

Inhaltsverzeichnis

1	Evolutionsbiologie: Geschichte und Fundament	1
1.1	Geschichte der Naturerkenntnis und der Evolutionstheorie	2
1.1.1	Die Antike: Griechenland und Rom	2
1.1.2	Das Mittelalter	5
1.1.3	Die Renaissance	5
1.1.4	Systematische Biologie	8
1.1.5	Die Evolutionsvorstellung entsteht	9
1.1.6	Das Zeitalter der Aufklärung	11
1.1.7	Ein Kapitel für sich: Charles Darwin	15
	EXKURS: Darwins Weltreise	17
1.1.8	Ernst Haeckel und die Auseinandersetzungen in Deutschland	27
1.1.9	Die Bedeutung der Genetik	30
1.1.10	Denkansätze im 20. Jahrhundert	31
1.2	Wissenschaften, die zum Fundament der Evolutionsbiologie beigetragen haben	33
1.2.1	Biogeographie	33
1.2.1.1	Adventivorganismen (invasive Arten)	34
1.2.1.2	Inseln – Endemiten	37
1.2.1.3	Plattentektonik – Relikte	37
1.2.2	Paläontologie	41
	EXKURS: Fossilien in der Menschheitsgeschichte	41
1.2.2.1	Methoden der Altersbestimmung	44
1.2.2.2	Kontinuierliche Veränderungen in der Erdgeschichte	47
1.2.2.3	Umwandlungsreihen	48
1.2.2.4	Fossile Übergangsformen	49
1.2.3	Vergleichende Anatomie und Systematik, Artkonzepte	51
1.2.3.1	Homologie-Kriterien	55
1.2.3.2	Analogie, Konvergenz, Homoplasie	57
1.2.3.3	Artkonzepte	58
1.2.4	Entwicklungsbiologie	61
1.2.5	Biochemie/Zellbiologie	65
1.2.5.1	Aufbau der Makromoleküle und der Biomembran	65
1.2.5.2	Organisation der Grundstoffwechselwege	66
1.2.5.3	Sekundärstoffe	67
1.2.5.4	Aufbau der Zellen	68
1.2.6	Verhaltensbiologie	70

EXKURS: Kreationismus	74
1.2.7 Literatur	74
2 Entfaltung der Organismen in der Erdgeschichte	77
2.1 Präkambrium	79
2.1.1 Ediacara-Fauna: präkambrische Vielzeller	79
2.2 Paläozoikum (Erdaltertum)	83
2.2.1 Kambrium	83
2.2.1.1 Burgess Shale, Chengjiang, Orsten-Fossilien, Kambrische Explosion	85
EXKURS: Carbonatminerale: von Organismen hervorgebracht und landschaftsgestaltend	85
2.2.1.2 Trilobita: dominierende Fossilien im Kambrium	89
2.2.1.3 Brachiopoda: Nr. 2 der kambrischen Fossilien	90
2.2.1.4 Archaeocyatha: Nr. 3 der kambrischen Fossilien – Riffbildner ...	91
2.2.1.5 Weitere Wirbellose der kambrischen Meere	92
2.2.1.6 Conodonta	95
2.2.1.7 Ursprung der Wirbeltiere	96
2.2.2 Ordovizium	97
2.2.2.1 Riffbildner im Paläozoikum	98
EXKURS: Plattentektonik – Gebirgsbildung (Orogenese)	99
2.2.2.2 Weitere Meeresorganismen im Ordovizium	101
EXKURS: Massenaussterben	106
2.2.3 Silur	109
2.2.3.1 Agnatha	112
2.2.3.2 Pflanzen ragen in die Luft	113
EXKURS: Eiszeitliche Geschiebe – Fenster in die Vergangenheit der nordischen Länder	114
2.2.4 Devon	117
EXKURS: Hunsrück-schiefermeer: Einblicke in die marine Lebenswelt vor fast 400 Mio. Jahren	118
EXKURS: Devonische Riffe in der Eifel	120

