

LINDER

BIOLOGIE

Lehrbuch für die Oberstufe
22., neu bearbeitete Auflage

herausgegeben von
Horst Bayrhuber
und Ulrich Kull

Schroedel

57(07)

INHALT

Einleitung: Kennzeichen der Lebewesen 12

Cytologie 16

- 1 Die Zelle als Grundeinheit der Lebewesen 16**
- 1.1 Die Entdeckung der Zellen 16
- 1.2 Die mikroskopische Dimension der Zelle 17
 - 1.2.1 Die Lichtmikroskopie 18
 - 1.2.2 Die Elektronenmikroskopie 20

- 2 Eucyte und Protocyte 22**
- 2.1 Zwei grundlegende Zelltypen 22
- 2.2 Bau und Funktion von Membranen 24
 - Exkurs: Entwicklung von Membranmodellen 25**
- 2.3 Die Eucyte 26
 - 2.3.1 Organellen mit zwei Membranen 26
 - 2.3.2 Organellen mit einfacher Membran 27
 - 2.3.3 Organellen ohne Membran 28
 - Exkurs: Bewegung durch Wimpern und Geißeln 30**
 - 2.3.4 Die Zellwand 30
 - 2.3.5 Verknüpfung von Zellen 30
 - Exkurs: Holz als Werkstoff 31**
 - Exkurs: Methoden der Zellforschung 32**
- 2.4 Die Protocyte 33
 - Exkurs: Antibiotika 33**

- 3 Stofftransport 34**
- 3.1 Passiver Stofftransport 34
 - 3.1.1 Diffusion und Osmose 34
 - 3.1.2 Passiver Transport durch Membranen 35
- 3.2 Aktiver Transport 36
- 3.3 Endocytose und Exocytose 37
 - Exkurs: Vesikeltransport in der Zelle 37**

- 4 Vermehrung von Zellen durch Kernteilung und Zellteilung 38**

- 5 Differenzierung von Zellen 40**
- 5.1 Übergänge vom Einzeller zum Vielzeller 40
- 5.2 Arbeitsteilung der Zellen beim Schwamm und beim Süßwasserpolytyp 41
- 5.3 Gewebe und Organe 43
- 5.4 Der Organismus als System 44
 - Exkurs: Die Zelltheorie 45**

Zusammenfassung 46

Aufgaben 47

Ökologie 48

- Exkurs: Untersuchungsebenen der Ökologie 48**
- 1 Beziehungen der Organismen zur Umwelt 50**
- 1.1 Wirksame Faktoren 50
- 1.2 Pflanze und Licht 52
 - 1.2.1 Stoffproduktion und Fotosynthese 52
 - Exkurs: Die Entdeckung der Fotosynthese 54**
 - 1.2.2 Das Blatt als Organ der Fotosynthese 55
 - 1.2.3 Die Abhängigkeit der Fotosynthese von Umweltfaktoren 56
 - 1.2.4 Besondere Fotosynthese-Formen als Standortanpassungen 57
- 1.3 Pflanze und Wasser 58
 - 1.3.1 Wasserhaushalt der Zelle 58
 - 1.3.2 Wasserabgabe der Pflanze 58
 - Exkurs: Plasmolyse 59**
 - 1.3.3 Die Wurzel als Organ der Wasser- und Ionenaufnahme 60
 - 1.3.4 Wasser- und Stofftransport in der Pflanze 61
 - Exkurs: Guttation und »Bluten« bei Pflanzen 61**
 - 1.3.5 Wasser- und Ionenverfügbarkeit 64
- 1.4 Pflanze und Temperatur 66

