

Inhaltsverzeichnis

Einführung 1

Bau und Leistungen der Zellen

1 Cytologie 7

1.1 Zelltypen und Zellfeinbau 9

1.1.1 Die Zelle als universelles Bauelement der Organismen 9

1.1.2 Eucyt und Protoctyt 11

1.1.2.1 Strukturelemente des Eucyten: Lichtmikroskopie 11

1.1.2.2 Strukturelemente des Eucyten: Elektronenmikroskopie 13

1.1.2.3 Beispiele von Eucyten 18

1.1.2.4 Strukturelemente des Protoctyten 23

1.2 Molekulare Architektur der Zelle 29

1.2.1 Proteine 30

1.2.2 Nucleinsäuren 37

1.2.2.1 Die Rolle der Nucleinsäuren in der Zelle 37

1.2.2.2 Struktur und Eigenschaften der DNA 38

1.2.2.3 Replikation der DNA 41

1.2.2.4 Struktur- und Funktionstypen von RNA 43

1.2.3 Nucleoproteine 43

1.2.3.1 Ribosomen 43

1.2.3.2 Viren 43

1.2.4 Polysaccharide 45

1.2.5 Lipide und Biomembranen 47

1.2.5.1 Permeabilität und Membrantransport 47

1.2.5.2 Membranlipide 48

1.2.5.3 Molekulare Architektur der Membranen 50

1.3 Inneres Milieu der Zelle 52

1.3.1 Die Bedeutung des Wassers 52

1.3.2 Zellsäfte als wäßrige Lösungen 53

1.3.3 Wasserstoffionenkonzentration und Pufferung 58

1.3.4 Dynamik des inneren Milieus 59

1.3.4.1 Dynamik des Lösungsmittels 60

1.3.4.2 Quellung 63

1.3.4.3 Dynamik der gelösten Stoffe 63

1.4	Energie- und Stoffwechsel	65
1.4.1	Energetische Grundlagen	65
1.4.1.1	Richtung und Energiebilanz biochemischer Reaktionen	65
1.4.1.2	Abhängigkeit der freien Enthalpie von den Konzentrationsverhältnissen	68
1.4.1.3	Triebkraft, Arbeitsausbeute und Gerichtetheit biochemischer Reaktionen	69
1.4.1.4	Aktivierungsenergie	70
1.4.2	Enzymatische Katalyse	71
1.4.2.1	Enzyme und Wirkgruppen	72
1.4.2.2	Mechanismen und Leistungen der enzymatischen Katalyse	75
1.4.2.3	Reaktionskinetik	76
1.4.3	Übertragung von Energie in Zellen	78
1.4.3.1	Elektronentransportketten	79
1.4.3.2	Phosphorylierung	81
1.4.3.3	Energetische Kopplung und biologische Arbeit	83
1.4.3.4	Einige Prinzipien der biologischen Organisation und der Biosynthese von Makromolekülen	84
1.4.4	Photochemische Primärprozesse	87
1.4.4.1	Licht als Energie- und Informationsträger	87
1.4.4.2	Energiegewinnung durch Photosynthese	90
1.4.5	Chemolithotrophie	106
1.4.6	Zellstoffwechsel	107
1.4.6.1	Gemeinsame Endstrecke des Katabolismus	108
1.4.6.2	Weitere Reaktionen im Stoffwechsel der Kohlenhydrate	114
1.4.6.3	Stoffwechsel der Lipide	117
1.4.6.4	Umwandlung von Kohlenhydraten in Fette – ein Beispiel für die Wechselbeziehungen im Zellstoffwechsel	120
1.4.6.5	Denitrifikation und Stickstofffixierung	121
1.4.6.6	Stoffwechsel der Proteine und Aminosäuren	122
1.4.6.7	Stoffwechsel der Nucleinsäuren und Nucleotide	125
1.4.6.8	Stickstoffendprodukte	125
1.4.6.9	Regulation des Zellstoffwechsels	126
1.5	Bioelektrizität	130
1.5.1	Gleichgewichtspotential	131
1.5.2	Membranpotential	132
1.6	Zellorganellen	134
1.6.1	Cytomembranen	134
1.6.1.1	Intrazellulärer Stofftransport	134
1.6.1.2	Kompartimentierung des Eucyten	136
1.6.1.3	Endoplasmatisches Reticulum (ER)	136
1.6.1.4	Golgi-Apparat	137
1.6.2	Cytosomen, Vesikeln, Vacuolen	138
1.6.2.1	Lysosomen	138
1.6.2.2	Cytosomen	139
1.6.2.3	Vacuolen	140
1.6.3	Cytoplasmatische Filamente und Mikrotubuli	140
1.6.3.1	Kontraktile Systeme im Cytoplasma	140
1.6.3.2	Mikrotubuli	141
1.6.3.3	Centriolen, Basalkörper, Flagellen und Cilien	142

