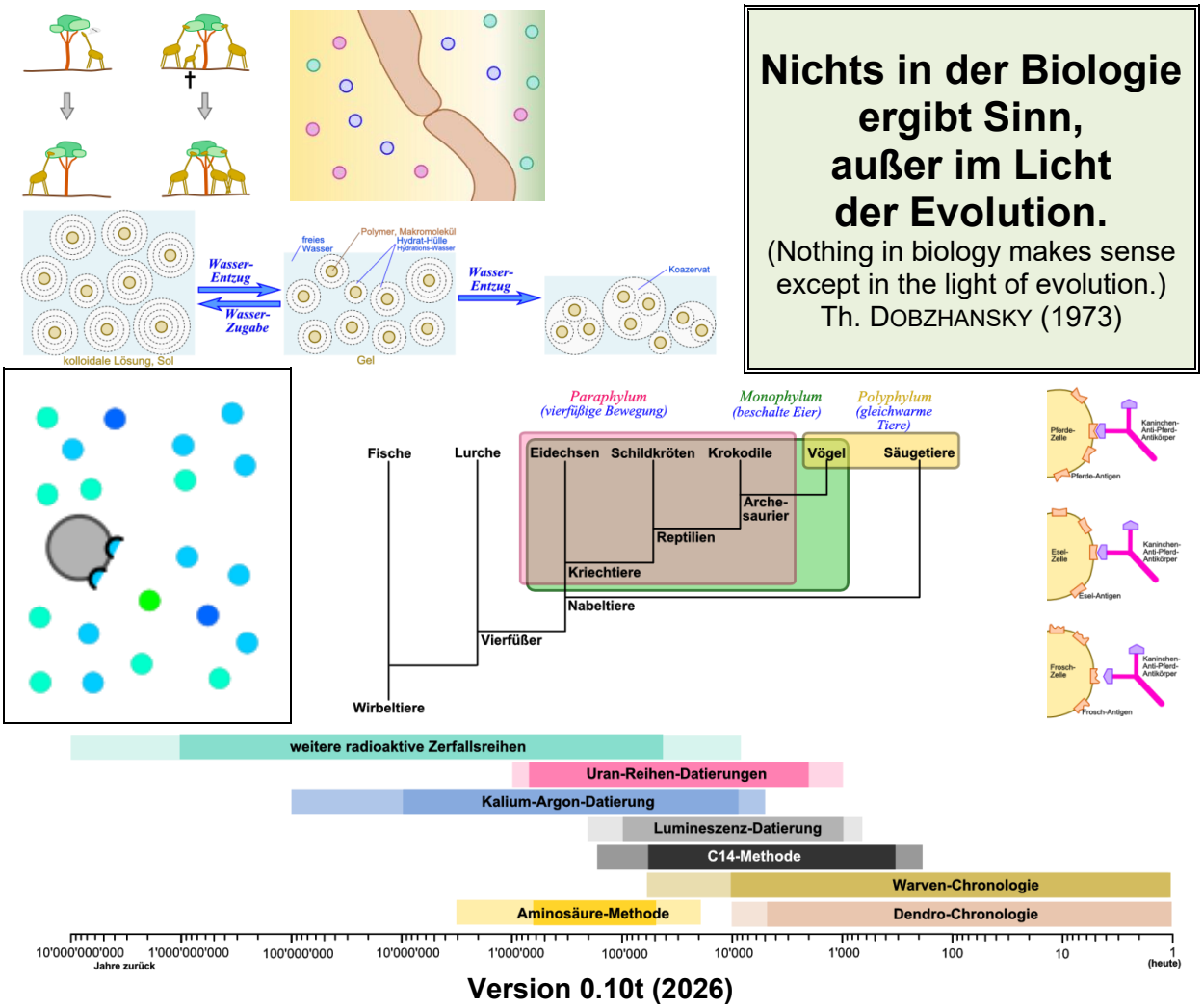
Biologie

für die Sekundarstufe II

- Evolution -

Autor: L. Drews

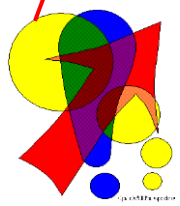


Nichts in der Biologie ergibt Sinn, außer im Licht der Evolution.
(Nothing in biology makes sense except in the light of evolution.)
Th. DOBZHANSKY (1973)

Version 0.10t (2026)

(c,p) 2014 - 2026 lsp:dre

Legende:
mit diesem Symbol werden zusätzliche Hinweise, Tips und weiterführende Ideen gekennzeichnet



Nutzungsbestimmungen / Bemerkungen zur Verwendung durch Dritte:

(1) Dieses Skript (Werk) ist zur freien Nutzung in der angebotenen Form durch den Anbieter (lern-soft-projekt) bereitgestellt. Es kann unter Angabe der Quelle und / oder des Verfassers gedruckt, vervielfältigt oder in elektronischer Form veröffentlicht werden.

(2) Das Weglassen von Abschnitten oder Teilen (z.B. Aufgaben und Lösungen) in Teildrucken ist möglich und sinnvoll (Konzentration auf die eigenen Unterrichtsziele, -inhalte und -methoden). Bei angemessen großen Auszügen gehört das vollständige Inhaltsverzeichnis und die Angabe einer Bezugsquelle für das Originalwerk zum Pflichtteil.

(3) Ein Verkauf in jedweder Form ist ausgeschlossen. Der Aufwand für Kopierleistungen, Datenträger oder den (einfachen) Download usw. ist davon unberührt.

(4) Änderungswünsche werden gerne entgegengenommen. Ergänzungen, Arbeitsblätter, Aufgaben und Lösungen mit eigener Autorenschaft sind möglich und werden bei konzeptioneller Passung eingearbeitet. Die Teile sind entsprechend der Autorenschaft zu kennzeichnen. Jedes Teil behält die Urheberrechte seiner Autorenschaft bei.

(5) Zusammenstellungen, die von diesem Skript - über Zitate hinausgehende - Bestandteile enthalten, müssen verpflichtend wieder gleichwertigen Nutzungsbestimmungen unterliegen.

(6) Diese Nutzungsbestimmungen gehören zu diesem Werk.

(7) Der Autor behält sich das Recht vor, diese Bestimmungen zu ändern.

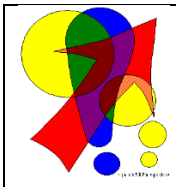
(8) Andere Urheberrechte bleiben von diesen Bestimmungen unberührt.

Rechte Anderer:

Viele der verwendeten Bilder unterliegen verschiedensten freien Lizenzen. Nach meinen Recherchen sollten alle genutzten Bilder zu einer der nachfolgenden freien Lizenzen gehören. Unabhängig von den Vorgaben der einzelnen Lizenzen sind zu jedem extern entstandenen Objekt die Quelle, und wenn bekannt, der Autor / Rechteinhaber angegeben.

public domain (pd)	Zum Gemeingut erklärte Graphiken oder Fotos (u.a.). Viele der verwendeten Bilder entstammen Webseiten / Quellen US-amerikanischer Einrichtungen, die im Regierungsauftrag mit öffentlichen Mitteln finanziert wurden und darüber rechtlich (USA) zum Gemeingut wurden. Andere kreative Leistungen wurden ohne Einschränkungen von den Urhebern freigegeben.
gnu free document licence (GFDL; gnu fdl)	
creative commens (cc) creative commons	BY: od. neu … Namensnennung … nichtkommerziell … in der gleichen Form … unter gleichen Bedingungen

Die meisten verwendeten Lizenzen schließen eine kommerzielle (Weiter-)Nutzung aus!



Bemerkungen zur Rechtschreibung:

Dieses Skript folgt nicht zwangsläufig der neuen **ODER** alten deutschen Rechtschreibung. Vielmehr wird vom Recht auf künstlerische Freiheit, der Freiheit der Sprache und von der Autokorrektur des Textverarbeitungsprogramms microsoft ® WORD ® Gebrauch gemacht.

Für Hinweise auf echte Fehler ist der Autor immer dankbar.

Hauptthemen-Verzeichnis:

Seite

0. Vorworte und Einleitung 14
0.1. Vorbetrachtungen zum Thema "Evolution" 17
0.1.1. Begriff "Evolution" 19

1. wissenschaftliches Arbeiten 25
1.1. allgemeine Grundlagen und Techniken 25
1.x.y. Analyse und Synthese 30
1.x.y. Aussagen 32
1.x.y. Logik 33
1.x. Wissenschafts-Verständnis / Wissenschafts-Theorie 53
1.x.y. die Wissenschafts-Theorie von POPPER 53
1.x.y. Erkenntnis-theoretische Verfahren und Methoden 69
1.x.y. Bewertungen 71
1.x.y. Modell-Methode(n) 74
1.x. fach-wissenschaftliche Methoden der Evolutions-Forschung 87
1.x.y. Datierungs-Verfahren - Zeit-Bestimmungen 87
1.x.y. Untersuchungen von Fossilien 112
1.x.y. Homologie / Divergenz 136
1.x.y. Analogie / Konvergenz 144
1.x.y. Rudimente und Atavismen 148
1.x.y. ausgewählte wissenschaftliche Methoden 150
1.x.y. Stammbäume 185
1.x. Praxis-relevante wissenschaftliche Methoden 217
1.x.y. Interpretation von Daten 217

2. Evolutions-Theorien 219
2.1. frühe philosophische Evolutions- bzw. Entwicklungs-Theorien 221
2.1.1. vorchristliche Epoche 221
2.1.2. christliche Epoche (0 – ~1400) 226
2.1.3. die Neu-Entdeckung der Welt (~1400 – …) 227
2.2. die Evolutions-Theorie von LAMARCK 233
2.2.1. Beiträge und Widerstände zur LAMARCKschen Theorie 236
2.3. klassische Evolutions-Theorie nach DARWIN und WALLACE (DARWINismus) 239
2.4. weiterentwickelte Evolutions-Theorie nach WEISMANN (NeoDARWINismus) 252
2.5. synthetische Evolutions-Theorie 255
2.6. neu-moderne und aktuelle Ergänzungen zur synthetischen Evolutions-Theorie 261
Zusammenfassung zu Evolutions-Theorien 268
die vier Dimensionen der Evolution 269
2.7. Epigenetik und das EvoDevo-Konzept 274
2.8. Lücken und Probleme der modernen Evolutions-Theorien 274
2.9. alternative Evolutions- und Schöpfungs-Theorien 276
2.9.y. Kreationismus 276

3. physikalische und chemische Evolution 282
3.1. physikalische Evolution 282
3.2. chemische Evolution 290
3.2.x. Vorläufer der Zellen 295
3.2.x. geologisches Entstehungs-Modell der Transkription 300

4. Entstehung des Lebens (Biogenese) 301
4.1. Aussterben von Arten 312

5. biologische Evolution 315
5.0. Grundlagen / Grundbegriffe / … 315
5.0.1. moderne Diskussionen um den Begriff "Leben" 316
5.0.2. Systematik und das künstliche System der Organismen 318
5.0.3. der Art-Begriff – die Biospezies 319
5.0.4. Population 328
5.x. Evolutions-Faktoren 330
5.x.1. allgemeine Faktoren 334
5.x.2. organische Faktoren 336
5.x.3. DARWINsche und genetische Faktoren 338
5.x.4. erleichternde Faktoren 358
5.x.y. vertikaler Gen-Transfer 382
5.x.y. horizontaler Gen-Transfer 382
5.x.y. Hybridisierung 383
5.x.y. Co-Evolution 385
5.x. Entstehung neuer Arten 395
5.x.1. adaptive Radiation 398
5.x.2. Isolations-Mechanismen 401
5.x.3. sympatrische Art-Bildung 402
5.x.4. allopatrische Art-Bildung 405
5.x.5. Art-Umwandlung / parapatrische Art-Bildung 406
5.x. rekonstruierter Ablauf der biologischen Evolution 411
5.x.1. Hadaikum 414
5.x.2. Archaikum 414
5.x.3. Proterozoikum 415
5.x.4. Phanerozoikum 416
5.x.5. Zusammenfassungen und Übersichten 438
5.x. Evolution der Fortpflanzung 442
Evolution der ungeschlechtlichen Fortpflanzung 443
Evolution der geschlechtlichen Fortpflanzung 443
5.x. Evolution des Auges / Lichtsinns 456
5.x. Evolution des Verhaltens 459
3.x.y. Altruismus 459
5.x. Viren und Evolution 461
5.x. Der Stand der Dinge 473
5.x. Tendenzen der biologischen Evolution 475

6. Evolution des Menschen 477
6.1. Evolution der Primaten 484
6.1.x. Vergleich der rezenten Menschen-Affen aus biologischer Sicht 489
6.2. Evolution der Menschen-Ähnlichen 490
6.3. Evolution der Gattung Mensch 497
6.4. Evolution in der Gegenwart 524
6.4.1. biologische Evolution in der Gegenwart 524
6.4.2. gesellschaftliche Evolution des Menschen 528
6.4.3. technische Evolution des Menschen 528
6.4.4. informatische Evolution des Menschen 528

7. Anwendungen der Evolution? 529
7.1. genetische Algorithmen in der Programmierung und Technik-Entwicklung 529

Literatur und Quellen: 536

Inhaltsverzeichnis:

Seite

0. Vorworte und Einleitung 14
0.1. Vorbetrachtungen zum Thema "Evolution" 17
Definition(en): Abstammungslehre 17
0.1.1. Begriff "Evolution" 19
Definition(en): Phylogenese 19
Definition(en): Phylogenie 20
Definition(en): Evolution 20
Definition(en): Revolution 21
0.1.1.1. Makro- und Mikro-Evolution 23
Definition(en): Mikro-Evolution 23
Definition(en): Makro-Evolution 23

1. wissenschaftliches Arbeiten 25
1.1. allgemeine Grundlagen und Techniken 25
Definition(en): Methodologie 28
1.x.y. Analyse und Synthese 30
Definition(en): Analyse 30
Definition(en): Synthese 30
1.x.y. Aussagen 32
1.x.y. Logik 33
1.x.y.z. klassische Aussagen-Logik 33
Definition(en): Prämisse 33
Definition(en): Junktoren 34
Definition(en): Konklusion 34
1.x.y.z. klassische Schluss-Figuren: 37
Definition(en): Deduktion 37
Definition(en): Induktion 38
1.x.y.z. Erklärungen / Zusammenhänge 39
kausale Erklärung / Zusammenhänge 40
Definition(en): kausaler Zusammenhang 40
funktionale Erklärung 44
Problem: Anthropomorphismus / Anthropozentrismus 45
Übung zu Erklärungen 46
1.x.y.z. Beweise 48
Definition(en): Beweis 48
Argumentieren 49
1.x. Wissenschafts-Verständnis / Wissenschafts-Theorie 53
1.x.y. die Wissenschafts-Theorie von POPPER 53
Definition(en): Theorie 54
Definition(en): empirische Welt 54
Definition(en): Empirismus 54
Definition(en): Verifikation 55
Definition(en): Falsifikation 55
Definition(en): Falsifizierbarkeit 58
Definition(en): Ontologie 61
Definition(en): Metaphysik 61
Exkurs: der Planet Vulkan 65
Anwendung der POPPERschen Wissenschafts-Theorie auf das Gottes-Existenz-Problem 66
Definition(en): Zufall 68
Gesetz der großen Zahlen (Goldenes Theorem) (BERNOULLI; 1689) 68
1.x.y. Erkenntnis-theoretische Verfahren und Methoden 69
Definition(en): Annahme 69
Definition(en): Behauptung 69
Definition(en): Hypothese 69
Definition(en): These 69
Definition(en): notwendige Bedingungen 70
Definition(en): hinreichende Bedingungen 70
Definition(en): Pragmatismus 70
1.x.y. Bewertungen 71
1.x.y. Modell-Methode(n) 74

Definition(en): Modell ... 74
Modell-Bildung ... 75
Definition(en): Black-Box-Modell ... 76
Definition(en): White-Box-Modell ... 76
Definition(en): Grey-Box-Modell ... 76
Experimentelle Methode(n) zur Prüfung von Hypothesen ... 78
Simulations-Methode zur Prüfung von Hypothesen ... 78
0.2.2.x. mathematische Hilfsmittel / Modelle ... 86
1.x. fach-wissenschaftliche Methoden der Evolutions-Forschung ... 87
1.x.y. Datierungs-Verfahren - Zeit-Bestimmungen ... 87
1.x.y.1. absolute Datierungs-Methoden ... 88
Definition(en): absolute Datierung ... 88
1.x.y.1.1. radiometrische Datierung / Geochronologie ... 89
1.x.y.1.2. Dendro-Chronologie ... 97
1.x.y.1.3. Warven-Chronologie ... 98
1.x.y.1.4. Lumineszenz-Datierung ... 98
1.x.y.1.5. Aminosäure-Methode ... 99
1.x.y.1.6. Palynologie ... 99
1.x.y.1.7. Lichenometrie ... 100
1.x.y.1.8. Speläometrie (???) ... 100
Exkurs: Delta-O-18 ($\delta\ ^{18}O$) ... 101
1.x.y.2. relative Datierungs-Methoden ... 103
Definition(en): relative Datierung ... 103
1.x.y.2.1. Stratigraphie ... 103
1.x.y.2.2. Biostratigraphie ... 103
1.x.y.2.3. Typologie ... 103
1.x.y.2.4. Chronologie der Eiszeitalter ... 104
1.x.y.2.5. Palynologie (Pollen-Analysen) ... 104
1.x.y.2.6. Tephro-Chronologie ... 104
1.x.y.2.7. Magneto-Stratigraphie ... 104
1.x.y.2.8. Fluor-Test ... 104
1.x.y.2.9. Tiefsee-Sedimentkern-Proben ... 105
1.x.y.2.10. Eiskern-Untersuchungen ... 105
1.x.y.2.11. Faunen- / Floren-Datierung ... 105
1.x.y.2.12. Archäologie ... 105
1.x.y.2.13. Hemerochorie ... 105
1.x.y.2.14. Sauerstoff-Isotopen-Stufen ... 106
1.x.y.3. Kombination der Datierungs-Methoden ... 107
die molekulare Uhr ... 107
1.x.y.4. derzeitige verbreitete Unterteilung der Erdgeschichte ... 109
1.x.y. Untersuchungen von Fossilien ... 112
Definition(en): Fossilien ... 113
1.x.y.1. Arten der Fossilisation ... 113
Definition(en): Sediment ... 113
Definition(en): Einpökelung ... 114
1.x.y.2. Leit-Fossilien ... 116
Definition(en): Leit Fossilien ... 116
1.x.y.3. fossile Übergangs-Formen (connecting links) ... 116
1.x.y.4. Brücken-Objekte und Missing-Links ... 117
Definition(en): Brücken-Objekte / Missing Links ... 117
Definition(en): Übergangs-Fom (Zwischen-Form) ... 118
1.x.y.5. lebende Fossilien ... 119
Definition(en): Lebende Fossilien ... 122
1.x.y.z. Kugelalge Volvox ... 124
1.x.y.z. ... 125
1.x.y.z. Tiktaalik ... 126
Exkurs: Quastenflosser Latimeria ... 126
1.x.y.z. Ichthyostega ... 127
1.x.y.z. Gerobathrachus ... 128
1.x.y.z. ... 128
1.x.y.z. Seymouria ... 129

1.x.y.z. Urvogel Archaeopteryx ... 130
1.x.y.z. Therapsiden ... 132
1.x.y.z. ... 134
1.x.y.z. Schnabeltier Ornithorhynchus ... 134
1.x.y.z. weitere Beispiele für Übergangsformen ... 135
1.x.y.z.a. Heteronectes chaneti ... 135
1.x.y.z.a. ??? ... 135
1.x.y. Homologie / Divergenz ... 136
Definition(en): Homologie ... 136
Definition(en): Progression ... 138
Definition(en): Divergenz ... 138
Definition(en): Regression ... 139
Homologie-Regel (Homologie-Gesetz) (;) ... 140
1.x.y.z. homologes Verhalten ... 142
1.x.y.z. homologe molekularbiologische Merkmale ... 142
1.x.y. Analogie / Konvergenz ... 144
Definition(en): Analogie ... 145
Definition(en): Konvergenz ... 146
1.x.y. Rudimente und Atavismen ... 148
Definition(en): Rudimente ... 148
Definition(en): Rudimentation ... 148
Definition(en): Atavismen ... 149
1.x.y. ausgewählte wissenschaftliche Methoden ... 150
1.x.y.x. Taxonomie und Kladistik ... 150
Definition(en): Taxonomie (Taxionomie) ... 150
Definition(en): Systematik ... 150
Definition(en): Taxon (im Sinne der klassichen Taxonomie) ... 153
Exkurs: Aussprache wissenschaftlicher Art-Namen ... 156
Definition(en): Kladistik ... 159
Definition(en): (Abstammungs-)System ... 159
Definition(en): Kladogramm ... 160
Definition(en): Monophylum ... 161
Definition(en): monophyletische Gruppe ... 161
Definition(en): Paraphylum ... 162
Definition(en): paraphyletische Gruppe ... 162
Definition(en): polyphyletische Gruppe ... 163
Definition(en): Taxon (in der Kladistik nach HENNIG) ... 165
Definition(en): Klade ... 165
Definition(en): Kladogenese ... 165
Definition(en): apomorphes Merkmal ... 167
1.x.y.x.y. spezielle Betrachtungen in der Kladistik ... 167
Definition(en): autapomorphes Merkmal ... 167
Definition(en): synapomorphes Merkmal ... 168
Definition(en): plesiomorphes Merkmal ... 168
Definition(en): symplesiomorphes Merkmal ... 169
1.x.y.y. Prüfen von Stammbäumen / Dendrogrammen ... 175
1.x.y.y. Erstellen von Stammbäumen / Dendrogrammen ... 176
Definition(en): Dendrogramm ... 177
1.x.y.y. DNA-Hybridisierung ... 183
1.x.y.y.1. spezielle Details zur DNA-Hybridisierung ... 184
1.x.y. Stammbäume ... 185
1.x.y.1. klassische Stammbäume ... 185
1.x.y.2. Kladogramme ... 186
1.x.y.3. moderne taxonomische Stammbäume ... 188
1.x.y.4.3. immunologische Stammbäume ... 188
1.x.y.4. molekular-genetische Stammbäume ... 196
1.x.y.4.1. Cytochrom c-Stammbäume ... 196
1.x.y.4.2. weitere Proteine ... 202
1.x.y.4.3. rRNA-Stammbäume ... 205
1.x.y.4.4. Sequenz-Analysen / -Vergleiche ... 205
1.x.y.4.5. Methoden zur Ableitung / Ermittlung von Stammbäumen ... 209
1.x.y.5. kombinierte naturnahe Stammbäume ... 214
1.x. Praxis-relevante wissenschaftliche Methoden ... 217
1.x.y. Interpretation von Daten ... 217

2. Evolutions-Theorien 219
Problem-Fragen für Selbstorganisiertes Lernen 219
Definition(en): Ismus 219
2.1. frühe philosophische Evolutions- bzw. Entwicklungs-Theorien 221
2.1.1. vorchristliche Epoche 221
Definition(en): Philosophie 221
Definition(en): Materialismus 221
Definition(en): Naturphilosophie 223
2.1.2. christliche Epoche (0 – ~1400) 226
Definition(en): Idealismus 226
Definition(en): Präformations-Lehre 227
Definition(en): Theologie 227
Definition(en): Teleologie 227
2.1.3. die Neu-Entdeckung der Welt (~1400 – …) 227
Definition(en): Vitalismus 229
Definition(en): Urzeugungs-Theorie 230
2.2. die Evolutions-Theorie von LAMARCK 233
Definition(en): LAMARCKismus 234
Definition(en): Naturalismus 234
Definition(en): dichotomische Gliederungs-Methode 234
2.2.1. Beiträge und Widerstände zur LAMARCKschen Theorie 236
Definition(en): Katastrophen-Theorie 237
Definition(en): Aktualismus 238
Definition(en): BALDWIN- / WADDINGTON-Effekt 238
2.3. klassische Evolutions-Theorie nach DARWIN und WALLACE (DARWINismus) 239
Problem-Fragen für Selbstorganisiertes Lernen 239
Definition(en): DARWINismus 242
2.3.1. gesellschaftliche Wirkungen der DARWINschen Theorie nach deren Veröffentlichung 248
Rekapitulations-Theorie von Ernst HAECKEL 249
Definition(en): Rekapitulations-Theorie / biogenetische Grundregel 249
Definition(en): Ontogenese 249
Definition(en): Gasträa-Theorie 250
Definition(en): Metamorphose (indirekte Entwicklung) 250
Definition(en): direkte Entwicklung 250
Definition(en): Präformations-Lehre (Einschachtelungs-Lehre) 250
Definition(en): Epigenese 250
Sanduhr-Modell der Individual-Entwicklung 251
2.4. weiterentwickelte Evolutions-Theorie nach WEISMANN (NeoDARWINismus) 252
Definition(en): NeoDARWINismus 252
Definition(en): Keimbahn 253
Definition(en): Keimbahn-Theorie 253
2.5. synthetische Evolutions-Theorie 255
Definition(en): synthetische Evolutions-Theorie 257
Definition(en): Gradualismus 259
Definition(en): Punktualismus 259
Definition(en): Stasis 260
2.6. neu-moderne und aktuelle Ergänzungen zur synthetischen Evolutions-Theorie 261
Definition(en): Altruismus 263
Systemtheorie der Evolution 264
Zusammenfassung zu Evolutions-Theorien 268
die vier Dimensionen der Evolution 269
2.7. Epigenetik und das EvoDevo-Konzept 274
2.8. Lücken und Probleme der modernen Evolutions-Theorien 274
Definition(en): Aposematismus (Warnfärbung) 275
2.9. alternative Evolutions- und Schöpfungs-Theorien 276
2.9.y. Kreationismus 276
Definition(en): Kreationismus 276
Definition(en): Sozial-DARWINismus 279

3. physikalische und chemische Evolution 282

3.1. physikalische Evolution **282**
3.2. chemische Evolution **290**
wissenschaftliches Spiel: Hyper-Zyklus 294
3.2.x. Vorläufer der Zellen **295**
Koazervate 295
Sulphoben 296
Mikrospären 296
Präzellen 297
Molekular-Hypothese 297
3.2.x. geologisches Entstehungs-Modell der Transkription **300**

4. Entstehung des Lebens (Biogenese) **301**
Protobioten 302
Definition(en): Autoreproduktion 305
Definition(en): Autoregulation 305
hypothetischer Minimal-Organismus 307
Exkurs: Minimal-Organismen und Evolution 309
4.1. Aussterben von Arten **312**

5. biologische Evolution **315**
5.0. Grundlagen / Grundbegriffe / … **315**
5.0.1. moderne Diskussionen um den Begriff "Leben" **316**
Exkurs: lebende Systeme nach MATURANA und VARELA 317
5.0.2. Systematik und das künstliche System der Organismen **318**
5.0.3. der Art-Begriff – die Biospezies **319**
5.0.3.1. (typologisch-)morphologischer Art-Begriff **320**
Definition(en): Art (Morphospezies) 320
Definition(en): Chronospezies 320
5.0.3.2. (populations-)genetischer / geneologischer Art-Begriff **321**
Definition(en): Art (Genospezies) 321
5.0.3.3. phylogenetischer (evolutionärer) Art-Begriff **321**
Definition(en): Art (Phylospezies) 321
5.0.3.4. ökologischer Art-Begriff **322**
Definition(en): Art (Biospezies) 322
Definition(en): Biospezies (spez.) 323
Definition(en): Agamospezies 323
Definition(en): Rasse 323
5.0.3.5. pluralistischer Art-Begriff **324**
Definition(en): Art (Ökospezies) 324
Definition(en): Art (Genospezies) 324
Exkurs: der Giebel *(s) Carassius gibelio* – eine besondere Art? 325
Exkurs: kleine Historie des Art-Begriff's 326
5.0.4. Population **328**
Definition(en): Population 328
5.x. Evolutions-Faktoren **330**
Definition(en): Evolutions-Faktoren 330
Definition(en): Anpassung 331
Definition(en): Biodiversität 331
Definition(en): Optimon 332
5.x.1. allgemeine Faktoren **334**
5.x.1.1. Kontinuation **334**
Definition(en): Kontinuation 334
5.x.1.2. Variation **334**
Definition(en): Variation 335
Divergenz-Prinzip (Divergenz-Regel) (DARWIN; 1876) 335
5.x.2. organische Faktoren **336**
5.x.2.1. Individuation **336**
Definition(en): Individuation 336
5.x.2.2. Reproduktion **336**
Definition(en): Reproduktion 336
5.x.2.3. Vererbung / Heredität **337**
Definition(en): Vererbung / Heredität 337
5.x.3. DARWINsche und genetische Faktoren **338**

5.x.3.1. Selektion (Auslese) ... 338
5.x.3.1.1. Selektion ... 338
Definition(en): Selektion (= Auslese) ... 338
Definition(en): Umwelt ... 339
Definition(en): (biologische) Fitness ... 340
wissenschaftliches Spiel: Selektion ... 341
Definition(en): assortative Paarung ... 343
Arten-Auslese ... 345
Definition(en): Arten-Auslese ... 345
Definition(en): K-Selektion ... 345
Definition(en): r-Selektion ... 345
Definition(en): Ortho-Selektion ... 346
Definition(en): künstliche Selektion / Züchtung ... 346
Definition(en): Gruppen-Auslese / Gruppen-Selektion ... 349
Definition(en): Verwandten-Selektion (Verwandten-Auslese) ... 349
5.x.3.2. Populations-Genetik ... 357
Definition(en): Populations-Genetik ... 357
5.x.4. erleichternde Faktoren ... 358
5.x.4.1. Rekombination ... 358
Definition(en): Rekombination ... 358
Definition(en): Gen ... 358
Definition(en): Gen-Pool ... 358
Definition(en): Allel ... 359
Definition(en): Idiotypus ... 359
Definition(en): Genotyp ... 359
Definition(en): Phänotyp ... 359
Definition(en): Pleiotropie ... 359
5.x.4.1.1. Mutation ... 360
Definition(en): Mutation ... 360
5.x.4.1.2. Modifikation ... 361
Definition(en): Modifikation ... 361
5.x.4.2. Isolation und Separation ... 363
Definition(en): Isolation ... 363
Definition(en): Separation ... 363
Unterteilungs-Möglichkeiten von Isolations-Vorgängen ... 364
5.x.4.2.1. geographische Isolation ... 365
Definition(en): Endemiten ... 365
5.x.4.2.2. ökologische Isolation ... 367
5.x.4.2.3. circadiane Isolation ... 367
5.x.4.2.4. ethologische Isolation ... 368
5.x.4.2.5. anatomische und physiologische Isolation ... 368
5.x.4.2.6. mechanische / morphologische Isolation ... 368
5.x.4.2.7. reproduktive Isolation ... 369
5.x.4.2.8. genetische Isolation ... 369
5.x.4.2.9. Zwillings-Arten ... 370
Definition(en): Zwillings-Arten ... 370
5.x.4.2.10. Merkmals-Divergenz (Kontrast-Betonung) ... 372
Definition(en): Merkmals-Divergenz ... 373
5.x.4.3. Drift ... 374
5.x.4.3.1. Gen-Drift ... 374
Definition(en): Gendrift ... 374
5.x.4.3.2. Gen-Fluss ... 376
Definition(en): Gen-Fluss ... 376
5.x.4.3.3. Migration ... 376
Definition(en): Migration ... 377
5.x.y.z. Migration i.e.S. ... 377
5.x.y.z. Ausbreitung / Dispersion ... 378
5.x.4.4. Kompetition - Konkurrenz ... 379
Definition(en): Konkurrenz ... 379
5.x.4.5. Annidation - Einnischung ... 380
Definition(en): ökologische Nische ... 380
Definition(en): Einnischung ... 380
5.x.y. vertikaler Gen-Transfer ... 382
Definition(en): vertikaler Gen-Transfer ... 382
5.x.y. horizontaler Gen-Transfer ... 382

Definition(en): Gen-Transfer ... 383
Definition(en): horizontaler Gen-Transfer ... 383
5.x.y. Hybridisierung ... 383
Definition(en): Hybridisierung ... 383
Definition(en): Auslese ... 384
Definition(en): Variabilität ... 384
Definition(en): Genom ... 384
Definition(en): Gen ... 384
5.x.y. Co-Evolution ... 385
Definition(en): Parallel-Entwicklung ... 385
Definition(en): Konvergenz ... 385
Definition(en): Divergenz ... 385
Definition(en): Co-Evolution ... 385
Exkurs: Gibt es eine Grenze für Attraktivität? ... 393
5.x. Entstehung neuer Arten ... 395
Definition(en): Speziation ... 395
Definition(en): Anagenese ... 395
Definition(en): Aussterben ... 396
Definition(en): Kladogenese ... 397
5.x.1. adaptive Radiation ... 398
Definition(en): adaptive Radiation ... 400
5.x.2. Isolations-Mechanismen ... 401
5.x.3. sympatrische Art-Bildung ... 402
Definition(en): sympatrische Art-Bildung ... 402
Definition(en): Autopolyploidie ... 403
Definition(en): Allopolyploidie ... 403
5.x.4. allopatrische Art-Bildung ... 405
Definition(en): allopatrische Art-Bildung ... 405
5.x.5. Art-Umwandlung / parapatrische Art-Bildung ... 406
Definition(en): Art-Umwandlung ... 406
Hybrid-Zonen ... 407
5.x. rekonstruierter Ablauf der biologischen Evolution ... 411
Einführungs-Projekt: zeitlicher Ablauf der Evolution ... 411
5.x.1. Hadaikum ... 414
5.x.2. Archaikum ... 414
5.x.3. Proterozoikum ... 415
5.x.4. Phanerozoikum ... 416
5.x.4.1. Paläozoikum (Erdaltertum) ... 418
5.x.4.1.1. Kambrium ... 419
5.x.4.1.2. Ordovizium ... 421
5.x.4.1.3. Silur ... 422
5.x.4.1.4. Devon ... 423
5.x.4.1.5. Karbon ... 424
5.x.4.1.6. Perm ... 426
5.x.4.2. Mesozoikum (Erdmittelalter) ... 429
5.x.4.2.1. Trias ... 430
5.x.4.2.2. Jura ... 432
5.x.4.2.3. Kreide ... 433
5.x.4.3. Känozoikum (Erdneuzeit) ... 434
5.x.4.3.1. Paläogen ... 435
5.x.4.3.2. Neogen ... 436
5.x.4.3.3. Quartär ... 436
5.x.5. Zusammenfassungen und Übersichten ... 438
Beendigung / Weiterführung Projekt: zeitlicher Ablauf der Evolution ... 438
5.x. Evolution der Fortpflanzung ... 442
Definition(en): Fortpflanzung ... 442
Evolution der ungeschlechtlichen Fortpflanzung ... 443
Definition(en): ungeschlechtliche Fortpflanzung ... 443
Evolution der geschlechtlichen Fortpflanzung ... 443
Definition(en): geschlechtliche Fortpflanzung ... 443
Definition(en): weiblich ... 443
Definition(en): männlich ... 443
Definition(en): geschlechtliche Fortpflanzung ... 444
Definition(en): Befruchtung ... 445

Definition(en): weiblich ... 445
Definition(en): männlich ... 445
Definition(en): Begattung ... 446
Koevolution bei der Ausbildung bestimmter Merkmale ... 446
kryptische Damenwahl ... 446
Krieg der Geschlechter ... 447
Red-Queen-Hypothese ... 447
Definition(en): Red-Queen-Hypothese / Rote-Königin-Hypothese ... 448
Sexual-Dimorphismus ... 448
von der äußeren zur inneren Befruchtung ... 450
Eier-Legen oder Lebend-Gebären ... 452
Reproduktions-Strategien ... 453
Definition(en): r-Strategie ... 453
Definition(en): K-Strategie ... 453
Definition(en): Fitness ... 454
Sind Weibchen und Männchen gleich? ... 454
5.x. Evolution des Auges / Lichtsinns ... 456
5.x. Evolution des Verhaltens ... 459
Definition(en): Verhalten ... 459
3.x.y. Altruismus ... 459
5.x. Viren und Evolution ... 461
Exkurs: Bestimmung der Mutations-Rate bei Bakterien ... 468
5.x. Der Stand der Dinge ... 473
5.x. Tendenzen der biologischen Evolution ... 475
Definition(en): Allometrie ... 475
Definition(en): COPEsche Regel ... 476
Definition(en): Eusozialität ... 476
Definition(en): Evolutionär stabile Strategie (ESS) ... 476
Definition(en): erweiterter Phänotyp ... 476
6. Evolution des Menschen ... 477
Themen-Projekt: zeitlicher Ablauf der Evolution des Menschen ... 477
Definition(en): Homonisation ... 480
Definition(en): Anthropologie ... 480
6.1. Evolution der Primaten ... 484
6.1.x. Vergleich der rezenten Menschen-Affen aus biologischer Sicht ... 489
6.2. Evolution der Menschen-Ähnlichen ... 490
6.3. Evolution der Gattung Mensch ... 497
Homo rudolfensis ... 497
Homo habilis ... 498
Homo erectus ... 498
Homo heidelbergensis ... 498
Homo neanderthalensis; auch: H. sapiens neanderthalensis ... 498
Homo sapiens ... 499
Homo sapiens sapiens ... 500
Entwicklungs- / Wanderungs- / Ausbreitungs-Theorien ... 502
Belege für Out-of-africa ... 510
Belege für andere Evolutionstheorien zur Menschheitsabstammung ... 511
Thesen zur Mensch-Werdung / Hominisation / Anthropogenese ... 513
Sprach-Entwicklung ... 515
Mythos Neandertaler ... 515
Entwicklung des Menschen während der Eiszeit ... 517
Züchtung von Kulturpflanzen und Haustieren ... 519
Definition(en): Domestikation ... 519
Definition(en): Heterosis ... 519
Definition(en): Züchtung ... 519
Definition(en): Heterosis-Züchtung ... 521
Menschen-Rassen und Rassismus ... 521
überholte! Definition(en): Rassen ... 521
Definition(en): Unter-Art ... 522
6.4. Evolution in der Gegenwart ... 524
6.4.1. biologische Evolution in der Gegenwart ... 524

Warum wirken sich Wohlstands-Krankheiten so wenig auf die Evolution aus? 525
Warum gibt es nur relativ wenige Pflanzen-Arten im Vergleich zu den Tieren? 525
Wird es in Zukunft mehr Evolution im Bereich der Pflanzen geben? 525
aktuelle Problemfelder in der Evolution des Menschen 526
6.4.2. gesellschaftliche Evolution des Menschen 528
Definition(en): Mem 528
6.4.3. technische Evolution des Menschen 528
6.4.4. informatische Evolution des Menschen 528
7. Anwendungen der Evolution? 529
7.1. genetische Algorithmen in der Programmierung und Technik-Entwicklung 529
Literatur und Quellen: 536

0. Vorworte und Einleitung

> Es gibt drei Bedeutungen des Wortes "lernen", die die Theoretiker nicht genügend unterschieden haben: "entdecken", "nachahmen" und "zur Gewohnheit machen".
> Karl P. POPPER (1974)

kein klassisches Lehrbuch oder Unterrichts-begleitendes Skript
Ein Lehrmaterial für die Schule muss aus meiner Sicht vieles bieten:

- Informationen für Anfänger, Fortgeschritte, Profis und Neugierige
- Möglichkeien verschiedener methodischer Herangehensweisen
  - aus der Sicht des Lernenden: Wie möchte ich lernen?
  - aus der Sicht des Lehrenden: Wie möchte ich lehren, Materialien nutzen und Arbeitsumgebungen schaffen?
- moderne Konzepte, Theorien, …

Einige der vorgestellten Thesen, Theorien, … sind sehr modern. Vielfach werden sie sicher als provokant und nicht bewiesen angesehen werden. Sie stellen aber den aktuellen Stand (na ja vielleicht aus der populär-wissenschaftlichen Sicht) dar. Nur weil uns bestimmte Konzepte nicht in den Kram passen ode sie mit alten Theorien brechen, sind sie nicht weniger wahr oder falsch.
Die Darstellung in diesem Skript soll zumindestens die Diskussion anregen. Man muss hier nicht meinem Bild von Evolution folgen.

Die Namen von Wissenschaftlern oder Autoren bzw. deren Namen in abgeleiteten Begriffen werden in diesem Skript in Großbuchstaben geschrieben. So wird dann schnell klar, ob der KOCH ein Wissenschaftler oder ein Meister der Küche (Koch) war, welchem wir eine Entdeckung zu verdanken haben. Um Verwechslungen mit Abkürzungen zu vermeiden, verwende ich die modfizierte Schreibung der Namen aus normal groß gesetzten Anfangs-Buchstaben und kleiner gesetzten weiteren Großbuchstaben. Somit wäre dann KOCH eine (imaginäre) Abkürzung. Leider verarbeitet das Indizierungs-System von microsoft-WORD diese feinen Unterschiede nicht. Im Sachwort-Verzeichnis ist KOCH gleich KOCH, aber eben nicht Koch.
Bei bestimmten ausländischen Forschernamen, wie z.B. IVICS (Mitentdecker des Transponsons "Dornröschen") wird eine solche Kennzeichnung ein Muss.
Der Leser sollte trotzdem im Kopf behalten, dass in vielen Bezeichnungen die Wissenschaftler-Namen quasi eingedeutscht wurden. So spricht jeder von Röntgenstrahlen oder Erlenmeyerkolben, obwohl es eher RÖNTGEN-Strahlen und ERLENMEYER-Kolben heißen müsste. Ich werde versuchen die würdigenden Bezeichnungen zu benutzen, aber auch ich unterliege dem allgemeinen Sprachgebrauch.

> Die meisten Menschen können die Errungenschaften von Wissenschaft und Technik nicht ausreichend würdigen, weil sie sie nicht verstehen.
> ???

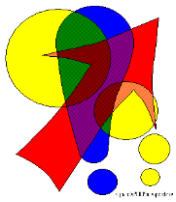
Viele Themen oder Sachverhalte werden mehrfach und an verschiedenen Stellen im Skript auftauchen. Dies liegt einfach an der starken Verzahnung der Themen. So können Sie sich als Nutzer "Ihr" Skript so zusammenstellen, wie Sie es brauchen. Aus meiner Sicht sind ein-

gestreute, kleine – punktuell passende – Wiederholungen günstiger, als ein Springen oder das Durchforsten innerhalb des Skriptes.
Querverbindungen sind weitestgehend als Links (➜ Verknüpfungen) angegeben. Je nach Dateiform funktionieren diese dann auch zu mindestens auf Computern. In der Papierform müssen Sie sich an den Begriffen und Überschriftennummern orientieren. Andere Skripte werden mit einem Buch-Symbol und einem Kurznamen gekennzeichnet (🕮 **Cytologie**).
Inhaltlich geht das Skript in vielen Fällen über die konkreten Forderungen des Lehrplans für die Fachoberschule oder anderer Schultypen hinaus. Damit ergeben sich pädagogische Freiheiten für den Lehrer, und der interessierte Schüler / Student hat Gelegenheit sich angrenzende Themen zu erschließen.

Parientalauge (? die Parienta-Lauge oder das Parietal-Auge)
Acetation (? der Vorgang (?) der Acetation oder das Acetat-Ion)

Fachbegriffe und vor allem viele chemische Stoff-Namen sind echte Zungenbrecher. Wenn man bei ihnen nicht weiss, wie sie in Silben zerlegt und wo betont werden müssen, dann können sie zu echten Kommunikations-Hindernissen werden. Wir wollen hier eine neue Formatierung versuchen, um wenigstens ein wenig Abhilfe zu schaffen. Die Silben bzw. Wortstämme einzelner Fachwörter werden mit unterschiedlichen Farbtönen hinterlegt. Die besonders zu betonenden Silben – zumeist die vorletzte – werden nochmals extra eingefärbt.

Colorierung Dictyosom 5,7-Dichlorhexadecansäure



Aus Layout- und Aufwands-Gründen wird aber nicht jedes Fachwort und auch nicht jede Wiederholung so gestaltet. Vielmehr sollen neu eingeführte Wörter so charakterisiert werden und solche Begriffe, die lange nicht aufgetaucht sind oder nur selten benutzt werden. An Erfahrungen und Verbesserungs-Vorschlägen hinsichtlich dieser Formatierung bin ich immer interessiert.
Ich verstehe die Formatierung auch als Hilfsmittel und nicht als obligatorisches Korsett!

zu Anfang ein relativ umfassender Teil zu Wissenschaft und wissenschaftlichem Arbeiten.
In keinem anderen Teil der Biologie / Naturwissenschaften, wird so hart mit den Andersdenkenden gestritten. In keinem anderen Teil der Biologie / Naturwissenschaften werden Worte usw. so genau auf die Gold-Waage gelegt. In keinem anderen Teil der Biologie / Naturwissenschaften "dürfen" auch Nicht-Wissenschaftler so intensiv mitdiskutieren. Leider ist das Mitdiskutieren viel häufiger ein Propagieren oder gar ein Volltexten

Und wenn alle Argumente nicht mehr helfen, dann folgen unwissenschaftlich Totschlag-Argumente, die einer erneuten tiefgründigen Diskussion bedürfen.
Schließlich hat man "Gott erfahren" od.ä. Vielfach fehlt es dann aber an der Bereitschaft (der atheïstischen Naturwissenschaftler) an einem Gedankenaustausch, dessen vorbestimmtes Ende nur eines sein kann, dass eine Schöpfung od.ä. gewesen ist oder war oder ???

> Es gibt einen grundlegenden Unterschied zwischen Religion, die auf Autorität basiert, und der Wissenschaft, die auf Beobachtung und Vernunft beruht. Die Wissenschaft wird gewinnen, denn sie funktioniert.
> Stephen HAWKING

Das Internet mit seiner Informations-Fülle ist ganz sicher eine Segnung dieser Zeit. Leider vergessen einige Menschen immer wieder, dass jederman – und wirklich Jedermann (und jede Frau) – irgendetwas ins Internet stellen können. Die Inhalte sind nicht wahr, nur weil sie im Internet stehen. Bitte prüfen Sie die Inhalte vor einer Diskussion oder gedankenlosen

Übernahme. Ich habe mich bemüht die Sachverhalte aus verschiedenen Quellen gegenzuprüfen. Wenn mir da Fehler passiert sind, dann helfen Sie mir auf die Sprünge.
Ich bin auch gerne bereit, über Inhalte usw. usf. zu diskutieren, aber grundsätzlich nur auf einer gleichberechtigten Ebene, in angemessener Form und ohne Fanatismus. Der hat in der Wissenschaft nichts zu suchen.

Nachdem man einen großen Berg bestiegen hat,
stellt man fest,
dass dahinter viele weitere Berge liegen.
Nelson MANDELA

0.1. Vorbetrachtungen zum Thema "Evolution"

Definition(en): Abstammungslehre
Die Abstammungslehre ist die Wissenschaft von der auf gemeinsame Entwicklung(en) beruhende Verwandtschaft-Beziehungen der rezenten und fossilen Organismen-Gruppen.

für Anfänger ist die Zuordnung von Begriffen wie Coccinellidae, Coccinella oder Coccinellini zu den zugehören Taxa Familie, Gattung und Unterfamilie extrem schwierig
deshalb begleitende Vorsätze zur Charakterisierung der Klassifizierungs-Ebene
ermöglicht dann zumindesten eine ungefähre Ahnung von der Größe (nicht Zahlenmäßig!) der besprochenen Gruppe

Taxon (deutsch)	**interne Abkürzung**
Domäne	(D)
Reich	(R)
Abteilung	(Ab)
Stamm	(S)
Klasse	(K)
Ordnung	(O)
Familie	(F)
Gattung	(G)
Art	(A)

Taxon (wissenschaftlich)	**interne Abkürzung**
domain	(do)
regnum	(r)
diverso	(di) | (d)
phylum	(p)
classes	(c)
ordo	(o)
familia	(f)
genus	(g)
species	(s)

Carl VON LINNÉ (1707 – 1778)
führte wissenschaftliche Namen ein, die aus – meist griechisch- od. latainisch-stämmigen – Gattungs-Namen und Art-Teil bestehen; heute wird exakterweise immer noch der Art-Beschreiber / Namengeber und das Erstbeschreibungs-Jahr dahinter notiert (ev. abgekürzt)

Beispiele:
Siebenpunkt-Marienkäfer → Coccinella septumpunctata LINNAEUS 1758
Zweipunkt-Marienkäfer → Coccinella bipunctata LINNAEUS 1758
Mensch → Homo sapiens LINNAEUS 1758

LINNAEUS wird zumeist zu L. abgekürzt
in der populären Literatur wird gemein hin die Beschreiber-Kennung und das Erstbeschreibungs-Jahr weggelassen, da diese mehr / nur für Systematiker interessant ist

in der Skript-internen Notierung sieht dass dann so aus
(A) Siebenpunkt-Marienkäfer → *(s) Coccinella septumpunctata*
(A) Zweipunkt-Marienkäfer → *(s) Coccinella bipunctata*
(A) Mensch → *(s) Homo sapiens sapiens*

Evolution ist insgesamt ein problematisches Thema
nicht wegen des Inhalts an sich

Probleme / Schwierigkeiten, die es gibt:

- schlechte Trennbarkeit von (der Praxis der) Evolution und Evolutions-Theorie
- Mensch ist der Forscher, der Evolution untersucht und ist gleichzeitig das Evolutions-Objekt
- zeitliche Dimensionen der Evolution und evolutionären Prozessen
- Wahrscheinlichkeiten und Zufall als Grundlagen für Prozesse
- nicht experimentell erfassbar / nur Theorie
- gute Methoden sind Simulationen, Modelle und – bleiben aber immer wieder Theorie- bzw. Wahrscheinlichkeits-lastig

0.1.1. Begriff "Evolution"

aus dem Lateinischen evolvere = entwickeln, ausfalten

> Evolution ist der wichtigste Begriff in der gesamten Biologie.
> Ernst MAYR

ursprünglich im Sinne von etwas Verborgenes entfalten / enthüllen
Sichtbarmachen von etwas Unbekanntem

> Nichts in der Biologie ergibt einen Sinn,
> es sei denn,
> man betrachtet es im Lichte der Evolution.
> Theodosius DOBZHANZKY

programmierter Prozess, der in eine Richtung abläuft (es ist das Programm variabel und frei änderbar als auch die Richtung, sie ergibt erst aus der langfristiger Betrachtung von außen eine Sinn (/eine Tendenz), ist aber ebenfalls variabel)

derzeit werden als Richtungen angesehen:
vom Undeutlichen zum Deutlichen / Genaueren
steigende Mannigfaltigkeit (Diversifikation)
vom Einfachen zum Koplizierten (steigende Komplexität, höhere Komplexitäts-Grade)
vom Offenem zum Geschlossenen

Entwicklungs-Prozesse der Biologie werden auf verschiedenen Ebenen und auf verschiedene biologische Kategorien angewendet betrachtet
Ontogenese, Individual-Entwicklung → Entwicklung eines einzelnen Organismus von der befruchteten Eizelle bis zum Tod
Populations-Dynamik → Entwicklung von Populationen innerhalb der Umweltbedingungen (z.B. Nahrung, Räuber, Beute, Krankheiten, …)
Gen-Drift
Phylogenese, Abstammungslehre → Entwicklung einer Art aus seinen Vorläufern
Evolution (im biologischen Sinn) → (biologische) Entwicklung von der Entstehung des Lebens auf der Erde bis heute

philon = griech.: Stamm, Geschlecht; genesis = Geburt, Entstehung

Phylogenese ist der Entwicklungs-Prozess

Definition(en): Phylogenese
Phylogenese ist die (gemeinsame) stammesgeschichtliche Entwicklung der Organismen von der Entstehung des Lebens bis zum heutigen Zeitpunkt.
Die Phylogenese ist die Geschichte der Vorläufer in evolutionären Dimensionen.

mit Phylogenie ist die Geschichte / die Abfolge von Entwicklungs-Zuständen / Entwicklungs-Schritten / Situationen gemeint

(c,p) 2014 - 2026 lsp: dre

Definition(en): Phylogenie
Phylogenie ist die Stammesgeschichte der Organismen von der Entstehung des Lebens bis zum heutigen Zeitpunkt.

Synonyme: Fortschritt, Entwicklung, Genese, Ausbildung, Entfaltung, Formung, Heranbildung; Aufstieg, Emporstieg, Weiterentwicklung, Entwicklungsgang, Entwicklungs-Prozess, Entwicklungs-Verlaufung

Definition(en): Evolution
Unter Evolution versteht man die langsame, Bruch-lose Entwicklung besonders großer oder großräumiger Zusammenhänge.
Evolution ist die Entwicklung(sgeschichte) eines Systems. Sie ist geprägt von der Zunahme von Hierrachie-Ebenen und einer steigenden Komplexität.
Evolution ist der Prozess von einfach(er)en Anfängen zur (komplexeren) Vielfalt.
Biologie: Evolution ist die durch Mutation und Selektion geprägte (fortschreitende) Entwicklung der Lebensformen.
Biologie: Evolution ist die stammesgeschichtliche Entwicklung des Lebendigen von niederen zu höheren Formen.
Biologische Evolution ist die Entwicklung(sgeschichte) der Lebewesen.
Biologische Evolution ist die Veränderung vererbbarer Merkmale von Populationen über Generationen hinweg.
Evolution sind die unter dem Einfluß bestimmter Faktoren (Evolutions-Faktoren: Mutabilität, Selektion, Isolation und Zufall) ablaufenden Prozesse, welche die heute lebenden Organismen aus einfacheren (früher existierenden) Organismen umgebildet haben.
Evolution sind alle Veränderungen, durch die das Leben auf der Erde zu seiner Vielfalt gelangt ist.
Evolution ist die Veränderung von genetischen Zusammensetzungen von Populationen. Def.: nach DOBCHANSKY (1937)

Evolution von langfristigen, kleine(re)n bzw. kleinschrittigen Veränderungen charakterisiert
dagegen werden Revolution von qualitativen Sprüngen gekennzeichnet, meist auch kurzfristiger
lat.: revolutio = zurückwälzen, umdrehen
Synonyme: Umwälzung, Neugestaltung, Aufstand, Unruhe, Umsturz, (Volks-)Erhebung, Putsch, Sturz, (Staats-)Streich, Austausch, Wende, Wendung, Umschwung, Wandlung, Reorganisation, Innovation, Neuerung, Rotation, Umkehrung, Umrundung, Subversion
vorrangig für gesellschaftliche Veränderungen und früher auch für den Umlauf der Planeten um die Sonne genutzt

Definition(en): Revolution
Revolutionen sind Prozesse, die von umschlagenden qualitativen Veränderungen in relativ kurzer Zeit charakterisiert sind.
Revolutionen sind schnelle, radikale Veränderungen bestehender Verhältnisse.

Evolution ist von sich aus gerichtet, aber ohne vorbestimmtes Ziel (es gibt Evolutions-trend(s), aber kein(e) Evolutions-Ziel(e))
Evolution ist irreversibel (unumkehrbar)
Stammes-Geschichte ist unumkehrbar (DOLLO,)

Wege der Evolution ((Über-)Lebens-Strategien)

- Unsterblichkeit
- Reproduktion

Aspekte der Evolution	
• **Evolution als Tatsache**	Behauptung, dass die Organismen sich durch natürliche, lang-andaurnde, sehr klein-schrittige Entwicklungen herausgebildet haben.
• **Evolution als Pfad**	meint die Phylogenie (Abstammungs-Geschichte)
• **Evolution als Ursache oder Mechanismus**	Wirkgefüge verschiedener Faktoren und der damit verbundenen Prozesse

Evolution kommt eher das Merkmal der Kontinuität zu. Dies gilt aber nur aus der übergeordneten Betrachtung des Gesamtsystems über eine relativ langen Dauer. Evolution kann auch als erweiterte Summe und gemeinsame Wirkung vieler innerer Revolutionen verstanden werden.

1. physikalische Evolution
2. chemische Evolution (anorganische Evolution)
3. **biologische Evolution (organische Evolution)**
4. **humanide Evolution**
5. kulturelle Evolution
6. industrielle Evolution
7. informatische Evolution

heute gehen wir davon aus, dass Evolution von Anfang an gewirkt hat / passiert ist
aus biolgischer Sicht mit dem Beginn des Lebens auf der Erde
es gibt wissenschaftliche Stimmen, die eine Bestimmtheit vom Urknall bis heute sehen
die meisten sehen die Vorgänge der Herausbildung unserer Sonne und es Planetensystem's als tragend (Stichwort: Lage der Erde in der Zone)
manche auch die Vorgeschichte unseres Sonnen-System's innerhalb unserer Galaxie (Stichwort: Herausbildung von schweren Elementen in einem ersten Sonnen-System)

wahrscheinlich aber früher (Vorstufen der Zellen, Ur-Ozeane, Ton-Sedimente, …, Entstehung des Sonnen-Systems, …, Urknall)
stellen notwendige Voraussetzung für weitere Entwicklungs-Prozesse (Evolutionen) dar
laufen praktisch aufgesetzt; überdecken die vorgelagerten Evolutionsarten (vor allem, weil diese immer deutlich langsamer ablaufen)
von außen betrachtet scheint es nur noch die jeweils höchstgeordnete Evolutions-Art zu geben
ev. alles eine zwangläufige Folge von zufallsbehaften Entwicklungen
Ziel-Richtung der Evolution auf Erde und im gesamten Weltall nicht vorhsehbar und nur von bestimmten physikalischen (ev. chemischen) Gesetzen beschränkt, aber weit gefächert möglich, imDetail nicht vorhersehbar oder berechenbar; es gibt Evolutions-Trend(s)
viele astronomische, physikalische und chemische Umstände werden gerne als besondere Bedingungen herausgestellt, es wird ein Eindruck der ??? des Lebens erzeugt
vielmehr muss man wohl aber nur die optimale Eignung für ein Leben nach unserem irdischen Verständnis unterstellen, wie das anderswo im Universum oder vielleicht schon in unserem Sonnen-System (z.B. –Mond Europa) aussieht, ist reine Spekulation
in der aktuellen Diskussion unter Physikern sind Modelle vom Wärme-Tod des Weltalls durch ein immer weiter auseinander diffundierendes Universum bis zum Blasen-artigen bzw. Schaum-artigen Multiversum, und noch viel mehr

Besonderheit ab biologischer Evolution ist die Verwendung von speziellen Informations-Trägern, damit schnelle und inmaterielle / nicht-direkte Informations-Weitergabe möglich

Erkentnisse oder Gesetze einer übergeordneten Evolution (z.B. physikalische Evolution) sind die Basis für die Evolution auf der betrachteten Ebene, es kommen aber neue und neuartige Gesetze usw. dazu, die ab dieser Ebene wirken und für untergeordnete Evolutions-Ebenen eine Teil-Basis darstellen (nicht alles auf dieser Ebene läßt sich mit den übergeordneten Gesetzen erklären)

Aufgaben:

1. Erläutern Sie den Begriff "biologische Evolution"!
2. Vergleichen Sie die Begriffe "Geschichte" und "kulturelle Evolution"!

die evolutionäre Entwicklungs-Biologie (engl.: evolutionary developmental biology; kurz: Evo-Devo) untersucht die Steuerung der Individual-Entwicklung (Ontogenese) in der Evolutions-Geschichte
dabei spielen z.B. Entwicklungs-Gene (z.B. HOX-Gene) oder die Regulation der Genexpression (→ z.B. Operone) eine wichtige Rolle (s.a. (🕮 **Genetik**).

Evolution gehört zu den Basis-Konzepten der Biologie. Weitere **Basis-Konzepte** sind:

- Struktur / Bau und Funktion (Zusammenhang zwischen Bau und Struktur von biologischen Objekten und deren Funktion / Aufgaben (im übergeordneten System))
- Stoff- und Energieumwandlung (Stoff- und Energiewechsel von biologischen Objekten mit ihrer Umwelt)
- Information und Kommunikation (Informationswechsel von biologischen Objekten mit ihrer Umwelt)
- Steuerung und Regelung
- individuelle und evolutive Entwicklung

0.1.1.1. Makro- und Mikro-Evolution

1909 von LEAVITT Begriff der Mikro-Evolution eingeführt
ursprünglich verwendet für die Entwicklung eines Organismus von der befruchteten Eizelle bis zum Tod (→ heute: Ontogenese, Entwicklungs-Biologie)

Definition(en): Mikro-Evolution
Mikro-Evolution beschreibt die Evolution, die innerhalb der Art-Grenze (und innerhalb relativ kurzer erdgeschichtlicher Abschnitte) abläuft.
Unter Mikro-Evolution verstehen einige Forscher kleinere Entwicklungen / Veränderungen von Arten durch Anpassungen an Umwelt-Bedingungen, ohne aber jemals die Art (od. eine ähnliche Gruppe) zu verlassen.

LEAVITT ging davon aus, dass die Evolution – als großer Prozess nur dann verstanden werden kann, wenn die Entwicklung eines Organsimus aus dem Ei bis zum Tod verstanden wird

erfasst im heutigen Verständnis eigentlich eher Vorgänge innerhalb der Art bzw. Populationen

dazu gehören Anpassung, Selektion, …

im kreationistischen Verständnis (→ Kreationismus) mehr als innerartliche Ausnutzung der vom Schöpfer vorgegebenen Potentiale – als Optimierung vorhandener Schöpfungen – verstanden
die Grenzen dieser Optimierung werden aber nicht definiert / umrissen

typische mikro-evolutionäre Vorgänge sollen sein:

- dunkle Variante der *(A) Birkenspanner* (→ Industrie-Melanismus)
- Resistenz-Bildung bei Bakterien gegen Antibiotika
- unterschiedliche Schnabel-Größe bei DARWIN-Finken
- Züchtung von Rassen (Haustiere, Kultur-Pflanzen)

Der Russe FILIPCHENKO benutzte den Begriff Makro-Evolution 1927 erstmalig. Später (1937) von DOBZHANSKY (1900 – 1975) in die breite (englisch-sprachliche) Fachwelt eingeführt

Definition(en): Makro-Evolution
Makro-Evolution beschreibt die evolutionären Groß-Übergänge, die über Art-Grenzen hinweg stattfinden.
Unter Makro-Evolution versteht man langfristige, evolutionäre Entwicklungen, die mit Veränderungen der Gen-Häufigkeiten in Populationen und auch mit der Entstehung neuer Arten aufgrund von Anpassungen verbunden sind.

diskutiert wird, ob Makroevolution durch Kummulation von mikroevolutionären Entwicklungen / Vorgängen möglich ist

meint also praktisch die "biologische" Evolution
Summe / gemeinsames Wirken aller Mikro-Evolutionen

die Unterscheidung Mikro- und Makro-Evolution sind heute sehr umstritten
da die Evolution – nach dem Stand der modernen biologischen Forschung – nicht auf der Ebene einer Art stehen bleibt oder auf diese begrenzt ist, ist eine Mikro-Evolution nicht exakt beschreibbar
für die meisten anderen innerartlichen Vorgänge gibt es andere passende Begriffe (z.B. ökol. Potenz, Gen-Pool, …), die Details der “Mikro-Evolution“ wesentlich klarer beschreiben

besonders im kreationistischen Weltbild wird Mikro-Evolution z.B. im Rahmen von Züchtung, natürlichen Kreuzungen und Resitenz-Bildungen akzeptiert; eine Makro-Evolution lehnen Kreationisten aber ab, hier gilt die Unveränderlichkeit der (vom Schöpfer / Kreator) erschaffenen Formen (Grund-Typen); alle Beobachtungen und Messungen werden anders interpretiert, als fehlerbehaft oder exemplarisch betrachtet

in diesem Skript unterscheide ich nicht in Mikro- oder Makro-Evolution; der Begriff Mikro-Evolution wird gar nicht benutzt, weil er die betrachteten Prozesse nicht hinreichend charakterisiert
die von anderen als (ev. abzulehnende) Makro-Evolution betrachte Evolution, ist genau die (biologische) Evolution, von der dieses Skript handelt

1. wissenschaftliches Arbeiten

Bei der Besprechung der Evolution kommt es meist zum ersten Mal zu massiven Auseinandersetzungen mit anderen Welt-Anschauungen und Lehren. Die reinen biologischen Tatsachen, wie Pflanzen, Tiere, Fortpflanzung, Photosynthese, Vererbung, DNS usw. usf. werden nur von sehr fundamentalistisch eingestellten Lehren, Religionen und Weltanschauungen abgelehnt. Wenn aber die Frage nach der Herkunft aller Lebewesen gestellt wird, dann beginnen die heißen Diskussionen.

> Nichtwissen ist besser als Falschwissen.
> Jacob VON UEXKÜLL

Obwohl wissenschaftliches Arbeiten immer Kern der Forschung in der Biologie ist, kommt man bei der wissenschaftlichen Darstellung der Evolution in Erklärungs-Nöte. Nicht-Biologen und Theisten stören sich wenig an den biologischen Fakten aus der Cytologie, dem Stoff- und Energiewechsel, aus Ökologie und Genetik. Aber wehe es geht in die Evolution, dann werden sie schwierig. Mit einem Mal werden vor allem die Arbeits- und Denk-Techniken hinterfragt. Schnell wird eine saubere Abgrenzung von wissenschaftlicher und anderer Arbeit höchst dringend.

1.1. allgemeine Grundlagen und Techniken

> Lass dich vor den Tatsachen nieder wie ein kleines Kind,
> sei bereit, jede vorgefasste Meinung aufzugeben,
> folge der Natur demütig auf jeden Pfad
> und jeden Abgrund, in den sie dich führt
> - sonst lehrt sie dich nichts.
> Thomas Henry HUXLEY

wissenschaftliches Arbeiten

- systematisch
- objektiv (begründet)
- (allgemein)gültig (Validität)
- Auseinandersetzung mit anderen Arbeiten / Thesen / Theorien / …
- Literatur-Auswertung und / oder empirische Analysen
- Definieren relevanter Begriffe
- logisch und nachvollziehbar
- vergleichbar / nachprüfbar
- zuverlässig (Reliabilität)
- nutzbar
- innerhalb bestimmter Grenzen / Rahmen

Kriterien an Wissenschaft	
• **Objektivität**	nachvollziehbar, transparent
• **Präzision**	vollständig, genau, kontrolliert
• **Widerspruchsfreiheit**	logisch, konsistent
• **Begründungs-Orientierung**	Ursache-Wirkungs-Gefüge, Beziehungen, Zusammenhänge, Fakten, …
• **Systematik**	einheitlich, verbindliche Regeln / Methoden
• **Theorie-Primat**	Ausgangspunkt für wissenschaftliche Arbeiten sind zu prüfende Theorien

ein anderes Kriterien-Konstrukt sieht die Punkte:

Kriterien an Wissenschaft
• **Reproduzierbarkeit**
• **Fasifizierbarkeit**
• **Intersubjektivität**
• **logische Konsistenz**
• **Vorläufigkeit**

sowie

• **Evidenz-Basierung**
• **Theorie-Orientierung**

hierbei geht es vor allem um die Möglichkeiten und Grenzen des wissenschaftlichen Erkenntnis-Gewinn's und der begleitenden Prozesse

Wahrheit hat ihren eigenen unabhängigen Wert in sich selbst *???*

biologische Inhalte waren sicher die ersten Themen mit denen sich der werdende Mensch indirekt beschäftigt hat
das hatte zu Anfang sicher so garnichts mit Biologie oder wissenschaftlichem Arbeiten zu tun
es ging einfach um das Verständnis der Umwelt, der eigenen Person und der Gruppen-Mitglieder

Geburt und Tod
Reife von Früchten

Färbung / Musterung bestimmter Tiere; z.B. auch besondere Kennzeichnungen bei Rudelführern / Leittieren
Verhalten von Tieren

In diesem vorwissenschaftlichen Zeitalter bestimmen Mythen die "Erklärung" der beobachteten Natur-Phänomene.

ab der Antike gab es dann wirklich wissenschaftlich bzw. philosophisch begründete Auseinandersetzungen mit der lebenden Natur
es folgte ein sehr lange Phase der beschreibenden und ordnenden Biologie (1. Biologie, empirische Biologie)
Einzeldaten von Pflanzen und Tieren später auch von Pilzen und Mikroben wurden gesammelt und klassifiziert
die Sammlung morphologischer und teilweise auch anatomischer Details war der Inhalt der Biologie

erste Erklärungen oder Modell gehören schon zu dieser Zeit
Die Atomisten (z.B. LEUKIPP, DEMOKRIT und EPIKUR) vertraten den Standpunkt, dass die Kenntnis der Einzelteile eine Sache erklären kann.
Für ARISTOTELES sind die Sachen mehr als nur die Summe ihrer Einzelteile. Für ihn mussten noch drei weitere Elemente bekannt sein, um etwas vollständig zu erfassen. Zu diesen Elementen gehören die "Ursachen", die "Prinzipien" und die "Gründe".

Er postulierte **vier Gründe des Seienden**:

- **causa materialis** Ursache, die in der Materie bzw. aus ihr heraus wirkt
- **causa formalis** ist die gestaltende, bildende Ursache
- **causa efficiens** meint die Wirk-Ursache / Ursächlichkeit
- **causa finalis** die alles bestimmende Final-Ursache (die End- bzw. Zweck-Ursache)

es folgte die 2. Biologie (experimentelle Biologie)
sie machte das Experiment zum Hauptinhalt der Forschung, ursächlich war dies mit der Industrialisierung (19. Jhd.) verbunden, da man nun stärker und z.T. gezielt in die Natur eingreifen wollte bzw. es tat
aus der Industrialiserung stammten dann auch neue Möglichkeiten z.B. zum Messen oder durch die Elektrizität

heute befinden wir uns in der 3. Phase der Biologie (Biologie der übergreifenden Konzepte)
Ökologie und Verhaltens-Forschung kamen zur Biologie dazu bzw. etablierten sich zu eigenen Teil-Disziplinen

andere universelle Theorien und Denk-Modelle (Informations- und Kommunikations-Theorie, System-Theorie, …) wurde in biologische Betrachtungen einbezogen
mathematische Zusammenhänge in einzelnen Teilbereichen (Populations-Ökologie, Molekular-Genetik, …) bringen zunehmend ein gefestigtes theoretisches Theorien-System in die Biologie

4. Biologie (? theoretische Biologie)
an deren Füßen wir derzeit stehen, wird wohl umfassende und allgemeingültige theoretische Modelle

Ein wenig Ungenauigkeit
erspart oft eine große Menge an Erklärungen.
???

Definition(en): Methodologie
Methodologie ist die Lehre von den Methoden der Forschung, des Argumentierens und des (logischen) Schließens.

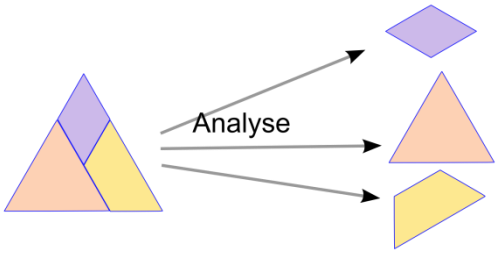
Die Naturwissenschaften lassen sich allgemein in zwei große Arten unterscheiden. Zum Einen sind das die **Verfahrens-Wissenschaft**en (operation science). Diese beschäftigen sich mit wiederholbaren bzw. sich wiederholenden Phänomenen. Typische Beispiele für Untersuchungsfelder in den Verfahrens-Wissenschaften sind die Planeten-Bewegungen, der freie Fall, Reaktions-Geschwindigkeiten, Wirkungen von Stoffen im Stoffwechsel oder Vererbungs-Vorgänge. Bei den Naturwissenschaften gehören also Physik, Astronomie, Chemie, Biologie und Medizin zu dieser Gruppe.
Die zweite Gruppe bilden die **Ursprungs-Wissenschaft**en (origin science). Ihr Interesse ist auf einmalige (historische) Ereignisse gerichtet. Solche Ereignisse sind z.B. der Urknall, die Enstehung des Sonnensystems, die Entstehung des Lebens und die Herausbildung von Arten.
Wenn wir die zutreffenden Wissenschaften für die zweite Gruppe betrachten – also Astronomie, Physik, Biologie – dann treten Doppelungen auf. Die meisten Naturwissenschften sind also eher breiter aufgestellt bzw. intern in die Gruppen gegliedert. In der Biologie ist die Biochemie deutlich mehr Verfahrens-Wissenschaft als die Evolutionsbiologie. All deren Forschungs-Gegenstände sind eher als einmalig und historisch zu betrachten.
Beide Wissenschaftsgruppen unterliegen den gleichen wissenschaftlichen Arbeitsgrundsätzen und Regeln. Viele der verwendeten Methoden sind gleich (Modell-Methode, Simulations-Methode), während andere Methoden vorrangig in einer der Gruppen benutzt werden (z.B. experimentelle Methode oder die Synthese in den Verfahrens-Wissenschaften).
Analytisches und Indizien-basiertes Erforschen gehört wiederum mehr in den Bereich der Ursprungs-Wissenschaften. Trotzdem finden in den Ursprungs-Wissenschaften auch Experimente statt. Diese dienen aber nicht dem absoluten Beweis des historischen Ereignisses, was wissenschafts-methodisch eben nicht geht, sondern dem Nachweis, dass etwas so gewesen sein könnte (!). Leider wird häufig die Möglichkeits-Form unterschlagen und die eine oder andere Theorie gleich als absolute Wahrheit dargestellt. Diese Wandlung passiert oft auf dem Weg von der reinen Wissenschaft zum breiten Publikum und der offenen Gesellschaft. Schnell wird nur das gehört, was man hören will und bei einigen ist es aber auch das, was man versteht. Wissenschaft ist eben manchmal kompliziert, unverständlich und manchmal auch nur "unglaublich".

Der Naturwissenschaftler muss vor allem anderen darum bemüht sein, bei seinen Urteilen sich selbst auszuschalten.
Carl PEARSON (1892)

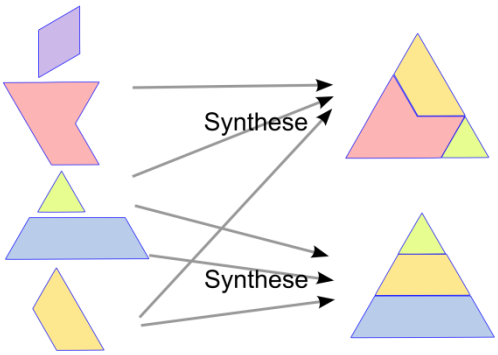
heute verstehen wir also unter wissenschaftlichem Arbeiten im Wesentlichen ein hypothetisch-deduktives Vorgehen

- Formulierung von Fragestellungen
- Ableiten von Hypothesen
- Planung und Durchführung von Untersuchungen
- Auswertung, Interpretation und methodische Reflexion zur Widerlegung bzw. Stützung der Hypothese sowie zur Beantwortung der Fragestellung

1.x.y. Analyse und Synthese



Definition(en): Analyse
Analyse ist die Zerlegung eines Objektes / Begriffs / Systems / Sachverhaltes / Prozesses in seine Bestandteile.
Analyse ist die Zurückführung des Besonderen auf das Allgemeine.
Eine Analyse ist eine "auflösende" – also genauere, systematische – Untersuchung eines Objekt's / Prozesses / …, welches / welcher dabei in seine Elemente / Bestandteile / Teil-Prozesse / … zerlegt wird.



Definition(en): Synthese
Synthese ist die Zusammenführung eines Objektes / Begriffs / Systems / Sachverhaltes / Prozesses aus seinen Bestandteilen.
Synthese ist die Vereinigung einer Vielheit zur Einheit.

üblicherweise sollten wissenschaftliche Aussagen wahr oder falsch sein
ein Gesetz beschreibt unumstößlich die Gültigkeit eines Zusammenhanges
findet jemand eine Ausnahme, dann gilt das Gesetz nicht (mehr)

entweder wird es durch ein besseres ersetzt oder es werden Anpassungen notwendig, die die Ausnahmen mit Einbeziehungen oder die Bedingungen für das Gesetz so umreißen, dass das Gesetz für die Bedingungs-gerechten Sachverhalte stimmt

in der Biologie gibt es aber keine absoluten Gruppen, Systeme oder Prozesse
es gibt immer fließende Übergänge und damit auch Ausnahmen
vielfach ist schon die Abgrenzung der zu einem Zusammenhang gehörenden Objekte schwierig oder nur durch Definitionen (z.T. radikale od. künstliche Abgrenzungen) zu lösen
wenn dann mehrere Wissenschaftler(-Gruppen) die gleichen Begriffe für unterschiedliche Objekt(e)(-Gruppen) verwenden, wird es auf der kommunikativen Ebene schwierig
dazu kommt immer noch – wenn vielleicht auch nur im Unterbewußtsein – wirkend ein populäres Verständnis (oder Unverständnis) für ebendiesen Begriff dazu, dieser wird von der breiten Bevölkerung bzw. den Nicht-Fach-Kollegen sehr häufig völlig anders verstanden

i.A. gehen wir bei biologischen Zusammenhängen von einer deutlichen Mehrzahl betroffener Objekte aus – es gibt also nur wenige Ausnahmen und diese sind meist nur in einzelnen Details vorhanden
exakterweise sprechen wir in der Biologie mehr von Regeln oder typischen Zusammenhängen
echte (biologische) Gesetze sind sehr selten und sind vielfach eher der Chemie oder der Physik zu verdanken

häufig ergeben sich gefühlte und echte Widersprüche mehr aus fehlendem Wissen oder – auch nicht selten – falschen Beobachtungen, Messungen und Interpretationen
die Biologie ist eine sich entwickelnde Wissenschaft, die noch sehr stark im empirischen und systematisierenden Bereich angesiedelt ist und vielleicht auch nie aus ihnen herauskommt

Anekdote über Max PLANCK
war sich über sein Studien-Fach nicht sicher, interessierte sich auch für Musik
befragte dann einen Physik-Professor über die Zukunfts-Aussichten der Physik, worauf dieser (Philipp VON JOLLY) gesagt haben soll, dass "in dieser Wissenschaft schon fast alles erforscht sei, und es gelte, nur noch einige unbedeutende Lücken zu schließen"
PLANCK studierte aber trotzdem Physik, heute gilt er zu den Begründern der Quanten-Mechanik, einer völlig andersartigen Physik, die sogar von EINSTEIN als verwirrend und nicht weiterführend eingeschätzt wurde
NOBEL-Preis für die Entdeckung des Quantisierung (Quantelung) der Energie

die Erforschung der vor Millionen oder Milliarden Jahren abgelaufen Evolutions-Vorgänge kann praktisch nur "kriminalistisch" erfolgen
Indizien sammeln und logisch mit einander verknüpfen. um daraus ein in sich schlüssiges Bild vom Hergang zu entwickeln, welches mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit dem wirklichen Hergang entspricht

schwierig ist Evolutions-Forschung auch deshalb, weil man über einen riesieren Erfahrungsschatz und ein breites Wissen verfügen muss
trotzdem bleibt Evolutions-Forschung immer wieder trocken, sehr theoretisch und erscheint verstaubt
vielen Menschen fehlt auch ein Verständnis für den Sinn einer solchen Forschung
ich habe mal gehört, dass einer sagte: "Man kann das Geld auch woanders sinnvoll anlegen, z.B. für Bibeln, da hat man was Handfestes."