- 1.5 Pflanze und Boden 66
 - Exkurs: Die Nährstoffversorgung der Pflanze 67
- 1.6 Abhängigkeit der pflanzlichen Entwicklung von Umweltfaktoren 68
- 1.7 Pflanzenvorkommen in Abhängigkeit von abiotischen Umweltfaktoren 70
- 1.8 Tiere und Temperatur 74
- 1.9 Einfluss biotischer Faktoren 76
 - 1.9.1 Wettbewerb zwischen den Arten 76
 - 1.9.2 Energiebilanz bei der Nahrungsbeschaffung 76
 - 1.9.3 Saprophyten 77
 - 1.9.4 Pflanzliche Parasiten 78
 - 1.9.5 Tierische Parasiten 79
 - 1.9.6 Nutzbringende Formen des Zusammenlebens 81
 - Exkurs: Symbiose im Wiederkäuermagen 82
 - 1.9.7 Insekten fressende Pflanzen 82
 - 1.10 Tierstöcke 83
- 2 Population und Lebensraum 84
 - 2.1 Population und Populationswachstum 84
 - Exkurs: Wachstumsraten und chaotische Vorgänge 85
 - 2.2 Die ökologische Nische 88
 - Exkurs: Gebisstypen von Säugetieren 91
 - 2.3 r- und K-Strategie bei der Fortpflanzung 92
 - 2.4 Regulation der Populationsdichte 93
 - 2.4.1 Dichteabhängige und dichteunabhängige Faktoren 93
 - 2.4.2 Populationsdynamik: Räuber-Beute-Systeme 94
- 3 Ökosysteme 96
 - 3.1 Einteilung und Aufbau von Ökosystemen 96
 - 3.2 Nahrungsbeziehungen in Ökosystemen 98
 - 3.3 Energiefluss 99
 - 3.4 Stoffkreisläufe 100
 - 3.5 Zeitliche Veränderungen von Ökosystemen 102
 - 3.5.1 Aspektfolge 102
 - 3.5.2 Sukzession und Klimax 102
 - 3.6 Produktivität und Stabilität von Ökosystemen 104
 - 3.7 Beispiele für Ökosysteme 105
 - 3.7.1 Ökosysteme mitteleuropäischer Laubwälder 105
 - 3.7.2 Ökosysteme im See 106
 - 3.7.3 Ökosysteme im Meer 108
- 4 Nutzung und Belastung der Natur durch den Menschen 110
 - 4.1 Nutzung der Natur in der Menschheitsgeschichte 110
 - 4.2 Heutige Nutzung der Natur und nachhaltige Entwicklung 110
 - 4.3 Eingriffe des Menschen in die Natur 112
 - 4.3.1 Zerschneidung und Vernichtung von Lebensräumen 112
 - 4.3.2 Flussregulierung 113
 - 4.3.3 Einführung fremder Pflanzen- und Tierarten 113
 - 4.3.4 Schädlingsbekämpfung 114
 - 4.4 Abfall- und Schadstoffproblematik in Deutschland 116
 - 4.4.1 Beseitigung des Mülls 116
 - 4.4.2 Schadstoffe in der Nahrung 116
 - Exkurs: Cancerogene in Lebensmitteln 116
 - 4.5 Einfluss von Lärm und Strahlung 117
 - 4.6 Belastung des Bodens, des Wassers und der Luft in Europa 118
 - 4.6.1 Flächenverbrauch und Belastung des Bodens 118
 - 4.6.2 Belastung des Wassers 118
 - Exkurs: Eutrophierung 120
 - 4.6.3 Belastung der Luft 121
 - 4.7 Klimaveränderung 124
 - Exkurs: Klimageschichte 124
 - 4.8 Umweltschutz und nachhaltige Entwicklung 126
 - 4.9 Naturschutz und Landschaftspflege 127
 - 4.9.1 Artenrückgang 127
 - Exkurs: Biotopvernetzung 127
 - 4.9.2 Naturschutzregelungen in Deutschland 128
 - Exkurs: Ökobilanz 128
 - 4.10 Ökologische Situation der Zivilisation 129
 - 4.10.1 Energienutzung und CO₂-Produktion 129
 - 4.10.2 Urbanisation 130
- Zusammenfassung 131
- Aufgaben 132