- 1.6.3.4 Cytoplasmatisches Skelett tierischer Zellen 144
- 1.6.4 Die Plasten: Mitochondrien und Plastiden 144
 - 1.6.4.1 Feinbau und Funktion der Mitochondrien 144
 - 1.6.4.2 Genese der Mitochondrien 145
 - 1.6.4.3 Strukturtypen und Entwicklung der Plastiden 147
 - 1.6.4.4 Plastiden als semi-autonome Systeme 148
 - 1.6.4.5 Intrazelluläre Bewegungen der Plasten 149
 - 1.6.4.6 Stammesgeschichtliche Herkunft der Plasten 150
- 1.6.5 Zellkern 151
 - 1.6.5.1 Der Zellkern in der Interphase 151
 - 1.6.5.2 Chromatin 151
 - 1.6.5.3 Bau und Feinbau der Chromosomen 152
 - 1.6.5.4 Endopolyploidie, Riesenchromosomen 155
 - 1.6.5.5 Besonderheiten der Kern-DNA 156
 - 1.6.5.6 Nucleolus, Bildung der Ribosomen 157
 - 1.6.5.7 Kernmatrix 158
 - 1.6.5.8 Kernhülle 159
- 1.7 Mitose und Zellteilung 160
 - 1.7.1 Ablauf der Mitose 160
 - 1.7.2 Zellteilung (Cytokinese) 163
 - 1.7.3 Zellcyclus 163
 - 1.7.4 Zellvermehrung 164
- 1.8 Zellwand 164
 - 1.8.1 Zellwände bei Pflanzen 164
 - 1.8.2 Zellwände bei Tieren 166

Strukturen und Funktionen der Organisation

- 2 Genetik 169**
 - 2.1 Nucleinsäuren als genetisches Material 170
 - 2.1.1 Transformation 170
 - 2.1.2 Transfektion 171
 - 2.2 Funktion des genetischen Materials 172
 - 2.2.1 Der genetische Code 174
 - 2.2.2 Transkription 176
 - 2.2.3 Processing 178
 - 2.2.4 Translation 180
 - 2.2.4.1 Die Prozesse der Translation 180
 - 2.2.4.2 Ein Gen – Ein Polypeptid 183
 - 2.2.5 Genwirkketten 185

XII Inhaltsverzeichnis

- 2.3 Mutation 189
 - 2.3.1 Molekulare Basis 189
 - 2.3.1.1 Chemikalien 189
 - 2.3.1.2 Strahlen 191
 - 2.3.2 Mutationstypen 191
 - 2.3.2.1 Genmutationen 192
 - 2.3.2.2 Chromosomenmutationen 194
 - 2.3.2.3 Genommutationen 197
 - 2.3.3 Rückmutationen 200
 - 2.3.4 Suppressormutationen 200
 - 2.3.5 Reparatur der DNA 201
- 2.4 Rekombination 201
 - 2.4.1 Rekombination und Sexualität 202
 - 2.4.1.1 Meiose 202
 - 2.4.1.2 Crossing-over 203
 - 2.4.2 Mendel-Gesetze 204
 - 2.4.3 Koppelungsgruppen 206
 - 2.4.4 Koppelungsbruch 206
 - 2.4.5 Geschlechtschromosomen-gebundene Vererbung 208
 - 2.4.6 Parasexualität 208
 - 2.4.6.1 Eukaryoten 209
 - 2.4.6.2 Bakterien 211
 - 2.4.6.3 Phagen 213
 - 2.4.7 Genetic engineering 213
 - 2.4.7.1 DNA-Strukturen und ihre Veränderung 214
 - 2.4.7.2 Einige Erfolge und Zielsetzungen 216
- 2.5 Extrachromosomale Vererbung 216
 - 2.5.1 Plastom 217
 - 2.5.2 Mitochondriom 218
 - 2.5.3 Zusammenwirken von chromosomalen und extrachromosomalen Erbfaktoren 218
- 2.6 Regulation der Genaktivität 219
 - 2.6.1 Bakterien 219
 - 2.6.1.1 Negative Steuerung (Jacob-Monod-Modell) 219
 - 2.6.1.2 Positive Steuerung 221
 - 2.6.2 Höhere Pflanzen und Tiere 222
 - 2.6.2.1 Operon-artige Systeme 222
 - 2.6.2.2 Repression durch Histone, Nucleosomen 225
 - 2.6.2.3 Funktionelle Organisation der DNA bei Eukaryoten 226
- 3 Fortpflanzung und Sexualität 229**
 - 3.1 Ungeschlechtliche Fortpflanzung 234
 - 3.1.1 Monocytogene Fortpflanzung (Agamogonie) 234