1.x.y. Aussagen

neben den logischen Aussagen, die letzt endlich entweder WAHR (true) oder FALSCH (false) sind, kennen wir in der Wissenschaft noch normative und deskriptive Aussagen.

deskriptive Aussagen
sind Aussagen aus der Realität, wie etwas ist (IST); auch das Sein (SEIN)
Tatsachen; Fakten, Tatsachen-Feststellungen (Beobachtungen / Messungen)
lassen sich an sich (bezüglich ihrer quantitativen Inhalte) nicht hinterfragen, es geht um eine Wert-freie Betrachtung; lediglich ihre Qualität oder Allgemeingültigkeit darf angezweifelt werden
Ziel ist eine faktische Darstellung des Sachverhalt's
auch als **positive Aussage**n (lat.: *ponere* → setzen; *positum* → gesetzt) bezeichnet, also vorgegebene / gesetzte Aussagen

typisch für empirische Wissenschaften
deskriptive Aussagen eignen sich z.B. zur logischen Verarbeitung oder zum Herstellen von kausalen Erklärungen

lange ist man davon ausgegangen, dass empirisch gewonnene Daten aus wissenschaftlicher Sicht neutral sind, sie also gewissenmaßen immer objektiv und wahr sind
neuerdings geht man aber davon aus, dass auch das empirische Daten-Sammeln zumindestens teilweise subjektiv geprägt ist
bekannte / anerkannte und vor allem auch die eigenen Theorien bestärken in der Annahme von passenden Daten, während nicht passende ev. ignuriert oder als Fehler-Wert interpretiert werden

> Wissenschaftler finden genau das, wonach sie suchen.

normative Aussagen
Bewertungs-Grundlagen; Wert-Urteile
Ziel-Aussagen, wie etwas sein soll oder sollte (SOLL); auch das Sollen (SOLLEN)
z.B. gesetzliche Regelungen, Moral, Ethik, Prinzipien, Weltanschauungen, Wunsch-Vorstellungen, religiöse Thesen / Aussagen
stellt den Maßstab für etwas dar
Ziel ist eine bewertende Betrachtung des Sachverhalt's
da Werte unterschiedlich gewichtet und auch interpretiert werden, sind Bewertungen immer auch subjektiv (religiös und kulturell geprägt)
normative Aussagen müssen regelmäßig geprüft und hinterfragt werden
es emphiehlt sich, auch andere Perspektiven mit einzubeziehen

hier tritt auch das "Fehler"-Problem auf, normative Aussagen sind Wandlungs-fähig und interpretierbar
deskriptive Aussagen sind ersteinmal ohne Fehler, sie sind ja Tatsachen

gearbeitet wird in der Wissenschaft dann häufig **präskriptiv**
die (deskriptiven) Aussagen werden mit den Vorschriften / Vorgaben / Theorien / … verglichen und Abweichungen / Unstimmigkeiten als Fehler / Problem markiert und ge- bzw. bewertet

explikative Aussagen
Erklärungs-Aussagen (Explanation), auch nomologische Hypothese möglich
sie basieren auf Gesetzen (in der Biologie häufig auch auf Regeln, weil es eben immer Uasnahmen gibt)

1.x.y. Logik

Logik denkende Kunst, Lehre vom venünftigen Schließen / Schlussfolgern

1.x.y.z. klassische Aussagen-Logik

aus der griechischen Antike
Prämisse (Vordersatz, Voraussetzung, Ausage)
eine Aussage kann wahr sein (hier als Merkmal in Großbuchstaben geschrieben: WAHR) oder falsch (FALSCH); häufig werden auch die englischen Worte true (TRUE) und false (FALSE) benutzt, die Aussage A gilt als WAHR; mit einem Negierungs-Zeichen (¬ oder ein Oberstrich über dem Buchstaben) als FALSCH – also: ¬A
zwei-wertige Logik

Aussage:	A	sprich: es gilt A	bzw.: A ist ; A ist WAHR
Aussage:	¬A	sprich: es gilt nicht A	bzw.: A ist nicht; NICHT A; A ist FALSCH

Definition(en): Prämisse
Eine Prämisse ist der Ausgangspunkt eines (logischen) Schlusses.
Eine Prämisse ist eine vorgegebene Aussage.

für spezielle Anwendungen (Technik, Computer) werden auch andere Symbole / Werte für WAHR und FALSCH benutzt

Bereich	WAHR	FALSCH
Technik Elektrik	AN I	AUS 0
Computer	1	0
Programmierung	True	False

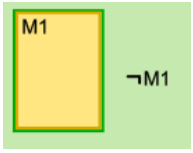
steht eine Aussage für sich, dann ist sie atomar
zusammengesetzte Aussagen sind durch Junktoren miteinander verknüpft

semantisch gültige Aussagen heißen Tautologien
syntaktisch gültige Aussagen heißen Theoreme

Junktoren:
NICHT / NOT
Negation
ein-stelliger Junktor
bezieht sich auch den nachfolgenden Ausdruck
Zeichen ist ein vorgestelltes ¬, praktisch ein logisches Minus-Zeichen
als Negations-Zeichen werden auch Oberstriche verwendet

a	¬a
WAHR	FALSCH
FALSCH	WAHR

besonders anschaulich werden Verknüpfungen von Mengen in VENN- oder EULER-Diagrammen
Die Ausgangs-Menge M1 ist **gelblich** gezeichnet. Die Menge außerhalb ist die Negation dieser Menge – und hier als "Ergebnis" **grün** notiert.

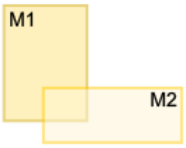


Definition(en): Junktoren
Junktoren sind logische Operatoren.

auch: Konnektive, Konnektoren, Satz-Operatoren, Aussagen-Verbinder, logische Binde-Wörter, Funktoren

werden mindestens zwei Prädikate / Prämissen / Aussagen / … zusammengeführt, dann spricht man von Konklusion (Conclusion)
zwischen beiden Aussagen usw. steht dann ein zwei-stelliger Junktor

die beiden – in den nachfolgenden Diagrammen betrachteten – Ausgangs-Mengen (M1 und M2) sollen in der nebenstehenden Form zueinander stehen

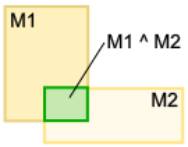


Definition(en): Konklusion
Eine Konklusion ist die Zusammenführung von mindestens zwei .

UND / AND
Konjunktion
damit diese Konklusion gültig (WAHR) ist, müssen die (beiden) Einzel-Aussagen WAHR sein
als Zeichen verwendet man das ("Dach"-Zeichen)
daneben werden auch & oder ein Mal-Zeichen (•) verwendet
Wie in der Schreibung von Multiplikationen kann das Mal-Zeichen auch entfallen

a	b	a Λ b
WAHR	WAHR	WAHR
WAHR	FALSCH	FALSCH
FALSCH	WAHR	FALSCH
FALSCH	FALSCH	FALSCH

werden die obigen Mengen (Ausgangs-Mengen: gelb) betrachtet, dann ist nur der Überlappungs-Bereich (grün) beider Mengen der gültige

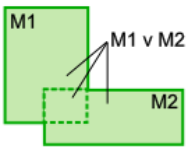


"und" der deutschen Sprache nicht immer eindeutig, z.B. bei Aufzählungen können Alternativen oder auch echte Konjugationen gemeint sein

bei UND hat man schnell den Eindruck es handelt sich um eine Vergrößerung, praktisch handelt es sich aber um eine deutliche Eingrenzung

ODER / OR
Disjunktion
damit diese Konklusion gültig (WAHR) ist, muss mindestens einer der (beiden) Einzel-Aussagen WAHR sein

a	b	a V b
WAHR	WAHR	WAHR
WAHR	FALSCH	WAHR
FALSCH	WAHR	WAHR
FALSCH	FALSCH	FALSCH



XODER / XOR (exklusives ODER; ENTWEDER ODER)
damit eine Konklusion gültig (WAHR) ist, muss ENTWEDER die eine ODER die andere der (beiden) Einzel-Aussagen WAHR sein

a	b	a b
WAHR	WAHR	FALSCH
WAHR	FALSCH	WAHR
FALSCH	WAHR	WAHR
FALSCH	FALSCH	FALSCH

DE MORGANsche Gesetze

a	b	¬(a Λ b)	(¬a) V (¬b)
WAHR	WAHR	FALSCH	FALSCH
WAHR	FALSCH	WAHR	WAHR
FALSCH	WAHR	WAHR	WAHR
FALSCH	FALSCH	WAHR	WAHR

a	b	¬(a V b)	(¬a) Λ (¬b)
WAHR	WAHR	FALSCH	FALSCH
WAHR	FALSCH	FALSCH	FALSCH
FALSCH	WAHR	FALSCH	FALSCH
FALSCH	FALSCH	WAHR	WAHR

Für die Forschung sind die MORGANschen Gesetze wichtig, da sie etwas über mögliche Ursachen oder Fehler bei Forschungen aussagen. Sind Forschungen von mehreren Faktoren abhängig, dann ist in vielen Fällen die exakte Zuordnung des Ergebnisses zu einem der Faktoren nicht möglich. Man kann nur sagen, dass die Ergebnisse von der Kombination der Faktoren abhängig ist. Dass reicht aber selten aus. Wir wollen meist wissen, was genau die ursache für eine Wirkung ist. Wir suchen also den primären Faktor.

Implikation

Quantoren:
ALLE

MINDESTENS EIN

aus einer Aussage kann eine andere Aussage folgen:

A → B sprich: aus A folgt B bzw.: WENN A gilt, DANN gilt auch B
oder ganz kurz: WENN A, DANN B

aus einer oder mehreren Prämissen werden dann logische Schlussfolgerungen (Konklusionen, Zusammenführungen, Folgerungen) gezogen
dabei werden üblicherweise die Prämissen UND-Verknüpft

1.x.y.z. klassische Schluss-Figuren:

Deduktion (Konkretisierung):

Prämisse1:	A → B	Regel: aus A folgt B	Regel
Prämisse2:	A	es gilt: A	Ursache
---	---	---	---
Konklusion:	B	(da aus A B folgt,) (es) gilt B	Wirkung

das gesamte Schluss-Gebilde (aus Prämissen und Konklusion) wird Argument genannt
Deduktion ist der Schluss von der Bedingung und der Regel auf die Konsequenz
Ursache & Gesetz → Wirkung
kurz gesprochen z.B.: WENN A, DANN B; A ist, also ist B
Theorie sagt Beobachtungen voraus
Top-Down-Vorgehen

Definition(en): Deduktion
Unter Deduktion versteht man die allgemein anerkannte Schluss-Figur, bei vom Allgemeinen auf das Besondere gefolgert wird.

Aufgaben:
1.

? Negation
? Umkehrung

Induktion (Verallgemeinerung):

Prämisse1:	A	es gilt: A	Ursache
Prämisse2:	B	es gilt: B	Wirkung
---	---	---	
Konklusion:	A → B	aus A folgt B	Regel, Gesetz

Induktion ist der Schluss von der Bedingung und der Konsequenz auf die / eine Regel
Ursache & Wirkung → Gesetz
Theorie leitet sich aus Beobachtungen ab
aus beobachteten Fakten und mittels logischen Schlüssen eine Theorie über die Wirklichkeit ableiten
Buttom-Up-Vorgehen

Definition(en): Induktion
Induktion ist die (logische) Schluss-Figur, bei der vom Besonderen auf das Allgemeine gefolgert wird.

Gegenstand – Wirkung
Wirkung – Ursache
Gegenstand – Ursache

Vorteile:
intuitiv logisch, einfache Daten-Gewinnung

Nachteile / Probleme:
nie vollständig logisch wahr, Beobachtungen nicht objektiv

Abduktion (Hypothesen-Findung):

Prämisse1:	A → B	Regel: aus A folgt B	Regel, Gesetz
Prämisse2:	B	es gilt: B	Wirkung
---	---	---	
Konklusion:	A	()	Ursache

Abduktion ist der Schluss von der Regel und der / einer Konseqenz auf die Ursache
Gesetz & Wirkung → Ursache

zwingend und Erfahrungs-unabhängig ist nur die Deduktion
Induktion und Abduktion sind nicht zwingend, sie sind nur mögliche Schlüsse.
Das Problem ist nun auch, dass selbst deduktive Schlüsse meist auf Prämissen oder Prämissen-Sätzen basieren, die für sich genommen auf Induktionen basieren. Damit hat man selbst in Deduktionen einen gewissen Rest-Anteil Induktionen. Somit bleiben die Induktionen als logisch nicht sauber lösbares Problem erhalten (Induktions-Problem).

Analogie-Schluss (Schluss per analogiam; ratiocinatio per analogiam)

Prämisse1: A hat Ähnlichkeit zu B
Prämisse2: B hat die Eigenschaft C

Konklusion: A hat die Eigenschaft C

der diesem Schlus zugebilligte Beweiskraft ist nur bedingt gegeben (Analogie-Beweis)!
praktisch nur Wahrscheinlichkeits-Schluss (von anderen zu den Subsumations-Schlüssen gezählt)
wichtiges Instrument zur Hypothesen-Bildung / Modell-Bildung / Modellierung (die Hypothesen, Modelle, Modell-Ergebnisse) müssen aber gegen die Realität geprüft werden!

Modus ponendo tollens (klassische Schluss-Figur aus der Aussagen-Logik)

Prämisse1: ¬(A ∧ B) gesprochen: NICHT in Klammern A UND B
Prämisse2: A (es gilt) A

Konklusion: ¬B

Abduktion gehört neben Deduktion und Induktion zur dreistufigen Erkenntnis-Logik von Chales Sanders PEIRCE (1839 - 1914)
in der ersten Stufe wird eine Hypothese gefunden (Abduktion), aus der dann in der zweiten Stufe Voraussagen abgeleitet werden (Deduktion). die Voraussagen werden dann in der dritten Stufe überprüft (verifiziert), was wiederum der Induktion entspricht.

> Deduktion beweist, daß etwas **sein muss**;
> Induktion zeigt, dass etwas **tatsächlich** wirksam **ist**;
> Abduktion deutet lediglich darauf hin,
> dass etwas **sein kann**.
> Charles Sanders PEIRCE

1.x.y.z. Erklärungen / Zusammenhänge

> Nichts geschieht zufällig,
> sondern alles aus einem Grunde
> und mit Notwendigkeit.
> LEUKIPP

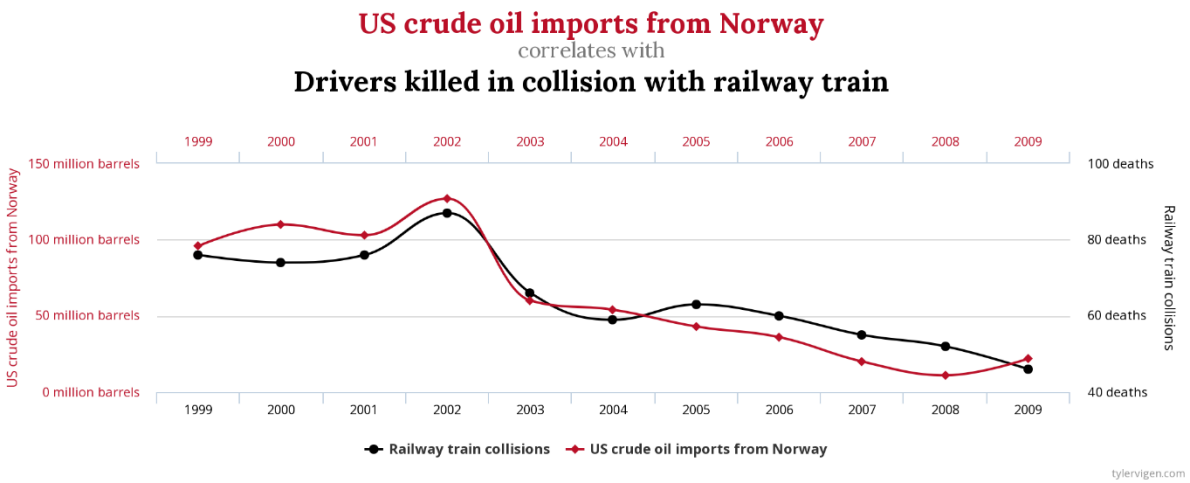
kausale Erklärung / Zusammenhänge

basieren zuerst einmal auf Ursache-Wirkungs-Zusammenhängen
Mittel- und Zweck-Beziehungen sowie auch Grund-und Folge-Beziehungen
diese müssen vor einer weiteren Verwendung von Aussagen geklärt sein

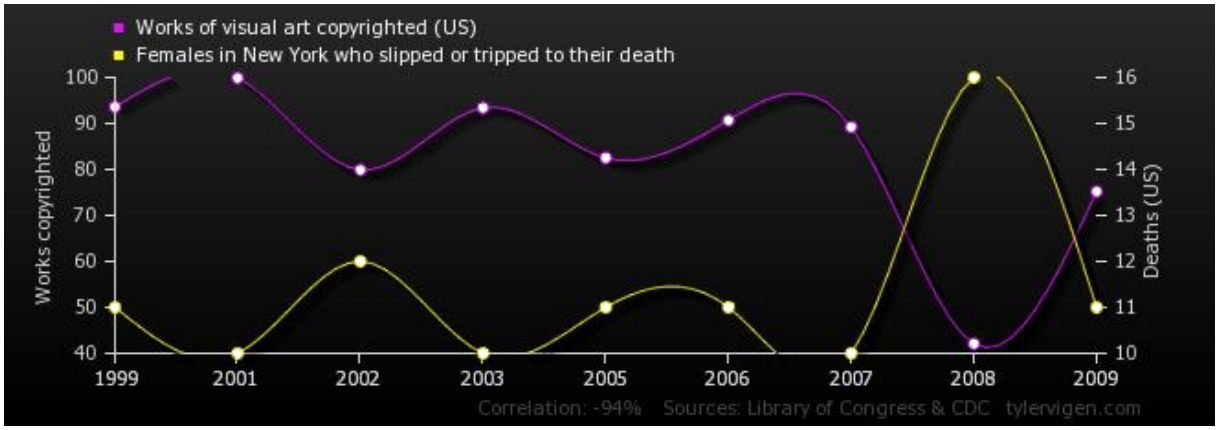
ein kausaler Zusammenhang zwischen Ereignis (/ Situation / Bedingung / Ursache) **U** und Ereignis (/ Situation / Ergebnis / Wirkung) **W** besteht, wenn das Ereignis **U vor W** vorhanden ist / abläuft und **U die W beeinflusst** / U und W im Wirkzusammenhang stehen.
Weiterhin sollte keine weitere Erklärung / keine weiterer einfachere Wirk-Beziehung existieren.

Definition(en): kausaler Zusammenhang
Ein kausaler Zusammenhang besteht dann, wenn ein Ereignis X einem Effekt Y vorausläuft, das Ereignis X mit dem Effekt Y in einem (nachvollziehbarem) Zusammenhang steht und wenn keine andere (einfachere) Erklärung / Beziehung zwischen Ereignis X und Effekt Y besteht.

passen zwei Sachverhalte scheinbar zusammen, ohne dass eine Beziehung zwischen ihnen existiert oder beobachtet werden, dann handelt es sich (einfach nur) um korrelative Zusammenhänge



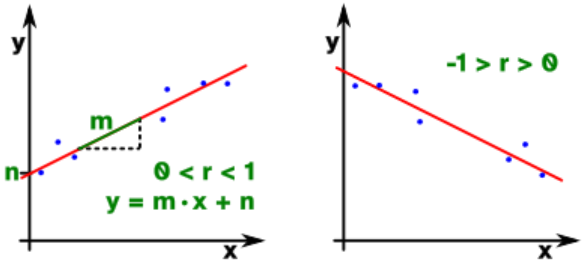
Korrelation der US-Erdöl-Importe aus Norwegen mit den getöteten Autofahrern an Bahnübergängen



Anti-Korrelation zwischen den Urheber-rechtlich geschützen bildenden Kunstwerke und Frauen, die in New York durch Stolpern oder Ausrutschen zu Tode gekommen sind
Q: www.tylervigen.com/spurious-correlations

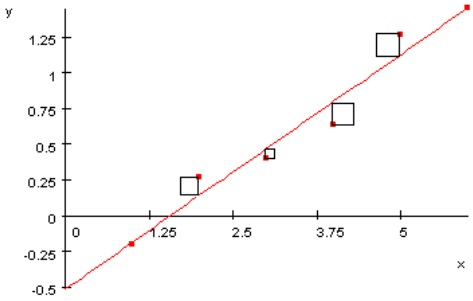
bei korrelativen Zusammenhängen finden wir zwar eine mathematisch passende Korrelation, aber eben keine Beziehung zwischen den Sachverhalten

Das Verfahren zur Berechnung einer linearen Funktion bzw. eben einer Ausgleichs-Gerade heißt Regression.



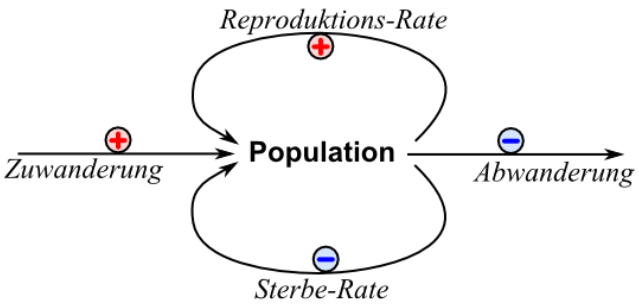
lineare Korrelation (links: positiv; rechts: negativ)

Weiterhin kann man einen Korrelations-Koeffizienten (**r**) berechnen, der etwas über die (mathematische) Qualität des Zusammenhang's aussagt. Ist der Koeffizient 0 bedeutet dies, dass es praktischen keinen mathematischen Zusammenhang gibt. Eine Eins besagt, dass es sich um einen 100%-igen positiven linearen Zusammenhang handelt. Wir sehen eine steigende Gerade.
Einen negativen Zusammenhang erkennen wir an einer fallenden Geraden. Hier würde der Korrelations-Koeffizient idealerweise – 1 sein.



Der Korrellations-Koeffizient war eben auch der Hintergrund für die unseriösen Diagramme oben. Eigentlich suggerieren die Koeffizienten fast perfekte Zusammenhänge. Nur dran ist eben nichts.

in der Wissenschaft arbeiten wir vornehmlich mit kausalen Zusammenhängen
für eine erste Darstellung kann man z.B. Fluss-Diagramme verwenden
diese haben wir schon ausführlich in der Ökologie bei den Populations-Entwicklungen besprochen ()
hier ein einfaches Beispiel



kausale Beziehungen zeichnen sich durch direkte oder indirekte Ursache-Wirkungs-Beziehungen und meistens auch durch mathematisch gesicherte Korrelationen aus
diese muss allerdings nicht linear sein, viele Zusammenhänge sind weitaus komplexer
dabei kann es sein, dass innerhalb einer Kausalitäts-Kette (noch) nicht alle Einzel-Zusammenhänge aufgeklärt sind
Frage nach der Ursache
Erklärung der Wirkung ausgehend von der Ursache

TINBERGEN (1907 – 1988) – ein norwegischer Verhaltens-Biologe; NOBEL-Preis-Träger) postulierte, dass Erklärungen (für das Verhalten von Tieren) niemals nur auf eine Ursache / einen Grund zurückzuführen (monokausal) sind.
Er unterschied Ursachen / Gründe, die unmittelbar wirkten und solche, die verzögert oder indirekt oder über längere Zeiträume einen Einfluß haben / hatten. Erstere nannte er **proximate**, die anderen **ultimate Ursachen**.

Früher wurden TINBERGENs Differenzierung vor allem für die Verhaltens-Erklärung benutzt. Heute verwendet man diesen Ansatz wesentlich breiter (Evolutions-Biologie, Sozio-Biologie, Sozial-Wissenschaften; Psychologie).

Für die Analyse eine Phänomen's sollte man sich nach TINBERGEN immer vier Fragen stellen:

1. Wie funktioniert das Verhalten (das Phänomen) auf der physikalischen, chemischen, physiologischen, neuroethologischenm psychischen und sozialen Ebene? → **Frage nach der Verursachung**
2. Wie entwickelt sich das Verhalten (Wie entsteht das Phänomen), wie entwickelt / verändert es sich im Laufe des Lebens, z.B. durch Umwelt-Einfüsse? → **Frage nach Ontogenese**
3. Wozu ist das Verhalten nützlich? Welchen Sinn hat das Phänomen? → **Frage nach dem Anpassungs-Wert**
4. Welcher Mechanismus / Welche Prozesse haben in der Phylogenese / Evolution zu dem Verhalten (/ dem Phänomen) geführt? → **Frage nach der Phylogenese**

Mit den Fragen 1 und 2 werden die proximaten Ursachen erkundet. Die Fragen 3 und 4 dienen der Klärung der ultimaten Aspekte.

Prüfung der Plausibilität einer kausalen Beziehung
(entlehnt nach HILL (1965) / BEAGLEHOLE (1993) / SCHÄFER (2007)

- Gibt es eine zeitliche Beziehung / Reihenfolge? (Ursache vor Wirkung?)
- Gibt eine mögliche / assoziative Erklärung der Wirkung aus der Ursache? (Existiert ein Modell / eine Theorie?
- Gibt es eine Intensitäts-Wirkungs-Beziehung? ((Semi-)quantitative positive oder negative Kopplung?)
- Ist die Ursache notwendig? (Was passiert beim Entzug der Ursache?)
- Ist die Wirkung unabhängig von der Experimentier-Anordnung? Ergibt sich das gleiche Ergebnis bei anderen Experimentier-Anordnungen

proximate Erklärung (Causa proxima)
lat.: *proximatis* → genähert
aktual-kausale Erklärung
Erklärung eines Phänomen's mit seiner direkten, inneren, endogenen Ursache
ultimate Ursachen sind **unmittelbar**e / aktuelle / auslösende Gründe
Auslöser
vielfach physiologische, chemische oder physikalische Zusammenhänge
"Durch welche Ursache wird ein Verhalten / eine Funktion ausgelöst?"Wie kommt etwas zustande?" oder "Durch welche (direkte Ursache) zeigt sich welche Beobachtung / biologische Funktion? oder "Mit was kommt es zu dieser Erscheinung?"
verdeutlicht den (Wirk-)Mechanismus (eines Sachverhalt's)

also Ziel-orientierte Erklärung

z.B.:

- das Vorhandensein eines Organ's, um einen stabilen Zustand / Organismus zu erreichen
- das Vorhandensein eines Merkmal's, um eine Blüte zu bilden

ultimate Erklärung (Causa ultima)
lat.: *ultima* → die letzte
historisch-kausale Erklärung; **evolutionär** bedingte Erklärungen
Erklärung eines Phänomen's über Ursache-Wirkungs-Kette ausgehend von einer indirekten / entfernten Ursache
Fern-Ursachen / ursprüngliche / exogene / äußere Ursachen werden aufgezeigt
Zweck-Ursachen; Frage nach dem Nutzen
vielfach evolutionäre Phänomene / Abläufe / Prozesse / …
"Wie ist etwas zustande gekommen?" "Wie hat sich etwas entwickelt?"

vielfach ergänzt um:
finale Erklärung
absichtliche / Ziel-gerichtete Veränderung des Verhaltens durch das Individuum
an einem Zweck ausgerichtet

setzt bewußtes / sich selbst reflektierendes Individuum voraus

Beispiele (nicht-biologisch, zum Verständnis):
Ich halte einen Stein in der Hand und öffne diese. Der Stein fällt auf den Boden.
proximal: er fällt, weil ich die Hand geöffnet habe
ultimal: er fällt, weil die Schwerkraft wirkt

Warum ist die Titanic gesunken?
proximal: Das Schiff ist gesunken, weil es ein Loch im Rumpf hatte.
oder: Die Titanic ist gesunken, weil sie mit Wasser voll gelaufen ist.
ultimal: Die Titanic ist gesunken, weil sie eine zu nördliche Route gefahren ist.
oder: Sie ist gesunken, weil sie mit einem Eisberg kollidiert ist.

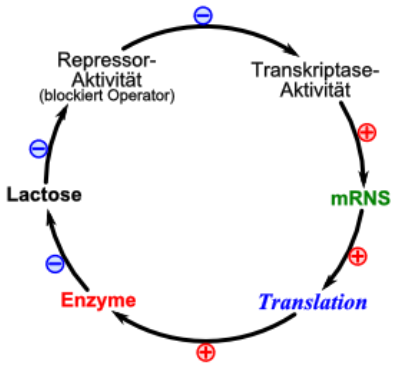
Beispiele (biologisch):
Warum haben Eisbären ein weißes Fell?
proximal: weil sie keine Haare mit Farb-Partikel haben
ultimal: weil sie mit einem weißem / hellen Fell besser an ihre Umgebung angepasst sind

Ein Singvogel singt eine bestimmte Melodie.
proximal: Der Vogel singt, weil das Gehirn über die Neurone bestimmte Muskeln aktiviert
ultimal: Er singt weil der Gesang seine Fortpflanzungs-Chance steigert.

Wodurch ergeben sich unterschiedliche Fortpflanzungs-Strategien bei Weibchen / Frauen und Männchen / Männern?
proximal: Weibchen / Frauen bilden unterschiedliche Hormone, die den Stoffwechsel / die das Verhalten beeinflussen.
ultimal: Für Weibchen sind die "Gesamt-Aufwendungen" / "Kosten" für die Aufzucht eines Nachkommen's größer als für Männchen.

Aufgaben:

1. *Schauen Sie sich weitere Diagramme zu Scheinkorrelationen auf www.tylervigen.com/spurious-correlations an! Gibt es vielleicht doch eine verborgene Kausalität in Ihrem Lieblings-Diagramm?*
2. *Erläutern Sie anhand des Fliess-Diagramm's den Vorgang (Gen-Regulation am Lac-Operon)!*
3. *Nehmen wir an, alle Zusammenhänge im Fliess-Schema sein linear. Wie würden für die anderen Größen die anderen Diagramme aussehen, wenn das mRNS-Zeit-Diagramm eine steigende Funktion wäre?*
4. *Nutzen Sie die Diagramme für eine semi-quantitave Erläuterung!*



funktionale Erklärung

auch **teleologische Erklärung** (altgriech.: *telos* → Zweck, Ziel, Ende)
Frage nach dem Zweck / der Aufgabe / der Funktion
Erklärung über den (interpretierten / höheren) Sinn
→ wissenschaftliche Teleologien: POPPER, FREUD, STEGMÜLLER
verdeutlicht den "Anpassungs-Wert"
"Welchem Zweck dient ein Objekt?" oder "Welche Funktion hat ein Prozess?" oder "Welche Aufgabe hat ein Sachverhalt in der Beziehung zur Umwelt?"

also Funktions-bezogene Erklärung

z.B.:

- das Vorhandensein eines Organ's aufgrund seiner Aufgabe (Funktion)
- Mimikry dient der Täuschung der Fress-Feinde
- die Leber ist vorhanden, um die Giftstoffe aus dem Körper / Blut zu entsorgen / abzubauen
- das Vorhandensein eines Organs / eines Merkmal's durch die Existenz eines entsprechenden Gen's / genetischen Material's
- …

solche teleologischen / funktionalen Erklärungen sollten aber vom Zweck befreit werden, damit sie wissenschaftlich werden

"falsche" / verfälschte funktionale / teleologische Erklärungen

- Das hat die Natur perfekt eingerichtet."
- Der Mensch hat ein Herz, weil er sonst nicht überleben würde.

Hier werden Beschreibungen als Erklärung umgedeutet.

tranzendente Ursachen
äußere (Zweck-)Ursachen
z.B. göttliche Urkraft / Vernunft

immanente Ursachen
innere (Zweck-)Ursachen
aus der Materie und den innewohnenden Kräften

Problem: Anthropomorphismus / Anthropozentrismus

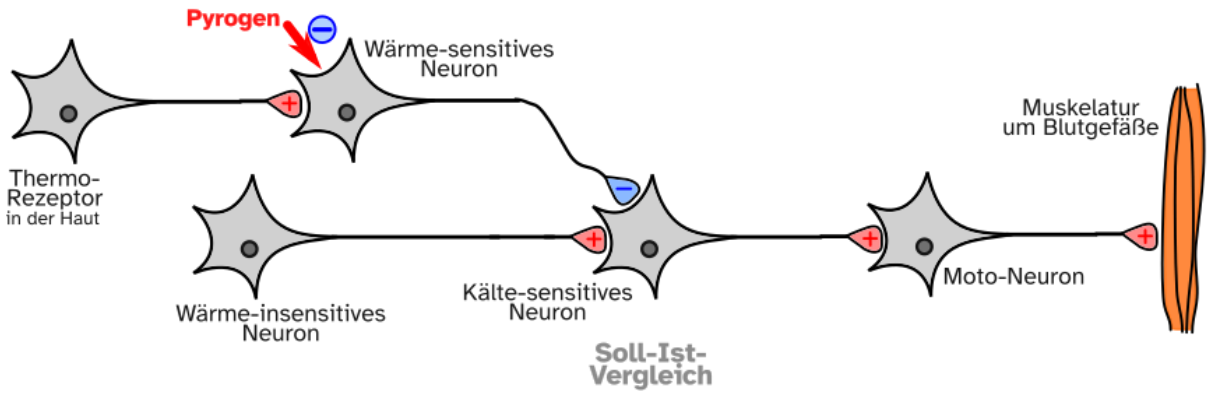
Unter Anthropomorphismus (griech.: *anthropos* → Mensch; *morphe* → Form, Gestalt) versteht man die Zuschreibung von menschlichen Eigenschaften und Intensionen zu Organismen, Göttern und Natur-Prozessen bzw. -Gewalten (Vermenschlichung).
wir Menschen sehen uns als Zweck-gerichtet Handelnde und unterstellen damit oder zur (verständlichen) Erklärung, dass bestimmte Sachverhalte / Prozesse durch das Handeln von Irgendwas (auch z.B. eines Kreator's) entsprechend gesteuert werden
Oft wird auch der Evolution ein Ziel zugeschrieben bzw. es werden menschliche Wunsch-Vorstellungen unterstellt.
Mensch versteht sich als die Krone der Evolution (od. der Schöpfung (;-))
es gibt erhebliche Schwierigkeiten sich selbst objektiv zu betrachten und zu erforschen

Aus der Evolutions-biologischen Sicht ist eine proximate Erklärung von Phänomen abzulehnen. Evolution hat kein Ziel. Auch wenn wir vielleicht als Ziel eine bessere Anpassung sehen, sie kommt zufällig zustande und ist dann da oder nicht. Ein Ziel ist nicht da, denn wie genau diese verbesserte Anpassung erreicht wird, ist nicht vorhersehbar oder vorhersagbar.
Auch funktionale Erklärungen können so schnell problematisch werden. Wieder können wir die neue oder bessere Funktion nur beobachten. Trittt eine neue Funktion auf, dann ist die Evolution nicht wegen dieser Funktion entstanden, sondern es kommt zur Evolution, weil die neue Funktion Vorteile gegenüber Konkurrenten bringt. Mit Verbesserung von Funktionen sieht es genau so aus.

Übung zu Erklärungen

Fieber – ein Phänomen und viele Erklärungen?

Fieber (Pyrexie) ist eine körper-eigene Immun-Reaktion. Es kommt zu einer veränderten Temperatur-Regulation. Die Dissimilations-Abwärme wird nicht mehr stark über die Haut an die Umgebung abgegeben, weil die Blut-Gefäße in der Haut verengt sind. Es kommt zu einem Missverhältnis zwischen chemischer Wärme-Produktion und physikalischer Wärme-Ableitung.
Einige Immun-Zellen reagieren auf Toxine – zumeist sind es Proteine – mit der Bildung von Signal-Proteinen. Ein Pyrogen ist z.B. das Interleukin-1β. Krankheits-Erreger können in Immun-Zellen ebenfalls die Bildung von Pyrogenen auslösen.
Pyrogene beeinflussen hemmend solche Thermo-Rezeptoren, die auf steigende Temperaturen reagieren (Wärme-sensitive Neuronen). Über weitere (nun ungehemmte) Nerven-Zellen werden umschließende Muskel-Zellen von Blut-Gefäßen erregt und zur Kontraktion gebracht. Dadurch verengen sich die Blut-Gefäße und der Blut-Strom wird reduziert.
Andere Thermo-Rezeptoren im Körper reagieren auf abnehmende Temperaturen (Kälte-Rezeptoren; Kälte-sensitive Neuronen). Sie können durch die Wärme-sensitiven Neuronen gehemmt werden.
Fieber ist begleitet von einer Verschiebung des Temperatur-Sollwertes im Temperatur-Regelzentrum. Dieses liegt im Hypothalamus. Im Blut zirkulierende Pyrogene bewirken einen verändertes Regulations-Verhalten hinsicht Wärme-Produktion und -Ableitung. Wir interpretieren dies als einen geänderten Sollwert.
Sind die Krankheits-Ursachen denaturiert, dann reduziert sich die Bildung der Pyrogene und im Hypothalamus wird wieder um den Sollwert reguliert.
Verzögert gebildete Interleukine (z.B. Interleukin-10) sowie weitere gebildete Neurotransmitter (z.B. Stickstoffmonoxid) und Hormone (z.B. Glukokortikoide) begrenzen die Hyperthermie. Die Muskeln der Blut-Gefäße entspannen sich wieder und so kann durch erhöhten Blut-Fluß wieder mehr Wärme an die Umgebung abgegeben werden. Die Körper-Temperatur sinkt wieder.



Aufgaben:

1. ***Bewerten Sie die folgenden Erklärungen / Erklärungs-Versuche auf Wissenschaftlichkeit! Entscheiden Sie, ob die Aussagen jeweils eine proximate oder funktionale Erklärung darstellen!***

   a) Der Körper erzeugt Fieber, um Krankheitserreger oder gefährliche Proteine abzutöten oder zu denaurieren.
   b) Menschen, die durch innere Steuerung einen Wärmestau erzeugen und damit Fieber herausbilden, können Krankheitserreger besser bekämpfen.
   c) Um gefährliche Proteine zu denaturieren, erzeugt der Körper durch gezielten Wärme-Stau Fieber.
   d) Pyrogene erkennen Fremd-Körper (Krankheits-Erreger oder Toxine) und bewirken eine verstärkte Wärme-Produktion, die dann als Fieber wahrgenommen wird.
   e) In der Evolution hat sich eine erhöhte Körper-Temperatur als effektive Immun-Antwort gegen Krankheits-Erreger herausgestellt. Deshalb reagieren homöotherme Organismen auf solche Fremdkörper mit Fieber.
   f) Weil sich der Sollwert im Temperatur-Regelzentrum (im Hypothalamus) verändert, kommt es zu Fieber (überhöhter Temperatur).
   g) Der Körper erzeugt eine erhöhte Temperatur, um Krankheitserreger abzutöten.
   h) Damit der Körper problematische Proteine zerstören kann, bildet er mehr Wärme, die dann als Fieber beobachtet wird.

2. ***Welche Erklärung würden Sie aus wissenschaftlicher Sicht bevorzugen? Begründen Sie Ihre Wahl! Wenn Sie mit keiner einverstanden sind, dann entwickeln Sie eine eigene (kurze) Erklärung!***

1.x.y.z. Beweise

Definition(en): Beweis
Ein Beweis ist die zwingende Ableitung einer Konsequenz / eines Urteils aus gegebenen Prämissen.

regressiver Beweis
aus dem zu Beweisenden (zu beweisender Satz) werden möglichst viele Folgerungen abgeleitet
WENN diese Folgerungen alle WAHR sind, DANN kann mit großer Wahrscheinlichkeit auch geschlossen werden, dass das zu Beweisende WAHR ist

aus einer Theorie / Aussage / … (Grundlage) werden Schlussfolgerungen gezogen
Vergleich vieler Schlussfolgerungen, um sie alle auf Wahrheit zu prüfen
sind alle Schlussfolgerungen wahr, DANN ist (wahrscheinlich) auch die Grundlage der Schlussfolgerungen wahr

induktiver Beweis
WENN für einen Teil der Gesamtheit eine Aussage WAHR ist, DANN kann daraus geschlossen werden, dass die Aussage in der ganzen Gesamtheit WAHR ist
(aber nicht zwingend, da ganze Gesamt eben (noch) nicht geprüft wurde!)

Betrachtung nur eines Objektes / einer Folgerung / … aus der zu grunde gelegten Theorie / Aussage / …
stimmt das zu prüfende Teil mit der charakterisierenden Eigenschaften der Gesamtheit überein, DANN kann man davon ausgehen, dass auch der Rest der Gesamtheit so ist / übereinstimmt

Aufgaben:

x.

x.Welches Schlußverfahren liegt hier vor? Begründen Sie! (Als Partner können Sie Ihren aktuellen Lebenspartner / Freund / Freundin / … ansehen!)

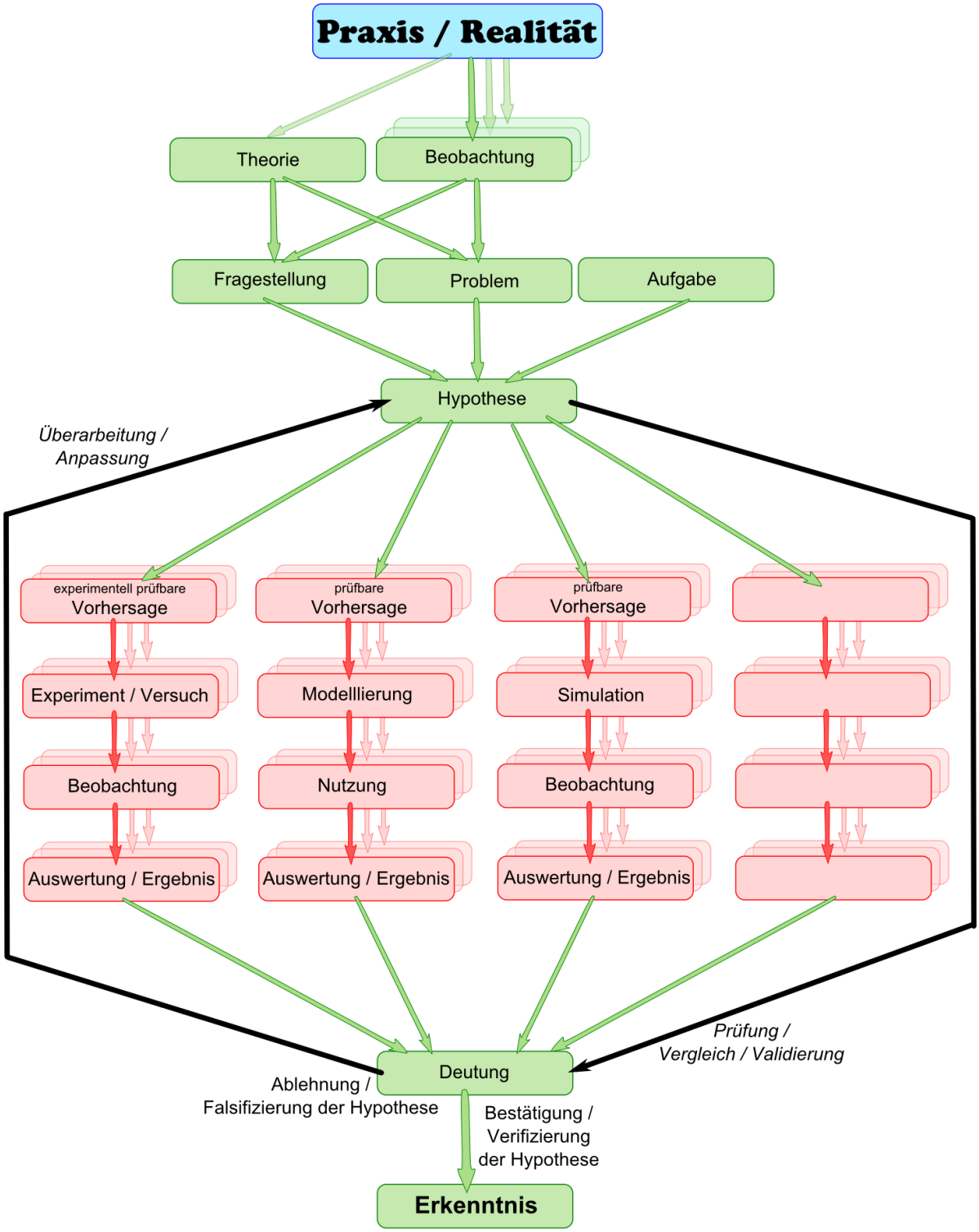
a) Mein Partner und ich sind Schüler.
Mein Partner und ich haben kein Geld.
Alle Schüler haben kein Geld.

b) Alle Schüler haben haben wenig Zeit.
Mein Partner und ich sind Schüler.
Mein Partner und ich haben wenig Zeit.

c) Alle Menschen sind menschlich.
Klaus ist ein Mensch.
Klaus ist menschlich.

d)

hypothetisch-deduktives Vorgehen:



Argumentieren

arguere → lat. für "deutlich zu erkennen geben", behaupten, beweisen, zeigen
Wenn Beweise nicht möglich sind, und das ist eigentlich in der Biologie fast immer der Fall, dann hilft nur Argumentieren. Leider haben wir in der Biologie immer auch ein Ausnahme, so dass ein Beweis durch diese auch immer widerlegt werden könnte.

Ziele des Argumentierens:

- Erkenntnisgewinn
- (gute) Entscheidungsfindung
- Herausbildung kohärenter Überzeugungen
- Verständnis anderer Standpunkte
- Auflösung von Meinungsverschiedenheiten

gefordert wird eine hohe Validität (Kausalität)

Evidenz-Klassen für randomisierte kontrollierte Studien / Experimente: (RCT … randomized controll trial)	
• **Klasse Ia**	Evidenz aufgrund von mindestens einer meta-Analyse auf der Grundlage von methodisch hochwertigen RCT's
• **Klasse Ib**	Evidenz auf der Grundlage mindestens einer methodisch hochwertigen, kontrollierten, aber nicht randomisierten Untersuchung
• **Klasse IIa**	Evidenz auf der Grundlage mindestens einer hochwertigen, kontrollierten, aber nicht randomisierten Untersuchung
• **Klasse IIb**	Evidenz aufgrund einer hochwertigen quasi-experimentellen Untersuchung
• **Klasse III**	Evidenz auf der Basis methodisch hochwertiger, nicht experimenteller diskriptiver Untersuchungen z.B. Korrelations-Untersuchungen, Fall-Studien
• **Klasse IV**	Evidenz auf der Grundlage von systematisch integrierter Experten-Meinung beschreibende Studie
• **Klasse V**	Fall-Serie / Experten-Meinungen

Argument
lat.: argumentum → Gehalt, Beweismittel, Beweisgrund, Darlegung

Aufbau eines Argument's

	1. Prämisse **2. Prämisse** **3. …**	**begründete Aussagen**
	Veknüpfung	… lassen **deduktiv**en oder **induktiv**en Schluss zu auf …
ALSO:	**Konklusion**	**begründete Aussage**

Strittiges / Fragliches in etwas Unstrittiges überführen
Stützung einer Aussage zu einer Schlussfolgerung

Kriterien-basiert
an (festgelegten / allgemein akzeptierten) Anhalts-Punkten orientiert

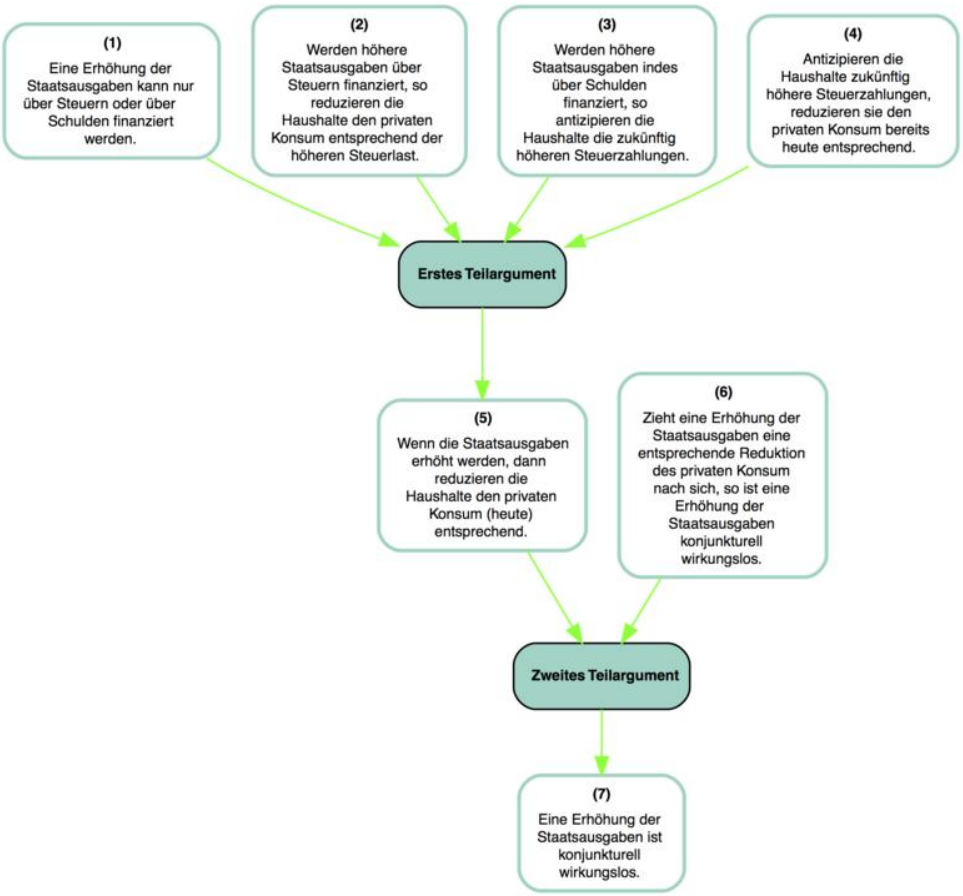
Evidenz-basiert
Evidenz → (höchste) Gewissheit, Deutlichkeit, unmittelbare und vollständige Einsichtigkeit, faktische Gegebenheit, unumstößliche Tatsachen; einleuchtende Erkenntnis; Richtigkeit
unmittelbare kognitive Nachvollziehbarkeit eines Zusammenhang's
Gesamt des Wissens-Bestand's zu einem Sachverhalt / einer spezifischen Frage
Sachverhalt, der durch Beobachtungen, Messungen und / oder Studien belegbar ist
unmittelbar ohne Beweis überzeugende Einsicht
aus der Sache heraus einleuchtend
in der Wissenschaft ist damit die Sammlung von Beweis-Material gemeint
dient zu Unterscheiden von Hypothese, Thesen und Theorien von gesichertem Wissen (Welt-Wissen)

seltener: das Herausgesehene; das Durchsichtige; das ohne Überprüfung Erkennbare
Maß für die Wahrscheinlichkeit (Mathematik)
Offensichtlichkeit, unbezweifelbare Einsicht

objektive, sachliche Evidenz (Sachverhals-Evidenz)

subjektive, persönliche Evidenz (Intuitions-Evidenz)

Argumentation sollte auf der Basis der am besten verfügbaren Informationen erfolgen



Inferenzdiagramm eines wirtschaftsliberalen Arguments, erstellt mit argdown.org
Q: de.wikipedia.org (gregor betz)

1.x. Wissenschafts-Verständnis / Wissenschafts-Theorie

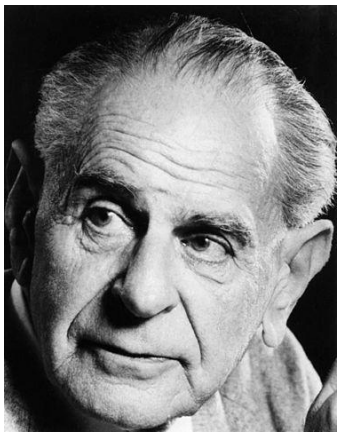
In diesem Skript kann und will isch nicht auf alle Wissenschafts-Theorien oder deren Geschichte eingehen. Dazu fehlen mir der Überblick und die Denkweise.
Hier soll auf einige wenige - mehr oder weniger aktuelle und heute bedeutsame - Theorien eingegangen werden. Eine davon ist das Wissenschafts-Verständnis von Karl POPPER.

> Wenn sich der menschliche Verstand erst einmal auf eine Meinung festgelegt hat, sammelt er sämtliche Beispiele, die sie bestätigen, und obgleich die Gegenbeispiele zahlreicher und gewichtiger sein können, bemerkt er sie nicht, oder weist sie zurück, damit seine Meinung unerschüttert bleibt.
> Francis BACON (1620)

1.x.y. die Wissenschafts-Theorie von POPPER

nach Karl POPPER (1902 – 1994) Philosoph
formuliert / veröffentlicht 1934/35

Grundfragen, die sich POPPER stellte:
Sind induktive Schlüsse (Verallgemeinerungen) vertretbar?
Worin unterscheiden sich wissenschaftliche und pseudo-wissenschaftliche Theorien?



Sir Karl POPPER
Q: de.wikipedia.org (LSE library)

Theorie muss bekannte Sachverhalte erklären können und auch Voraussagen erlauben
Theorie muss auch neue Erkentnis-Schritte zulassen

Kennzeichen einer Theorie

- **Falsifizierbarkeit** — eine Theorie kann nicht logisch bewiesen werden, nur Aussagen, Thesen usw. aus ihr heraus können getestet werden, bei negativem Ergebnis ist die Theorie (eindeutig) abgelehnt, bei positivem Ergebnis verbleibt die Theorie in der Phase der (verbesserten) Bewährung (bis zur weiteren Testung)
- **Erklärungsgehalt** — je mehr Tatsachen, Fakten, … eine Theorie erklären, um so besser ist sie
- **Plausibilität** — je mehr sich eine Theorie bewährt und umso passender sie zu anderen passt, umso besser ist eine Theorie
- **Parsimonität** (Sparsamkeit) — je weniger Einschränkungen und Ausgangs-Bedingungen für eine Theorie notwendig sind, umso besser ist eine Theorie

Theorien lassen sich praktisch nur gegeneinander bewerten
in der Wissenschaft wird die Falsifikation von Theorien angestrebt
dazu ist eine Theorie und daraus folgend eine konkrete Voraussage nötig
mit Hilfe vieler Voraussage-Tests / -Überprüfungen wird die Theorie an / in der Praxis / Realität geprüft

Eine Theorie ist solange wahr (gültig), wie sie nicht widerlegt ist.

Theorien lassen sich hierarchisch ordnen
eine übergeordnete Theorie (Meta-Theorien) kann als Bezugs- und Erklärungs-Rahmen (Paradigmen) für eine untergeordnete Theorie dienen

Definition(en): Theorie
Eine Theorie ist eine Gruppe von zusammenhängenden, systematisch geordneten Aussagen über die Wirklichkeit / Realität, die erklärende (explikatorische) und voraussagende (prognostische) Funktionen haben.

Wissenschaften sind dadurch gekennzeichnet, dass sie widerlegbare Theorien aufstellen
Theorie ist dann wissenschaftlich, wenn sie sich anhand von empirischen Beobachtungen widerlegen (falsifizieren) lässt
es ist derjenige ein Wissenschaftler, der das Risiko auf sich nimmt, eine Theorie zu formulieren, die sich falsifizieren (ablehnen) lässt

Vorteile:
angestrebtes wissenschaftliches Verfahren

Nachteile / Probleme:
radikal; ein einzelner Gegenbefund zerstört gesamte (bisherige) Theorie

Definition(en): empirische Welt
Die empirische Welt ist der Teil der Reakität, der durch unsere Erfahrungen zugänglich ist.

Definition(en): Empirismus
Empirismus ist die Ansicht / das Weltbild / Weltverständnis, dass alles Wissen über das real Existerende nur über unsere Sinne zugänglich ist.

z.B. sind die NEWTONschen Gesetze oder die Allgemeine Relativitäts-Theorie falsifizierbar (widerlegbar)
dagegen sind die MARXsche Geschichts-Theorie oder die FREUDschen psychologischen Theorien oder der Idealismus nicht widerlegbar (falsifizierbar)

Man kann die Naturwissenschaft als die Kunst
der systematischen Vereinfachung beschreiben.
Sir Karl R. POPPER (*Das offene Universum*)

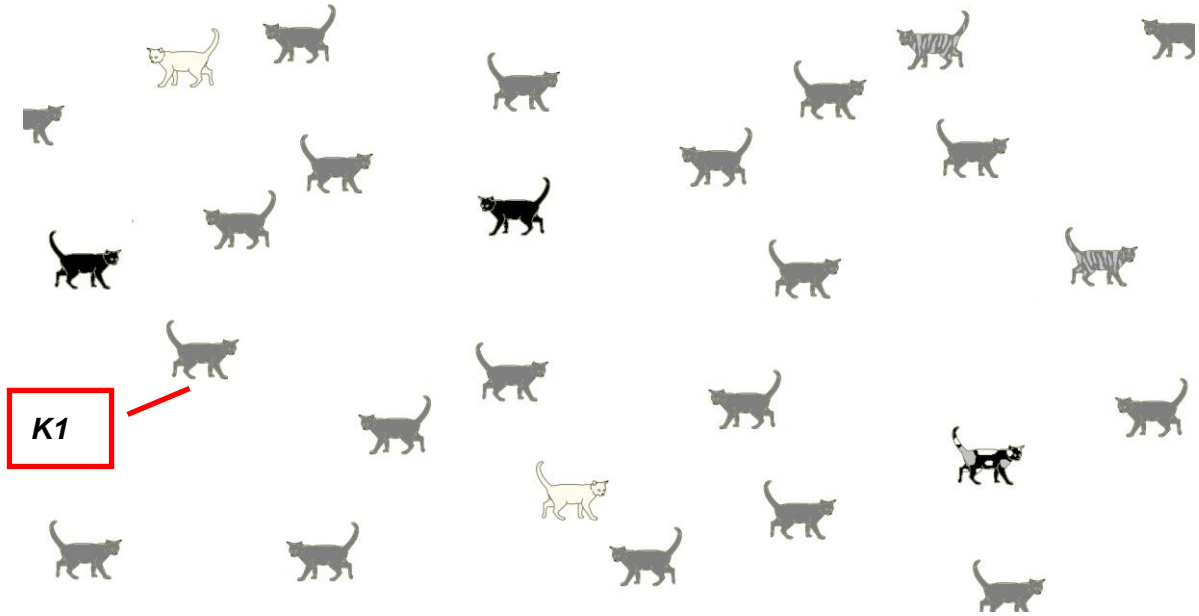
Falsifikation ist die Widerlegung (einer Aussage / Theorie / …)
Falsifizierbarkeit beinhaltet nur die Möglichkeit der Ablehnung

Definition(en): Verifikation
Eine Verifikation ist der logische Beweis einer Theorie.

Definition(en): Falsifikation
Eine Falsifikation ist ein Verfahren, um eine Theorie als logisch falsch zu identifizieren.

(c,p) 2014 - 2026 lsp: dre

als veranschaulichendes Modell nehmen wir eine **noch(!) unerforschte Katzen-Welt**.



unerforschte Katzen-Welt

induktives Vorgehen – also das Schließen vom Einzelnen zum Allgemeinen – ist nicht zu rechtfertigen / nicht wissenschaftlich

Beispiel:

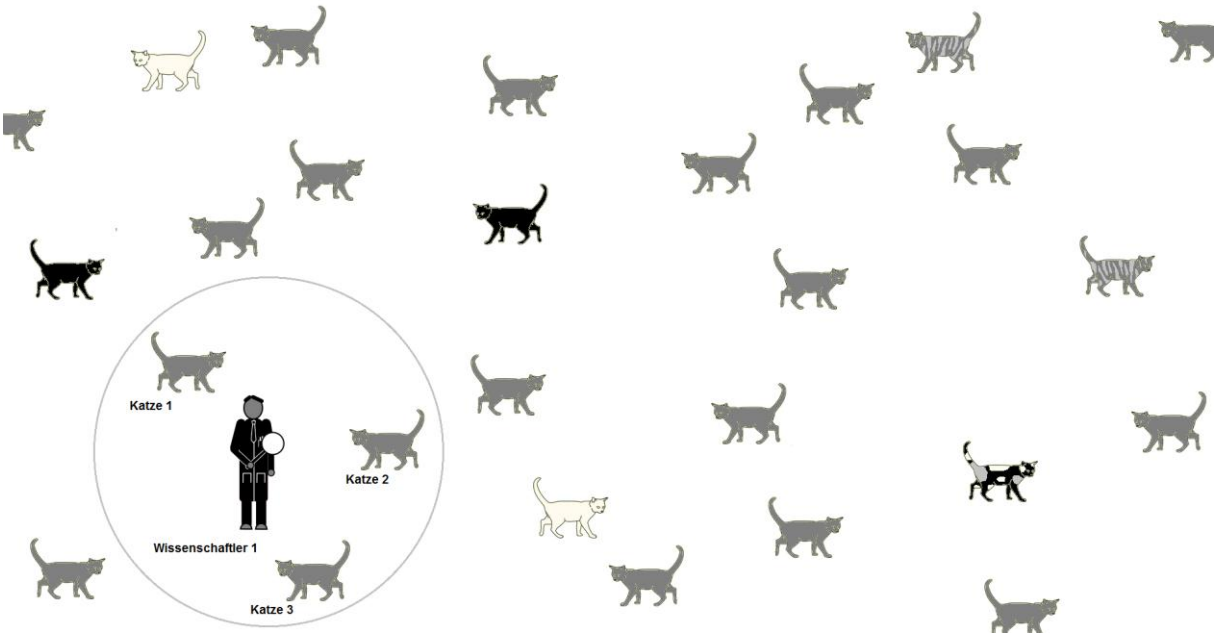
Aussage:	*Katze K1 ist grau.*
---	---
(ind.) Schluß:	*Alle Katzen sind grau.*

unwissenschaftlicher Schluß

statt von Einzelnen zum Allgemeinen kann man auch versuchen von mehreren empischen Beobachtungen auf eine Theorie folgern

Beispiel:

Aussage1:	*Katze K1 ist grau.*
Aussage2:	*Katze K2 ist grau.*
Aussage3:	*Katze K3 ist grau.*
---	---
(ind.) Schluß:	*Alle Katzen sind grau.*



Wissenschaftler 1 beobachtet in der Katzen-Welt

obiges System würde funktionieren, wenn es wirklich nur die 3 Katzen geben würde – die Gesamtheit also beschränkt wäre. Da das normalerweise eben nicht so ist, kann niemals die vollständige Gesamtheit erfasst werden. Es bleiben immer Objekte etc. übrig, die nicht erfasst werden. Bei unbeschränkten Gesamtheiten helfen wir uns dann auch gerne mit der Statistik. Wir wählen eine ausreichend große Stichprobe und werten diese aus. Mit statistischen Test's können wir dann berechnen, wie sicher und allgemeingültig die gemachten Aussagen sind.

Wissenschaften arbeiten praktisch nicht induktiv, sondern deduktiv (Schließen vom Allgemeinen zum Einzelnen). Anders gesagt Wissenschaftler stellen eine Theorie auf, von der auf die Praxis geschlossen werden kann. Ist genau dieser Schluss nicht möglich, weil die Praxis die vorhergesagten (theoretischen) Beobachtungen nicht hergibt, dann ist die Theorie falsch (falsifiziert) und abzulehnen.
Um allerdings zu einer ersten Theorie zu kommen, ist meist ein induktives Vorgehen notwendig.
Ausgehend von der Theorie "Alle Katzen sind grau." werden nun (experimentell) prüfbare Thesen aufgestellt, die für den Einzelfall (eine konkrete Katze) die Theorie prüfen.
Die These für Katze K1 lautet also "Katze K1 sollte grau sein.". Ganz exakt (wissenschaftlich) wäre die These wie folgt zu notieren:

WENN die zu prüfende Katze Kx grau ist,
DANN wird die Theorie ("Alle Katzen sind grau.") verifiziert,
SONST wird die Theorie abgelehnt (falsifiziert).

Das ist aber für unteres Schema etwas zu lang, deshalb nutzen wir die folgende Kurzform.

Theorie:	Alle Katzen sind grau.		
Test1:	Katze K1 sollte grau sein	→ Katze K1 ist grau	→ Theorie OK
Test2:	Katze K2 sollte grau sein	→ Katze K2 ist grau	→ Theorie OK
Test3:	Katze K3 sollte grau sein	→ Katze K3 ist grau	→ Theorie OK
	zu prüfende These	***Beobachtung***	***Schlussfolgerung / Ergebnis***

Definition(en): Falsifizierbarkeit
Unter Falsifizierbarkeit versteht man die Überprüfbarkeit einer Aussage / Theorie / These / eines Urteils (anhand nachvollziehbarer, exakter und wiederholbarer Methoden / Tests).

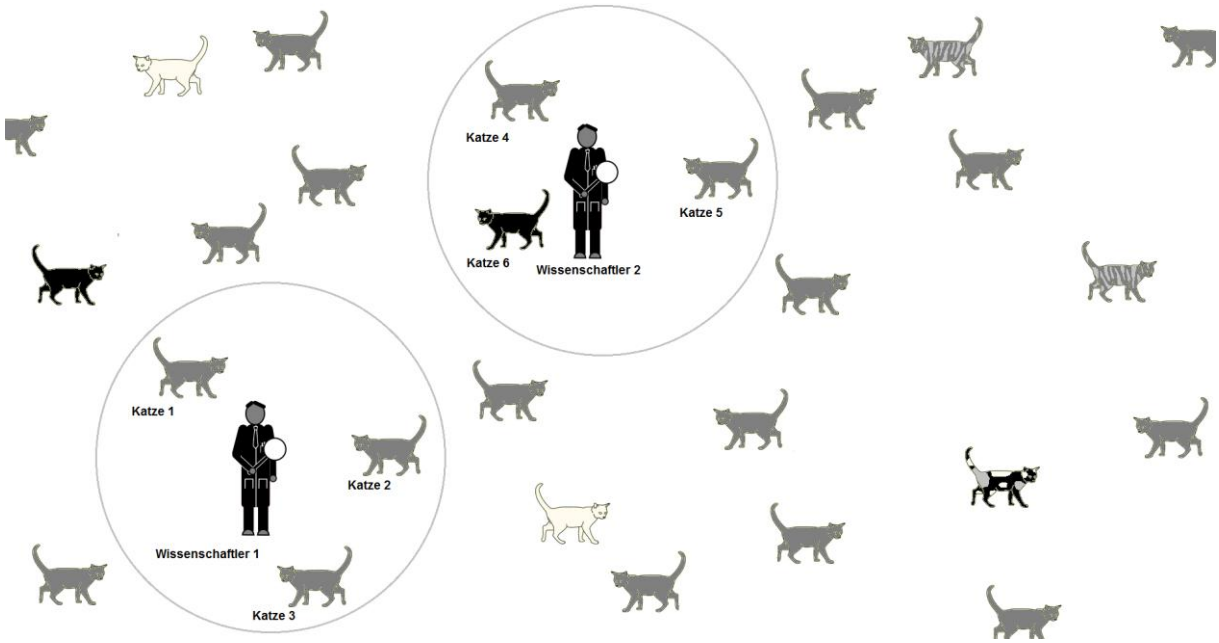
Die aktuell anerkannte Theorie ist immer noch:

Alle Katzen sind grau.

Nun kommt es irgendwo durch einen anderen Wissenschaftler zu den gleichen Auseinandersetzungen mit der gültigen Theorie. Wiederholbarkeit / Reproduzierbarkeit der Ergebnisse gehört zu den Grundforderungen an ein wissenschaftliches Arbeiten.

Der neue Wissenschaftler macht nun folgende Voraussagen (für seine Katzen-Welt):

Test1:	Katze K4 sollte grau sein	*Hypothesen-Bildung*
Test2:	Katze K5 sollte grau sein	
Test3:	Katze K6 sollte grau sein	



Wissenschaftler 2 erforscht die Katzen-Welt und prüft Wissenschaftler 1

Er findet nun aber ein etwas anderes End-Ergebnis:

Test1:	Katze K4 sollte grau sein	→ Katze K4 ist grau	→ Theorie OK
Test2:	Katze K5 sollte grau sein	→ Katze K5 ist grau	→ Theorie OK
Test3:	Katze K6 sollte grau sein	→ Katze K6 ist schwarz	→ **Theorie widerlegt**

Bei den Prüfungen wird natürlich beachtet, dass es sich nicht um einen Beobachtungs-Fehler (Katze war im schwarzem Schlamm) oder eine spezielle Situation (Katze ist trächtig und hat für diese Zeit ein geändertes Fell) handelt. Gerade im Bereich der Biologie und der Evolution sind solche Prüfungen unbedingt notwendig. Ev. muss festgelegt, ob eine (begründete) Ausnahme zulässig ist.

Nun muss eine neue Theorie her. Die könnte z.B. lauten "Alle Katzen sind grau oder schwarz."

Theorie:	Alle Katzen sind grau oder schwarz.		
Test1:	K4 sollte grau oder schwarz sein	→ Katze K4 ist grau	→ Theorie OK
Test2:	K5 sollte grau oder schwarz sein	→ Katze K5 ist grau	→ Theorie OK
Test3:	K6 sollte grau oder schwarz sein	→ Katze K6 ist schwarz	→ Theorie OK

Der Wissenschaftler 2 prüft nun seine neue Theorie auch mit den veröffentlichten Daten des Wissenschaftler 1 oder Wissenschaftler 1 testet die Theorie an seiner Katzen-Welt:

Theorie:	Alle Katzen sind grau oder schwarz.		
Test1:	K1 sollte grau oder schwarz sein	→ Katze K1 ist grau	→ Theorie OK
Test2:	K2 sollte grau oder schwarz sein	→ Katze K2 ist grau	→ Theorie OK
Test3:	K3 sollte grau oder schwarz sein	→ Katze K3 ist grau	→ Theorie OK

Mit der verbesserten Theorie sollte sich nun auch der Wissenschaftler 1 anfreunden können, auch wenn er zuerst sicher nicht damit einverstanden ist. Aber die Beobachtungen des Wissenschaftler 2 kann er nicht ignurieren. Er wird sicher nach einem Haar in der Suppe suchen, aber bei guter wissenschaftlicher Methodik stehen die Forschungs-Ergebnisse sicher da.
Das Spiel geht nun immer weiter. Beim nächsten Testen gerät vielleicht eine weiße Katze in das Untersuchungsfeld (Beobachtungs-Fokus). Wieder wird die aktuell gültige Theorie abgelehnt und eine neue muss her.
Eine neue Theorie muss nach POPPER besser oder zumindestens gleich gut sein. Die Theorie "Alle Katzen sind schwarz." verbietet sich schon von vornherein. Es würde wohl auch keinem Wissenschaftler in den Sinn kommen, die Wissenschafts-Welt mit einer (neuen) schlechteren Theorie zu konfrontieren, da er genau weiss, diese Theorie wird sofort zerlegt und niedergemacht (praktisch also falsifiziert).

> Jede Lösung eines Problems
> schafft neue, ungelöste Probleme.
> Sir Karl R. POPPER (*Erkenntnis ohne Autorität*)

All-Sätze sind allgemeingültige Aussagen, z.B. Natur-Gesetze.
Praktisch sind sie nicht bestätigbar (vollständig beweisbar), da ihnen zumeist eine unendliche Gesamtheit zugrunde liegt. Irgendwo in dieser Unendlichkeit kann doch eine andere Gegebenheit vorkommen. All-Sätze lassen sich dann durch eine einzelne (unerwartete) Beobachtung widerlegen (falsifizieren).

Existenz-Sätze (z.B. "Es gibt weiße Katzen.") sind praktisch verifizierbar. Dazu braucht man nur die Katzen-Welt durchsuchen, bis man eine weiße Katze gefunden hat und schon ist die These bewiesen. Existenz-Sätze lassen sich widerum aber nicht falsifizieren. Dazu müsste man alle Katzen testen können, was nach aller Wahrscheinlichkeit eben nicht geht. Es kann gut sein, dass keine weißen Katzen gefunden werden. Es bleibt immer die Möglichkeit, dass sich irgendwo eine weiße Katze vor den derzeitigen Wissenschaftler-Augen versteckt.

Dieses Wissenschafts-Vorgehen hat unterschwellig etwas Negatives. Ein Wissenschaftler sucht etwas, was die Theorie eines anderen schlecht macht oder die Möglichkeit zur Ablehnung schafft. Der unterlegene Wissenschaftler fühlt sich nun meist in seiner Ehre verletzt. weil er praktisch als Verlierer (Versager) dasteht. Dies ist aber – wenn man es ganz exakt nimmt – gar nicht so. Eigentlich ist jede unterlegene oder überholte Theorie – und damit auch sein verkündender Wissenschaftler – ein notwendiger Meilenstein in der Entstehungs-Geschichte der neuesten Theorie. Leider wird das in Lehrbüchern und im Wissenschafts-Leben zuoft vergessen.
Sich auch mit vergangenen (widerlegten / falsifizierten) Theorien zu beschäftigen ist wichtig und trägt zum besseren Verständnis der neuesten Theorie bei. Deswegen werden in diesen Skripten auch immer mal wieder überholte – aber historisch und Erkenntnis-wichtige Theo-

rien erwähnt. Sie sind notwendige Voraussetzung für den heutigen Erkenntnisstand. Und der ist – entgegen dem oft unterstellten Anspruch – nicht endgültig und schon gar nicht auf Ewigkeit gültig.

einmalige, historische Ereignisse und Abläufe können nicht direkt beweisen werden
Theorien über diese Ereignisse können also nicht direkt widerlegt werden (sie sind also **Metaphysik**)
Theorien können nur mittels indirekter Test's und anhand der Theorie-Kennzeichen bewertet werden

Widerlegung einer Theorie nur durch die Falsifizierung von ihr abgeleiteter Hypothesen möglich, Beweis einer Theorie oder der von ihr abgeleiteten Hypothesen ist niemals möglich
Lücken sind noch keine Gegenbeweise

zusätzlich sollte man sich auf beiden Seiten der Diskussion (PRO-KONTRA) immer bewusst sein, das biologische Systeme immer auch Ausnahmen und Sonderfälle beinhalten
man sollte also den einzelnen (scheinbaren) Gegenbeweis nicht gleich als K.O.-Kriterium hochpuschen
Ausnahmen und Sonderfälle müssen aber geklärt werden und ev. die These angepasst werden
in keinem Fall ist eine Ausnahme aber ein automatischer und endgültiger Schöpfer-Beweis

es bleiben aber Aspekte, die (derzeit) nicht erklärt und vor allem als Theorie nicht falsifiziert werden können
dazu gehören Aspekte des Glaubens, der Mystik, Dichtung und Philosophie
ihre Gültigkeit muss aus wissenschftlicher Sicht solange als vollwertig anerkannt werden, bis sie eindeutig falsifiziert werden können
Mythen können aber frühes Kulturwissen enthalten, die Mythen verselbstständigen sich dann

Bedingungen für die Wissenschaftlichkeit einer These:

- **These muss prüfbar sein**
- **These muss falsifizierbar sein**
- **These muss in das Rahmen-Gefüge der anderen Wissenschaften passen** — muss auf bekannte Aussagen / Theorien / Gesetze auufbauen
- **These darf nicht anderen Thesen / Theorien widersprechen** — z.B. bekannten physikalischen oder chemischen gesetzen

Existenz-Sätze sind nicht widerlegbar (falsifizierbar)! Sie lassen sich ev. belegen / beweisen (verifizieren). Wenn sie verifiziert werden, dann ist der Satz gültig. Gegenteil ist nicht beweisbar, weil sich das Existenz-Objekt unter Umständen auch objektiven oder derzeit möglichen Beobachtungen entziehen kann.

prüfen / einbeziehen??
es gibt lt. POPPER keine einzelne Theorie, die gleichzeitig für die Beurteilung von wissenschaftliche Aussagen dient als auch für Glaubensätze oder Mythen
die Unvereinbarkeit liegt darin, dass wissenschaftliche Aussagen überprüfbar sind, während Glaubenssätze und Mythen geglaubt werden (sollen)

Schöpfungs- und Glaubens-Lehre beschäftigt sich mit dem Sein als Ganzes, welches nicht aus sich selbst heraus begründet ist oder werden kann, Schöpfung ist nicht nur Geschichte, sondern auch das Ziel
ontologisch (= allgemein metaphysisch (übernatürlich, übersinnlich, die Erfahrungen überschreitend))

Ontologie / Metaphysik fragt nach dem Sinn von Etwas

Frage, ob es einen übergeordneten Sinn / Zweck in Allem gibt
Realität / Dinge / … werden als unveränderlich (weil in der aktuellen Form vorbestimmt) betrachtet
alternativ wäre Alles zufällig und ohne einen richtenden Sinn / Zweck → Dialektik (Dinge sind veränderlich, es wirken naturwissenschaftliche Gesetze usw., die unabhängig von konkreten Sein sind (also allgemeingültig)
metaphysisch wird synonym mit übersinnlich, übernatürlich, überempirisch, transzendent / transzendental benutzt

Definition(en): Ontologie
Die Ontologie ist die Lehre von allem Seienden, dem dahintersteckenden Sinn, den Beziehungen zwischen den Dingen und den Möglichkeiten und Grenzen des Verständnis sowie der Veränderlichkeit dieser Dinge.

Definition(en): Metaphysik
Metaphysik ist eine Grunddisziplin der Philosophie, die nach den primären Ursachen, Voraussetzungen, Regeln und Gesetzen sowie dem Sinn und Zweck der Realität bzw. allen Seins fragt.

die Evolutions-Theorie erforscht die Ursachen für die Erscheinungsformen, Forschungs-Objekt ist ein Auschnitt aus dem Ganzem (/ der objektiven Realität)
phänomenologisch

praktisch muss die ganzheitliche (integrierte) Weltsicht die wissenschaftlichen Erfahrungen und Aussagen einschließen
die Naturwissenschaft kann aber niemals die ganzheitliche Sicht insgesamt einschließen

weltoffene Theologen sehen die Schöpfungslehre aufgrund der wissenschaftlichen Beweiskraft weiter, offener und radikaler, ohne die Schöpfung als solche abzulehnen
unbelehrbare Gläubige (dazu gehören auch manche Wissenschaftler) radikalisieren sich
weg von der selektiven, dogmatischen Wort-Interpretation zur literalisierten (beschreibenden) Ganzheits-Interpretation
selbst die Genesis wird an mehreren Stellen der Bibel in unterschiedlicher Form und Reihenfolge dargestellt

selbst wenn Gott (od. ein anderer Schöpfer (Allah, …)) die Texte der Bibel so offenbart hat, dann heißt das noch lange nicht, dass der Mensch sie wortwörlich nehmen muss oder sie auch überhaupt vollständig erfassen / interpretieren kann (vielleicht ist auf der göttlichen Ebenen alles ganz anders gemeint / betrachtet worden)
jede Spekulation darüber entzieht sich den menschlichen Glaubensbildern und einer naturwissenschaftlichen Erforschung / Betrachtung
Theologen, die Gott bzw. Gottes Wort interpretieren (wollen / können), erheben sich faktisch über Gott, was an sich schon in den meisten Fällen Gottes-Lästerung wäre / sein sollte
natürlich sprachliche Aussagen können immer verschieden interpretiert werden, für Außenstehende ist es kaum möglich, genau zu erkennen / wissen, was der Aussagende wirklich gemeint hat
in der Evolutions-Biologie besteht eine besondere Gefahr, weil sie sich ja mit uns selbst beschäftigt, und damit zwangsläufig subjektiv ist, auch gesellschaftlichen, moralischen und politischen Interessen und Wünschen zu unterliegen
Mißbrauch der Wissenschaft durch Fehl-Interpretationen oder isolierte Teil-Aussagen oder Übertragung auf neue Felder / Gesellschaftsbereiche, für die die konkrete Wissenschaft(s-Theorie) gar nicht gedacht war
z.B. Sozial-Darwinismus: Übertragung vom biologischen "Kampf ums Darsein" eins-zu-eins auf die gesellschaftlichen Beziehungen
z.B. Rassen-Wahn im Dritten Reich: Möglichkeit der Beschreibung und Klassifizierung von Rassen als politisches Statement (Nürnburger Rassen-Gesetze) und populäres Erklärungs-Modell für gesellschaftliche / wirtschaftliche Probleme (Große Rezession, Weltwirtschaftskrisen, Weltkriege)

fehlende Beweise für eine Theorie sind kein Beweis für die Unrichtigkeit der Theorie
fehlende Beweise sind nicht das Gleiche, wie Gegen-Beweise, diese belegen eindeutig die Unrichtigkeit der These

Aufgaben:

1. Wie kann man Evolution beweisen? Begründen Sie Ihren Standpunkt!

2.

Natürlich geht es der Theorie von POPPER wie jeder Theorie, die er in einer ständigen Entwicklung sieht. Auch sie hat Widersacher auf den Plan gerufen.

zu den bedeutensten Auseinandersetzungen mit POPPER gehört die Wissenschafts-Geschichts-Betrachtung von KUHN (1976)
KUHN sieht Wissenschaften mehrphasig. Es gibt Phasen des normalen Wissenschafts-Betriebes und dann Krisen.
er definiert Normal-Wissenschaften und Paradigmen

Eine Normal-Wissenschaft ist eine Art der Forschung, die fest auf einer oder mehrerer (wissenschaftlicher) historischer Leistungen beruhen und von einer wissenschaftlichen Gemeinschaft (Wissenschaftler-Gruppe) anerkannt wird. Diese Wissenschafts-Leistungen werden meist in Lehrbüchern dargestellt.

Ein Paradigma ist eine wissenschaftliche Leistung, die neuartig ist, so dass sich eine Gruppe von Wissenschaften ihr zuwendet und die Freiräume für weitere Forschung lässt.
In der Phase der Normal-Wissenschaft bleiben die Paradigmen bestehen und werden ausgebaut und ausgestaltet. Die Normal-Wissenschaften sind von sich aus nicht auf Veränderungen aus. Aber im Laufe des Arbeiten's werden sich nach und nach Ergebnisse anhäufen, die den gelehrten Thesen / Theorien widersprechen. Irgendwann kommt es zur Krise.

(Im umgangssprchliche Verständnis sind Paradigmen meist musterhafte Beispiele, die sich schematisch auf andere Sachverhalte übertragen lassen. Für die Paradigmen nach KUHN ist eine Übertragung auf andere Sachverhalte nicht so möglich.)