Stoffwechsel und Energiehaushalt 134

- 1 Grundlagen des Zellstoffwechsels 134
 - 1.1 Proteine 134
 - 1.1.1 Aminosäuren und Peptide 134
 - Exkurs: Chiralität 135
 - 1.1.2 Struktur und Eigenschaften der Proteine 136
 - Exkurs: Bindungskräfte in Proteinmolekülen 137
 - Exkurs: Elektrophorese 139
 - 1.2 Wirkungsweise der Enzyme 140
 - 1.2.1 Enzyme als Katalysatoren 140
 - 1.2.2 Wirkungsspezifität und Substratspezifität 142
 - 1.2.3 Hemmung und Regulation der Enzyme 143
 - Exkurs: Enzymtechnik 144
 - 1.3 Bau- und Inhaltsstoffe der Zellen 145
 - 1.3.1 Wasser 145
 - 1.3.2 Übersicht über die Stoffgruppen 146
 - 1.3.3 Lipide 147
 - 1.3.4 Kohlenhydrate 148
 - 1.3.5 Nucleotide und Nucleinsäuren 149
 - 1.3.6 Porphyrine 150
 - Exkurs: Chromatografie 150
 - 1.4 Energiehaushalt 151
 - 1.4.1 Chemisches Gleichgewicht 151
 - 1.4.2 Energieumsatz 151
 - Exkurs: Stoffwechselketten und Fließgleichgewicht 151
 - 1.4.3 ATP als Energieträger 153
 - 1.4.4 Energieumsatz im Organismus 154
 - 1.5 Signalketten und deren Vernetzung 155
 - Exkurs: Desensibilisierung und Drogenabhängigkeit 157
 - 2 Energie- und Stoffgewinn autotropher Lebewesen 158
 - 2.1 Fotosynthese 158
 - 2.1.1 Blattfarbstoffe und Lichtabsorption 158
 - 2.1.2 Die Primärvorgänge der Fotosynthese 160
 - 2.1.3 Die Sekundärvorgänge der Fotosynthese 163
 - 2.1.4 Fotosyntheseprodukte 164
 - Exkurs: Markierungsverfahren 164
 - 2.2 Chemosynthese 165
- 3 Stoffabbau und Energiegewinn in der Zelle 166
 - 3.1 Stoffabbau und Energiegewinn durch Zellatmung 166
 - 3.1.1 Glykolyse 168

- 3.1.2 Citronensäurezyklus 168
- 3.1.3 Endoxidation 169
- 3.1.4 Energiebilanz und Regulation 170
- 3.1.5 Fettabbau 170
- 3.2 Gärungen 171
 - Exkurs: Gärungstechnologie 171
 - Exkurs: Untersuchungsmethoden des Stoffabbaus 172
- 3.3 Stoffumwandlung und Stoffspeicherung 172
 - 3.3.1 Umsetzungen im Intermediärstoffwechsel 172
 - 3.3.2 Bildung und Abbau von Aminosäuren 174
 - 3.3.3 Stickstoff-Fixierung 174
 - 3.3.4 Speicherstoffe und ihre Nutzung in der menschlichen Ernährung 174
 - 3.3.5 Produkte des Sekundärstoffwechsels 176
 - 3.3.6 Reaktive Formen des Sauerstoffs 176
 - 3.3.7 Verfahren der Biotechnologie 176
- 4 Stoffwechsel vielzelliger Tiere und des Menschen 178
 - 4.1 Verdauung und Resorption beim Menschen 178
 - 4.2 Blut und Kreislaufsysteme 181
 - 4.2.1 Blutkreislauf beim Menschen 182
 - Exkurs: Sport und Stoffwechsel 183
 - 4.2.2 Lymphe 184
 - 4.2.3 Blut 184
 - 4.3 Atmung 186
 - 4.3.1 Gasaustausch 186
 - 4.3.2 Lungenatmung der Wirbeltiere 188
 - 4.3.3 Regelung der äußeren Atmung beim Menschen 188
 - Exkurs: Atmung in großer Höhe und beim Tauchen 189
 - 4.3.4 Kiemenatmung der Fische 190
 - 4.3.5 Tracheenatmung der Insekten 190
 - 4.4 Ausscheidung 191
 - 4.4.1 Ausscheidungsorgane der Wirbellosen 191
 - 4.4.2 Bau und Funktion der Niere des Menschen 192
 - 4.4.3 Wasser- und Salzhaushalt 193