- 3.1.1.1 Agamogonie bei Pflanzen 234
- 3.1.1.2 Agamogonie bei Tieren 235
- 3.1.2 Polycytogene Fortpflanzung (Vegetative Fortpflanzung) 236
 - 3.1.2.1 Vegetative Fortpflanzung bei Pflanzen 236
 - 3.1.2.2 Vegetative Fortpflanzung bei Tieren 238

- 3.2 Geschlechtliche Fortpflanzung 239
 - 3.2.1 Parasexualität bei Bakterien und Pilzen 240
 - 3.2.2 Gametogamie bei Algen und Pilzen 240
 - 3.2.3 Gameto- und Gamontogamie bei Protozoen 241
 - 3.2.4 Gametangiogamie und Somatogamie bei Pilzen 245
 - 3.2.5 Gametogamie bei Archegoniaten 247
 - 3.2.6 Gametophytenbefruchtung 248
 - 3.2.6.1 Blüte 249
 - 3.2.6.2 Entstehung der Geschlechtszellen 250
 - 3.2.6.3 Befruchtungsprozeß 253
 - 3.2.6.4 Endosperm, Frucht und Samen 258
 - 3.2.7 Befruchtungsbarrieren 259
 - 3.2.8 Gamogonie der Metazoen 262
 - 3.2.8.1 Gametogenese 262
 - 3.2.8.2 Besamung 265
 - 3.2.8.3 Befruchtung 267
 - 3.2.9 Rudimentäre Formen der Gamogonie 268
 - 3.2.9.1 Bei Pflanzen 268
 - 3.2.9.2 Bei Tieren 270

- 3.3 Generations- und Fortpflanzungswechsel 272
 - 3.3.1 Primärer Generationswechsel 272
 - 3.3.1.1 Bei Pflanzen (Biontenwechsel) 273
 - 3.3.1.2 Bei Tieren 274
 - 3.3.2 Sekundärer Generationswechsel der Metazoen 275

- 3.4 Geschlechtsverteilung 277
 - 3.4.1 Bei Pflanzen 277
 - 3.4.2 Bei Tieren 278

- 3.5 Geschlechtsbestimmung 279
 - 3.5.1 Haplogentypische Geschlechtsbestimmung bei Thallophyten und Archegoniaten 280
 - 3.5.2 Diplogentypische Geschlechtsbestimmung 281
 - 3.5.2.1 Normaltypus 281
 - 3.5.2.2 Abweichende Geschlechtsbestimmungsmechanismen bei Metazoen 282
 - 3.5.2.3 Subdiözie bei Pflanzen 284
 - 3.5.2.4 Intersexualität und Gynandromorphismus bei Metazoen 284
 - 3.5.3 Modifikatorische (phänotypische) Geschlechtsbestimmung 286
 - 3.5.4 Geschlechtsdifferenzierung durch Sexualhormone 287

4	Entwicklung	291
4.1	Polarität und Struktur von Sporen und Eiern	294
4.2	Zellvermehrung	295
4.2.1	Zellteilungsmuster	295
4.2.2	Auslösung der Entwicklung und Keimung	300
4.3	Differenzierung	301
4.3.1	Zelldifferenzierung	301
4.3.1.1	Chromosomen- und Chromatinelimination und -diminution	302
4.3.1.2	Selektive Genamplifikation	303
4.3.1.3	Isolationsexperimente	304
4.3.1.4	Kerntransplantationen	307
4.3.1.5	Fusion somatischer Zellen	310
4.3.1.6	Differenzielle Transkription genetischer Information	310
4.3.1.7	Differenzielle Translation	314
4.3.1.8	Hormone und Genregulation	315
4.3.1.9	Chromatin und Genregulation	316
4.3.2	Lokalisierung des primären Differentials	317
4.3.3.	Determination	320
4.3.3.1	Grundversuche	320
4.3.3.2	Gradienten	320
4.3.3.3	Transdetermination	323
4.4	Morphogenese	324
4.4.1	Steuerung durch innere Faktoren	324
4.4.2	Induktion	330
4.4.3	Photomorphogenese der Pflanzen	333
4.4.4	Steuerung der Morphogenese tierischer Organismen	337
4.4.5	Morphogenese der zellulären Schleimpilze	338
4.4.6	Kombinierte Wirkung innerer und äußerer Faktoren bei der Blütenbildung	340
4.5	Wachstum und Korrelationen	344
4.5.1	Streckungswachstum	344
4.5.2	Allometrisches Wachstum	346
4.5.3	Apicale Dominanz	346
4.5.4	Physiologie des Blattfalles	347
4.5.5	Regeneration	348
4.5.6	Ergebnisse von Organ- und Gewebekulturen bei Pflanzen	352
4.6	Seneszenz und Tod	353
4.7	Pathologie der Entwicklung	355
4.7.1	Entwicklungsanomalien	355
4.7.2	Das Krebsproblem im Lichte der Entwicklungsbiologie	357