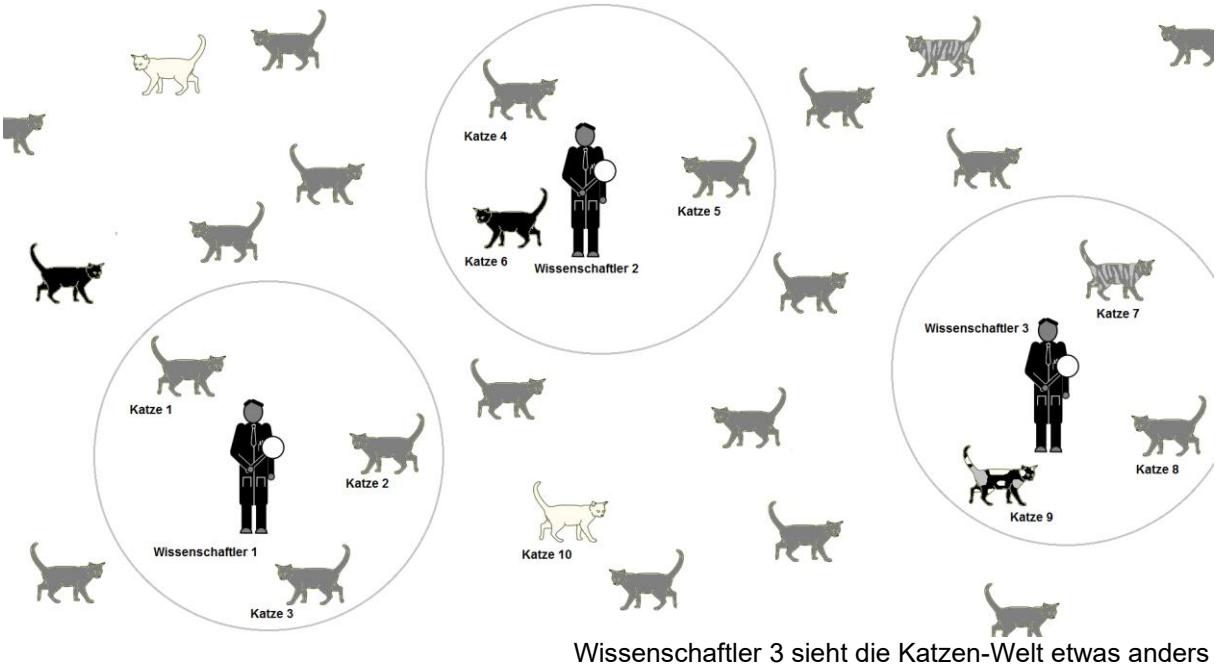
Paradigmen-Wechsel sind wissenschaftliche Revolutionen, die von tiefgreifenden und heftigen Auseinandersetzungen / Diskussionen begleitet werden
nun gelten quasi die neuen Paradigmen und bestimmen ab dann den neuen "Normal"-Wissenschafts-Betrieb, bis irgendwann neue Krisen entstehen

große wissenschaftliche Revolutionen:

- Kopernikanische Revolution (Ersatz des ptolomäischen Weltbildes durch das kopernikanische)
- Chemie des LAVOISIER (Ablösungung der Plogeston-Theorie durch die Oxydation/Reduktion)
- Relativitäts-Theorie von EINSTEIN (neuartiges Raum-Zeit-Modell, löst NEWTONsche Mechanik ab)
- Quanten-Mechanik (HEISENBERG, SCHRÖDINGER, BORN, JORDAN, PAULI, BOHR, DIRAC, VON NEUMANN, HUND) löst die klassische Mechanik (klassische (auf feste Körper und deterministische Objekte beruhende) Physik) ab

KUHN sieht eine Ebene über der einfachen wissenschaftlichen Tätigkeit, die von einer übergeordneten Theorie oder fundamentalen Hypothese gebildet wird. Weiterhin glaubt KUHN nicht an das Lernen aus Fehlern (bei POPPER), da dazu übergeordnete Regel bzw. Fehler-Findungs-Systeme geben müsse, die es eben nicht gibt.

Aber auch der Holismus von DUHEM (1998) sieht die wissenschaftliche Arbeit etwas anders. Im Holismus übernimmt das Ganze den Vorrang vor den einzelnen Bestandteilen. Die typische – weit verbreite – Aussage "Das Ganze ist mehr als die Summe seiner Bestandteile." hat wohl jeder schon mal gehört.
Im Holismus herrscht die Meinung vor, dass man nicht einzelne Thesen / Hypothesen / Theorien testen kann, sondern nur (bestimmte) Gesamtheiten von Thesen / Hypothesen / Theorien.
Praktisch können verschiedene Wissenschaftler(-Gruppen) zu unterschiedlichen Forschungs-Ergebnissen und Theorien kommen.



Wissenschaftler 3 sieht die Katzen-Welt etwas anders

Der Wissenschaftler 3 wird sich gar nicht auf eine Theorie einlassen, die einfarbige Katzen beschreibt. Für ihn sind die Katzen grau gemustert, mit mal mehr oder weniger grau.
Interessant ist an diesem einfachen Modell, dass es in der Unendlichkeit der Katzen-Welt eben auch noch Überraschungen gibt. So ist Katze 10 (- also eine weiße Katze) noch in keiner der heiß diskutierten Theorien aufgetaucht. Vielleicht erwischt sie ein neuer Forscher bei seiner Arbeit, erstellt eine neue Bahn-brechende Theorie und bekommt vielleicht verdientermaßen den NOBEL-Preis dafür. Wissenschaften sind niemals fertig oder perfekt. Nur einzelne Wissenschaftler sind von sich selbst der Meinung, die endgültige / absolute Wissenschaft gefunden zu haben.

Falsifikation lässt sich durch modus (tollendo) tollens (Modus des Aufhebens; aufhebender Modus) darstellen.
H und B sind Propositionen (Inhalts-Sätze)
H ist eine Hypothese
B ist eine beobachtbare Konsequenz

Prämisse P1	$H \rightarrow B$	(aus H folgt B (weil H gilt müsste B zu erfassen / beobachten sein; Deduktion aus Hypothese)
Prämisse P2	$\neg B$	(B ist falsch; Ergebnis aus Beobachtung)

Zusammenführung C	$\neg H$	(Conclusion: H ist falsch)

im Holismus wird nun davon ausgegangen, dass H gar nicht als solches isoliert betrachtet werden kann, sondern nur in Bezug zu den Hypothesen A1 und A2
die Prämisse P1 müsste eigentlich richtig lauten (jetzt P1'):

Prämisse P1'	$H \wedge A1 \wedge A2 \rightarrow B$	(aus H UND A1 UND A2 folgt B)
Prämisse P2	$\neg B$	(B ist falsch; Ergebnis aus Beobachtung)

Zusammenführung C	$\neg(H \wedge A1 \wedge A2)$	(H UND A1 UND A2 zusammen sind falsch)

daraus ergibt sich, dass mindestens einer der Hypothesen (H, A1 oder A2) falsch sind

$$\neg(H \wedge A1 \wedge A2) = \neg H \vee \neg A1 \vee \neg A2$$

Ziel muss also die Einschränkung der begleitenden Aussagen (A1, A2) sein, was bei guter wissenschaftlicher Planung der Tests / Prüfungen auch teilweise funktionieren kann

aus der nicht-bestätigenden Beobachtung kann also nicht eindeutig auf die Falschheit einer bestimmten Hypothese geschlossen werden
hier ergibt sich ein rekursives Problem, wenn z.B. A1 mit den Hypothesen A3 und A4 usw. verknüpft ist
eine Lösung dieses Problems bietet GODFREY-SMITH (2003), indem sich nicht mehr auf einzelne Hypothesen / Theorien bezogen gearbeitet wird, sondern es wird das wissenschaftliche Vorgehen als Solches geprüft
Einbeziehung der Merkmale Bestätigung (confirmation) und Bewährung (corroboration) in die Bewertung von Theorien

Aufgaben:

1. *Welche zusätzlichen (versteckten) Hypothesen könnten in den Theorien von Wissenschaftler 1 und 2 stecken?*
2. *.*

Ingenieur-Problem nach GODFREY-SMITH:
Ein Ingenieur soll eine neue Brücke aus dem Material X bauen. Zum Material X gibt es zwei Theorien. Theorie T1 sagt, dass das Material stabil ist. T2 besagt, das Material ist instabil. Beide Theorien sind derzeit nicht falsifiziert. T1 ist aber intensiv getestet worden.
Auf welche der beiden Theorien soll der Ingenieur nun zurückgreifen?

nach POPPER sind beide gleichwertig (weil nicht falsifiziert)
T1 hat sich aber schon bewährt, so dass ihr der Vorzug gegeben werden sollte

nach GODFREY-SMITH ist dagegen die Frage wichtig, welche Qualität die Test's hatten und wie leicht es war, sie zu bestehen

> Die beste Morgengymnastik für einen Forscher ist es,
> jeden Morgen vor dem Frühstück
> eine Lieblingshypothese über Bord zu werfen.
> Konrad LORENZ

> Der einzige Weg eine Theorie wirklich zu verstehen, ist sie selbst herzuleiten oder sie zu widerlegen.
> nach Richard FEYNMAN

> Jedes Naturgesetz, das sich dem Beobachter offenbart, lässt auf ein höheres, noch unerkanntes schließen.
> Alexander VON HUMBOLDT

Exkurs: der Planet Vulkan

Die Physik lehrt uns, dass die NEWTONschen Gravitations-Gesetze gelten. Damit kann man auch jede Bahn von Objekten in unserem Sonnen-System berechnen.
Bei der Berechnung durch die großen Astronomen des frühen 19. Jahrhundert's ergaben sich aber Abweichungen für den Planeten Merkur. Irgendwie war seine Bahn anormal.
Somit bestand die Frage, ob die Gesetze falsch sind oder eine Modell-Korektur vorgenommen werden muss.
Da die NEWTONschen Gesetze "heilig" sind, führten die Astronomen einen zusätzlichen Planeten "Vulkan" in unser Sonnen-System ein. Vulkan sollte sehr sonnennah seine Bahn ziehen und seine Masse konnte über die NEWTONschen Gesetze gut berechnet werden. Wegen seiner Sonnen-Nähe (extreme Helligkeit) und seiner kompakten Masse sollte er sich der optischen Beobachtung entziehen.
Im 20. Jahrhundert konnte EINSTEIN dann das Rätsel lösen. Die extreme Masse der Sonne bewirkte bei Merkur eine deutliche Raum-Zeit-Verzehrrung, die eben genau diese Bahn-Abweichungen bewirkten.

Anwendung der POPPERschen Wissenschafts-Theorie auf das Gottes-Existenz-Problem

Gott und seine Schöpfung lassen sich wissenschaftlich NICHT beweisen!

Nehmen wir an es gibt die Theorie "Es gibt einen Gott." Praktisch müsste man nun nach Eigenschaften, Merkmalen, Zeichen, … eines Gottes suchen und so die Theorie bestätigen. Der Nachweis sollte auch wiederholbar sein und mit anderen Test's bestätigbar. Das ist aber scheinbar extrem schwierig, da die Offenbarungen / Erfahrungen von / mit Gott so ziemlich alle einmalig sind. Wiederholungen gibt es nicht oder selten und andere unabhängige Nachweise sind nicht möglich, da Gott sozusagen in einer anderen Ebene existiert, ist er für den Menschen unerreichbar und hinterlässt (außer ev. bei der Schöpfung) keine Spuren in unserer Realität. So besagt es zumindestens das Thesen-Konstrukt vieler Religionen.
Da die obige These ein Existenz-Satz darstellt, kann zwar eine Einzel-Bestätigung erfolgen, aber die These lässt keine weiteren Forschungen (Falsifikation neuerer abgeleiteter Thesen) zu. Problematisch wäre auch ein zufälliger Nachweis von zwei oder mehr Göttern (das soll es ja auch in verschiedenen Religionen / Glauben-Richtungen geben). Außerdem gibt es keinen Beweis dafür, dass alle Personen, die eine Gottes-Erfahrung hatten, es genau mit dem gleichen Gott zu tun hatten.
Wissenschaftler können die obige These nur ablehnen (falsifizieren), wenn sie das Gegenteil beweisen könnten. Sie müssten also die Nicht-Existenz belegen.
Ähnliches gilt für die Schöpfung. Die Frage für Naturwissenschaftler würde lauten: Lässt sich die These von der Schöpfung 1. überprüfen und 2. widerlegen?

Glauben kann man aber an Gott und die Schöpfung. Es gibt ihn und es gab auch vielleicht die Schöpfung, aber durch Wissenschaft ist das derzeit nicht nachweisbar. Dazu müsste ER sich zu neuen (nachweisbaren) Aktionen (und Schöpfungen) in unserer Welt herablassen, die klar mit ihm in Beziehung zu setzen sind und / oder sich selbst zeigen. Aber damit wäre nur seine Existenz belegt. Ob es die uns betreffende Schöpfung dann wirklich gegeben hat, wäre damit immer noch nicht bewiesen. Aber die Wahrscheinlichkeit dafür wäre deutlich gestiegen. Auch hier müsste sich der mutmaßliche Schöpfer zu einer Wiederholung seiner Schöpfung verleiten lassen. Ob er sich dazu aber bewegen lassen würde, sei auch noch dahingestellt.

Die Nicht-Existenz von Gott lässt sich wissenschaftlich NICHT beweisen!

Nehmen wir an, es gibt die wissenschaftliche Theorie "Es gibt keinen Gott.", dann müsste man im gesamten Weltall (und in der – für uns Menschen gar nicht erfassbaren – göttlichen Ebene) nach ihm suchen. Das ist eben nicht möglich. Gott könnte sich in einer "Ecke" oder hinter irgendeinem Planeten usw. verstecken und sich ganz bewußt der Beobachtung entziehen.Auch hier ist nur die Fasifizierung der Theorie wissenschaftlich vorwärtsweisend, d.h. Gott müsste sich wissenschaftlich nachweisbar zeigen / präsentieren.
An die Nicht-Existenz eines Gottes kann ich natürlich genauso wie an die Existenz glauben.
Beide Glaubens-Richtungen sind aus der abgesetzten und isolierten Ebene der Wissenschaft gleichberechtigt.

Beispiel: *(besser darstellen / so noch nicht exakt)*
Behauptung / These: Es gibt eine frei fliegende Tee-Kanne zwischen Erde und Mars.

Beweis: Nachweis eindeutig, wenn diese Tee-Kanne wirklich beobachtet wird! Und das geht nur durch physikalisch basierte Beobachtungen, Messungen , …
die Tee-Kanne muss fassbar / beobachtbar sein

Gegen-These: Es existiert keine Tee-Kanne zwischen Erde und Mars.

Beweis nicht möglich (Der Raum ist praktisch unendlich groß, die Kanne kann sich verstecken, es wird falsch oder ungenau gesucht, …)
erst beim Nachweis (Tee-Kanne gefunden) wird diese (Gegen-)These widerlegt

religiöser Glaube als kollektive und synchronisierte Vorstellung – eines dem individuellen Bewußtseins äquivalenten Partners, der durch idealisierte Ansprüche Vorbild-Charakter ("so möchte ich gerne sein") hat und als gemeinschaftliches Bild für eine "Super-Menschlichkeit" ist
Dieser äquivalente Partner ist zuerst oft das innere "Ich", mit dem Zwiegespräche geführt werden. Einige "Person", welche die eigenen moralischen Ansprüche, Emotionen und Bewertungen vollständig versteht. Im Gespräch mit anderen Personen wird meist festgestellt, dass zwischen Anspruch, irgendwelchen Aussagen der Person und dem Handeln oder dem Verständnis größere Diskrepanzen vorhanden sind. Wir suchen quasi nach einem besseren "Ich". Niemand anderes – und meist wir selbst auch nicht – wird den eigenen Ansprüchen gerecht, außer eben die der Gott / die Götter / die Geister / …

Die häufig beobachtete (sich) synchronisierende und kumulative Kommunikation von Gläubigen und der von Nicht-Gläubigen taugt auch nur bedingt als Beleg für die eine oder andere These. Menschen tun sich mit anderen zusammen, um sich über alles mögliche zu unterhalten ("Über Gott und die Welt"). Wir tun das mit Personen, die wir verstehen, eine gemeinsame (Fach- oder Inhalts-)Sprache sprechen und die mit uns konform gehen. Gegenüber anderen Meinungen sind wir skeptisch und eher nicht bereit, wegen einiger "weniger schlagkräftiger" Argumente unsere Meinung zu ändern. Wir ziehen also Personen Publikationen usw. vor, die uns in unserer Meinung bestätigen. Andere werden wir immer mehr meiden, zumindestens bis es "echte" Beweise gibt. Dann bleibt uns nur die Meinungs-Änderung oder das Abgleiten in einen Fanatismus.

Das Vorhandensein von Ausnahmen oder besonderen Gebilden bringt die Naturwissenschaft natürlich in Erklärungs-Zwang. In keinem Fall ist eine Ausnahme aber dann automatisch ein Gottes-Beweis. Dieser müsste von den Behauptern dann zumindestens durch unabhängige Zweit-Belege gestärkt werden.
Ein einmaliges Wirken eines Naturgesetzes beweist ja auch nicht die Unmöglichkeit von einem Schöpfer. Es macht ihn nur wieder etwas unwahrscheinlicher.

> Der Mangel unseres Wissens gibt uns kein Recht,
> an eine besondere, im lebenden Körper wirkende Kraft zu appellieren,
> welche doch schließlich nichts weiter ist als eine Ausflucht
> oder ein Mittel, um unsere Unwissenheit vor uns selbst zu verbergen.
> Ludwig BÜCHNER (1855)

Definition(en): Zufall
Der Zufall ist eine Gruppe von Ereignissen oder Prozessen, deren Eintreten oder Ablauf von keiner bekannten Regel oder einem Gesetz bestimmt wird. Es sind lediglich Wahrscheinlichkeits-Aussagen (aufgrund von früheren Beobachtungen oder Theorien) möglich. Im Allgemeinen gilt hier das Gesetz der großen Zahlen.

Gesetz der großen Zahlen (Goldenes Theorem) (BERNOULLI; 1689)
Das Gesetz der großen Zahlen ist ein Satz aus der Stochastik, der besagt, dass sich die beobachteten Zufalls-Ergebnisse (statistisch) immer näher am Erwartungs-Wert einpegeln, je häufiger die Ereignisse (unter den gleichen Bedingungen) beobachtet werden.
Je größer der Umfang einer Stichprobe ist, umso exakter entsprechen die statistischen Größen den (theoretischen) Erwartungs-Werten.

typisch zufällig sind:

- radioaktiver Zerfall (→ Physik)
- Münz-Wurf
- Mutationen (→ Genetik)
- Rekombination von Merkmalen (→ Genetik)

1.x.y. Erkenntnis-theoretische Verfahren und Methoden

Definition(en): Annahme
Eine Annahme ist eine vorausgesetzte Aussage / Bedingung für weitere theoretische und / oder wissenschaftliche Betrachtungen.
Eine Annahme ist eine ausdrückliche Voraussetzung, wie sie jede Äußerung oder Feststellung impliziert.

Definition(en): Behauptung
Eine Behauptung ist eine Aussage, deren Inhalt bestätigt (bejaht) oder abgeleht (verneint) werden kann.
Behauptungen sind Aussagen, die sich als wahr oder falsch herausstellen können.

Definition(en): Hypothese
Eine Hypothese ist eine vorläufige Aussage oder Voraussetzung für Erfahrungen und Forschung, die verifiziert (bestätigt) oder falsifiziert (abgelehnt) wird.
Eine Hypothese ist eine begründete Annahme (*hypothesis* = Unterstellung), die auf Grundlage des Stand's der Wissenschaft abgeleitet wurde und noch geprüft werden muss.
Eine Hypothese ist eine von Widersprüchen freie, aktuelle noch unbewiesene Annahme, die als Hilfsmittel der Erkenntnis-Gewinnung dient.
Hypothesen sind wissenschaftlich begründete Annahmen, die (noch) empirisch geprüft werden müssen.
Eine Hypothese ist eine Aussage, die aus bekannten Sachverhalten und Gesetzen / Erkenntnissen abgeleitet wurde und noch keine Aussage zu ihrem Wahrheits-Gehalt enthält.

Wahrheitsgehalt einer Hypothese ist also vor der Prüfung unbestimmt, während er bei einer These schon vorher klar (üblicherweise wahr) ist
Hypothesen sollten Vorurteils-frei formuliert werden

erklärende Hypothese ist eine Aussage, die nach einem Ereignis aufgestellt um dieses begründet zu erläutern (/ zu erklären)

Definition(en): These
Eine These ist eine Aussage, die bewiesen werden muss.

Kriterien für wissenschaftliche Thesen:

- **klares Urteil** — alles muss folgerichtig und klar formuliert sein
- **identische Darstellung** — was behauptet wird, muss durchgängig sein und nicht von der Grundaussage abweichen
- **Widerspruchs-Freiheit** — die zu prüfende These darf einer anderen akzeptierten These nicht widersprechen
- **ohne Einschränkung** — die zu prüfende These darf andere (akzeptierte) Thesen nicht einschränken
- **Logik und Tatsachen** — These muss frei von Widersprüchen sein und auf Tatsachen, Beispielen, Experimenten usw. beruhen (durch sie belegt werden)
- **Falsifierbarkeit** — die These muss widerlegbar / angreifbar sein
- **Evidenz** — das Ergebnis der Prüfung darf nicht schon vorher feststehen

Definition(en): notwendige Bedingungen
Notwendige Bedingungen sind für das Eintreten eines Ereignisses / einer Folge unandingbare Voraussetzungen. Ohne sie tritt das Ereignis / die Folge nicht ein.

Definition(en): hinreichende Bedingungen
Hinreichende Bedingungen sind austauschbare Voraussetzungen für das Eintreten eines Ereignisses / einer Folge.

notwendige UND hinreichende Bedingungen machen ein Ergebnis zwangsläufig

Definition(en): Pragmatismus
Pragmatismus ist eine Denkweise, die eine Aussage / Feststellung dann für wahr betrachtet, wenn sie die in sie gestellten praktisch-funktionellen Erwartungen erfüllt / Erfahrungen vorausschaubar macht und / oder zu bewährten Feststellungen / Aussagen passt.

für den Fall, dass zwei Thesen gleich wahrscheinlich sind, schlägt Wilhelm VON OCKHAM (1285 – 1347) vor, sich dann für die einfachere von beiden zu entscheiden (OCKHAMs Rasiermesser; Sparsamkeits-Prinzip; OCKHAMs Prinzip)

Aufgaben:

1. ***Beim Gegenüberstellen von Schöpfungs-Theorie und Evolutions-Theorie müsste man sich wegen der Einfachheit doch eigentlich für die Schöpfung entscheiden. Trotzdem wählen die meisten Naturwissenschaftler die Evolutions-Theorie als die Wahrscheinlichste. Wie lässt sich der Widerspruch hinsichtlich OCKHAMs Prinzip erklären?***

1.x.y. Bewertungen

Bewertungen orientieren sich an vorgebenen Werten, Normen oder Zielen
verändern sich u.U.
Was früher als positiv oder ok eingestuft / bewertet wurde ist unter heutigen Normen vielleicht nicht mehr akzeptabel oder richtig.

es gibt immer verschiedene Herangehensweisen und unterschiedliche Betonung der einzelnen Werte
deshalb ist eine klare Formulierung der anvisierten Werte, Normen oder Ziele als Basis der Bewertung wichtig
die beschreibende Aussage / konkrete Bewertung (Wert, Norm, Ziel erreicht oder nicht erreicht; zu viel, zu wenig, genau richtig) muss ausgedrückt werden
dann auch Begründung der Bewertung notwendig
es sollte auch eine Schlussfolgerung abgeleitet werden, ob die zu bewertende Maßnahme usw. im gekennzeichneten Werte-Bereich als positiv / zielführend oder negativ / nicht zielführend einzustufen ist (natürlich ist eine ausgleichende / mittlere Einstufung möglich)
ev. auch Auseinandersetzung mit erwarteten anderslautenden Bewertungen

Werte-Pool	
• **Biodiversität**	
• **Gesundheit**	
• **Gerechtigkeit**	
• **Fortschritt**	
• **Wohlstand**	
• **Nachhaltigkeit**	Verantwortung für die Nachwelt
• **Menschenwürde**	
• **Menschenrechte**	
• **Sicherheit**	
• **persönliches Wohlergehen**	
• **Selbstbestimmung / Freiheit**	
•	
•	

Bewertung setzt sich in einer einfachen Umsetzung aus einer normativen sowie einer beschreibenden Aussage und einer Schlussfolgerung zusammen.

normative Aussage	**Vorgabe / Norm / Wert**
beschreibende Aussage(n)	**Situation, Fakten, Beobachtungen, Feststellungen**
Schlussfolgerung	**Konsequenz**

einige Bewertungen von BT-Mais (als Beispiele):

Hinweis / Hintergrund:
Bt-Mais (Gen-Mais) ist eine Gen-veränderte Art (gv-Art), bei der ein zusätzliches (fremd-artiges) Gen in das Genom der Pflanze integriert wurde. Das Gen stammt aus einem Boden-Bakterium (*(s) Bacillus thuringiensis*). Mit diesem Gen produziert Bt-Mais ein Peptid (Bt-Toxin), das bei Pflanzen-fressende Insekten giftig wirkt.

normative Aussage (Norm, Ziel)	**Die Biodiversität darf sich durch Einführung einer gen-veränderten Art z.B. Bt-Mais nicht verringern.**
beschreibende Aussage(n) (Fakten, Wissen)	**Das vom Bt-Mais produzierte Peptid wirkt sich negativ auf die Entwicklung vieler Arten aus.** **Mit dem Leistungs-fähigeren Bt-Mais werden traditionelle Mais-Sorten verdrängt / weniger angebaut.**
Schlussfolgerung (Konsequenz, Rat)	**Bt-Mais sollte / darf nicht angebaut werden.**

normative Aussage	**Die Freiheit des Einzelnen darf nicht verringert werden.**
beschreibende Aussage(n)	**Bt-Mais schränkt die Wahlfreiheit des Einzelnen nicht ein.** **Bauern haben nun die zusätzliche Möglichkeit Bt-Mais anzubauen.** **Konsumenten haben die Wahl (gekennzeichnete) Produkte mit Bt-Mais zu kaufen.**
Schlussfolgerung	**Bt-Mais kann / darf angebaut werden.**

nicht alle Werte-Bereiche können aus dem biologischen Wissen heraus bearbeitet werden
viele Werte-Diskussionen müssen in den Gesellschafts-Wissenschaften oder in der Gesellschaft selbst geführt werden

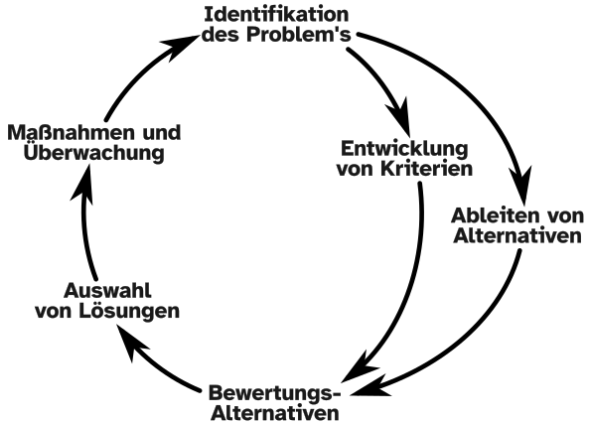
In der Praxis wird man dann besser lesbare Satz-Konstrukte benutzen.
z.B.:

> Wir gehen davon aus, dass sich die Biodiversität durch die Einführung einer gen-veränderten Art – z.B. Bt-Mais – nicht verringern darf. Da das vom Bt-Mais produzierte Peptid eine negative Auswirkung auf diverse Pflanzen-fressende Insekten hat und auch andere traditionelle Mais-Sorten wegen der größeren Leistungsfähigkeit von Bt-Mais in der Landwirtschaft eher verdräbgt werden, ist eine Einführung / ein Anbau von Bt-Mais nicht zu empfehlen.
>
> Wenn wir davon ausgehen, dass sich durch die Einführung / den Anbau die Freiheit des Einzelnen nicht verringern darf, dann kann man Bt-Mais einführen bzw. anbauen, weil der Einzelne bei einer passenden Kennzeichnungs-Pflicht die Möglichkeit die Produkte zu wählen oder abzulehnen. Auch der Bauer kann nun zusätzlich über eine weitere Sorte entscheiden.

etwas aufwändiger ist die Hildesheimer Methode (Hildesheimer Modell)
Modell ist aber universell verwendbar sowie gründlicher und verständlicher

Bewertungs-Prozess nach dem Hildesheimer Modell

- **(bioethischen) Konflikt erfassen**
- **Argumente entwickeln**
- **Argumente prüfen**
- **Argumente wichten**
- **Entscheiden**
- **individuelle Konsequenzen reflektieren**



nach KORTLAND (2003); geänd. u. übersetzt: dre

1.x.y. Modell-Methode(n)

Definition(en): Modell
Modelle sind vereinfachte (/ beschränkte) Abbilder der Realität für bestimmte Zwecke (z.B. Übersichtlichkeit, Verschiebung von Größen-Ordnungen, Erkenntnis-Gewinn, …).

nach STACHOWIAK sind Modelle durch mindestens die folgenden Merkmale gekennzeichnet:

- **Abbildung** Modell ist immer Abbild (Umsetzung) von etwas Konkreten (/ Orginalem / Natürlichem); künstliches Produkt
  es gibt auch Modelle von Modellen
- **Verkürzung** Modell beinhaltet nur ausgewählte (vom Nutzer als relevant / wichtig erachtete) Merkmale / Eigenschaften / Attribute des Originals
- **Pragmatismus** Modell ist dem Original nicht eindeutig zugeordnet (ein Modell kann für mehrere Originale stehen)
  ein Modell soll Erfolgs-orientiertes Handeln ermöglichen

weitere mögliche notwendige Merkmale können / müssen sein: (noch in Diskussion)
net:

- **Extension**
- **Distortion**
- **Validität** Modell soll gültig sein (Belastbarkeit des Modells)

Modell-Arten

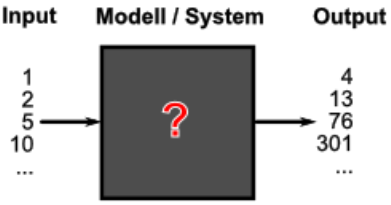
Modell-Art	**Umschreibung / Beschreibung**	**Bemerkungen / Beispiele**
Text		
mathematische Modelle		
Teilchen-Modelle		
Denk-Modelle		
Computer-Modell		

Alle Modelle sind falsch,
aber einige sind nützlich.
???

Modell-Bildung

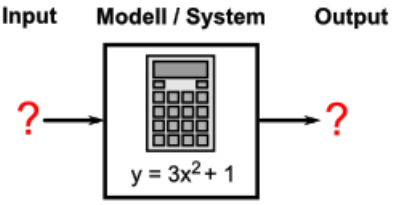
pragmatische Modell-Bildung

das Innere des Objektes ist unbekannt; Verhalten und Interaktionen des Objekte werden betrachtet → **Black-Box-Modell**

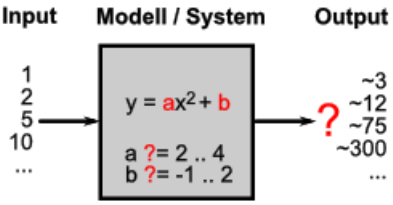


strukturelle Modell-Bildung

das Innere des Objektes ist bekannt; Details werden bewusst abstrahiert, reduziert und / oder modifiziert → **White-Box-Modell**



Mischform der Modelle (meist aus praktischen oder Kosten- / Zeit-Gründen) sind **Grey-Box-Modell**e, bei denen einige Details des Inneren bekannt sind sowie (teilweise) aus das Verhalten und die Interaktion



Prozesse der Modell-Bildung

- **Abgrenzung** Bestimmung der betrachteten Objekte / Teile /
  (Nicht-Berücksichtigung irrelevanter Objekte / Teile / Eigenschaften / …)
- **Reduktion** Weg-Lassen von bestimmten Objekt-Details
  Verringerung der Komplexität
- **Dekomposition** Zerlegung, Auflösung in einzelne Elemente (/ Segmente)
- **Aggregation** Zusammenlegung/ Vereinigung der Elemente (/ Segmente)
- **Abstraktion** Begriffs- und Klassen-Bildung

durch Modell-Bildung entsteht eine Zweck-Bindung, das Modell wird für bestimmte Aufgaben / Probleme / Zeistellungen benutzt; ABER: da das Modell eben nicht das Original ist, müssen alle Erkenntnisse / … am Original nachgeprüft / überprüft werden!

Definition(en): Black-Box-Modell
Ein BlackBox-Modell ist ein abstrahierte Modell-Variante, bei der die inneren Elemente und Strukturen völlig unbekannt sind / nicht betrachtet werden, dafür aber das (Gesamt-)Verhalten (Outputs) des Systems auf bei bestimmten Inputs. Bei Black-Box-Modellen ist die Funktion (Zuordnung Inputs – Outputs) klar bestimmt.

Definition(en): White-Box-Modell
Ein White-Box-Modell ist ein abstrahierte Modell-Variante, bei der die innere Struktur, die Elemente und deren elementare Funktionen bekannt sind und das (Gesamt-)Verhalten des Systems aber unbekannt / noch offen ist.

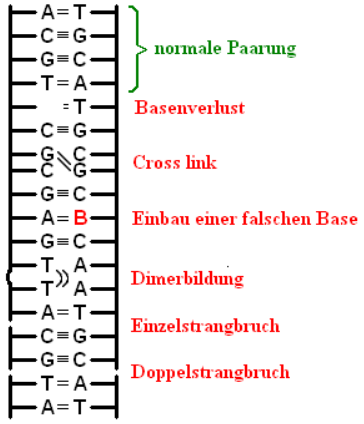
Definition(en): Grey-Box-Modell
Ein Grey-Box-Modell ist ein abstrahierte Modell-Variante, bei der wesentliche Elemente, Strukturen und Funktionen (einschließlich des (Gesamt-)Verhaltens bekannt sind, die Fein-Abstimmung aber noch offen / unbekannt ist.

Aufgaben:

1. *Welcher Sachverhalt / welches Objekt ist in den Abbildungen der gemeinsame Modell-Gegenstand? Begründen Sie kurz!*
2. *Geben Sie für die abgebildeten Modelle mindestens 5 Gemeinsamkeiten an!*
3. *Charakterisieren Sie die besonderen Merkmale und die Unterschiede der einzelnen Modelle in Bezug zu den anderen!*
4. *Welches der unten abgebildeten DNS-Modelle ist das wirklich Richtige und solle bevorzugt werden? Diskutieren Sie im Kurs!*
4. *Welche Modelle eigenen sich zum Erläutern der folgenden Vorgänge / Sachverhalte? Erläutern Sie den Vorgang / Sachverhalt an einem der geeigneten Modelle!*

a) Replikation
b) Vergleich von RNA und DNA
c) Transkription
d) Bestimmung von Gen-Orten (nach MORGAN)

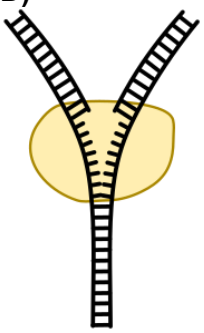
A)



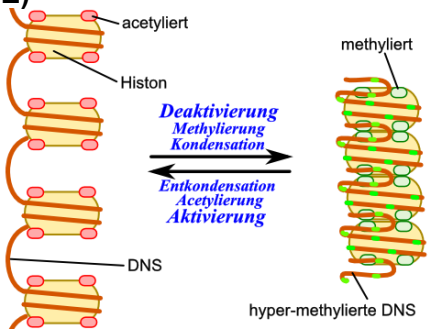
B)

C)

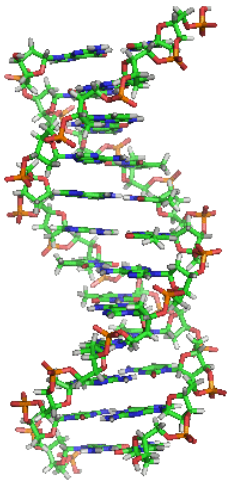
D)



E)

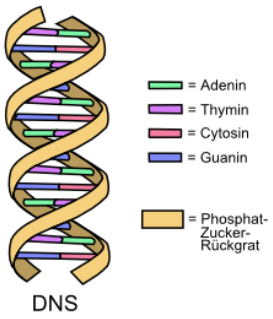


F)



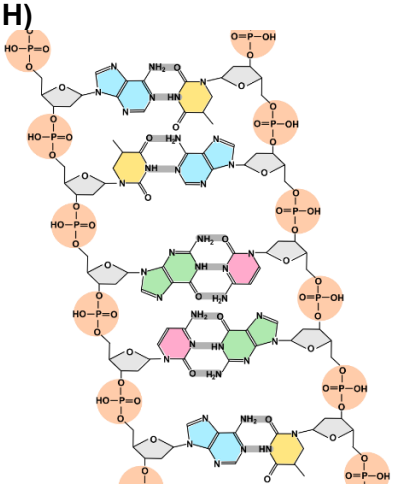
Q: de.wikipedia.org (Zephyris)

G)



Q: de.wikipedia.org (Forluvoft + dre)

H)



Experimentelle Methode(n) zur Prüfung von Hypothesen

Simulations-Methode zur Prüfung von Hypothesen

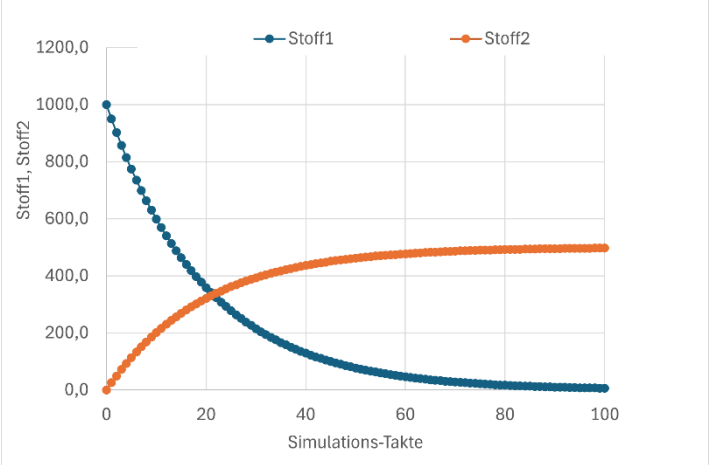
Viele Theorien lassen sich nicht so einfach in der Praxis testen. Man denke dabei z.B. an die Beeinflussung von Ökosystemen oder von evolutionären Prozessen. Bei Ökosystemen wird es wohl keiner verantworten wollen bei einer Räuber-Beute-Beziehung z.B. mal den Hasen ihre Nahrung zu entziehen.
Mit evolutionären Prozessen lässt sich meist wegen ihrer extrem langen Laufzeit kaum sinnig experimentieren, und ob wir das wegen der Konsequenzen (siehe Ökosysteme) wollen, steht natürlich auch in den Sternen.
Ein Beispiel sind die vielleicht existierenden biologischen Systeme auf den Jupiter-Monden. Wer will es verantworten, dass vielleicht in ein junges evolutionäres System Bakterien oder Viren (oder vielleicht nur Proteine) eingetragen werden und dessen Entwicklung dramatisch ändern.
Hier bieten sich Simulationen an. Wir verwenden dazu ein Modell des System's und machen Experimente mit diesem Modell. Etwas mehr von dem Einen, etwas mehr von dem Anderen oder was passiert in der Nahen Zukunft. Alles Sachverhalte, die wir an einem Modell und einer Simulation unbedenklich prüfen können.
Am Ende müssen wir dann prüfen, ob die Vorhersagen der Simulation mit bekannten Szenarien übereinstimmen. Meist verwendet man dazu historische Vorgänge. Hier sind die Ausgangs-Bedingungen und die Ergebnis-Situationen bekannt. Bei einem funktionierenden Modell sollten die Ergebnisse der Simulation zu den historischen Daten passen. Ansonsten muss das Modell einfach verbessert werden.

Eine Frage könnte also z.B. sein, gibt es Leben od. auffällige / ungewöhnliche Prozesse auf einem der Jupiter-Monde. Nachzuschauen ist keine Option. Aber wie kann man dann vorgehen?
Eine Möglichkeit wäre es, bekannte anorganische (nicht-lebende) Vorgänge in einem Modell zusammenzufassen. Wir verwenden hier man ein extrem vereinfachtes Modell. Wie gewöhnlich baut man solche Modelle schrittweise auf, um jeweils deren interne Gültigkeit zu prüfen. Die Ergbnisse eines ersten fertigen Modell's können wir dann viel später mit die Realität vergleichen.

Wir haben es nur mit einer Atom-Art X zu tun. Diese kann mit sich selbst reagieren (wie auch immer) und dabei unterschiedliche Moleküle bilden:

$$X + X \longrightarrow X_2$$
$$\Delta_R G = + E$$

Ein erstes Modell könnte sich auf genau diese Reaktion beschränken und den Verlauf simulieren. Das Ergebnis ist z.B. so ein zeitlicher Verlauf der Stoffmenge:



Genau so kann man statt der Teilchenzahl auch die Stoffmenge oder eine Konzentration benutzen. Bei der Konzentration müssen wir nur beachten, dass das Volumen konstant bleibt oder mit betrachtet werden muss.

Auch die Rück-Bildung ist ev. möglich:

$$X_2 \longrightarrow X + X \quad ; \quad \Delta_R G = - E$$

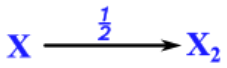
Beachten Sie, dass für die Rück-Reaktion die entgegengesetzte Energie-Menge freigesetzt oder gebraucht wird.

Hin- und Rück-Bildungen laufen praktisch parallel ab. Dies stellen wir in der Chemie mit dem Doppel-Pfeil dar:

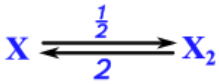
$$X + X \rightleftharpoons X_2 \quad ; \quad \Delta_R G = + E$$

Beide Reaktionen sind i.A. unterschiedlich schnell. Aus Vereinfachungs-Gründen und um die Übersichtlichkeit weiter beizubehalten, verwenden wir die Veränderung der Atom-Zahl als Geschwindigkeits-Faktor. Also hat in der obigen Gleichung die Bildung die Geschwindigkeit ½ und die Rück-Bildung 2. Irgendwelche Einheiten – wie auch bei der Energie – vernachlässigen wir hier. Somit ergibt sich die folgende Modell-Gleichung:

$$X + X \underset{2}{\overset{1/2}{\rightleftharpoons}} X_2 \quad ; \quad \Delta_R G = + 2 E$$



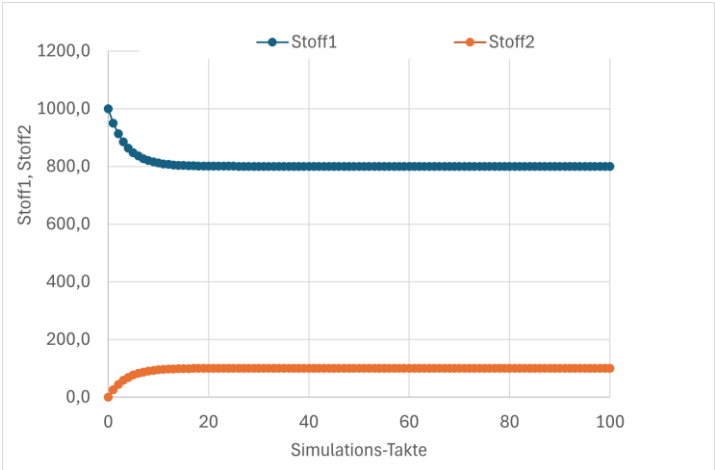
interne Modell-Darstellung einer einfachen chemischen Reaktion



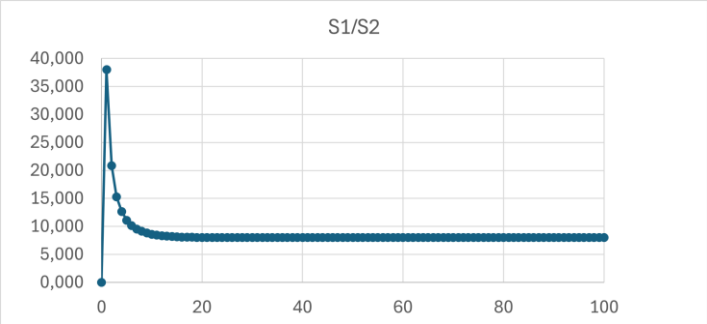
interne Darstellung einer Reaktion mit Rück-Reaktion

So ein System kennen wir ebenfalls von chemischen Reaktionen und wir wissen auch, dass diese in einem Gleichgewicht enden:

Da beide Reaktionen weiter ablaufen, bilden sich die jeweiligen Ausgangsstoffe immer wieder zurück. Von außen können wir nur erkennen, dass sich ab einem bestimmten Zeitpunkt das Verhältnis der beiden Stoffe zueinander nicht mehr verändert.

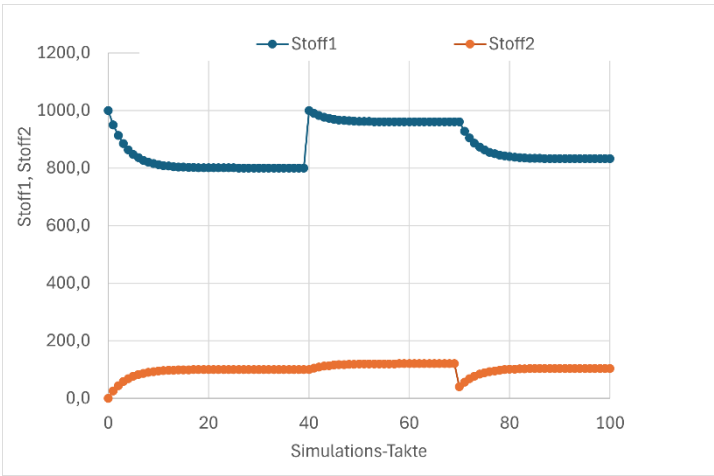


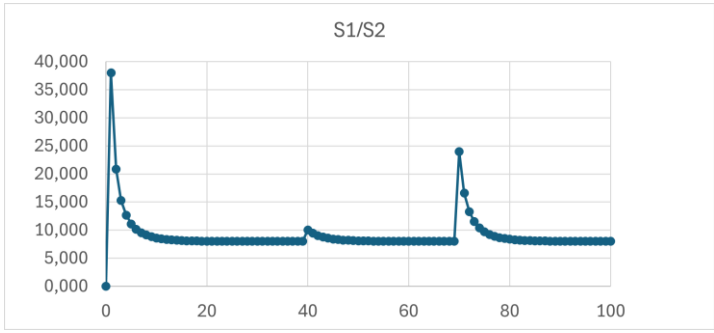
Das Verhältnis ist sowie so die bessere Größe für die Beobachtung unseres System's. In Real-Versuchen wird es uns niemals gelingen, immer genau so und soviele Teilchen einzusetzen.



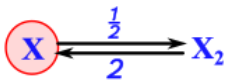
Was passiert, wenn Stoffe aus dem System entfernt werden oder hinzugefügt werden?
In beiden Fällen stellt sich ein neues Gleichgewicht ein.

Im Beispiel wurde beimSimulations-Takt 40 die Stoff-Menge von Stoff1 (X) wieder aufgefüllt (+200 Teilchen). Schnell stellt sich das neue Gleichgewicht ein.
Bei Takt 70 wurde Stoff2 aus dem System entfernt (-70 Teilchen). Dieses Mal ist die Reaktion des System's noch etwas deutlicher. Aber auch hier folgt ein neues Gleichgewicht.
Betrachtet man nun über die gesamte Simulation die Stoff-Verhältnisse, da sehen wir die Beinflussungen als deutliche Ausschläge. Aber es stellt sich immer wieder das gleiche Verhältnis ein. Dieses wird von den beiden Geschwindigkeiten bestimmt, und nicht von der Teilchenzahl.



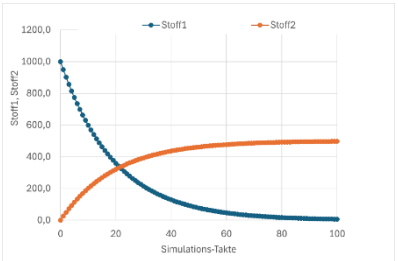


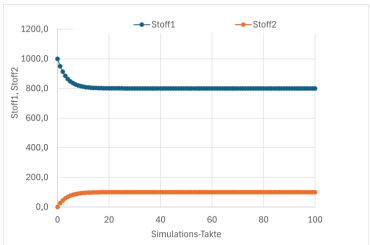
Eine spannende Frage ist nun, kann man die beiden oben besprochenen Reaktionen auch unterscheiden, wenn man nur einen Stoff verfolgen kann.
Und tatsächlich, das geht. Bei der einfachen Reaktion können wir eine Annäherung an den Null-Wert beobachten. Hier ist die Reaktion erst zu Ende, wenn dieser Wert erreicht wurde. Solange noch Veränderungen beobachtet werden, ist die Reaktion eben noch nicht beendet.



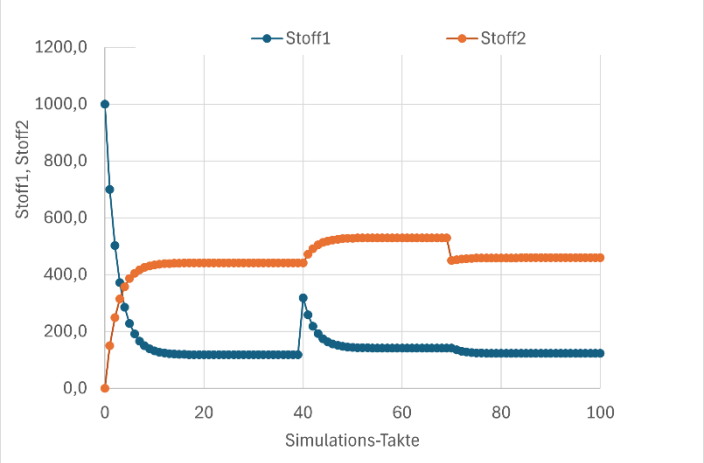
Kennzeichnung der Mess-Größe(n) im Modell

Das Gleichgewicht ist dadurch gekennzeichnet, dass beide Stoffe im immer gleichen Verhältnis zueinander verbleiben.
Ein vollständiger Verbrauch des Ausgangs-Stoffes ist nicht zu beobachten. Er bleibt immer auf einem bestimmten – von Null abweichenden Level (Niveau).





Andere Reaktions-Geschwindigkeiten beeinflussen vor allem die Verhältnisse. Das Prinzip der Einstellung der Gleichgewichte nach Beeinflussungen bleibt davon unververändert.



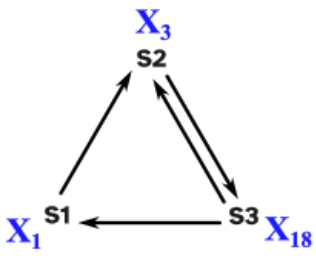
Simulation mit einer Hin-Geschwindigkeit von 3 und der Rück-Geschwindigkeit 0,4 (mit gleichartiger Beeinflussung

Aufgaben:

1. *Prüfen Sie die Entstehung eines Gleichgewicht's mit dem sogenannten Heber-Experiment (Modell zu zwei gegenläufigen Reaktionen)!*
2. *Stellen Sie jeweils eine Hypothese für den Fall auf, dass Hin- und Rück-Reaktionen:*
   a) (zum obigen Modell) entgegengesetzte
   b) gleich große (z.B. 2)
   Geschwindigkeiten haben! Geben Sie auch jeweils eine Skizze zum Graphen-Verlauf an!
3. *Nehmen Sie die Veränderungen in der Tabellenkalkulation "EvoluWelt" vor und vergleichen Sie die Simulations-Ergebnisse mit Ihren Vermutungen!*
4. *Betrachten Sie nun auch die Beeinflussungen zu den Takten 40 und 70!*
5. *Erstellen Sie eine Tabellen-Kalkulation mit der sich der Verlauf eines einfachen Gleichgewichts-System simulieren lässt! (Man kann – um die Einstellung des Gleichgewicht's besser erkenn zu können – z.B. einen Verzögerungs-Faktor mit einbeziehen. In den obigen Beispielen war der z.B. 0,05. Deshalb wird auch besser mit Simulations-Takten gearbeitet, als mit irgendwelchen Zeiten.)*

Bisher haben wir nur eine einfache Hin- und-Rück-Reaktion geprüft. Die Chemiker werden bestätigen, dass die Simulations-Ergebnisse mit dem reelen Verlauf eines chemischen Gleichgewicht's übereinstimmen. Auf diesem Modell-Konstrukt können wir weiter aufbauen.

Betrachten wir nun ein etwas komplexeres System. Es besteht aus 3 Stoffen, die modellhaft nur aus unterschiedlich großen Atom-Ketten bestehen (Molekül-Größe).



Die Bildungs- und Zerfalls-Reaktionen orientieren sich am obigen Schema.

Im Modell sollen nun aber auch nicht alle möglichen Hin- und Rück-Reaktionen wirklich ablaufen. (Die Auswahl ist zwar gezielt vorgenommen worden, wenn Sie aber eigene Simulationen erstellen, dann werden Sie sehen, dass die grundsätzlichen Effekte gleichbleiben. Nur die Zahlen ändern sich, und die sind ja sowieso nur zufällig gewählt.)

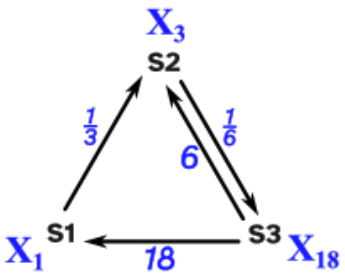
Aufgaben zwischendurch:

1. ***Stellen Sie die chemischen Gleichungen auf! Die Vergrößerung eines Molekül's soll immer endotherm verlaufen.***

für die gehobene Anspruchsebene (mit Programmier-Kenntnissen):

2. ***Erstellen Sie ein Programm, mit dem sich das System "zeitlich" verfolgen lässt! (Python mit einer plot-Erweiterung eignet sich hier sehr gut!).***

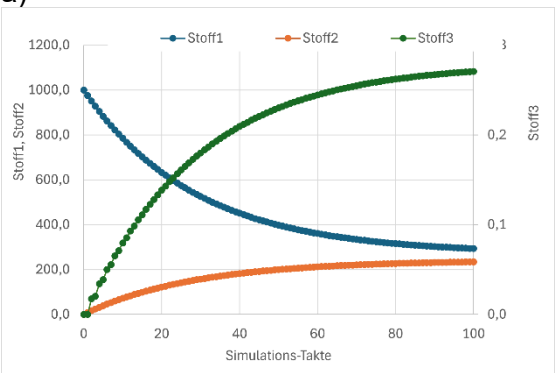
Zum einfachen Verständnis nehmen wir an, dass die jeweiligen Reaktions-Geschwindigkeiten immer nur von der Veränderung der Ketten-Länge abhängen. (Bei eigenen Simulationen kann man natürlich auch andere Werte benutzen.)
Damit ergibt sich dieses Bild:
Hier können Sie ja mal innehalten und die zeitlichen Veränderungen der einzelnen Stoffe voraussagen.



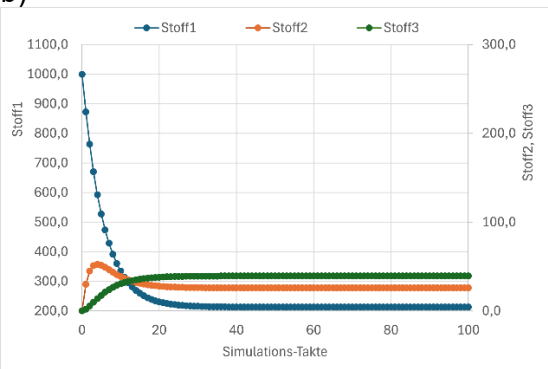
Aufgaben:

1. ***Entscheiden Sie, welches der folgenden Diagramme zum obigen Modell passt! Begründen Sie Ihre Entscheidung!***
2.
3.

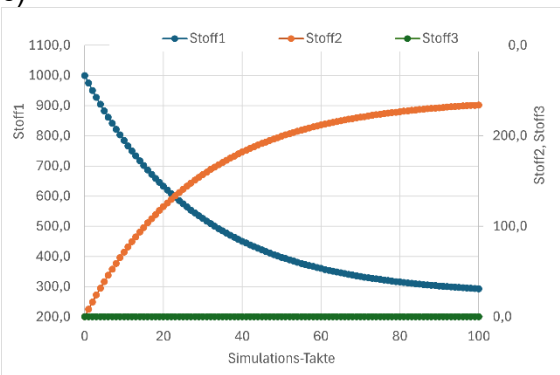
a)



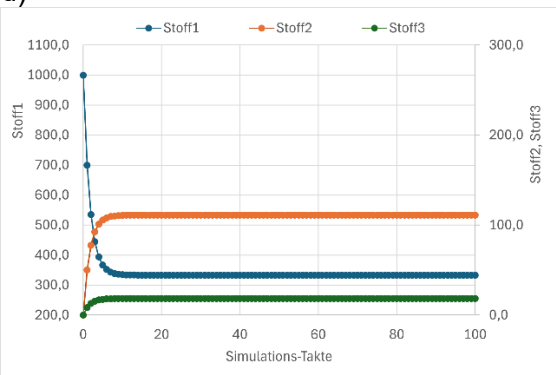
b)



c)



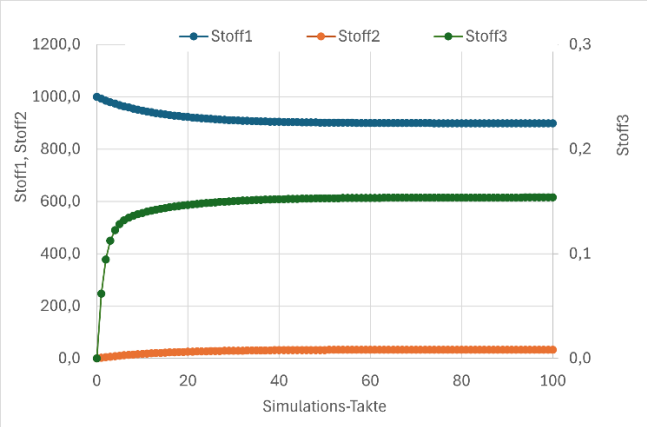
d)



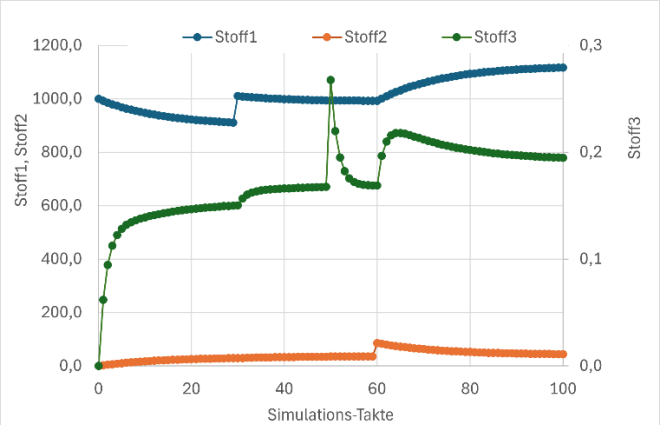
Sehr wahrscheinlich kommen Sie nicht zum folgenden Diagramm! Das liegt einfach daran, dass wir komplexere System kaum intuitiv voraussagen können.

Erklären fällt uns dafür dann aber leichter. Gerade deshalb benutzen wir eben Simulationen.

Die Simulation des Modell's führt wieder zu Gleichgewichten.

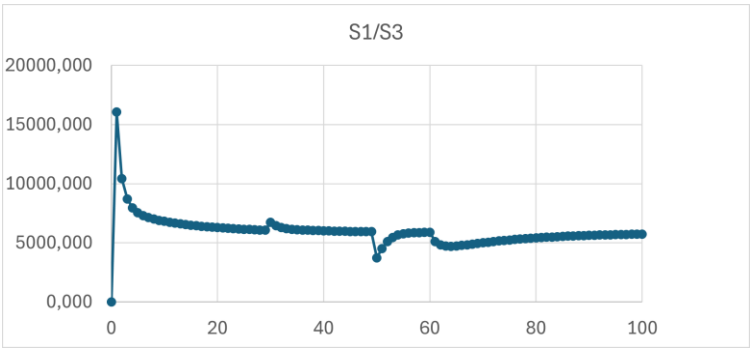


Eine Manipulation / Beeinflussung der einzelnen Stoffe führt immer wieder zu (neuen) Gleichgewichten.
In den Simulationen sind die Manipulationen durch die sprungartigen veränderungen zu erkennen. Das Einstellen der Gleichgewichte dauert dann immer wieder etwas.



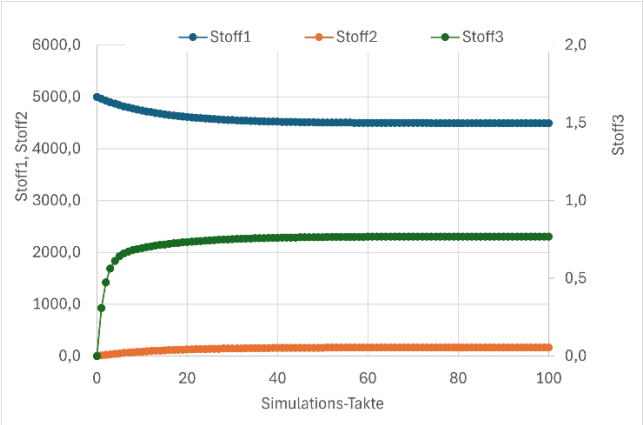
Die Verfolgung des Verhältnisses ist von der eingesetzten Menge unabhängig und ist dadurch ein guter Indikator für ein System.

Natürlich verändert sich das Verhältnis vor der Einstellung des Gleichgewichts (im Beispiel z.B. bis Takt 20). Hier kann man aber durch mehrere Messungen nacheinander die Tendenz ableiten.



Auch die Manipulationen / Beeinflussungen werden sichtbar, aber und das ist für wichtig, das Verhältnis der beobachteten Stoffe ist im Gleichgewicht immer gleich.

Nun können wir die wirklich vorhandene Menge von einem Stoff in einem fernen System nicht wirklich messen.
In der Simulation könnten wir z.B. von der fünffachen Menge ausgehen.
Interessant ist, dass sich die Graphen praktisch nicht unterscheiden, nur die Mengen sind anders.
Das Verhältnis von beiden Stoffen wurde nicht verändert. Wenn mehr von dem einen vorhanden ist, dann ergibt sich im Gleichgewicht auch eine größere Menge des anderen Stoff's.
Das Verhältnis ist also ein besserer Meß-Parameter als die Menge.



Die bisher besprochenen "Reaktionen" gingen von bekannten Abläufen aus. Was passiert aber nun, wenn sich ungewöhnliche "Reaktionen" dazugesellen? Z.B. werden bei Lebens-Vorgängen die üblichen Abläufe in völlig andere Richtungen gelenkt. Man denke hier z.B. an die Produktion völlig neuer Stoffe (z.B. organische Materialien).
Was passiert nun mit den bekannten (anorganischen) Vorgängen?

Ein erster Indikator für Veränderungen im Modell ist sicher das Auftreten neuer Stoffe. U.U. übersehen wir diese neuen Stoffe aber, da uns das fremde System nicht bekannt ist.
Aber auch das von uns bisher beobachtete "anorganische" System verändert sich. Rückgebildete Stoffe aus dem "organischen" Bereich kommen wieder zurück oder werden verbraucht.

Die Änderungen sind vielleicht nicht sonderlich auffällig, aber sie stimmen zumindestens nicht mit den Erwartungen überein. Das erfordert in jedem Fall erweiterte Prüfungen.

Was passiert mit den doch sonst so stabilen Verhältnissen?

Die Erweiterung um andere Soffe, die man vielleicht über ein verändertes Spektrum gefunden hat, vervollständigen unser Bild vom neuen System.

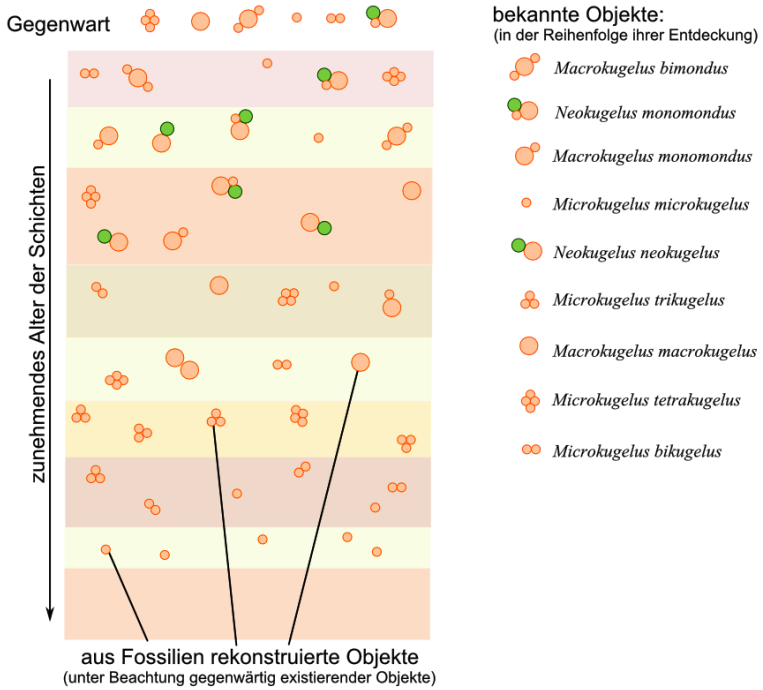
0.2.2.x. mathematische Hilfsmittel / Modelle

D'ARCY THOMPSON
zeichnet z.B. zwei vergleichbare Gestalten auf Millimeter-Papier und zeigt dann, dass sich beide durch geringe Veränderungen / Verformungen des Koordinatensystems ineinander überführen lassen

ähnlich ist auch die Überführung einer gestaltenden (mathematischen) Funktion für den einen Organismus / das eine Organ / Gewebe / … zu vergleichbaren Objekten eines anderen Organismus (mit leicht geänderter Funktion) zeigbar
(siehe z.B. das Kreis-Modell aus dem Skript "Genetik")

Aufgaben:

1. ***Nach vielen Forschungsjahren ist es gelungen die folgende Zusammenstellung von gefundenen Fossilien und heute noch existierenden Objekten (Lebewesen) zu erstellen. Es handelt sich dabei um die sogenannten Kugeler (Was auch immer das sein sollen, das interessiert uns nicht im Detail!)***
   Erstellen Sie (in Partner-Arbeit oder in der Kleingruppe) eine Hypothese und ein Entwicklungs-Schema der Kugeler bezüglich ev. Verwandtschaften, Entstehungsgeschichten usw.! Begründen Sie Aussagen und Schemata!



2. ***Setzen Sie sich mit den Hypothesen und Schemata anderer Arbeitsgruppen auseinander!***
3. ***Welches der Hypothesen und Schemata sind uneingeschränkt richtig? Begründen Sie Ihre Meinung!***

1.x. fach-wissenschaftliche Methoden der Evolutions-Forschung

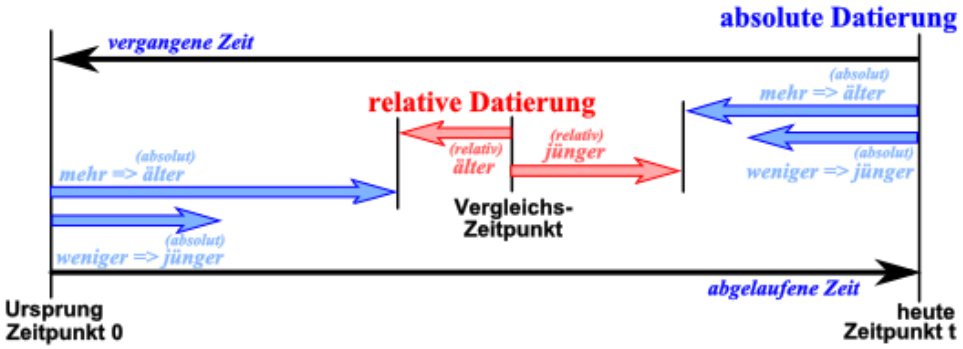
(neu nummerieren!!! und umordnen (physikalische, chemische und allgemeine Methoden nach vorne!)

1.x.y. Datierungs-Verfahren - Zeit-Bestimmungen

Forschungen zur Evolution stehen vor mehreren grundsätzlichen Problemen. Wir können Evolution praktisch kaum beobachten. Mit Ausnahme von Mikroorganismen sind die Generations-Folgen einfach zu lang. Die Variations-Breite der Organismen beschräkt ebenfalls die Forschung zur Evolution. Sind die Veränderungen wirklich evolutionär oder nur Anpassungen im Rahmen der möglichen genetischen und ökologischen Potenz?
Die historischen Vorgänge sind den Forschern ebenfalls nicht direkt zugänglich. Es bleibt nur die Interpretation von Indizien (Fossillien, Permafrost-Leichen, Reste von genetischem Material, …). Wie schwierig die Interpretation von Indizien ist, kann jeder leicht abschätzen. Wie unterschiedlich beobachten Menschen z.B. kriminelle Tat-Hergänge und glauben hinterher ihren eigenen Beobachtungen. Schon der Abgleich der Beobachtungen mehrerer Zeugen bei Prozessen ist eine aufwändige Ermittlungsarbeit. Aus Untersuchungen zum Hergang der Terror-Ereignisse zum 11. September 2001 weiss man, dass die Zeugenaussagen sich z.T. völlig widersprechen und scheinbar von ganz verschiedenen Vorgängen zu sprechen scheinen. Unsere Erwartungen, moralischen Ansprüche und gesellschaftlichen Rollenbilder verschleiern die Aussagen immer mehr. Beobachtungen sind eben subjektiv.
Die Interpretation von Daten ist ein sehr komplexes Problem. Nehmen wir die heute zumass gespeicherten Daten aus unseren Internet-Einkäufen. Sie sind doch sicher sehr genau. Aber warum bekomme ich vom Vorschlag's-System immer wieder einen Drucker zum Kauf empfohlen, wo ich doch gerade einen neuen bei diesem Händler gekauft habe.
Für die Existenz von Adam und Eva oder Jesus gibt es keine zeitgenössischen Belege. Die Geschichten sind vielfach verändert, uminterpretiert, übersetzt, neu erfunden und widersprüchlich dargestellt worden. Es wird auch darüber spekuliert, dass bestimmte "unpassende" Teile (Bücher) entfernt worden sind. Also auch die Bibel hat ein Wahrheits-Problem (Nicht ein Glaubwürdigkeits-Problem! Glauben können wir daran.). Im Vergleich zu den Wissenschaften müssen wir aber feststellen, dass die Bibel eben nur eine Quelle ist, während es sich bei den Wissenschaften um viele – z.T. sehr unterschiedliche Quellen – handelt.
Die Bibel sei hier nur als Beispiel einer religiösen Basis-Schrift genannt. Andere sind völlig unabhängig entstanden und charakterisieren andere Götter oder Gottheiten, wieder andere erzählen völlig andere Geschichten.
Nur die Kombination von Methoden und die immer wiederholte Überprüfung von ermittelten Daten können ein relativ wahrscheinliches Bild ergeben. Als Ergebnis kommen wir immer nur Wahrscheinlichkeits-Aussagen, zu denen wir aber wiederum keine quantitative Bemaßung angeben können. Es ist also ein weites Feld.

eine erste Abfolge ergibt sich aus der Reihenfolge der Gesteins-Schichten
ältere Schichten liegen weiter unten, jüngere oben
aus der Beobachtung von Vulkanausbrüchen und Kristall-Wachstum usw. kann zumindestens eine minimale Zeit-Skala abgeleitet werden

wir unterscheiden **absolute** und **relative Datierung**



Für die meisten Verfahren der absoluten Datierung schauen von heute zurück in die Vergangenheit. Dabei lassen sich durch verschiedene Verfahren die vergangene Zeit genau ermitteln und mit dem aktuellen Datum verknüpfen.
Bei vielen Elementen oder Stoffen kennt man Umwandlungs-Zeiten. Z.B. ist nach soundsolanger Zeit ein Stoff abgebaut. Findet man nun eine bestimmte Menge der Abbau-Produkte, dann kann man eine zeitliche Aussage vom Entstehungs-Punkt (vom Ursprung) aus machen.
Relative Datierungen lassen nur Aussgen darüber zu, ob ausgehend von einem Vergleichs-Zeitpunkt etwas früher oder später passiert ist. Der Vergleichs-Zeitpunkt muss über eine absolute Datierungs-Methode charakterisert werden.

1.x.y.1. absolute Datierungs-Methoden

Für eine genaue Bestimmung von Zeitdauern bzw. die rückwärtige Lage eines Zeitpunktes benutzt man vorrangig physikalischen oder chemische Langzeit-Vorgänge. Man misst praktisch, wie stark der Vorgang schon abgelaufen ist und bezieht den Messwert dann auf die geeichten Zeit-Skalen. Durch die Wahl mehrerer und unabhängig voeinander ablaufende Vorgänge kann man die Ergebnisse absichern und oft auch eingrenzen (- ihren Fehler verringern).
Das absolute Alter einer Probe lässt sich aus der Probe selbst bestimmen. Für variable Elemente sorgen nur die Erkenntnisse über den benutzten physikalischen oder chemischen Prozess. Würde man zum Beispiel neu feststellen, dass ein radiaktiver Zerfall eine Halbwert-Zeit von 1'000 Jahren mehr hat, dann muss das Alter völlig neu berechnet werden.
Für jedes Verfahren gelten unterschiedliche Fehler-Faktoren und damit ergeben sich auch unterschiedliche Sicherheiten für den ermittelten Wert. Fehler bis 10 % sind bei einigen Verfahren üblich. Durch direkte Vergleiche oder Untersuchungen unterschiedlicher Proben mit der gleichen Methode kann aber zumindestens eine Abfolge feststellen.

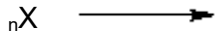
Definition(en): absolute Datierung
Absolute Datierungs-Methoden bestimmen immer das Alter bezogen auf einen Ursprung oder von heute zurück.

1.x.y.1.1. radiometrische Datierung / Geochronologie

bestimmte Elemente bzw. deren Isotope kommen in der Natur in bestimmten Mengen-Verhältnissen vor
ein Element sind die Atome mit einer bestimmten Protonen-Zahl oder auch Kernladungs-Zahl
Wasserstoff-Atome haben z.B. nur ein Proton, Sauerstoff-Atome haben 8 Protonen und in Lebewesen sehr häufig vorkommenden Cohlenstoff-Atome haben 6 Protonen
exakt müsste man eigentlich sagen: Alle Atome mit einer bestimmten Protonen-Zahl bilden das bestimmte Element. Die Protonen- oder Kernladungs- oder Ordnungs-Zahl wird gegebenenfalls rechts unten an das Symbol eines Elementes (aus dem Periodensystem der Elemente) notiert
für unsere genannten Beispiele wären das also: ${}_1H$, ${}_8O$ und ${}_6C$
Die Kernladungs-Zahl für ein Element ist immer gleich und damit ist eigentlich die obige Notierung doppelt gemoppelt. Es gibt kein anders Element X mit der Kernladungs-Zahl 6 – also ist ${}_6X$ auch immer ${}_6C$ und dementsprechend ist bei ${}_XC$ das X immer 6
Nun sind im Atom-Kern neben den Protonen auch noch Neutronen vorhanden. Sie dienen quasi als Klebstoff. Ansonsten würden sich die allesamt positiv-geladenen Protonen stark abstoßen.
In den Atomen der meisten Elemente gibt es nun unterschiedliche Neutronen-Anzahlen. So gibt es z.B. beim Element Stickstoff (${}_7N$) in der Natur Atome mit 7 oder 8 Neutronen. Die Gesamt-Masse des Atom-Kern wird sowohl von den Protonen als auch von den Neutronen bestimmt – beide wiegen jeweils eine atomare Masseneinheit (1 u). Somit gibt es also Stickstoff-Atome mit der Kernmasse von 14 und solche mit 15 u. Man nennt die Zahl deshalb auch Massen-Zahl. Die Massenzahl wird links oben an das Symbol notiert. Für Stickstoff sind also die beiden Atom-Varianten ${}^{14}N$ und ${}^{15}N$ bekannt. Man nennt sie die Isotope des Stickstoffs. In Wissenschaft und Technik haben sich auch einige andere Schreibweisen etabliert, die ganz unterschiedlich und auch oft gemischt verwendet werden. Für ${}^{14}N$ ist auch die Schreibung N14 oder 14N nicht unüblich.
Isotope sind Atome eines Elementes mit unterschiedlichen Massenzahlen.
Manche der Isotope sind nun radioaktiv, d.h. sie geben radiaktive Strahlung ab. Wir unterscheiden dabei drei wesentliche Arten der radioaktiven Strahlung:

- **α-Strahlung** besteht aus α-Teilchen (besteht aus 2 Protonen und 2 Neutronen) → praktisch ein He-Atom
- **β-Strahlung** sind Elektronen oder deren Anti-Teilchen
- **γ-Strahlung** ist (Teilchen-freie) Energie

Die Gamma-Strahlung ist quasi nur die Abgabe überschüssiger Energie eines Atom-Kerns. Es handelt sich elektromagnetische Strahlung eines sehr hohen Frequenz-Bereiches. Gamma-Strahlung ist in der Lage biologische Moleküle zu zerstören und z.B. Mutationen (durch Veränderungen an der DNS) hervorzurufen.
Beta-Strahlung sind Energie-reiche Elektronen (oder deren Anti-Teilchen (- die Positronen)). Das besondere ist aber, dass es nicht etwa die Elektronen aus der Atom-Hülle sind, sondern es sich Elektronen, die durch den Zerfall eines Neutrons entstehen. Neben dem Elektron entsteht noch ein Proton, welches im Kern verbleibt.

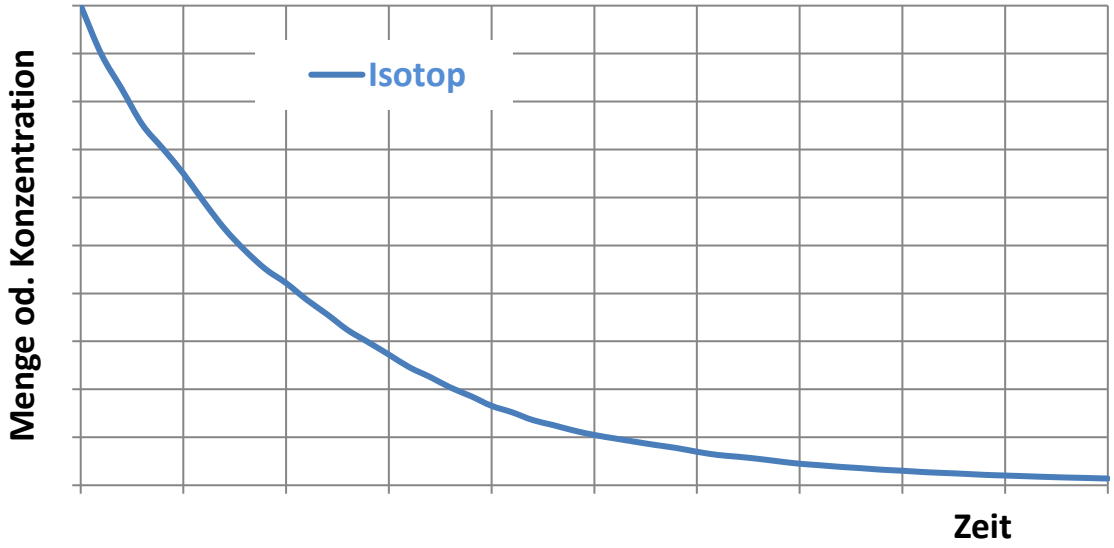


(das am Atom fehlende Elektron wird in den meisten Fällen ignoriert, da irgendwann die Energie-reichen Elektronen abgeschwächt sind und dann von den (anderen) "Atomen" wieder eingefangen werden)

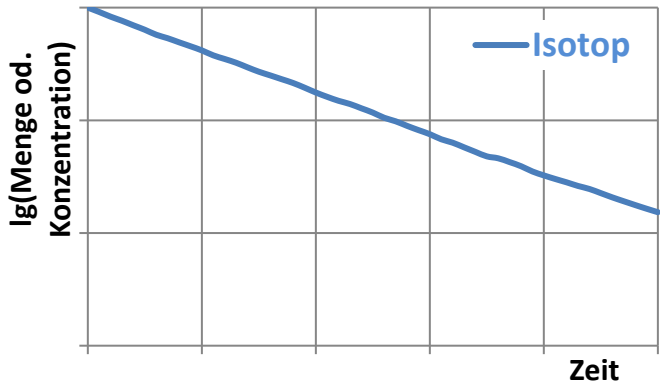
Als konkretes Beispiel kann man die radioaktive Umwandlung von Gold in Quecksilber anbringen:

$_{79}Au \longrightarrow {}_{80}Hg + e^-$

Damit ändert sich beim β-Zerfall auch die Element-Art. Es entsteht das Element mit der nächsthöheren Ordnungs-Zahl.
Beim a-Zerfall passieren die größten Veränderungen im Atom-Kern. Es wird ein Helium-Atom abgespalten. Dieser besteht aus zwei Protonen und zwei Neutronen. Die Abspaltung eines α-Teilchen ist somit immer mit der Umwandlung in ein anderes Element verbunden und zwar in das mit einer um 2 reduzierten Ordnungs-Zahl.
Radioaktive Zerfalle sind dadurch gekennzeichnet, dass sie völlig zufällig ablaufen. Jedes Isotop zerfällt mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit. Gibt es unterschiedliche Zerfalle, dann sind für jeden dieser Zerfalle völlig andere und unabhängige Wahrscheinlichkeiten ermittelt worden. Ob der Zerfall eines einzelnen Atoms passiert, ist immer rein zufällig. Es ist – aus derzeitiger wissenschaftlicher Sicht – von keinem anderen Vorgang oder einem benachbarten Atom abhängig. Ob der Zerfall heute oder morgen oder erst in 1000 Jahren passiert ist völlig unvorhersehbar. Lediglich statistisch über größere Atom-Zahlen lassen sich Gesetzmäßigkeiten erkennen.
Allgemein beobachtet man immer den nachfolgenden Verlauf der Anzahl der radioaktiven Atome eines Isotop's:

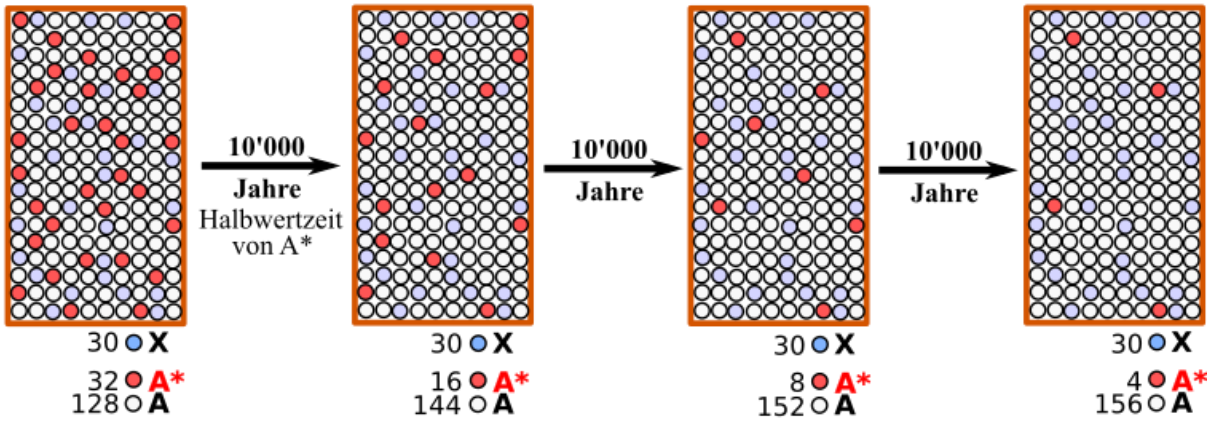


Die Physik hat als die charakterischtische Konstante bei radioaktiven Zerfalls-Prozessen die Halbwert-Zeit erkannt. Diese Konstante sagt aus, dass nach genau dieser Zeit, die Hälfte der Zerfalls-fähigen Atome auch umgewandelt sind. Nach jeweils einer weiteren – gleichen – Zeit-Periode ist dann wiederum die Hälfte umgesetzt, so das nun nur noch ein Viertel der ursprünglichen Zerfalls-fähigen Atome vorhanden ist. Das Prinzip wiederholt sich so lange, bis eben keine Atome mehr zerfallen können.



