegetationsmustern.....   | 838 |
| 28.4.5  | Physiognomische Vegetationsgliederung.....  | 839 |
| 28.4.6  | Räumliche Standort- und Vegetationsgliederung.....  | 840 |
|         |  Weiterführende Literatur..... | 841 |
| 29      | <b>Vegetation der Erde</b> .....  | 843 |
|         | <i>Christian Körner</i>   |     |
| 29.1    | <b>Vegetation der temperaten Zone</b> .....   | 844 |
| 29.1.1  | Vom Tiefland zur untersten Bergwaldstufe.....   | 844 |
| 29.1.2  | Oberer Bergwald und alpine Stufe.....   | 847 |
| 29.2    | <b>Die Biome der Erde</b> .....   | 850 |
| 29.2.1  | Feucht-tropische Tieflandwälder.....  | 852 |
| 29.2.2  | Feucht-tropische Bergwälder.....  | 854 |
| 29.2.3  | Tropische und subtropische Hochgebirgsvegetation.....   | 856 |
| 29.2.4  | Tropische halbimmergrüne Wälder.....  | 858 |
| 29.2.5  | Tropische Savannen.....   | 860 |
| 29.2.6  | Vegetation der heißen Wüsten.....   | 862 |
| 29.2.7  | Winterregengebiete des mediterranen Klimatyps.....  | 864 |
| 29.2.8  | Lorbeerwaldzone.....  | 866 |
| 29.2.9  | Laubabwerfende Wälder der temperaten Zone.....  | 868 |
| 29.2.10 | Bergwälder der temperaten Zone.....   | 870 |
| 29.2.11 | Alpine Vegetation der temperaten Hochgebirge.....   | 872 |
| 29.2.12 | Steppen und Prärien.....  | 874 |
| 29.2.13 | Wüsten der temperaten Zone.....   | 876 |
| 29.2.14 | Boreale Wälder.....   | 878 |
| 29.2.15 | Subarktische und arktische Vegetation.....  | 880 |
| 29.2.16 | Küstenvegetation.....   | 882 |
|         |  Weiterführende Literatur..... | 884 |

|                            |      |
|----------------------------|------|
| Service teil .....         | .885 |
| Literaturverzeichnis ..... | .886 |
| Sachwortregister .....     | .890 |
| Taxonomieregister .....    | .906 |