Zusammenfassung 194

Aufgaben 195

Neurobiologie 196

- 1 **Bau und Funktion von Nervenzellen 196**
 - 1.1 Bau einer typischen Nervenzelle 196
 - 1.2 Ionentransport durch die Zellmembran 198
 - 1.2.1 Ionen als Ladungsträger 198
 - 1.2.2 Natrium-Kalium-Pumpe 198
 - 1.2.3 Ionenkanäle 199
 - Exkurs: Patch-clamp-Technik 199
 - 1.3 Membranpotenzial 200
 - Exkurs: Messung des Membranpotenzials 200
 - 1.4 Aktionspotenzial 202
 - 1.5 Erregungsleitung im Axon 204
 - 1.5.1 Erregungsleitung im Axon ohne Myelinscheide 204
 - 1.5.2 Erregungsleitung im Axon mit Myelinscheide 205
 - 1.6 Vorgänge an den Synapsen 206
 - Exkurs: Wirkung von Synapsengiften 207
 - Exkurs: Sucht 208
 - 1.7 Neuromodulation, Neurosekretion 212
- 2 **Aufnahme und Verarbeitung von Sinnesreizen 213**
- 3 **Lichtsinn 214**
 - 3.1 Augentypen 214
 - 3.1.1 Facettenaugen 215
 - 3.1.2 Das Auge des Menschen als Beispiel eines Linsenauges 216
 - Exkurs: Perimetrie 217
 - 3.2 Lichtabsorption in den Sehzellen 218
 - 3.3 Signalverarbeitung in der Netzhaut 220
 - 3.3.1 Prinzip der lateralen Inhibition 220
 - 3.3.2 Rezeptives Feld 220
 - 3.4 Farbsehen 222
 - 3.5 Hell- und Dunkeladaptation 224
 - 3.6 Zeitliches Auflösungsvermögen 224
 - 3.7 Auswertung der optischen Informationen im Gehirn 225
 - Exkurs: Künstliche neuronale Netze 226
 - 3.8 Räumliches Sehen 227
- 4 **Weitere Sinne 228**
 - 4.1 Tastsinn 228
 - 4.2 Schmerzsinne 228
 - 4.3 Raumlagesinn 229
 - 4.4 Drehsinn 229
 - 4.5 Gehörsinn 230

- 4.6 Chemische Sinne 231
 - 4.6.1 Geschmackssinn 231
 - 4.6.2 Geruchssinn 232
 - Exkurs: Erfahrbare Umwelt 232
- 5 **Nervensysteme 233**
 - 5.1 Nervensysteme verschiedener Tiergruppen 233
 - 5.2 Nervensystem des Menschen 234
 - 5.2.1 Rückenmark 234
 - 5.2.2 Gehirn 235
 - 5.2.3 Steuerung vegetativer Funktionen 238
 - 5.3 Emotion und Motivation 240
 - Exkurs: Mandelkern und emotionale Reaktionen 241
 - 5.4 Lernen und Gedächtnis 242
 - Exkurs: Zelluläre Mechanismen von Lernen und Gedächtnis 244
 - 5.5 Aufmerksamkeit, Wachheit, Bewusstsein, Schlaf 245
 - Exkurs: Elektroencephalogramm (EEG) 245
 - 5.6 Sprache 247
 - Exkurs: Bildliche Darstellung der Gehirnaktivität 248
- 6 **Muskelbewegung 250**
 - 6.1 Bau der Muskeln 250
 - 6.2 Kontraktion der quer gestreiften Muskelfasern 251
 - 6.3 Molekulare Grundlagen der Muskelkontraktion 252
 - Exkurs: Energieversorgung bei der Muskelarbeit 253
 - 6.4 Regelung der Muskellänge 254
 - 6.5 Steuerung von Bewegungen 255
 - Exkurs: Steuerung der Bewegungsrichtung 256