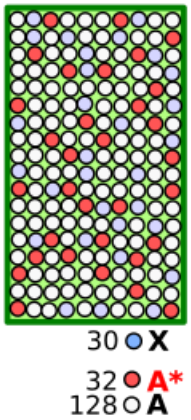
In experimentellen Ansätzen muss aber auch noch beachtet werden, dass die untersuchte Atom-Art ev. auch durch andere Zerfalls-Reihen nachgebildet werden kann.

Betrachten wir hier ein Modell mit einer Atom-Art A, deren Isotop A* eine Halbwertszeit von 10‘000 Jahren hat.



Die roten Kreise sein die radiaktiven Isotope **A***, die nun zukzessive zerfallen. Da das Präparat (z.B. in Sediment) eingeschlossen ist, verbleiben die gebildeten – nicht-radioaktiven – Isoptope A neben den normal vorkommenden im Objekt. Diese sind durch leere Kreise gekennzeichnet. Irgendwelche anderen Atome / Isotope (bläuliche Kreise; Atom-Symbol **X**) werden ignoriert. Deren Zahl bleibt i.A. relativ gleich. Änderungen haben auch keinen Einfluß auf das betrachtete Isotopen-Vehältnis **A*/A**.

Für die Bestimmung des Alters benutzt man nun als Vergleichs-Objekt ein aktuelles Präparat. Dabei gehen wir davon aus, dass auch damals (zur Entstehungs-Zeit des Präparates) die gleichen Isotopen-Verhältnisse vorkamen.



Das ursprüngliche Isoptopen-Verhältnis (A*/A) ist im Modell 32/128 (= 0,250). Nach 10‘000 Jahren – eben der Halbwertszeit – ist das Verhältnis noch bei 16/144 (= 0,111). Nach erneuten 10‘000 Jahren liegt das Verhältnis dann bei 8/152, was 0,053 entspricht.

Misst man nun eine Radioaktivität, die z.B. 12 radioaktiven Atomen A* auf 148 Normal-Atomen A entspricht, dann ergäbe dies ein Verhältnis von 0,081. Somit muss die Entstehungszeit zwischen 10‘000 und 20‘000 Jahren zurückliegen. Genaue Aussagen lassen sich dann aus einem Eich-Diagramm entnehmen.

Aufgaben:

1. *Leider ist das Eich-Diagramm für das A*-Modell verlorengegangen. Rekonstruieren Sie es für einen Zeitraum von 50‘000 Jahren!*
2. *Ein Mitschüler behauptet, dass nach 60‘000 Schluß ist, weil dann kein radioaktives Isotop mehr vorhanden ist. Setzen Sie sich mit dieser These auseinander!*

Kreationisten und einige andere religiöse Vertreter bringen als Argument immer gerne ein, dass die der jeweiligen Datierungs-Methode zugrundeliegenden Abläufe früher und vor allem durch des Schöpfers Allmacht auch viel schneller abgelaufen sein könnten. Das würde zu deutlich kürzeren Präparat-Ablagerungszeiten führen.

Sachlich ist dies möglich. Ein unterschiedlicher zeitlicher Ablauf könnte ohne weiteres gewesen sein! Derzeit haben wir Naturwissenschaftler nur keine Hinweise darauf. Die einzelne Methode wird immer mit anderen Methoden in Bezug gesetzt. Gott hätten dann auch die anderen Vorgänge manipulieren müssen. Aber wozu sollte er das tun? Im Zweifelsfall sollten

nun die Theorie-Gegner durch Argumente (- außer der unterstellten Allmacht (die, wir schon festgestellt haben nicht beweisbar bzw. widerlegbar ist) -) belegt werden, dass es so gewesen ist. Exakte Nachweise fehlen vollständig. Somit müssen wir Naturwissenschaftler bei unseren – sehr wahrscheinlich und nach dem aktuellen Wissensstand – stabilen Isotopen-Uhren (Datierungs-Systemen) bleiben.
Derzeit wird aber darüber diskutiert, ob die Ausgangs-Verhältnisse der Isotope immer konstant gewesen sind. Es gibt einige Anhaltspunkte dafür, dass dies nicht so war. Deshalb wurden diverse Korrekturen eingearbeitet. Die Abweichungen zu den veralteten Werten sind aber im unteren einstelligen Prozent-Bereich. Üblicherweise werden sowieso immer Alters-Bereiche angegeben, da die Messungen dem Zufall radioaktiver Prozesse unterliegen und damit zwangsläufig streuen.
Je nach Methode werden die biologischen Rest-Materialien oder die umgebenden Gesteine datiert.
Besonders, wenn die Zeiträume an die Bestimmungs-Grenzen der jeweiligen Methode stoßen, dann werden die Methoden ungenauer. Die dann sehr flachen Kurven-Bereiche bestimmen die Genauigkeit. Wenn die Streuung der Mess-Werte größer wird, als die Kurven-Veränderung, dann können keine Zeit-Angaben mehr abgeleitet werden.
Mit statistischen Prüf-Verfahren wird dann getestet, ob das Gesamt-Ergebnis (quasi der Mittelwert) noch wissenschaftlich vertretbar ist.
Durch parallele Untersuchung mit mehreren Methoden werden ev. Zufälle oder Störungen ausgeschlossen / reduziert
Prüft man nun mit Methoden, deren Bestimmungs-Zeiträume leicht verschoben liegen, dann kann ein unsicherer Zeitpunkt entweder bestätigt, konkretisiert oder ausgeschlossen werden.
Heute kombiniert man immer mehrere Datierungs-Methoden, um die Ergebnisse weniger anfechtbar zu machen.

Besonders sicher gelten für die Evolutions-Forscher Methoden aus der Physik oder Chemie.
Hier kann eine selbstbezügliche Beeinflussung durch das Forschungs-Fach weitgehend ausgeschlossen werden.

Aufgaben:

1. *Welche natürlichen Isotope gibt von den Elementen H, O und C? Geben Sie die chemischen Symbole an!*
2. *Was bedeutet es, wenn Wissenschaftler von schwerem oder superschwerem Wasser sprechen? Erläutern Sie ausführlich!*
3. *Ist folgende Schreibung eines β-Zerfalls akzeptabel? Begründen Sie Ihre Meinung!*

$$^{198}Au \longrightarrow {}^{198}Hg + e^-$$

4. Modell-Versuch (Simulation): Sie brauchen möglichst viele Würfel (30, 50 od. 100 sind optimal; ev. bringt jeder Kursteilnehmer welche von zuhause mit und würfelt dann auf seinem Tisch; die Ergebnisse werden zusammengefasst) und einen Behälter, in dem alle Würfel zum Mischen Platz finden. Ev. auch eine flache Schale zum Auffangen der gewürfelten Würfel.
   a) Stellen Sie – nachdem Sie sich den Alkgorithmus angesehen haben – eine Vermutung auf, wieviele Runden gewürfelt werden muss, bis die Simulation beendet ist!
      Algorithmus:
      (1) Anzahl der Würfel notieren, die (noch) im Spiel sind
      (2) Mischen der Würfel und Becher vorsichtig ausschütten
      (3) Alle Würfel mit einer 6 aussortieren, zählen und Anzahl notieren
      (4) solange weiter bei (1) bis kein Würfel mehr übrig ist
   b) Vergleichen Sie Ihre Vermutung mit der wirklich gebrauchten Anzahl von Simulations-Runden!
   c) Erstellen Sie ein Diagramm mit den beiden Datenreihen!
   d) Bestimmen Sie die durchschnittliche Halbwertszeit (mindestens drei "Ablsewerte")!
5. Erstellen Sie eine Tabelle in einem Tabellenkalkulations-Programm, in der Sie die Zerfalls-Zahlen für ein Isotop berechnen lassen, dass eine Halbwertzeit von 5'000 Jahren hat! Die Tabelle soll 10 Zeilen haben, die immer für 5'000 vergangene Jahre stehen. Die Ausgangs-Anzahl der radioaktiven Atome (eines Isotop's) soll frei wählbar sein!
6. Erstellen Sie aus den Daten von Aufgabe 4 ein geeignetes Diagramm!
7. Simulieren Sie den Zerfall eines Elementes von dem wir eine Schicht von 10x10 Atomen betrachten. In jeder simulierten Zeit-Einheit gilt für jedes Atom die Wahrscheinlichkeit von 1/6, dass es zur Umwandlung kommt. Die Simulation der Zufälligkeit wird durch Würfeln einer "6" realisiert (natürlich für jedes Atom einzeln)! Nach jedem Durchgang für die gesamte Atom-Schicht wird ausgezählt und am Schluß ein Atomanzahl-Zeit-Diagramm erstellt!
8. Ermitteln Sie, nach wievielen Simulationen-Takten Sie die Hälfte der Atome umgewandelt haben! Vergleichen Sie Ihre Ergebnisse mit denen anderer Kurs-Teilnehmer!
9. Betrachten Sie auf die gleiche Art und Weise die Takte für das Erreichen eines Viertel bzw. eines Achtels der ursprünglichen Atom-Anzahl! Was fällt auf?
10. Warum benutzt man eigentlich nicht die verschiedenen Isotope von Wasserstoff und Sauerstoff)s.a. Aufg. 1), um das Alter eines biologischen Präparates zu ermitteln? Erklären Sie das populärwissenschaftlich!

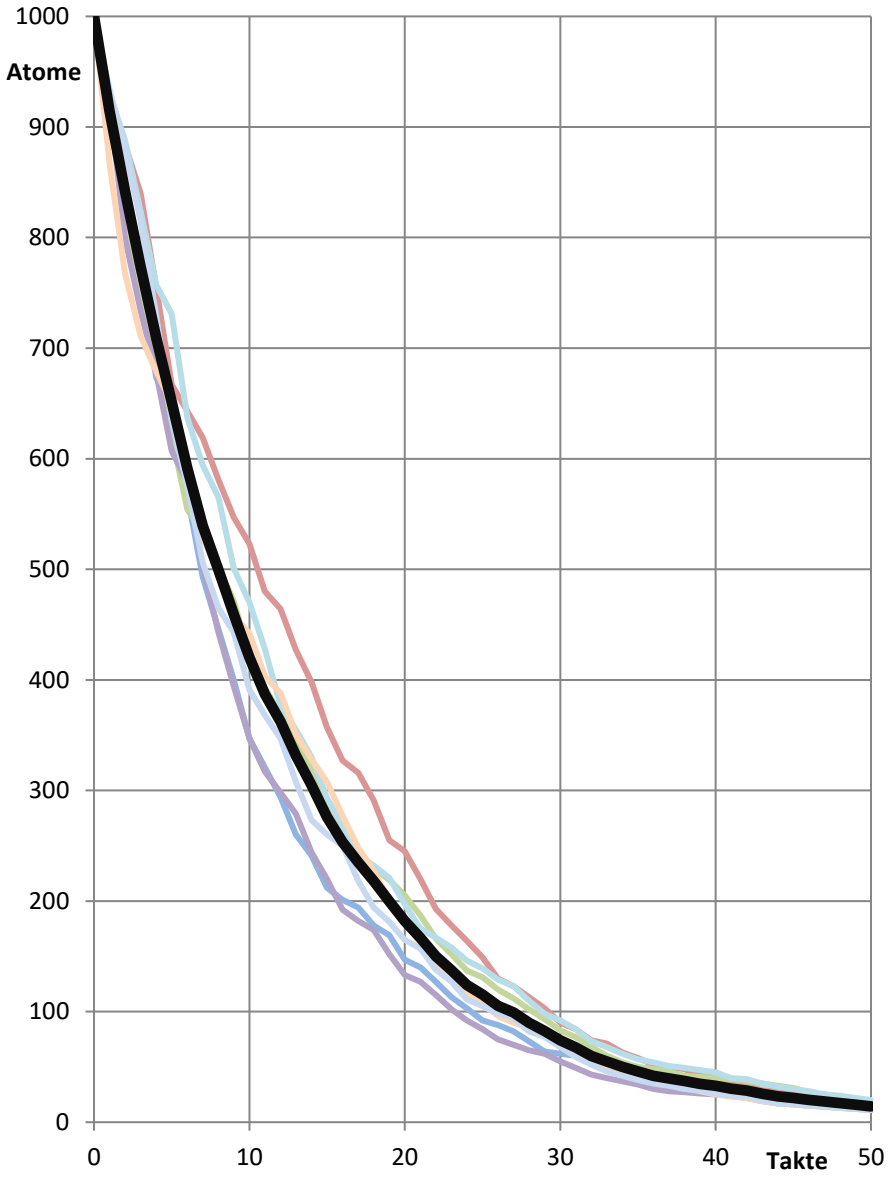
<u>für die gehobene Anspruchsebene:</u>

11. Erstellen Sie eine Tabelle – wie bei Aufgabe 4 – nur das der Zeit-Takt pro Zeile 1'000 Jahre beträgt! (Die Anzahl der Zeilen kann gleich bleiben.)
12. Erstellen Sie ein geeignetes Diagramm aus den Daten von Aufgabe 10!
13. Was passiert, wenn Sie die –Achse in eine logarithmische Skala umsetzen?

Aufgaben:

Nachfolgend sind 7 Einzel-Simulationen (pastellfarbige Graphen) und die Mittelwert-Kurve (schwarz, dicker) eines Zerfalls-Prozesses dargestellt!

1. ***Bestimmen Sie die Halbwert-Zeit dieses Zerfalls!***
2. ***Welche Veränderungen erwarten Sie, wenn man die gleiche Simulation noch einmal durchführt? Begründen Sie Ihre Vermutungen!***
3. ***Wie werden Diagramme aussehen, die z.B. von 100, 10'000 oder 1'000'000 Atomen ausgehen? Erläutern Sie ausführlich!***
4. ***Wie genau ist eigentlich eine Zeit-Bestimmung, wenn man von verschieden alten Proben weiss, dass diese anfänglich immer 1'000 Atome enthielten? Testen Sie mit verschiedenen – imaginären – Meßwerten!***



5. ***Wie kann man die Meß-Genauigkeit verbessern? Erläutern Sie Ihre Ideen und geben Sie an, welche Bedingungen dazu erfüllt sein müssen!***

für die gehobene Anspruchsebene:

6. ***Können Sie Aussagen zur Wahrscheinlichkeit des Zerfalls für einen Takt angeben? Wenn JA, dann erläutern Sie Ihr Vorgehen! Wenn NEIN, dann geben Sie an, warum das nicht geht!***

1.x.y.1.1.1. Radiocarbon-Methode / C14-Methode / 14C-Methode

gut bestimmbare Zeiten zwischen 300 und 60'000 Jahre

beruht auf der quantitativen Verfolgung des Zerfalls des radioaktiven Isotopes 14 vom Cohlenstoff

$$^{14}C \longrightarrow {}^{14}N + 1e^- + \overline{\nu}$$

Elektron Antineutrino

In lebenden Organismen kommt es ständig zum Austausch der C-Atome. In andere Elemente umgewandelte Atome werden durch neue aus der Natur ersetzt. Vorrangig passiert dies in der Photosynthese. Cohlendioxid aus der Atmosphäre wird zu festem organischem Material (zuerst Glucose). Wir sprechen in diesem Zusammenhang von einer Cohlenstoff-Fixierung. Diese Cohlenstoff-Verbindungen haben wieder das "normale" Isotopen-Verhältnis.
Heute ist das Verhältnis von ^{12}C- zu ^{14}C-Atomen ungefähr 12'000'000'000 : 1. Bei der C14-Methode geht man davon aus, dass dieses Verhältnis auch vor vielen Millionen von Jahren schon so war. (In verbesserten Techniken werden bekannte Schwankungen und Veränderungen mit als Korrekturen eingearbeitet.)
In abgestorbenen Organismen (Leichen etc.) sowie Fossilien (z.B. in Torf, Kohle) verbleiben die Atome praktisch für "immer" im Objekt. Hier können jetzt nur noch interne Vorgänge die Atom-Verhältnisse ändern.

Cohlenstoff wird bei den Abbau-Vorgängen hin zur Mumie, zum Torf, zur Kohle usw. usf. nicht ausgetauscht. Ein geringer Teil abgebauter Cohlenstoff verschwindet z.B. als CO_2 unabhängig von der Isotopen-Zusammensetzung (Isotope reagieren chemisch gleichartig)
das Isotopen-Verhältnis der Probe zu seiner Entstehungszeit wird mit dem heutigen gleichgesetzt
nur der geringe Anteil (%) des ^{14}C zerfällt radioaktiv zu ^{12}C
damit steigt der Anteil von ^{12}C
Halbwert-Zeit ^{14}C zu ^{12}C: 5'730 a
also nach rund 6'000 Jahren ist die Hälfte des ursprünglichen ^{14}C zerfallen, wiederum nach rund 6'000 Jahren ist der verbleibende Rest wiederum zur Hälfte zerfallen usw.usf.
ermittelt wird letztendlich das exakte Verhältnis von ^{14}C und ^{12}C in der Probe
meist Messung die radioaktive Aktivität A in Bq / kg (BECQUEREL pro kg [C])
betrug die angenomme Aktivität der Probe zu seinem Konservierungs-Beginn z.B. 250 Bq / kg und heute nun 100 Bq / kg, dann kann man den noch vorhandenen Anteil berechnen (100 / 250 = 0,4 (also 40 %)
die Ausgangs-Aktivität ist der Wert für die Aktivität den eine heutige äquivalente Probe hat; als Basis wird die ermittelte Gesamt-Cohlenstoff-Menge der Probe angesetzt (Aktualismus-Ansatz)
nach dem Ablauf einer Halbwertzeit-Periode ist die Aktivität auch nur noch halb so groß, und nach einer weiteren Halbwertzeit-Periode schon nur noch ein Viertel usw. usf.
über das (allgemeine) Zerfalls-Diagramm läßt sich die Zeit in Halbwertzeit-Einheiten ablesen
in unserem Beispiel rund 1,3 l-Einheiten
mit der Halbwertzeit von 5'730 Jahren umgerechnet ergibt sich ein Alter von rund 7'450 Jahren

$$A_t = A_0 \cdot e^{-t\lambda}$$

$$\left(\frac{^{14}C_{Probe}}{^{12}C_{Probe}}\right) = \left(\frac{^{14}C_{normal}}{^{12}C_{normal}}\right) \cdot e^{-\lambda t}$$

Referenz für die Kohlenstoff-Isotopen-Verhältnisse der einzelnen erdgeschichtlichen Zeitalter wird durch spezielle Sedimente aus der Nähe von Kairo gebildet, man nennt solche geologischen Referenz-Strukturen GSSP's (Global Startotype Section and Point)
hier passiert also eine Verknüpfung der absoluten Zeit-Bestimmung (C14-Methode) mit einer relativen Methode (Stratigraphie; → 3.x.6.2.1. Stratigraphie)
Das dort Nachgewiesene und in Abhängkeit zur geologischen Sediment-Bildung gebrachte Isotopen-Verhältnis führt zur Fein-Korrektur der Zerfallskurve.

Aufgaben:

1. Ist die Aussage, dass bei der Umwandlung des Isotop's ^{14}C ein anderes Element mit einer 14 (^{14}N) entsteht, nicht falsch? Klären Sie das Phänomen!

1.x.y.1.1.2. Kalium-Argon-Datierung

für die umgebende Gesteinsschicht bzw. Versteinerungen
für längere Zeiträume als 500'000 Jahre

^{40}K → ^{40}Ar und ^{39}Ar → ^{40}Ar 5'000 → 100'000'000 Jahre

Halbwertzeit (K-40) 1,3 Mrd. Jahre; da das gebildete Ar-40 in den Gesteinen praktisch gefangen ist, eignet es sich gut als Datierungs-System (in der ursprünglichen warmen Schmelze entweicht das Argon praktisch vollständig vor der Erstarrung)

z.B. für die Bestimmung der vormenschlichen Fußspuren in (versteinerter) Vulkan-Asche auf 3,7 Mio. Jahre

bei der Ar-Ar-Methode wird Gesteins-Material mit Neutronen beschossen, dabei wandelt sich z.B. K-39 in Ar-39 um
für die Altersbestimmung wird dann das Verhältnis von Ar-39 zu Ar-40 ausgewertet
die Bestimmung von Argon ist technisch deutlich einfacher, als gering-konzentriertes Kalium zu erfassen

1.x.y.1.1.3. Uran-Reihen-Datierung

^{234}U → ^{238}U	50'000 → 1'000'000 Jahre
^{230}Th → ^{234}U	1'000 → 500'000 Jahre
^{231}Pa → ^{235}U	50'000 → 200'000

Uran-Blei-Methode
anwendbar auf Gesteine (Mineralien), die zur Entstehungszeit kein Blei enthielten
in Gesteinen stammt Blei fast ausschließlich aus dem radioaktiven Zerfall von Blei
für Zeiträume von Milliarden Jahren geeignet
z.B. Alterbestimmung der Erde auf 4,5 Mrd. Jahre

1.x.y.1.1.4. Datierung über weitere radioaktive Zerfalls-Reihen

^{87}Rb → ^{87}Sr 20'000 → 100'000'000 Jahre

1.x.y.1.1.5. Elektronen-Spin-Resonanz-Datierung

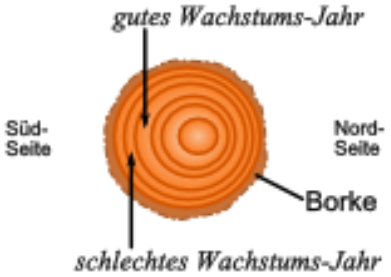
1'000 → 500'000 Jahre

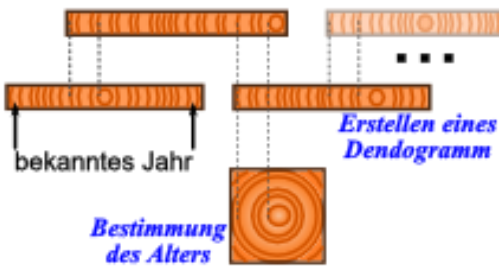
1.x.y.1.1.6. Spalt-Spur-Datierung

eine typische geowissenschaftliche Datierungs-Methode
bei ihr beobachtet man in Uran-haltigen Mineralien Kristall-Defekt-Linien, die durch den radioaktiven Zerfall von Uran entstehen
die Mineralien werden angeschliffen, poliert und angeätzt
dadurch werden die Spuren (in der Schnittfläche) sichtbar und dann ausgewertet
die Defekt-Linien sind zwischen 10 und 20 µm lang und haben einen Durchmesser von 1 bis 5 µm

1.x.y.1.2. Dendro-Chronologie

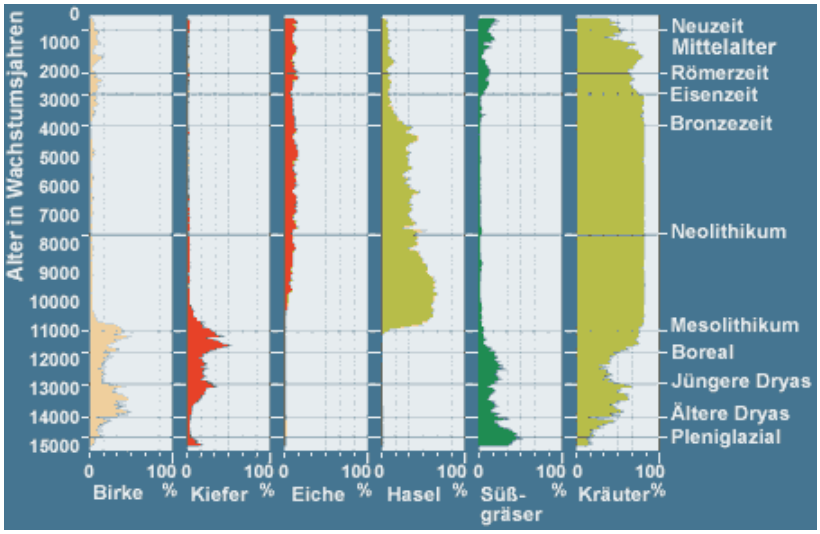
analysiert die Anzahl, Größen-Beziehungen und Störungen von Wachstums-Ringen (Baum-Ringen)
Ring-Struktur entstehen in Abhängigkeit von Wachstums-Phasen und damit von jahreszeitlichen Schwanken (z.B. im Winter weniger Wachstum → dichtere / dunklere Struktur und im Sommer bei mehr / schnellerem Wachstum → lockere / hellere Strukturen
Feuer / Meteoriten-Einschläge / bestimmte Stoff-Freisetzungen hinterlassen weitere charakteristische Spuren
ausgehend von frisch geschlagenen Bäumen lassen sich die Jahres-Ringe von außen nach innen auswerten und direkt Jahren / Wachstums-Perioden zuordnen
mittels sehr alter Bäume kommt man bis mehreren hunderten ev. sogar 1'000 Jahre zurück
kombiniert man nun diese Muster mit den Strukturen aus historischen Hölzern (Bauwerke, Moor-Lagerungen, …) dann kann die Zeit-Skala verlängert werden.
Derzeit kommt man bis rund 10'000 Jahre zurück





1.x.y.1.3. Warven-Chronologie

auch: Bänderton-Datierung; Bänder-Ton-Datierung
Warven sind Ton-Ablagerungen in stehenden Gewässern
in größeren – länger erhaltenen Gewässern – bilden sich Ton-Ablagerungen
diese Sedimente werden Warven genannt
im Frühjahr setzen sich vorrangig helle, grob-körnige und Sand-reiche Sedimente ab, die mit der Schnee-Scmelze und dem Tauwasser in die Seen usw. gelangen
im Herbst und Winter sind es dann eher die dunklen, humosen Tone
es bildet sich Bänderstruktur, die ausgezählt und mit ev. besonderen klimatischen Ereignissen synchronisiert werden können
Schichten verdichten sich dann durch Auflagerungs-Druck immer mehr und sind dann auch sehr beständig
Alter von eingelagerten Objekten kann dann in Warven-Jahren angegeben werden
dem Schweden GEER gelang es Anfang des letzten Jahrhunderts einen Warven-Kalender für Süd-Schweden über rund 10'000 Jahre aufzustellen
weiter Synchronisierungen über eingelagerte Cohlenstoff-Träger (→ C14-Methode)
interssant sind natürlich die eingelagerten biologischen Strukturen
sehr gut sind Pollen oder Samen für Langzeit-Verfolgungen geeignet
heute Kalender bis 76'000 Jahre (Süd-Italien) bekannt
üblich sind Warven-Kalender um die 5'000 bis 25'000 Jahre



Pollen-Diagramm aus dem Meerfelder Maar (Eifel)
Q: www.enso.info (Q: Deutsches Museum)

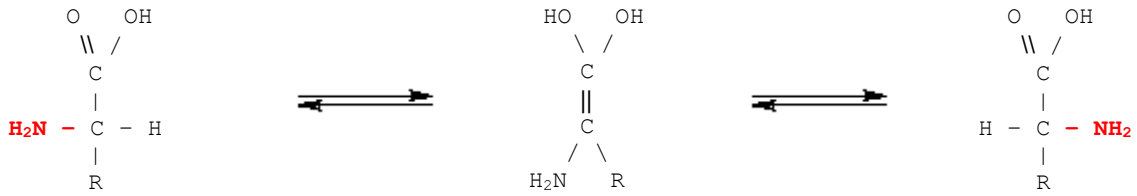
1.x.y.1.4. Lumineszenz-Datierung

basiert auf Thermolumineszenz (TL; TL-Datierung)
durch Umgebungs-Strahlung
für Zeiträume von 1'000 bis einige 100'000 Jahre geeignet
basiert darauf, das in vielen Mineralien Veränderungen (z.B. von Energie-Niveaus, freie Elektronen, …) durch ausgehend vom Bildungs-Zeitpunkt einwirkende äußere Energie-reiche Strahlung konserviert wurde
Proben werden bestrahlt (termisch oder optisch) und die freigesetzte Energie wird gemessen
Energie wird in Form z.B. von Infrarot-Strahlung frei (Energie-Übergänge mit geringerem Energie-Niveaus als die eingestrahlte Anregungs-Energie

bei der Infrarot-Radiolumineszenz wird z.B. als radioaktive Strahlungs-Quelle ^{137}Cs zur Anregung eingesetzt

1.x.y.1.5. Aminosäure-Methode

(Aminosäure-Datierung; Aminosäure-Uhr, Eiweiß-Uhr; Racemat-Methode)
beruht auf dem Fakt, dass in lebenden Organismen praktisch nur L-Aminosäuren verwendet werden (gebildet, umgesetzt und in Proteine eingebaut)
nach dem Tod kommt aus ausgehend vom Bestand langsam zur Racemat-Bildung (ungefähr gleiches / zumindestens aber stabiles Verhältnis zwischen L- und R-Form)



L-Aminosäure
L-Aminosäure

Übergangs-Zustand
Übergangs-Zustand

R-Aminosäure
D-Aminosäure

für Zeiträume von 20'000 bis 100'000 (kombiniert auch bis 600'000 Jahre); maximal bis 1'200'000 Jahre
Genauigkeit von 2 – 10 % (besser für Tiefsee und Höhlen und kürzeren Zeiträumen)
besonders für die menschliche Abstammung-Aufklärung interessant, da die C14-Methode nur für kürzere Zeiträume exakt ist und die K-Ar-Datierung wieder nur für deutlich längere Zeiträume exakt ist
füllt genau die Lücke aus
hängt von der Lager-Temperatur ab; aber auch von pH-Wert und begleitenden chemischen (Verwitterungs-)Prozessen
kommt mit kleinen Proben-Mengen aus

1.x.y.1.6. Palynologie

Analyse von Pollen und / oder Sporen (frisch, getrocknet, als Fossilien) in Böden, Sedimenten und verschiedenen Gesteinen
weiter geeignet Insekten-Eier u.ä.
für Zeiträume von wenigen Jahren bis hin zum Ordovizium möglich

z.B. auch durch prähistorischen und modernem Honig bzw. Bernstein (Harz-Ablagerungen)
die Palyonologie-Forschung um den Honig heißt Melissopalynologie
weiter in Erdöl, Kohle und Torfen

unter Sauerstoff-Abschluss bleiben die äußeren Hüllen von Sporen und Pollen über Hunderte von Millionen Jahren erhalten, da das Sporopollenin nicht abgebaut wird (während andere innere Bestandteile zugrundegehen und verrotten
dazu kommen konservierende Bedingungen wie Kieselsäure, Verkalkung, Inkohlung

Ablagerungen in abgelegenen Seen (ohne viel Wasser-Bewegung) eigenen sich für Vorgänge z.B. von den Eiszeiten bis heute

1.x.y.1.7. Lichenometrie

Zeitgeber ist das Wachstum von Flechten (wachsen sehr langsam; bei stärkeren Schwankungen der Umwelt-Bedingungen sterben sie ab)
ist aber nur begrenzt sicher und vor allem nicht Zeit-stabil

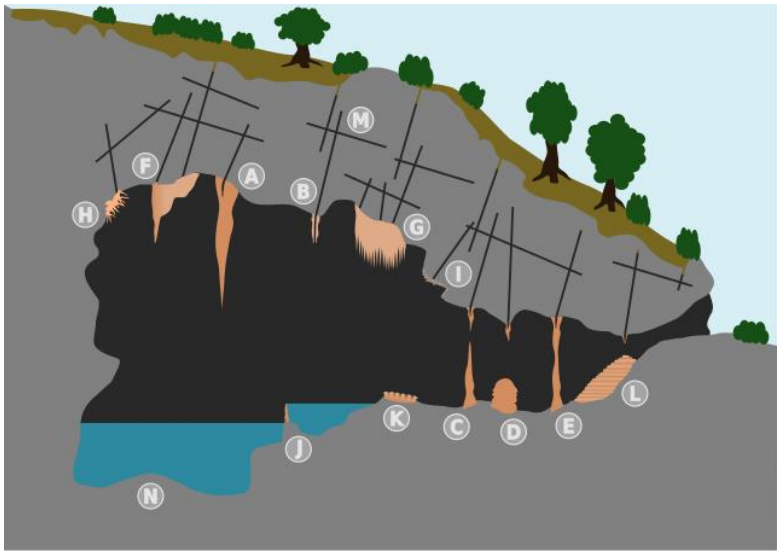
1.x.y.1.8. Speläometrie (???)

Analyse der Höhlen-Minerale (Speläotheme)
sind sekundäre Mineral-Ablagerungen

typische Minerale sind Calcit, Aragonit und Kalkstein (verschiedene Mineral-Formen von $Ca[CO_3]$)
selten Gips ($Ca[SO_4] * 2\ H_2O$)

allgemein schwer-lösliche Salze

aufgrund der im Jahres-Verlauf schwangenden Wasser-Mengen, der unterschiedlichen Zusammensetzung des Niederschlags-Wasser's (Spuren-Elemente) usw. bilden sich bei den Stalagmiten und Stalaktiten Schicht-artige Strukturen (ähnlich Baum-Ringen)



Tropfstein-Höhle mit vreschiedenen Tropfstein-Arten
(A … Stalaktit; B … Sinterröhrchen/Makkaroni; C … (Kerzen-)Stalgmit; D … kegelförmiger Stalagmit; E … Stalagnat; F … Sinterfahne; G … Sinterfahne; H … Excentrique; I … Mondmilch; J … Sinterbecken; K … Calcit-Kristalle; L … Sinter-Terassen; M … Karstklüfte; N … Höhlenwasser)
Q: de.wikipedia.org (chris)

analysiert werden die Schicht-Dicken sowie die Zusammensetzung der Mineralien im gesamten Gebilde , wie auch innerhalb der Schichten

Analyse des Isotopen-Verhältnis für ^{18}O

gut geeignet, um Veränderungen nach der letzten Eiszeit zu verfolgen
Veränderung des Klima's (z.B. Stärke des Jetstream's)
Abgleich mit anderen Datierungs-Methoden

Exkurs: Delta-O-18 ($\delta\ ^{18}O$)

Analyse des Isotopen-Verhältnis zwischen den stabilen Isotopen ^{16}O und ^{18}O
Halbwertzeiten praktisch unendlich
normales Verhältnise $^{18}O/^{16}O$ = 2/1'000

Wasser mit 18O ist schwerer als das übliche Wasser mit 16O
wandert langsamer, reagiert etwas langsamer
besonders deutlich wird aber der Unterschied bei der Verdunstung
schweres Wasser verdunstet langsamer als das normale
entsprechend erfolgt die Kondensation bei schwerem Waser eher; das schwere Wasser regnet zuerst ab

z.B. enthalten die Ozeane am Äquator besonders viel ^{18}O, während im Polar-Eis weniger ^{18}O zu finden ist

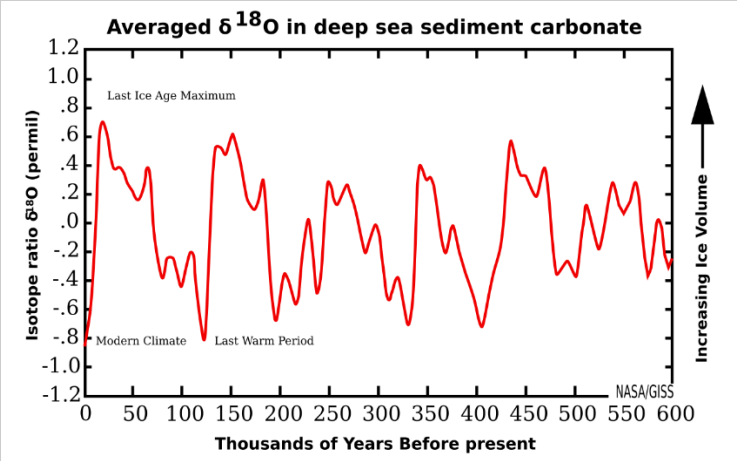
bei insgesamt aber gleichen chemischen Reaktionen
interessant ist eingelagertes Wasser z.B. in Mineralien (Kristall-Wasser)
praktisch konservierte Situation zum Bildungs-Zeitpunkt des Kristall's

bei Lebewesen nutzt man solche die als Fossilien vorliegen oderabgelagerte / sedimentierte Gehäuse von z.B. Muscheln und Schnecken oder Kiesen-Algen (Foraminiferen)

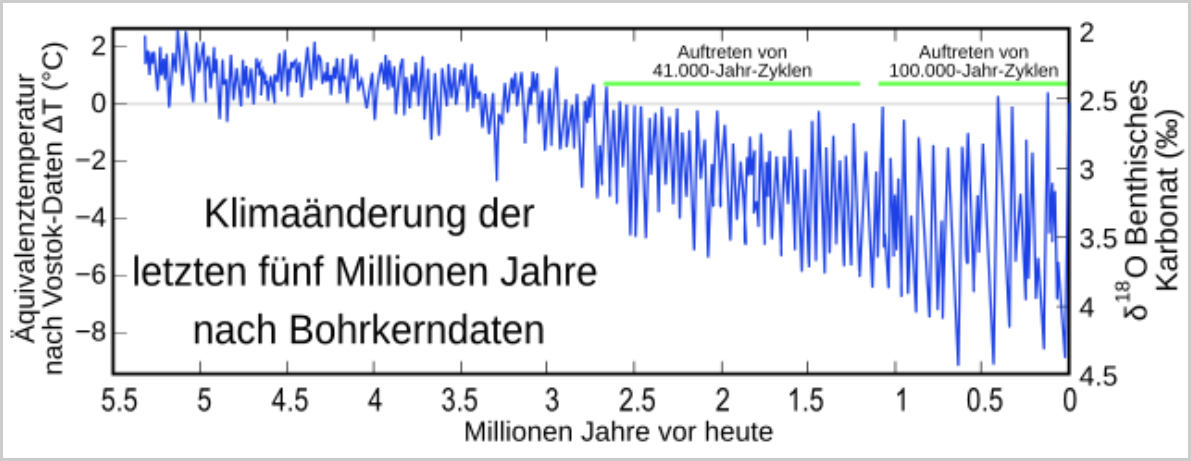
berechnet werden also Teile pro 1'000

$$\delta^{18}O = \left(\frac{\frac{^{18}O}{^{16}O}[Probe]}{\frac{^{18}O}{^{16}O}[Standard]} - 1 \right) \cdot 1000\ ‰$$

Rückschlüsse auf Klima-Verhältnisse (Verhältnis von Verdunstung und Niederschlag)
zur Charakterisierung der erdgeschichtlichen Epochen



Analyse von Tiefsee-Sedimenten
(gemittelt aus mehreren lokalen Daten)
Q: de.wikipedia.org (Gavin Schmidt)



Q: de.wikipedia.org (Dragons flight)

heute wird die Analyse des $\delta\ ^{18}O$ auch benutzt, um die Herkunft (Echtheit) von Lebensmitteln zu prüfen
z.B. ob Wein mit Leitungswasser verdünnt wurde
$\delta\ ^{18}O$-Wert ist charakteristisch für bestimmte Standorte

1.x.y.2. relative Datierungs-Methoden

aus der Probe selbst lässt sich das absolute Alter nicht bestimmen, erst mit äußeren Bezugs-Daten lässt sich die Probe relativ zu diesem Bezugs-Punkt einordnen,
durch Kombination lässt sich auch für die Probe dann ein absolutes Datum / Alter berechnen
ändert sich aber der Bezugs-Punkt, dann verändert sich auch die Berechnung

Definition(en): relative Datierung
Relative Datierungen ermitteln eine historische Reihenfolge bzw. ein "früher" oder "später" – bezogen auf einen bestimmten Vergleichs-Punkt / -Zeitraum.

1.x.y.2.1. Stratigraphie

Abfolge geographischer Schichten
was weiter unten liegt, stärker gepresst ist, ist sehr wahrscheinlich auch vorher entstanden und damit älter (als darüber liegende / weniger gepresste Gesteine)

Ausnahmen – wie sie z.B. bei Faltungen autreten können – müssen in ihrer Entstehungs- bzw. Bildungs-Geschichte überprüft werden

einzelne Ausnahmen sind nicht automatisch ein Gottes-Beweis, müssen aber von der Wissesnschaft gründlich überprüft und aufgeklärt werden.
ev. muss die begleitende These falsifiziert und verbessert neu aufgestellt werden.

1.x.y.2.2. Biostratigraphie

Abfolge von Fossilien
Leit-Fossilien (→ 1.x.y.2. Leit-Fossilien)
nutzt Arten, die besonders gehäuft zu bestimmten Erdzeitaltern zugeordnet werden
meist durch ein Aussterbe-Ereignis nur bis zu bestimmten Gesteins-Schichten auffindbar
sachlich könnte auch das erste Auftreten in der Erdgeschichte benutzt, allerdings besteht hier in größerem Maße die Gefahr, dass die Art schon vorher existiert hat (wie es z.B. Kreationisten oft behaupten, mit Aussterbe-Ereignissen können sie sich besser anfreunden)

1.x.y.2.3. Typologie

Charakterisierung bestimmter Entwicklungs-Stände und die Einordnung von Unterschieden bei anderen Vergleichs-Objekten als vorgelagerte oder nachgelagerte Veränderung

1.x.y.2.4. Chronologie der Eiszeitalter

die Folge der Eiszeiten / Kaltzeiten / Eisvorstöße (Glaziale) und der Zwischen-Eiszeiten / Warmzeiten / Eisrückzüge (Interglaziale) bauen aufeinander auf oder löschen sich (bzw. ihre Umwelt-Beeinflussungen) gegenseitig aus
Gletscher bzw. die glazialen Eispanzer hinterlassen geologische Spuren
außerdem kommt es zum Material-Transport der u.U. zu Spuren zusammengesetzt werden kann (z.B. charakterische Gesteine aus einer Quelle, die in eine bestimmte Richtung verteilt werden und mit zunehmenden Transport-Dauer auch mehr Transport-Spuren verzeichnen

1.x.y.2.5. Palynologie (Pollen-Analysen)

Pollen-stratigraphische Korrelation

anhand von Größe und Häufigkeit (in bestimmten Schichten) können Rückschlüsse auf Umwelt-Bedingungen gezogen werden

1.x.y.2.6. Tephro-Chronologie

Tephren sind Asche-Ablagerungen von Vulkan-Ausbrüchen

hoher konservierender Effekt (Hitze, Sauerstoff-Mangel, Wasser-Entzug; Schnelligkeit)

1.x.y.2.7. Magneto-Stratigraphie

Bestimmungen von Magnetfeld-Umpolungen

archäomagnetische Datierung
das Magnetfeld der Erde polt sich in größeren Zeitabschnitten um
beim Erstarren der Gesteins-Schmelzen (Lava) wird magnetische Ausrichtung konserviert
in den letzten 40 Millionen Jahren hat sich das Feld rund 70x umgepolt, das letzte Mal vor 780'000 Jahren
derzeit starke Wanderung der Pole und eine seit vielen Jahren anhaltende Abschwächung des Magnetfeldes beobachtet
ev. steht eine nächste Umpolung in naher Zukunft bevor
Folgen für Organismen weitgehend ungeklärt (wahrscheinlich starke Effekte auf Tier-Wanderungen)

1.x.y.2.8. Fluor-Test

für Knochen und Zähne geeignet, die aus Calciumphosphat bestehen
in Fluor-haltigen Umgebungen (Sedimenten, …) wird $Ca_3(PO_4)_2$ in Fluorapatit (Fluor-Apatit; $Ca_5[F(PO_4)_3)]$ umgewandelt
Umwandlung hängt stark von Umgebungs-Bedingungen ab (Temperatur, Fluor-Gehalt der Umgebung, chemische Neben-Bedingungen)

1.x.y.2.9. Tiefsee-Sedimentkern-Proben

Bohrkerne aus den Tiefsee-Sedimenten zeigen längerfristige Veränderungen oder Konstanten (globales Klima, Meeres-Ströme) aufgrund unterschiedlicher Zusammensetzung und Struktur an
oft Kombination mit Suche nach Fossilien (Hartschalen, Gehäuse, …) oder Pollen etc.

1.x.y.2.10. Eiskern-Untersuchungen

Eis-Kristalle bilden sich aufgrund unterschiedlicher kurzfristiger Wetter- und langfristiger Klima-Bedingungen verschieden
es kommt ev. zu Jahreszeiten- bzw. Klima-abhängigen Zonen-Bildungen
Jahres-Zonen können wie Jahresringe zurückverfolgt werden und zur Erstellung von Klima-Archiven genutzt werden
stehen stationäre Systeme bzw. Vergleich-Möglichkeiten zur Verfügung, dann kann mit dieser Methode auch ohne weiteres absolut datiert werden.

1.x.y.2.11. Faunen- / Floren-Datierung

Methode zur Bestimmung des Alters, wenn nur wenige andere Methoden zugänglich sind
basiert auf dem Vergleich mit anderen – schon datierten – Faunen bzw. Floren
schwächere Sicherheit

1.x.y.2.12. Archäologie

besonders in der Untersuchung der menschlichen Evolution benutzt
Einordnung archäologischer Funde
benutzt auch Handwerk- und Kultur-Techniken zur Datierung

1.x.y.2.13. Hemerochorie

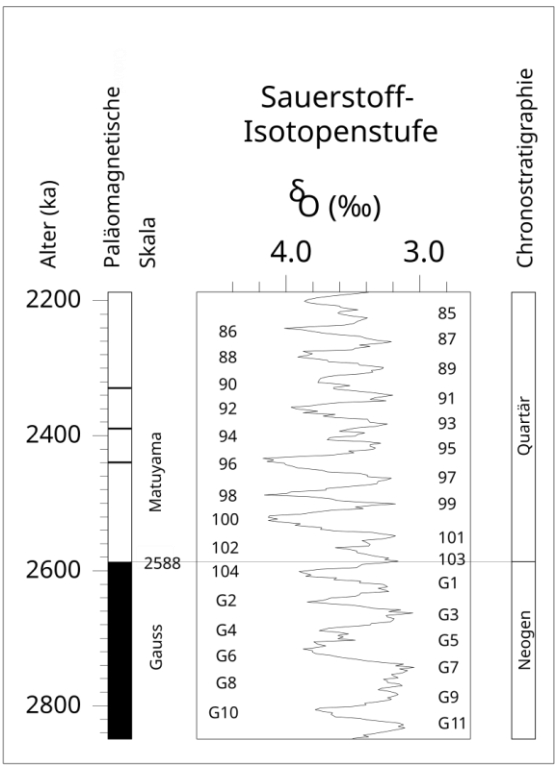
Verbreitung von Pflanzen durch den Menschen; Aufdeckung und Inbeziehungssetzung von Vegetation und Besiedlung

1.x.y.2.14. Sauerstoff-Isotopen-Stufen

werden für den Bezug zu Warm- und Kalt-Zeiten benutzt
bei niedrigen Temperaturen werden in Ablagerungen und Fossilien (vornehmlich Skelette mariner Foraminiferen) mehr ^{18}O-Atom eingebaut. In wärmeren Zeiten kommen vermehrt ^{16}O-Atome in den Kalzit-Gehäusen der Kieselalgen vor.

Die Nummerierung erfolgt immer abwechselnd nach Warm- und Kalt-Zeit. Die aktuelle Warm-Zeit hat die Bezeichnung MIS 1 (Marine Isotope State), die davor gefundene Kalt-Zeit (Weichsel-Kaltzeit) ist dann MIS 2 usw. usf.

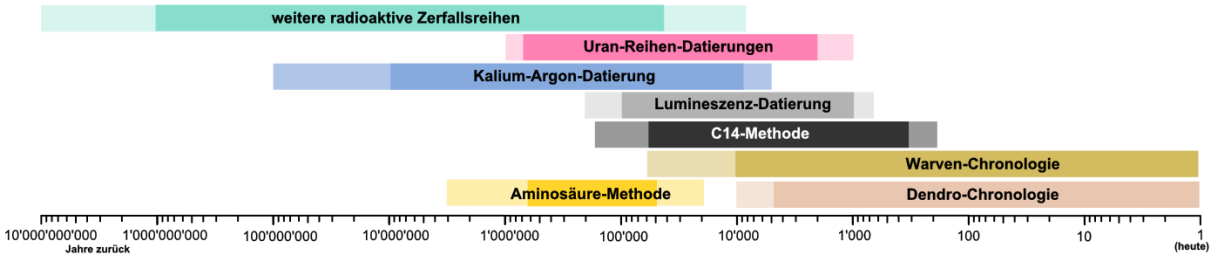
weitere Möglichkeiten sind durch die Einordnung von beobachteten Entwicklungs-Ständen aufgefundener Skelette oder anderweitiger Artefakte
Bewertung und Altersbestimmung aufgrund des Ossifikations-Alters



Sauerstoff-Isotopen-Stufen
Q: de.wikipedia.org (Jo)

als Arbeits-Hypothese ist schon die Existenz der Evolution zu beachten; also auch noch von der Annahme abhängige Ergebnisse; z.T. sehr relativ und auch immer subjektiv
unter Ossifikation versteht man die gesetzmäßige Reihenfolge von Knochen-Kernen, bestimmten Verknöcherungen von Knorpel-Teilen, von Knochen-Teilen und / oder –Formen an sich; Gebiss-Entwicklung und –Abnutzung, Verschluss der Scheitel-Nähte (um 3. Lebensjahrzehnt) und das Schließen der Fontanelle (9. – 16. Lebensmonat)

1.x.y.3. Kombination der Datierungs-Methoden



die molekulare Uhr

auch: molekular-genetische Uhr

basiert auf der **Neutral-Theorie der molekularen Evolution** von M. KIMURA (1968)
besagt, dass die meisten molekular-genetischen Veränderungen neutral sind und sich nicht auf die Populationen auswirken
neutrale Varianten sammeln sich eher durch Gen-Drift (→ 5.x.4.3.1. Gen-Drift) an als durch positive Selektion (→ 5.x.3.1. Selektion (Auslese))

bei der Fixierung (in der Population bleibende (neutrale) Mutationen) ist die Fixierungs-Rate **FR** unabhängig von der Populations-Größe

betrachtet man eine Population mit der Größe **N** und einer Mutations-Rate **μ** für die neutralen Mutationen pro Gamet und Generation, dann kann die Zahl der Neu-Mutationen **NM** berechnet werden
es stehen in der Population 2 * N Gen-Kopien zur Verfügung (für diploide Organismen)

weiterhin gilt, die Wahrscheinlichkeit, dass eine Mutation in einer Gen-Drift fixiert wird, der Gen-Frequenz **GF** entspricht

FR ergibt sich dann als Produkt von NM und GF

$$NM = 2 \cdot N \cdot \mu$$

$$GF = \frac{1}{2 \cdot N}$$

$$FR = GF \cdot NM$$

$$FR = \frac{1}{2 \cdot N} \cdot 2 \cdot N \cdot \mu$$

$$FR = \mu$$

Prinzip / Berechnung

Bedingung:

- zwei rezente Arten A und B mit deren DNA-Sequenzen (meist nur die Sequenz einzelner, vergleichbarer Gene betrachtet)
- ein Fossil aus dem vermutlichen Verzweigungs-Punkt; Alter mit Radio-Isotopen-Verfahren bestimmt

Verfahren:

1. Berechnen des Alter's des Fossil's in Mio Jahre **t[Mio.a]** (Annahme: die Messung ist korrekt)
2. Vergleichen der DNA-Sequenzen von A und B und Bestimmen der Austausche x
3. ***Annahme:*** beide Arten haben in ihrer Entwicklung gleichviele Austausche in ihrer DNA-Sequenz durchgemacht (kann aber falsch sein) → Teilen der Austausche x durch 2 (**x = x[A] + x [B]** ; **x[A] = x[B] = x/2**)
4. ***Annahme:*** die Austausche erfolgten gleichmäßig über den Zeitraum hinweg (ist statistische Aussage) → Berechnen der Austausch-Rate **AR = x[X] * t[Mio.a]**

Fehlerbetrachtung:

- je kürzer die Zeiträume, umso ungenauer wird das Verfahren
- für bestimmte Gene ist die individuelle Austausch-Rate kleiner oder größer

Erläuterung des Prinzip's → 1.x.y.4.4. Sequenz-Analysen / -Vergleiche

durchschnittliche Generations-Dauer beim Mensch 20 Jahre bei der Maus 10 Wochen

Substitutions-Rate kann mit einer Substitution auf 1'000 Nukleootide und Generation recht hoch sein (z.B. RNA-Viren)

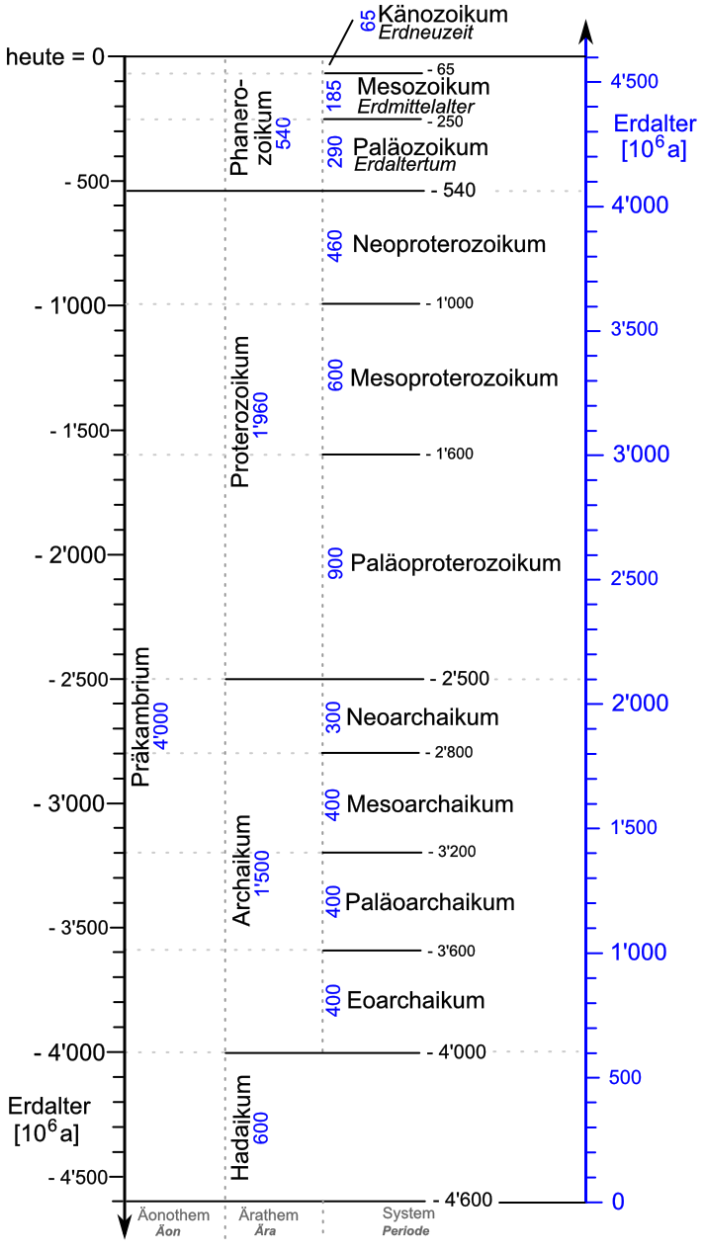
Für hochkonservative Protein-codierende Gene hat man für die nicht-synchrone Nukleotid-Substitution eine Rate von ungefähr 0,9 Substitutionen pro Position und eine Milliarde Jahre ermittelt. Bei synchronen Substitionen liegt die Rate rund 5-mal höher.

ursprünglich am Cytochrom c entwickelt
in den Anfängen der Sequenz-Analyse hat man Cytochrom c gewählt, weil es bei sehr vielen Organismen vorkommt und weil es ein relativ kleines Molekül ist (damals war die Sequenz-Aufklärung langwierig und teuer)

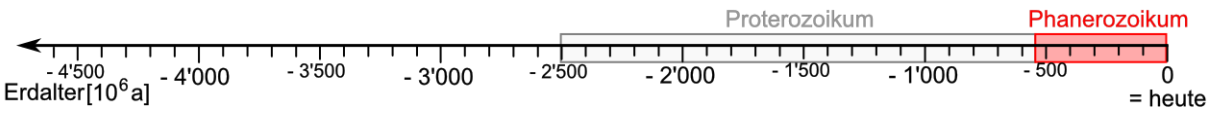
heute kombiniert man die Daten von mehreren unabhängigen Proteinen zu einem Gesamt-Bild

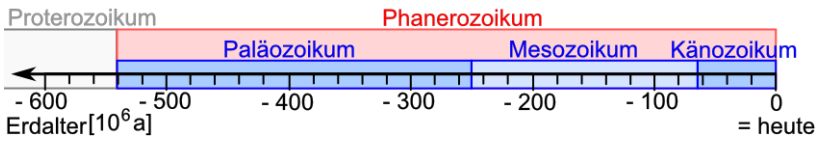
1.x.y.4. derzeitige verbreitete Unterteilung der Erdgeschichte

Im wissenschaftlichen Raum wird i.A. die **geologische Zeit-Skala** benutzt.
Bei der geologischen Zeit-Skala handelt es sich um eine international vereinbarte und breit akzeptierte Einteilung der Erdgeschichte.
Sie basiert auf der Analyse und Charakterisierung von Gesteinen.
Neben Gesteinen werden auch immer mehr bio-stratigraphische Aspekte in die Klassifizierung von Schichten, Gesteinen usw. mit einbezogen. Dabei nutzt man vor allem das Auftreten / Verschwinden von Fossilien (/ bestimmten Arten) für die Abgrenzung von erd-geschichtlichen Phasen.
In der Praxis werden zwei verschiedene Konzepte zur Abgrenzung von erd-geschichtlichen Phasen benutzt, die aber beide zur gleichen Zeit-Skala führen.
Das **geo-chronologisch**e Konzept benutzt die absolute Datierung (hauptsächlich Isotopen-Messungen) der Gesteine und Erdschichten. Es werden die einzelnen Proben betrachtet - ihr Isotopen-Alter bestimmt - und dann eine passende (chronologische) Reihe gebildet.
Bei der **chronostatisch**en Herangehensweise werden die beobachteten Aufeinanderfolgen (Welche Schicht liegt über / unter welcher anderen?). Hier wird also eine relative Datierung als Basis benutzt.
Die Darstellung erfolgt üblicherweise von unten (älteste Zeiten / Schichten / Gesteine / Formationen) nach oben (heute).

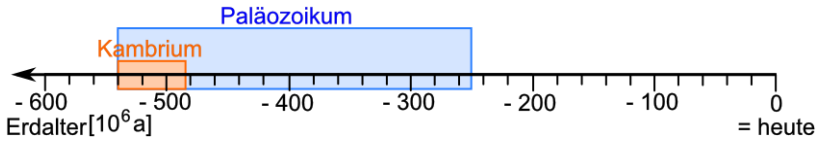


Bei waagerechter Präsentation wird von links (alt) nach rechts (jung) skaliert. Es wir fast immer eine lineare Skalierung benutzt, damit die Relationen erhalten bleiben. Nur im fachwissenschaftlichen Umfeld und bei Vergleichen über sehr große Zeiträume hinweg wird auch mal eine logarithmische Zeit-Skala benutzt.
In diesem Skript verwende ich fast ausschließlich lineare Skalen. Die Skalierung ändert sich u.U., um Unterabschnitte genauer zu definieren.

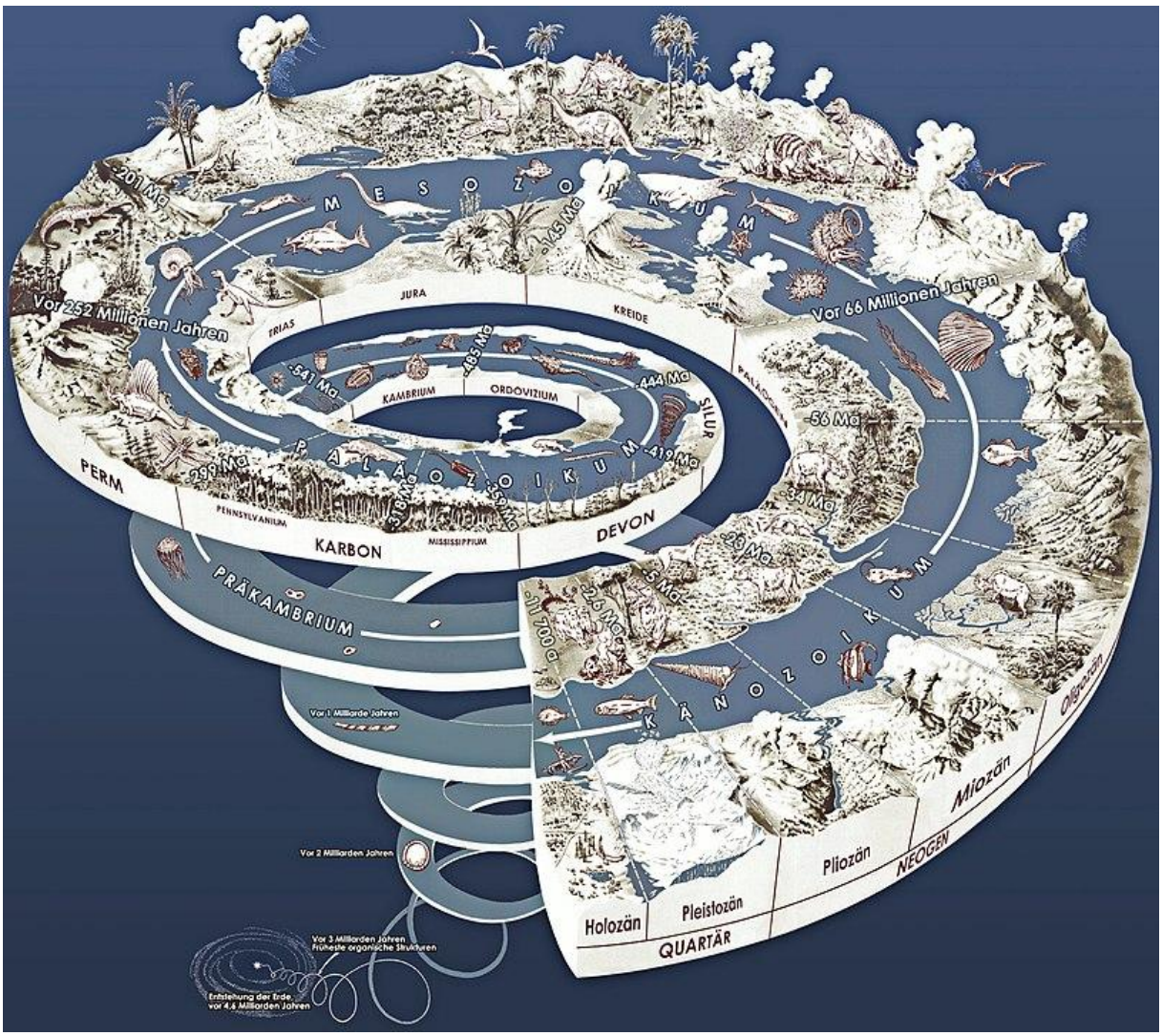




ein Erdzeitalter ist bläulich charakterisiert und gegebenenfalls eine (interessierende) Periode orange



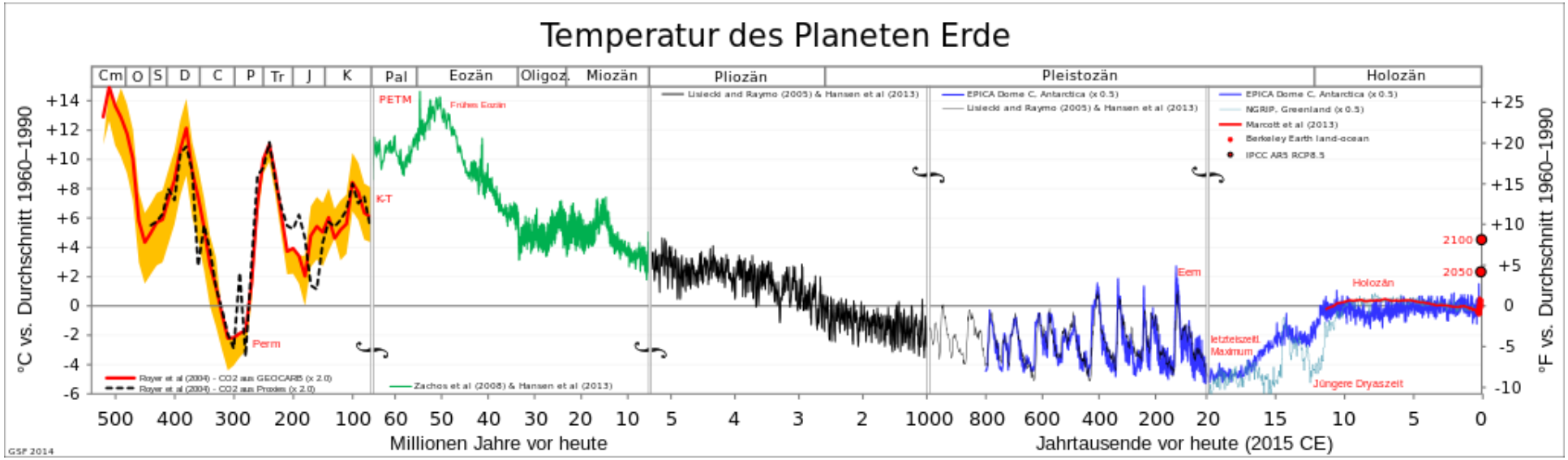
Man sollte aber beachten, dass nicht immer alle Skalen bis zum Null-Punkt (also heute) zurückgehen gehen. Vor allem bei feinen Aufspaltungen einer erd-geschichtlichen Phase können nur deren Grenze die Sklaen-Enden bestimmen.
Einige Darstellungen nutzen auch das absolute Alter. Da dieses aber immer wieder diskutiert wird, ändern sich bei einer solchen Skalierung dann auch die Zeiten. Für einfache (gröbere) Darstellungen sind solche Präsentationen aber ohne weiteres geeignet.



stark vereinfachte Geschichte der Erde und des Lebens

Q: de.wikipedia.org (Magenta Green (United States Geological Survey))

zusammengetragene Ergebnisse aus verschiedenen Untersuchungs-Methoden ergeben mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit das folgende Bild:



zusammengestellte Paläo-Temperatur-Kurve der Erde
Q: de.wikipedia.org (Glen Fergus)

Aufgabe:

"Das Diagramm beweist es: Die These vom Klima-Wandel (Mensch-gemachte Erderwärmung) ist wohl eher eine Mär von geltungssüchtigen Wissenschaftlern. Nie war die Temperatur solange so konstant wie heute." Setzen Sie sich mit dieser Aussage auseinander!

(c,p) 2014 - 2026 lsp:dre

1.x.y. Untersuchungen von Fossilien

notwendige Faktoren:

- Sauerstoff-Abschluß
- geringe Bewegung und Verwitterung des Gestein's

Entstehung i.A. selten; zumeist sind Erosion oder andere zerstörende Faktoren schneller; es müssen einige Zufälle zusammenkommen

begünstigende Faktoren:
schnelle Einlagerung in Sediment (erhöhte Temperaturen)
feine Strukturen des Sedimentes
Ausschluss von Sauerstoff meist auch Wasser
Ausschluss von Bakterien und Pilzen
saure oder basische Umgebungen
poröse Strukturen
tiefe Temperaturen (Perma-Frost)

bei massiven Schichten, wie Kohle, Kreide usw. sind Chance deutlich besser

weiterhin auch geringe Chance zum Finden von solchen Artefakten
viele Fossilien werden schon deshalb nicht entdeckt, weil niemand nach ihnen sucht bzw. die Gestein-Schichten oder die Lager-Orte als wenig gewinnbringend angesehen werden
dazu kommt, dass die Artefakte auch als solche erkannt werden müssen

z.B. so wird vielleicht ein neuartiges Tier gar nicht als solches erkannt, weil man solche Strukturen eben nicht kennt
vielleicht erfolgt zuerst eine Zuordnung zu anorganischen Bildungen (Kristalle, Erosions-Muster, …)

Informationen zu einem Fossil:

- Fossil als Überrest eines Lebewesen's (z.B. Vergleich mit anderen ausgestorbenen oder mit rezenten Arten)
- geographische Lage (aktuelle Position und historische Lage)
- Lage im Gestein
- zeitliche Einordnung des Gestein's

Gruppe	**durchschnittliche Existenz-Spanne [Millionen Jahre]**
alle Säugetiere	1
känozoische Säugetiere	1 – 2
Stachelhäuter	6
planktische Foraminiferen	7
Diatomeen	8
känozoische Muscheln	10
Dinoflagellaten	13

känozoische Phase von vor 66 Millionen Jahren bis heute

Beispiel Donnerkeil wurde zuerst als Überbleibsel von Blitz-Einschlägen interpretiert, bis man rausbekam, dass es innere Abgüsse von Innen-Skeletten der inzwischen ausgestorbenen Belemniten (Kalmar-ähnliche Kopffüßer) waren
vom organischen Material sind oft nur die Oberflächen-Strukturen erhalten
durch hohe Drücke und Reibung sowie Erosion glatte Oberfläche

Donnerkeile (Belemniten-Rostren u. Rostrenbruchstücke aus der Unteren und Mittleren Jura
Q: de.wikipedia.org (BerndH)

Definition(en): Fossilien
Fossilien sind überlieferte Reste von Organismen und / oder deren Lebens-Erscheinungen aus vergangenen Erdzeitaltern.

1.x.y.1. Arten der Fossilisation

Definition(en): Sediment
Sedimente sind Gesteins-Schichten / Boden-Schichten, die durch Ablagerung von Schweb-Teilchen und nachfolgender Verfestigung entstanden sind.

typische Sedimente sind der Schlamm-Boden in Seen, Ton, Schiefer, Gips, Sandstein

Ganzkörper-Fossilien
Mumien

- durch Austrocknung
- im Perma-Frost
- in Salz-Lösungen / Salzschichten
- durch Huminsäuren (z.B. im Torf / Moor)

Hartteile

- Muschel- oder Schnecken-Schalen
- Exuvien (leere Außen-Skelette) von Krebsen und Insekten

Versteinerung
in Lücken poröser Strukturen (meist Hart-Teile) dringen Mineral-Lösungen ein und stabilisieren die Strukturen

Substitution
mineralische Lösungen ersetzen nach und nach die ursprünglichen chemischen Strukturen vollständig durch mineralische Strukturen

Einpökelung

Definition(en): Einpökelung
Einpökelung ist eine Konservierung(s-Methode), bei der durch Eindringen von Salz-Lösung die Gewebe-Teile vor der Zerstörung durch Bakterien und Pilze geschützt sind / werden.
Einpökeln ist der osmotische Wasser-Entzug durch feste Salze oder konzentrierte Salz-Lösungen.

fehlendes freies Wasser verhindert die Ansiedlung von Bakterien und Pilzen (Destruenten)

Mumifizierung / Verkalkung
durch Kalk-Lösungen
wirken vor allem Wasser-entziehend und bilden Kalk-Einlagerungen und –Überzüge
dadurch kein weiterer Zugang mehr für Destruenten

Einschlüsse

besonders interessant Einschlüsse im Bernstein
Bernstein aus Harz bestimmter Nadelbäume entstanden
Baltischer Bernstein die häufigste Art
andere Welt-weit vorkommende Bernsteine sind seltener und auch weniger ergiebig
praktisch hoch-polymerisierte Bernsteinsäure, kaum mineralische Einflüsse
häufig klar und mit diversen Pollen, Samen und Insekten als Einschlüssen (Inklusen)
das wahrscheinlich sehr flüssige Harz hat die Artefakte schnell umflossen oder sie blieben kleben
Harz-Stücke wurden dann in jungen Sedimenten zu festem Bernstein
konservierender Effekt der Bernsteinsäure (schneller Luftabschluss, leichte Säure, Polymerisierung unter Wasserabgabe) ist so gut, dass sogar DNS-Material isoliert werden konnte
Hängt aber auch damit zusammen, dass Bernstein relativ junge Fossilien (Baltischer Bernstein 10 – 15 Mio. Jahre alt) sind

Inkohlung

Abbau und Umbau von organischen Stoffen hin zu Huminsäuren und Torf
diese Phase der Inkohlung setzt vor allem die Abwesenheit von Sauerstoff und kühlere Temperaturen voraus

durch weiteren Entzug von anderen Elementen entstehen immer C-haltigere Stoffe
die Kette setzt sich über Braun- und Steinkohle bis hin zum Graphit / Apatit fort
hierfür sind auch hohe Drücke und Temperaturen notwendig

die Bildung von Erdöl und Erdgas aus organischen Materialien stellt einen alternativen Inkohlungs-Weg dar

Abdrücke
entstehen durch Auflösung von zurückgebliebenen, organischen Strukturen oder durch andere Lebens-Wirkungen (Fußspuren im Schlamm, Wurm-Röhren im Schlamm), die zurückbliebenden Hohl-Räume werden durch mineralische Materialien – mit ev. anderer Zusammensetzung / Strukturierung – ausgefüllt
Wurm-Röhren sind dann z.B. als Stein-Kerne beobachtbar

je feiner die Materialien sind, umso feiner werden die ursprünglichen Strukturen abgebildet

bei Offenlegung besteht wieder Gefahr für Erosion
zuerst gehen dann die feineren Strukturen verloren

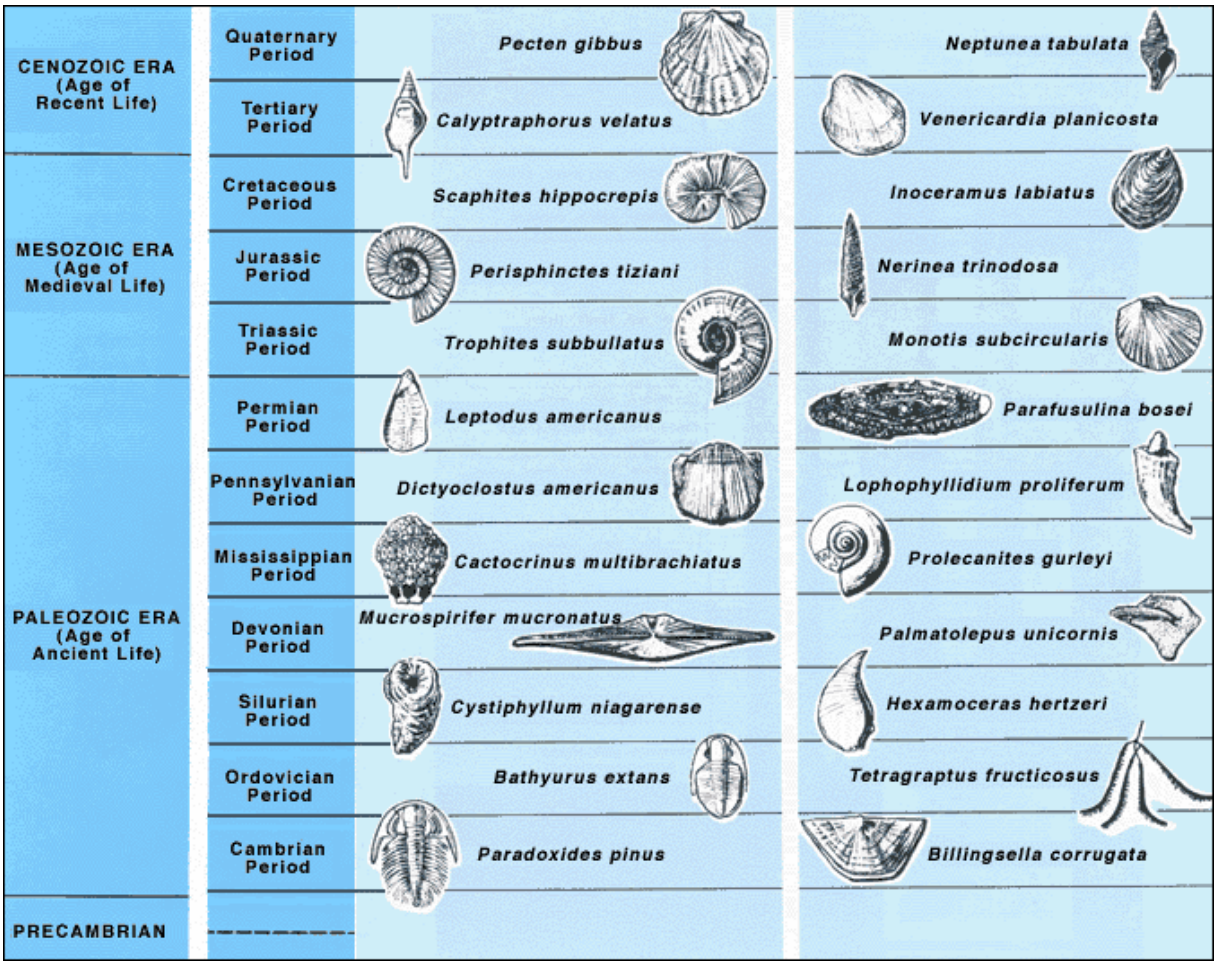
als Fossilien werden aber auch Verfärbungen und Fraß- bzw. Wirkungs-Spuren betrachtet

Aufgaben:

1. *Evolutions-Biologen haben das nebenstehende Diagramm vorgestellt. Es zeigt, wie lange eine Art aus einer bestimmten Organismen-Gruppe gwöhnlich in der Evolution vorkommt.*
   a) Interpretieren Sie das Diagramm!
   b) Leiten Sie eine Tendenz ab!
   c) Stellen Sie eine Hypothese auf, warum sich die Bestands-Zeit einer Art sich so verhält!
2. *In welchem Maße steigt mit den Erkenntnissen aus dem Diagramm neben den Daten aus Fossilien die Argumentations-Breite (verdoppelt, verdreifacht, … sie sich) für eine natürliche Evolution?*
3.

1.x.y.2. Leit-Fossilien

Definition(en): Leit Fossilien
Leit-Fossilien sind fossile Hinweise auf spezielle Lebewesen, die nur zu einer bestimmten erdgeschichtlichen Zeit existiert haben, möglichst weit verbreitet und zahlreich vorgekommen sein.