2.2.4.1 Ammonoida	121
2.2.4.2 Gnathostomata und Landgang der Wirbeltiere	124
2.2.4.3 Pflanzen erobern das Land	126
2.2.5 Karbon	129
2.2.5.1 Die Tierwelt im Karbon	130
2.2.5.2 Der Steinkohlenwald	134
2.2.6 Perm	137
EXKURS: Vor 290 Mio. Jahren: Haie und Lungenfische in der Pfalz	138
2.2.6.1 Die Tierwelt im Perm	140
2.2.6.2 Die Pflanzenwelt im Perm	140
EXKURS: Der Versteinerte Wald von Chemnitz	141
2.2.6.3 Massenaussterben im Perm	143
2.3 Mesozoikum (Erdmittelalter)	144
2.3.1 Trias	145
EXKURS: Mitteleuropa zu Beginn des Mesozoikums: Meerestiere im Germanischen Becken	146
2.3.1.1 Therapsida (Säugetierähnliche Reptilien), Mammalia (Säugetiere)	152
2.3.1.2 Pterosauria (Flugsaurier)	153
2.3.1.3 Dinosauria	154
2.3.1.4 Ichthyosaura (Fischsaurier)	164
2.3.1.5 Die Pflanzenwelt der Trias	165
2.3.1.6 Massenaussterben Ende der Trias	166
2.3.2 Jura	167
EXKURS: Die Schwäbische Alb: vor 150 Mio. Jahren der Boden des Jurameeres	168
EXKURS: Solnhofen (Fränkische Alb): <i>Archaeopteryx</i> und andere weltberühmte Fossilien	170
2.3.2.1 Die Fauna des Jura	172
EXKURS: Evolution der Vögel	174
2.3.3 Kreide	176
EXKURS: Die Schreibkreide von Rügen: Reste spätmesozoischen Lebens	177

XII Inhaltsverzeichnis

2.3.3.1	Organismenwelt der Kreide	179
2.3.3.2	Massenaussterben an der Kreide-Tertiär-Grenze	183
2.4	Känozoikum (Erdneuzeit)	183
2.4.1	Tertiär	184
	EXKURS: Messel: Von der geplanten Mülldeponie zum UNESCO-Weltnaturerbe – ein Blick in die Welt vor nahezu 50 Mio. Jahren	187
	EXKURS: Das Geiseltal bei Halle: Braunkohleabbau ermöglicht einen Blick ins Eozän	190
2.4.1.1	Die Säugetiere entfalten sich	190
	EXKURS: Die jungtertiäre Tier- und Pflanzenwelt zur Zeit der Auffaltung der Alpen: Öhningen, Höwenegg, Eppelsheim	194
	EXKURS: Zeuge einer der größten Katastrophen unseres Planeten: das Steinheimer Becken, in dem man die Evolution „beobachten“ kann	196
2.4.2	Quartär	197
2.4.2.1	Lebende Fossilien	204
	Literatur	208
3	Mechanismen und molekulare Ursachen der Evolution	211
3.1	Einführung	212
3.2	Grundlagen der Molekularbiologie und Genetik	214
3.2.1	Aufbau der DNA	214
3.2.2	Replikation	217
3.2.3	Vom Gen zum Protein	218
3.2.4	Transcription und Mosaikstruktur der Eukaryotengene	219
3.2.5	Genetischer Code	220
3.2.6	Proteinbiosynthese (Translation)	222
3.2.7	Kerngenom, Mitochondrien-DNA und Chloroplasten-DNA	225
3.2.7.1	Genomgröße	225
3.2.7.2	Mitochondrien und Chloroplasten enthalten DNA	226
	EXKURS: Symbiogenese in der Zell- und Lebensevolution	227
3.3	Veränderlichkeit und Vererbung der genetischen Information	241
3.3.1	Mutationen	241
3.3.2	Mitose und Meiose	249