Zusammenfassung 257**Aufgaben 258****Verhaltensbiologie 260**

- 1 **Grundlagen der Verhaltensbiologie 261**
 - 1.1 Einteilung von Verhalten 262
 - Exkurs: Geschichte der Verhaltensforschung 263

- 2 **Verhaltensphysiologie 264**
 - 2.1 Grundelemente des Verhaltens 264
 - 2.1.1 Reflexe 264
 - 2.1.2 Erbkoordination 265
 - 2.2 Mechanismen der Verhaltenssteuerung 265
 - 2.2.1 Appetenzverhalten 265
 - 2.2.2 Schlüsselreize und Auslösemechanismen 266
 - Exkurs: Attrappenversuche 266
 - Exkurs: Messung der sexuellen Motivation 267
 - 2.2.3 Handlungsbereitschaft (Motivation) 268
- 3 **Verhaltensontogenese 269**
 - 3.1 Angeborenes und erlerntes Verhalten 269
 - 3.2 Nicht-assoziatives und assoziatives Lernen 270
 - 3.2.1 Nicht-assoziatives Lernen 270
 - Exkurs: Habituation bei *Aplysia* 271
 - 3.2.2 Assoziatives Lernen 272
 - 3.3 Prägung 275
 - 3.4 Lernen durch Nachahmung 275
 - Exkurs: Neugier- und Spielverhalten 275
 - 3.5 Lernen durch Einsicht 276
- 4 **Verhaltensökologie 277**
 - 4.1 Anpassungswert von Verhaltensweisen 277
 - 4.2 Kooperation und Konkurrenz 277
 - 4.2.1 Soziale Verbände 277
 - Exkurs: Elterliche Fürsorge bei Vögeln und Säugetieren 277
 - 4.2.2 Uneigennütziges Verhalten 278
 - 4.2.3 Aggressives Verhalten 279
 - Exkurs: Kindstötung 279
 - Exkurs: Proximate Ursachen von aggressivem Verhalten 280
 - 4.2.4 Rangordnung 280
 - 4.2.5 Revierverhalten (Territoriales Verhalten) 280
 - 4.3 Kommunikation 282
 - 4.3.1 Formen der Verständigung bei Tieren 282
 - 4.3.2 Kommunikation bei Honigbienen 283
 - 4.3.3 Sprachähnliche Kommunikation bei Tieren 284
 - 4.4 Verhalten von Primaten 286
 - Exkurs: Kognitive Leistungen 288
 - 4.5 Biologische Grundlagen des menschlichen Verhaltens 288
 - Exkurs: Ritualisierung 289

Zusammenfassung 291

Aufgaben 292

Hormone 294

- 1 **Hormone bei Mensch und Tier 294**
 - 1.1 Die Hypophyse 296
 - 1.2 Die Schilddrüse 297
 - 1.3 Die Nebennieren 298
 - Exkurs: Stress 298
 - Exkurs: Doping 300
 - 1.4 Die Bauchspeicheldrüse 300
 - 1.5 Die Keimdrüsen 302

2 **Pflanzenhormone 304**

Zusammenfassung 305

Aufgaben 305

Genetik 306

- 1 **Variabilität von Merkmalen 306**
 - Exkurs: Sorte, reine Linie, Rasse, Unterart 308
- 2 **MENDELSche Gesetze 310**
 - 2.1 Monohybrider Erbgang 311
 - 2.1.1 Dominant-rezessiver Erbgang 311
 - Exkurs: Allele 311
 - 2.1.2 Rückkreuzung, 1. und 2. MENDELSches Gesetz 312
 - 2.1.3 Unvollständige Dominanz 312
 - 2.2 Dihybrider Erbgang 313
 - 2.3 Populationsgenetik 314
- 3 **Vererbung und Chromosomen 315**
 - 3.1 Meiose und Keimbahn 316
 - 3.2 Kopplung von Genen 318
 - 3.2.1 Kopplungsgruppen und Crossing-over 318
 - 3.2.2 Klassische Genkartierung 319
 - Exkurs: Riesenchromosomen 320
 - 3.2.3 Untersuchung menschlicher Chromosomen 320
 - 3.2.4 Nichtchromosomale Vererbung 321
 - Exkurs: Versuchsobjekte in der Genetik 322
 - 3.3 Mutationen 322

