
V. Storch · U. Welsch · M. Wink

Evolution- biologie

Mit einem Beitrag von P. Sitte, Freiburg

Mit 242 Abbildungen
und 25 Tabellen



Springer

Inhaltsverzeichnis

1	Evolutionsbiologie: Geschichte und Fundament	1
1.1	Geschichte der Naturerkenntnis und der Evolutionstheorie	1
1.1.1	Die Antike: Griechenland und Rom	1
1.1.2	Das Mittelalter	3
1.1.3	Die Renaissance	3
1.1.4	Systematische Biologie	6
1.1.5	Die Evolutionsvorstellung entsteht	7
1.1.6	Das Zeitalter der Aufklärung	8
1.1.7	Ein Kapitel für sich: Charles Darwin	12
1.1.8	EXKURS: Darwins Weltreise	14
1.1.9	Ernst Haeckel und die Auseinandersetzungen im deutschen Sprachraum	21
1.1.10	Die Bedeutung der Genetik	25
1.1.11	Denkansätze im 20. Jahrhundert	25
1.2	Wissenschaften, die zum Fundament der Evolutionstheorie beigetragen haben	28
1.2.1	Biogeografie	28
1.2.1.1	Adventivorganismen	29
1.2.1.2	Inseln – Endemiten	31
1.2.1.3	Plattentektonik – Relikte	31
1.2.2	Paläontologie	33
1.2.2.1	Methoden der Altersbestimmung	34
1.2.2.2	EXKURS: Fossilien in der Menschheitsgeschichte – Interpretation und Verwendung	36
1.2.2.3	Kontinuierliche Veränderungen in der Erdgeschichte	41
1.2.2.4	Umwandlungsreihen	41
1.2.2.5	Fossile Übergangsformen	42
1.2.3	Systematik	43
1.2.3.1	Homologie-Kriterien	47
1.2.3.2	Analogie/Konvergenz	49
1.2.4	Entwicklungsbiologie	50

1.2.5	Biochemie/Molekularbiologie	54
1.2.5.1	Aufbau der Makromoleküle und der Biomembran	55
1.2.5.2	Organisation der Grundstoffwechselwege	56
1.2.5.3	Sekundärstoffe	56
1.2.5.4	Aufbau der Zellen	57
1.2.6	Verhaltensbiologie	57
1.2.7	Literatur	60
2	Entfaltung der Organismen in der Erdgeschichte	61
2.1	Präkambrium	62
2.1.1	Ediacara-Fauna: präkambrische Vielzeller	62
2.2	Paläozoikum (Erdaltertum)	65
2.2.1	Kambrium	65
2.2.1.1	EXKURS: Karbonatminerale: von Organismen hervorgebracht und landschaftsgestaltend	67
2.2.1.2	Burgess Shale, Chengjiang-Fauna, Kambrische Explosion	68
2.2.1.3	Trilobita: dominierende Fossilien des Kambriums	71
2.2.1.4	Brachiopoda: Nr. 2 der kambrischen Fossilien	72
2.2.1.5	Archaeocyathida, Nr. 3 der kambrischen Fossilien – Riffbildner ..	73
2.2.1.6	Weitere Wirbellose der kambrischen Meere	75
2.2.1.7	Conodonta	78
2.2.1.8	Kambrische Wirbeltiere	79
2.2.2	Ordovizium	80
2.2.2.1	EXKURS: Plattentektonik – Gebirgsbildung (Orogenese)	81
2.2.2.2	Riffbildner des Paläozoikums	83
2.2.2.3	Weitere Meeresorganismen im Ordovizium	84
2.2.2.4	EXKURS: Massenaussterben	88
2.2.3	Silur	91
2.2.3.1	Agnatha	94
2.2.3.2	Pflanzen ragen in die Luft	96
2.2.3.3	EXKURS: Eiszeitliche Geschiebe – Fenster in die Vergangenheit der nordischen Länder	97
2.2.4	Devon	98
2.2.4.1	EXKURS: Hunsrückschiefermeer: Das Röntgengerät ermöglicht Einblicke in die Lebenswelt vor fast 400 Mio. Jahren	99