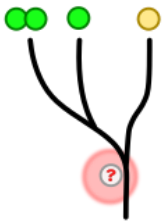
Leitfossilien (Beispiele)
Q: de.wikipedia.org (US Geological Survay (pubs.usgs.gov))

1.x.y.3. fossile Übergangs-Formen (connecting links)

Mit "missing links" will man die Phylogie (Entwicklungs-Linie / -Folge) von Arten / Organismen-Gruppen belegen. Wenn es schleichenden Übergänge od. Veränderungen in der Evolution gegeben hat, dann müsste man auch Übergangs-Formen zwischen älteren und jüngeren Organismen finden.
Besondes gehäuft könnten diese Übergangs-Formen in den Grenzschichten geologischen Formationen auftauchen. Dem Formations-Wechsel wird i.A. eine tiefgriefende Veränderung der Umwelt-Bedingungen zugeschrieben, was die evoltionären Vorgänge "kurz"-zeitige beschleunigen sollte.
Analogien dienen dem Nachweis, dass bei ähnlichen Umwelt-Bedingungen auch ähnliche / vergleichbare / Typ-gleiche Bildungen entstehen sollten / können.
Homologien sollen dagegen zeigen, dass die Selektion aus bestimmten Strukturen speziellere macht, die aber eben immer noch die gleichen prinzipiellen Aufbau besitzen.

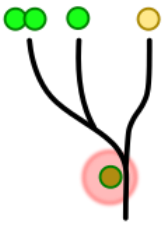
Die missing links, Analogien und Homologien können aber auch in kreationistischen Theorien zu dessen Argumentationen genutzt werden.
Ein Schöpfer könnte ja z.B. immer das gleiche Baukasten-Prinzip verwendet und dieses dann nur geringfügig bei den einzelnen Arten / Gruppen angepasst haben.
Analogien würden dann ähnliche Gebilde – wie z.B. Flügel – darstellen, die einfach nur aus anderen Bausteinen / Grund-Elementen aufgebaut sind. Analogien und Homologien stützen die vorausgesetzen Thesen.

1.x.y.4. Brücken-Objekte und Missing-Links



auch Mosaik-Typen, Mosaik-Formen, Übergangs-Formen
"fehlendes Bindeglied" (missing link)

exakterweise werden unter dem Begriff "**missing link**" eigentlich Formen / Arten / … betrachtet, für die derzeit noch ein (fossiler) Nachweis fehlen



bekanntgewordene und als **Brücken-Objekt**e eingestufte Arten / Formen werden deshalb auch als "**connecting link**" (Bindeglied, Verbindungs-Stelle) bezeichnet

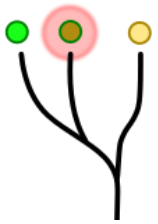
basiert auf dem Vergleich von Eigenschaften eines unklaren / nichtzugeordneten Objektes mit anderen Objekten aus klar definierten Gruppen / Kategorien.

Wenn das untersuchte Objekt charakterisierende Merkmale der anderen definierten Gruppen – in einer Art Mischform – enthält, dann ist das untersuchte Objekt ev. eine Zwischenform.
Im Sinne der Untersuchung von evolutionären Abläufen / Abfolgen werden gerne die vor- und nachher auftretenden / existierenden / nachgewiesenen Organismen(-Gruppen) betrachtet. So kann auf eine zeitliche Abfolge geschlossen werden.

Definition(en): Brücken-Objekte / Missing Links
Brücken-Objekte / “Missing Links“ sind Arten, die Merkmale zwei (mehr oder weniger weiter entfernt) verwandter taxonomischer Gruppen in sich beherbergen.

Definition(en): Übergangs-Fom (Zwischen-Form)
Übergangs-Formen sind selten vorkommende Organismen-Arten, die Merkmale zweier verwandter (aber deutlich verschiedener) Gruppen beinhalten und so quasi als gemeinsamer Urahn dienen können.
Übergangs-Formen (Mosaik-Formen) sind Arten, die als evolutionäre Bindeglieder dienen können, da sie Merkmale von (wahrscheinlich) nahe verwandten, aber deutlich verschiedenen, Organismen-Gruppen beinhalten. (Meist bezieht sich die Gruppen-Unterscheidung auf Ordnungen, Klassen oder noch höhere Taxone.)

Oft wird der Begriff Mosaik-Form für die Mischung morphologischer Merkmale benutzt, die u.U. auch weiter voneinander entfernt verwandt sind.
Bei Übergangs-Formen geht man dagegen von einer gemeinsamen (näheren) Phylogenie aus.

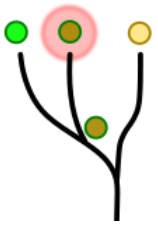


Arten die Merkmale von zwei verwandten Arten (Gruppen) zeigen und oft nicht eindeutig einer der beiden Gruppen zugeordnet werden können sind **Übergangs-Form**en
aus taxonomischen Gründen (→ 1.x.y.x. Taxonomie und Kladistik) werden sie einer Gruppe zugeordnet, oft wird diese (willkürliche) Zuordnung durch neuere Forschungen revidiert

häufig im Zusammenhang mit Fossilien benutzt (→ 1.x.y. Untersuchungen von Fossilien)
aber auch an heute existierenden Arten, die scheinbar zu zwei (oder mehr) Form-taxonomischen Gruppen gehören

fossile Übergangs-Formen z.B.:

- Archaeopteryx
-



rezente Übergangs-Formen z.B.:

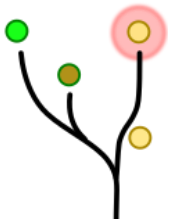
- Schnabeltier

haben sich meist von der Ursprungs-Form weiterentwickelt
können also auch völlig neuartige Merkmale enthalten

Aufgaben:

1. *Recherchieren Sie für welche Gruppen das Schnabeltier ((s) Ornithorhynchus anatinus) eine Übergangs-Form darstellt! Stellen Sie die charakteristischen Merkmale dieser Gruppen in einer Tabelle gegenüber und kennzeichnen Sie dann, welche Merkmale von welcher Gruppe in der Übergangs-Form beobachtbar sind!*
2. *Begründen Sie, warum man das Schnabeltier in seine derzeitige Ordnung, Unterklasse und Klasse eingruppiert!*
3. *Skizzieren die wesentlichen Verwandschaften für das Schnabeltier in einem Stammbaum auf!*

1.x.y.5. lebende Fossilien



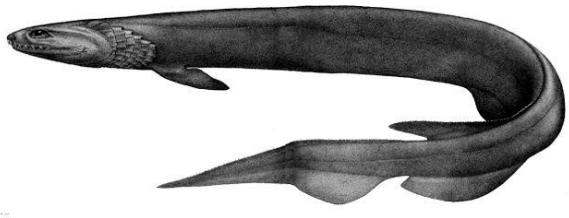
eigentlich geht beim Begriff Fossilien davon aus, dass die Arten ausgestorben sind, was aber nicht zwangsläufig so sein muss
der Begriff entstand aus der Situation heraus, dass man bestimmten Arten lange nur Fossilien kannte und davon ausgegangen war, dass sie ausgestorben sind
da dann später überlebende Exemplare gefunden wurde, ist der – leicht aufreißerrische – Begriff “lebendes Fossil“ entstanden und hat sich dann verfestigt hat

überlebten meist nur in sehr eng umgrenzten Gebieten, wo die speziellen Bedingungen nur für eine geringe Konkurrrenz sorgten
z.T. auch durch eine sehr hohe Angepasstheit an die speziellen Lebensräume vorhanden

besser müsste man wohl sagen, dass die starke Anpassung in den vielen Millionen Jahren nach ihrer Haupt-Verbreitung nur zu wenigen Lebensräumen passt, diese aber immer wieder vorhanden sind oder stabil geblieben sind

Kragenhai
(*(s) Chlamydoselachus anguineus*)

seit dem Eozän bekannt (vor 40 Millionen Jahren)



Q: de.wikipedia.org (R. Mintern)
Challenger-Expedition, Günther 1887

Pfeilschwanzkrebs
mehrere Arten bekannt
(f) Limulidae (*(F) Pfeilschwanzkrebse*)

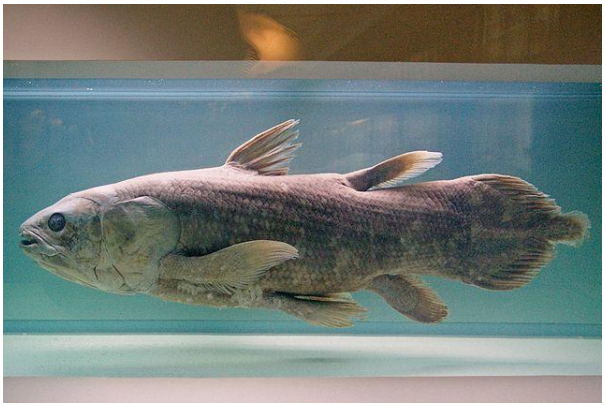
in dieser Form seit 300 Millionen Jahren

Ursprungs-Form hat vor 480 Millionen Jahren existiert

Pfeilschwanzkrebs vor Florida
Q: de.wikipedia.org (Amanda)

Quastenflosser (*(s) Latimeria chalumnae*)

seit 400 Millionen Jahren praktisch unverändert bis heute



Quastenflosser (Präparat), Männchen, 1,32 m lang
Q: de.wikipedia.org (cybarite48)

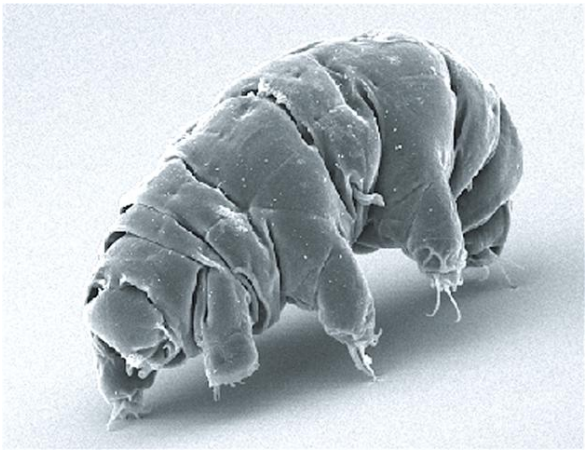
Bärtierchen
(p) Tardigrada (*(S) Bärtierchen*)

wahrscheinlich schon seit dem Kambrium (vor 500 Millionen) auf der Erde

praktisch seit dem unverändert, wenn auch unterschiedliche Arten

10 Gattungen mit 22 Arten
viele kosmopolitisch
marin, linisch und terrestrisch

leben bis in Höhen von 6'000 m (im Himalaja)
aber auch in der Meeres-Tiefe bei rund 4700 m gefunden



Bärtierchen (EM-Aufnahme)
Q: de.wikipedia.org (Schokraie E, Warnken U, Hotz-Wagenblatt A, Grohme MA, Hengherr S, et al.)

überleben extreme Bedingung (z.B. -273 °C (= 0 K)), meist in Form eines sogenannten Tönnchen's (→ Kryobiose)
aber auch extreme osmotische (→ Osmobiose) oder Trocken-Bedingungen (Anhydrobiose)
selbst nach Vakuum-Bedingungen noch wieder reaktivierbar

seltsamer-weise aber empfindlich gegen viele Umwelt-Gifte (z.B. Schwefeldioxid (SO_2)), deshalb auch als Indikator für gesunde lebensräume benutzt

zeitweise wurde mal die These aufgestellt, das Bärtierchen aus dem All (über Kometen / Meteroiten) auf die Erde gekommen sind, diese These ist aber überholt

asexuelle (ungeschlechtliche) (→ Partenogenese (Jungfern-Zeugung)) und geschlechtliche Fortpflanzung bekannt
sogar selbstbefuchtungs-fähige Hermaphroditen beobachtet

heute lebende Verwandte reichen von den Stummelfüßer ("Würmern mit Beinchen") bis zu Gliederfüßern (z.B. Krebse, Spinnen, Tausendfüßer, Insekten)

auch unter Pflanzen gibt es solche Lebenden Fossilien
hier werden sie gerne Tertiär-Relikte genannt, da sie zumeist aus dem Tertiär stammen und sich dort während einer Warmzeit entwickelt haben und heute kaum genetisch verändert sind

Riesenmammutbaum
(s) Sequoiadendron giganteum

seit 125 Millionen Jahren

bis 95 / 115 m hoch
ev. soll ein Exemplar sogar 135 m hoch gewesen sein

Alter rund 3'000 a möglich

bis zu 34 m Stamm-Umfang

Kronen u.U. erst ab über 50 m

Rinde 30 – 75 cm dick
→ als Pyrophyt überlebt er auch Waldbrände

Wurzel Tiefe bis 1,8 m (Pfahl-Wurzel)
Wurzelfläche eines Baum's um die 0,3 ha

Frost-bständig bis -30 °C

Riesenmammutbaum
im Sequoia-Nationalpark (USA)
Q: de.wikipedia.org (Miguel Vieira)

weitere Pflanzen, die als Lebende Fossilien / Tertiär-Relekte gelten:

- Araukarien (G)
- Schachtelhalm
- Baumfarne
- Gewöhnlicher Buchsbaum
- Europäische Stechpalme
- Ginkgo
- Taubenbaum
- Welwitschie (*(s) Welwitschia mirabilis*)

Definition(en): Lebende Fossilien
Lebende Fossilien sind rezente ((bis)heute lebende) Arten, die sich über lange entwicklungsgeschichtliche Abschnitte hinweg kaum verändert haben. Sie besetzen eine stabile ökologische Nische.
Als lebendes Fossil kann eine Art bezeichnet werden, wenn sie über sehr lange geographische Zeiträume überlebt hat. Solche Arten werden auch panchronisch genannt. Als sehr lange geographische Zeiträume werden dabei mehrere geographische Perioden (Erdzeitalter, …) verstanden.
Ein lebendes Fossil ist eine heute lebende Art, die morphologisch und physiologisch sehr ähnlich zu / sehr eng verwandt mit einer rezenten Art ist und diese beide Arten über einen langen geographischen Zeitraum miteinander verbunden sind.
Ein lebendes Fossil ist eine Art, von der man lange angenommen hat, dass sie ausgestorben wäre, sie aber immer noch existiert.

weitere bekannte Organismen / -Gruppen, die als Lebende Fossilien gelten (unvollständige Liste):

Säugetiere
- Dornschwanzhörnchen
- Spitzhörnchen
- Kloakentiere
- Rüsselspringer
- Schlitzrüssler

Reptilien + Amphibien
- Brückenechse
- Israelischer Scheibenzüngler
- Nasikabatrachus sahyadrensis (s)
- Riesensalamander
- Gliederfüßer
- Hufeisengarnelen
- Kiemenfußkrebse Triops
- Zehnfußkrebs *(s) Typhlocaris ayyaloni*

aquatische Wirbeltiere
- Plattköpfe
- Flösselhechte
- Knochenhechte
- Kobaldhai
- Lungenfische
- Neunaugen
- Teufelskärpfling

Insekten
- Kamelhalsfliegen
- Gladiatoren
- Urlibellen

Weichtiere
- Napfschnecke (s) Neopilina galatheae
- Perlboote

Vielzellige Tiere (Urmünder)
- Armfüßler

siehe dazu auch → 3.x.1. Brücken-Objekte und Missing-Links

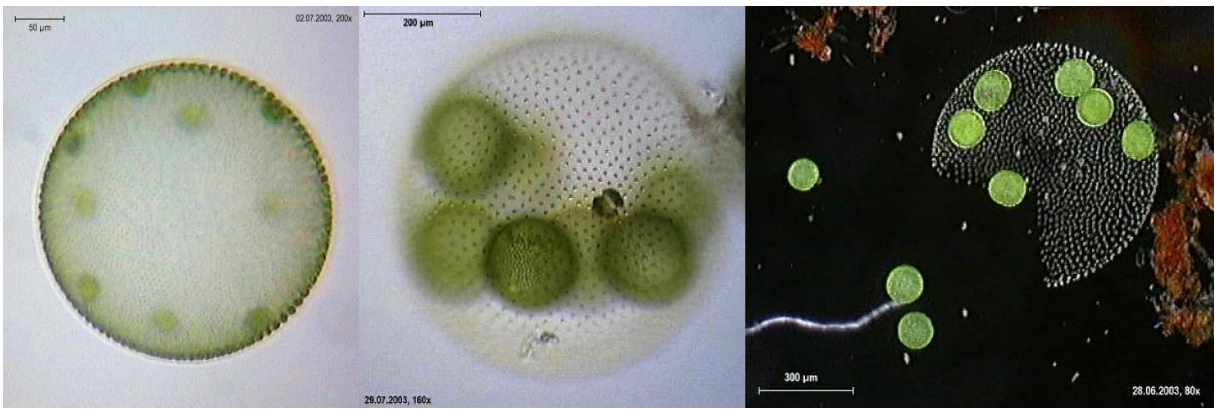
Aufgaben:

1. ***Wählen Sie sich zwei lebende Fossilien aus den obigen Listen heraus (aus einer Organismen-Gruppe nur jeweils eine Art) und recherchieren Sie deren Merkmale! Erstellen Sie einen Steckbrief in der Größe einer Karteikarte!***

(c,p) 2014 - 2024 lsp: dre

1.x.y.z. Kugelalge Volvox

Die Kugelalge *(s) Volvox globator* ist eine ungefähr 1 mm große Grünalge. Die Hohlkugel ist mit einem Gallert gefüllt und besteht aus bis zu 16'000 Zellen. Jede Zelle verfügt – neben den üblichen Bestandteilen eines Eucyten – über einen Becher-förmigen Chloroplasten und einen Augen-Fleck. Die Osmo-Regulation wird über zwei kontraktile Vakuolen durchgeführt.
Volvox stellt eine Übergangsform zwischen eine Algen-Kolonie aus gleichartigen Einzelzellen zu einem differenzierten Mehrzeller dar. Die Kugelalge verfügt über Geschlechts-Zellen, die ausschließlich auf die Fortpflanzung spezialisiert sind. Alle anderen Zellen leben autotroph mittels Photosynthese. Über zwei Geißeln wird eine langsam rotierende Fortbewegung realisiert.
Der Lebensraum von *Volvox* sind vorrangig eutrophierte Gewässer mit einem hohen Phophat-Gehalt.
Die Informations-Weiterleitung erfolgt auschließlich chemisch über Plasmodesmen.
Die Kugelalge kann sich sowohl geschlechtlich als auch ungeschlechtlich fortpflanzen. Die vegetative Fortpflanzung erfolgt durch Knospung nach innen (Einstülpung). Dazu teilen sich einzelne Zellen bis zu 12 mal ohne wesentliche Volumenzunahme. Dieser "Embryo" enthält alle Zell(typ)en einer typischen Kugelalge und wächst dann nach innen in die Hohlkugel. Zuerst bildet sich nur ein einschichtiges Tochter-Individuum, aus dem dann durch Inversion (innere Einstülpung) eine typisch zwei-schichtige Kugelalge wird. Die Freisetzung der Tochter-Kugel ist mit dem Tod des Mutter-Individuums verbunden.
Die geschlechtliche Fortpflanzung erfolgt meist unter sich verschlechternden Umweltbedingungen (z.B. Herbst). Jetzt bilden weibliche Individuen unbegeißelte Eizellen und die männlichen größere Spermen-Pakete. Die Spermen werden nach der Reife freigesetzt und befruchten die Eizelle. Diese kann dann schlechtere Umweltbedingungen überdauern.



Kugelalge Volvox
Q: de.wikipedia.org (Ralf Wagner)

	Volvox		
	Einzeller-Merkmale	**gemeinsame Merkmale von ? und ?**	**Mehrzeller-Merkmale**
größte Verwandschaft	Chlamydomonas		

1.x.y.z.

Q: de.wikipedia.org ()

	???		
	?-Merkmale	**gemeinsame Merkmale von ? und ?**	**?-Merkmale**

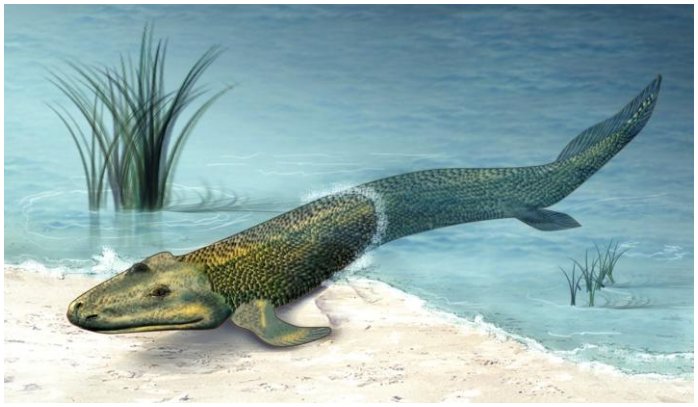
1.x.y.z. Tiktaalik

Beispiel für eine Übergangsform zwischen einem Knochenfisch und einem Amphibium

vergleichbar mit den Übergangsformen Lungenfisch und Quastenflosser

Fleischflosser zählt als Süß- bis Brack-Wasser-Fisch

lebte im Küsten-nahen Raum



Tiktaalik; Rekonstruktion / Lebensbild
Q: de.wikipedia.org (Zina Deretsky (Natinal Sciece Foundation))

	Tiktaalik		
	Fisch-Merkmale	**gemeinsame Merkmale von ? und ?**	**Amphibien-Merkmale**
größte Verwandschaft	Knochenfische		Tetrapode
	Beschuppung		
			Schädel(-Dach)
			Ohr-Bereich
			Beckengürtel
			Ellenbogen + Handgelenk

Exkurs: Quastenflosser Latimeria

Der rezente (also heute noch lebende) Quastenflosser der Gattung Latimeria wird auch heute noch vielfach als Brückentier zwischen Fischen und Amphibien geführt.
Neuere Forschungen und Einordnungen sehen Latimeria als eine Art, welche die ursprünglichen Merkmale der Übergangsform weitgehend erhalten hat. Latimeria wird als ein typisches lebendes Fossil betrachtet. Die Abwandlungen zur ursprünglichen (fossilen) Art sind relativ gering.
Die fossilen Formen der Quastenflosser stellen aber wohl Bindeglieder zwischen den Fischen und Amphibien dar.

1.x.y.z. Ichthyostega

Bindeglied zwischen Fischen und Amphibien

vor rund 400 Mio. Jahren Paläozoikum - genauer im Devon – gelebt

wird derzeit als erster Tetrapode betrachte, der den Übergang zum Landleben schaffte
praktisch also "Weiterentwicklung" des Quastenflosser

rund 1,5 m lang

Ichthyostega; Lebensbild / Rekonstruktion
Q: de.wikipedia.org (Günter Bechly)

	Ichthyostega		
	Fisch-Merkmale	**gemeinsame Merkmale von Fisch und Amphibien**	**Amphibien-Merkmale**
größte Verwandschaft	Quastenflosser Knochenfische		
	Schuppen		
	Flossensaum		
			Schädel-Form
	Flossen		Extremitäten
			Schulter- und Becken-Gürtel
	Kiemen		Lunge

1.x.y.z. Gerobathrachus

Übergangsform zwischen Schwanzlurch und Froschlurch

Gerobathrachus; Lenbensbild / Rekonstruktion
Q: de.wikipedia.org (Nobu Tamura)

	???		
	?-Merkmale	**gemeinsame Merkmale von ? und ?**	**?-Merkmale**

1.x.y.z.

Q: de.wikipedia.org ()

	???		
	?-Merkmale	**gemeinsame Merkmale von ? und ?**	**?-Merkmale**

1.x.y.z. Seymouria

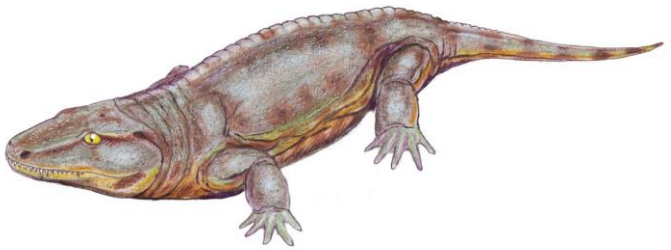
lebte im beginnenden Perm (Zeitalter des Paläozoikum's)

lebt an Land in Halbwüsten

relativ häufig (dominierende Form)

Übergangsform zwischen Amphibien und Reptilien
Reptilien-Merkmale sind stärker ausgeprägt

wahrscheinlich unbeschuppt



Seymouria
Q: de.wikipedia.org (Dmitry Bogdanov)

	Seymouria		
	Amphibien-Merkmale	**gemeinsame Merkmale von Amphibien und Reptilien**	**Reptilien-Merkmale**
größte Verwandschaft			

1.x.y.z. Urvogel Archaeopteryx

Archaeopteryx
Gesteins-Abdruck; Berliner Exemplar
Q: de.wikipedia.org (R.Owen)

Rekonstruktion / Lebensbild
(Oxford University Museuim)
Q: commons.wikimedia.org (Ballista)

	Archaeopteryx		
	Reptilien-Merkmale	**gemeinsame Merkmale von Reptilien und Vögeln**	**Vogel-Merkmale**
größte Verwandschaft			
	kleines einfaches Gehirn		
			Vogel-Schädel
			große Augen
	Kegel-Zähne		Schnabel
	Wirbelsäule mit nicht-ineinandergreifenden Wirbeln		
			Rabenschnabelbeine im Schultergürtel (Stütze für Flug-Muskelatur)
	lange Schwanz-Wirbelsäule		
	Rippen ohne Versteifungs-Fortsätze		besser bewegliche Rippen
	kleines, flaches Brustbein		Pflug-förmiges Brustbein
			Gabelbein (V-förmig verwachsene Schlüsselbeine)
	wenig Brust-Muskelatur		Flug-Muskelatur
	(frei-)bewegliche Rücken-Wirbel		
	durch Bindegewebe verbundene Becken-Knochen		
	Saurier-ähnliches Becken		
			Flügel aus drei Finger-Knochen gebildet
			Form der Unter- und Oberarm-Knochen
	freie Finger- und Mittel-Handknochen		teilweise Verschmelzung der Mittelfuß-Knochen
	nicht verwachsene Schien- und Waden-Beine		
			Mittelfuß-Knochen bilden Lauf
	Krallen an der Vorder- und Hinter-Gliedmaßen		
			1. Zehe nach hinten gerichtet (opponierte Zehe)
			Flug-Fähigkeit (Gleitflug)
		beschalte Eier	

1.x.y.z. Therapsiden

Übergangsformen zwischen Reptilien und Säugetieren
echte Reptilien-Herkunft aber unklar
wahrscheinlich stark ausgeprägter horizontaler Gen-Austausch

Q: de.wikipedia.org ()

lebten schon zu Zeiten der Dinosaurier als unscheinbare Gruppe

zu den Therapsiden werden mehrere Gruppen von urtümlichen, Säuger-ähnlichen Reptilien gezählt

	Therapsiden		
	Reptilien-Merkmale	**gemeinsame Merkmale von Reptilien und Säugetieren**	**Säugetier-Merkmale**
			Innenohr

	???		
	?-Merkmale	**gemeinsame Merkmale von ? und ?**	**?n-Merkmale**

	-Merkmale	**gemeinsame Merkmale von und**	**-Merkmale**

geht man von der relativ langen Existenz-Phase einer Art aus – genau so, wie bei der nachfolgenden Art, dann sind Übergangs-Phasen relativ kurz anzusetzen
diese führt schon an sich zu einer verringerten Chance, dass Fossilien entstehen konnten
weiterhin sind sie gewöhnlich dann nur in einer dünner geologischen Schicht zu finden
während die Vorgänger- und Nachfolger-Arten sehr wahrscheinlich weit verbreitet waren, finden solche Veränderungen eher regional – weil einmalig bzw. selten - statt
auch aus diesem grund sind Übergangs-Formen wahrscheinlich wesentlich seltener (zu finden)

Ichthyostega war früher Vertreter der Land-Wirbeltiere im Devon vor rund 350 Mio. Jahren

	Ichthyostega		
	Wassertier-Merkmale Fisch-Merkmale	**gemeinsame Merkmale von Wasser- und Landtier**	**Landtier-Merkmale**
Morphologie, allg.			
	Fisch-ähnliche Grundform		
Körper-bedeckung	Schuppen		
Details	schwerer abgeflachter Schädel		
	Fisch-ähnliche Zähne		
			seitwärts abgespreizte Beine
			fünf Zehen
			Sack-artige Lunge (keine Kiemen) Haut-Atmer
	Fisch-ähnlicher Schwanz		

1.x.y.z.

Q: de.wikipedia.org ()

	???		
	?-Merkmale	**gemeinsame Merkmale von ? und ?**	**?-Merkmale**

1.x.y.z. Schnabeltier Ornithorhynchus

(s) Ornithorhynchus anatinus

Eier-legendes Säugetier

Schnabeltier
Q: de.wikipedia.org (St. Kraft)

	Ornithorhynchus		
	Vogel-Merkmale	**gemeinsame Merkmale von ? und ?**	**Säugetier-Merkmale**
größte Verwandschaft			(F) Ameisenigel

1.x.y.z. weitere Beispiele für Übergangsformen

1.x.y.z.a. Heteronectes chaneti

Übergangsform innerhalb der Fische zwischen den bilateral-symmetrischen und den Platt-Fischen

lebte vor 47 Mio. Jahren im Paläogen (Eozän)

ein Auge ist schon stark in Richtung andere Körperseite verschoben
wahrscheinlichste erste, primitivste Plattfische

Q: http://www.sci-news.com/paleontology/article00431.html (M.Friedman)

	???		
	?-Merkmale	gemeinsame Merkmale von ? und ?	?-Merkmale

1.x.y.z.a. ???

Q: de.wikipedia.org ()

	???		
	?-Merkmale	gemeinsame Merkmale von ? und ?	?-Merkmale

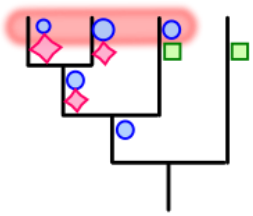
1.x.y. Homologie / Divergenz

In vielen Organismen-Gruppen scheinen fast gleiche Bau-Strukturen die Arten zu dominieren. Denken wir da z.B. an die Insekten, bei denen fast 1'000'000 Arten doch recht ähnlich strukturiert aussehen, sich natürlich als Art von den anderen unterscheiden.
Hier können wir im Angesicht einer Evolution von einer gemeinsamen Abstammung ausgehen. Alle Insekten sind z.B. durch sechs Beine (→ Hexapoda) gekennzeichnet. Die Art-eigenen Veränderungen lassen zumeist sehr gut über die Lebensweise bzw. Anpassung an die Lebens-Bedingungen erklären. Im Laufe der Phylogenese haben sich Einnischungen abgespielt, die zu unterschiedlichen Ausprägungen einzelner Detail-Merkmal (z.B. die Bein-Länge) geführt haben.

Definition(en): Homologie
Homologie ist die auf phylogenetisch und ontogenetisch gleichartigen Ursprüngen beruhende morphologische Übereinstimmung von Organen mit unterschiedlicher Funktion.
Homologe Strukturen sind miteinander vergleichbare Bildungen bei miteinander verwandten Organismen-Gruppen mit unterschiedlichem Bau und Funktion, aber einer gemeinsamen Herkunft.

z.B. Flügel der Vögel, Flügel der Fledermaus, Vorder-Flosse des Delphins sowie Vorderbein des Pferdes
Schädel-Knochen der Vertebraten (Schädeltiere)

im weitesten Sinne ist auch der Bau aller Organismen aus Zellen nach sehr ähnlichen Grundprinzipien – selbst zwischen Pro- und Eucyten – eine der größten Homologien

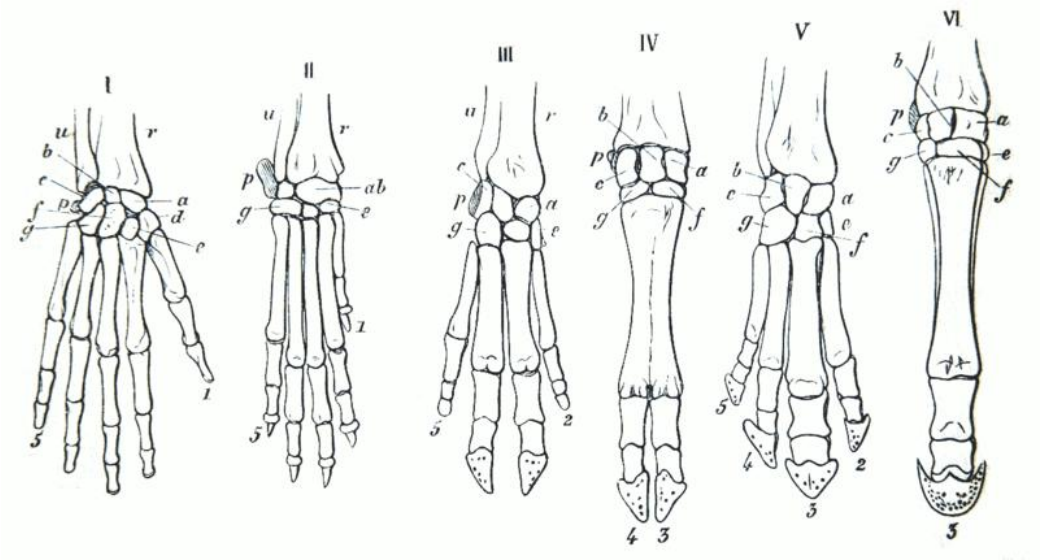


mittels Homologien kann man die Kleinschrittigkeit und das Anpassungs-Prinzip in der Evolution sehr gut belegen
gleiche Bau-Muster werden in Mio. von Jahren an die jeweiligen Umwelt- oder funktionalen Bedingungen angepasst

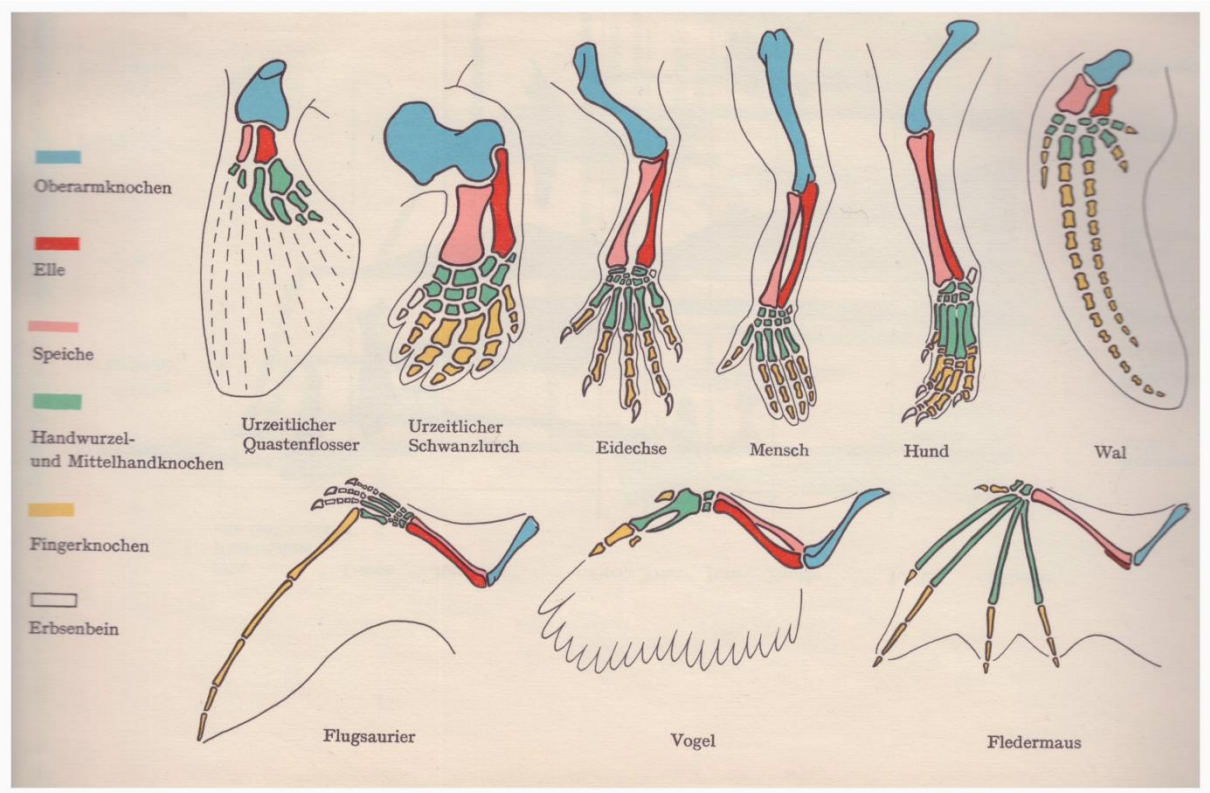
gegen die Urzeugung sprechen solche Gemeinsamkeiten, da sie ganz sicher nicht immer die beste Lösung sind, wie man in analogen Bildungen gut nachvollziehen kann (→ 1.x.y. Analogien). Ein allmächtiger, perfekter Schöpfer wird eher nicht das gleiche Baukasten-System nutzen, wenn es bessere Lösungen gibt. Die Natur kann nur auf ein vorhandenes System zurückgreifen und dieses durch Anpassungen (kleine Mutationen + Selektion) abwandeln.

Homologien bzw. Divergenzen treten in monophyletischen Gruppen auf (→ 1.x.y.x.y. spezielle Betrachtungen in der Kladistik)

Homologien belegen eine direkte Verwandschaft.



Q: commons.wikimedia.org (Carl Gegenbaur)



Vordergliedmaßen der Wirbeltiere
aus: /11, Anhang 1/

weitere Beispiele:
Mundwerkzeuge bei den Insekten
Gehirne der Wirbeltiere
Schwimmblase der Fische und Lungen der Land-Wirbeltiere (beides Ausstülpung des Vorderdarms) (Übergangs-Glied sind die Lungenfische)(gelten als lebende Fossilien)
Lunge stammesgeschichtlich älter als Schwimmblase!

urtümliche, einfache Organe werden im Laufe der Evolution komplexer und spezieller, behalten aber ihren grundsätzlichen Aufbau bei (ursprüngliche Elemente werden angepasster)
dies wird als Progression bezeichnet

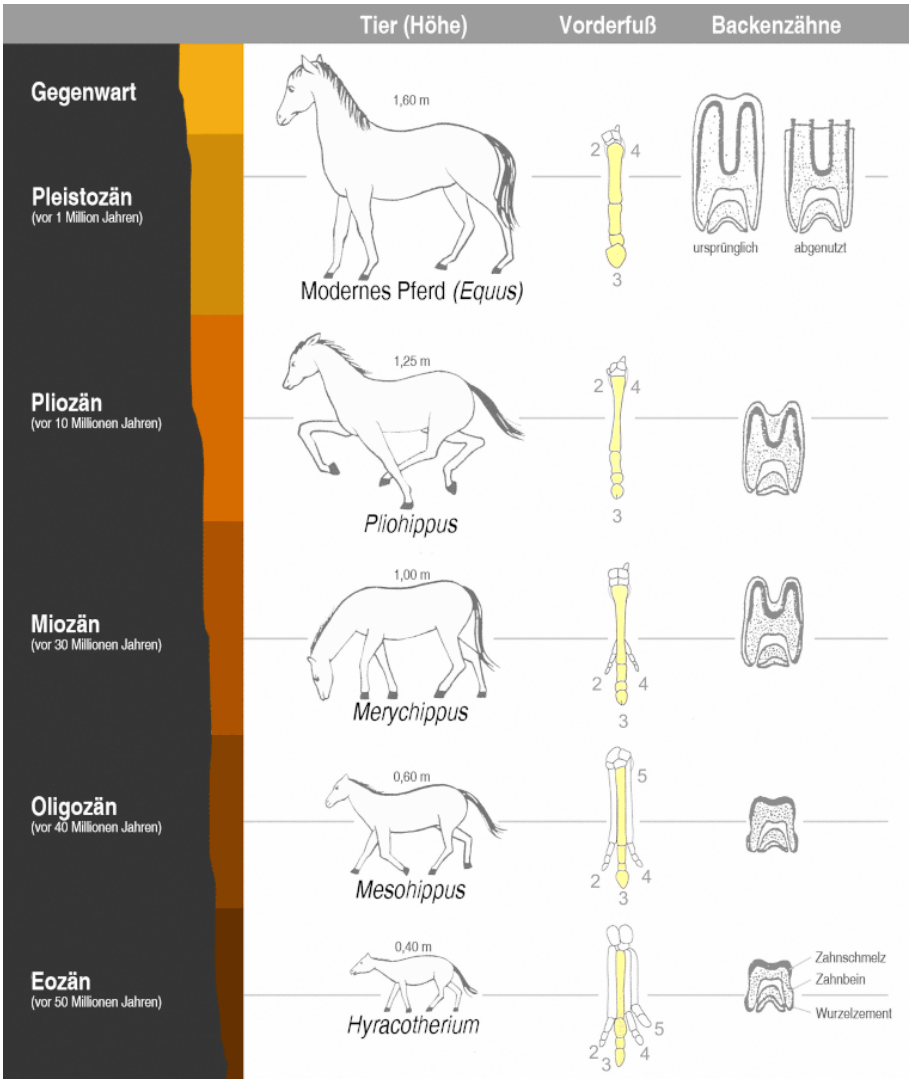
werden Organe / Organssystem vereinfacht, dann spricht man von Regression
eine solche "Rück-Entwicklung" ist nur von "Vorteil", wenn sie keine evolutionären Nachteile mit sich bringen, also z.B. bestimmte Organe nicht mehr oder weniger gebaucht werden (→ 3.x.4. Rudimente und Atavismen)
Regressionen sind relativ selten, häufig übernehmen nicht mehr gebrauchte Organe andere Aufgaben bzw. nehmen früher weniger benutzte Funktionen intensiver war

Definition(en): Progression
Unter Progression versteht man die "Weiter"- / "Höher-"Entwicklung / Entwicklung zu komplexeren Strukturen bei homologen Systemen.
Unter einer Progression versteht im Allgemeinen eine Weiterentwicklung / ein Fortschreiten / eine (stufige) Steigerung von vergleichbaren Systemen mit gleicher Herkunft über einen bestimmten Zeitraum hinweg.

typische Beispiele für Progressionen

- Reduktion der Zehen-Zahl bei den Huftieren
- Herausbildung hoch-kroniger, Wurzel-loser Zähne
- Zunahme der Körper-Größe innerhalb von Taxonen

Definition(en): Divergenz
Divergenz ist die evolutionäre Auseinander-Entwicklung (weitere Differenzierung / Spezialisierung) eines Merkmal's bei verwandten Arten. Divergenz tritt auch bei der Art-Bildung (/ sich entwickelnder Populationen) auf.
Divergenz beschreibt die Weiterentwicklung von Merkmalen bei verwandten Arten oder Populationen in verschiedene Richtungen (Spezialisierung). Das Ergebnis von Divergenz sind homologe Merkmale. Die Arten sind hinsichtlich dieser Merkmale monophyletisch.



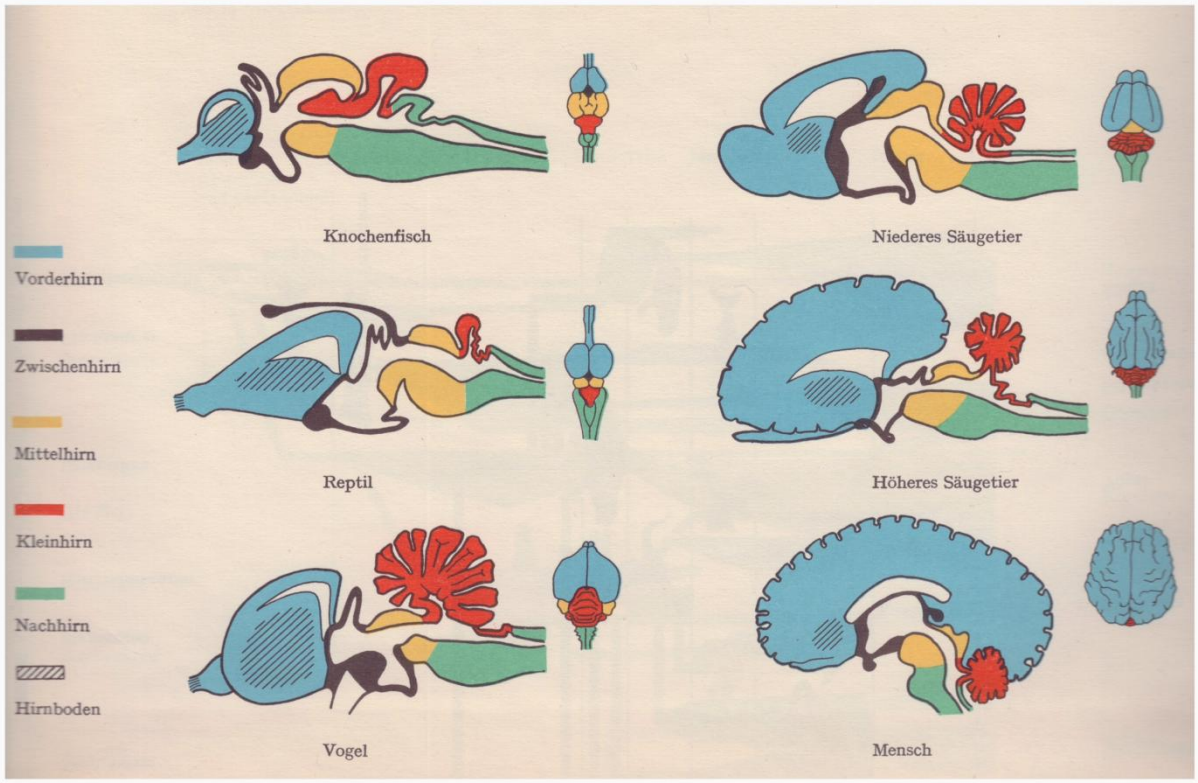
vereinfachte Darstellung der Pferde-Evolution
Q: de.wikipedia.org (Ralf Roletschek)

Definition(en): Regression
Unter Regression versteht man die "Rück"-Entwicklung / Entwicklung zu einfacheren Strukturen bei homologen Systemen.

Beispiele für Regressionen
fehlende Gliedmaßen bei den Schlangen und z.B. bei der Blindschleiche
Anlagen für Gliedmaßen entweder noch rudimentär vorhanden oder tauchen in der embronalen Entwicklung auf, werden dann aber nicht weiter ausgeprägt

eine über homologe Organe hinausgehende Regression (hin zu früheren Strukturen) passiert nicht
derzeitige Form war evolutionär gegenüber der älteren Form vorteilhaft
selbst bei "Rückbildung" der Umwelt-Bedingungen erfolgt eine neue Auslese nur über neue (wieder) vorteilhaftere Formen

Homologie und Progression bei den Gehirnen von Wirbeltier(klass)en



Gehirne der Wirbeltiere
aus: /11, Anhang 3/

Homologie-Regel (Homologie-Gesetz) (;)
Wird für zwei Arten eine Homologie (bezüglich einer Struktur) nachgewiesen, dann finden sich zumeist weitere Homologien.

Homologie-Kriterien

• **Kriterium der Lage**	Homologie liegt dann vor, wenn vergleichbare Systeme im Gesamtsystem / Organismus an vergleichbarer Stelle liegen
• **Kriterium der Stetigkeit**	Homologie liegt dann vor, wenn zwischen vergleichbaren Systemen stetige / kleinschrittige Übergangsformen auftreten
• **Kriterium der spezifischen Qualität und Struktur**	Homologie liegt dann vor, wenn bei komplexen Systemen deren charakteristischen / bestimmende Elemente im Bau übereinstimmen (ähnlicher anatomischer / System-innerer Bau)

(c,p) 2014 - 2024 lsp: dre

serielle Homologie (Homonomie)

mehrfach am selben Individuum vorkommende Strukturen mit homologisierbaren Gemeinsamkeiten
z.B.: verschiedene Feder-Typen (Deck-, Schwung- und Daunen-Federn)
verschiedene Wirbel-Typen (Hals-, Brust-, Lenden- und Schwanz-Wirbel)

bei segmentierten Strukturen kann man auch die Anordnungs-Reihenfolge oder die Lage-Beziehung zueinander als Kriterium benutzen

Homologien im / in (der) / bei:

• **Morphologie**	Bau-Typen (Fisch, Huftier, …)
• **Anatomie**	Gliedmaßen der Wirbeltiere
• **Immunsystem**	Reaktion auf Art-fremde, aber ähnliche / analoge Proteine
• **Molekularbiologie**	ähnliche bis gleiche Aminosäure-Sequenzen
• **Stoffwechsel**	Gärungen, Zellatmung
• **Verhalten**	Instinkte, Reflexe; Balz-, Putz- u. Jagd-Verhalten
• **Bewegung**	Bewegungs-Muster bei Schwanzlurchen und Reptilien
• **Karyotypen**	
• **Parasiten**	ähnliche / gleiche Parasiten wegen Co-Evolution von Parasit und Wirt
• **Ontogenese** **Embryonale Entwicklung**	
• **Genetik**	Steuerungs-Gene / Hox-Gene

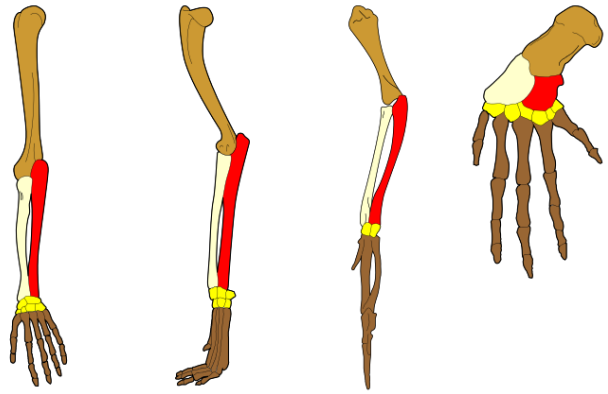
bei Homologien sind i.A. zwei verschiedene Entwicklungsreihen möglich:
- Progressions-Reihen (Verfeinerungs-Reihen)
- Regressions-Reihen (Vereinfachungs-Reihen)

bei Progresions-Reihen beobachtet man eine Verfeinerung der Strukturen / Spezialisierung / Neuausrichtung der Funktion
z.B. einfache Sack-Lunge (Lurche) → gekammerte Lunge (Reptilien) → Lunge mit Lungenbläschen (Säugetiere) → Vogel-Lunge

Regressions-Reihen sind durch Vereinfachungen / Reduktionen / gekennzeichnet:
z.B. Zahnreduktion bei Bartenwalen (Urwal: bezahnt → Delphin: kleine Zähne → Bartenwale: zahnlos)
praktisch Organ-Rudimentation

Aufgaben:

1. *Erläutern Sie den abgebildeten Forschungs-Gegenstand ausführlich!*



Q: de.wikipedia.org (Praegressus)

Die relativ gleichartige Embryonal-Entwicklung der Wirbeltiere in den verschiedenen Klassen ist als Homologie tauglich. Sie deutet auf sehr ähnliche Entwicklungs-Wege in der Evolution hin.

1.x.y.z. homologes Verhalten

hier interessieren angeborene Verhaltensweisen, wie Reflexe, Instinkte, …

sind sie innerhalb der Gruppe gleich oder ähnlich, dann können sie homolog sein
vor allem dann, wenn auch die Stamm-Gruppe schon solche Verhaltensweisen zeigte (soweit das prüfbar / nachweisbar ist)

bestimmte Jagd-Instinkte
Putz-Verhalten
z.B. bei den Enten-Vögeln lassen sich alle drei Homologie-Kriterien beobachten

Balz-Verhalten bei Paradis-Vögeln
Balz-Verhalten bei Fasanen-Vögeln (von Pfau bis Haus-Huhn)

1.x.y.z. homologe molekularbiologische Merkmale

gleiche Metabolismen mit gleichen – wenn auch leicht abgewandelten – Enzymen
Glykolyse mit mindestens einem folgenden Gärungs-Verlauf
Glykolyse, Zitrat-Zyklus und Atmungskette in der Zellatmung
Glykoneogenese bei vielen Tieren

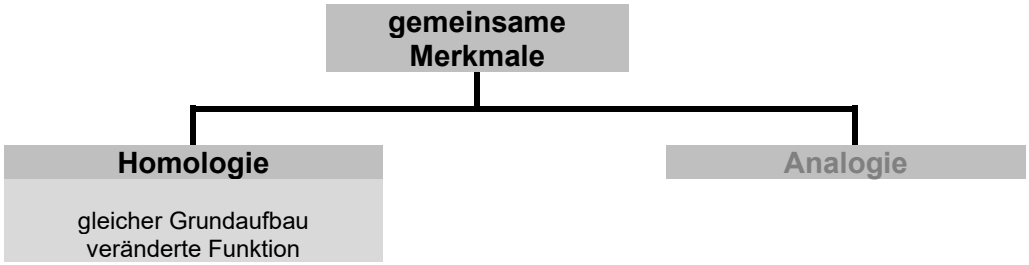
Photosynthese bei den höheren Pflanzen mit beiden Photosystemen

nicht genutzte und nicht ausgebildete Stoffwechselwege können in speziellen Bedarfs-Situationen wieder reaktiviert werden

Immunsystem → Präzipitin-Test

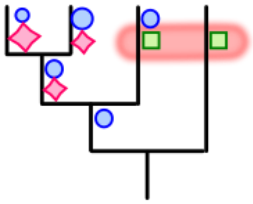
→ Cytochrom c-Stammbaum

vorläufiges Schema zum Phänomen gleicher / ähnlicher Merkmale:



1.x.y. Analogie / Konvergenz

von konvergere; lat.: auseinanderfließen, verteilen

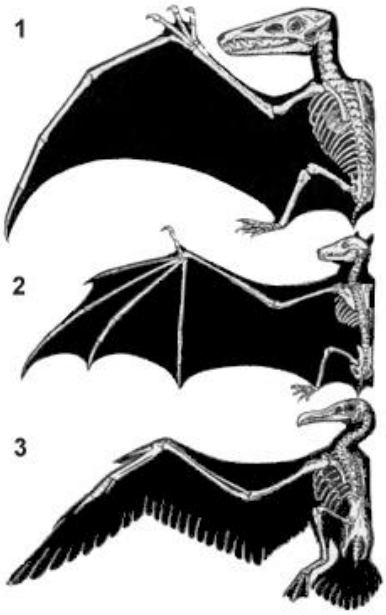


konvergente Evolution, konvergente Entwicklung, Parallel-Evolution, Konvergenz
seltener als Homoplasie (griech.: *homos* = gemeinsam, gleich; *plasis* = Formung) bezeichnet (Gegensatz zu Homologie)

Im Pictogramm erscheint das Merkmal "grünes Quadrat" unabhängig voneinander in zwei Abstammungs-Linien (ohne einen gemeinsamen Ursprung bezüglich dieses Merkmal's) (→ polyphyletische Gruppen).

durch gleichgerichteten Selektionsdruck verursacht

bestimmte Funktionen erfordern konkrete Merkmale
so werden z.B. zum Fliegen leichte Knochen und große Auftriebs-Flächen gebraucht
bei den Flugsuriern und bei den Fledermäusen sind dies zwischen den Extremitäten und ev. auch zwischen den Fingern bzw. Zehen aufgespannte Häute
bei den Vögeln werden die Flächen von Schwung-Federn gebildet
bei der Feder-Bildung geht man heute davon aus, dass sie ursprünglich nicht zum Gleiten oder Fliegen dienten, sondern zuerst in Form von Daunen zur Wärme-Isolation und damit zur besseren Stabilisierung der Körper-Temperatur dienten
erst später sind sie dann zum Heruntergleiten und noch später zum aktiven Fliegen "mißbraucht" worden
Die Flughäute der Flugsaurier und Fledermäuse dienten wohl von Anfang an zuerst dem Heruntergleiten und dann später ebenfalls zum aktiven Fliegen



unabhängige Herausbildung der Flug-Fähigkeit in entfernt verwandten Gruppen
(1 ... Flugsaurier; 2 … Federmaus; 3 … Vogel)
Q: de.wikipedia.org (John Romanes)

als weitere Beispiele für Analogien kommen infrage:

- Spindelform der Fische, Fischsaurier und vieler Wassersäuger
- flossige Bewegungs-Organe bei Fischen, Fischsauriern und Wassersäugern
- Kaktus-Bautyp bei Echten Kakteen, Wolfsmilch-Gewächsen und einzelnen Korbblütlern ()
- Dornen / Stacheln: Spross-Dornen (Stachelbeere), Blatt-Dornen (Berberitze) und Stachel (Rose)
- Rank-Organe: Spross-Ranken (Rebe) und Blatt-Ranken (Erbse)

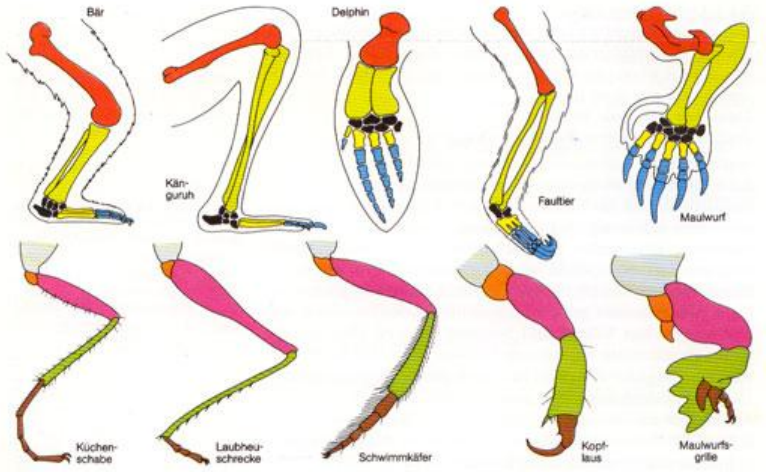
Analogien sind gute Belege für Evolution-Vorgänge, da sie aufzeigen, dass sich unterschiedliche Basis-Systeme bei gleichartigen Umwelt-Anforderungen / -Möglichkeiten in vergleichba-

re / ähnliche Richtungen entwickeln können. Die Entwicklungs-Richtungen sind vor allem von den biologischen, chemischen und physikalischen Rahmen-Bedingungen abhängig.
Gegen die Urzeugung spricht hier vor allem, dass immer die jeweiligen Basis-Bedingungen in eine übergreifende / übergeordnete Richtung entwickelt wurden. Ein allmächtiger Schöpfer könnte auch nicht-spindelförmige Fische usw. schaffen. Unter den Bedingungen der wirkenden Evolution hätten sie aber nur geringe oder eben keine Chancen.

Definition(en): Analogie
Analogien sind Ähnlichkeiten bestimmter Organismen-Merkmale in nicht direkt zusammenhängenden / verwandten Organismen-Gruppen.

Manche Bildungen, Merkmale und / oder Funktionen in der Biologie machen den Eindruck einer Homologie, obwohl in stammesgeschichtlich frühzeitig getrennten Gruppen auftreten und auch anatomisch od.ä. nichts miteinander zu tun haben.

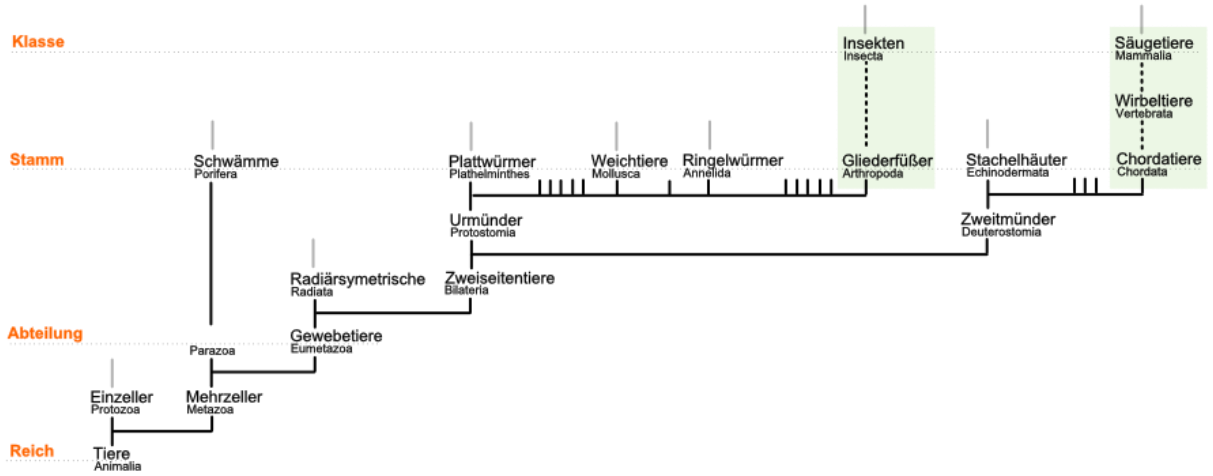
Ein schönes Beispiel sind die Beine von z.B. Insekten und Säugetieren. Sie sind relativ gleich gegliedert und werden auch sehr ähnlich (oder gleich) benannt. Trotzdem handelt es sich um völlig eigenständige Entwicklungen. Schon die Anlage des Insekten-Beins als Muskel-gefülltes Außen-Skelett aus Chitin und des Säugetier-Beins mit einem Knochen-Innen-Skelett macht dies deutlich.
Scheinbar sind aber die Gliedmaßen in Oberschenkel, Unterschenkel, ev. Hand-ähnliche Strukturen und Finger gegliedert.



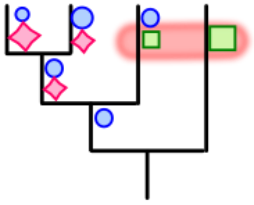
Homologien (Abb. in der Zeile; Colorierung), Analogien (Abb.-Zeilen zueinander) und Konvergenz bei Gliedmaßen
Q: www2.vobs.at (Voralberger Bildungsserver)

Diese Strukturierung ist aber wohl nur aus der hohen Praxis-Tauglichkeit (sprich: Angepasstheit) in den Tiergruppen entstanden.
Die Situation wird auch dann etwas deutlicher, wenn man sich die Lage der beiden Gruppen (Insekten / Säugetiere) im Gesamtsystem der Organismen ansieht.

Analogien belegen ähnliche Anpassung an die Umwelt-Bedingungen / Selektions-Drücke.



Die Gruppen mit der Bein-Bildung sind grünlich unterlegt. Sie liegen in wirklich weit voneinander entfernten Gruppen.
Der Begriff der **Konvergenz** wird wegen seiner schweren Abgrenzbarkeit von der Analogie und seiner schwachen Suggestion hinsichtlich eines geplanten / schöpferischen Planes hinter den Analogien heute weniger verwendet.
Im Pictogramm erscheint das Merkmal "grünes Quadrat" unabhängig voneinander in zwei Abstammungs-Linien (ohne einen gemeinsamen Ursprung bezüglich dieses Merkmal's). In beiden Gruppen ist die Ausprägung zudem unterschiedlich, so dass man – ohne Kenntnis der fehlenden Abstammung – auf eine Homologie tippen könnte.



Definition(en): Konvergenz
Eine Konvergenz beschreibt die Beobachtung, dass nicht (direkt) verwandte Arten (in der Evolution und unter vergleichbaren Umweltbedingungen) ähnliche Merkmale entwickeln. Der Begriff Konvergenz wir häufig gleichbedeutend / synonym mit Analogie, Parallelismus und konvergente Evolution benutzt.
Konvergenz ist die evolutionäre Annäherung von stammesgeschichtlich nicht (direkt) verwandten Organismen.
Unter einer Konvergenz versteht man die ähnliche Ausprägung von Merkmalen bei Arten, die für dieses Merkmal keinen gemeinsamen Vorfahren haben. Es handelt sich um polyphyletische Arten.
Eine Konvergenz ist eine Analogie, die wie eine Homologie erscheint.

Beispiele:
der ausgestorbene australische Beutelwolf sieht sehr Hunde- / Wolfs-ähnlich aus, ist aber mit diesen nicht näher verwandt

Die Untersuchung, ob es sich um eine echte oder scheinbare Analogie handelt, wird über die Analyse der wahrscheinlichen Vorfahren gemacht. Kommt das Merkmal in beiden Gruppen vor, dann ist eine Homologie wahrscheinlicher.

Homologien belegen ähnliche Anpassungs-Strategien.

Konvergenz bei Säugetieren

		Nordamerika		Afrika	Eurasien	Australien
		Plazenta-Tiere				Beutel-Tiere
		Wolf				Beutelwolf
		Flughörnchen				Gleitbeutler
		Präriehund				Wombat
		Maulwurf				Beutelmull

Besetzung vergleichbarer ökologischer Nischen durch jeweils angepasste / spezialisierte Arten

	Homologie	Analogie
Bauplan	=	≈ od. ≠
Funktion Merkmal	≈ od. ≠	=
Ursprung	=	≠

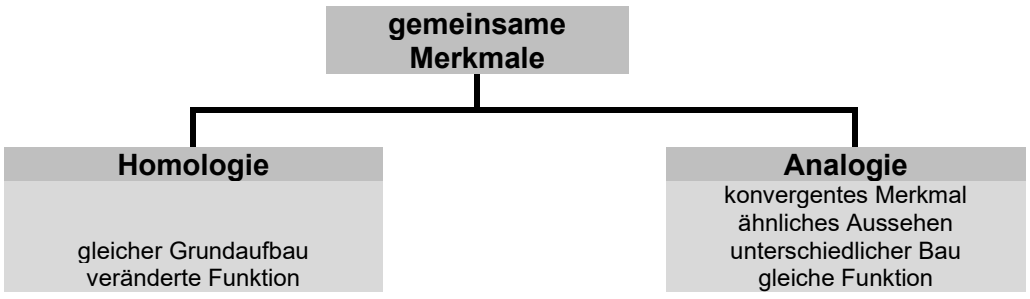
Kriterien für die Identifizierung von Homologien

- Lage im Organsimus
- Feinbau / innere Struktur
- fossile Belege für gleiche Stammesgeschichte
- embryonale Struktur / Lage / … des Merkmals
-

Identifikation der Polarität eines Merkmals notwendig (Evolutions-Richtung)

- Außengruppen-Vergleich
- Merkmale der Außengruppe zeigen ursprüngliches Merkmal / urtümliche Ausprägung des Merkmals
- es existiert ein gemeinsamer Vorfahre (von betrachteter Art / Gruppe und der Außen-Gruppe)

einfaches Schema zum Phänomen gleicher / ähnlicher Merkmale:

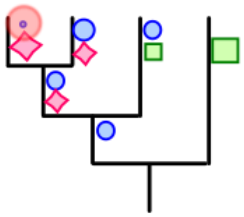


(c,p) 2014 - 2024 lsp: dre

1.x.y. Rudimente und Atavismen

Definition(en): Rudimente
Merkmale oder Organe von Organismen, die zurückgebildet (/ verkümmert) sind oder keine Funktion mehr besitzen, nennt man Rudimente.
Ein Rudiment ist ein zurückgebliebener Rest eines (weitgehend zurückgebildeten) Organs oder Merkmals.

im Pictogramm ist das ursprüngliche Merkmal "blauer Kreis" bei der aktuellen Art reduziert / verschwunden. I.A. passiert dies schon über mehrere phylogenetische Stufen hinweg



Beispiele:
beim Menschen:

- Wurmfortsatz des Blinddarm
- Schwimmhäute zwischen den Fingern und Zehen
- Steißbein / Schwanz-Ansatz

Definition(en): Rudimentation
Rudimentation ist die Rückbildung eines Organs oder Merkmals bis auf einen Rest (→ Rudiment).

Atavismen belegen die Evolution recht gut dadurch, dass ihr offensichtlicher Nichtgebrauch oder ihre fehlende Verwendung die Chance zur Reduktion gibt. Aus ökonomischen Gründen ist eine Verkleinerung (also weniger Bau-Material und weniger notwendige Betriebs-Aufwendungen) ein evolutionärer Vorteil.
Ein Schöpfer würde wohl solche nutzlosen Organe gar nicht anlegen. Denn aus allmächtiger Sicht wären sie eher als Fehler zu betrachten. Aus evolutionärer Sicht ist die Anlage aber vielleicht noch notwendig, weil z.B. bestimmte Steuerungs-Gene darauf abgestimmt sind. Erst zukünftige Mutationen können vielleicht eine Bildung verhindern oder unterlassen. Sie würden die Ökonomie noch weiter verbessern, aber sie müssen eben erst einmal passiieren. Und das kann auch noch Mio. von Jahren auf sich warten lassen oder eben morgen passieren.

beim Wal:

- Knochenreste der Hinterbeine

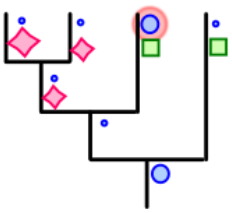
bei der Blindschleiche

- besitzt Ansätze für Becken- und Schulter-Gürtel sowie stark zurückgebildete Gliedmaßen-Knochen(-Reste)

Atavismen sind eigentlich schon verloren geglaubte Merkmale, die überraschend wieder neu auftauchen. Meist sind solche Merkmale so komplex, dass sie durch eine einzelne Mutation mit all ihren Detail-Merkmalen wieder entstehen könnten. Viel wahrscheinliche ist eine Mutation in einem Steuerungs-Gen. Vor vielen Jahren geschehen, hat es damals Vorteile für die Träger gehabt. Wird dieses Gen nur rückmutiert, dann kann das ursprüngliche Merkmal wieder entwickelt werden. Ob es von Vorteil für den Träger ist, ergibt sich aus den aktuellen Umwelt-Bedingungen und Lebens-Situationen. Oft werden die seltsam auffälligen Träger der Rück-Mutation eher aus den normalen Fortpflanzungs-Vorgängen isoliert. Nur bei einer Überlegenheit kann sich das rückmutierte Gen im Gen-Pool der Population wieder ausbreiten.

Definition(en): Atavismen
Atavismen sind (anatomische) Merkmale, die im Laufe der Entwicklungsgeschichte (phänotypisch) verloren gegangen sind und scheinbar zufällig wieder auftreten.
Atavismen sind wiedererscheinende Merkmale der Vorfahren.

im Pictogramm sichtbar ist das Merkmal "blauer Kreis" bei der betrachten Art wieder aufgetaucht, obwohl es bei der / den Vorgänger-Arten schon verschwunden war



Beispiele:
beim Menschen:

- Körper-Haare (Voll-Behaarung einschließlich des Gesichts)
- …
- dritte Brustwarze bis hin zu zwei (vollständig) ausgebildeten Brustwarzen-Reihen (2x 9 Brustwarzen)

beim Pferd:

- überzähliger Huf am Griffelbein

1.x.y. ausgewählte wissenschaftliche Methoden

die nachfolgenden Methoden und Arbeitstechniken sind nicht nicht immer Biologie-spezifisch. Nichtsdesdo trotz werden sie in der Biologie besonders umfangreich genutzt und hier im Skript auch an biologischen Beispielen erläutert.

1.x.y.x. Taxonomie und Kladistik

Irgendwie muss in die Vielfalt der Organismen Ordnung gebracht werden. Um wissenschaftlich arbeiten zu können, braucht es klar abgegrenzte Gruppen von Organismen.

Definition(en): Taxonomie (Taxionomie)
Taxonomie ist die Lehre / das Verfahren der Klassifizierung (→ Benennung) und Einordnung von Organismen in Gruppen (→ Systematisierung, Bestimmung)
Die Taxonomie ist die künstliche Gruppierung von Organismen nach äußerlich beobachtbaren (meist morphologischen) Merkmalen.

Definition(en): Systematik
Systematik ist die Lehre / das Verfahren der Aufklärung von Verwandschaft und Abstammung sowie der hierarchischen Ordnung der Organismen(-Gruppen).

definierte Gruppen-(ebenen) werden Taxa genannt (Einzahl: Taxon)
eingeführt von LINNE ()
er erstellt das erste künstliche System der Organismen mit allen makroskopisch beobachtbaren (und damals bekannten) Arten
die Basis seiner Klassifikation waren vorrangig morphologische Merkmale
Als das natürliche System wird dagegen die evolutionäre Abstammung und Stammesgeschichte der einzelnen Arten betrachtet. Dieses System kann aber nur teilweise und auch nur schrittweise rekonstruiert werden. Für wissenschaftliche Zwecke benutzt man deshalb künstliche System. Das System von LINNE ist das mit der größten Verbreitung.
Man spricht auch von der binären bzw. binominalen Nomenklatur, da jede LINNE bekannte Art mit einen zweigeteilten wissenschaftlichen (!) (nicht lateinischen !) Namen (Binomen) versehen wurde.
Namen basieren auf griechische und lateinische Wortstämme, können aber z.B. auch Wissenschaftler-Namen enthalten Mammilaria graessneriana. Dabei handelt es sich meist um die Entdecker. In diesem Fall um den Gärtner und Botaniker Richard GRAESSNER – ein mütterlicher Vorfahre meinerseits.
Der erste Teil ist die Gattung. Sie wird immer groß geschrieben. Es folgt der kleingeschrieben Art-Name. Es ist üblich die wissenschaftlichen Namen kursiv zu setzen, um sie im laufenden Text etwas abzusetzen.
Ist der Art-Name nicht bekannt oder weniger wichtig, dann folgt auf den Gattungsnamen die Abkürzung spec. für species.

Kommt noch eine Bezeichnung für die Unter-Art dazu, dann spricht man von einem Trinomen. Ein Beispiel ist *Homo sapiens sapiens* – der "verständige Jetzt-Mensch".
Einige Arten sind in der Wissenschaftswelt so verbreitet, dass die ewige Nennung und Schreibung nervt und auch keinen wirklichen Informations-Gehalt mehr hat. Bei solchen Arten sind dann die abgekürzten Namen weit verbreitet und Teil der Fach-Sprache.
Im – uns bekannten Biologie-Bereich sind das z.B. *D. m.* für *Drosophila melanogaster* (Taufliege); *E. c.* für *Echerichia coli* (Darm-Bakterium) oder *C. e.* für *Caenorhabditis elegans* (ein Fadenwurm).

In meinen Skripten sind – vor allem die wissenschaftlichen Namen – durch einen Vorsatz ergänzt, der die Taxon-Ebene hervorhebt.
zusätzlich – wie in vielen wissenschaftlichen Materialien – *kursiv* gesetzt

Taxon (deutsch)	**interne Abkürzung**
Domäne	(D)
Reich	(R)
Abteilung	(Ab)
Stamm	(S)
Klasse	(K)
Ordnung	(O)
Familie	(F)
Gattung	(G)
Art	(A)

Taxon (wissenschaftlich)	**interne Abkürzung**
domain	(do)
regnum	(r)
diverso	(di) | (d)
phylum	(p)
classes	(c)
ordo	(o)
familia	(f)
genus	(g)
species	(s)

zu den Haupt-Klassifikations-Ebenen gibt es Über- und Unter-Ebenen (Ränge)
die Systhematiken der Neuzeit (letzten 30 Jahre) gehen immer weiter auseinander, betonen z.T. extreme – für Laien kaum nachvollziehbare – Merkmale
es wurden neue Ebenen wie Stamm-Gruppen (wäre dann in meinem System (c#) bzw. (c++)) eingeführt, manche Gruppen sind ohne eine zugeordnete (klassische) Ebene hinzugekommen
dabei ist es sowieso fast unmöglich genau zu sagen, was den nun ein Unterreich oder eine Stamm-Gruppe ist, das Ganze ist und bleibt ein künstliches System
mit dem neuen Hilfsmittel Computer und immer besseren Daten-Analyse-Möglichkeiten (Data-Mining, BigData) werden sich in den nächsten Jahren sicher auch noch viele überraschende neuartige Systeme ergeben, die werden aber nicht so schnell Schul-relevant sein

das hier genutzte System ist quasi ein für die Schule gemachter Kompromiss, der klare Strukturen und Ebenen hat, sich an gestandenen und bewährten klassischen Systemen orientiert, neue Aspekte mit einbringt und trotzdem für Schüler nachvollziehbar bleibt, auch wenn sich an der einen oder anderen Stelle eine wissenschaftliche Ungenauigkeit einschleicht

	GROOMBRIDGE & JENKINS (2002)		CHAPMAN (2009)		MORAET (2011)			
	beschr.	**vorherg.**	**beschr.**	**vorherg.**	**beschr.**	**vorherg.**	**beschr.**	**vorh.**
Tiere	1'225'500	10'820'000	1'424'153	6'836'330	**1'124'516**	**9'920'000**		
Pflanzen	270'000	320'000	310'129	390'800	**224'244**	**314'600**		
Pilze	72'000	1'500'000	98'998	1'500'000	**44'368**	**616'320**		
Protozoen	80'000	600'000	28'871	1'000'000	**16'236**	**72'800**		
Chromista	---	---	25'044	200'500	**17'892**	**34'900**		
Prokaryten	10'175	---	10'307	1'000'000	---	---		
gesamt	**1'657'675**	**13'240'000**	**1'897'502**	**10'897'630**	**1'438'769**	**10'960'000**		

Daten-Q: /B; Kap. 38/

es folgt auf der / den nächsten Seiten eine z.T. vereinfachte taxonomische Klassifizierung / Einordnung unseres Haushundes

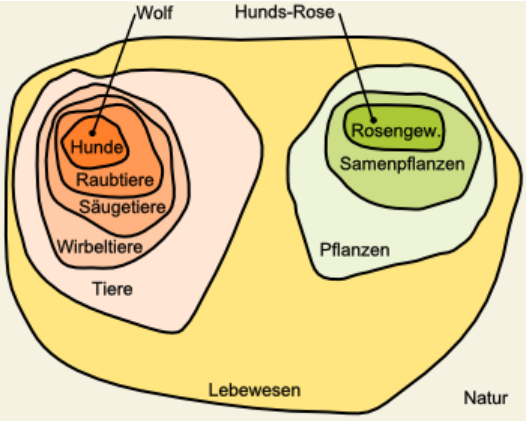
die Unterscheidungs-Merkmale sind ebenfalls nur exemplarisch und vereinfacht bzw. leicht populär notiert, bei sehr komplizierten Merkmalen verzichten wir hier auf die Eintragung und verweisen auf die Klassiker BROHMER ("Fauna von Deutschland") und STRESEMANN ("Exkursionsfauna", Bd. 3) und natürlich wikipedia.
Es soll hier primär das Prinzip – aber eben auch die Komplexität – verdeutlich werden.

Definition(en): Taxon (im Sinne der klassichen Taxonomie)
Ein Taxon – besser ein Formtaxon – ist eine aufgrund bestimmter Merkmale definierte Gruppe von Organismen, der ein Name und eine Niveau-Stufe zugeordnet wurde. Meist sind die Formtaxa nicht aufgrund stammesgeschichtlicher Merkmale oder Zusammenhänge gebildet.

die klassischen Stammbäume orientieren sich an den festgelegten Reichen, Stämmen, Klassen, Ordnungen, Familien usw, usf.
sie stellen ein künstliches System dar, es gibt aber viele Anknüpfungspunkte und Parallelen zum natürlichen System der Organismen

findet seine Anwendung in den klassischen Bestimmungsbüchern, wie z.B. von ROTHMALER, STRESEMANN oder BROHMER

praktisch ist die Taxonomie eine Mengen-bezogene Betrachtung der existierenden und ausgestorbenen Organismen / Arten ohne einen erdgeschichtlichen / evolutionären Entstehungs-Bezug



Die klassischen Bestimmungs-Bücher, wie z.B. der "ROTHMALER", "STRESEMANN" "SCHMEIL" oder "BROHMER" folgen in weiten Zügen den künstlichen Systemen. Hier einige Auszüge, die annähernd das Arbeits-Prinzip wiederspiegeln:

Ausschnitt aus STRESEMANN "Exkursionsfauna Wirbellose I" (hier: Bestimmung von Tier-Gruppen)

SCHLÜSSEL DER HAUPTGRUPPEN
Von Wolfgang CROME, Berlin

1	Wirbeltier	**2**
1*	KeinWirbeltier	**11**
2	Mit Beinen	**8**
2*	Ohne Beine	**6**
3	Zweibeinig, gefiedert.	*Aves* -- **Vögel** Bd. III
3*	Vierbeinig, ungefiedert	**4**
4	Körper mit Fell bedeckt.	*Mammalia* -- **Säugetiere** Bd. III
4*	Ohne Fell	**5**
5	…	
…		
11	**(1)** Frei lebend	**12**
11*	In od. an anderen Tieren od. Pflanzen lebend (vornehmlich Parasiten und Kommensalen	**78**
12	…	
…		

Q: obiges Werk; Volk und Wissen Verl. Berlin, 2. verbesserte Aufl., 1961 , S. XIX, gekürzt

Ausschnitt aus ROTHMALER "Exkursionsflora Bd. 2 - Gefäßpflanzen" (hier: Bestimmung einer Pflanzen-Gruppe)

Tabelle II - Nacktsamige Pflanzen

1 Bl 6-8 cm br., fächerfg. 2lappig bis 2spaltig (Abb. **107**/1). **Ginkgo** - *Ginkgo* S. 107
1* Bl nadel- od. schuppenfg. …….. **2**
2 Bl (wenigstens z.T.) schuppenfg. (Abb **112**/1). Bl gegenständig od. quirlig. **Zypressengewächse** - *Cupressáceae* S. 111
2* Alle Bl nadelfg. ("Nadel") ……. **3**
3 Nadeln weich, sommergrün, deutlich 2reihig. Im Herbst die benadelten Kurztriebe als Ganzes abfallend. **Sumpfzypresse** - *Taxódium* S. 111
3* Nadeln derb, wintergrün, wenn sommergrüm, dann an Kurztrieben gebüschelt u. ohne diese abfallend …… **4**
4 Nadeln unter dem stielartigen Grund als grüne Leisten am Zweig herablaufend (Abb. **107**/3), ihr Mittelnerv oberseits stark hervortretend, Pfl 2häusig. Sa von einer fleischigen, napfartigen, zur Reife rote Hülle umgeben (Abb. S.**107**/2). **Eibe** - *Táxus* S. 108
4* Nadeln nicht herablaufend. Sa in Zapfen od. Beerenzapfen …….. **5**
5 Nadeln zu dreien quirlig, oberseits mit weißen Spaltöffnungsstreifen (Abb. **112**/6). Zapfen beerenartig **Wacholder** - *Juniperus* S. 112
5* Nadel wechselständig od. 2- büschelig, oberseits nicht mit weißen Streifen. Zapfen holzig. Pfl 1häusig **Kieferngewächse** - *Pináceae* S. 108

Q: obiges Werk; Volk und Wissen Verl. Berlin, 11. Aufl., 1982 , S. 62 (Abb. auf anderen Seiten!)