- 3.3.1 Genmutationen 323
- 3.3.2 Chromosomenmutationen 324
- 3.3.3 Genommutationen 325
 - Exkurs: Down-Syndrom 326
 - Exkurs: Abstammung des Kulturweizens 327
- 3.4 Geschlechtschromosomen 328
 - 3.4.1 Geschlechtsbestimmung 328
 - 3.4.2 Störungen der Geschlechtsentwicklung beim Menschen 329
 - 3.4.3 Geschlechtschromosomen gebundene Vererbung 330
- 3.5 Aspekte der Humangenetik 332
 - 3.5.1 Klassische Methoden der humangenetischen Forschung 332
 - 3.5.2 Monogene und polygene Merkmale 333
 - Exkurs: Intelligenz 336
 - 3.5.3 Erbkrankheiten 336
 - Exkurs: Pränatale Diagnose 337
 - 3.5.4 Penetranz und Expressivität 338
 - 3.5.5 Die genetische Zukunft des Menschen 339
 - Exkurs: Genetische Beratung 339
- 4 Molekulare Grundlagen der Vererbung 340
 - 4.1 Nucleinsäuren 340
 - 4.1.1 Übertragung von Nucleinsäuren durch Bakterien und Viren 340
 - Exkurs: Bakterien als Untersuchungsobjekte 341
 - Exkurs: Viroide und Prionen 342
 - 4.1.2 Desoxyribonucleinsäure (DNA) als Träger der genetischen Information 345
 - 4.1.3 Vorkommen und Struktur der Nucleinsäuren 345
 - 4.1.4 DNA als Speicher der genetischen Information 347
 - Exkurs: Modellvorstellungen 347
 - 4.1.5 Replikation der DNA 348
 - 4.1.6 Reparatur und Spaltung der DNA 349
 - Exkurs: Nachweis der semikonservativen Replikation der DNA 349
 - Exkurs: Polymerase-Ketten-Reaktion (PCR) 350
 - 4.1.8 Genetischer Fingerabdruck und DNA-Hybridisierung 351
 - Exkurs: Sequenzanalyse der DNA 352
 - 4.2 Realisierung der genetischen Information 354
 - 4.2.1 Der Weg vom Gen zum Merkmal 354
 - 4.2.2 Transkription und Genetischer Code 354
 - 4.2.3 Translation 357
 - Exkurs: Reverse Transkription 358
- Exkurs: Wirkungsweise von Antibiotika 360
 - 4.2.4 Faltung, Lokalisierung und Abbau der Proteine 360
 - 4.2.5 Genwirkketten 361
 - 4.2.6 Molekularer Bau von Genen bei Eukaryoten 362
 - 4.2.7 Molekulare Grundlage der Genmutation 363
 - Exkurs: Transposons 363
 - Exkurs: Bedeutungswandel des Genbegriffs 364
 - 4.3 Regulation der Genaktivität 364
 - 4.3.1 Genetische Totipotenz und unterschiedliche Genaktivität 364
 - 4.3.2 Regulation der Genaktivität bei Bakterien 365
 - 4.3.3 Aufbau des Genoms und Regulation der Genaktivität bei Eukaryoten 367
 - Exkurs: Multigenfamilie 368
 - 4.3.4 Regulation der Zellvermehrung, Tumorbildung 369
 - Exkurs: Epigenetik 369
 - Exkurs: Tiermodelle 369
 - Exkurs: Die Innere Uhr – ein rückgekoppeltes System 371
 - 4.4 Genkartierung beim Menschen 372
 - Exkurs: Methoden zur Genomsequenzierung 373
 - 4.5 Genomik und Proteomik 374
- 5 Anwendung der Genetik 376
 - 5.1 Pflanzen- und Tierzüchtung 376
 - 5.1.1 Klassische Pflanzenzüchtung 376
 - Exkurs: Ziele der Pflanzenzüchtung am Beispiel von Getreide 376
 - Exkurs: Schutz der Wildpflanzen 378
 - 5.1.2 Klassische Tierzüchtung 379
 - 5.2 Gentechnik 381
 - 5.2.1 Methoden der Gentechnik 381
 - Exkurs: Ziele der Gentechnik in Landwirtschaft und Industrie 382
 - 5.2.2 Anwendung der Gentechnik bei Mikroorganismen und Zellkulturen 384
 - 5.2.3 Transgene Pflanzen 385
 - Exkurs: Freisetzung von transgenen Pflanzen 386
 - 5.2.4 Transgene Tiere 386
 - 5.2.5 Anwendung der Gentechnik beim Menschen 387
 - Exkurs: Risiken und ethische Fragen der Gentechnik 388
- Zusammenfassung 389
- Aufgaben 390