2.2.4.2	EXKURS: Devonische Riffe in der Eifel	101
2.2.4.3	Ammonoida	102
2.2.4.4	Gnathostomata und Landgang der Wirbeltiere	105
2.2.4.5	Pflanzen erobern das Land	107
2.2.5	Karbon	110
2.2.5.1	Der Steinkohlenwald	114
2.2.6	Perm	117
2.2.6.1	EXKURS: Vor 290 Mio. Jahren: Haie und Lungenfische in der Pfalz	118
2.2.6.2	Die Tierwelt des Perm	120
2.2.6.3	Die Pflanzenwelt des Perm	121
2.2.6.4	EXKURS: Der Versteinerte Wald von Chemnitz	123
2.2.6.5	Massenaussterben im Perm	123
2.3	Mesozoikum (Erdmittelalter)	124
2.3.1	Trias	125
2.3.1.1	EXKURS: Mitteleuropa zu Beginn des Mesozoikums: Meerestiere im Germanischen Becken	127
2.3.1.2	Theropsida (Säugetierähnliche Reptilien), Mammalia (Säugetiere)	132
2.3.1.3	Pterosauria (Flugsaurier)	133
2.3.1.4	Dinosauria	134
2.3.1.5	Ichthyosauria (Fischsaurier)	143
2.3.1.6	Die Pflanzenwelt der Trias	144
2.3.1.7	Massenaussterben Ende der Trias	145
2.3.2	Jura	145
2.3.2.1	EXKURS: Die Schwäbische Alb: vor 150 Mio. Jahren der Boden des Jurameeres	146
2.3.2.2	EXKURS: Solnhofen (Fränkische Alb): Autofahrer werden auf <i>Archaeopteryx</i> hingewiesen	149
2.3.2.3	Die Fauna des Jura	150
2.3.2.4	EXKURS: Evolution der Vögel	152
2.3.4	Kreide	154

2.3.4.1	EXKURS: Die Schreibkreide von Rügen: Reste spätmesozoischen Lebens	155
2.3.4.2	Organismenwelt der Kreide	157
2.3.4.3	Massenaussterben an der Kreide-Tertiär-Grenze	161
2.4	Känozoikum (Erdneuzeit)	161
2.4.1	Tertiär	161
2.4.1.1	EXKURS: Messel: Von der geplanten Mülldeponie zum UNESCO-Weltnaturerbe – ein Blick in die Welt vor 50 Mio. Jahren	163
2.4.1.2	EXKURS: Das Geiseltal bei Halle: Braunkohleabbau ermöglicht einen Blick ins Eozän	166
2.4.1.3	Die Säugetiere entfalten sich	167
2.4.1.4	EXKURS: Die jungtertiäre Tier- und Pflanzenwelt zur Zeit der Auffaltung der Alpen: Öhningen und Höwenegg	168
2.4.1.5	EXKURS: Zeuge einer der größten Katastrophen unseres Planeten: das Steinheimer Becken, wo man die Evolution „beobachten“ kann	169
2.4.2	Quartär	170
2.4.2.1	Durchläufer der Evolution: Lebende Fossilien	176
	Literatur	180
3	Mechanismen und Ursachen der Evolution	183
3.1	Einführung	183
3.2	Grundlagen der Molekularbiologie und Genetik	185
3.2.1	Aufbau der DNA	185
3.2.2	Replikation	188
3.2.3	Vom Gen zum Protein	189
3.2.4	Transcription und Mosaikstruktur der Eukaryotengene	189
3.2.5	Genetischer Code	190
3.2.6	Proteinbiosynthese (Translation)	191
3.2.7	Kerngenom, Mitochondrien-DNA und Chloroplasten-DNA	193
3.2.7.1	Genomgröße	194
3.2.7.2	Mitochondrien und Chloroplasten enthalten DNA	195
3.1	EXKURS: Symbiogenese in der Zell- und Lebens evolution	196