5	Struktur und Funktion pflanzlicher und tierischer Organe	359
5.1	Bau der Gewebe und Organe bei Höheren Pflanzen	360
5.1.1	Allgemeiner Aufbau	360
5.1.1.1	Samenbau und Keimung	362
5.1.1.2	Erstarkungswachstum und Dickenperiode des Achsenkörpers	363
5.1.1.3	Blattfolge	363
5.1.1.4	Blattstellung und Längen der Internodien	364
5.1.2	Die einzelnen Organe	367
5.1.2.1	Sproßachse	368
5.1.2.2	Blatt	375
5.1.2.3	Wurzel	382
5.1.2.4	Bau der Angiospermenblüte	385
5.2	Funktionen pflanzlicher Gewebe und Organe	388
5.2.1	Bildung organischer Materie im Blatt	389
5.2.1.1	Das Blatt als effektiver Lichtabsorber	389
5.2.1.2	Assimilatorischer und dissimilatorischer Gaswechsel	390
5.2.1.3	Begrenzende Faktoren der apparenten Photosynthese	392
5.2.1.4	Regulation des Gastransports an den Stomata	394
5.2.1.5	Photosynthespezialisten: C ₄ -Pflanzen und CAM-Pflanzen	397
5.2.2	Regulation der Dissimilation heterotropher pflanzlicher Gewebe	400
5.2.3	Biosyntheseleistungen pflanzlicher Gewebe	402
5.2.3.1	Terpenoidbiosynthese	404
5.2.3.2	Flavonoidbiosynthese	405
5.2.4	Funktionen der Wurzel	406
5.2.4.1	Wasseraufnahme	406
5.2.4.2	Ionenaufnahme	407
5.3	Bau und Leistungen tierischer Gewebe	408
5.3.1	Epithel- und Drüsengewebe	408
5.3.2	Stütz- und Bindegewebe einschließlich Blut	410
5.3.3	Muskelgewebe	414
5.3.4	Nervengewebe	419
5.4	Bau und Leistungen tierischer Organe	427
5.4.1	Organe des Stoffaustausches	428
5.4.1.1	Organe der Osmo- und Ionenregulation und der Exkretion	431
5.4.1.2	Organe der Atmung und des Gasaustausches	434
5.4.2	Organe der Ernährung und des Stoffwechsels	439
5.4.2.1	Organe der Nahrungsaufnahme	440
5.4.2.2	Darm und Darmanhangsdrüsen	442
5.4.3	Nervensysteme	452
5.4.4	Sinnesorgane	454
5.4.4.1	Mechanische Sinnesorgane	457
5.4.4.2	Chemische Sinnesorgane	462
5.4.4.3	Lichtsinnesorgane	465

5.4.5	Bewegungssysteme	473
5.4.5.1	Biomechanische Einheiten	473
5.4.5.2	Muskulatur	476
5.4.6	Körperdecke	481
5.4.6.1	Haut der Wirbeltiere	481
5.4.6.2	Haut der Mollusken	483
5.4.6.3	Integument der Arthropoden	484
5.4.7	Immunsystem	486
5.4.7.1	Antikörpermoleküle	486
5.4.7.2	Zellen des Immunsystems, Lymphocyten	490
5.4.7.3	Abwehrmechanismen, Effectorzellen	495
6	Strukturelle und funktionelle Integration im Gesamtorganismus	497
6.1	Symmetriellehre	498
6.2	Morphologische Organisationsstufen bei Pflanzen	500
6.2.1	Protophyten	501
6.2.2	Thallophyten	503
6.2.3	Cormophyten: Anpassungen des Cormus an Lebensweise und Lebensraum	506
6.3	Gestalt des tierischen Organismus	510
6.3.1	Baupläne ausgewählter Tierstämme	510
6.3.2	Anpassungen an Lebensweise und Lebensraum	519
6.3.3	Optische (äußere) Gestalt	522
6.4	Homöiostase und Koordination	524
6.4.1	Homöiostase durch Regelprozesse	524
6.4.2	Homöiostase ohne »feed back«	526
6.4.3	Führung durch den schnellsten Prozeß	527
6.5	Gesamtenergiehaushalt der Organismen	528
6.5.1	Energiefluß in der belebten Natur	529
6.5.2	Quantitative Aspekte der Energiegewinnung aus Nährstoffen	529
6.5.3	Abhängigkeiten der Größe des Stoffwechselumsatzes	533
6.5.3.1	Einfluß der Körpergröße	533
6.5.3.2	Einfluß von Alter und Entwicklungsstadium	535
6.5.3.3	Einfluß der Aktivität	535
6.5.3.4	Einfluß des Sauerstoffangebotes	537
6.5.4	Thermoregulation	538
6.5.4.1	Bedingungen des Wärmeaustausches	538
6.5.4.2	Poikilothermie	539
6.5.4.3	Homöiothermie	541
6.6	Gesamtstoffhaushalt der Organismen	542
6.6.1	Mineralhaushalt	544