Ausschnitt aus SCHMEIL "Tabellen zum Bestimmen von Pflanzen" (hier: Bestimmung von Arten einer Familie)

Mohngewächse, *Papaveráceae*. Zweiblättriger, beim Aufblühen meist abfallender Kelch; 4 Blumenblätter; zahlreiche Staubblätter und 1 Stempel; Frucht eine Kapsel, mit Löchern aufspringend (Abb. 40); Pflanzen mit Milchsaft

1 a Milchsaft gelb, Blüten in Dolden, Frucht schotenähnlich, zweiklappig aufspringend ……. **Schöllkraut***, Chelidónium május*
-- b Milchsaft weiß, Frucht eine kugelige oder keulenförmige Kapsel, die sich mit Löchern öffnet …… **Mohn***, Papáver 2*
2 a Kapsel kahl; Abb. 40 …….. 3
-- b Kapsel borstig behaart ……. **Sand-Mohn***, Papáver argemóne*
3 a Pflanze kahl; Gartenpflanze …… **Schlaf-Mohn***, P. somniferum*
-- b Stängel und Blätter behaart …… **Klatsch-Mohn***, P. rhoeas*

Q: obiges Werk; Quelle & Meyer Verl. Weibelsheim, 124. Aufl., 1982 , S. T-31f (Abb. auf anderen Seiten!)

Ausschnitt aus REITTER "Fauna Germanica - Die Käfer des Deutschen Reiches III. Band" (hier: Bestimmung von Arten einer Familie)

23. Gattung: **Coccinella** Linné

Körper kurz oval, rundlich, gewölbt, Fld. an der Spitze stumpf, halbkreisförmig abgerundet, Augen vom VR. des Hsch. nicht nur zur Hälfte bedeckt, frei. Hsch. an oder vor der Basis am breitesten, Basis ungerandet, Naht der Fld. an der Spitze einfach. Klauen an der Basis mit einem Zahne.

Larve u. Nymphe von *C. 7-punctata* L., siehe T. 100, Fg. 2a, b.--

1" KfTs tief schwarz[1]) Hsch. schwarz mit einem gelben, dreieckigen Flecken in den VWinkeln, welcher in der Regel die Basis nicht erreicht. Der VR. des Hsch. ist höchstens beim ♂ sehr schmal gelb gesäumt.

2" Fld. auf der vorderen Hälfte mit etwas wulstig verdicktem, hinten viel feiner abgesetzten SR., ihre Grundfarbe gelbrot, eine SchMakel u. 3 Punkte schwarz, davon einer in der Mitte bei der Naht, 2 nahe dem SR. Von diesen Punkten können sich einige vergrössern oder kleiner werden, es können einzelne, selbst alle fehlen a. *lucida* Wse., oder sie können zahlreicher auftreten u. zwar, es tritt auch ein schwarzer Fleck auf der Schulterbeule auf: a. *zapluta* Wse.. oder sie steigen auf beiden Decken zusammen auf 11: a. *maculosa* Wse.; oder es fliessen einige Flecken querbindenartig zusammen a. *divaricata* Oliv., oder zu Längsbinden: a. *confusa* Wse., oder die Fld. werden bis auf einen gelben Fleck neben dem Sch. ganz schwarz: a. *anthrax* Wse. 5,5-8 mm. T. 100, Fg. 2, 2d = v. *externepunctata* Wse. -- Gemeinste Art . . . . . **septempunctata** Lin.

2' Fld. nur mit einer äussert schmal u. gleichmässig abgesetzten SRKante, Grundfarbe gelbrot.

3" Körper kurz, fast rund u. hochgewölbt.

4" Fld. ohne schwarze Querbinden, oder wenigstens hinter der Basis ohne solche Querbinde.

5" Fld. mit gleichartiger, höchst feiner Punktur, rotgelb, mit 7 schwarzen Punktmakeln auf beiden zusammen; ein SchFleck u. 2, 1 auf jeder Scheibe, die genau der Lage wie bei *7-punctata* entsprechen, welcher dieser Art täuschend ähnlich, aber durch den äusserst feinen, linienförmigen SR. leicht zu unterscheiden ist: a. magnifica Redtb. Manchmal tritt noch ein Schulterpunkt dazu: a. *Sedakovi* (*domiduca* Wse.). Bei der letzteren Form sind meistens die Punktflecken vergrössert. Die Stammform (wie *magnifica*, mit vergrösserten Punkten), kommt bei uns nicht vor. Im Junli an trockenen Hügeln, an verkrüppelten Kiefern . . . . . **distincta** Fald.

5' Fld., besonders an den S. mit dichter, feiner Punktur, die mit zahlreichen stärkeren Punkten Punkten durchsetzt wird, Scheibe mit 5 schwarzen Punkten: einem SchFleck, einem grösseren runden in der Mitte, näher an der Naht u. einem kleinen an der S. hinter der Mitte. Oft treten aber noch 1 oder mehrere Punktflecken dazu: a. *simulatrix* Wse., oder es ist auf der Scheibe jeder Decke, ausserdem SchFleck nur ein Punkt in der Mitte vorhanden: a. Rossii Wse. -- T. 100 Fg. 3. -- Nicht häufig . . . . . **quinquepunctata** Lin.

4' Fld. mit 3 geraden Querbinden, welche den SR. nicht erreichen, die erste hinter der Basis, innen nicht unterbrochen, die 2. in der Mitte, die 3. hinter der Mitte, die beiden letzteren an der Naht unterbrochen, Beim ♂ ist der VR. des Hsch. blassgelb gerandet. 4-5 mm -- Nach S c h i l s k y in Deutschland. Es ist eine Art des hohen Nordens . . . . . **trifasciata** Lin.

3' Körper länglicher, oval, oben weniger stark gewölbt.

6" …
. . . . . **undecimpunctata** Lin.

6' …
. . . . . **hieroglyphica** Lin.

1' Das beilförmige Endgld. des KfTs. gelb oder gelbbraun, selten mit schwarzen SpitzenR. Grundfarbe des Hsch. gelb mit schwarzen Flecken, oder schwarz, im letzteren Falle in der Regel mit gelbem SR. welcher nur sehr selten die HWinkel nicht erreicht.

Der VR. des Hsch. ist beim ♂ u. ♀ wenigstens schmal gelb gesäumt.

7" …

Q: obiges Werk; Lutz Verl. Stuttgart, 1911 , S. 139 (ohne Abb., Tafel und Fußnoten), gekürzt

Diese Bestimmungs-Wege sind sehr umfangreich, manchmal auch sehr schwierig. Sie folgen aber fast immer einem dichotomen System. Der Bestimmer muss sich immer zwischen zwei Seiten / Wegen / Klassen / … entscheiden.
Dem geübten Botaniker / Zoologen / … gelingt meist eine Klassifizierung anhand weniger - meist sehr charakteristischer - Merkmale. Genau so machen wir es ja auch, wenn wir z.B. zwischen Biene und Wespe unterscheiden.

Aufgaben:

1. *Suchen Sie sich ein, zwei Organismen oder deren Schalen, Schädel, Gewölle, Spuren, … und besorgen Sie sich ein passendes Bestimmungs-Buch! (Ev. suchen Sie sich auch zu einem vorhandenen Bestimmungs-Buch ein, zwei passende Organismen, …!)*
2. *Bestimmen Sie Organismen! Protokollieren Sie die verwendeten Seiten, Frage-Nummern und die Antworten sowie Zwischen-Ergebnisse!*

für die gehobene Anspruchsebene:

3. *Im Bestimmungs-Schlüssel von REITTER taucht öfter die Abkürzung Wse. auf. Dabei handelt es sich nicht um die morphologisches Merkmal. Aber was ist es dann?*

Exkurs: Aussprache wissenschaftlicher Art-Namen

Vokale:
i … vor Konsonanten als ***i***
vor Vokalen als ***j***
u … vor Konsonanten als ***u***
vor Vokalen als ***v***
y … in der Wortmitte als ***ü***
im Anlaut als ***j***
am Wortende als ***i***

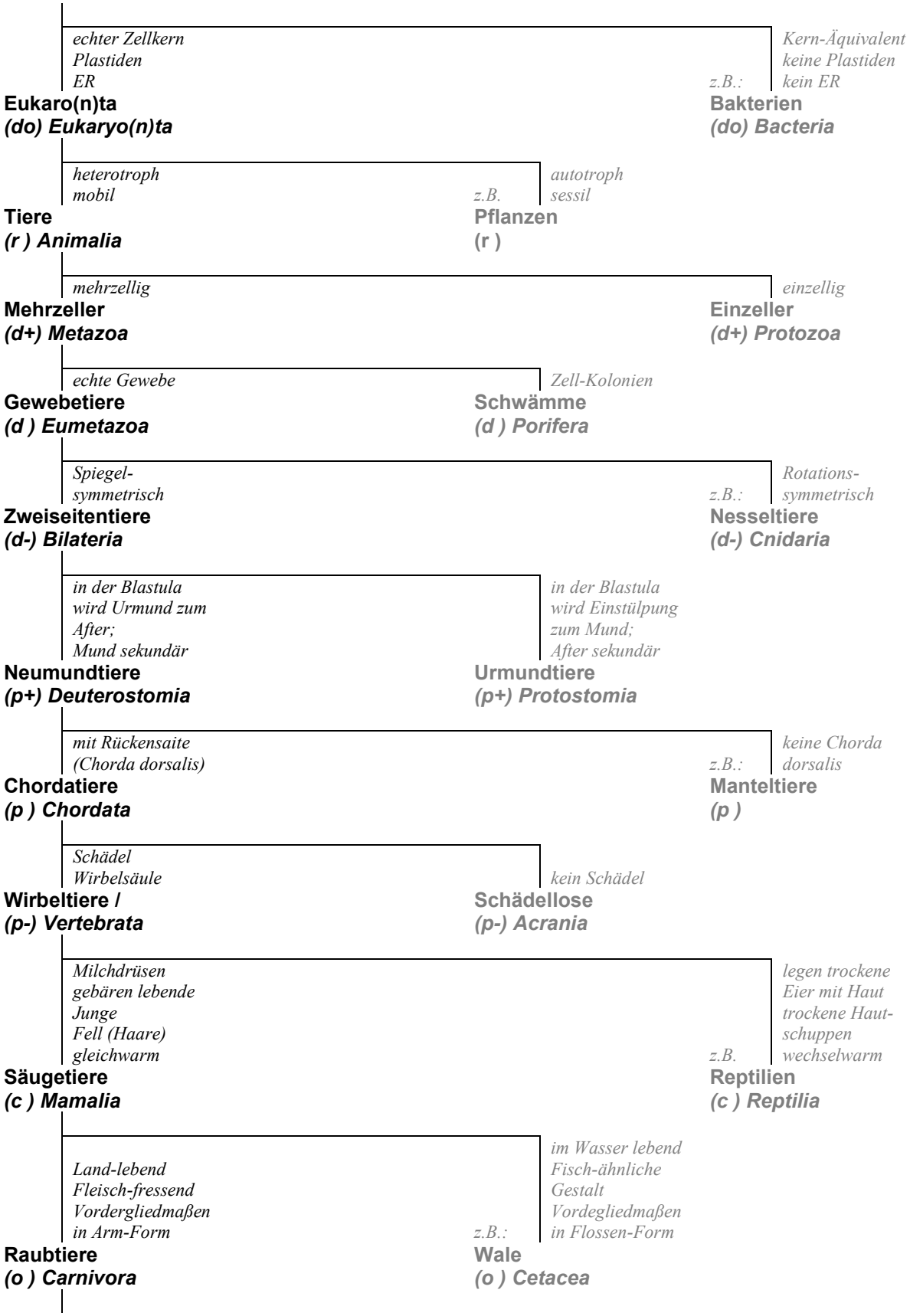
Konsonanten:
c … meist ***k*** , aber auch ***z***)
qu … wie ***kw*** in ***Qu***ark
s … immer stimmlos
v … wie ein ***w***

Vokal-Folgen:
ae … als ***ei*** (selten als ***ä***)
au … wie in H***au***s

ei … getrent als ***e i*** (selten ***ej*** / ***eh***)
eu … kurzes ***e*** und kurzes ***u*** als eine Silbe
oe … wie ***eu*** in Europa

Betonung:
auf der vorletzten Silbe, wenn diese gedehnt gesprochen wird
ansonsten die drittletzte
(Achtung: bei **–ii**, **–ium** und **–ia** (am Ende) wird dies als eine Silbe gezählt (aber trotzdem zweisilbig gesprochen)

Lebewesen


echter Zellkern
Plastiden
ER
Eukaro(n)ta
(do) Eukaryo(n)ta
Kern-Äquivalent
keine Plastiden
z.B.:
kein ER
Bakterien
(do) Bacteria
heterotroph
mobil
Tiere
(r) Animalia
z.B.
autotroph
sessil
Pflanzen
(r)
mehrzellig
Mehrzeller
(d+) Metazoa
einzellig
Einzeller
(d+) Protozoa
echte Gewebe
Gewebetiere
(d) Eumetazoa
Zell-Kolonien
Schwämme
(d) Porifera
Spiegel-
symmetrisch
Zweiseitentiere
(d-) Bilateria
Rotations-
z.B.:
symmetrisch
Nesseltiere
(d-) Cnidaria
in der Blastula
wird Urmund zum
After;
Mund sekundär
Neumundtiere
(p+) Deuterostomia
in der Blastula
wird Einstülpung
zum Mund;
After sekundär
Urmundtiere
(p+) Protostomia
mit Rückensaite
(Chorda dorsalis)
Chordatiere
(p) Chordata
keine Chorda
z.B.:
dorsalis
Manteltiere
(p)
Schädel
Wirbelsäule
Wirbeltiere /
(p-) Vertebrata
kein Schädel
Schädellose
(p-) Acrania
Milchdrüsen
gebären lebende
Junge
Fell (Haare)
gleichwarm
Säugetiere
(c) Mamalia
legen trockene
Eier mit Haut
trockene Haut-
schuppen
z.B.
wechselwarm
Reptilien
(c) Reptilia
Land-lebend
Fleisch-fressend
Vordergliedmaßen
in Arm-Form
Raubtiere
(o) Carnivora
im Wasser lebend
Fisch-ähnliche
Gestalt
Vordegliedmaßen
z.B.:
in Flossen-Form
Wale
(o) Cetacea

Raubtiere
(o) Carnivora

Kopf langgestreckt, Schnauze spitz

Hundeartige
(f+) Canoidae

z.B.: *Kopf rund, Schnauze stumpf*

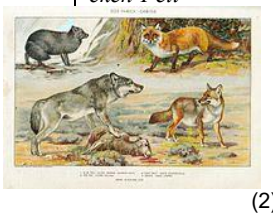
Katzen
(f) Felidae

Hunde
(f) Canidae

hochbeinig grau-gelbes Rücken-Fell

kurzbeing rötliches Rücken-Fell

Echte Füchse
(t) / (f-) Vulpini



(2)

Echte Hunde
(t) / (f-) Canini

Wölfe
(g) Canis

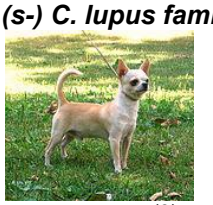
Wolf
(s) Canis lupus

Schabracken-Schakal
(s) Canis mesomelas

Wolf
(s-) C. lupus (lupus)

(Haus-)Hund
(s-) C. lupus familaris

(1)



(3) Chihuahua

(4) Mini-Dachshund

(5) Altdeutscher Schäferhund

Bilder-Quellen und Autoren:
de.wikipedia.org: (1) .. Bernard Landgraf; (2) .. Dodd, Mead and Company; (3) .. Tatiana Borisova; (4) SMART/USDAA (Elf); (5) FragX

Aufgaben:

1. *Nennen Sie 20 taxonomische Merkmale eines Wolfes!*
2. *Welche Unterstämme sind parallel zu dem der Wölfe noch definiert? Recherchieren Sie auch jeweils mindestens einen Vertreter!*
3. *Welche Klassen der Wirbeltiere kennen Sie noch (! ohne Internet- und Buch-Recherche!)? Welche Merkmale charakterisieren diese Klassen?*

heute üblich / klassisch: dichotome Schlüssel(-Systeme)

klados = griech.: Ast, Verästelung
biologische, phylogenetische Systematik → Evolutions-Geschichte
Abstammungsbaum

Definition(en): Kladistik
Kladistik ist die wissenschaftliche Methode, die sich mit der Erstellung von Stammbäumen basierend auf der zeitlichen und Merkmals-differenzierten Reihenfolge der Entstehung von Arten beschäftigt.

Wegbereiter war Willi HENNIG (1913 – 1976)
schrieb 1950 und 1966 sehr anerkannte Lehrbücher zur phylogenetischen Systematik

starke Orientierung an genetischen Daten, zuerst nur vererbbare Merkmale, später dann die resultierenden Proteine und dann die DNS-Rohdaten auch von nichtcodierenden Bereichen der DNS

Definition(en): (Abstammungs-)System
Ein System ist eine Anordnung von Objekten (hier Organismen) nach bestimmten Kriterien und Prinzipien (Verwandschaft, Ähnlichkeit, Unterscheidbarkeit).

das "natürliche System" der Organismen ist das phylogenetisch entstandene System (*? besseres Wort*), ist die Arbeits-Grundlage der Wissenschaftler
alle in der Wissenschaft betrachteten / entwickelten Systeme sind künstlich und bilden immer nur bestimmte Kriterien / Merkmale / Aspekte ab

mögliche prinzipielle Arbeitsweisen der Kladistik:

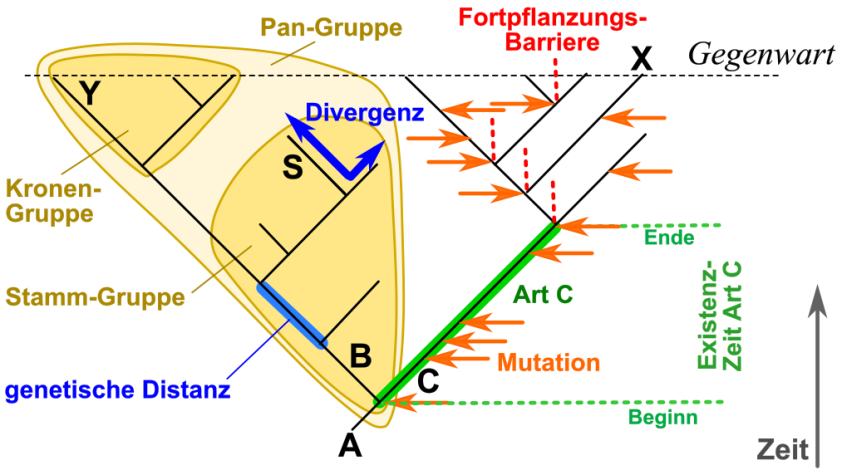
- Auswertung anatomischer und morphologischer Merkmale von lebenden Organismen und Fossilien
- Vergleich von äußeren, inneren, physiologischen und immunologischen Merkmalen von verschiednen Organismen und Organismen-Gruppen
- Analyse und vergleich der Ontogenese verschiedener Organismen und Organismen-Gruppen
- DNS-Analyse und -Vergleich

praktisch können im jeweils gültigen kladistischen System die Arten jweils immer nur einmal vorkommen
stellt eine historische (Abstammungs-bezogene) Abfolge der Organismen in der Zeit dar
allerdings ohne eine Zeit-Skala

Definition(en): Kladogramm
Ein Kladogramm ist ein Merkmals- und Reihenfolge-orientiertes Verzweigungs-Bild.
Ein Kladogramm ist ein (dichotomes) Baum-Diagramm, dass die ereignisse einer kladistischen Analyse visualisert.
Ein Kladogramm ist ein dichtomes Verweigungs-Muster von Merkmalen in ihren stammesgeschichtlichen Beziehungen / Abfolgen.
Ein Kladogramm ist eine Beziehungs-Darstellung von Arten mit ihren (speziellen) Merkmalen im evolutionären Kontext.

klassische Kladogramme haben nur terminale Taxone
da aber auch die Vorläufer-Formen bzw. –Arten interessant sind, werden diese u.U. mit an die Verzweigungen notiert (praktisch handelt sich dann immer um ausgestorbene Formen)

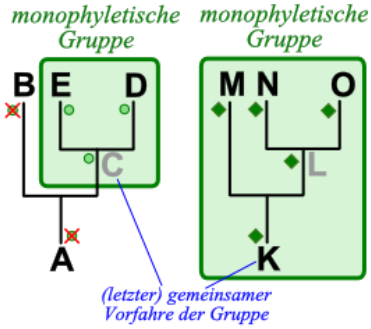
Ausgehend von einem Verzweigungs-Punkt entstehen immer zwei totale Gruppen (Pan-Gruppen). Die Pan-Gruppe kann diverse interne Verästelungen (Verzweigungen) aufweisen. Eine Gruppe, die gegenwärtig existierende (rezente) Vertreter aufweist, heißt Kronen-Gruppe. Der Teil der totalen Gruppe, die nur ausgestorbene (fossile) Vertreter enthält und keinen einzigen rezenten, wird Stamm-Gruppe genannt.



Gruppen-Benennung und Begriffe in einem Kladogrammen

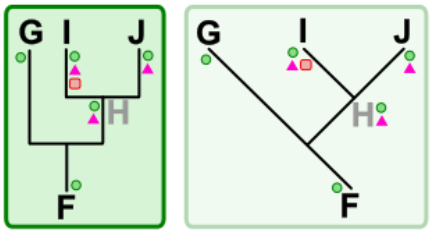
Kronen-Gruppe und Stamm-Gruppe bilden zusammen die Pan-Gruppe.
monophyletische Gruppen beinhalten alle und ausschließlich die Arten, die einen gemeinsamen Vorfahren haben

zur monophyletischen Gruppe (→ Monophylum) gehören also eine Stammform und **alle** ihre Untergruppen
alle tragen – ev. mehr oder weniger ausgeprägt – das gleiche taxonomische Merkmal
Sie werden auch geschlossene Abstammungs-Gemeinschaft genannt.
In der nebenstehenden Abbildung sind die betrachteten Merkmale als kleine Symbole eingetragen. Trifft das Merkmal nicht zu bzw. ist es nicht vorhanden ist das Symbol durchgestrichen.



In später folgenden Kladogrammen werden fehlende Merkmale auch garnicht eingezeichnet.
Nicht bekannte oder noch nicht gefundene Arten (Zwischenformen usw.) sind grau notiert.

Ein vollständiges Kladogramm müsste natürlich auch die Merkmale in den Verzeigungs-Gruppen dokumentieren. Diese wurden im linken Beispiel-Kladogramm ergänzt. Für das Monophylum sind sie aber ohne Bedeutung.
Rechts daneben die klassische Ast-Darstellung der gleichen monophyletischen Gruppe.

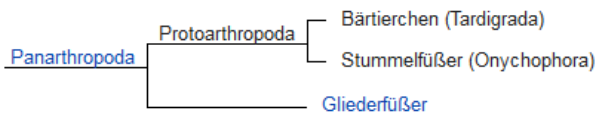


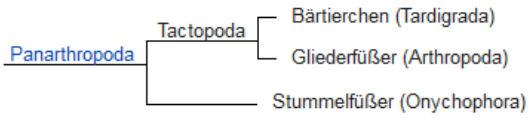
Definition(en): Monophylum
Ein Monophylum wird von einer terminalen Art oder einer Stamm-Art und allen Nachkommen dieser Stamm-Art gebildet.

Definition(en): monophyletische Gruppe
Eine monophyletische Gruppe ist eine geschlossene Gruppe von Organismen und deren stammesgeschichtlich zusammengehörenden Gruppen, die von einer gemeinsamen Stammform abstammen. Die Stammform gehört ebenfalls mit in die monophyletische Gruppe hinein.
Eine monophyletische Gruppe besteht aus einer Stamm-Population und allen Nachkommen derselben.

z.B. ovale Blutkörperchen (Alleinstellungs-Merkmal unter Säugetieren) bei Afrikanischem Dromedar, Asiatischen Trampeltier und Südamerikanischem Lama (auch jeweils 74 diploide Chromosomen, relativ ähnliche und ebenfalls verwandte parasitische Läuse)

Diskutiert werden z.B. unterschiedliche Einordnungen der Bärtierchen (→ 1.x.y.5. lebende Fossilien):





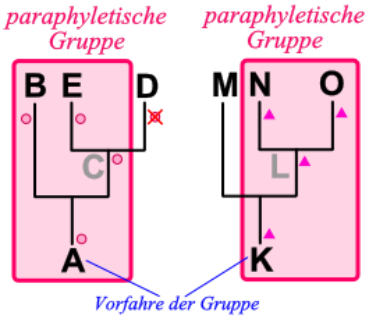
Q: https://de.wikipedia.org/wiki/B%C3%A4rtierchen

ältere Klassifizierung neuere Klassifizierung

Die drei betrachteten Gruppen – Bärtierchen, Stummelfüßer und Gliederfüßer – bilden ein Monophylum. Die interne Struktur wird eben noch diskutiert.

paraphyletische Gruppen beinhalten einige – aber nicht alle Arten – die von einem gemeinsamen Vorfahren abstammen

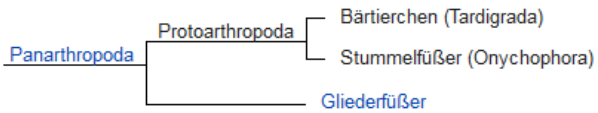
die paraphyletische Gruppe (→ Paraphylum) hat eine gemeinsame Stammform, aber es gehören ihr nicht alle / nur ausgewählte Untergruppen an
Sie wird deshalb auch als offene Abstammungs-Gemeinschaft bezeichnet.

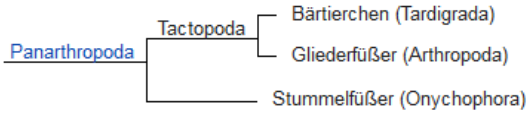


Definition(en): Paraphylum
Ein Paraphylum besteht aus einer Stamm-Art und einigen (nicht allen!) Nachkommen dieser Stamm-Art. Ein Paraphylum besteht niemals nur aus einer terminalen Gruppe.

Definition(en): paraphyletische Gruppe
Eine paraphyletische Gruppe ist eine offene Gruppe von Organismen und stammesgeschichtlich zusammengehörenden Gruppen, die alle von einer Stammform abstammen, es aber einzelne Gruppen gibt, die nicht (mehr) das Charakteristikum der Gruppe tragen.

Die möglichen paraphyletischen Gruppen für unser Bärtierchen-Beispiel sind jetzt unterschiedlich:





Q: https://de.wikipedia.org/wiki/B%C3%A4rtierchen

ältere Klassifizierung

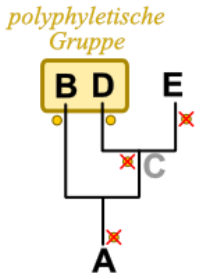
neuere Klassifizierung

Aufgaben:

1. ***Übernehmen Sie die Kladogramme und kennzeichen Sie mögliche paraphyletischen Gruppen!***
2. ***Der Biologie-Schlaumeier behauptet, dass es außer den Panarthropoda noch andere monphyletische Gruppen in den Kladogrammen gibt. Leider hat er auch nicht gesagt, welche das sein sollen. Setzen Sie sich mit der Behauptung auseinander! Wenn es weitere monophyletischen Gruppen gibt, dann kennzeichnen Sie diese, ansonsten erläutern Sie, warum es keine solche Gruppen gibt!***

polyphyletische Gruppen enthalten Arten oder Untergruppen, die keinen gemeinsamen Vorfahren mit dem betrachteten Merkmal besitzen

Eine solche – fast immer künstliche – Gruppe wird Polyphylum genannt.

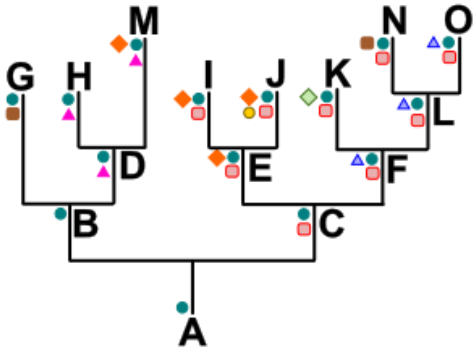


typische Beispiele:
Warmblüter ()
Bäume ()
Würmer ()
Süßwasserfische ()
Wasservögel ()
Land-Wirbeltiere ()

Definition(en): polyphyletische Gruppe
Eine polyphyletische Gruppe ist eine künstlich zusammengestellte Gruppe, deren Mitglieder das gleiche Merkmal besitzen, dieses aber stammesgeschichtlich unabhängig entstanden ist. Eine polyphyletische Gruppe hat keine gemeinsame Stammform.

kladistische Gruppen können sich überschneiden, vor allem dann, wenn mehrere Merkmale einer Veränderung unterliegen

Betrachten wir die verschiedenen Gruppierungen in einem theoretischen / symbolischen Beispiel.
Das Merkmal "türkiser Punkt" (●) kommt bei allen Organismen des Kladogramm vor. Auch die Stammform **A** besitzt dieses Merkmal. Somit bilden alle Organismen eine monophyletische Gruppe.
Betrachtet man nun das Merkmal "rotes Quadrat", (■) dann kommt es nur in einem Zweig des Baumes vor. Alle Objekte ab **C** tragen das Merkmal. Der andere Zweig (ab **B**) trägt das Merkmal nicht. Da es im Zweig ab **B** aber scheinbar auch nie vorgekommen ist, wird es nicht notiert.



Üblicherweise werden Nicht-Merkmale – also solche, die verloren gegangen sind oder die logischen Gegenstücke zu neu erworbenen Merkmalen, die ja nicht real sind – nicht mit in die Kladogramme mit übernommen. Nicht-Merkmale zu notieren bringt nur dann etwas, wenn es sich um besondere Ausnahmen od.ä. handelt. Ansonsten könnte man ja tausende Nicht-Merkmale notieren, was praktisch keinen Sinn macht.
Der Zweig ab **C** ist also ebenfalls eine monophyletische Gruppe, die sich klar durch das Vorhandensein des Merkmals "rotes Quadrat" von der Rest-Gruppe ab **B** absetzt.

Aufgaben:

1. *Ist der Zweig ab C eigentlich eine monophyletische Gruppe hinsichtlich des Merkmals "türkiser Punkt"? Erläutern Sie Ihren Standpunkt!*
2. *Finden Sie weitere monophyletische Gruppen!*
3. *Ist der Zweig ab B eigentlich auch eine phyletische Gruppe? Begründen Sie Ihre Meinung ausführlich!*

Nun zu einem anderen Merkmal, dem "blauen Dreieck". Es taucht ab dem Zweig **F** auf, ist aber nicht bei allen Unterzweigen zu finden. Hier haben wir ein typisches paraphyletisches Merkmal. Es gibt die Stammform **F** und in einigen Unterzweigen / Blättern kommt das Merkmal noch vor.

Aufgaben:

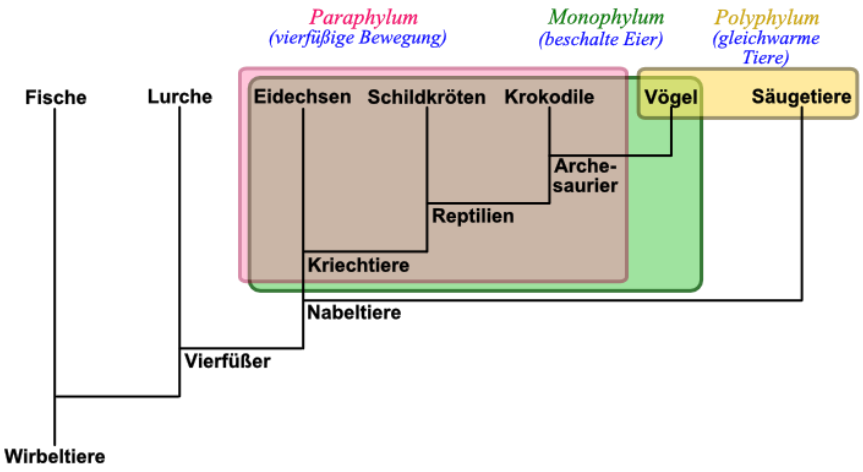
1. *Ist der Zweig ab B eigentlich eine paraphyletische Gruppe hinsichtlich des Merkmals "lila Dreieck"? Erläutern Sie Ihren Standpunkt!*
2. *Finden Sie weitere paraphyletische Gruppen? Begründen Sie!*

Ein interessanter Fall ist das Merkmal "orange Raute". Es kommt im Zweig **E** monophyletisch vor, aber auch im Objekt **M** vor. Da es bei Vorgängern niemals dieses Merkmal gegeben hat, es also in verschiedenen Zweigen unabhängig auftritt, handelt es sich um ein polyphyletisches Merkmal.

Aufgaben:

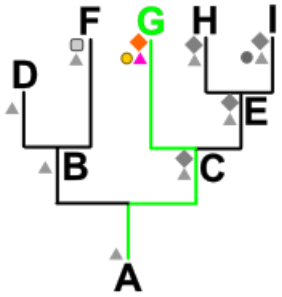
1. *Finden Sie weitere polyphyletische Gruppen? Begründen Sie!*
2. *Erstellen Sie einen eigenen Stammbaum mit maximal 16 Objekten (A bis max. Q) mit von Ihren definierten Merkmalen! Achten Sie darauf, dass der Stammbaum evolutionär möglich sein kann!*
3. *Tauschen Sie die Stammbäume in der Lerngruppe untereinander aus und suchen Sie alle mono-, para- und polyphyletischen Gruppen heraus!*

In der biologischen Praxis sieht ein Stammbaum (ausgewählter Wirbeltiere) mit beispielhaften Mono-, Para- und Poly-Phylum dann wie nebenstehend aus:
Die klassifizierenden merkmale sind in blauer Schrift angegeben.



Aufgaben:

1. ***Finden Sie im Stammbaum der Wirbeltiere weitere monophyletische Gruppen? Geben Sie das / ein charakterisierende(s) Merkmal an und begründen Sie!***
2. ***Sind eigentlich noch andere para- und poly-morphe Gruppen in diesem Stammbaum möglich? Wenn JA, dann erläutern Sie genauer, ansonsten begründen Sie, warum dies nicht möglich ist!***



ein Taxon ist in HENNIGs Kladistik eine Art einschließlich seiner Abstammungslinie
Mehrzahl Taxa
zur Unterscheidung von den Taxa der klassischen Systematik spricht man hier von echten Taxa, während die klassischen Taxa auch als Form-Taxa bezeichnet werden
Grundlage sind vorrangig genetische Daten, die aber vielfach mit den beobachtbaren Merkmalen korrelieren
nur wenn das Gen für die Blütenfarbe (einer bestimmten Art) das Allel für die gelbe Farbe trägt, dann wird diese Farbe in den allermeisten Fällen auch sichtbar sein

ein Taxon betrachtet die Entwicklung quasi zurück von der Organismen-Gruppe über die Äste zu den ursprünglicheren Verzweigungen

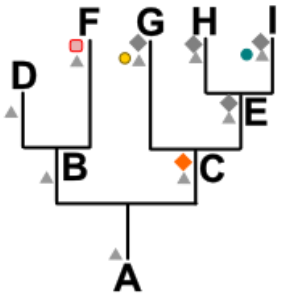
Definition(en): Taxon (in der Kladistik nach HENNIG)
Ein Taxon ist eine natürliche Gruppe von Organismen, die durch bestimmte Merkmale und eine Entwicklungsgeschichte gekennzeichnet ist. Zum Taxon gehört die gesamte stammesgeschichtliche Entwicklung (und Verzweigungsgeschichte) hinzu.

eine Klade betrachtet den Zweig praktisch vom Verzweigungs-Ort aus in Richtung Taxa

Definition(en): Klade
Eine Klade ist eine monophyletische Gruppe.
Eine Klade ist der gesamte Zweig eines natürlichen Stammbaums.

Definition(en): Kladogenese
Kladogenese (Cladogenese) ist die Merkmals-Verzweigungs-Geschichte (Entwicklungs-Geschichte) eines Taxon's.

apomorphe Merkmale sind Merkmale die neu (in der Abstammungslinie) hinzugekommen sind
i.A. sind sie durch Mutationen entstanden und stellen quasi evolutionäre Neu-Erfindungen dar
wir sprechen auch vom abgeleiteten Merkmal
apomorphe Merkmale sind meist spezieller, komplizierter bzw. höher entwickelt als die ursprünglichen Merkmale / Funktionen



Beispiele (für Apomorphien):

- (Insekten-)Flügel der geflügelten Insekten innerhalb der Insekten
- Milchdrüsen an Brust oder Bauch bei den Säugetieren
- Barten (hornige, faserige Platten im Maul) der Bartenwale
- Lautsprache des Menschen
- Flügeldecken der Käfer
- fehlendes / reduziertes Steißbein (Schwanzwirbelsäule) beim Menschen
- Haare bei den Säugetieren
- Vierfüßigkeit der Landwirbeltiere (Gegengruppe sind die fossilen Fleischflosser; beide Gruppen sind aus den Knochenfischen hervorgegangen)

haben mehrere nächstverwandte Gruppen ein bestimmtes Merkmal gemeinsam neu, dann werden diese synapomorph genannt, wie z.B. eben Haare bei den Schwestern-Taxa Kloakentiere, Beuteltiere und Plazentatiere als Untergruppen der Säugetiere, für die Gruppe der Säugetiere (insgesamt) ist das Merkmal Haare apomorph.

völlig neue Merkmale, also solche, die nicht einfach Abwandlungen oder Kombinationen vorhandener Merkmale sind, werden als **Innovationen** bezeichnet
die Abwandlungen oder Kombinationen vorhandener Merkmale werden (phänotypische) Variation genannt
besonders entscheidende und weit verbreitete Innovationen werden Schlüssel-Innovationen genannt, typisch sind das Auge, Milchdrüsen der Säugetiere, Zweibeinigkeit; (echte) Mehrzelligkeit; sie wirken kaskadierend (Stufen-bildend)

Beispiele für (phänotypische) Innovationen:

- ***aus dem Bereich Morphologie:***
  - Federn (der Vögel)
  - Milchdrüsen (der Säugetiere)
  - Außen-Skelett ()
  - Innen-Skelett ()
  - Bipedie, Zweibeinigkeit ()
  - Panzer (der Schildkröten)
  - Backentaschen (der Nagetiere)
  - Insekten-Flügel (bei den geflügelten Insekten)
  - Flügel-Muster (bei Schmetterlingen)
  - Blüten-Organe (bei Blütenpflanzen)
- ***aus dem Bereich Physiologie:***
  - Homoiothermie; konstante Körper-Temperatur (der Warmblüter)
- ***aus dem Bereich Verhalten:***
  - Brutpflege
  - Lauben-Bau (bei Laubenvögeln)
  - kultivierte Pilz-Farmen (bei Blattschneiderameisen)
  - Sprache (beim Menschen)
  - Kultur (beim Menschen)

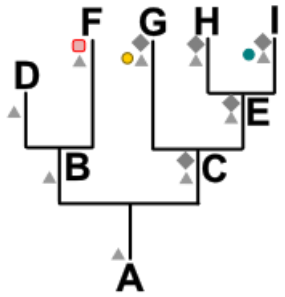
Definition(en): apomorphes Merkmal
Ein apomorphes Merkmal ist ein taxonomisch relevantes Merkmal, das neu in dem stammesgeschichtlichen Zweig auftritt.
Apomorphe Merkmale sind neu in der Evolution auftretende (abgeleitete) Merkmale.

1.x.y.x.y. spezielle Betrachtungen in der Kladistik

im Speziellen werden Merkmale, die bei einer einzelnen Art (terminales Taxon) neu vorkommen als autapomorph charakterisiert

Die Apomorphien werden in die **Autapomorphie**n und die Synapomorphien unterteilt (s.a. oben).

autapomorphe Merkmale sind neu hinzugekommene (= apomorphe) Merkmale, die nur für ein terminales Taxon (also quasi eine konkrete Art) zutreffen

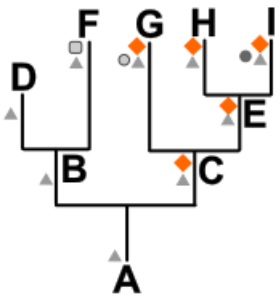


Beispiele (für Autapomorphien):

- Lautsprache des Menschen

Definition(en): autapomorphes Merkmal
Ein automophes Merkmal ist eine apomorphes Merkmal, was nur für eine einzelne Art / ein End-Taxon charakteristisch ist.

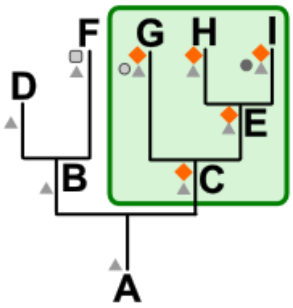
synapomorphe Merkmale sind neu hinzugekommene (= apomorphe) Merkmale, die für mehrere Schwestern-Taxa zutreffen



Beispiele (für **Synapomorphie**n):

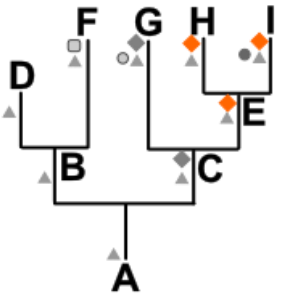
- Nichtvorhandensein von Milchdrüsen an Brust oder Bauch bei Fischen, Lurchen, Kriechtieren und Vöglen (als Abgrenzung zu den Säugetieren)

synapomorphe Merkmale sind für monophyletische Gruppen charakteristisch und Merkmals-gebend



Definition(en): synapomorphes Merkmal
Ein synapomorphes Merkmal ist ein apomorphes Merkmal, was für mehrere Schwestern-Taxone gültig ist. Ein synapomorphes Merkmal ist das Charakteristikum einer monopyletischen Gruppe.

plesiomorphe Merkmale sind die vorhandenen, urtümlichen Merkmale
sie sind irgendwann in der Abstammungslinie (neu) entstanden (da waren sie also apomorph)
das Merkmal ist also vor der Entstehung der betrachteten Gruppe entstanden und mehr oder weniger unverändert erhalten geblieben
plesiomorphe Merkmale sind meist einfacher und unkomplizierter als abgeleitete (apomorphe) Merkmale

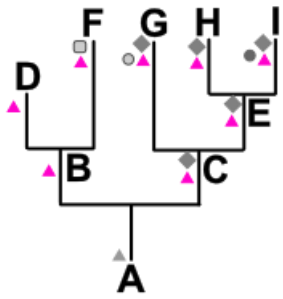


Beispiele (für Plesiomorphien):

- Eckzähne des Menschen (gibt es auch schon bei älteren Gruppen)
- Vierfüßigkeit bei den fossilen Reptilien, die aus den fossilen Amphibien entstanden sind (Merkmal ist schon vorher für alle Landwirbeltiere charakteristisch

Definition(en): plesiomorphes Merkmal
Ein plesiomorphes Merkmal ist ein Merkmal, das sowohl in einer Stammform als auch in Schwesterns-Taxonen vorkommt.
Plesiomorphe Merkmale sind ursprüngliche Merkmale, die in bestimmten (älteren) Kladen vorhanden, in anderen (neueren) dagegen nicht (mehr).

symplesiomorphe Merkmale sind ursprüngliche Merkmale, die mehreren Taxa zugeordnet werden kann, aber keine Neu-Erscheinung sind
es handelt sich also um herkunftsgleiche (homologe) Plesiomorphien



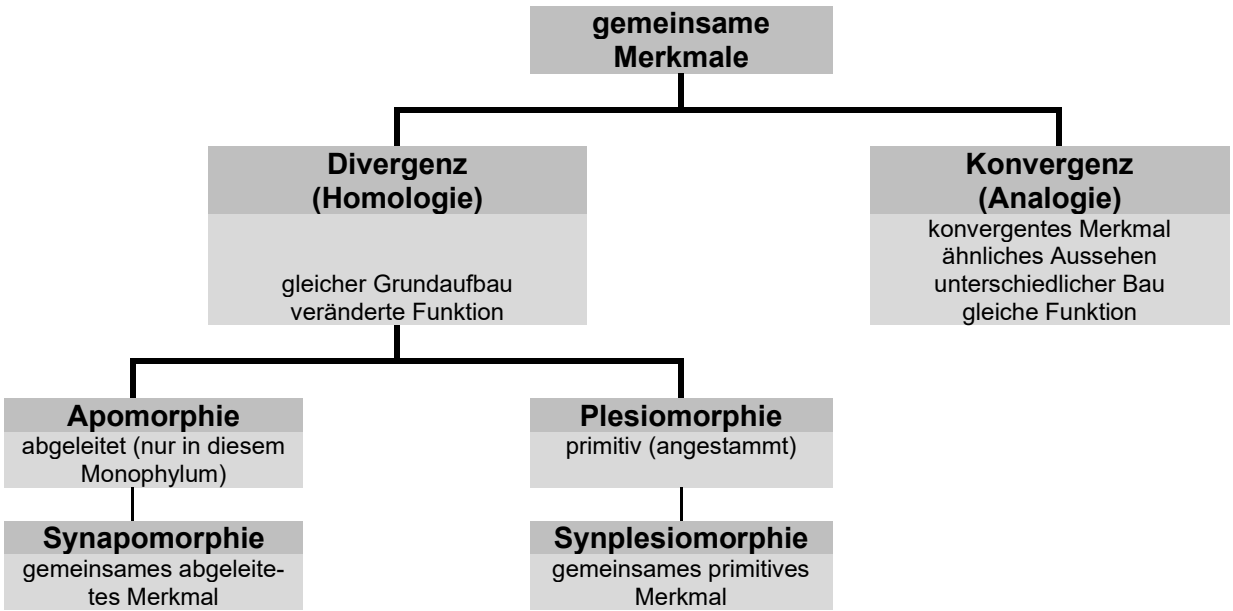
Beispiele (für Symplesiomorphien):

- Wirbelsäule der Wirbeltiere
- Vierfüßigkeit der Tetrapoden (Vierfüßler)
- Hände mit fünf Fingern (fünfstrahlige Hände, Pentadaktylie) der Eidechsen und Säugetiere

Definition(en): symplesiomorphes Merkmal
Ein symplesiomorphes Merkmal ist ein plesiomorphes Merkmal, das mehreren Schwestern-Taxon zugeordnet werden kann.
Symplesiomorphe Merkmale sind apomorphe Merkmale, die auch in nachfolgenden Taxonen vorkommen.

durch Zusammenfassung von Taxa, die sich durch symplesiomorphe Merkmale charakterisieren lassen, erhalten wir paraphyletische Gruppen (also eine Gruppe, die einzelne Untergruppen aber nicht beinhaltet)

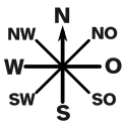
erweitertes Schema zum Phänomen gleicher / ähnlicher Merkmale:



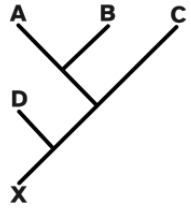
	klassische Form-Taxonomie	Kladistik	
Gemeinsamkeiten	Form der Systematik		
	Merkmals-basierte Unterscheidung der Taxa		
	Ordnungs-Systeme (für die Vielfalt der Organismen)		
	Benennung von Gruppen		
	ähnliche / gleiche Gruppen / Gruppierungen		
Unterschiede		zeitliche Reihenfolge	
	Taxa ausschließlich Merkmals-basierte Zuordnung	Taxa sind Merkmals-Gruppe (Monophylum) mit ihrer Entwicklungs-Geschichte (Verzweigungs-Geschichte (Cladogenese))	
	vorrangig morphologische Merkmale zur Unterscheidung der Gruppen	vorrangig genetische Merkmale (Allele) zur Unterscheidung der gruppen ++ anatomische und physiologische Merkmale	
	praktisch	hypothetisch	
	Art-Definition mehr oder weniger willkürlich	keine absolute Art-Definition	
	viele Gruppen / Hierarchie	keine Hierarchie / nur Verzweigungen (Äste)	
	Problem der Einstufung der Gruppen	relativ stabiles System	
		Problem bei horizontalen / lateralen Gen-Austausch	
	Vorrangstellung bestimmter Gruppen / Arten	alle Arten gleichberechtigt	
	bildet Evolution nur teilweise ab Verwandschaft nur bedingt abgebildet	bildet Evolution sehr genau ab Verwandschaft bildet wesentliche Basis	
	Homologien und Analogien	Monophylie und Polyphylie	
	Art-Benennung binäre Nomenklatur		
	Mehrfach-Verzeigungen möglich	immer dichotom	
	unterstellt Konstanz der Arten	unterstellt Entwicklung	
	ermöglicht effektive Zuordnung / Bestimmung von Arten	nur sehr aufwendiges Verfahren der Art-Bestimmung möglich	
	"Form-"Taxa	"echte" Taxa	
Begründer Vertreter	LINNE	HENNIG	

Aufgaben:

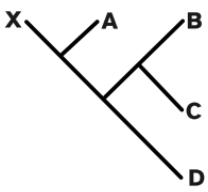
1. *Geben Sie für die Dendrogramme / Stammbäume die Zeit-Richtung mithilfe der Wind-Rose an! Kennzeichnen Sie die ausgestorbenen Arten mit einem Kreuz!*



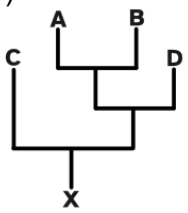
a)



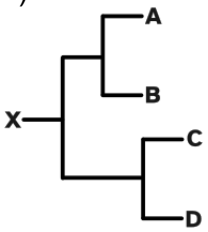
b)



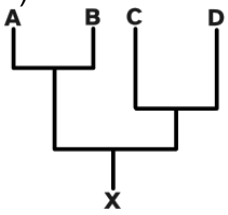
c)



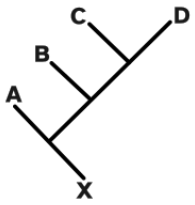
d)



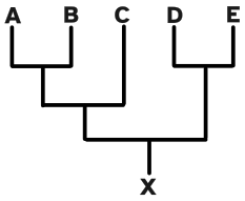
e)



f)

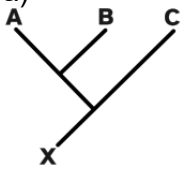


2. *Geben Sie für das Dendrogramm / den Stammbaum die oder den nächsten Verwandten an, zu:*
   a) B b) C c) D + E

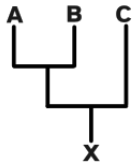


3. *Für die Arten A, B, C und D ist die Verwandtschaft im Stammbaum a) abgebildet. Welche der Stammbäume b) bis k) sind zu diesem Stammbaum äquivalent? Begründen Sie kurz!*

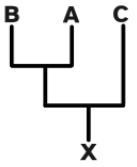
a)



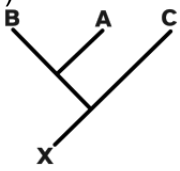
b)



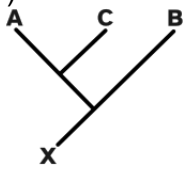
c)



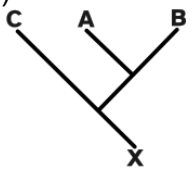
d)



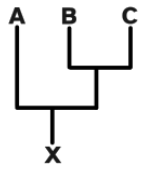
e)



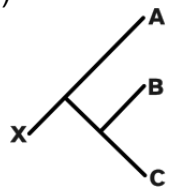
f)



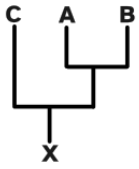
g)



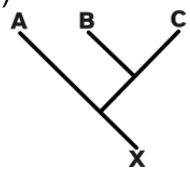
h)



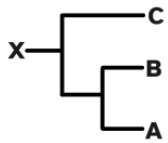
i)



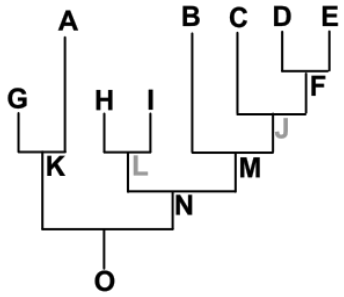
j)



k)

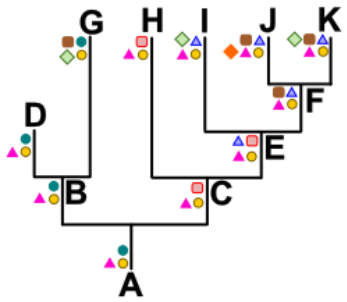


3. Durch langjährige Forschung konnte der nebenstehende Stammbaum abgeleitet werden. (Grau notierte Arten sind noch nicht nachgewiesen worden, existieren aber als theoretische Übergangsform.) Beurteilen Sie, ob es sich bei den nachfolgenden Gruppen jeweils um mono-, para- und / oder poly-phyletische Gruppen bzw. keine phyletische Gruppe handelt!



a) A, G, K
b) C, D, E
c) H, I, L
d) L, M, N
e) B, C, D, E, F, J, M
f) A, E, I
g) O, M
h) A, B, C, …, O
i) M
j) B, C, E, F, M

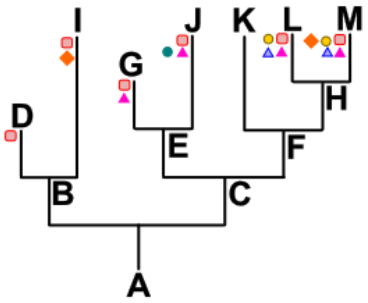
4. Nebenstehender Stammbaum stellt die Merkmals- und Verwandtschafts-Beziehungen einer Organismen-Gruppe dar. Suchen Sie mindesten drei monophyletische, eine paraphyletische und eine polyphyletische Gruppe heraus!



5. Könnte der Stammbaum auch als Kladogramm durchgehen? Begründen Sie Ihre Meinung!
6. Wer findet die meisten phyletischen Gruppen?

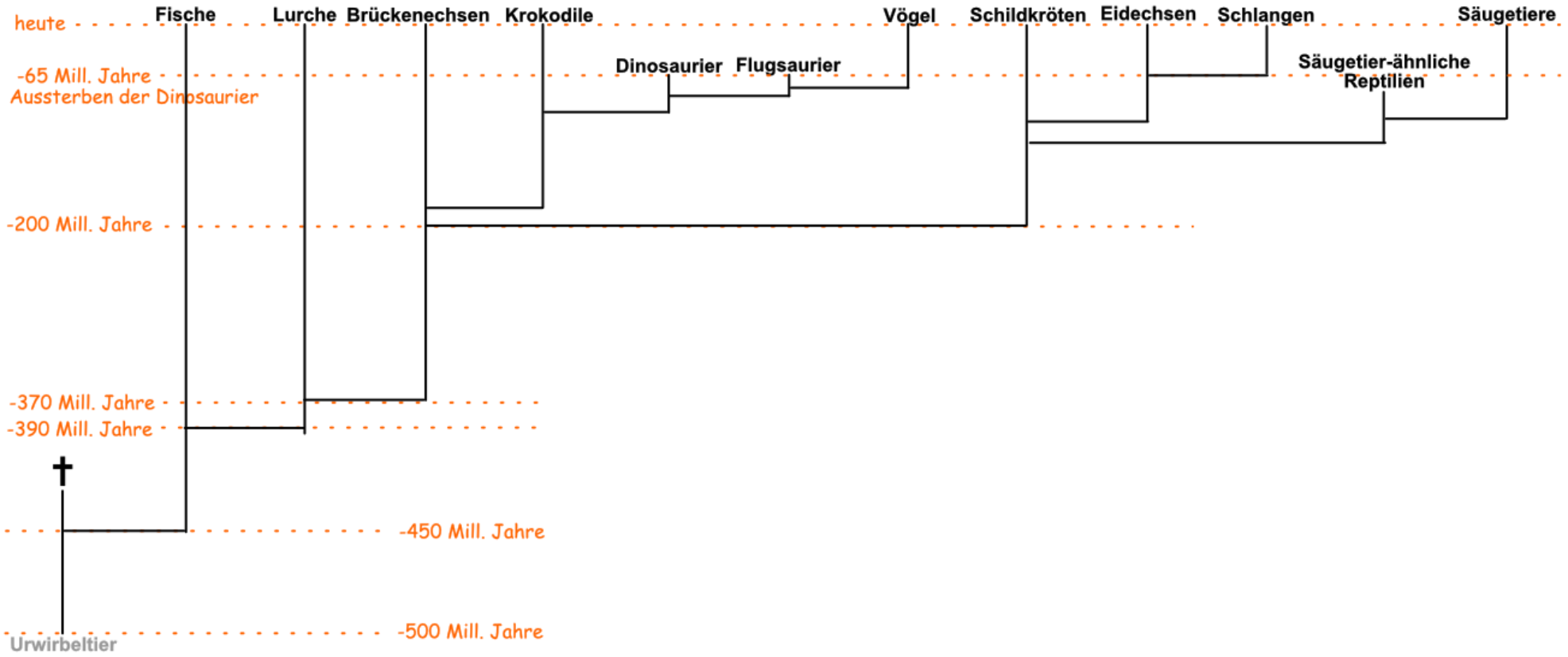
<u>für die gehobene Anspruchsebene:</u>

7. Zeigen Sie Apo-, Synapo-, Autapo-, Plesio- und Symplesio-Morphien auf! Begründen Sie das Vorhandensein bzw. Nichtvorhandensein der entsprechenden Merkmale für die gefragten Morphien!
8. Ein Forscher hat nebenstehendes Kladogramm veröffentlicht! Handelt es dabei wirklich um ein Kladogramm? Rekonstruieren Sie dazu die Merkmals-Verteilung für die fehlenden Zwischen-Glieder und die der Gruppe / Art K!
9. Kennzeichnen Sie die apomorphen und die autapomorphen Merkmale!



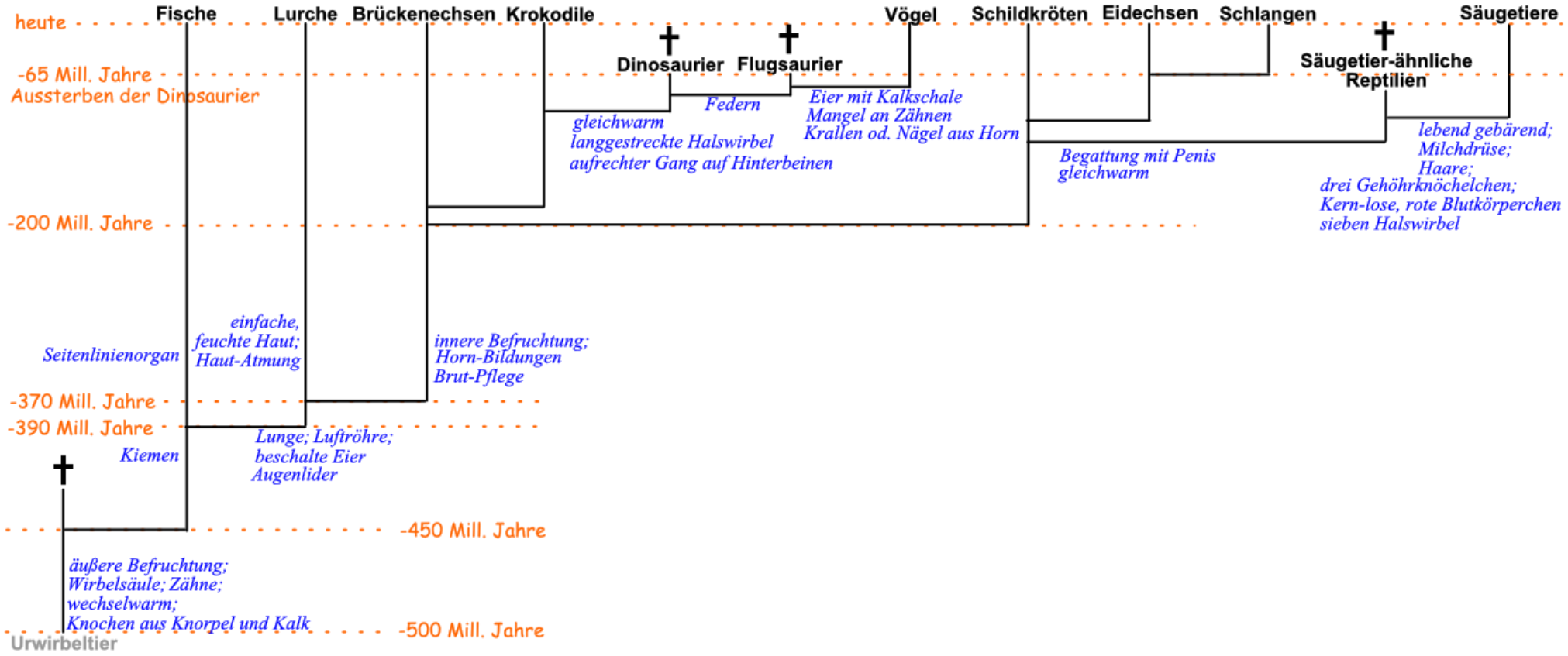
 (c,p) 2014 - 2024 lsp: dre

Beispiel-Kladogramm (Welche Mekmale dienen der Unterscheidung / Einteilung / Verzweigung?)



(c,p) 2014 – 2024 lern-soft-projekt: drews

Beispiel-Kladogramm (mit ausgewählten Merkmalen)



 (c,p) 2014 - 2024 lsp: dre

1.x.y.y. Prüfen von Stammbäumen / Dendrogrammen

Zweige / Kladen müssen sich in mindestens in einem Merkmal unterscheiden.
(praktisch eigentlich immer eine neue Klade, wenn ein neues / geändertes Merkmal auftritt. Dies entspricht einer entsprechenden Änderung des Genotyp's. Oft sind die Organismen / Arten am Ende der Klade ausgestorben oder wurden noch nicht nachgewiesen. Zum Vereinfachen der Kladogramme können dann auch mehrere neue Merkmale in einer neuen Klade genutzt werden.)

Wenn neue Merkmale in zwei nachfolgenden Zweigen auftreten, dann muss geprüft werden, ob dieses Merkmal wirklich unabhängig in den Zweigen entstanden ist / entstanden sein kann!

Durchzählen der neu aufgetretenden Merkmale! Es ist immer das Kladogramm / der Stammbaum mit der kleinsten Summe an neuen Merkmalen (Mutationen) zu bevorzugen (Sparsamkeits-Prinzip).

Jedes Kladogramm / jeder Stammbaum sollte mit zusätzlichen Merkmalen, geographischen Gegebenheiten (z.B. Isolation Australien's), möglichen Lebensraum-Wechseln und / oder Fossilien-Funden gegengeprüft werden.

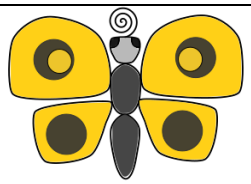
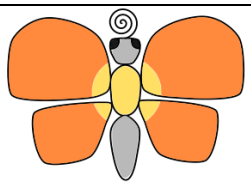
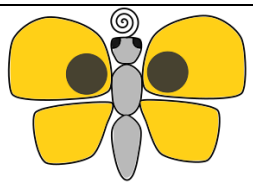
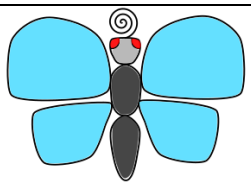
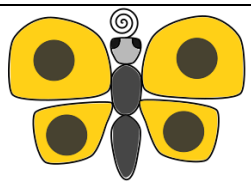
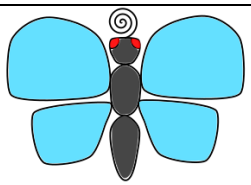
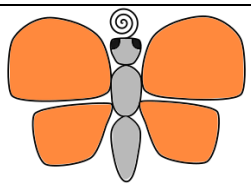
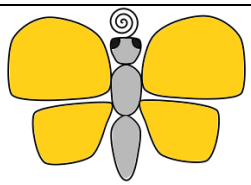
Ein ((so) geprüftes) Kladogramm / (geprüfter) Stammbaum ist immer nur als temporärer Forschungsstand zu betrachten, der durch neue Erkenntnisse / Merkmale falsifiziert werden kann.

(c,p) 2014 – 2024 lern-soft-projekt: drews

1.x.y.y. Erstellen von Stammbäumen / Dendrogrammen

Aufgaben:

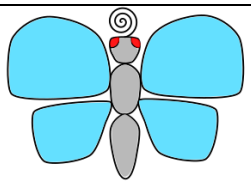
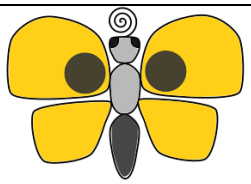
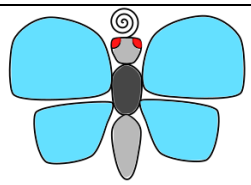
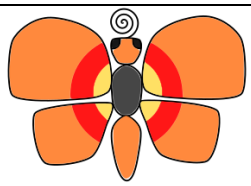
1. In den tropischen Wäldern des gerade erst entdeckten Evozonas fanden die Lepidopterologen die abgebildeten Schmetterlinge. Erstellen Sie den Stammbaum der Evozonas-Schmetterlinge (Familie Evolepidoptidae; Gattung Evolepis) auf der Basis morphologischer Merkmale!

 E. aformus	 E. beformus	 E. ceformus	 E. deformus
 E. eformus	 E. efformus	 E. geformus	 E. haformus

2. Verteidigen Sie Ihren Stammbaum im Plenum und zeigen Sie die möglichen Fehler in den Stammbäumen der anderen Kurs-Teilnehmer auf!

für die gehobene Anspruchsebene:

3. Wie könnte der Stammbaum aussehen, wenn auch die folgenden Arten gefunden werden?

 E. iformus	 E. jotformus	 E. kaformus	 E. elformus

Verzweigungen stehen für Vorfahren bzw. die nächsten gemeinsamen Vorfahren
Pfadlänge steht für die (geschätzte) Zeit
Abstimmung / Eichung über verschiedene (möglichst unabhängige) Datierungs-Systeme
Knoten im phylogenetischen Baum ist eine taxonomische Einheit (innere Knoten sind oft hypothetische taxonomische Einheiten, solange keine Beobachtungen / Nachweise / … verfügbar sind)

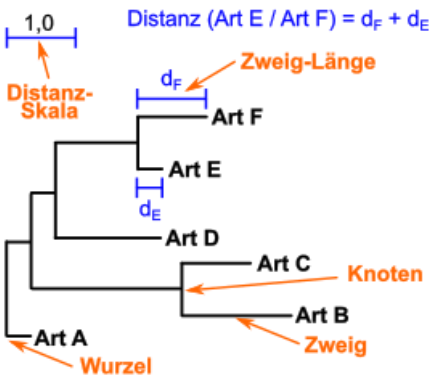
an der Kladogramm-Struktur orientiert

ein Knoten repräsentiert den jeweiligen Vorfahren, stellen immer jeweils eine taxonomische Einheit dar
innere Knoten werden oft mit hypothetischen taxonomischen Gruppen / Einheiten gleichgesetzt (besonders dann, wenn diese Gruppen nicht greifbar / nachweisbar sind)
die Kantenlänge steht die Zeit oder für die Anzahl von Veränderungen (die dann wieder in Zeit uminterpretiert werden kann)

Definition(en): Dendrogramm
Ein Dendrogramm ist die Baum-artige Darstellung / Visualisierung einer Datenmenge.

Arbeitsschritte zum Erstellen von Stammbäumen

- Homologie-Vermutung
- Außengruppen-Vergleich / outgroup-Analyse
- Prinzip der einfachsten Erklärung (MP .. Maximum Parsimony; Sparsamkeits-Prinzip) od. Prinzip der maximalen Wahrscheinlichkeit (ML .. Maximum Likelihood od. ??? (BI .. Bayesian Inference) od. ??? (NJ .. Neighbor Joining)



Homologie-Vermutung

aufgrund homologer Merkmale und dem Vorhandensein vergleichbarer Gene für die Merkmale, kann von einem gemeinsamen Vorläufer (des Gens) ausgegangen werden

Außengruppen-Vergleich

Vergleich zwischen der betrachteten Art / Gruppe und einer Art / Gruppe, die ähnliche Merkmale zeigt (Außengruppe, outgroup)
z.B. (photosynthetische) Wasserpest *(s) Elodea canadensis* kann zum Vergleich (als Außengruppe) für die (photosynthetische) Klasse der Cyanobakterien *(k) Cyanobacteria* benutzt werden

?? WAGNER-Verfahren

Distanz-basierte Methode
Neighbour-Joining

Zusammenstellung der Sequenzen zum Vergleich (Alignment)

Arten / Gruppen mit gleichen Distanz-Werten werden als sehr ähnlich betrachtet (hier z.B. B und C)
dagegen sind Arten / Gruppen mit einer größeren Zahl von Unterschieden eher ferner verwandt (hier z.B.: A und B)

DNA-Sequenzen	A	B	C	D
A	0	4	4	3
B	**4**	0	1	4
C	**4**	**1**	0	4
D	**3**	**4**	**4**	0
Distanz	**11**	**9**	**9**	**11**

man bildet den Mittelwert (hier: 10) und ordnet sie einem gemeinsamen Cluster / einer gemeinsamen Gruppe / einem gemeinsamen Zweig zu

die größte Distanz ergibt sich für A und D
eine große Distanz wird als weit entfernt verwandt bzw. als frühe phylogenetische Trennung interpretiert
für sie ergibt sich ein Mittelwert von 11

Methode	Daten-Art	Vorteile Plus-Punkte	Nachteile Minus-Punkte
Clustering			
NJ .. Neighbor Joining (Nachbarn-Zusammenfügung)	Distanzen	schnell auch für große Datenmengen	nur 1 Baum
Baumsuch-Verfahren			
Prinzip der einfachsten Erklärung (MP .. Maximum Parsimony)	diskrete Merkmale	schnell auch für morpholog. Daten	nicht für DNA
Prinzip der größten Wahrscheinlichkeit (ML .. Maximum Likelihood)		Modelle für Sequenz-Evolution	großer Rechenaufwand
(BI .. BAYESian Inference)		schnell auch für Sequenz-Evol.	Verlässlichkeit überschätzt

nach Q: http://www.eco.ethz.ch/education/lectures/701-0245-00/hs10/701-0245-00_S13.pdf

Arbeitsschritte:
Sortieren der Sequenzen nach den Distanzwerten (→ kleine Distanz: ähnlicher; → große Distanz: unähnlicher)
Bilden von Clustern aus Kombinationen mit jeweils kleinen Distanzen (→ zusammengehörende Zweige)
Raussuchen von Gruppen mit den kleinsten Distanzwert-Abständen (→ Bildung eines Clusters mit dem Mittelwert der Distanzwerte)
Zusammenfassen der gefundenen Cluster (→ Baum)

Distanzwerte → Kantenlänge: steht für Anzahl der Mutationen / Veränderungen / … und indirekt für geschätzte vergangene Zeit (aus statistisch: Soundsoviele Mutationen pro Zeit)

Prinzip der einfachsten Erklärung (Sparsamkeits-Prinzip)

Maximum Parsimony (MP)
Charakter-basierte Methode
werden mehrere Merkmale (Gene) verglichen, dann werden die Daten so ausgewählt / geordnet, dass die kleinsten Abweichungen zur Unterscheidung im Stammbaum genutzt werden
Stammbaum / Dendrogramm wird so aufgestellt, dass die geringste Anzahl von Verzweigungen / Evolutions-Schritten notwendig wird
mit anderen Worten ein Baum, der durch möglichst wenige "notwendige" Muationen gebildet werden kann (engl.: parsimony = Sparsamkeit, Geiz)

a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Prinzip der maximalen Wahrscheinlichkeit ()

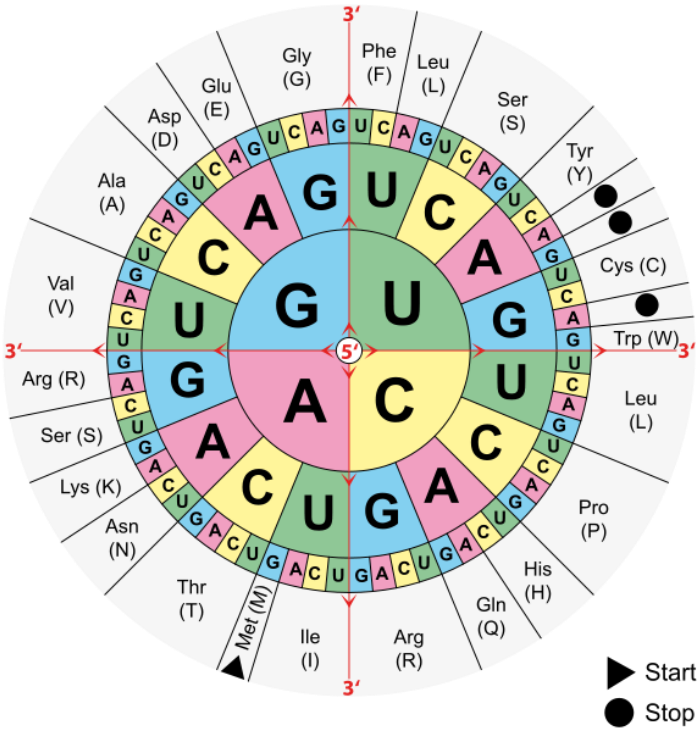
Maximum Likelihood (ML)

Charakter-basierte Methode
parametrisches Schätz-Verfahren; Auswahl der Parameter / Variablen so, dass die Anwendung plausibel (zu erklären) ist
zum Berechnen wird eine Wahrscheinlichkeits-Funktion (likelihood function) benutzt.

es werden zusätzliche Modelle (z.B. DNA-Evolutions-Modelle) in die Dendrogramm-Erstellung mit einbezogen
es geht darum den wahrscheinlichsten (phylogenetischen) Baum auszubauen

z.B. Beachtung, dass die Mutation bestimmter Nuklein-Basen keine oder eine verringerte Wirkung auf die codierte Aminosäure hat (→ Wooble-Basen)
Mehrfach-Kodierung diverser Aminosäuren
allein 8 Aminosäuren werden durch jeweils 4 Codone verschlüsselt
bei weiteren 13 sind es immerhin noch mindestens 2 Codone

dazu kommt noch, dass die ersten beiden Nukleiotide sehr wahrscheinlich für bestimmte gleichartige biochemische Eigenschaften / Haupt-Merkmale stehen, so dass eine Veränderung der codierten Aminosäure nur eine begrenzte Wirkung haben kann



(klassische) Code-Sonne
Q: de.wikipedia.org (Mouagip)

BAYESsche Schätzung (BAYES-Schätzung; BI .. Bayesian Inference)

Schlussfolgerung / Rückschluss
BAYES-Wahrscheinlichkeiten verstehen sich als "Grad vernünftiger Erwartung"
Ausgangs-Punkt ist der Ansatz, dass normale Zufalls-Vorgänge doch immer kleine Tendenzen zu der einen oder anderen Seite haben (z.B. Unebenheiten der Münze bei Kopf-Zahl-Würfen; Ungleichverteilung der Massen im Würfel aufgrund ausgestanzter Punkte für die Seiten-Werte, …)

der Likelihood-Ansatz ist übrigens ein alternatives – nicht-BAYESsches – Wahrscheinichkeits-Verfahren

NJ .. Neighbor Joining

Zusammenführung / Vereinigung von Nachbarn
mathematisches Verfahren, um aus dem Vergleich von Datensätzen eine bifurcale (zweigablige, dichotome, binäre) Hierarchie zu entwickeln

basiert auf dem "Minimum Evolution"-Kriterium

Algorithmus
wiederholen

zuerst stern-förmige Anordnung (busch-artiger Baum) aller Taxa (Datensätze) um ein Zentrum

Berechnung der Distanzen / Unterschiede zwischen den Datensätzen (z.B. DNA- oder Aminosäure-Sequenzen)

dann werden Paar-weise die Datensätze mit den kleinsten Unterschieden / Distanzen ausgewählt und zu einem Ast des Baum's vereint

es folgt die Neuberechnung der Distanzen / Unterschiede zwischen den Datensätzen und die erneute Paar-weise Anordnung

solange bis alle Taxa (Datensätze) in den Baum eingarbeitet sind

Schritt 0: Distanz-Tabelle aufstellen

Berechnung der durchschnittlichen Distanzen über die Netto-Divergenz

N = 5

	d	A (j)	B (j)	C (j)	D (j)	E (j)
i	A	0	21	12	1	65
	B	21	0	30	20	69
	C	12	30	0	13	66
	D	1	20	13	0	66
	E	65	69	66	66	0

Schritt 1: Berechnung der durchschnittlichen Distanzen

$$r_i = \frac{1}{N-2} \cdot \sum_{k=1}^{N} d_{i,j}$$

d	A	B	C	D	E	Distanz-Berechnung	Distanz **r**
A	0	21	12	1	65	(0+21+12+1+65)/(5-2)	33,0
B	21	0	30	20	69	(21+0+30+20+69)/(5-2)	46,7
C	12	30	0	13	66	(12+30+0+13+66)/(5-2)	40,3
D	1	20	13	0	66	(1+20+13+0+66)/(5-2)	33,3
E	65	69	66	66	0	(65+69+66+66+0)/(5-2)	88,7
	33,0	46,7	40,3	33,3	88,7		

Berechnung der durchschnittlichen Distanzen über die Netto-Divergenz
Will man die berechneten Werte interpretieren, dann kann man sie als

- **kleinere durchschn. Distanzen**
  - als ähnliche Evolution
  - als kleinere Evolutions-Geschwindigkeit
- **größere durchschn. Distanzen**
  - als unterschiedliche Evolution
  - als größere Evolutions-Geschwindigkeit

verstehen.