3.3	Veränderlichkeit und Vererbung der genetischen Information . . .	211
3.3.1	Mutationen	211
3.3.2	Mitose und Meiose	218
<hr/>		
3.2	EXKURS: Mitose und Meiose	221
<hr/>		
3.3.3	Rekombination	223
3.3.4	Polyploidisierung	223
3.3.5	Allel- und Genotypenfrequenz und Vererbungsregeln	225
3.3.5.1	Mendelsche Vererbungsregeln	226
3.3.5.2	Grundlagen der Populationsgenetik	227
<hr/>		
3.3	EXKURS: Populationsgenetik	228
<hr/>		
3.3.6	Selektion	231
3.3.7	Genfluss und genetische Drift	233
3.3.8	Artbildung (Speziation)	235
<hr/>		
3.4	Veränderung des Genoms während der Evolution	238
3.4.1	Eukaryotengene mit regulatorischen Sequenzabschnitten und Intron/Exon-Struktur	239
3.4.1.1	Bedeutung der Exon/Intron-Struktur der Eukaryotengene	239
3.4.1.2	Bedeutung regulierbarer Genaktivitäten	242
3.4.2	Evolution von Multigenfamilien	244
3.4.3	Nichtcodierende repetitive DNA	247
3.4.3.1	Pseudogene	247
3.4.3.2	Repetitive DNA	247
3.4.4	Horizontaler Gentransfer	249
<hr/>		
3.5	Evolution auf der Ebene von Nucleotidsequenzen	250
3.5.1	Sequenzevolution	250
3.5.2	Molekulare Uhren	252
3.5.2.1	Aminosäuresubstitutionen	252
<hr/>		
3.4	EXKURS: Relative rate-Test	254
<hr/>		
3.5.2.2	Nucleotidsubstitutionen	254
3.5.3	Adaptive Merkmale unterliegen keiner konstanten molekularen Uhr	257
<hr/>		
3.5	EXKURS: Lebende Fossilien	258
<hr/>		
3.5.4	Neutrale Evolution versus natürliche Selektion	258
<hr/>		
3.6	Literatur	260

4	Molekulare Evolutionsforschung	261
4.1	Methoden der molekularen Evolutionsforschung	261
4.1.1	Ein kurzer historischer Rückblick	261
4.1.2	Methoden der molekularen Evolutionsforschung	263
4.1.2.1	Allozymanalyse	263
4.1.2.2	Analyse der DNA-Variabilität	266
4.1.2.2.1	DNA-Fingerprinting (genetischer Fingerabdruck)	268
4.1.2.2.2	PCR-Methoden	271
4.1.2.2.3	Analyse der Nucleotidsequenzen von Markergenen	273
<hr/>		
4.1	EXKURS: Amplifizierung und Sequenzierung von Markergenen ..	276
<hr/>		
4.1.2.2.4	Evolutionäre Distanzen	281
4.1.2.2.5	Stammbaumrekonstruktion	281
<hr/>		
4.2	EXKURS: Methoden der Stammbaumrekonstruktion	284
<hr/>		
4.2	Molekulare Systematik und Phylogenie	287
4.2.1	Die Art als Basiseinheit der Systematik	288
4.2.2	Phylogeniekonzepte	289
<hr/>		
4.3	EXKURS: Erkennung von Artniveau	290
<hr/>		
4.4	EXKURS: Erkennung von mono-, para- und polyphyletischen Gruppen	293
<hr/>		
4.2.3	Molekulare Phylogenie ausgewählter Organismengruppen	297
4.2.3.1	Evolution der Organismenreiche	297
4.2.3.2	Evolution der Prokaryoten, Einzeller und Pilze	297
4.2.3.3	Evolution der Pflanzen	300
4.2.3.4	Evolution der Tiere	300
4.3	Merkmalsevolution: Erkennung konvergenter Evolutionsprozesse	306
4.3.1	Blütenmorphologie und Systematik	306
4.3.2	Morphologie, Verhalten und Systematik	306
4.3.2.1	Konvergenzen bei Geiern und Adlern	306
4.3.2.2	Evolution der Brutbiologie bei Baum-, Eleonoren- und Rotfußfalken	309
4.3.2.3	Genetik von Paarungssystemen	311
4.3.2.4	Primäres Geschlechtsverhältnis	315
4.3.3	Sekundärstoffe und Systematik	317
4.3.3.1	Sekundärstoffe bei höheren Pflanzen – Funktion der Sekundärstoffe	317
4.3.3.2	Evolution von Wirkstoffen	321
4.3.3.3	Sekundärstoffe als taxonomische Marker	324