3.3.3	Rekombination	250
	EXKURS: Mitose, Meiose und Cytokinese	252
3.4	Veränderung des Genoms während der Evolution	256
3.4.1	Eukaryotengene mit regulatorischen Sequenzabschnitten und Intron/Exon-Struktur	257
3.4.1.1	Bedeutung der Exon/Intron-Struktur der Eukaryotengene	257
3.4.1.2	Bedeutung regulierbarer Genaktivitäten	259
	EXKURS: Evo-Devo-Forschung	262
3.4.2	Genomduplikationen und Evolution von Multigenfamilien	268
3.4.3	Nicht-codierende repetitive DNA	272
3.4.3.1	Pseudogene	272
3.4.3.2	Repetitive DNA	272
3.4.4	Horizontaler Gentransfer und Symbiosen	275
3.5	Vererbung, Populationsgenetik und Artbildung	276
3.5.1	Allel- und Genotypenfrequenz und Vererbungsregeln	276
3.5.2	Mendelsche Vererbungsregeln	278
3.5.3	Grundlagen der Populationsgenetik	279
	EXKURS: Populationsgenetik	279
3.5.4	Selektion	283
3.5.5	Genfluss und genetische Drift	286
3.5.6	Artbildung (Speziation)	287
	Literatur	293
4	Molekulare Evolutionsforschung	295
4.1	Methoden der molekularen Evolutionsforschung	296
4.1.1	Ein kurzer historischer Rückblick	296
4.1.2	Wichtige Methoden der molekularen Evolutionsforschung	298
4.1.2.1	Allozymanalyse	298
4.1.2.2	Analyse der DNA-Variabilität	301
	EXKURS: Amplifizierung und Sequenzierung von Markergenen	315
	EXKURS: Methoden der Stammbaumrekonstruktion	323
	EXKURS: <i>Relative-rate</i> -Test	327

XIV Inhaltsverzeichnis

4.2 Molekulare Systematik und Phylogenie	333
4.2.1 Hilfe der DNA-Daten bei der Erkennung von Arten und monophyletischen Gruppen	333
4.2.2 Molekulare Phylogenie ausgewählter Organismengruppen	334
EXKURS: Erkennung von Artstatus	335
EXKURS: Kladistik	338
4.2.2.1 Evolution der Organismenreiche	341
4.2.2.2 Evolution der Prokaryoten	342
EXKURS: Die Bedeutung des horizontalen Gentransfers für die Evolution der Bakterien	345
4.2.2.3 Evolution der Eukaryoten	349
4.2.2.4 Evolution der Pflanzen	353
4.2.2.5 Evolution der Tiere	355
4.3 Merkmalsevolution: Erkennung konvergenter Evolutionsprozesse	364
4.3.1 Blütenmorphologie und Systematik	365
4.3.2 Morphologie, Verhalten und Systematik	365
4.3.2.1 Konvergenzen bei Geiern und Adlern	365
4.3.2.2 Evolution der Brutbiologie bei Baum-, Eleonoren- und Rotfußfalken	368
4.3.2.3 Genetik von Paarungssystemen	370
4.3.2.4 Geschlechterverhältnis	373
4.3.3 Sekundärstoffe und Systematik	373
4.3.3.1 Funktion der Sekundärstoffe	373
4.3.3.2 Evolution von Sekundärstoffen mit biologischer Wirkung	377
4.3.3.3 Sekundärstoffe als taxonomische Marker	379
4.3.3.4 Koevolution zwischen Insekten und Pflanzen	383
EXKURS: Verbreitung von Sekundärstoffen in Leguminosen	383
EXKURS: Alkaloide	387
EXKURS: Herzglycoside (HG)	392
4.4 Molekulare Phylogeographie	394
4.4.1 Grundlagen der Phylogeographie	394
4.4.2 Disjunktion zwischen Alter und Neuer Welt	395
4.4.2.1 Evolution der Lupinen	396
4.4.2.2 Evolution der Ratiten (Strauß, Nandus und Verwandte)	396
4.4.2.3 Einfluss der Eiszeiten in Europa	398
Literatur	400