Immunbiologie 392

- 1 **Die Bestandteile des Immunsystems beim Menschen 392**
 - 1.1 Das Immunsystem im Überblick 392
 - 1.2 Die Weißen Blutzellen des Immunsystems 394
 - 1.3 Antikörper 396
 - 1.4 Gene der Antikörper 398
- 2 **Die angeborene Immunabwehr 399**
- 3 **Die erworbene Immunabwehr 400**
 - 3.1 Klonale Selektion und MHC-Proteine 400
 - 3.2 Humorale und zellvermittelte Immunabwehr 401
 - Exkurs: Schutzimpfung 404
 - Exkurs: Blutgruppen und Rhesusfaktor 404
- 4 **Störungen des Immunsystems 406**
 - Exkurs: Organtransplantation 407
- 5 **Anwendungen der Immunreaktion 409**
 - 5.1 Identifizierung von Proteinen durch Immundiffusion 409
 - 5.2 Serumreaktion 409
 - Exkurs: Gewinnung von monoklonalen Antikörpern 409
 - 5.3 Monoklonale Antikörper 410

Zusammenfassung 411

Aufgaben 411

Entwicklungsbiologie 412

- 1 **Fortpflanzung 412**
 - 1.1 Ungeschlechtliche Fortpflanzung 412
 - 1.2 Geschlechtliche Fortpflanzung 413
 - 1.2.1 Geschlechtliche Fortpflanzung bei Samenpflanzen 414
 - 1.2.2 Geschlechtliche Fortpflanzung bei Tieren und Mensch 414
 - Exkurs: Parthenogenese 415

- 1.3 Generationswechsel 416
- 2 **Keimesentwicklung der Samenpflanzen 418**
- 3 **Keimesentwicklung von Tieren und Mensch 419**
 - 3.1 Keimesentwicklung der Amphibien 419
 - 3.2 Keimesentwicklung der Reptilien und der Vögel 423
 - 3.3 Embryonalentwicklung des Menschen 423
- 4 **Entwicklungsphysiologie 426**
 - 4.1 Determination und Differenzierung 426
 - 4.1.1 Determination 426
 - 4.1.2 Differenzierung 430
 - 4.2 Musterbildung und Morphogenese 431
- 5 **Forschung mit Stammzellen 433**
 - Exkurs: Embryonenschutz 435

Zusammenfassung 436

Aufgaben 437

Evolution 438

- 1 **Geschichte der Evolutionstheorie 438**
 - 1.1 Die Entwicklung vor Darwin 438
 - 1.2 Von Darwin bis ins 20. Jahrhundert 440
- 2 **Evolutionstheorie 442**
 - 2.1 Evolutionsfaktoren 442
 - 2.1.1 Mutationen als Grundlage der Evolution 442
 - Exkurs: Artbegriff 442
 - 2.1.2 Selektion 443
 - Exkurs: Fitness und genetische Bürde 443
 - Exkurs: Polymorphismus 446
 - Exkurs: Coevolution 447
 - Exkurs: Tarn- und Warnfärbung als Selektionwirkungen 448
 - 2.1.3 Gendrift 450
 - 2.1.4 Genetische Rekombination 450