4.5	EXKURS: Molekulare Phylogenie versus Chemotaxonomie	326
4.3.3.4	Co-Evolution zwischen Insekten und Pflanzen	330
4.6	EXKURS: Chinolizidin-Alkaloide (QA)	331
4.7	EXKURS: Pyrrolizidin-Alkaloide (PA)	333
4.8	EXKURS: Herzglykoside (HG)	337
4.4	Molekulare Phylogeographie	340
4.4.1	Grundlagen der Phylogeographie	340
4.4.2	Disjunktion zwischen Alter und Neuer Welt	341
4.4.2.1	Evolution der Lupinen	341
4.4.2.2	Evolution der Rüsseltiere (Proboscidea)	343
4.4.2.3	Evolution der Ratiten (Strauße, Nandus und Verwandte)	344
4.4.2.4	Einfluss der Eiszeiten in Europa	346
4.5	Literatur	347
5	Evolution des Menschen und seiner nächsten Verwandten, der nicht-humanen Primaten	349
5.1	Allgemeine Einführung – Was ist der Mensch?	349
	EXKURS: Kreationismus	350
	EXKURS: Soziobiologie	351
5.2	Primaten	352
5.2.1	Strukturelle und funktionelle Kennzeichen der Primaten	352
	EXKURS: Intelligenz	354
5.2.2	Sozialsysteme der Primaten	356
5.2.3	Fortpflanzungsstrategien männlicher Primaten	357
	EXKURS: Infantizid	358
5.2.4	Fortpflanzungsstrategien weiblicher Primaten	358
5.2.5	Systematische Gliederung der Primaten	359
5.2.6	Verwandtschaftsforschung in der Ordnung der Primaten mit Hilfe von Biochemie und Molekularbiologie	365

5.3	Menschenaffen und Mensch (Hominoidea)	367
5.3.1	Gibbons	368
5.3.2	Höhere Menschenaffen	369
5.3.2.1	Orang Utan	369
5.3.2.2	Gorilla	370
5.3.2.3	Schimpanse	371
5.3.2.4	Bonobo	372
5.3.3	Mensch	372
5.3.3.1	Bewegungsapparat, Reproduktion	372
5.3.3.2	Gehirn	373

EXKURS: Asymmetrie des Gehirns	375
---	------------

5.3.3.3	Sprache und Sprechapparat	377
5.3.3.3.1	Laute und Rufe bei Affen	380
5.3.3.4	Zähne und Gebiss	381
5.4	Fossilgeschichte der Tierprimaten	382
5.5	Fossilgeschichte des Menschen	385

EXKURS: Phasen der Menschwerdung	387
---	------------

EXKURS: Fundstellen fossiler Menschen	388
--	------------

5.6	Fossile Menschenformen	391
5.6.1	<i>Adriapithecus ramidus</i>	393
5.6.2	<i>Australopithecus</i>	393
5.6.2.1	<i>Australopithecus anamensis</i>	393
5.6.2.2	<i>Australopithecus afarensis</i>	393
5.6.2.3	<i>Australopithecus gahri</i>	394
5.6.2.4	<i>Australopithecus africanus</i>	395
5.6.2.5	<i>Australopithecus robustus</i>	395
5.6.2.6	<i>Australopithecus aethiopicus</i> und <i>Australopithecus boisei</i>	395
5.6.3	<i>Kenyanthropus platyops</i>	396
5.6.4	<i>Homo</i>	396
5.6.4.1	<i>Homo rudolfensis</i>	396
5.6.4.2	<i>Homo habilis</i>	398
5.6.4.3	<i>Homo ergaster</i>	398
5.6.4.4	<i>Homo erectus</i>	399

EXKURS: Multiregionale- und Out-of-Africa-Theorie	400
--	------------

5.6.4.5	<i>Homo antecessor</i>	402
5.6.4.6	<i>Homo heidelbergensis</i> und <i>Homo rhodesiensis</i>	403
5.6.4.7	<i>Homo neanderthalensis</i>	405
5.6.4.8	<i>Homo sapiens</i>	407

5.7	Die Menschheit heute	411
	EXKURS: Ethnien und Krankheit	412
	EXKURS: Die Eidechse <i>Lipinia</i>	414
5.7.1	Die Besiedlung Amerikas	414
5.8	Die Entwicklung der Werkzeugkultur und der Zivilisation des Menschen	416
5.8.1	Paläolithicum	416
5.8.2	Mesolithicum	418
5.8.3	Neolithicum	419
5.8.3.1	Haustiere	419
5.8.3.2	Neolithicum im Nahen Osten und in Europa	422
5.8.3.3	Neolithicum in Ost- und Südostasien	423
5.8.3.4	Neolithicum in Lateinamerika	423
5.8.3.5	Neolithicum in Afrika	424
5.8.4	Kupferzeit	425
5.8.5	Bronzezeit	425
5.8.6	Eisenzeit	427
	EXKURS: Technik	428
5.9	Die biologisch-ökologische Sonderstellung des Menschen	429
5.10	Die geistig kulturelle Sonderstellung des Menschen	431
5.10.1	Lernen, Intellekt, Erinnerung	431
5.10.2	Evolutionäre Erkenntnistheorie	432
5.10.3	Moral	433
5.11	Literatur	436
	Sachverzeichnis	439