Schritt 2: Berechnung einer Zwischen-Matrix

Zwischen-Matrix M

M	A	B	C	D	E
A	0	21-(33+46,7) = -58,7	12-(33+40,33) = -61,3	1-(33+33,3) = -65,3	65-(33+88,7) = -56,7
B	-58,7	0	30-(46,7+40,33) = -16,7	20-(46,7+33,3) = -60,0	69-(46,7+88,7) = -66,3
C	-61,3	-16,7	0	13-(40,33+33,3) = -53,3	66-(40,33+88,7) = -55,7
D	-65,3	-60,0	-53,3	0	66-(33,3+88,7) = -55,7
E	-56,7	-66,3	-55,7	-55,7	0

Schritt 3: Finden der minimalen Distanz

Minimum der berechneten Distanzen in der Zwischen-Matrix heraussuchen (hier (in oberer Tab.): rot markiert)

neue Ast-Wurzel ist jetzt die Gruppe BD
Berechnung der Kanten-Längen für den neuen Ast

$$v_{i,u} = \frac{d_{i,j} + r_i - r_j}{2} \qquad v_{j,u} = \frac{d_{i,j} + r_j - r_i}{2} = d_{i,j} - v_{i,u}$$

für die Beziehung B und D zum neuen Knoten

$$v_{B,BD} = \frac{1+ 15{,}56- 11{,}11}{2} = 2{,}725 \qquad v_{D,BD} = \frac{1+ 11{,}11- 15{,}56}{2} = 1 - 2{,}725 = -1{,}725$$

Hinzufügen der neuen Gruppe BD in die Distanz-Matrix (hier: grünlich hinterlegt)

Entfernen der bearbeiteten Objekte (hier: B und D) aus der ursprünglichen Distanz-Matrix (hier: rötlich hinterlegt

d	A	B	C	D	E	BD
A	0	21	12	1	65	
B	21	0	30	20	69	
C	12	30	0	13	66	
D	1	20	13	0	66	
E	65	69	66	66	0	
BD						0

Neuberechnung der Distanzen der restlichen Objekte zur neu gebildeten Gruppe

$$d_{u,k} = \frac{d_{i,k}+ d_{j,k} - d_{i,j}}{2}$$

d	A	C	E	BD
A	0	12	65	
C	12	0	66	
E	65	66	0	
BD				0

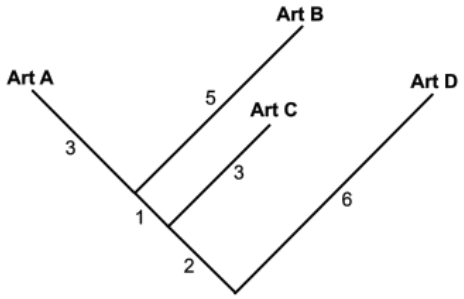
neue Distanz-Matrix für die Wiederholung der Algorithmus-Schritte

d	A	C	E	BD
A	0	12	65	
C	12	0	66	
E	65	66	0	
BD				0

Beispiel einer Distanz-Matrix

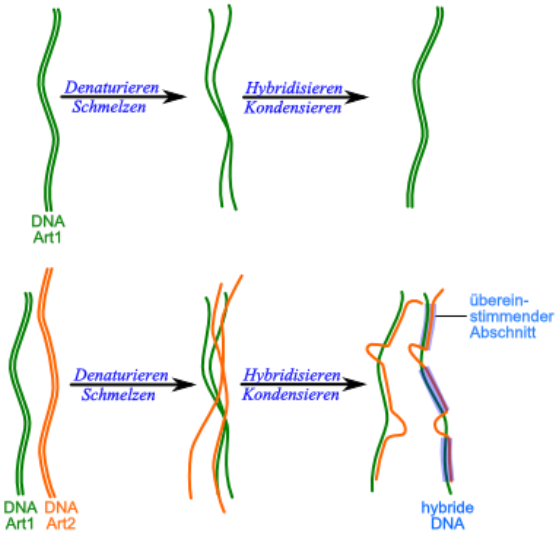
d	A	B	C	D
A	0	8	7	12
B	8	0	9	14
C	7	9	0	11
D	12	14	11	0

abgeleiteter Stammbaum

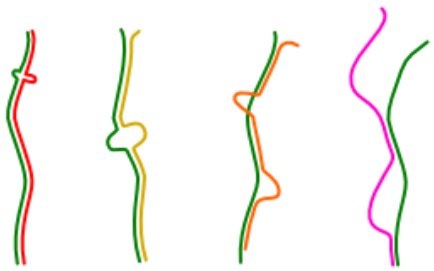


1.x.y.y. DNA-Hybridisierung

Geht man von einer Abstammung der Organismen voneinander aus, dann kann man auch vermuten, dass nahe verwandte Organismen eher ähnliche DNA haben, als weiter entfernt verwandte. Die vollständige DNA-Sequenzierung ist erst seit wenigen Jahren / zwei Jahrzehnten als praktisches Verfahren verfügbar.
Vorher nutzte man das Verfahren der DNA-Hybridisierung, um Ähnlichkeiten bzw. Gleichheit festzustellen.
Gesucht werden gleiche Abschnitte der DNA auf vergleichbaren Chromosomen-Abschnitten oder DNA-Sequenzen.
Dabei nutzt man aus, dass sich einzelne geschmolzene / getrennte DNA-Stränge bei Abkühlung wieder passend zusammenlegen / kondensieren / komplementieren
Bei der DNA eines Organismus sollte das zu 100 % klappen. Betrachtet man verschiedene DNA-Quellen dann sind weniger übereinstimmende DNA-Sequenzen zu erwarten. Je größer die Unterschiede in den Strängen sind, um so weniger Absschnitte können sich komplementär anordnen.
Zum Bestimmen des Hybridisierungs-Grades nutzt man aus, dass die Anzahl der Wasserstoff-Brücken zwischen den Nukleotiden die Schmelz-Temperatur (Trennungs-Temperatur (um die 70 °C)) bestimmt. Bei DNA-"Hybriden" der gleichen Art werden sich fast alle Basenpaare wieder ausbilden.



Diese beiden Stränge zu Trennen bedarf es einer bestimmten (höheren) Temperatur. Sind weniger Wasserstoff-Brücken vorhanden, dann ist der Energie-Aufwand – sprich die notwendige Temperatur – geringer als bei Art-internen Hybriden.
Die Trennung von z.B. 1'000 Wasserstoff-Brücken ist aufwändiger als das Trennen von 800. Noch leichter lassen sich dann z.B. 300 Wasserstoff-Brücken auflösen usw. usf.
Je größer also der Temperatur-Unterschied ist, desdo weniger kompatibel sind die DNA-Stränge. Mit anderen Worten, umso weniger verwandt sind die DNA-Stränge und damit auch die betrachteten Arten.



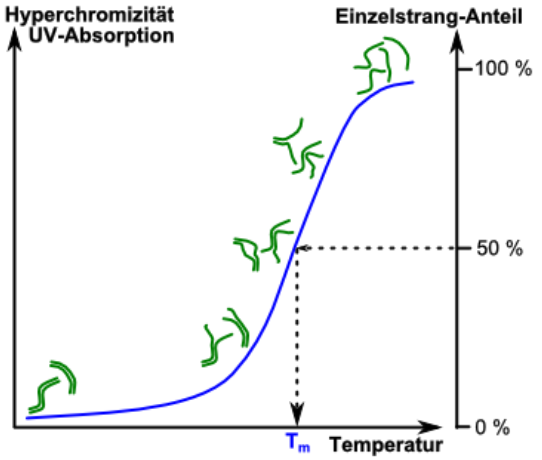
Heute werden die hybridisierten (Doppel-Strang-Bereiche auch direkt in der Länge vermessen und zur Gesamtlänge ins Verhältnis gesetzt.
Mit einer immer einfacheren direkten Sequenzierung der DNA gerät die Methode der DNA-Hybridisierung immer mehr in den Hintergrund.
Sie ist aber als historische und sehr einfache Prinzip-Methode immer noch von Interesse.

1.x.y.y.1. spezielle Details zur DNA-Hybridisierung

Bei der Schmelze von DNA-Molekülen ändern sich bestimmte Eigenschaften. Dazu gehören die Absorption von Licht mit einer Wellenlänge von 260 nm (UV-Licht), die optische Rotation, der Sedimentations-Koeffizient und die spezifische Viskosität. Über die Verfolgung dieser Kenngrößen kann man den Punkt finden, in dem eine DNA genau zu 50% dehybridisiert und hybridisiert ist. Genau dieser Punkt ist die Schmelztemperatur.

Bei der Verfolgung der Absorption von UV-Licht (260 nm) stellt man fest, dass bei immer größerer Denaturierung (Dehybridisierung) immer mehr Licht absorbiert wird. Dieser Effekt wird Hyperchromizität (hypochromer Effekt) genannt.

Beobachtet man nun die Hyperchromizität bei steigender Temperatur, dann findet man eine sigmoide Kurve, deren Wendepunkt mit der 1:1-Verteilung (50 % hybr. / 50 % dehybr.) bei der zu untersuchenden DNA übereinstimmt. Somit hat man eine exakte Möglichkeit, den Schmelzpunkt (T_m) zu finden.



Aufgaben (für die gehobene Anspruchsebene):

1. *Wie sähe das Diagramm aus, wenn man den Doppelstrang-Anteil als Bezugsgröße verwenden möchte?*
2. *Für zwei reine DNA-Proben mit jeweils einem Chromosom wurden die Schmelztemperaturen (Tm) von 66,7 °C und 73,9 °C festgestellt. Welche Aussagen können Sie aus diesen Messwerten ableiten? Erklären Sie ausführlich!*
3. *Von einer Art wurden die DNA-Proben (Chromsomensatz mit nur einem Chromosom) von zwei Organismen hinsicht der Schmelztemperatur (T_m) untersucht und mit 70,6 und 71 °C gemessen. Welcher Organismus kann eher als reinerbig und welcher eher als mischerbig charakterisiert werden? Begründen Sie Ihre Entscheidung!*

1.x.y. Stammbäume

1.x.y.1. klassische Stammbäume

Darstellung der Verwandschafts-Beziehungen, klassisches Baum-Diagramm mit verschiedenen Verzweigungs-Möglichkeiten (dichotom, trichotom, …); können / sind frei gemischt
Verzweigungen bilden oft reale Verwandschaften / Abhängigkeiten / Vorgeschichten ab
typisch hierfür sind die Familien-Stammbäume (→🕮 **Genetik**)

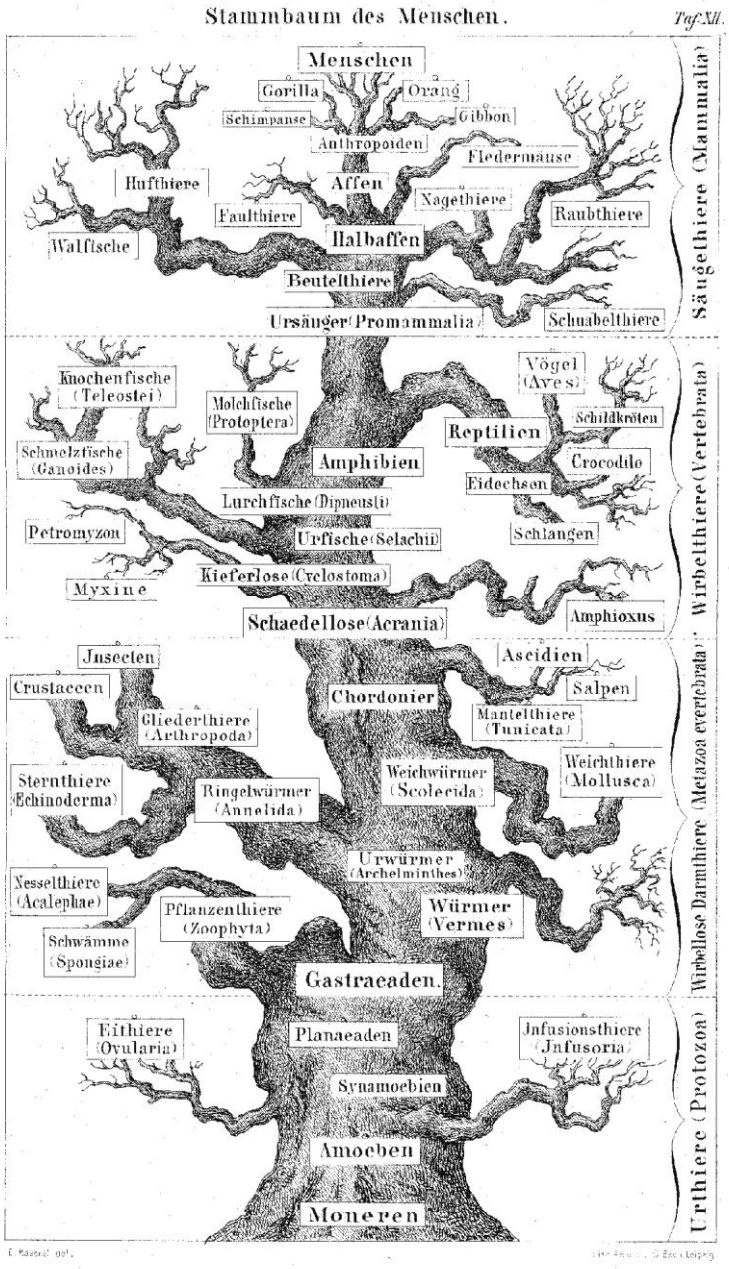
es lassen sich aber auch Stammbäume aufgrund theoretischer oder angenommener Beziehungen aufstellen

klassischer Stammbaum von HAECKEL basiert vorrangig auf morphologischen Merkmalen

verwendet wurden die von LINNÈ definierten Organismen-Gruppen

Später ergänzte man dann anatomische und immer weitere Merkmale hinzu. Dadurch kam es mehrfach zu Umorganisationen des Baum's, da nun die historischen Verwandschafts-Beziehungen genauer erkannt werden konnten.

Diese unvermeidliche Dynamik ist ein Grund sich nach einem noch besser geeigneten Klassifizierungs-Verfahren umzusehen. in diesem sollen die wahren Abstammungs-Verhältnisse möglichst gut dargestellt werden.

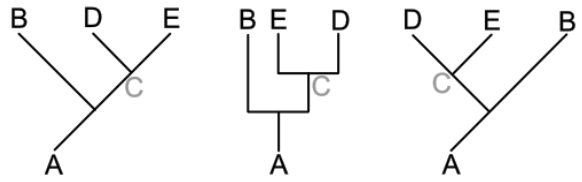


Stammbaum des Menschen nach HAECKEL (1874)
Q: de.wikipedia.org

1.x.y.2. Kladogramme

Die klassische Abstammungs-Lehre geht von einer Entwicklung der einen Art aus der anderen aus. Beide Arten unterscheiden sich in mindestens einem Merkmal. Dieses Prinzip verwendet man nun bei den sogenannten Kladogrammen.

Kladogramme sind Baum-Diagramme, in denen qualitative Unterschiede als Verzweigungen dargestellt werden. Alle Verzweigungen sich dichotom (binär), d.h. es gibt immer (nur) zwei Äste bzw. Blätter (am Ende der Verästelung). Das Unterscheidungs-Merkmal kann zutreffen oder eben nicht. Die Zweige werden wissenschaftlich als Kladen bezeichnet



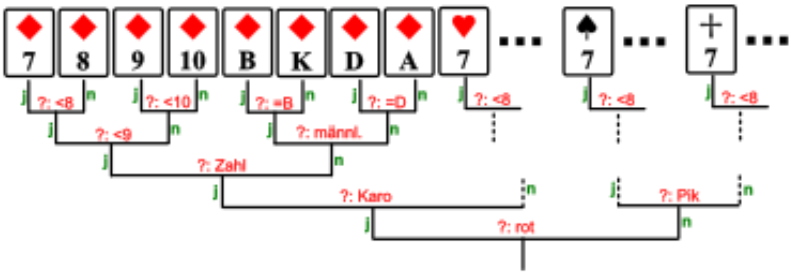
verschiedene Kladogramm-Darstellungen

In der Grundform sind die Verzweigungen nicht gewichtet, d.h. man kann aus dem Fakt der Verzweigung nicht auf die Stärke des Unterschied's oder auf den Zeitpunkt der Auftrennung od.ä zurückschließen.

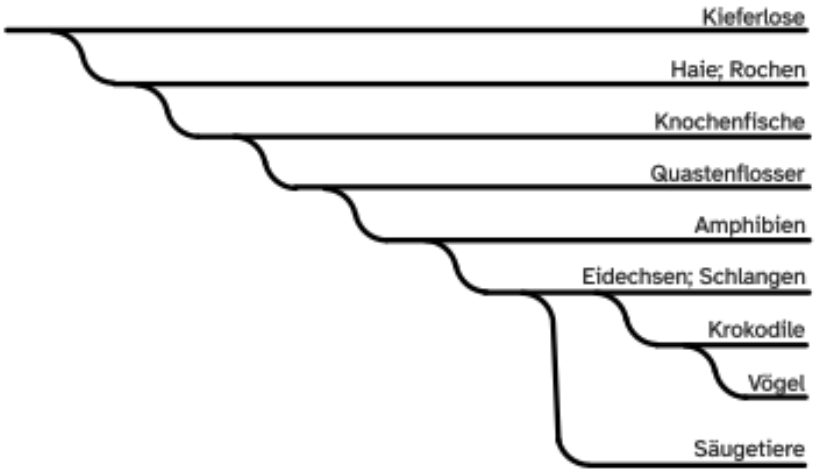
Im Allgemeinen gibt es keine Zeitachse, da die Auswahl der Merkmals-Paare nicht immer was mit der historischen Abfolge zu tun hat. Für wirklich evolutionär orientierte Kladogramme ist natürlich die historische Abfolge ein wichtiges Ordnungs-Kriterium. Im Nachhinein lassen sich aber auch bei anderen Kladogrammen bestimmten Verzweigungen (sekundär) Zeitpunkte zuordnen. Dann werden die Zweige (Kladen) auch unterschiedlich lang.

Aufgaben:

1. *Vergleichen Sie Kladogramm und klassische Baum-Diagramme (Stammbaum) in einer geeigneten Tabelle!*
2. *Für die schnelle Bestimmung (z.B. das schnelle Erfragen einer Spielkarte des klassischen französischen Blattes mit Ja-Nein-Fragen) eignet sich das folgende Baum-Diagramm. Ordnen Sie dieses ev. einem oder mehreren der Typen (Kladogramm, Stammbaum) zu und begründen Sie Ihre Zuordnung!*



3. *Kann man eigentlich von einem klassischen deutschen Spielblatt ein Kladogramm erstellen? Wenn JA, dann entwickeln Sie es, wenn NEIN, dann begründen Sie, warum dies nicht möglich ist!*
4. *Gegeben ist das nachfolgende Kladogramm rezenter Wirbeltier-Gruppen. Ordnen Sie die nachfolgenden Merkmale bestimmten Zweigen zu!*

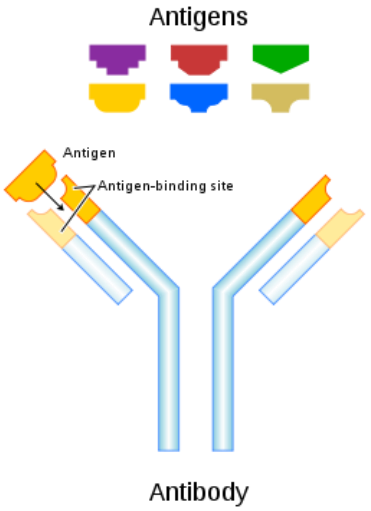


1.x.y.3. moderne taxonomische Stammbäume

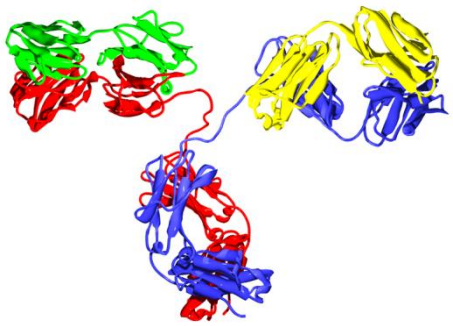
Das Grund-Prinzip von LINNE bleibt immer noch vorherrschend. Die Unterscheidungs-Merkmale werden aber immer mehr an der Phylogenie angelehnt. Die alten "einfachen" morphologischen Merkmale werden durch Merkmale ersetzt, die die evolutionäre Abstammung stärker betonen. Hier kommen auch anatomische und physiologische Merkmale mit dazu. Obwohl die Verwandtschaft dann eher an die natürlichen Beziehungen erinnern, bleiben die (künstlichen) Klassifizierungen als wissenschaftliches Werkzeug erhalten.

1.x.y.4.3. immunologische Stammbäume

Die Immunität (das Erkennen von Eigenem und Fremden) gehört zu den grundlegenden Merkmalen des Lebens. Besonders bei Tieren ist sie stark ausgeprägt.
Die Erkennung von Objekten erfolgt vorrangig über die Oberfläche (z.B. Blutgruppen).
Viele Antikörper liegen gelöst im Blut oder anderen Körperflüssigkeiten vor. Sie sind hier für die Bekämpfung von Bakterien, Viren, Fremd-Proteinen usw. usf. verantwortlich.
Präzipitine sind lösliche Antikörper gegen Artfremde Eiweiße. Bei Kontakt kommt es zu Ausfällungs-Reaktionen (Denaturierungen). Die Ausflockung wird dadurch möglich, da die Antikörper zwei Kontaktstellen für Antigene haben.
Proteine sind sehr Art-spezifisch. Geht man nun davon aus, dass nahe verwandte Arten relativ ähnliche Proteine (Antigene) haben, dann kann man besonders starke Fällungen erwarten. Die Passung zwischen Antigen und Antikörper (→ Schlüssel-Schloss-Prinzip) sollte besonders gut sein.
Beim Präzipitin-Test wird die Stärke der Fällung als Maß für die Verwandschaft interpretiert und aus den Daten mehrerer Antigen-Antikörper-Reaktionen immunologische Stammbäume (Kladogramme) abgeleitet

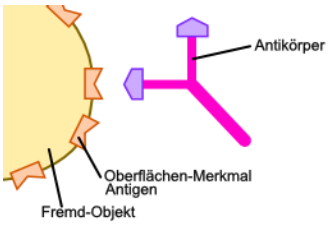


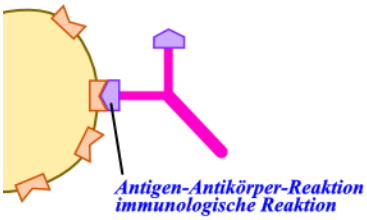
Q: de.wikipedia.org (US GOV(Fvasconcellos))



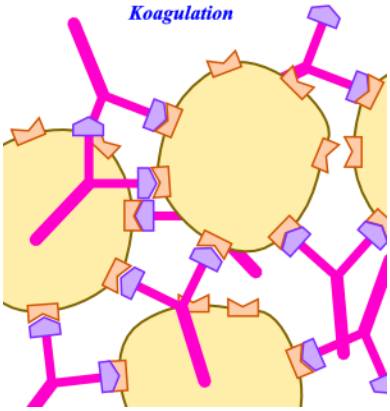
Band-Modell eines Antikörper-Proteins
Q: de.wikipedia.org (TimVickers)

1.x.y.4.3.1. Serum-Präzipitin-Test



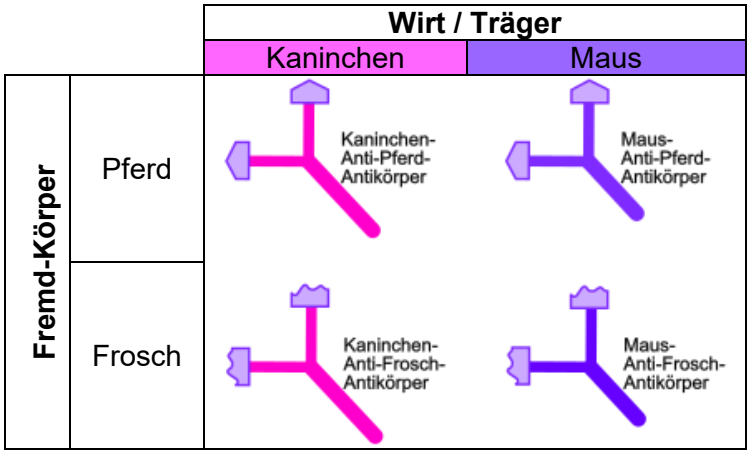


Der (Serum-)Präzipitin-Test ist historischer Test. Er gehört zu den immunologischen Test's (Antikörper-Test's) und wird auch nach seinem Entdecker UHLENHUTH-Probe (UHLENHUTH-Test (1901)) genannt.
Präzipitine sind Antikörper gegen fremde Blut-Arten bzw. -Gruppen. Der Name der Protein-Gruppe leitet sich aus der immunologischen Reaktion von **Antigen**en und **Anti-körper** – der sogenannten **Präzipitation** – ab.
Antigene sind besondere Oberflächen-Strukturen – meist handelt es sich um Proteine – die charakteristisch für eine Art oder ein biologisches Objekt sind. Hier beziehen wir auch die nicht-lebenden Strukturen, wie Viren, Prionen usw. mit ein. Zu den Antigenen besitzen die anderen Arten Gegen-Strukturen – die Antikörper. Dies sind Eiweiße mit einer Y-förmigen Tertiär-Struktur. An den beiden kurzen (oberen) Enden befinden sich Bindungsstellen für die Antigene. Die Bindungsstellen und Teile der Antigene passen zueinander wie der Schlüssel zum Schloß (Schlüssel-Schloß-Prinzip).
Präzipitine gehören zu den Wasser-löslichen Globulinen.
Bei **Antigen-Antikörper-Reaktionen** entstehen Bindungen zwischen Antikörpern und Antigenen. Da ein Antikörper immer zwei Bindungsstellen hat, kommt es schnell auch zu Querverbindungen mit anderen (gleichartigen) Antigenen. Die Bindung der Antikörper an die Antigene führt zur **Denaturierung** (Koagulation / Gerinnung) der Proteine (bzw. Antigene) und dann letzendlich zur Verklumpung (Agglutination). Die namensgebende Ausfällung (= Präzipitation) folgt dann unmittelbar.
Je nach Dichte der Ausfällungen und der Umgebungslösung kommt es zur Aufschwimmung oder zum Absetzen. Das wird praktisch nicht unterschieden. Wichtig ist nur die Stärke der Ausfällung.



Antigen-Antikörper-Reaktion
und resultierende Koagulation

Die unterschiedliche Bindungs-Stärke ergibt sich aus der unterschiedlichen Passung der Antikörper zu verschiedenen (vergleichbaren) Antigenen.
Die Antikörper bestehen aus zwei Domänen. Das ist zum Ersten die Y-förmige Träger-Domäne. Sie ist Art-spezifisch. Kaninchen bilden z.B. ein bestimmtes Träger-Protein, Mäuse ein etwas anderes. Das Träger-Protein ist auf der Art-eigenen DNA kodiert. Alle Träger-Domänen sind also für eine Art immer gleich. In der nebenstehenden Abbildung soll das durch die verschiedenfarbigen Y-Strukturen gezeigt werden.
An den Verzweigungs-Enden befinden sich die Wirk-spezifischen Anteile.



Art- und Wirk-spezifische Anteile
von Antikörpern

Sie sind auf das jeweilige Antigen abgestimmt (**Schlüssel-Schloß-Prinzip**).
Das Antigen (z.B. hier ein Pferde- oder ein Frosch-Protein) ist ja gleichermaßen fremd für Kaninchen oder Maus.
Somit sind diese Anteile auch praktisch gleich, egal ob ein Kaninchen oder eine Maus einen Antikörper bildet. Bei ihnen ist nur die Passform entscheidend – also die Wirkung / Funktion.
In den Abbildungen sind das die geformten End-Strukturen.

Aufgaben:

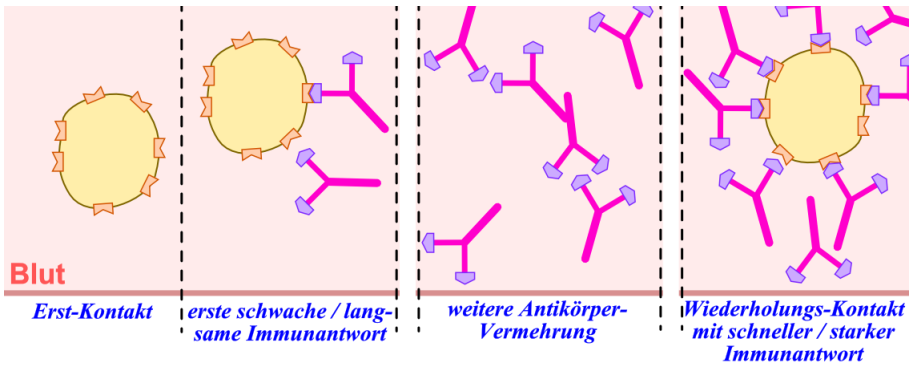
1. ***Skizzieren Sie jeweils eine mögliche Form für die Pferd- und Frosch-Antigene!***
2. ***Erweitern Sie die Tabelle bei den Wirten / Trägern um die Art Esel und bei den Fremd-Körpern um die Art Sperling (Spatz)! Überlegen Sie sich die fehlenden Modell-Bilder für die Anti-Körper!***

für die gehobene Anspruchsebene:

3. ***Was würde passieren, wenn man als Wirt auch ein Pferd benutzen würde? Wie sehen die möglichen Antikörper aus? Gibt es bestimmte Anti-Körper nicht? Wenn JA, warum und wie müssten die funktionieren, wenn NEIN, warum nicht bzw. wieso sind die ausgeschlossen?***

Gelangt ein Fremdkörper (z.B. ein Pferde-Blutkörperchen) in das Blut des Kaninchens, dann erkennt das Immunsystem (T-Helferzellen) die (fremden) Oberflächen-Proteine (Antigene) und bildet dann spezifische Antikörper für diese (Pferde-)Antigene. Diese erste Immun-Antwort ist meist relativ langsam / schwach.

Nachdem die Antikörper angedockt haben und so die Fremdkörper markiert haben, können dann weiße Blutkörperchen die denaturierten Eiweiße beseitigen. Für den infizierten Organismus kann diese erste Immunantwort sehr belastend sein (Erkrankung).

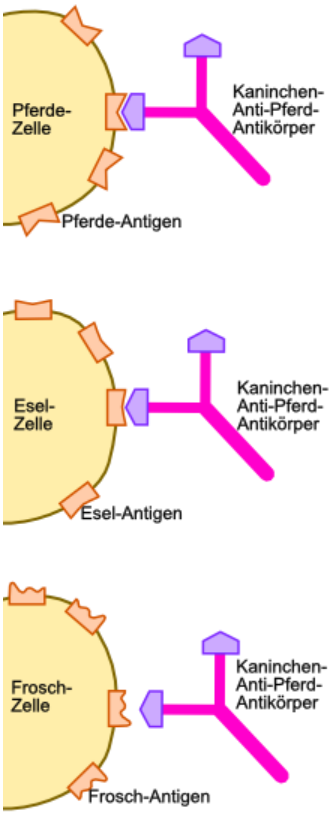


Das Immunsystem produziert nachfolgend weiterhin Antikörper gegen die Fremd-Körper, auch wenn diese gar nicht mehr da sind. Bei einem erneuten Kontakt mit dem gleichen Antigen kann so eine schnelle / starke Immunantwort erfolgen.

Für den Präzipitin-Test löst man durch einen Kontakt mit einem (Pferde-)Antigen z.B. bei einem Kaninchen die massenhafte Bildung von Anti-Pferd-Antikörpern aus. Dazu spritzt man dem Kaninchen z.B. etwas Pferde-Blutserum. Das Immunsystem der Kaninchen bildet nach einiger Zeit massenhaft Anti-Pferd-Antikörper, die im Kanichenblut gelöst sind.

Man entnimmt dann dem Kaninchen etwas Blut und verwendet nur das Blutserum weiter. Die Serum-Gewinnung erfolgt einfach über das Absetzen-Lassen (Senkung) der festen Blut-Bestandteile. Das Serum kann dann abgetrennt (z.B. dekantiert) werden. Es enthält die löslichen Präzipitine (Serum-Proteine).

Der Präzipitin-Test geht nun davon aus, dass verwandte Arten ähnlichere Antigene besitzen als weniger verwandte. Die Antigen-Proteine werrden ja auch über die DNA kodiert und unterliegen im Laufe der Zeit verschiedenen Mutationen. Die unterschiedliche Passung von verschiedenen Antigenen mit gleichen Antikörpern sollte durch unterschiedliche Agglutination sichtbar werden. Daraus könnte man dann die Verwandschaft von zwei Organismen zueinander ableiten.Für die Antikörper-Produktion muss ein Organismus (im Beispiel das Kaninchen) benutzt werden, der weder mit Bezugs-Tier (z.B. Pferd) noch mit dem zu untersuchenden Vergleichs-Tier (z.B. Frosch od.ä.) identisch ist. Sonst würden keine Antikörper gebildet werden oder die Immunreaktion ausbleiben.

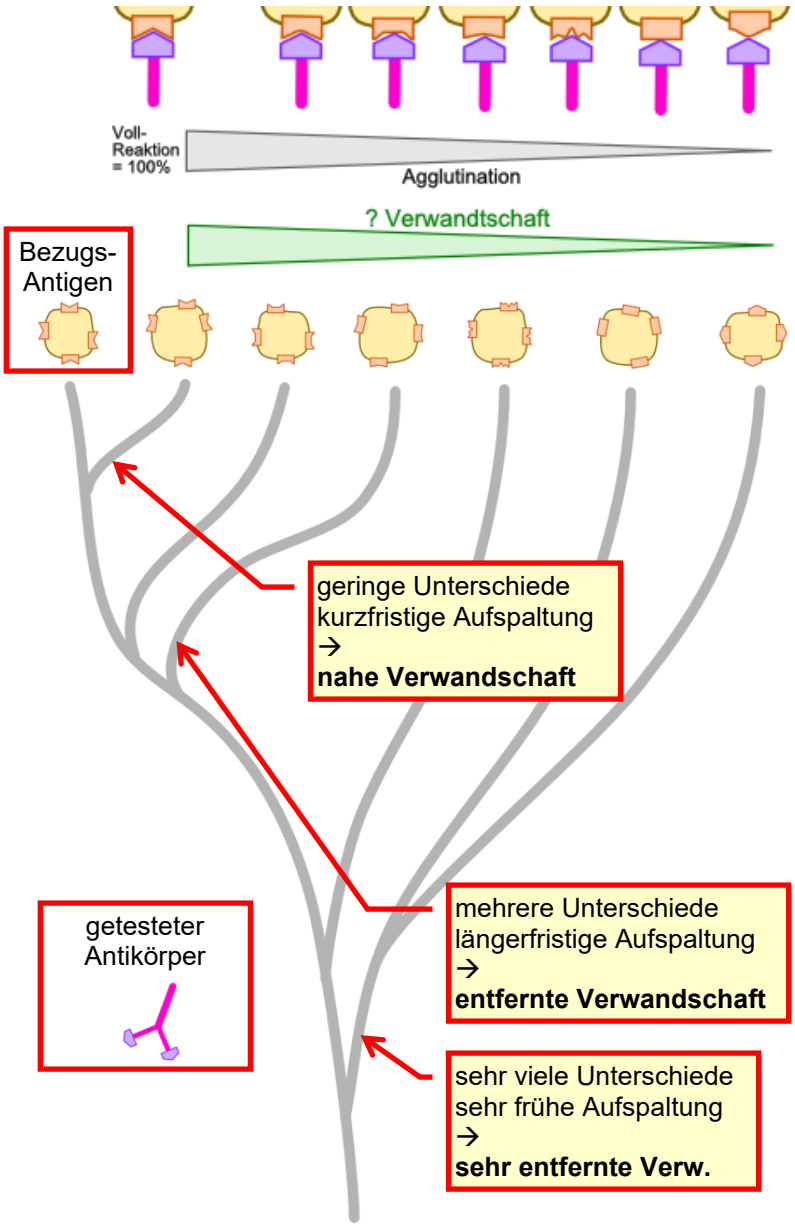


Zur Eichung verwendet man das ursprüngliche Pferde-Serum. Dieses bewirkt die beste Ausfällung. Sie wird als Eich-Größe auf 100 % gesetzt.
Im eigentlichen Verwandschafts-Test wird Serum von Tieren, deren Verwandschaft getestet werden soll, mit dem Test-Serum gemischt. Die in diesem Test-Serum enthaltenen Antikörper sorgen für eine Ausfällung (Koagulation) mit dem Kaninchen-Serum.
Je näher Pferd und das zu untersuchende Tier verwandt sind, umso optimaler / besser / umfangreicher ist die Ausfällung. Das liegt daran, dass die vom Kaninchen gebildeten Antikörper besonders optimal zum Serum-Protein (Antigen) passen.
Immunologisch abweichende Antigene haben ein anderes Muster und passen nicht so gut zum Antikörper.
Dadurch fällt die Bindung und Ausfällung auch nicht so stark aus. Sind Antigen und Antikörper wegen starker Abweichung (völlig fehlender oder geringer Verwandschaft) kaum passend zueinander, erfolgt auch nur eine schwächere Koagulation.
Als Vergleichs-Objekt kann jedes beliebige Tier verwendet werden. Man muss eben nur von diesem die Antikörper im Kaninchen anzüchten.
Als Ergebnis erhält man dann die Verwandschaft-Verhältnisse zu diesem Vergleichs-Objekt.
Der Test ist für sich genommen zwar technisch und methodisch einfach, aber in der Durchführung beim Test aller Arten untereinander sehr aufwendig.
Das Test-Ergebnis ist immer nur eine Aussage zum Verwandschafts-Verhältnis der zwei untersuchten Arten – bzw. deren prozentualer Passung von Antigen und Antikörper.

Art	**Ergebnisse des Serum-Präzipitin-Test [%]**
Mensch	100
Schimpanse	85
Gorilla	64
Orang-Utah	42
Pavian	29
Schaf	18
Rind	10
Hirsch	7
Pferd	3
Beuteltier	0
Vogel	0

Präzipitin-Test mit menschlichem Blut-Serum

Was fehlt, sind Angaben zu den genauen Unterschieden. An welcher Stelle hat das Antigen eine Veränderung (z.B. durch Mutation) erfahren? Hierfür benötigt man die genaue Aminosäure-Sequenz und Raum-Daten über das / die Proteine (Quartiär-Strukturen). Aus der prozentualen Ähnlichkeit kann nun ein Stammbaum abgeleitet werden. Dabei werden jeweils zum Bezugs-Objekt ähnliche Agglutinationen mit nahen und jungen Abzweigungen gleichgesetzt. Geringe Übereinstimmung der Agglutionation zwischen Bezugs- und Vergleichs-Objekt werden als sehr alte / weit zurückliegende Abspaltung interpretiert.
Dieser Stammbaum ist natürlich nur für das untersuchte Präzipitin gültig. Schon bei einer anderen Blutgruppe oder anderen Antigenen können sich andersgestaltete Stammbäume ergeben.
Mittels genauer Gen-Analysen und DNA-Sequenz-Aufklärungen kann eine weitere Nachweis-Ebene einbezogen werden. Insgesamt ergibt sich aus vielen verschiedenen Analysen und Methoden ein immer umfassenderes Bild der Evolution.

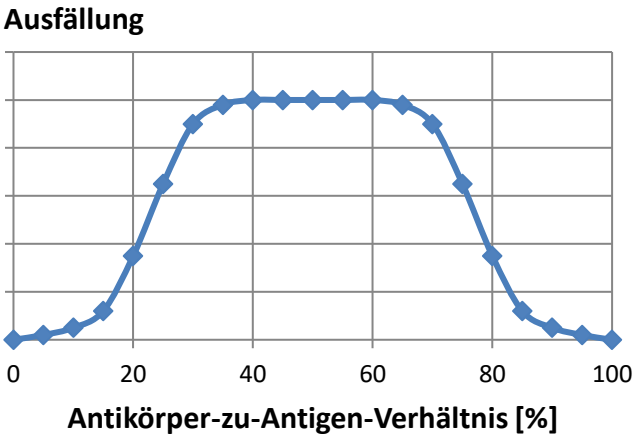


Rekonstruktions-Versuch eines Stammbaums der untersuchten Präzipitine (aus der Sicht eines Antikörpers)

Aufgaben:

1. *Worin besteht der sachliche Unterschied zwischen Denaturierung und Agglutination! (Ist jede Denaturierung eine Agglutination und jede Agglutination eine Denaturierung?)*
2. *Sind Immunität und Immunisierung Begriffe, die den gleichen Sachverhalt beschreiben? Wenn JA, dann erläutern Sie die unterschiedliche Herkunft der Begriffe, wenn NEIN, dann definieren und erläutern Sie die Sachverhalte!*
3. *Was versteht man unter aktiver und passiver Immunisierung? Welche Rolle spielen diese in Ihrem Leben?*

Die Präzipitin-Methode ist vom Verhältnis der Antigene zu den Antikörpern abhängig.
Sind zu wenige Antikörper vorhanden, dann lagern sie sich zwar an den Antigenen an, aber es entstehen zu wenige Brücken zwischen den Antigenen. Dadurch entstehen keine größeren Ausfällungen und der Test zeigt nur eine geringe Verwandschaft, obwohl vielleicht alle (der wenigen) Antikörper perfekt gebunden wurden.
Ähnliches kann passieren, wenn die Antikörper-Menge zu groß ist. Alle Antikörper binden vorrangig mit beiden Kontaktstellen am gleichen Fremdkörper.



Dudurch kommt es ebenfalls nicht zur erwünschten sichtbaren Ausfällung.
Eine geeignete Auswahl der Mengen an Serum- und Antigen-Lösungen kann dann mit Vortests erfolgen.
Zur Eichung muss immer auch ein Präzipitin-Test mit dem Bezugs-Objekt selbst erfolgen. Die dann beobachtete Agglutination entspricht dann 100% Erwartungswert für die verwendete Serum-Charge.
Heute wird der Präzipitin-Test z.B. für die Untersuchung von Fleisch-Gemischen genutzt, um so nichtzugelassene oder nichtdeklarierte Anteile zu ermitteln (s.a. z.B. Pferdefleisch in Lasange (Lebensmittelskandal im Jahr 2013)).

Aufgabe:

1. *Skizzieren Sie sich obiges Diagramm ab und zeichnen Sie die Ausfällungs-Kurve für eine Agglutination bei näher verwandten Arten ein! Begründen Sie Kurven-Form und –Lage!*
2. *Erstellen Sie jeweils ein Diagramm für die Beziehung von Antigen-zu-Antikörper-Verhältnis zur Agglutination sowie zur Präzipitin-Aktivität (entspricht der Enzym- bzw. Protein-Aktivität)!*

für die gehobene Anspruchsebene:

3. *In einer weiteren Analyse sollen die Verwandtschafts-Verhältnisse des Pferd's untersucht werden. Stellen Sie Vermutungen zu den Test-Ergebnissen bezüglich der Daten aus dem Test mit menschlichem Blutserum auf!*

heute AS-Sequenz direkt über gentechnologische Methoden zugänglich (Sequenz-Aufklärung im Erbmaterial)

angenommene / ermittelte Mutations-Häufigkeit
1 AS nach 21 bis 25 Mio. Jahre geändert (neutrale oder positive Mutation)

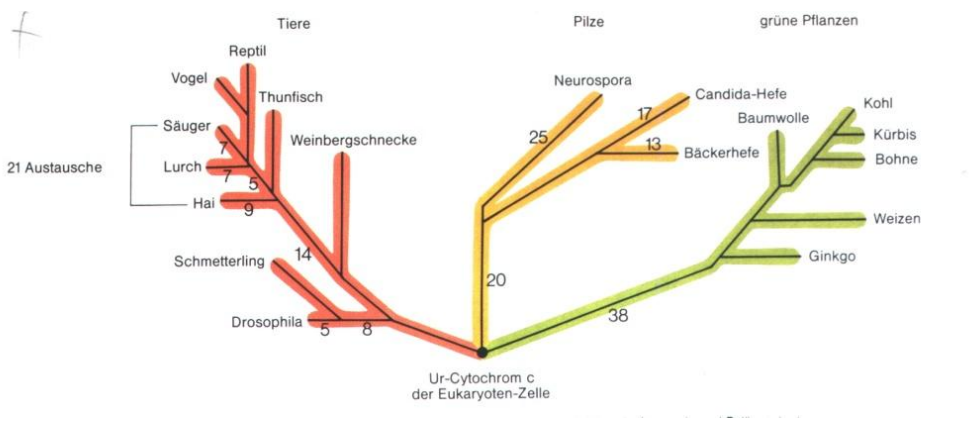
Rück-Mutations-Möglichkeit muss einkalkuliert werden

Art	Abweichungen in der AS-Sequenz	
Mensch	0	0
Schimpanse	0	
Gorilla	0	
Rhesusaffe	1	
Kaninchen	9	
Känguru		12
Hase		12
Schwein		13
Hund		13
Grauwal	10	
Pferd	12	17
Ente		17
Pinguin	13	18
Huhn	13	18
Klapperschlange	14	20
Frosch	18	
Thunfisch	21	31
Neunauge	20	
Essigfliege (Drosophila)	29	
Motte		36
Seidenspinner	31	
Weizen	43	
(Saccharomyces)		56
Hefe (Candida)	51	66

Abweichungen bezogen auf eine Sequenz von 104 AS beim Menschen
Daten-Q: /1, S.874/

zur Eichung werden andere Datierungen herangezogen

letzter gemeinsamer Vorfahre vor rund 280 Mio. Jahren von Vögel und Menschen (Reptilien)



Cytochrom-c-Stammbaum nach Austauschen
Q: de.wikipedia.org ()

Abweichungen in der Aminosäure-Sequenz bei einem vergleichbaren Protein:
Mensch – Schnappschildkröte → 15
Mensch – Klapperschlange → 14
Schnappschildkröte – Klapperschlange → 22
Interpretation der Daten ergäbe → Mensch mit Schildkröte und Klapperschlange näher verwandt, als die beiden Reptilien untereinander
mögliche Erklärung – zumindestens teilweise – sind Rück-Mutationen
ev. in diesem Bereichen auch neutrale Mutationen häufiger als an anderen Stellen (die z.B. für das aktive Zentrum codieren)

weiteres Beispiel:
Mensch – Ochsenfrosch → 18
Klapperschlange – Ochsenfrosch → 23
Schnappschildkröte – Ochsenfrosch → 10
→ Ochsenfrosch näher mit Schnappschildkröte verwandt als diese mit Klapperschlange
→ Ochsenfrosch näher mit Mensch verwandt als diese mit Klapperschlange

weitere Daten für das gleiche Protein:
Klapperschlange – Rhesusaffe → 15
Klapperschlange -- Hund → 21
Klapperschlange -- Pinguin → 30

Mensch – Pekin-Ente → 11

Mensch – Sonnenblume → 42
Mensch – Brotschimmel → 47
Sonnenblume – Brotschimmel → 55
→ Mensch mit Sonnenblume und Brotschimmel näher verwandt als der Pilz und die Pflanze

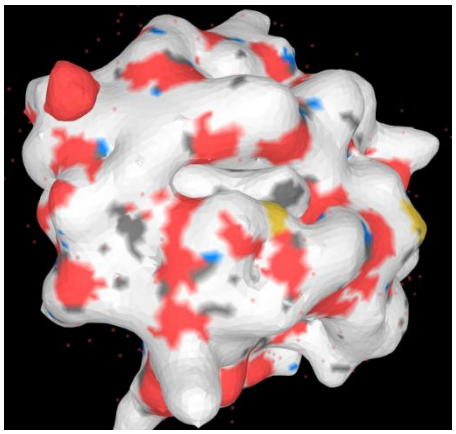
1.x.y.4. molekular-genetische Stammbäume

Mit der immer einfacher werdenden Sequenzierung von Genen oder ganzen Genomen sind die genetischen Ursachen für veränderte Aminosäure-Sequenzen sehr leicht zugänglich. Nun kann man nachverfolgen, warum sich die Proteine verändert haben und was ev. die Ursache dafür sein kann.

1.x.y.4.1. Cytochrom c-Stammbäume

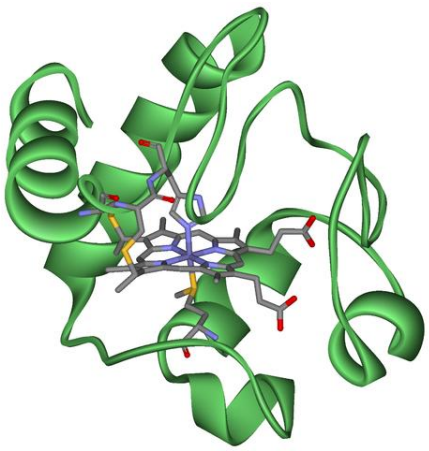
besteht aus 104 Aminosäuren

Cytochrom c ist der Redox-Komplex III ind der Atmungskette.
Änderungen in der Redox-Kaskade nicht so ohne weiteres möglich.
evolutionär relativ stabiles Protein



Cytochrom c
Q: www.ebi.ac.uk (PDBe) – LiteMOL

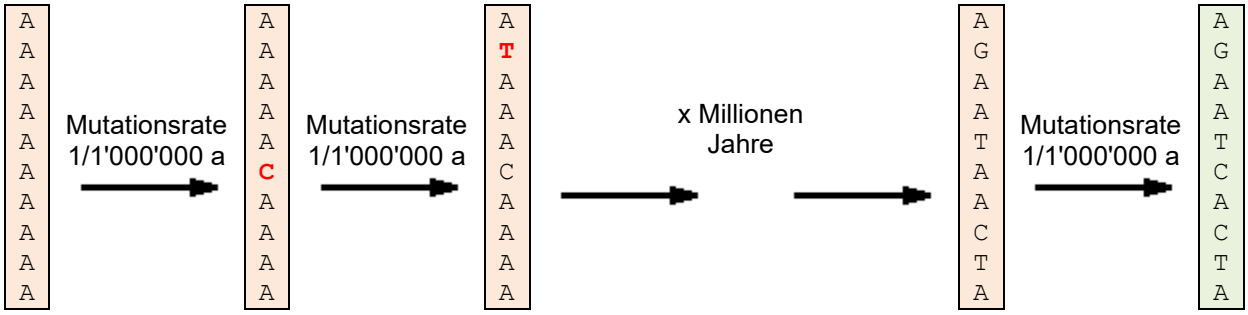
Den theoretischen Hintergrund für die Aufstellung von molekularbiologischen Stammbäumen lässt sich gut am folgenden Modell erläutern.
Ausgangspunkt ist eine "DNA-Sequenz" (Streifen) von 10 "Nukleotiden" (Buchstaben). Aus anderen Untersuchungen weiss man, dass es eine Mutationsrate von einem Buchstaben in eine Mio. Jahre (statistisch / durchschnittlich) pro 10 Buchstaben gibt. Somit kann man ableiten, dass nach 1 Mio. Jahren (statistisch / durchschnittlich) ein Buchstabe verändert ist. Nach (statistisch / durchschnittlich) einem weiteren Abschnitt von 1 Mio. Jahren wird sich der nächste Buchstabe geändert haben, usw. usf.



Bänder-Modell vom Cytochrom c
(aktives Zentrum als Atom-Stäbe)
Q: de.wikipedia.org (Klaus Hoffmeier)

Der "Kampf ums Dasein" ist im Grunde ein Kampf um die besseren Enzyme.
Gerhard WEGENER

Modell

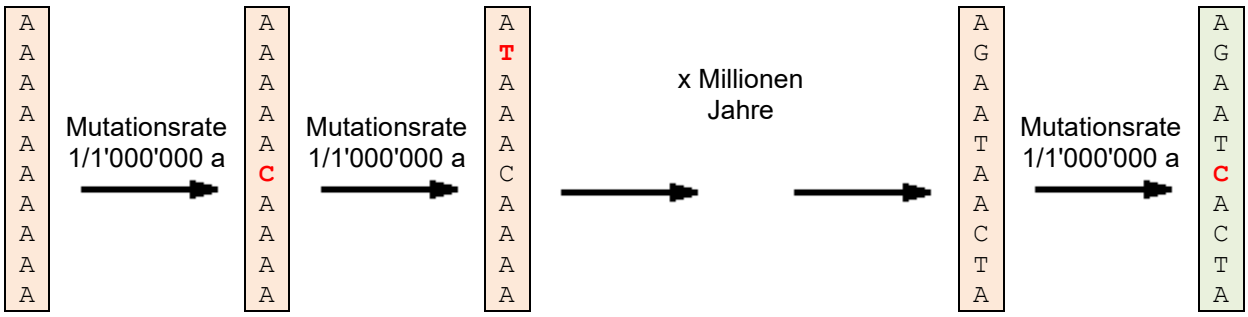


Irgendwann hat sich die ursprüngliche Sequenz relativ stark geändert und wir beobachten die heute vorzufindene Buchstaben-Sequenz (grünlicher Streifen). Die Zwischenstufen können ebenfalls "überleben" und in rezenten Lebewesen präsent sein.

Aufgaben:

1. ***Bestimmen Sie, wieviele Jahre – statistisch gesehen – zwischen der ersten und letzten Sequenz liegen! Erklären Sie Ihre Berechnung!***
2. ***Verlängern Sie die Entwicklungs-Reihe um 2 Mio. Jahre! Welche der Buchstaben wird sich mit größerer Wahrscheinlichkeit verändern? Begründen Sie Ihre Vermutung(en)!***
3. ***Simulieren Sie eine ähnliche Entwicklung mit einer verlängerten Sequenz von 20 Buchstaben und genauso vielen Jahren, wie Sie bei 1. ermittelt haben!***

Für Stammbaum-Rekonstruktionen benutzt man nun die Sequenzen und ordnet diese so, dass immer nur Veränderungen von einem Buchstaben an einer Verzweigungsstelle (Verästelung zugelassen sind.



Neben unserer obigen Modell-Sequenz haben wir einen weiteren aktuellen Vertreter mit einer – ebenfalls um einen Buchstaben – veränderten Sequenz. Diese eine Veränderung bezieht sich auf ihren gemeinsamen Vorfahren. Zueinander besitzen sie zwei Unterschiede, da (statistisch / durchschnittlich) praktisch 2 Mio. Jahre zwischen ihnen liegen.
Ableiten kann man nun einen Stammbaum, der eine gemeinsame Entwicklung bis zu letzten gemeinsamen Vorfahren enthält und dann eine Verzweigung von durchschnittlich 1 Mio. Jahren.
In der Praxis verlässt man sich nicht nur auf eine bestimmte kurze Sequenz – also

AGAATAACGA

z.B. ein Gen, sondern beobachtet viele / mehrere Gene. Auch ausgewählte nicht-kodierende DNA-Sequenzen sind zur Analyse geeignet. Sie eignen sich auch zur Bestimmung eines Normal-Maßes, da diese Abschnitte ja keiner Selektion unterliegen.

Aufgaben:

1. ***Überlegen Sie sich, ob die Mutations-Rate auf nicht-kodogenen Abschnitten größer, kleiner oder gleich groß sein muss! Erläutern Sie Ihren Standpunkt!***
2. ***Für eine Sequenz aus (wahrscheinlich) ursprünglichen 15 T's konnte man bei einer Mutations-Rate von 1 Nukleotid pro 20'000 Jahre und 5 Nukleotiden die folgenden (heute existierenden) Sequenzen beobachten. Erstellen Sie einen Stammbaum! Wie lange dauerte die Entwicklung statistisch gesehen? Sie können sich weitere Streifen für hypothetische Zwischen-Sequenzen anlegen.***

T T T C T.T T G T T.G T T T T
T T T C T.A T C T T.T T T T T
T T T C T.A T T T T.T T T G T

Table 1.3 Minimum number of nucleotide differences in the genes coding for cytochrome *c* in 20 species

Species	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1. Human	–	1	13	17*	16	13	12	12	17	16	18	18	19	20	31	33	36	63	56	66
2. Monkey		–	12	16*	15	12	11	13	16	15	17	17	18	21	32	32	35	62	57	65
3. Dog			–	10	8	4	6	7	12	12	14	14	13	30	29	24	28	64	61	66
4. Horse				–	1	5	11	11	16	16	16	17	16	32	27	24	33	64	60	68
5. Donkey					–	4	10	12	15	15	15	16	15	31	26	25	32	64	59	67
6. Pig						–	6	7	13	13	13	14	13	30	25	26	31	64	59	67
7. Rabbit							–	7	10	8	11	11	11	25	26	23	29	62	59	67
8. Kangaroo								–	14	14	15	13	14	30	27	26	31	66	58	68
9. Duck									–	3	3	3	7	24	26	25	29	61	62	66
10. Pigeon										–	4	4	8	24	27	26	30	59	62	66
11. Chicken											–	2	8	28	26	26	31	61	62	66
12. Penguin												–	8	28	27	28	30	62	61	65
13. Turtle													–	30	27	30	33	65	64	67
14. Rattlesnake														–	38	40	41	61	61	69
15. Tuna															–	34	41	72	66	69
16. Screwworm fly																–	16	58	63	65
17. Moth																	–	59	60	61
18. Neurospora																		–	57	61
19. Saccharomyces																			–	41
20. Candida																				–

Source: from Fitch and Margoliash (1967).

* These numbers are for nucleotide differences, which are greater than the amino acid differences shown in Figure 1.21.

für Cytochrom b in den Mitochondrien liegt die durchschnittliche Mutations-Rate bei einer Veränderung pro 10'000 Jahren. Die Sequenz ist dabei um die 1'140 Nukleotide (380 Aminosäuren) lang.

Maß für Ähnlichkeit ist z.B. der Score (Übereinstimmung in Prozent)

im nachfolgenden System wird Weizen als Bezugs-Größe benutzt, da es die längste Sequenz hat und dadurch mit allen anderen Organismen direkt vergleichbar wird
Vergleich erfolgt dabei auf der Basis der gemeinsam vorhandenen Länge der Sequenz

Pos. [Weizen] / Art	10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110
	....,....|....,....|....,....|....,....|....,....|....,....|....,....|....,....|....,....|....,....|....,....|....,
Mensch	--------GDVEKGKKIFIMKCSQCHTVEKGGKHKTGPNLHGLFGRKTGQAPGYSYTAANKNKGIIWGEDTLMEYLENPKKYIPGTKMIFVGIKKKEERADLIAYLKKATNE
Rhesusaffe	--------GDVEKGKKIFIMKCSQCHTVEKGGKHKTGPNLHGLFGRKTGQAPGYSYTAANKNKGITWGEDTLMEYLENPKKYIPGTKMIFVGIKKKEERADLIAYLKKATNE
Pferd	--------GDVEKGKKIFVQKCAQCHTVEKGGKHKTGPNLHGLFGRKTGQAPGFTYTDANKNKGITWKEETLMEYLENPKKYIPGTKMIFAGIKKKTEREDLIAYLKKATNE
Schwein, Schaf, Rind	--------GDVEKGKKIFVQKCAQCHTVEKGGKHKTGPNLHGLFGRKTGQAPGFSYTDANKNKGITWGEETLMEYLENPKKYIPGTKMIFAGIKKKGEREDLIAYLKKATNE
Hund	--------GDVEKGKKIFVQKCAQCHTVEKGGKHKTGPNLHGLFGRKTGQAPGFSYTDANKNKGITWGEETLMEYLENPKKYIPGTKMIFAGIKKTGERADLIAYLKKATKE
Grauwal	--------GDVEKGKKIFVQKCAQCHTVEKGGKHKTGPNLHGLFGRKTGQAVGFSYTDANKNKGITWGEETLMEYLENPKKYIPGTKMIFAGIKKKGERADLIAYLKKATNE
Kaninchen	--------GDVEKGKKIFVQKCAQCHTVEKGGKHKTGPNLHGLFGRKTGQAVGFSYTDANKNKGITWGEDTLMEYLENPKKYIPGTKMIFAGIKKKDERADLIAYLKKATNE
Känguruh	--------GDVEKGKKIFVQKCAQCHTVEKGGKHKTGPNLNGIFGRKTGQAPGFTYTDANKNKGIIWGEDTLMEYLENPKKYIPGTKMIFAGIKKKGERADLIAYLKKATNE
Huhn, Truthahn	--------GDIEKGKKIFVQKCSQCHTVEKGGKHKTGPNLHGLFGRKTGQAEGFSYTDANKNKGITWGEDTLMEYLENPKKYIPGTKMIFAGIKKKSERVDLIAYLKDATSK
Pinguin	--------GDIEKGKKIFVQKCSQCHTVEKGGKHKTGPNLHGIFGRKTGQAEGFSYTDANKNKGITWGEDTLMEYLENPKKYIPGTKMIFAGIKKKSERADLIAYLKDATSK
Peking-Ente	--------GDVEKGKKIFVQKCSQCHTVEKGGKHKTGPNLHGLFGRKTGQAEGFSYTDANKNKGITWGEDTLMEYLENPKKYIPGTKMIFAGIKKKSERADLIAYLKDATAK
Schnappschildkröte	--------GDVEKGKKIFVQKCAQCHTVEKGGKHKTGPNLNGLIGRKTGQAEGFSYTEANKNKGITWGEETLMEYLENPKKYIPGTKMIFAGIKKKAERADLIAYLKDATSK
Goliathfrosch	--------GDVEKGKKIFVQKCAQCHTCEKGGKHKVGPNLYGLIGRKTGQAAGFSYTDANKNKGITWGEDTLMEYLENPKKYIPGTKMIFAGIKKKGERQDLIAYLKSACSK
Thunfisch	--------GDVAKGKKTFVQKCAQCHTVENGGKHKVGPNLWGLFGRKTGQAEGYSYTDANKSKGIVWNNDTLMEYLENPKKYIPGTKMIFAGIKKKGERQDLVAYLKSATS-
Fliege (Chrysomya)	----GVPAGDVEKGKKIFVQRCAQCHTVEAGGKHKVGPNLHGLFGRKTGQAAGFAYTNANKAKGITWQDDTLFEYLENPKKYIPGTKMIFAGLKKPNERGDLIAYLKSATK-
Seidenspinner	----GVPAGNAENGKKIFVQRCAQCHTVEAGGKHKVGPNLHGFYGRKTGQAPGFSYSNANKAKGITWGDDTLFEYLENPKKYIPGTKMVFAGLKKANERADLIAYLKESTK-
Weizen	ASFSEAPPGNPDAGAKIFKTKCAQCHTVDAGAGHKQGPNLHGLFGRQSGTTAGYSYSAANKNKAVEWEENTLYDYLLNPKKYIPGTKMVFPGLKKPQDRADLIAYLKKATSS
Pilz (Neurospora)	----GFSAGDSKKGANLFKTRCAECHGEGGNLTQKIGPALHGLFGRKTGSVDGYAYTDANKQKGITWDENTLFEYLENPKKYIPGTKMAFGGLKKDKDRADIITFMKEATA-
Bäcker-Hefe	---TEFKAGSAKKGATLFKTRCELCHTVEKGGPHKVGPNLHGIFGRHSGQAQGYSYTDANIKKNVLWDENNMSEYLTNPKKYIPGTKMAFGGLKKEKDRNDLITYLKKACE-
Pilz (Candida)	--PAPFEQGSAEKGATLFKTRCAECHTIEAGGPHKVGPNLHGIFSRHSGQAQGYSYTDANKRAGVEWAEPTMSDYLENPKKYIPGTKMAFGGLKKAKDRNDLVTYMLEASK-
Pos. [Mensch]	....,....|....,....|....,....|....,....|....,....|....,....|....,....|....,....|....,....|....,....|....,....|....,
	10 20 30 40 50 60 70 80 90 100

Q: /1, S. 874f/ (nach DOBZHANSKY)

A..Alanin	C..Cystein	D..Asparaginsäure	E..Glutaminsäure	F..Phenynalanin	G..Glycin	H..Histidin	I..Isoleucin	K..Lysin	L..Leucin
M..Methionin	N..Asparagin	P..Prolin	Q..Glutamin	R..Arginin	S..Serin	T..Threonin	V..Valin	W..Tryptophan	Y..Tyrosin

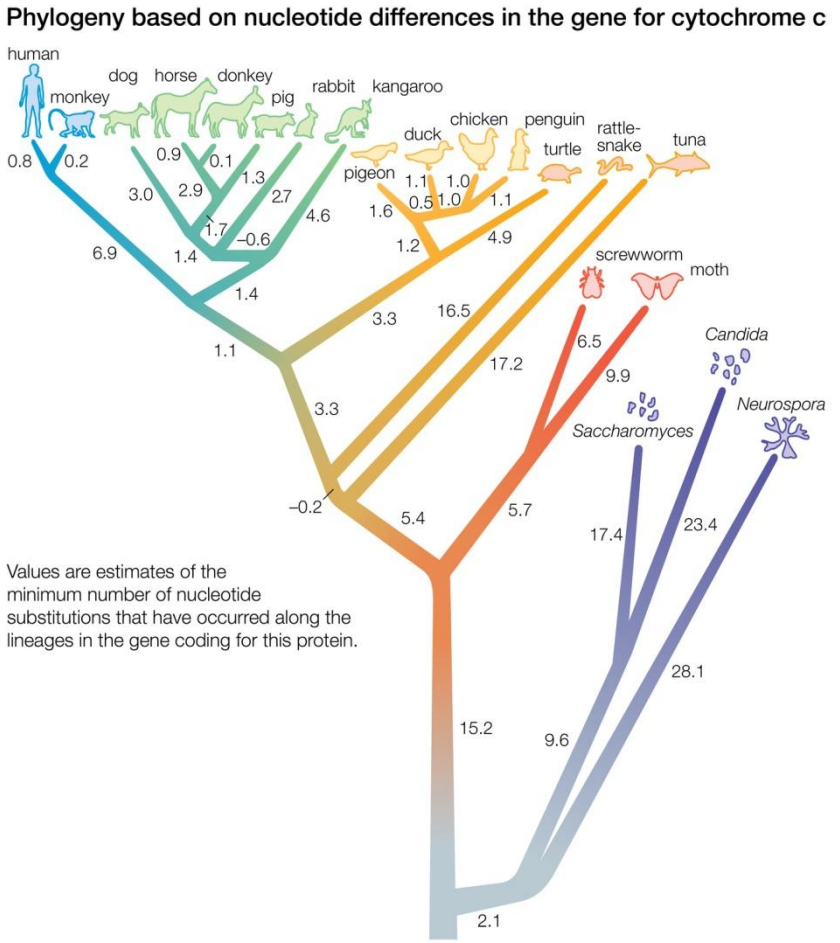
Vergleich homologer Aminosäure-Sequenzen

Art	Protein	1. Abschnitt		2. Abschnitt
Pottwal	Myoglobin	V…LSEGEWQLVLHVWAKV.	…	.EAELKPLAQSHA…TK..
Mensch	Adult-Hämoglobin Aα	V…LSPADKTNVKAAWGKV.	…	.PNALSALSDLHA…HK..
Mensch	Adult-Hämoglobin Aβ	VHLTPEEKSAVTALWGKV.	…	.KGTFAPLSELHC…DK..
Pferd	Adult-Hämoglobin Aβ	VQLSGEEKAAVLALWDKV.	…	.KGTFAALSELHC…DK..
Rind	Cytochrom c_5	....	…	.SATF IIGELHDDPD..

Q: /1, S. 876/ (geändert: dre)

(c,p) 2014 – 2024 lern-soft-projekt: drews

Phylogenie auf der Grundlage von Nukleotidunterschieden im Gen für Cytochrom c

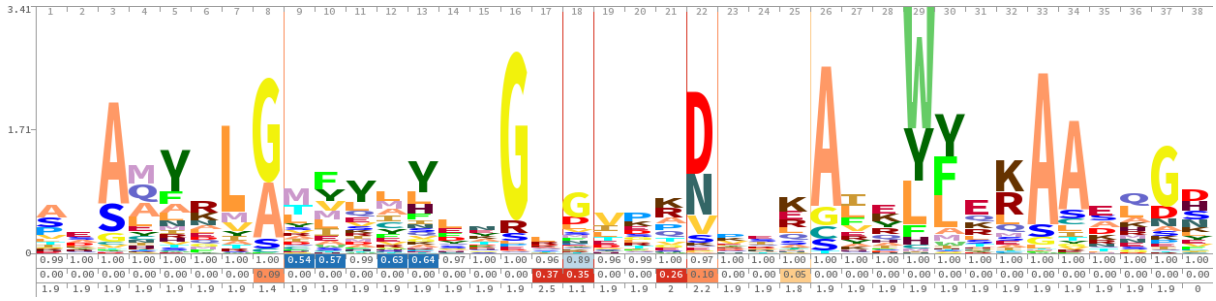


Q: https://www.britannica.com/media/full/262934/1654
Encyclopaedia Britannica Online (2. Feb. 2017)

Bei den Werten handelt es sich um Schätzungen der Mindestanzahl von Nukleotidsubstitutionen, die entlang der Abstammungslinien in dem für sein Protein kodierenden Gen aufgetreten sind

Darstellung der Veränderlichkeit bzw. Konstanz von Aminosäuren kann im sogenannten **Sequenz-Logo-Format** erfolgen.

Dabei wird für die Häufigkeit einer Aminosäure an einer Position ein Kennwert (Informations-Gehalt) berechnet und dieser als Zeichen-Größe (hier der Ein-Buchstaben-Code der Aminosäure) dargestellt.



Cytochrom-Untereinheit (Sel1) im Sequenz-Logo-Format
Q: de.wikipedia.org ()

Konservative Aminosäure-Positionen sind an wenigen, großen Buchstaben zu erkennen. Hier sind Veränderungen evolutionär nicht oder nur schwer möglich gewesen. Aminosäure-Positionen mit kleinen und vielen Buchstaben zeigen veränderliche Struktur-Elemente an. Sie können sich scheinbar ändern und es ist auch so passiert. Nach Mutationen sind an diesen Positionen neue Aminosäuren eingebaut worden, die sich evolutionär behaupten konnten.

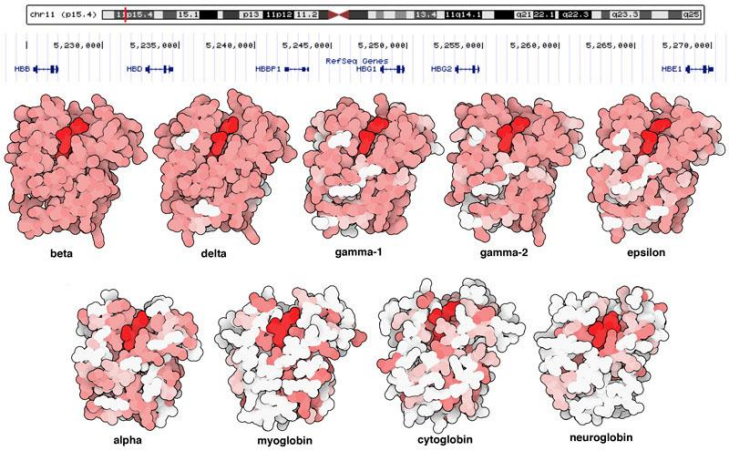
1.x.y.4.2. weitere Proteine

Hämoglobin

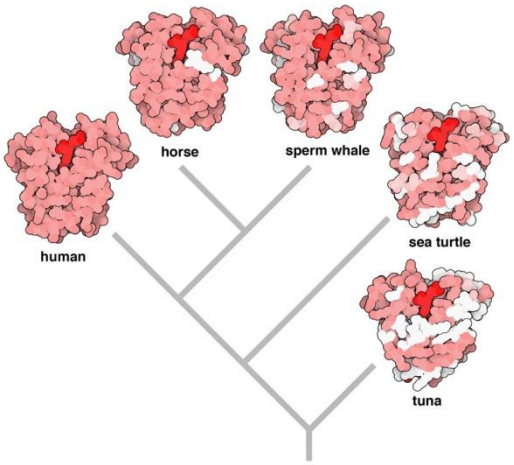
heute werden auch weitere Proteine hinsichtlich der Veränderung der Aminosäure-Sequenz verfolgt
gute Ergebnisse mit Hämoglobinen, diese ändern sich ungefähr doppelt so schnell
die Molekül-Struktur lässt scheinbar mehr Variabilität bei Beibehaltung der Funktion (Sauerstoff-Transport) zu
das Vorhandensein anderer – stark abgewandelter – Blutfarbstoffe in anderen Tier-Gruppen unterstützt diese These

Art	Abweichungen in der	
	α-Kette	β-Kette
Mensch	0	0
Schimpanse	0	0
Gorilla	1	1
Rhesusaffe	4	8
Lemur (Halbaffe)	6	23
Schwein	18	24
Schaf	21	26 – 32
Kaninchen	25	14
Karpfen	68 – 71	- - -

Abweichungen der α- bzw. β-Hämoglobin-AS-Ketten bezogen auf den Menschen
Daten-Q: /1, S.877/



verschiedene Hämoglobin-Protein-Varianten
Q: rcsb.org [Molecule of the Month]



Teil-Stambaum von Hämoglobinen
verschiedener Tier-Arten
Q: rcsb.org [Molecule of the Month]

Aufgaben:

1. Prüfen, entscheiden und begründen Sie, ob sich die folgenden Proteine oder aktiven RNA-Moleküle für die Aufklärung der Verwandschaft innerhalb der Gattung Prunus ((G) Süßkirsche) eignen würden!

a) Cytochrom-c-Oxidase *b) tRNA für Phenylalanin*

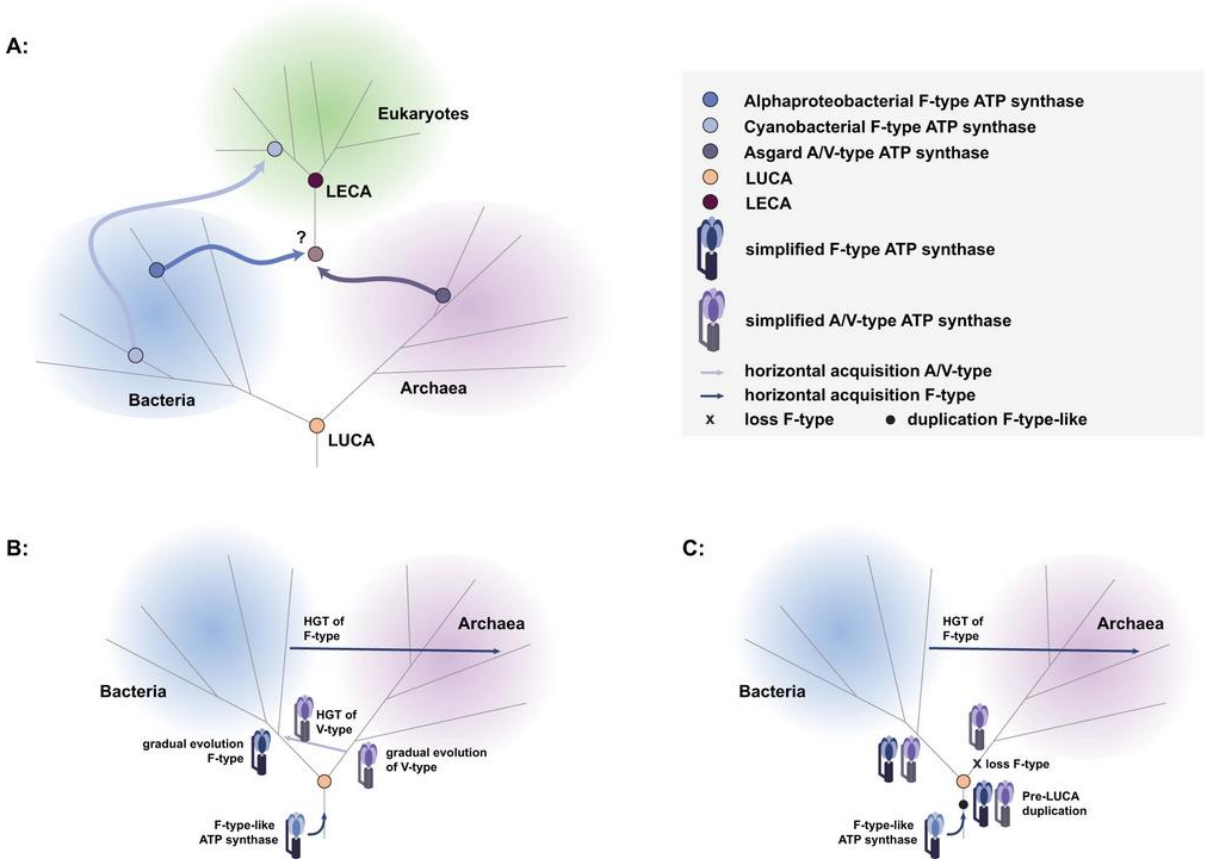
c) Ribulose-1,6-bisphosphat-Carboxylase / -Oxydase (RuBisCO)

d) Myoglobin *e) Phenylalanin-Ammoniak-Lyase*

f) 30S-Ribosomen-Bestandteile *g) Glucan-endo-1,3-β-glucosidase*

Q: aus Aufgaben zur Internationalen Biologie-Olympiade 2019 (leicht geändert)

ATP-Syntase



Evolution der ATP-Synthase
A: Evolution nach der Endosymbionten-Theorie
B,C: phylogenetische Modelle zur Veränderung der ATP-Synthase
Q: de.wikipedia.org (Tara A. Mahendrarajah, Edmund R. R. Moody, Dominik Schrempf, Lénárd L. Szánthó, Nina Dombrowski, Adrián A. Davín, Davide)

1.x.y.4.3. rRNA-Stammbäume

rRNA ist die RNA, die in den Ribosomen verbaut ist
als sehr komplexe molekulare Maschine ist die Variations-Möglichkeit sehr beschränkt
auch hier sind nur wenige Mutationen positiv oder neutral und können so eine Selektion überstehen

1.x.y.4.4. Sequenz-Analysen / -Vergleiche

Forschungsbereich: Molekulare Phylogenie
Aufdeckung von funktioneller und evolutionärer Verwandtschaft (→ 1.x.y. Homologien)

verbunden mit der Bioinformatik, einem Teilgebiet der Informatik, der sich mit Daten biologischer Systeme beschäftigt
Schnittmengen mit DataScience, DataMining / BigData sowie der Künstlichen Intelligenz (DeepLearning)

betrachtet werden praktisch nur Punkt-Mutationen, wobei hier kleine Deletionen und Insertionen (von wenigen Nukleotiden) eingeschlossen sind

synchrone Substitutionen sind uns aus der Genetik als neutrale oder stille Mutationen bekannt (→ 🕮 **Genetik**), die codierte Aminosäure verändert sich nicht (mehrere Codone für viele Aminosäuren im genetischen Code)
nicht-synchrone Substitutionen führen zu einzelnen veränderten Aminosäuren (an der Position → Missense-Substitionen), aber auch zu Lese-Raster-Veränderungen
bei Nonsense-Substitutionen entsteht ein Stop-Codon, was zum frühzeitigen Ketten-Abbruch führt

viele Mutationen werden in der Beobachtung von Populationen gar nicht wahrgenommen, weil die betroffenen Organismen frühzeitig (z.T. schon als Embryo) absterben oder von Räubern gefressen werden
einige kommen auch nicht mit den Belastungen von Geburt und früher Kindheit zurecht (schnelle Auslese)

Sequenz-Alignment (lat.: sequentia … Aufeinanderfolge; engl.: Alignment … Abgleich, Anordnung, Ausrichtung)

Methoden zum quantitativen Vergleich von Nukleotid- bzw. Aminosäure-Sequenzen
Suche nach Mustern (Pattern Matching)
Paar-weiser Vergleich
ev. vorher Eleminierung von

Beim **globalen Alignment** betrachtet man die gesamte Sequenz.
Bevorzugt für gleichlange Sequenzen und viele gleiche Abschnitte (Sequenz-Homologien) erwartet werden.
Für das **lokale Alignment** benutzt man Teil-Sequenzen aus den vollständigen Sequenzen. Für diese ermitelt man dann wieder das globale Alignment. Suche nach maximalem Alignment-Score.

Bewertungen über die Anzahl von Übereinstimmungen und / oder Unterschiede

z.B.: Vergleich der Sequenzen **TCG** und **TG**

Jede nicht vorhandene Übereinstimmung wird mit einem Zähler bewertet. Der Score ist die Summe der Bewertung.

Paarung	T C G T G -	T C G T - G	T C G - T G	T C G - - - - - T G
Score	0+1+1 = 2	0+1+0 = 1	1+1+0 = 2	1+1+1+1+1 = 5

Score beschreibt hier die Menge der Unterschiede (fehlenden Passungen).

Aufgaben:

1. *Finden Sie weiter Paarungs-Varianten für die Sequenzen TCG und TG und berechnen Sie den zugehörigen Score!*
2. *Vergleichen Sie die Sequenzen ACCG und ACG und finden Sie das Paarungs-Muster mit dem kleinsten Score!*

Ergebnisse werden oft in unterschiedlichen Matrizen dargestellt
(für Matrizen sind viele optimierte Algorithmen bekannt, die z.B. in sehr schnellen (Maschinen-nahen) Programmiersprachen umgesetzt wurden (z.B. C oder C#)

z.B.: Vergleich von 5 (Teil-Sequenzen)

Sequenz 1	…	Arg	Ser	Asn	Cys	Leu	…
Sequenz 2	…	Arg	Phe	-	Cys	Leu	…
Sequenz 3	…	Arg	Ser	-	Cys	Leu	…
Sequenz 4	…	Arg	Phe	Asn	Ala	Leu	…
Sequenz 5	…	Arg	Phe	Asn	Cys	Leu	…

Vergleich Sequenz 1 und 2:

Sequenz 1	…	Arg	Ser	Asn	Cys	Leu	…
Sequenz 2	…	Arg	Phe	-	Cys	Leu	…
Unterschiede		0	+ 1	+ 1	+ 0	+ 0	= **2**
Ähnlichkeit		1	+ 0	+ 0	+ 1	+ 1	= **3**

usw. usf.