- 2.2 Artbildung und Isolation 451
 - 2.2.1 Allopatrische Artbildung 452
 - 2.2.2 Sympatrische Artbildung 452
 - 2.2.3 Biologische Isolationsmechanismen 453
- 2.3 Rahmenbedingungen der Evolution 454
- 2.4 Transspezifische Evolution 455
 - Exkurs: Evolution des Auges 456
- 2.5 Soziobiologie 457
 - 2.5.1 VerwandtschaftsSelektion und Gesamtfitness 457
 - 2.5.2 Geschlechterbeziehungen und Paarungssysteme 458
 - 2.5.3 Evolutionsstabile Strategien 460
- 3 Stammesgeschichte 461
 - 3.1 Stammesgeschichtsforschung als Homologieforschung 461
 - 3.1.1 Homologien im Bau der Lebewesen 461
 - 3.1.2 Homologien in der Ontogenese 464
 - 3.1.3 Biochemische und molekulare Homologien 465
 - Exkurs: Bildung neuer Gene 467
 - 3.1.4 Homologie von Parasiten 467
 - 3.2 Geschichte des Lebens 468
 - 3.2.1 Frühzeit der Erde und chemische Evolution 468
 - Exkurs: Fossilien und Altersbestimmung 468
 - 3.2.2 RNA-Welt und Protobionten 470
 - Exkurs: Endosymbionten-Theorie 472
 - Exkurs: Plattentektonik und Evolution 473
 - 3.2.3 Evolution im Präkambrium 474
 - 3.2.4 Evolution im Phanerozoikum 476
 - Exkurs: Übergangsformen 481
 - 3.3 Stammbäume der Lebewesen 482
 - 3.3.1 Aufstellung von Stammbäumen 482
 - Exkurs: Methode der Stammbaum-Entwicklung 483
 - 3.3.2 Molekularbiologische Stammbäume 484
 - 3.3.3 Stammesgeschichte der Organismen 486
 - 3.4 Folgerungen aus der Stammbaumforschung 490
 - 3.4.1 Adaptive Radiation 490
 - 3.4.2 Massenaussterben (Extinktion) 491
 - 3.4.3 Gradualismus und Punktualismus 492
 - 3.4.4 Geschwindigkeit der Evolution 492
 - 3.4.5 Höherentwicklung 492
 - Exkurs: Bedeutung und Kritik der Evolutionstheorie 493
- 4 Evolution des Menschen 494
 - 4.1 Stellung des Menschen im natürlichen System der Organismen 494
 - 4.2 Sonderstellung des Menschen 496
 - 4.3 Stammesgeschichte des Menschen 499
 - 4.3.1 Vorfahren des Menschen 499
 - 4.3.2 Menschwerdung (Hominisation) 500
 - 4.3.3 Vormenschen 500
 - 4.3.4 Menschen (Gattung *Homo*) 501
 - Exkurs: Probleme der Einordnung und Namensgebung von Fossilfunden 501
 - 4.3.5 Großgruppen des heutigen Menschen 506
 - 4.4 Kulturelle Evolution 507
 - 4.4.1 Kulturentwicklung in der Vorgeschichte 507
 - 4.4.2 Prinzipien der kulturellen Evolution 508
 - Exkurs: Soziobiologie und menschliches Verhalten 509
 - Exkurs: Evolution und Disziplinen der Biologie 510
 - Exkurs: Evolution und Ordnung 510
- Zusammenfassung 511
- Aufgaben 512
- Erkenntniswege der Biologie 514
- Baupläne der Lebewesen 522
- Glossar 534
- Register 550
- Bildquellen 560