5	Evolution des Menschen und seiner nächsten Verwandten, der nicht-humanen Primaten	403
5.1	Allgemeine Einführung	404
5.2	Primaten	406
5.2.1	Strukturelle und funktionelle Kennzeichen der Primaten	406
	EXKURS: Intelligenz	408
5.2.2	Sozialsysteme der Primaten	410
5.2.3	Fortpflanzungsstrategien männlicher Primaten	412
	EXKURS: Infantizid	412
5.2.4	Fortpflanzungsstrategien weiblicher Primaten	413
5.2.5	Systematische Gliederung der Primaten	413
5.2.6	Verwandtschaftsforschung in der Ordnung der Primaten mit Hilfe von Biochemie und Molekularbiologie	419
5.3	Menschenaffen und Mensch (Hominoidea)	420
5.3.1	Gibbons	420
5.3.2	Höhere Menschenaffen	423
5.3.2.1	Orang-Utan	423
5.3.2.2	Gorilla	424
5.3.2.3	Schimpanse	425
5.3.2.4	Bonobo	426
5.3.3	Mensch	426
5.3.3.1	Bewegungsapparat, Reproduktion	427
5.3.3.2	Gehirn	427
	EXKURS: Asymmetrie des Gehirns	431
5.3.3.3	Sprache und Sprechapparat	433
	EXKURS: Sprache	433
5.3.3.4	Zähne und Gebiss	438
5.4	Fossilgeschichte der Tierprimaten	439
5.5	Fossilgeschichte des Menschen	447
	EXKURS: Fundstellen fossiler Menschen:	448

EXKURS: Systematische Gliederung der Verwandtschaft des Menschen	451
5.6 Fossile Menschenformen	451
5.6.1 <i>Ardipithecus</i>	452
5.6.2 <i>Australopithecus</i>	452
5.6.2.1 <i>Australopithecus anamensis</i>	453
5.6.2.2 <i>Australopithecus afarensis</i>	453
5.6.2.3 <i>Australopithecus garhi</i>	455
5.6.2.4 <i>Australopithecus africanus</i>	455
5.6.2.5 <i>Australopithecus robustus</i>	456
5.6.2.6 <i>Australopithecus aethiopicus</i>	456
5.6.2.7 <i>Australopithecus boisei</i>	456
5.6.3 <i>Kenyanthropus platyops</i>	456
5.6.4 Erste Angehörige der Gattung <i>Homo</i>	457
5.6.4.1 <i>Homo habilis</i>	458
5.6.4.2 <i>Homo rudolfensis</i>	458
5.6.4.3 <i>Homo ergaster</i> und <i>Homo erectus</i>	459
5.6.4.4 <i>Homo floresiensis</i>	465
EXKURS: Multiregionale und Out-of-Africa-Theorie	466
5.6.4.5 <i>Homo antecessor</i>	467
5.6.4.6 <i>Homo heidelbergensis</i>	468
5.6.4.7 <i>Homo neanderthalensis</i>	471
5.6.4.8 <i>Homo sapiens</i>	476
EXKURS: Anatomische Besonderheiten des heutigen Menschen	478
5.7 Die Menschheit heute	481
5.8 Die Entwicklung der Werkzeugkultur und der Zivilisation des Menschen	484
5.8.1 Paläolithicum	484
5.8.2 Mesolithicum	487
5.8.3 Neolithicum	487
5.8.3.1 Haustiere und Nutzpflanzen	487
5.8.3.2 Neolithicum im Nahen und Mittleren Osten sowie in Europa	488
5.8.3.3 Neolithicum in Ost-, Südost- und Südasien	491
5.8.3.4 Neolithicum in Lateinamerika	491
5.8.3.5 Neolithicum in Afrika	492
5.8.4 Kupferzeit	493
5.8.5 Bronzezeit	493
5.8.6 Eisenzeit	496
5.8.7 Klassische Antike bis Neuzeit	496

5.9	Die biologisch-ökologische Sonderstellung des Menschen	497
5.10	Die geistig-kulturelle Sonderstellung des Menschen	499
5.10.1	Lernen, Intellekt, Erinnerung	500
5.10.2	Evolutionäre Erkenntnistheorie	500
5.10.3	Moral	502
	Literatur	505
	Sachverzeichnis	509