- 6.6.1.1 Mineralbedarf der Pflanzen 544
- 6.6.1.2 Mineralbedarf der Tiere 545
- 6.6.2 Ionen- und Osmoregulation 546
 - 6.6.2.1 Ionen- und Osmoregulation bei Pflanzen 546
 - 6.6.2.2 Ionen- und Osmoregulation bei Tieren 546
- 6.6.3 Ernährung von heterotrophen Organismen 552
 - 6.6.3.1 Essentielle Nährstoffe 553
 - 6.6.3.2 Vitamine 556
- 6.7 Transportvorgänge in Höheren Pflanzen und Tieren 561
 - 6.7.1 Langstreckentransport bei Pflanzen 561
 - 6.7.1.1 Ferntransport von Wasser 562
 - 6.7.1.2 Ferntransport organischer Moleküle 566
 - 6.7.1.3 Ferntransport von Ionen 567
 - 6.7.1.4 Ferntransport von Gasen 567
 - 6.7.2 Ferntransport bei Tieren 568
 - 6.7.2.1 Tracheensystem 568
 - 6.7.2.2 Blutgefäßsysteme 569
 - 6.7.2.3 Blutkreislaufdynamik 572
 - 6.7.2.4 Gastransport durch Körperflüssigkeiten 579
 - 6.7.2.5 Kreislaufregulation 584
- 6.8 Bewegung 586
 - 6.8.1 Bewegung von Einzellern 587
 - 6.8.1.1 Chemophobotaktische Reaktion bei Bakterien 588
 - 6.8.1.2 Phototaxis bei Euglena 588
 - 6.8.2 Bewegungsvorgänge bei Höheren Pflanzen 589
 - 6.8.2.1 Phototropismus 589
 - 6.8.2.2 Geotropismus (Gravitropismus) 590
 - 6.8.2.3 Nastische Bewegungen von Blattorganen 593
 - 6.8.3 Lokomotion bei Tieren 595
 - 6.8.3.1 Schwimmen 596
 - 6.8.3.2 Fliegen 600
 - 6.8.3.3 Kriechen 604
 - 6.8.3.4 Graben 606
 - 6.8.3.5 Laufen 607
 - 6.8.3.6 Springen 610
 - 6.8.4 Biomechanik des Sprunges 611
- 6.9 Humorale Integration 613
 - 6.9.1 Chemische Botenstoffe 613
 - 6.9.1.1 Funktionelle Einteilung 613
 - 6.9.1.2 Chemische Einteilung 614
 - 6.9.2 Humorale Regulation bei Tieren 615
 - 6.9.2.1 Morphologie der Hormonbildungsstätten 615
 - 6.9.2.2 Neuro-endokrine Integration 615
 - 6.9.2.3 Wirkungsweise der Hormone 617
 - 6.9.2.4 Allgemeine Möglichkeiten hormonaler Regelung und Steuerung 621

6.9.2.5	Hormonsysteme und hormonale Regulationsvorgänge bei Wirbellosen	621
6.9.2.6	Hormonsysteme und hormonale Regulationsvorgänge bei Wirbeltieren	623
6.9.2.7	Wichtige Parahormone der Wirbeltiere	628
6.9.2.8	Korrelationen zwischen Pheromonen und hormonalen Regelkreisen	628
6.9.3	Humorale Wechselwirkungen im Cormus der Höheren Pflanze	629
6.9.3.1	Nachweis und Wirkungen von Phytohormonen	629
6.9.3.2	Phytohormon-Transport und Integration im Cormus	634
6.9.3.3	Vergleich der Phytohormone mit tierischen Hormonen	636
6.10	Ordnungsleistungen des Zentralnervensystems	636
6.10.1	Stufenfolge der Reiz-Reaktions-Zusammenhänge	637
6.10.2	Schnelleitungssysteme	639
6.10.3	Steuerung von Muskelaktionen in Extremitäten	641
6.10.4	Steuerung der Fortbewegung	643
6.10.5	Reafferenzprinzip	645
6.10.6	Synergie: Sympathicus und Parasympathicus	646
6.10.7	Elektrische Gehirnreizung	649
6.10.8	Bewertung und Verrechnung von Sinnesdaten	651
6.10.9	Repräsentation	654
6.11	Biologische Rhythmen und biologische Zeitmessung	655
6.11.1	Tagesrhythmik	656
6.11.1.1	Nachweis einer „circadianen Uhr“	656
6.11.1.2	Zeitgeber	657
6.11.1.3	Tagesrhythmen beim Menschen	658
6.11.1.4	Lokalisation der circadianen Uhr	658
6.11.1.5	Nutzung der circadianen Uhr	660
6.11.2	Biologische Zeitmessungen in der Gezeitenzone	661
6.11.3	Zeitmessung im Wechsel der Jahreszeiten	663
7	Verhalten	665
7.1	Angeborenes Verhalten	666
7.1.1	Endogene Periodik des Verhaltens	666
7.1.2	Reflexe	667
7.1.3	Gleichgewichtshaltung und Raumorientierung	668
7.1.4	Reaktionsbereitschaft	670
7.1.5	Auslösende Reize, angeborener auslösender Mechanismus	671
7.1.6	Appetenzverhalten, instinktive Endhandlung	672
7.1.7	Bereitschaft (Antrieb) und Versorgungszustand	673
7.1.8	Bereitschaft (Antrieb) und instinktive Endhandlung	674
7.1.9	Antriebsenkende und antriebssteigernde Außenreize	675
7.1.10	Gegenseitige Hemmung zwischen Verhaltenstendenzen	675
7.1.11	Doppelte Quantifizierung, Leerlaufaktionen	676

- 7.1.12 Umorientiertes Verhalten, Intentionsbewegungen 677
- 7.1.13 Übersprungverhalten 677
- 7.2 Lernen (erfahrungsbedingte Programmierung des Verhaltens) 678
 - 7.2.1 Bedingte Reflexe 679
 - 7.2.2 Lernen aufgrund von guten Erfahrungen (Belohnungen) 679
 - 7.2.3 Lernen aufgrund von schlechten Erfahrungen (Strafen) 681
 - 7.2.4 Prägung 681
 - 7.2.5 Motorisches Lernen 683
 - 7.2.6 Soziale Anregung, Nachahmung 683
 - 7.2.7 Lernerfolg, Lernbereitschaft 684
 - 7.2.8 Kurz- und Langzeitgedächtnis und deren physiologische Basis 685
- 7.3 Erkunden, Neugierde, Spielen 686
 - 7.3.1 Erkunden 687
 - 7.3.2 Neugierde 687
 - 7.3.3 Spielen 688
- 7.4 Engrammwirkungen im nicht gelernten Zusammenhang 690
 - 7.4.1 Anwendung von Orts- und Geländekenntnis 690
 - 7.4.2 Vergleich von Engramm und Wahrnehmung 691
 - 7.4.3 Zielbedingte Neukombination von Engrammen 691
- 7.5 Verhaltensbeziehungen zwischen Artgenossen (Tier-Soziologie) 692
 - 7.5.1 Soziale Auslöser, Ritualisierung 692
 - 7.5.2 Kampf, Drohung, Tötungshemmung 693
 - 7.5.3 Revierverhalten 695
 - 7.5.4 Paarbildung 696
 - 7.5.5 Eltern und Junge 698
 - 7.5.6 Rangordnung 699
 - 7.5.7 Gruppenbildung aufgrund individuellen Kennens 700
 - 7.5.8 Anonyme Gruppen und Staaten 701

Organismen in ihrer Umwelt und in Populationen

8 Ökologie 705

- 8.1 Umweltfaktoren und ihre Wirkungen auf Organismen, Autökologie 706
 - 8.1.1 Die Umwelt 706
 - 8.1.1.1 Allgemeine Eigenschaften der Umweltfaktoren 706
 - 8.1.1.2 Einige wichtige abiotische Umweltfaktoren und ihre Bedeutung für die Organismen 709
 - 8.1.1.3 Koppelung und Unabhängigkeit der Umweltfaktoren 713
 - 8.1.1.4 Die Sonderstellung der biotischen Faktoren 714

XX Inhaltsverzeichnis

- 8.1.2 Die Wirkungen der Umwelt auf die Organismen 717
 - 8.1.2.1 Fundamentale Reaktionsweisen der Individuen 717
 - 8.1.2.2 Prinzipien von übergeordneter Bedeutung 720
 - 8.1.2.3 Komplexe Organismus-Umwelt-Beziehungen 724
 - 8.1.2.4 Die ökologische Nische 726
 - 8.1.2.5 Limitierende Faktoren 728
- 8.2 Populationen 729
 - 8.2.1 Populationsgröße. Anzahl und Biomasse. Populationsdichte 730
 - 8.2.2 Variabilität in der Population 731
 - 8.2.3 Populationsstruktur 732
 - 8.2.4 Zeitliche Veränderungen der Populationen. Populationsdynamik 734
 - 8.2.4.1 Grundelemente der Populationsveränderungen: Natalität und Mortalität 735
 - 8.2.4.2 Exponentielles Wachstum der Population 736
 - 8.2.4.3 Das Prinzip der dichteabhängigen Regulation der Populationsgröße 739
 - 8.2.4.4 Schwankungen der Populationsdichte 740
 - 8.2.4.5 Extinktion 743
 - 8.2.5 Räumliche Veränderungen der Populationen 743
 - 8.2.5.1 Ausbreitungsmechanismen 744
 - 8.2.5.2 Populationsgrenze und Expansion 744
 - 8.2.5.3 Kolonisierung und ihre Beziehung zur Extinktion 744
 - 8.2.5.4 Wanderungen 745
- 8.3 Die Biozönose und das Ökosystem 747
 - 8.3.1 Einfache Wechselbeziehungen 749
 - 8.3.1.1 Konkurrenz 749
 - 8.3.1.2 Symbiose 752
 - 8.3.1.3 Feind-Beute-Beziehungen. Parasitismus 754
 - 8.3.1.4 Kommensalismus, Amensalismus, Neutralismus 758
 - 8.3.2 Komplexe Wechselbeziehungen 759
 - 8.3.2.1 Konkurrenz und Räuber-Beute-Beziehung 759
 - 8.3.2.2 Die Trophiestruktur des Ökosystems 760
 - 8.3.2.3 Komplexität und Stabilität 761
 - 8.3.2.4 Systemanalyse 762
 - 8.3.2.5 Die Mannigfaltigkeit der Arten im Ökosystem 762
 - 8.3.3 Stoff- und Energiehaushalt 764
 - 8.3.3.1 Stoffkreisläufe 764
 - 8.3.3.2 Abbau und Bodenbildung 767
 - 8.3.3.3 Energiehaushalt 768
 - 8.3.4 Sukzession 773
- 9 Biogeographie 777**
 - 9.1 Beschreibende Biogeographie 777
 - 9.1.1 Arealbegriff 777
 - 9.1.2 Gliederung des Festlandes 778
 - 9.1.2.1 Holarktis 779
 - 9.1.2.2 Paläotropis 780

- 9.1.2.3 Neotropis (Neogäa) 781
- 9.1.2.4 Australis (Notogäa) 782
- 9.1.2.5 Antarktis 782
- 9.1.3 Gliederung des Meeres 782
- 9.2 Historische Biogeographie 784
 - 9.2.1 Einfluß der Kontinentalverschiebung 784
 - 9.2.2 Großdisjunktionen 784
 - 9.2.3 Isolationsphänomene 785
 - 9.2.4 Bedeutung der Landverbindungen 786
 - 9.2.5 Biogeographie des Pleistozäns 787
 - 9.2.5.1 Eiszeiten 788
 - 9.2.5.2 Warmzeiten und Nacheiszeit 788
 - 9.2.6 Gegenwart 789
 - 9.2.6.1 Gegenwärtige Disjunktionen 789
 - 9.2.6.2 Arealbeschränkungen 791
 - 9.2.6.3 Evolutive Aufsplitterung 791
- 9.3 Ökologische Biogeographie 792
 - 9.3.1 Dynamische Faktoren 792
 - 9.3.1.1 Passive (allochore) Ausbreitung 792
 - 9.3.1.2 Aktive (autochore) Ausbreitung 793
 - 9.3.1.3 Kombinierte Ausbreitung 794
 - 9.3.1.4 Schranken der Ausbreitung 794
 - 9.3.2 Existenzfaktoren 795
 - 9.3.3 Floren- und Faunenelemente, am Beispiel Mitteleuropas erläutert 795
 - 9.3.4 Ökologische Gliederung der Biogeosphäre 798
- 10 Evolution 803**
 - 10.1 Nachweis von Verwandtschaftsbeziehungen 803
 - 10.1.1 Homologie 803
 - 10.1.1.1 Abwandlung homologer Strukturen durch Funktionswechsel 804
 - 10.1.1.2 Homologiekriterien mit Beispielen aus der Morphologie 804
 - 10.1.1.3 Seriale Homologie (Homonomie) 805
 - 10.1.1.4 Homologie und Korrelationsgesetz 806
 - 10.1.1.5 Homologie von Makromolekülen 806
 - 10.1.1.6 Homologie im Karyotyp 808
 - 10.1.1.7 Homologie physiologischer Prozesse 808
 - 10.1.1.8 Homologie von Verhaltensweisen 809
 - 10.1.2 Historische Reste als Dokumente der Stammesgeschichte 810
 - 10.1.3 Embryologie und Verwandtschaftsforschung – Rekapitulationsentwicklung 812
 - 10.2 Anpassungsähnlichkeit – Analogie und Konvergenz 815
 - 10.3 Transformation von Strukturen in der Phylogenese 818

10.3.1	Transformation morphologischer Strukturen – das fossile Belegmaterial	818
10.3.1.1	Fossile Abwandlungsreihen	819
10.3.1.2	Fossile Übergangsformen („connecting links“)	821
10.3.2	Transformation von Makromolekülen	823
10.3.2.1	Zunahme der DNA-Menge in der Evolution	823
10.3.2.2	Transformation von Proteinen	823
10.3.2.3	Allozyme und der genetische Polymorphismus in Populationen	827
10.3.3	Transformationen im Karyotypus	828
10.3.3.1	Folgen von Transformationen des Karyotypus	829
10.3.3.2	Beispiele für Transformationen des Karyotypus durch Fusion und Inversion	829
10.4	Selektion als wesentlicher Evolutionsfaktor	831
10.4.1	Die Theorien von LAMARCK und DARWIN	831
10.4.2	Populationsgenetik	833
10.4.2.1	Phänotypische Variabilität und Erbllichkeit	834
10.4.2.2	Genotyp- und Genfrequenz. Das Hardy-Weinberg-Gesetz	835
10.4.2.3	Genetische Drift: Die Rolle der Populationsgröße	838
10.4.2.4	Inzucht	838
10.4.2.5	Mutation	839
10.4.2.6	Selektion	840
10.4.2.7	Das Problem der Erhaltung genetischer Vielfalt	844
10.4.2.8	Fitness der Population und genetische Last. Die Harmonie des Genpools	846
10.4.3	Beispiele für das Wirken der Selektion	849
10.4.3.1	Ökologische Vorbemerkung	849
10.4.3.2	Anpassung an den abiotischen Faktor Wind auf Inseln	849
10.4.3.3	Resistenzphänomene bei Insekten und Bakterien	849
10.4.3.4	Industriemelanismus bei Schmetterlingen	850
10.4.4	Sexualdimorphismus und sexuelle Selektion	851
10.5	Artbildung (Speciation)	852
10.5.1	Artbegriff	852
10.5.2	Artbildungsmodi	854
10.5.3	Artbildungsfaktoren	854
10.5.4	Geographische Rassen (Subspecies)	856
10.5.5	Ökologische Rassen (Ökotypen)	856
10.5.6	Von der Rasse zur Art – allopatrische Artbildung	857
10.5.6.1	Sympatric und ökologische Sonderung	858
10.5.6.2	Artbildung auf Inseln	859
10.5.6.3	Isolationsmechanismen	859
10.5.6.4	Phylogenetische Entstehung von Isolationsmechanismen	861
10.5.6.5	„Zusammenbruch“ von Isolationsmechanismen	862
10.5.7	Sympatrische Artbildung	863
10.5.7.1	Sympatrische Artbildung durch Polyploidie	863
10.5.7.2	Sympatrische Artbildung durch disruptive Selektion	866
10.6	Transspezifische Evolution und Typogenese	867
10.6.1	Bildung neuer „ökologischer Zonen“ (Adaptationszonen) und adaptive Radiation	867

10.6.2	Beispiele für transspezifische Evolution	869
10.6.2.1	Adaptive Radiation auf Inselgruppen	869
10.6.2.2	Die „Eroberung“ des Landes durch die Wirbeltiere	871
10.7	Lebende Fossilien und das Aussterben	872
10.7.1	Lebende Fossilien	872
10.7.2	Aussterben	874
11	Systematik	879
11.1	Grundlagen und Ziele der biologischen Systematik	879
11.2	Übersicht über das System der Organismen	884
11.2.1	Gruppen der Prokaryoten	884
11.2.2	Systematische Gliederung der Pflanzen	886
11.2.3	Systematische Gliederung der Tiere	892
11.3	Stammbäume der Pflanzen und Tiere	899
Weiterführende Literatur		903
Abkürzungsverzeichnis		907
Internationales System der Einheiten (SI)		910
Sachverzeichnis		911
Falttafeln in Einstecktasche am hinteren Buchdeckel		