Ergebnis-Matrix:

Ähnlichkeits-Distanz-Matrix

	Distanz Sequenz …				
	1	2	3	4	5
Sequenz 1		**2**	1	2	1
Sequenz 2	**3**		1	2	1
Sequenz 3	3	3		3	2
Sequenz 4	3	3	2		1
Sequenz 5	4	4	3	4	
	Ähnlichkeit				

(c,p) 2014 - 2024 lsp: dre

Aufgaben:

1. Erstellen Sie eine Ergebnis-Matrix für die gegebenen Teil-Sequenzen!

Sequenz 1	…	Leu	Phe	Arg	Ala	Phe	Ser	…
Sequenz 2	…	Leu	Phe	Arg	Ala	-	Ser	…
Sequenz 3	…	Leu	Ile	-	Cys	Ser	Ser	…
Sequenz 4	…	Leu	Ile	Arg	Ala	Ser	Ser	…

Alignment-Algorithmen bzw. -Heristiken

• **NEEDLEMAN-WUNSCH-Algorithmus**	ermittelt Similarity-Score (ein Maß für die Ähnlichkeit) globales Alignment 1970; rekursiv; mit Matrizen, quadr. Speicherbedarf; Komplexität ***O**(m*n)*
• **HIRSCHBERG-Algorithmus**	globales Alignment effektivere Umsetzung des NEEDLEMAN-WUNSCH-Algorithmus Divide-and-conquer-Prinzip 1970; linearer Speicherbedarf; Komplexität ***O**(m*n)*
• **SMITH-WATERMAN-Algorithmus**	lokales Alignment ermittelt Similarity-Score (ein Maß für die Ähnlichkeit) Divide-and-conquer-Prinzip 1981; linearer Speicherbedarf; Komplexität ***O**(m)* bzw. ***O**(n)*
• **GOTOH-Algorithmus**	betrachtet die (Kosten für) Lücken (Gap's) in den Sequenzen globales Alignment Divide-and-conquer-Prinzip 1982; quadr. Speicherbedarf; Komplexität ***O**(m*n)*
• **BLAST (Heuristik)**	Basic Local Alignment Search Tool
• **FASTA(Heuristik)**	1985; LIPMAN + PEARSON
•	

die Angaben zur Komplexität und zum Speicher-bedarf der Algorithmen ist mehr für Kursteilnehmer gedacht, die auch Informatik belegt haben oder sich hierfür interessieren

Substitutions-Rate kann mit einer Substitution auf 1'000 Nukleotide und Generation recht hoch sein (z.B. RNA-Viren)

für hochkonservative Protein-codierende Gene hat man für die nicht-synchrone Nukleotid-Substitution eine Rate von ungefähr 0,9 Substitutionen pro Position und eine Milliarde Jahre. Bei synchronen Substitionen liegt die Rate rund 5-mal höher

Anwendung bei der "molekularen Uhr" (→ die molekulare Uhr) und den "molekular-genetischen Stammbäumen" (→ 1.x.y.4. molekular-genetische Stammbäume)

Analyse-Programme:

- Clustal (multiples Sequenz-Alignment)
- Dotplot
- mesquite (OpenSource)
- STRAP
- …

1.x.y.4.5. Methoden zur Ableitung / Ermittlung von Stammbäumen

Probleme / Nachteile / Schwächen / …

- Verfahren weisen nur Ähnlichkeiten bzw. prüfen diese – echte Verwandschaft ist historischer Vorgang, der von uns nicht (mehr) beobachtet werden kann
- Verfahren sind rein mathematisch und haben mit der biologischen Realität nichts / wenig zu tun
- ein Verfahren liefert immer nur einen Baum, dieser kann nur gegen andere Verfahren getestet werden, nicht gegen Verfahrens-eigene Alternativen (alternative Bäume mittels gleichem Verfahren)

		Daten-Typ	
		Distanzen, Unterschiede	**Merkmale**
Rekonstruktions-Methode	**Clustering-Algorithmus**	UPGMA Neighbor joining (NJ)	
	Such-Strategie	Minimum Evolution	Maximum Parsimony () Maximum Likelihood (ML) Bayes
		Matrizen-orientierte Methoden	**Charakter-orientierte Methoden**
	basiert auf …	**Clustering-Verfahren**	**einem Optimalitäts-Kriterium**

ML und BAYES sind probalistisch (berücksichtigen Wahrscheinlichkeiten)

UPGMA-Methode
Unweighed Pair Group Method with Arithmetic mean oder auch Unweighed Pair Group Method using Averaging

UPGMA und NJ (Neighbor Joining (→)) können Distanzen benutzen, die durch unterschiedliche verfahren gewonnen wurden
gehören beide zu den sehr schnellen (schnellsten) Clustering-Verfahren
Verfahren sind flexibel und auch außerhalb der Phylogenetik verwendbar (universeller Charakter)
bei guten Distanz-Werten ergeben sich Realitäts-nahe oder richtige Bäume
liefern aber auch mit falschen / fehlerhaften / unsinnigen Daten einen Baum; solche Bäume werden ev. nicht erkannt
Vergleichbarkeit eingeschränkt

benutzt eine Distanz-Matrix mit den Eigenschaften einer Ultrametrik

z.B.:

Eigenschaften einer Ultrametrik

- **d(a,b) ≥ 0** — alle Matrizen-Werte (Distanzen) müssen größer oder gleich Null sein (negative Distanzen sind nicht zulässig)
- **d(a,b) = 0 → a = b** — wenn die Distanz gleich Null ist, dann sind die beiden Objekte gleich
- **d(a,b) = d(b,a)** — es liegt Symmetrie vor, die Distanz von A zu B muss genauso groß sein, wie die von B nach A
- **d(a,c) ≤ d(a,b) + d(b,c)** — die Distanz von zwei Objekten muss kleiner oder genauso groß sein, wie die Summe der Distanzen über ein Zwischen-Objekt (hier b)

Berechnung der Distanz zu einem Cluster K

$$d_{X,K} := \frac{d_{A,K} + d_{B,K}}{2}$$

bei unterschiedlich vielen Objekten in einem Cluster wirken diese nicht gleichartig auf die Berechnung des neuen Cluster's
damit werden Distanzen unterschiedlich gewichtet, was sich auch im Namen des Verfahren's ausdrückt (weighted PGMA … gewichtete Paargruppen-Methode mittels arithmetrischen Mittelwert)
da für das UPGMA-Verfahren die Abstände alle gleichwichtig betrachtet werden, ergeben sich ungewichtete Distanzen (unweighted PGMA … ungewichtete Paargruppen-Methode mittels arithmetrischen Mittelwert)

$$d_{X,K} := \frac{|A| \cdot d_{A,K} + |B| \cdot d_{B,K}}{|A| + |B|}$$

für Molekular-genetische Analysen wird von der Existenz einer annähernd gleichmäßig laufenden Molekularen Uhr ausgegangen, d.h. das Mutationen über große Zeiträume mit einer bestimmten statistischen Häufigkeit auftreten. In der Praxis existieren eher lokale (eher kurzfristige) molekulare Uhren.
So z.B. eine Veränderung einer Aminosäure oder eines Nukleotid's in z.B. 1 Millionen Jahren. Für Abläufe über 10 Jahre würde mann dann 10 Veränderungen erwarten.

Algorithmus:
SOLANGE mehr als Objekt vorhanden ist:
    FINDE Paar von Objekten (x,y) mit kleinster Distanz
    ERSETZE Paar durch neues Objekt {x,y}
    BERECHNE Distanz des neuen Objektes {x,y} zu den anderen Objekten (a, …) mittels Durchschnitts-Bildung zwischen d(x,a) und d(y,a)
Ergebnis ist Hierarchie der zusammengefassten Objekte

Vorteile / besondere Leistungen / …

- einfaches, leicht verständliches Verfahren
- bei ultrametrischen Daten ergibt sich ein exakter Baum

Probleme / Nachteile / Schwächen / …

- erstellt man aus einer Matrix einen Baum und überführt man diesen hinterher wieder in eine Matrix, dann stimmen die Matrizen nur teilweise überein
- für ungleich verteilte Evolutions-Raten (Mutations-Raten) ergeben sich ev. falsche Toplogien (Bäume)
- Methode setzt universelle (immer gleichlaufende) molekulare Uhr (auch für alle Organismen) voraus
- schwer implementierbar (auf Computer zu programmieren / zu nutzen), da Original-Daten oft nicht ultrametrisch sind

Neighbor-Joining (NJ)

besser als UPGMA, da hier auch unterschiedliche Evolutions-Raten eingezogen werden können

Baum-Topologie (wie verzweigt) und Astlängen (wann verzweigt) werden jeweils für sich bestimmt
fungiert auch als Clustering-Algorithmus
beachtet nicht nur die nähesten (kleinsten) Objekte (Distanzen), sondern alle
Ergebnis ist auch hier eine Hierarchie der zusammengefassten Objekte

Das Arbeits-Prinzip is die Suche nach einem Baum mit der kleinsten Summe der Ast-Längen (maximal gestauchter Baum)
"Welche Paare der Objekte müssen kombiniert werden, damit der Baum am Kürzesten ist?"

Summe der Ast-Längen

$$S_0 = \frac{\sum_{i \leq j} d_{ji}}{N-1}$$

N … Anzahl der Vergleichs-Objekte; d_{ji} … Distanz zwischen den Objekten j und i

Vorteile / besondere Leistungen / …

- genauer als UPGMA
- sehr schnell
- liefert bei additiven (immer größer werdenden) Distanzen korrekte Ergebnisse
- lässt variable Ergebnisse (mit unterschiedlichen Eigenschaften) zu

Probleme / Nachteile / Schwächen / …

- schlecht interpretierbar bei nicht-additiven Distanzen

Parsimonity (Sparsamkeit)

Geiz-Prinzip, Sparsamkeits-Prinzip

Parsimonity () und Maximum Likelihood () sind sehr rechenaufwändig (stellen NP-Probleme (s.a. Theoretische Informatik) dar)
können aber Evolutions-Ketten (Ereignis-Ketten) aufdecken
liefern Schätzungen zu Ahnen-Sequenzen (→ Kladen)

der sparsamste Baum ist derjenige, dessen Summe der Kanten-Länge die geringste Länge(n-Änderung) aufweist

Vorteile / besondere Leistungen / …

- einfach, intuitiv
- inspiriert von OCCAM's Rasiermesser (OCCAM's Prinzip → "Die einfachste Erklärung ist die Beste")

Probleme / Nachteile / Schwächen / …

- unterschätzt die Anzahl der wahren evolutionären Schritte (bzw. bildet sie nicht ab) (besonders bei weiter entfernten Ereignissen Fehler-anfällig)
- setzt gleichmäßige Evolutions-Raten voraus
- nur sehr gut bei kleinen Distanzen
- NP-komplex (großer Rechen-Aufwand für exakte Ergebnisse)

Maximum Likelihood (ML, maximale Plausibilität)

statistisches Modell
berechnet werden Wahrscheinlichkeiten, inwieweit beobachtete Sequenzen zusammen auftreten
ermittelt Baum und Kanten-Längen, deren Wahrscheinlichkeiten maximal sind

Vorteile / besondere Leistungen / …

- alle Annahmen werden explizit () gemacht
- berücksichtig auch Rückschritte oder Wiederholungen von Schritten
- gute, konsistente Schätzung der ecolutionären Distanzen

Probleme / Nachteile / Schwächen / …

- da das Verfahren sehr Modell-abhängig ist, liefern falsche Modelle oder falsche / fehlerhafte Annahmen zu fehlerhaften Bäumen
- schwierig zu verstehendes Verfahren

BAYES-Verfahren ()

Vorteile / besondere Leistungen / …

-

Probleme / Nachteile / Schwächen / …

-

Minimum Evolution (Least Squares, kleinste Quadrate)

statistisches Verfahren
Verfahren bestimmt die kleinsten Quadrate (der Abweichungen)
Methode der kleinsten Abweich-Quadrate (in der Statistik auch als bekannt)
gesucht wird Baum mit der kleinsten Gesamt-Länge
Baum, in dem die Abweichungen (Verzweigungen) die kleinsten Fehler-Quadrate aufweisen

Vorteile / besondere Leistungen / …

- schneller, als Merkmals-basierte Verfahren
- arbeitet mit Distanzen, die auf unterschiedliche Art und Weise gewonnen sein können
- sehr flexibles, universelles Verfahren (auch außerhalb der Phylogenetik einsetzbar)
- Optimalitäts-optimiert (Ergebnisse können vergleichend geprüft werden)

Probleme / Nachteile / Schwächen / …

- langsamer, als Clustering-Verfahren (UPGMA und NJ)
- Merkmale gehen nicht direkt ein
- Ergebnisse hängen von Distanz-Berechnungen ab
- keine Aussage zu Ahnen-Merkmalen

Links:
http://evolution.genetics.washington.edu/phylip/software.html (Programm-Sammlung zur Phylogenie)
http://evolution.genetics.washington.edu/phylip.html (Projekt-Seite)

http://mobyle.pasteur.fr (Teilmenge von Phylip)

Q: http://evolution.genetics.washington.edu/phylip/software.html

http://www.tolweb.org (Tree of Life Web Project (Ziel: Stammbaum aller existierenden und ausgestorbenen Arten))

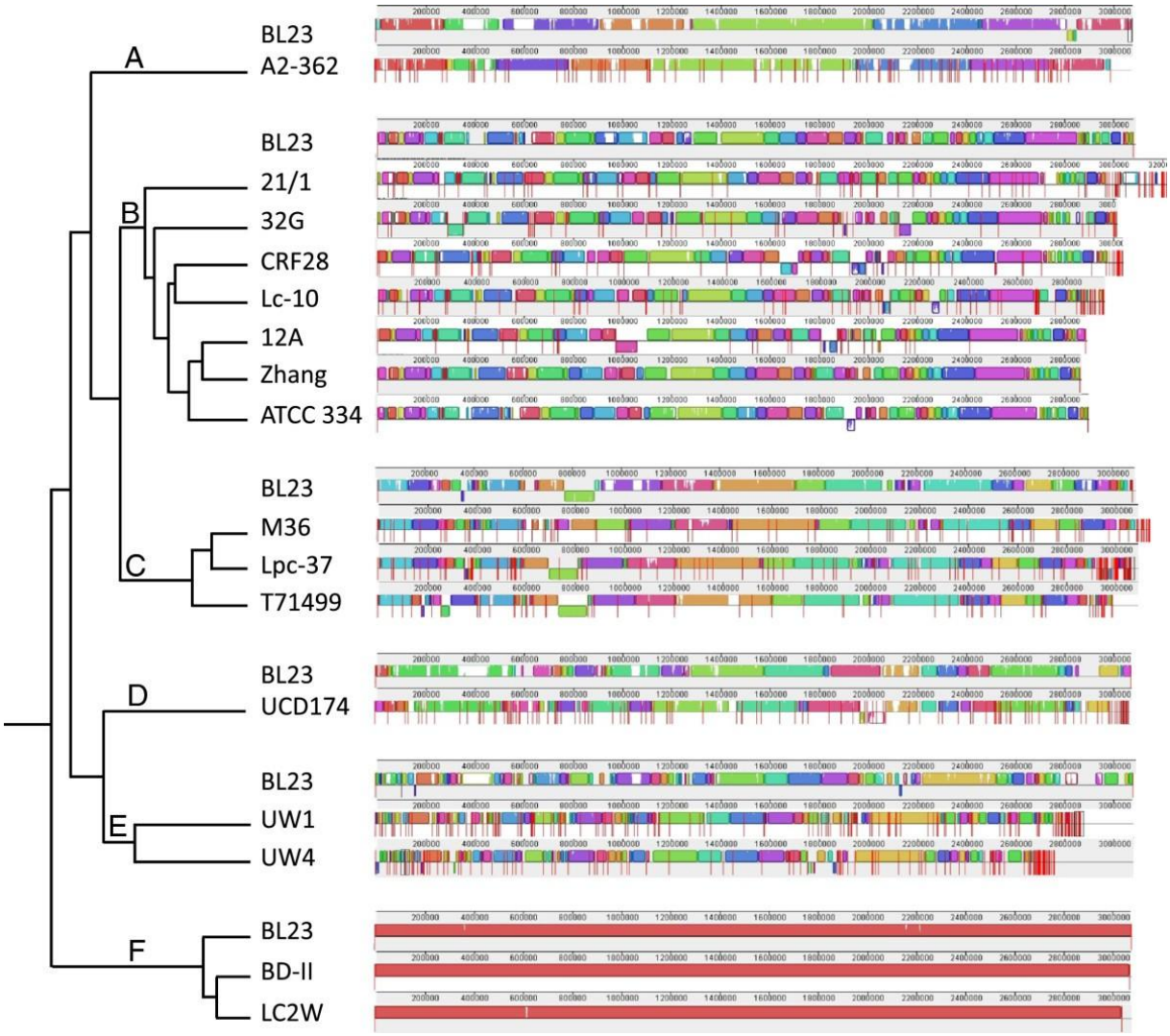
Abschnitts-Quellen:
diverse Vorlesungs-Folien von Prof. Dr. S. RAHMANN (Technische Universität Dortmund)

-

1.x.y.5. kombinierte naturnahe Stammbäume

versuchen alle bekannten Systematisierungen, Taxonomien sowie die molekularen und immunologischen Stammbäume in einem System zu vereinen
Ziel ist ein Stammbaum bzw. Kladogramm, der/das die natürlichen Verhältnisse möglichst perfekt abbildet
aus Evolutions-theoretischer Sicht wäre das sicher super, weil es die Gegen-Meinungen drastisch entlarft
aus der klassischen Sicht der Systematik – dem effektiven Arbeiten mit größeren Organsimen-Gruppen – wird es den Nutzern einiges abverlangen, weil sich Biologie-typisch die Ausnahme als ständiges Element durchziehen wird
klassische systematische Betrachtungen werden zuerst schwerer, dann aber logischer und sinniger

Beispiel eines modernen molekular-genetischen Stammbaum's (Kladogramm's) für das Bakterium *(s) Lacticaseibacillus casei* (*L. casei*)

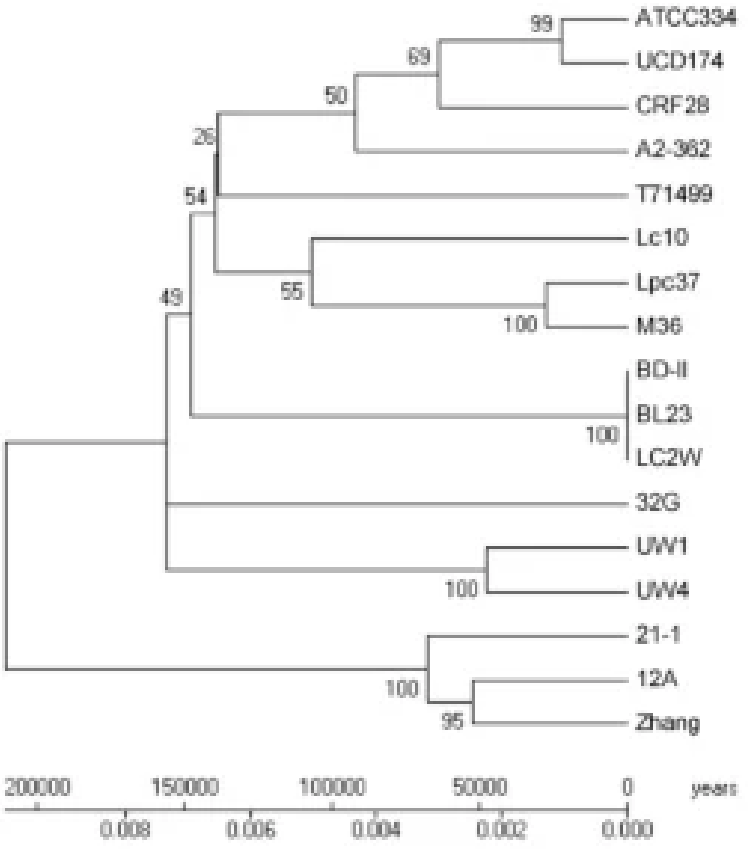


Hierarchisches Clustering von 17 *L . Casei*- Stämme basierend auf dem Gesamtgengehalt
Q: https://bmcgenomics.biomedcentral.com/articles/10.1186/1471-2164-13-533/figures/2
aus: "Analysis of the *Lactobacillus casei* supragenome and its influence in species evolution and lifestyle adaptation " https://bmcgenomics.biomedcentral.com/articles/10.1186/1471-2164-13-533

viele Stämme von *L. casei* sind ökologische Generalisten
einige Stämme – vor allem solche, die in der Käse-Produktion verwendet werden – sind eingenischte Spezialisten, deren Evolution von einem Genom-Zerfall begleitet wurde (Stämme UW1 und UW4)
Einnischung erfolgte wahrscheinlich basierend auf die verfügbaren Kohlenhydrate in den Roh-Produkten für die Käse-Herstellung

das genaue Kladogramm mit zeitlicher Orientierungs-Skala (molekular-genetische Zeit-Skala → 1.x.y.4. molekular-genetische Stammbäume)

zeigt auch die mittelfrühe Abspaltung der UW-Klade (Käse-Spezialisten)



Kladogramm für ausgewählte *L. casei*-Stämme
Q: https://bmcgenomics.biomedcentral.com/articles/10.1186/1471-2164-13-533
leicht bearb.: dre

von Camembert-Kulturen ist bekannt, dass in einigen Jahren keine überlebensfähige Kultur mehr existiert, da die einzelnen – derzeit existierenden – Kulturen soweit hochgezüchtet sind, dass die Rück-Kreuzung zur Rekonstruktion einer ursprünglichen Kultur nicht mehr möglich ist
vom Pilz *Penicillum camemberti* wird heute nur noch eine Albino-Variante genutzt
nur diese produziert einen weißen Pilz-Rasen
erstmals eingesetzt 1898; bis in die 1950er Jahre nutzte man auch Kulturen, die grüne, grüne oder orange Oberflächen bildeten
Albino-Variante lässt sich nicht geschlechtlich vermehren, so dass nur noch Auslese-Züchtung möglich ist
im Verlaufe seiner langen Kultur-Zeit hat er die Fähigkeit Sporen zu bilden verloren

derzeit wird mit einem zweiten Pilz (*Geotrichum candidum*) experimentiert, der ebenfalls eine weiße Oberfläche bildet, aber nicht den typischen Camembert-Geschmack

Forscher hoffen auf Gen-Technik, Übertragung von ausgewählten Genen auf *G. candidum* od. einen anderen Pilz

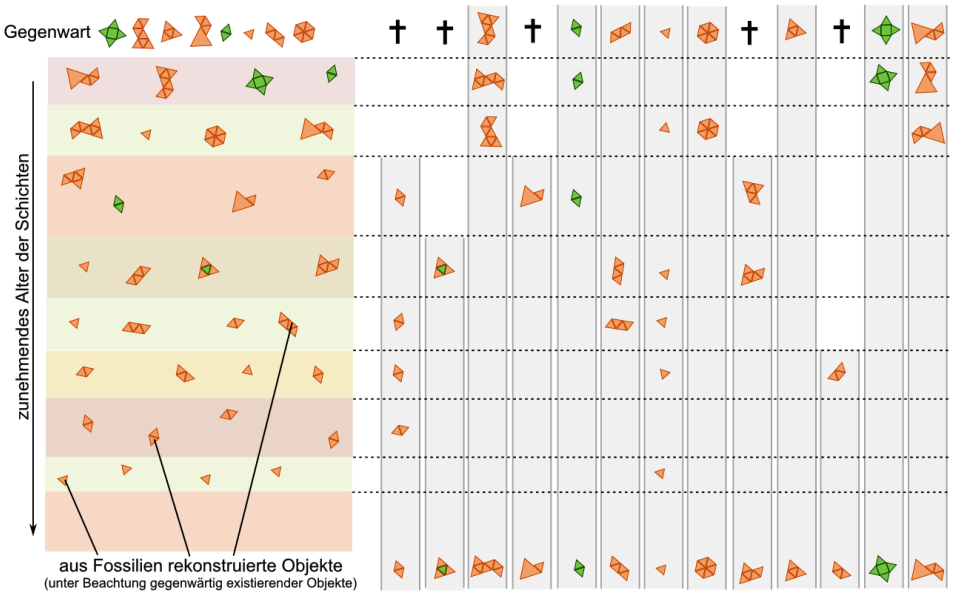
ähnliche Beobachtungen macht man auch bei anderen Käse-Mikroorganismen (z.B. beim Roquefort-Käse)

1.x. Praxis-relevante wissenschaftliche Methoden

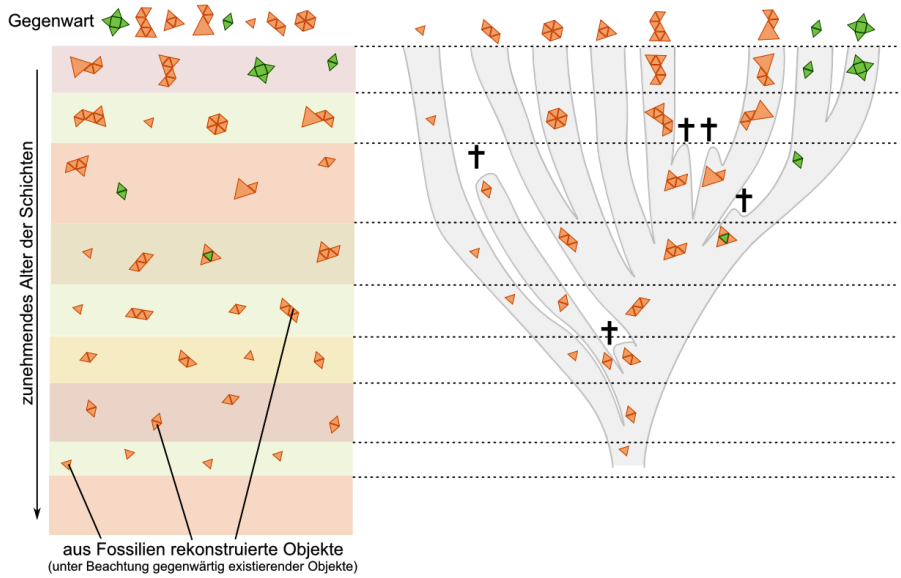
1.x.y. Interpretation von Daten

immer von Grund-Annahmen / Prämissen / abhängig
gegenteilige Prämissen / müssen sachlogisch richtig sein und den anderen (bekannten) wissenschaftlichen Tatsachen nicht widersprechen

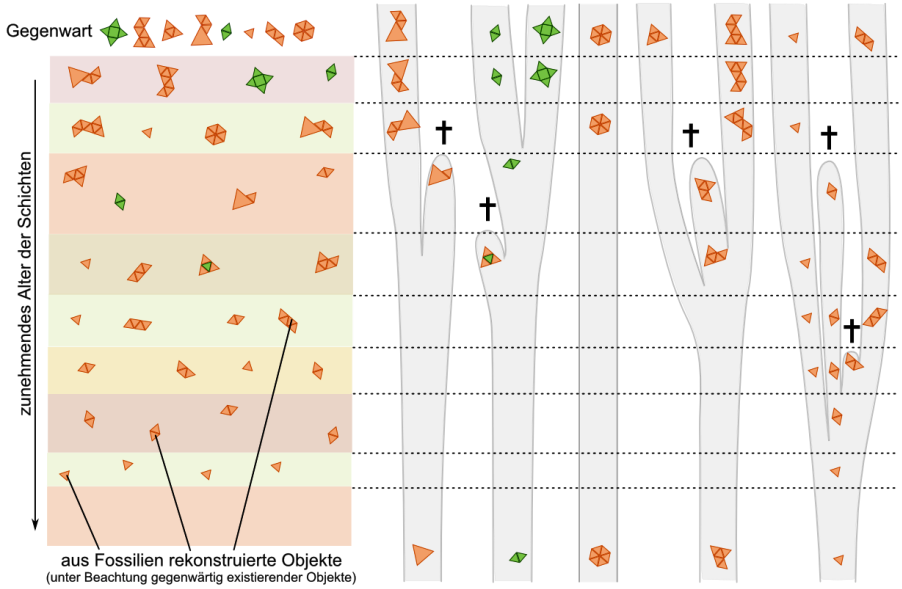
Interpretation der "Fossilien"-Daten unter der Prämisse eines schöpferischen Ereignisses und der Kontinuität der Arten



Interpretation der "Fossilien"-Daten unter der Prämisse einer biologischen Evolution



Interpretation der "Fossilien"-Daten unter der Prämisse einer schöpferischen Zeugung von (Ur-)Formen und einer Mikro-Evolution (entspricht ungefähr kreationistischem Ansatz)



Abwägung anhand anderer Argumente und Heranziehung weiterer (möglichst Fach-fremder) gut belegter oder bewiesener Zusammenhänge, Gesetzen, Argumenten und Fakten;
ev. Nutzung von Analogien / Homologien / … um zumindestens hinreichende Argumente zu haben (beweisen aber erst einmal nichts), müssen gegen Argumente der Kontra-Position(en) abgewogen werden
Fehler und Fehl-Interpretation gehören zum wissenschaftlichen Geschäft, den gleichen Anspruch sollten sich aber auch die (ev. außer-wissenschaftlichen) Gegen-Positionen auferlegen

2. Evolutions-Theorien

Problem-Fragen für Selbstorganisiertes Lernen
Gibt es mehrere Theorien zur Evolution? Gibt es überhaupt Evolution? Was haben Kreationismus, Katastrophen-Theorie, die Naturgeschichte von BUFFON, mit einander zu tun? Hat DARWIN uneingeschränkt Recht mit seiner Evolutions-Theorie? Ist an LAMARCKschen Evolutions-Betrachtung was dran?

vor THALES (640 – 584 v.u.Z) beherrschten vorrangig Mythen die Entstehung der Erde und des Menschen
es domierte Gestalt-behaftetes Denken – meist an Gottheiten – die Erde und Menschen zumeist aus dem Nichts erschufen
Gottheiten trugen i.A. menschliche Züge
alle bekannten Beobachtungen, Vorstellungen und Schlüsse werden zu Mythen unlösbar und in sich stimmig verwoben
mit eingearbeitet sind oft Wünsche, Hoffnungen und Ideal-Vorstellungen zur Welt und zu den Menschen ganz allgemein

Schöpfungs-Mythos des Rigveda

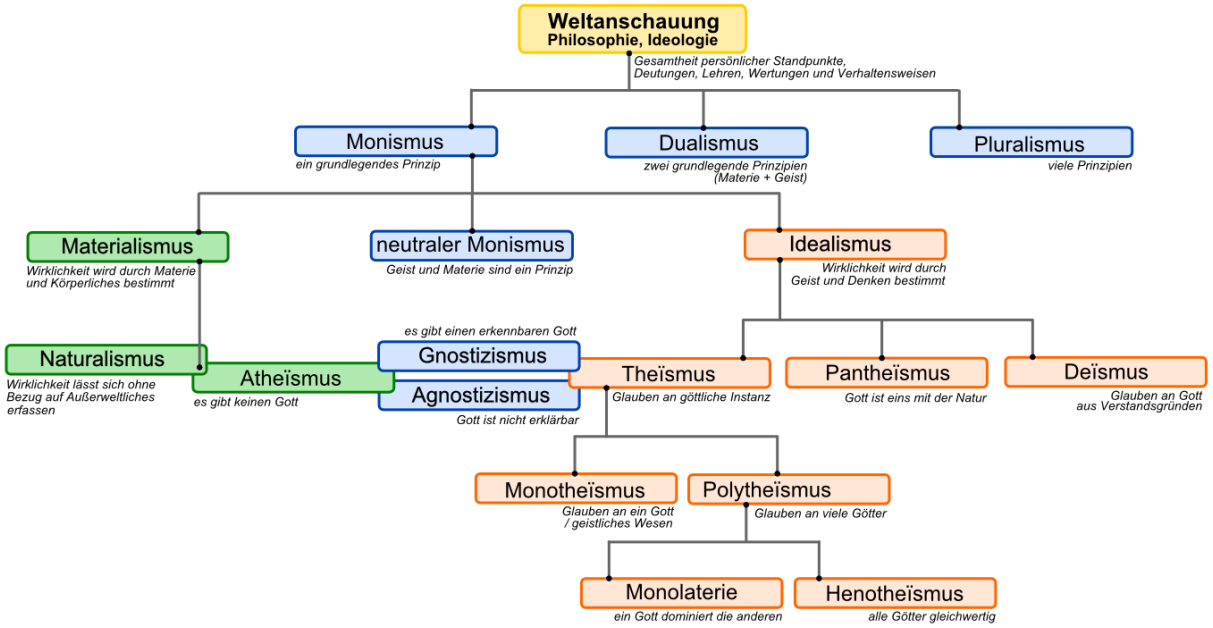
griechische Theogonie des HESIOD

isländische Edda

Definition(en): Ismus
Unter einem Ismus (Plural: Ismen) versteht man die reine / bloße Theorie / Lehre von Etwas.

Einfache Theorien / reine Lehren / religiöse Glaubens-Sätze sind zumeist dadurch geprägt, dass sie relativ starre Konstrukte darstellen, die wenig Wandlungs- oder Anpassungs-fähig sind. Das wird oft dadurch verstärkt, dass behauptet wird, dass die Lehren direkt von einem höheren Wesen (Gott, Götter, …) vorgegeben / empfangen wurden. Veränderungen an den Lehren würde die (All-)Macht oder Glaubwürdigkeit des höheren Wesen's in Frage stellen.
Wissenschaftliche Theorien und Lehren sind dagegen veränderlich, sie werden dem aktuellen Kenntnis-Stand ständig angepasst.

Natur-wissenschaftliche Lehren basieren auf nachgewiesen / nachweisbaren Phänomen / Beobachtungen und / oder definierten Symbol-Systemen (z.B. Mathematik / Kybernetik).



2.1. frühe philosophische Evolutions- bzw. Entwicklungs-Theorien

2.1.1. vorchristliche Epoche

griechische Natur-Philosophen vor SOKRATES (Vorsokratiker)
600 – 350 v.u.Z. (= v.Chr.: a. Chr. n., AC (*ante Christus natum*))

THALES (640 – 584 v.u.Z.)
THALES von Minet wendet sich von den undurchsichtigen Mythen ab und entwickelt eine Philosophie

Definition(en): Philosophie
Philosophie (Liebe zum Wissen / Denken) sind die Aussagen-Systeme / Denk-Modelle / Weltanschauungen, die sich ein tieferes Verständnis der Welt und speziell des Wesen des Menschens zum Ziel gesetzt hat.

im Vordergrund stehen Beobachtungen und Erklärungen
Abkehr von gestalterischen Gottheiten
Konstruktions-Prinzipien sind materialistisch und z.T. auch abstrakt-mathematisch
es gibt Gesetzmäßigkeiten, die bestimmte (höhere) Strukturen, Objekte, Welten entstehen lassen können
es gibt einen Urstoff, später dann Materie-Partikel; Urstoff besitzt die Fähigkeit zum Verdichten oder Verdünnen, was den heutigen "Aggregatzuständen" eines Stoffes entspricht
als Urstoff wurden zunächt "Wasser (Feuchte)" betrachtet →
von verschiedenen nachfolgenden Philosophen wurden bestimmte weitere Urstoff in die Philosophie des THALES eingebracht
ANAXIMENES (588 – 524 v.u.Z.) trug den Urstoff "Luft" und HERAKLIT (535 – 475 v.u.Z.) das "Feuer" bei
ANAXIMANDER (611 – 546 v.u.Z.)
nach ihm müssen die Menschen von anderen Lebewesen abstammen, da die Menschen ja immer ein bemutterndes Wesen benötigen
die Menschen und auch andere Lebewesen wurden aus der mehr kosmologisch orientierten Philosophie ausgegrenzt

Definition(en): Materialismus
Der Materialismus ist die Weltanschauung / Weltsicht, die als Grund für alles Seiende materielle, natürliche / naturwissenschaftliche Sachverhalte ansieht.

Widersprüche von materiellen Erklärungen zu dem vorhandenen Verständnis von "Sein" und "Werden" forderten im Parmenides (502 v.u.Z. (ein Werk in Dialog-Form; imaginäres Gespräch zwischen PLATON und dem Philosphen PARMENIDES); Werk nach dem Gesprächspartner benannt) den logischen Schluß heraus, dass das Grund-Prinzip der Welt etwas Seiendes sein muss Von Sein

(griech. = on) entwicklete eine sogenannte Ontologie, in ihr war nur das Seiende zugelassen, etwas Werdendes gab es nicht
die nächsten Philosophen ersannen nun mehrere Formen des Seiens, in der z.B. auch materielle Partikel möglich waren, die sich auch noch in Raum und Zeit bewegen und auch miteinander in Beziehung treten konnten
aus dieser Zeit stammt der für uns alltägliche Begriff Atom, der das kleinste Nichtspaltbare charakterisierte
es wurde zwar noch nicht der Begriff Molekül verwendet ein Verständnis als Atom-Verbindungen für diese Objekte gab es aber schon

um 400 v.u.Z. war die medizinische Forschung weit fortgeschritten
einer der bekanntesten Schulen war die des HIPPOKRATES (~450 – 377 v.u.Z.)
lebte auf der Insel Kos
trug ein breites Wissen über Pflanzen, Tiere und Menschen zusammen
neben Morphologie (Lehre vom äußeren Bau) waren auch viele anatomische Detail bekannt (Anatomie = Lehre vom inneren Bau)
in seiner Schule gab es neben dem Wissen und der Logik auch die Möglichkeit von Beobachtungen und Experimenten, um zu neuen Erkentnissen zu kommen
Aufklärung von Krankheiten und deren Ursachen standen im Vordergrund

PLATON
Schüler von SOKRATES, verbreitete die Lehren von SOKRATES
die Sophisten sehen das sinnlich Wahrnehmbare als Quelle der Erkenntnis und als Maß für das Handeln
SOKRATES übernahm HERAKLITs dauernde Werden
nach HERAKLIT ist etwas nur so lange wahr, so lange ein Mensch dies als wahr empfinde (→ "Der Mensch ist das Maß aller Dinge."), es gibt nichts Allgemeingültiges
SOKRATES sah durch diese Ansicht die Erkenntnis-Möglichkeiten und die Tugend in Gefahr
für ihn lag das Wesen im Festen, Beständigen und Unveränderlichem, dabei bezog er sich aber nicht auf die materielle Ebene, sondern meinte den Geist
ein bestimmtes Objekt kann völlig verschieden aussehen (kahl, blühend, Früchte-tragend, welk, klein, groß, …) es ist und bleibt z.B. ein "Baum"
Begriffe sind Raum- und Zeit-los, unteilbar und übersinnlich
Mensch trägt Wissen um die Idee schon bei der Geburt in sich; Wahrnehmung ist die (Rück-"Erinnerung" (Anamnesis) an das ursprüngliche Wissen
Natur ist dualistisch, sie besteht einer stofflichen Welt (Körper, Materie, …) und einer unstofflichen Welt (Seele, Geist, , Lebenskraft (→ "vis vitalis"), …)
(bestimmte) Organismen können aus dem Schlamm entstehen ((sponatne) Urzeugung)

SOKRATES Ideen-Lehre (PLATONscher Idealismus) mit ihrer Unvereinbarkeit von Wesen und Ding stellte sich später als einer der größtes Hemmschule für die DARWINsche Lehre heraus; Art-Wandel war praktisch nicht möglich, es wurde nur die Möglichkeiten von Super-Mutationen gesehen, die aber widerum von den DARWINisten ausgeschlossen wurden

Denkweise von SOKRATES und PLATON zieht sich in der Naturwissenschaft bis zu MAYR und auch GOTHE war ein großer Verfechter; SCHILLER und OWEN sahen dies anders

DEMOKRIT (460 – 371 v.u.Z.)
erklärte auch die Entstehung von Leben (allgemein und im konkreten) als einen Prozess, bei dem sich Materie (Atome der feuchten Erde) mit Feuer-Atomen zusammentun
diese – eigentlich fortschrittlichere – Denkweise spielt von der Antike bis ins Mittelalter eine eher geringere Rolle

ARISTOTELES (384 – 322 v.u.Z.)
war bis ins späte Mittelalter die Denkbasis; Schule: Lykeion
das wahre Wesen der Dinge liegt im Allgemeinen, dem Allgemeinen kommt aber keine Sonder-Existenz zu, die Ideen wohnen den Dingen inne
zuerst muss man die Natur als Ganzes betrachten, um dann ihre Ursachen und Veränderungen zu philosophieren
Naturphilosoph
ARISTOTELES entwicklelte eine umfassende Systematik der ihm bekannten Pflanzen und Tiere; er führte die Begriffe Art (griech.= eidos) und Gattung (griech.= genos) ein, behielt seine Gültigkeit bis LINNÉ, glaubte an die Konstanz der Arten (ein Same erzeugt ein bestimmtes Lebewesen; ein Lebewesen erzeugt nicht beliebige Samen)
er unterschied zwischen Materie (dem Stoff, aus dem etwas ist) und er Form als prägendes Prinzip (Wesen des Dinges)
bei den Lebewesen teilte er nach Pflanzen und Tieren ein
die Tiere untergliedert er dann in Bluttiere (→ Wirbeltiere) und Blutlose (→ wirbellose Tiere)
stellte bestimmte Ursache-Wirkungs-Gefüge her: Säge ist zum Sägen da, nicht aber das Sägen für die Säge
Rang-Ordnung der Ursachen: Stoff – Form – wirkende Ursache – Zweck-Ursache
ARISTOTELES glaubte an eine Urzeugung von niederem Leben (Pflanzen und Tiere) durch Zusammenrinnen von Urstoff

entwickelte eine Stufen-Folge der Organismen (/ der damals bekannten rund 500 Pflanzen und Tiere) nach abgestuften Ähnlichkeiten; diese sah ARISTOTELES als Maß für die Verwandschaft an
Stufen waren aber nicht als Aufeinanderfolge oder Entwicklungsschritte verstanden
Delphine und Wale wurden von ihm als Säugetiere klassifiziert
sah Affen als Bindeglied zwischen Tieren und dem Menschen

Definition(en): Naturphilosophie
Die Naturphilosophie ist die philosophische Richtung, die versucht die Natur in ihrer Gesamtheit sowie in ihren allgemeinen – wie auch speziellen – Stukturen und Vorgängen zu erklären.
Ursprünglich ist die Natur-Philosophie (lat:: philosophia naturalis) eine Lehre über die Natur (Realität) auf der Basis ihrer sinnlichen Erfassbarkeit.

THEOPHRASTOS (372 – 287 v.u.Z.)
Nachfolger ARISTOTELES
stellte die Eigenständigkeit der Pflanzen heraus (gilt als Vater der Botanik)
suchte charakteristische, klassifizierende Merkmale, erkannte Schwierigkeiten der biologischen Systhematik aufgraund der großen Wandlungsfähigkeit
die Urzeugung betrachtete er kritisch, glaubte eher an die Einschleppung der Keime / Samen
lehnte die Zweck-Ursachen als allgemeines Prinzip ab, da es scheinbar unsinnige Dinge gibt (Bart u. Brustwarzen des Mannes, …)

ZENON (~300 v.u.Z.)
Begründer der Stoa, Stoiker glaubten an die der Materie innewohnende göttliche / übergeordnete Vernunft (pantheïstisches Weltbild)

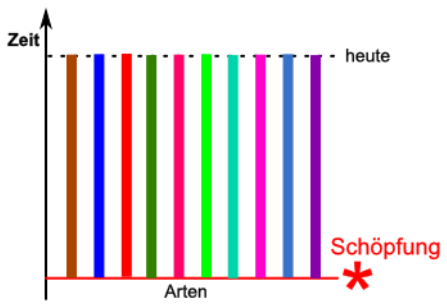
EPIKUR (342 – 271 v.u.Z.)
lehnte sich an DEMOKRITs atomistisches und mechanistisches Weltbild an, bildete Denk-Basis für die Epoche der Aufklärung (18. Jhd.)
ursprünglich gab es mehr verschiedene Arten von Lebewesen auf der Erde, die sich aber nicht alle durchgehend vermehren konnten und so ausgestorben sind, ihnen fehlten die besonderen Eigenschaften fürs Überleben (List der Füchse, Auge der Adler, Stärke des Löwen, Schnelligkeit des Hirsches, …) bzw. ein Schutz durch den Menschen aufgrund ihrer Nützlichkeit
erste Gedanken an evolutionäre Prozesse (Auslese ungeeigneter Arten, Veränderung der Arten-Zusammensetzung)

ERASTOSTENES von Kyrene (276–273 bis 194 v.u.Z.)
Natur-forschender Philosoph
Erde keine flache Scheibe; bestimmte den Erdumfang mit relativ guter Näherung (Fehler unter 5 %)
ging von einem unendlichen Universum aus, in dem es viele anderen Sonnen (→ Sterne) gibt
Erde als Kugel liegt frei im Universum; Erdachse verschoben; Erklärung der Sonnen- und Mond-Finsternisse aus den Bewegungen von Erde und Mond
er bestimmte auch die genaue Dauer eines Jahres und schlug einen korrigierten Kalender vor, der das Prinzip des heute gültigen GREGORianischen Kalender vorwegnahm, dieser Kalender konnte sich damals nicht durchsetzten (die damals benutzen Mond-, Nil- und Verwaltungs-Kalender hatten Fehler / Unstimmigkeiten bis hin zu 2 heutigen Monaten)
seine Schule entwickelte sich nach seinem Tod kaum weiter, es fehlten die herausragenden Persönlichkeiten

"böse" Frage zwischendurch:
Würden Sie mit Ihren heutigen Kenntnissen nur aus gemessen Strecken, Winkeln und Zeitpunkten bzw. Zeit-Abschnitten den Erdumfang berechnen können? Zeigen Sie den Weg!

kleine Hilfestellungen:
Er benutzte einen Brunnen, in dem zur Sommer-Sonnenwende die Sonne mittags keinen Schatten warf und eine Steele mit bekannter Höhe, die einen bestimmten Schatten warf. Der Abstand zwischen beiden Objekten war exakt bekannt.

jüdische Schöpfungs-Geschichte(n) des alten Testament's
meist nur die aus dem 1. Buch Moses betrachtet / bekannt
es gibt aber mehrere weitere – abgewandelte und andersartige – Schöpfungs-Geschichten im alten Testament



zeitlich werden die Texte des alten Testaments auf eine Zeit von 1000 bis 500 vor Chr. datiert

alle Arten von Gott / dem Herrn erzeugt ev. dann später ausgestorben (z.B. bei Sinnflut); Arten unveränderlich → Gott-gegeben

rein und absolut wörtliche Auslegung / Glaubhaftigkeit der Schöpfungs-Geschichte wird selbst von Kirchen-Itellektuellen angezweifelt und vor einer solchen gewarnt
wahrscheinlich auch, weil sie sich schon damals der Nichthaltbarkeit vieler Thesen und Aussagen bewußt waren

ähnliche Schöpfungs-Geschichten in fast allen alten Kulturen bekannt, unterschiedlich betonte Leistungen und Abfolgen, z.T. auch Ignoranz der Fragestellung

noch einordnen!

EMPEKDOKLES (um 490 v.u.Z.)
entwickelte aus anderen Denkschulen sein eigenes Gedanken-Modell
bei ihm entwickelten sich zuerst die niederen Lebewesen, dann die höheren Organismen, iwe Pflanzen und Tiere
es folgte dann der Mensch
zuerst waren die Organismen geschlechtslos und später entstanden dann durch Trennung Männchen und Weibchen
seine Lehren wurden ebenfalls nur wenig beachtet
aus heutiger Sicht sind schon viele Grund-Aussagen der modernen Wissenschaften von ihm gemacht worden; allerdings auch nur auf theoretischer Grundlage, echte (Praxis-)Beweise usw. fehlten völlig

2.1.2. christliche Epoche (0 – ~1400)

Ergänzung des alten Testamentes durch die Geschichten / Predikten von / um Jesus (→ Neues Testament)

ab ungefähr 500 kam dann Islam dazu, vereinte viele kulturelle Ideen
enthält ebenfalls Schöpfungs-Geschichte nach dem Prinzip des alten Testamentes

Definition(en): Idealismus
Der Idealismus ist die Weltanschauung / Weltsicht, die etwas Immaterialistisches für den Grund des Seiens hält.

christliche Glaubens-Strömung vereinnahmte viele Ideen aus anderen Kulturen und Glaubens-Richtungen

durch dogmatischen Idealismus stark eingeschränkte Naturwissenschaft, dadurch auch kaum bestimmende Persönlichkeiten oder Forscher; wenige empische Forschung und Aufzeichnungen; hauptsächlich philosophische Dispute (z.T. um Mini-Details mit extremer Härte)

Theologie vertrat Wahrheits-Monopol, Allein-Interpretations-Recht für alle Vorgänge in der Natur und der Gesellschaft
materialistische Standpunkte unterbunden und verfolgt (→ Inquisition)
jede noch so kleine Abweichung von kirchlich bzw. päpstlich festgelegten Glaubens-Vorgaben wurde als Ketzerei bezeichnet, wurde dann zum Mittel der Massen-Kontrolle (Hexen-Verbrennungen, …)

Suche nach Universalien (Begriffen, die allgemeingültig waren)
heftiger Streit, ob Unversalien bloße Worte (ohne Inhalt) sind oder etwas Wirkliches / Wesenhaftes (Nominalismus gegen (Begriffs-)Realismus)
für die Biologie ging es im Wesentlichen um die Begriffe Art und Gattung
AVICENNA / ALBERT DER GROSSE: Interpretation der Allgemeinbegriffe

- als Wesen der Dinge (von Ewigkeit her, im göttlichen Verstande) (Universalia ante rem (vor der Sache))
- als Materie (Universalia in re (in der Sache))
- als Erkenntnisakte des Verstandes (Universalia post rem (nach der Sache))

weitere bekannte Philsophen mit ebendiesem Weltbild Roger BACON (1214 – 1292) und Wilhelm VON OCKHAM (1300 – 1349; (OCKHAMs Rasiermesser))

AVINCENNA sah Versteinerungen als Naturspiele – als Wirkung einer bildenden Kraft (praktisch als Künstler) - an

Definition(en): Präformations-Lehre
Die Präformations-Lehre ist eine Lehre / Wissenschaft, die auf dem Schöpfungs-Gedanken basiert und von der Konstanz der Arten ausgeht. Die Organismen sind nach dieser Lehre im Ei / in der Eizelle vorgefertigt und wachsen dann nur noch aus.
Präformationismus ist eine Abstammungs- / Entwicklungs-Lehre, die davon ausgeht, dass schon in der Zygote (befruchteten Eizelle) bzw. in einer ähnlichen (minilistischen) Urform eines Lebewesens schon das Individuum als Kleinst-Objekt enthalten ist. Dieses muss dann nur noch wachsen und bestimmte Merkmale / Funktionen ausdifferenzieren / entwickeln. (Gegen-These ist die Epigenese.)

Definition(en): Theologie
Theologie (Gottes-Lehre) ist die Lehre / Wissenschaft, die sich mit Gottes Wesen und seinen Beziehungen zur Welt beschäftigt.

interessant ist das Auftreten einer Sintflut-Geschichte in fast allen größeren Kultur-Kreisen
zeitlich korrellieren diese ungefähr an einem Zeitpunkt von vor rund 18 bis 19'000 Jahren
wissenschaftliche Nachweise fehlen aber derzeit, kann aber auch ein von einer gemeinsamen Quelle ausgehender / auswandernder Gedanke am Anfang einer starken Kultur-Entwicklung gewesen sein
eine globale Sintflut wird derzeit aber ausgeschlossen

Definition(en): Teleologie
Die Teleologie ist eine Lehre / Wissenschaft, die ausgehend vom Schöpfungs-Gedanken davon ausgeht, dass die Dinge einen vorausbestimmten, unbedingten Zweck besitzen und die Vorgänge in der Natur entsprechend ablaufen.

2.1.3. die Neu-Entdeckung der Welt (~1400 – …)

Renaissance (~1400 -)
Wieder-Entdeckung der Natur (Renaissance = Wiedergeburt)
ausschweifende Beschreibung von Natur allgeimein und Pflanzen und Tieren im Speziellen;
Entdeckung neuer Erdteile (Amerika,)
Versteinerungen wurden nun als Relekte früheren (ausgestorbenem) Lebens erkannt
Georg BAUER (), Leonardo DA VINCI (1452 - 1519) und AGRICOLA (1494 – 1555)

PARACELSIUS (1498 – 1541)
war bemüht künstliches Leben herzustellen (Erschaffung eines Homunculus)

Hieronymus BOCK (1498 - 1554) und Mathias DE LOBEL (1538 – 1616; auch: LOBELIUS)
lehnten alphabetische Ordnung ab
legten leicht erkennbare Gruppen fest: Korbblütler, Doldenblütler, …
erste Versuch auch ökologische (abiotische) Aspekte mit einzubeziehen
beschreibt diverse Homologien (organische Analogien)

Conrad GESNER (1516 – 1656)
ordnete Organismen alphabetisch nach ihrem griechischen Namen, vor allem, weil er sich der Unzulänglichkeit und Lückenhaftigkeit seiner Zusammenstellung bzw. Ordnung bewußt war; bildet aber auch schon übergeordnete Gruppe nach Ähnlichkeiten / offensichtlichen verwandschaften

A. CAESALPINUS (1519 – 1603)
erstellt erste natürliche Pflanzen-Systematik, basierend auf Stellung und Gestalt der Früchte; seine Pflanzen-Familien sind bis heute die Basis der heutigen Klassifikation

HARVAY (1578 – 1657)
zweifelte an Schöpfungs-Theorie

M. A. SEVERINO (1586 – 1656)
erkennt rudimentäre Organe als solche (Augen beim Maulwurf, …); findet Misch- oder Mittel-Formen (Fledermaus als Kombination von Vogel und Maus)
erkennt übergeordnete Bau-Prinzipien

trotz all dem Wissen und der Detail-Besessenheit noch keine Abstammungs-Gedanken

James USSHER (1581 – 1656)
errechnete aus den Angaben der Bibel, dass die Welt rund 4000 Jahre von Menschen besiedelt ist. Insgsamt könne die Welt nur rund 6000 Jahre alt sein, was niemals für Entwicklungs-Vorgänge nach Art der Evolution hätte ausreichen können.

J. JUNGIUS (1587 – 1657)
induktives Arbeiten
Vergleich des Blüten-Baus führte zu einer ähnlichen Systematik, wie der von CAESALPINUS

REDI ()
konnte 1650 zeigen, dass bei faulem Fleisch unter einem Fliegen-Schutz keine Würmer heranwachsen

Definition(en): Vitalismus
Der Vitalismus ist die Vorstellung, welche Leben mit seinen speziellen Merkmalen anerkennt und es auf das Wirken nicht-materieller und nicht-erkennbarer Kräfte (Lebenskraft, Entelechie) zurückführt.

René DESCARTES (1596 – 1650)
stellte die Fragen nach der Erkenntnisfähigkeit des Menschen; zweifelte an allem, was nicht beweisbar war
sicher war er sich nur "ich denke" (cognito ergo sum: ich denke, also bin ich)
Lebewesen sind nach ihm leblose Automaten
Mensch ist Ausnahme – besitzt Seele

John RAY (1627 – 1705)
erstellt sehr weitreichende Systematiken für die Pflanzen und die Tiere
durch Zusammenfassen von Ähnlichkeiten immer weitere (höher-geordnete) Gruppen
bestand auf Konstanz der Arten und sah Urzeugung als ungeeignete Möglichkeit an

Baruch SPINOZA (1632 – 1677)
entwickelte pantheïstisches Weltbild; aus Gott (Ursubstanz) folgt alles, Gott ist die Gesamtheit der Naturgesetze (→ absoluter Substantialismus, beeinflusste z.B. auch HERDER und GOETHE)

LUEEWENHOEK (1632 – 1723)
entwickelte durch Kombination mehrere Linsen (Lupen) ein recht leistungsfähiges Mikroskop
beobachtete pflanzliche und tierische Einzeller sowie größere Bakterien
vertrat die vorherrschende "Schlammzeugungs-Theorie" nach der bestimmte Organismen aus dem Schlamm ur-gezeugt werden können

Gottfried Wilhelm LEIBNIZ (1646 – 1716)
versuchte Teleologie () und Mechanismus () und somit Theologie und Naturwissenschaft zusammenzuführen
mechanistisch ablaufende Naturgesetze sind zwangsläufig, dienen aber auch der Verwirklichung der Zwecke
Dinge / Welt bestehen aus zusammengesetzten Einheiten, es muss also elementare Einheiten geben, die er Monaden (Leib-Seele-Einheiten, Kraft-Träger) nennt
ein Monade ist ein selbstständiges Individuum, das die Welt in sich spiegelt, aber nichts aufnehmen oder abgeben kann
fühlte sich durch die Entdeckungen von Kleinstlebewesen (als Mikroben bezeichnet) in den gerade entwickelten ersten Mikroskopen durch LUEEWENHOEK (1632 – 1723) bestätigt
Monaden-Lehre (1714)
erster Populations-Gedanke, erste Ideen zu einer gemeinsamen Abstammung verschiedener Raubkatzen von einer ursprünglichen Katzen-Art
Fossilien werden von ihm als Zeugnisse ausgestorbener – früher lebender – Organismen betrachtet (nicht als Naturspiele)
weiterentwickelt von M. WAGNER, BATESON, DE VRIES, SCHINDEWOLF und GEORGE

Definition(en): Urzeugungs-Theorie
Die Urzeugungs-Theorie ist die Vorstellung, dass das Leben nicht nur aus sich selbst heraus entstehen kann, sondern auch aus leblosen Materialien..

selbst große Denker, Zweifler und Naturwissenschaftler, wie Isaak NEWTON (1643 – 1727), DESCARTES (1596 – 1650) und Immanuel KANT (1724 - 1804), glaubten an die Schöpfung

Benoit DE MAILLET (1656 – 1758)
entwirft erstes phylogenetisches Bild
Welt ist erfüllt von Lebens-Keimen; alles Leben entwickelt im / aus dem Meer, durch notwendige Anpassungen an das Landleben verändern sich die Organe; auch Menschen entwickelt sich aus Meeres-Organismen (angeblich gäbe es auch Meermenschen)

Johann Jakob SCHEUCHZER (1672 – 1733)
Versteinerungen sind Reste früherer Lebewesen;
ausgestorben sind sie durch die Sintflut (→ Sinflut-Theorie)
wurde durch Fehl-Interpretation eines Riesen-Salamander-Skeletts als (während der Sintflut) ertrunkener Mensch berühmt

Carl VON LINNÉ (1707 – 1778)
führte eine breite binäre Nomenklatur ein, straff hierarchisch aufgebaut
schloß auch Mensch als Gruppe innerhalb der Herrentiere ein
war sich der Künstlichkeit seines Systems bewußt, strebte eine immer bessere Anpassung an das natürliche System an
1735 Buch "Systema Naturae" enthielt über 4200 Tier- und 14'000 Pflanzen-Arten
führte wissenschaftliche Namen ein die aus – meist griechisch od. latainisch-stämmigen – Gattungs-Namen und Art-Teil bestehen; heute wird exakterweise immer nuch der Art-Beschreiber / Namengeber dahinter notiert (ev. abgekürzt)

Beispiele:
Siebenpunkt-Marienkäfer → *Coccinella septumpunctata* LINNAEUS
Zweipunkt-Marienkäfer → *Coccinella bipunctata* LINNAEUS
Mensch → *Homo sapiens* LINNAEUS

Arten wurde sehr genau beschrieben, Haupt-Kriterien für die Einteilung / Zuordnung waren anatomische und morphologische Merkmale
ähnliche Arten wurde zu Gattungen, ähnliche Gattungen zu Ordnungen usw. usf. zusammengefasst
glaubte auch an die Konstanz der Arten; durch den Fund radiärer Blüten-Varianten beim Leinkraut (eigentlich dorsiventral) wankte diese Position; im fortgeschrittenen Alter sprach er sich für den Art-Wandel aus

BUFFON (1707 – 1788)
eigentlich Georges Louis LECLERC, Comte des BUFFON
machte diverse Studienreisen, war Leiter der wissenschaftliche Sammlung des königlichen Naturalienkabinett's in Paris; erstellte eine insgesamt 36-bändige Naturgeschichte

lehnte lange Zeit die Entwicklung der Arten ab; Ähnlichkeiten und offensichtliche Verwandtschaften interpretierte er als Zeichen für die Schöpfung nach einer Idee
später tendierte er immer stärker zum Artwandel und der echten Verwandtschaft
entwickelte quasi eine Erdgeschichte: Erde als Sonnen-Splitter nach 30'000 Jahren abgekühlt, Ort für die Entstehung von Leben, Fossilien sind Zeugnisse früher lebender und ausgestorbener Organismen, für ihn war die Temperatur und deren Veränderung einer der entscheidenden Faktoren für das Aussterben bestimmter Arten
die Entwicklung des Menschen auf eben diesem Weg schloss er aber aus

Peter CAMPER (1722 – 1789)
postulierte den fehlenden Zwischenkiefer-Knochen beim Menschen bei der Sektion eines Orang-Utan als einzigen morphologischen Unterschied zwischen beiden Arten; bei den anderen Affen-Arten war der Knochen aber bekannt
für die Theologen ein entscheidender Beweis dafür, dass der Mensch nicht mit dem Affen verwandt sein kann

Immanuel KANT (1724 – 1804)
KANT-LAPLACEsche Theorie der Welt-Entstehung
historische Entwicklung der Arten nicht enthalten

Erasmus DARWIN (1731 – 1802)
(Großvater von Charles DARWIN)
vertrat als Naturwissenschaftler eine Entwicklungs-Theorie, ging schon stark in die Richtung, die später von Charles DARWIN vertreten wurde
kaum Anerkennung in der damaligen Wissenschaftswelt, Einfluß auf die Theorie von Charles DARWIN wohl eher gering

kopernikanischer und später DARWINistischer Schock führte zur Verhärtung der theologischen Positionen
völlige Abgrenzung und Ausgrenzung der Wissenschaften besonders der Natur-Wissenschaften
Rückschritte in vielen Bereichen: Medizin, Astronomie, Geographie, Physik, Pharmazie

Widersprüche werden für den einzelnen Menschen mehr oder weniger deutlich, Diskrepanzen zwischen Glaubensbild und beobachteten Weltbild
Mensch als zetrales Objekt genau auf der Konflikt-Linie

William PALEY (1743 – 1805)
Verfechter des Schöpfungs-Glaubens; Argumentation über das vorgebliche "intelligente Design"
eine Uhr z.B. funktioniert nur, wenn alle seine Teile perfekt miteinander arbeiten; ist eines beschädigt oder fehlt, dann ist i.A. die Funktion nicht mehr gegeben
Unmöglichkeit der Bildung von Komplexen Strukturen auf einen Schlag / durch eine Super-Mutation / … (dieses wird auch von den DARWINisten (Gradualisten) abgelehnt; nur einige Saltationisten behaupten die Notwendigkeit solcher Veränderungen für die Art-Neubildung)

später übertragen und bis heute von Kreationisten gerne benutzt auf das Phänomen:
- Auge
- Feder / Flügel
- die Geißel bestimmter tierischer Einzeller
- gleichwarmer Tiere

SAINT-HILAIRES (1772 – 1844)
Veränderungen im Körperbau usw. vollziehen sich langs und kontinuierlich (ohne Sprünge)
nutzlose Organe werden langsam zurückgebildet (z.B. Weisheits-Zähne, Wurmfortsatz am Blinddarm)
erkannte die Abstammung der Vögel von den Reptilien
vertrat den Standpunkt, dass alles Leben einen gemeinsamen (natürlichen) Ursprung hat
Evolution sei aber zu seiner Zeit schon beendet, seinerzeitige Arten sollten weitgehend beständig sein

2.2. die Evolutions-Theorie von LAMARCK

Die neue naturwissenschaftliche Phase der Veröffentlichung und Diskussion von Evolutions-Theorien kann man wohl im Wesentlichen mit William WHEWELL (1794 – 1866) beginnen.
Sein Katastrophismus versuchte zumindestens das Aussterben von Arten auf das Wirken relativ starker Umwelt-Veränderungen – eben z.B. von Katastrophen zu erklären. Riesige Vulkan-Ausbrüche, Erdbeben, Flutwellen, Meteroiten-Enschläge, … führten seiner Ansicht zu globalen Massenaussterben. Vorher wurde sowohl das Entstehen als auch das Aussterben von Arten nur dem göttlichen Wirken zugeschrieben.
Der Katastrophismus entstand als Gegenstömung zum Aktualismus, der von der Kontinuität der heute zu beobachteten Vorgänge über die verschiedenen Erdzeitalter hinweg ausgeht. Für viele nicht-biologische Vorgänge wird dieses Prinzip auch anerkannt und bildelt die Grundlage für ein Verständnis historischer / erdgeschichtlicher Prozesse.
Z.B. basieren die meisten absoluten Datierungs-Methoden darauf, dass bestimmte Vorgänge in ganz bestimmten Zeitabschnitte in ganz bestimmter Form ablaufen und das auch (über größere Zeitabschnitte) relativ gleichförmig.

Jean Baptiste DE LAMARCK (1744 – 1829)

folgte auf BUFFON
große Naturgeschichte geschrieben (19 Bänder), große Arten-Kenntnis, war die Basis für seine Entwicklungs-Theorie

Jean Baptiste LAMARCK
Q: de.wikipedia.org (Jules Pizzetta)

LAMARCK's Schlüsse basierten auf drei prinzipiellen Fakta (Fakten):

1. das Faktum (der Fakt) der abgestuften Ähnlichkeit
2. das Faktum des Angepaßtseins der Organismen an ihre Umwelt und an die Betätigungsmöglichkeit zur Lebenserhaltung

und

3. das Faktum der persönlichen Anpassung vieler Organismen in ihrem individuellen Leben

Faktum der Ähnlichkeit war für ihn das Zeichen für eine abgestufte Verwandtschaft

Stufen-weise Veränderungen oder Unterschiede zwischen Arten wurden von LAMARCK als Gebrauchs-Anpassungen interpretiert

Gebrauch-orientierte Veränderung der Organe und anschließende Vererbung; dies war eine neue (aus den drei anderen Fakta abgeleitete) These, die (von ihm) auch nicht bewiesen wurde

die drei Fakta konnten in der biologischen Welt bestätigt werden
tragischerweise ist sein Name negativ mit der abgeleiten, unbewiesen These in die Wissenschafts-Geschichte eingegangen

grundsätzlich stand LAMARCK für die Konstanz und für eine ewige Existenz der Arten

Vererbung erworbener Merkmale

Definition(en): LAMARCKismus
Unter LAMARCKismus versteht man heute die Form(en) der Evolutions-Theorie, die davon ausgehen, dass erworbene oder angestrebte Merkmale vererbt werden (können).

Natur-Gesetze LAMARCKs aus "Zoologische Philosophie" (1809; /10, S.73/)
Erstes Gesetz:
"Bei jedem Tiere, welches den Höhepunkt seiner Entwicklung noch nicht erreicht hat, stärkt der häufigere und dauernde Gebrauch eines Organs dasselbe allmählich, entwickelt, vergrößert und kräftigt es proportional der Dauer seines Gebrauchs; der konstante Nichtgebrauch eines Organs macht dasselbe unmerkbar schwächer, verschlechtert es, vermindert fortschreitend seine Fähigkeiten und läßt es endlich verschwinden."
Zweites Gesetz:
"Alles, was die Individuen durch den Einfluß der Verhältnisse, deren ihre Rasse längere Zeit hindurch ausgesetzt ist, und folglich durch den Einfluß des vorherrschenden Gebrauchs oder konstanten Nichtgebrauchs eines Organs erwerben oder verlieren, wird durch die Fortpflanzung auf die Nachkommen vererbt, vorausgesetzt, daß die erworbenen Veränderungen beiden Geschlechtern oder den Erzeugern dieser Individuen gemein ist."

Vererbungs-Regeln waren noch nicht bekannt (MENDEL lebte und forschte von 1822 bis 1884; seine Forschungen wurden aber erst 1900 (unabhängig durch DE VRIES, CORRENS und TSCHERMAK-SEYSENEGG) wiederentdeckt)

Definition(en): Naturalismus
Naturalismus ist die Weltsicht / Weltanschauung, die davon ausgeht, dass sich die Wirklichkeit / Realität / (umgebende) Welt ohne Zuhilfenahme von eines Außerweltliches / Übersinnliches erfassen und erklären lässt.

Von LAMARCK eingeführt und bis heute bewährt ist die dichotomische Gliederungs-Methode. Bei dieser werden Bestimmung-Schlüssel so aufgebaut, dass immer Alternativ-Antworten bzw. –Möglichkeiten zu (neuen) Gruppen und (neuen) Untergruppen von Organismen führen.

Definition(en): dichotomische Gliederungs-Methode
Die dichotomische Gliederungs-Methode ist ein Verfahren zur Gliederung / Ordnung von Organismen und deren Gruppen auf der Basis gegenübergestellter / gegensätzlicher / unterschiedlicher Merkmale.

Die Aussagen von LAMARCK wurden - besonders von den DARWINisten, aber auch von Evolutions-Gegnern - als Gegen-Theorie zu DARWIN dargestellt. Wenn DARWIN also Recht hat und haben soll, dann muss zwangläufig LAMARCK Unrecht haben. Viele Jahre waren LAMARCKisten die "bösen" Biologen / Evolutions-Forscher. Mit den Erkenntnissen der Epigenetik (→ 🕮 **Genetik**) und des EvoDevo-Konzeptes (→ 2.7. Epigenetik und das EvoDevo-

Konzept) bekommt man auf die Theorien von LAMARCK - zumindestens teilweise - einen neuen Blick.

Aufgaben:

1.

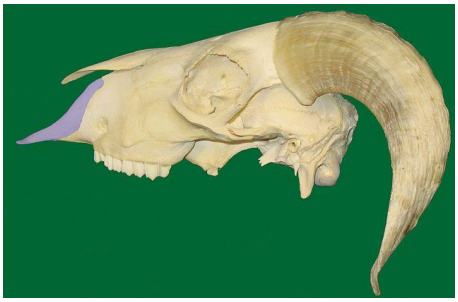
2.

3. Auf einer – lange isolierten – Insel wachsen die nebenstehend abgebildeten Bäume. Erstellen Sie einen dichotomen Bestimmungs-Schlüssel!

(c,p) 2014 - 2024 lsp: dre

2.2.1. Beiträge und Widerstände zur LAMARCKschen Theorie

Johann Wolfgang VON GOETHE (1749 – 1832)
meist nur GOETHE genannt
betrieb vergleichende Morphologie, konnte den "fehlenden" Zwischenkieferknochen finden (s.a. CAMPER (→ 2.1.3. die Neu-Entdeckung der Welt (~1400 – …))) und stellte die Wirbel-Theorie des Schädels auf
CAMPER () hatte den Zwischenkieferknochen des Affen als einzigen Unterschied zu den Menschen "gefunden"; GOETHE und Justus Christian LODER fanden den Knochen (1780) aber beim menschlichen Embryo.
suchte nach Urtyp von Pflanze und Tier



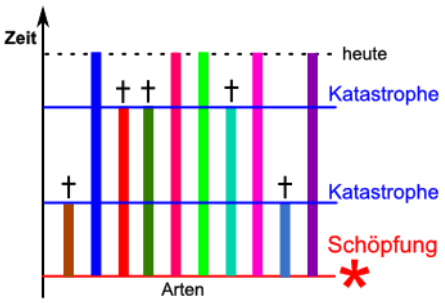
farbig markiert der der Zwischenkieferknochen bei einem Schaf-Schädel
Q: de.wikipedia.org ()

Thomas Robert MALTHUS (1766 – 1834)
veröffentlichte eine **"Bevölkerungs-Theorie"**, welche die Entwicklung der Menschheit als geometrische Reihe und die der Nahrung als arithmetrische Reihe betrachtet, daraus schloss, dass Elend eine unausweichliche Folge ist
die Stärken können sich durchsetzen
die Theorie war wohl für DARWIN Inspiration für sein "Kampf ums Dasein"

schärfster Gegner LAMARCKs war Georges DE CUVIER (1769 – 1832)
wegen seiner großen anatomischen und morphologischen Kenntnisse bekannt, wendete Vergleiche auch auf Fossilien an
stellte das "Gesetz der Korrelation" auf; besagt, dass sich die Änderungen eines Merkmal's (z.B. die Länge eines Knochen's) nur erfolgen kann, wenn sich auch das Ganze (die restlichen / benachbarten / abhängigen Knochen usw. usf.) (proportional) ändert

Katastrophen-Theorie, ursprünglich von ihm Kataklysmen-Theorie genannt (kataklysmos = griech.: Überschwemmung
ging davon aus, dass größere Veränderungen in Fossilien-tragenden Gesteinen (deutlich andere Gesteine) auf große erdgeschichtliche Veränderungen hindeuten
bei der Untersuch der Fossilien in solchen Gesteinsschichtungen fand er dramatische Formen- und Arten-Veränderungen
unterschiedliche Fossilien (unterschiedliche Arten und Entwicklungssufen) weisen auf eine Entwicklungsgeschichte hin
die Betonung auf Überschwemmungen kam aus der von ihm gemachten Beobachtung, dass in den Grenzschichten sehr häufig Schnecken und Muscheln gefunden wurden.
bei großen Überschwemmungen oder allgemein erdgeschichtlichen Katastrophen (Überschwemmungen, Kontinentalplatten-Zusammenstößen od. –Abbrüchen, Vulkanismus, Eis- und Warm-Zeiten, …) kommt es nach seiner Theorie zum Aussterben vieler (/ der meisten) Arten. Nur wenige Arten überlebten bzw. Arten aus anderen Regionen wanderten ein und besetzten die frei-gewordenen ökologischen Plätze

überlebende Arten entwickelten sich weiter oder wurden neu geschaffen oder wanderten ein



neben der irrtümlichen Überbetonung der Überschwemmungen lag CUVIER auch bei seiner angenommenen Arten-Konstanz falsch; ähnlich ging es LINNÉ.
für CUVIER gab es nur innerhalb bestimmter Gruppen (z.B. Meeres-Bewohner) eine zusammenhängende Stufenfolge

CUVIER sah die Haupt-Ursache für die den veränderten Arten-Mix in den Katastrophen selbst. Heute gehen wir davon aus, dass die veränderten Umwelt-Bedingungen neue oder veränderte ökologische Nischen für die neuen Arten auftaten.

CUVIER war auch ein Gegener von GEOFFROY DE SAINT-HILAIRE
tragen den über Frankreich hinausragenden Akademie-Streit aus
während CUVIER immer mehr und stärker für das Herausarbeiten von Unterschieden steht, geht es GEOFFROY um das Ähnliche – die Analogien (GOETHE bezieht z.B. Position auf GEOFFROYs Seite)

Definition(en): Katastrophen-Theorie
Die Katastrophen-Theorie ist ein Erklärungs-Versuch, der dramatische erdgeschichtliche Umgestaltungen für das Aussterben einer Vielzahl von dominierenden Arten einer erdgeschichtlichen Epoche verantwortlich macht. Nur wenige überlebende (- meist besonders robuste -) Arten verbreiteten sich in der nachfolgenden Epoche und bilden das Ausgangs-Material für viele neue Arten.

Lorenz OCKENFUSS (1779 – 1851)
auch als Lorenz OKEN bekannt
unterschied zwei Zuegungs-Arten
1. die eigentliche Erzeugung
und
2. die folgende Fortpflanzung
alle höheren Organismen sind nach seiner Betrachtung aus anderen entwickelt – auch der Mensch
nur auf der Größe von Infusorien (einzellige Tierchen) könnte ein – wie auch immer gelagerter – Zeugungs-Vorgang vonstatten gegangen sein (eher aber materialistisch)

Charles LYELL (1797 – 1875)
In der gleichen Zeit beschäftigte sich auch Charles LYELL mit der Erforschung der Erdgeschichte. Er behauptete, dass zu historischen Zeiten die gleichen Naturgesetze galten, wie heute. Dies wird Aktualitäts-Prinzip (Gleichförmigkeits-Prinzip) oder auch **Aktualismus** genannt.
LYELL hat für sein Akualitäts-Prinzip ältere Ideen von James HUTTON übernommen, weiterentwickelt und bekanntgemacht.

Definition(en): Aktualismus
Theorie, die davon ausgeht, dass zu früheren Zeiten die gleichen (- heute noch gültigen -) Naturgesetze vergleichbare Prozesse und Situationen hervorgerufen haben.

LYELL leitete aus seinen Thesen ab, dass die Erde Millionen Jahre alt sein muss
DARWIN übernimmt viele Aussagen in seine Theorie und LYELL nimmt DARWINsche Thesen in die 10. Aufl. seiner "Prinzipien der Geologie" ("Principles of Geology", 1829 (1. Aufl.))

Johannes MÜLLER (1801 – 1858)
Arten sind unveränderlich; hartnäckiger Gegner der Evolutions-Theorie
Lehrer von VIRCHOW und HAECKEL

Louis PASTEUR (1822 – 1895)
konnte um 1860 nachweisen, dass Mikroorganismen von außen hinzukommen müssen, damit Fleisch fault
widerlegt damit Urzeugungs-Theorie
bleibt aber dem Schöpfungs-Gedanken weiter verbunden

erstmals von SPALDING (1873) vorgeschlagene Theorie der genetischen Assimilation
es entsteht – von außen betrachtet – der Eindruck, dass bei bestimmten evolutionären Vorgängen / Auslesen erworbene Merkmale im Vordergrund stehen

Definition(en): BALDWIN- / WADDINGTON-Effekt
Beim BALDWIN- / WADDINGTON-Effekt handelt es sich um die Illusion einer Vererblichkeit von erworbenen Merkmalen in der natürlichen Auslese.

Um 1895 entwickelte sich ein starker Neolamarckismus. Dieser wurde durch breite Zweifel an der DARWINschen Theorie befeuert. Es fehlten für diese zu viele Argumente.
Der Neolamarckismus warr aber eher eine diffuse Strömung ohne klare Abgrenzungen. Vielfach wurde noch eine Körper-interne Kraft als weiterer Evolutions-Faktor postuliert.
Die Vorstellungen WEISMANN's zur Vererbung wurden zwar kategorisch abgelehnt, aber auch keine alternative Theorie angeboten.
Eigentlich hätte die DARWINsche Verebungs-Theorie gut gepasst. Diese galt aber schon zu dessen Lebzeiten als widerlegt.

2.3. klassische Evolutions-Theorie nach DARWIN und WALLACE (DARWINismus)

Problem-Fragen für Selbstorganisiertes Lernen

Hat DARWIN uneingeschränkt Recht mit seiner Evolutions-Theorie?

Wie verläuft Evolution nach DARWIN?
Welche Faktoren haben Vorrang bzw. wirken entscheidend?

Warum hat DARWIN nach der Fertigstellung seiner Theorie / seines Buches solange gewartet, bis er sie / es veröffentlichen ließ?
Warum wird DARWIN zu seiner Zeit nicht verstanden und vielfach verhöhnt?

Ist die Theorie von DARWIN der Weisheit letzter Schluß?
Was ist die Moderne Synthese? Was hat das mit der synthetischen Evolutions-Theorie zu tun?

Warum gilt die DARWINsche auch heute noch, obwohl nach ihr viele neuere Theorien entstanden sind? Wird hier DARWIN aus Prinzip und völlig unberechtigt verehrt?

In mancher Literatur spricht man eher von der Evolutions-Theorie von DARWIN und WALLACE. Was hat es damit auf sich?

Was sind egoistische Gene? Welche Rolle spielen sie in der bzw. für die Evolution?

Charles Robert DARWIN (1809 – 1882)
Geburt DARWINs fällt mit der Veröffentlichung der LAMARCKschen "Zoologischen Philosophie" zusammen
studiert Religion, befasst sich aber auch mit diversen naturwissenschaftlichen Forschungen

Charles DARWIN
Q: de.wikipedia.org (John van Wyhe)

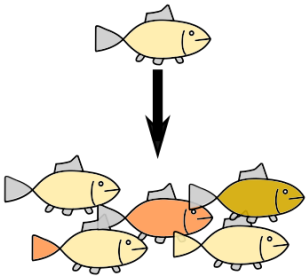
breite Kenntnisse aus Büchern, eigene Beobachtungen

alle Argumente, die er findet, widersprechen seinem eigenem religiösen Weltbild

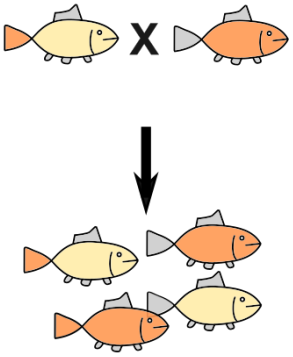
lehnt LAMARCKschen Unsinn von der "Neigung zum Fortschritt" der "Anpassung infolge des langsam wirkenden Willens der Tiere" – wie er es nannte - ab

DARWINs Haupt-Leistung bestand darin, die – vorher nur sporadisch und in erlesenem Wissenschaftler-Kreisen angedachten – Entwicklungs-Gedanken für das breite wissenschaftliche und nicht-wissenschaftliche Publikum verfügbar / nachvollziehbar zu machen

Natur produziert **Varietäten**, die sind geringfügig (innerhalb der Art-Grenze) unterschiedlich, es gibt normalerweise eine **Überzahl von Nachkommen**, die über die Möglichkeiten der Umwelt (des Lebensraum, ökolgische Kapazität) liegt
Ursache konnte er nicht erklären (Mutationen wurden erst nach 1900 von DE VRIES entdeckt)

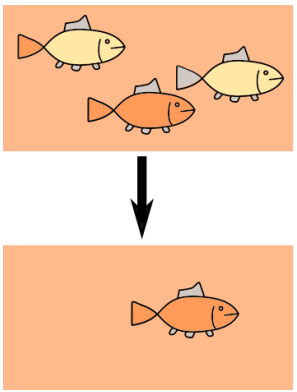


es kommt zum Vermischen der elterlichen Merkmale (die MENDELschen Erkenntnisse waren damals kaum bekannt und auch nicht anerkannt)



weniger geeignete Varietäten werden zuerst sterben (verhungern, erjagt werden, erkranken, …)

die fitteren (besser angepassten) haben höhere Chancen zum Überleben
Plätze im Haushalt der Natur (→ ökologische Nischen) werden durch Variietäten / Angepasstere besetzt, haben eine höhere bessere Chance zur Fortpflanzung → natürliche Zuchtwahl (Auslese)



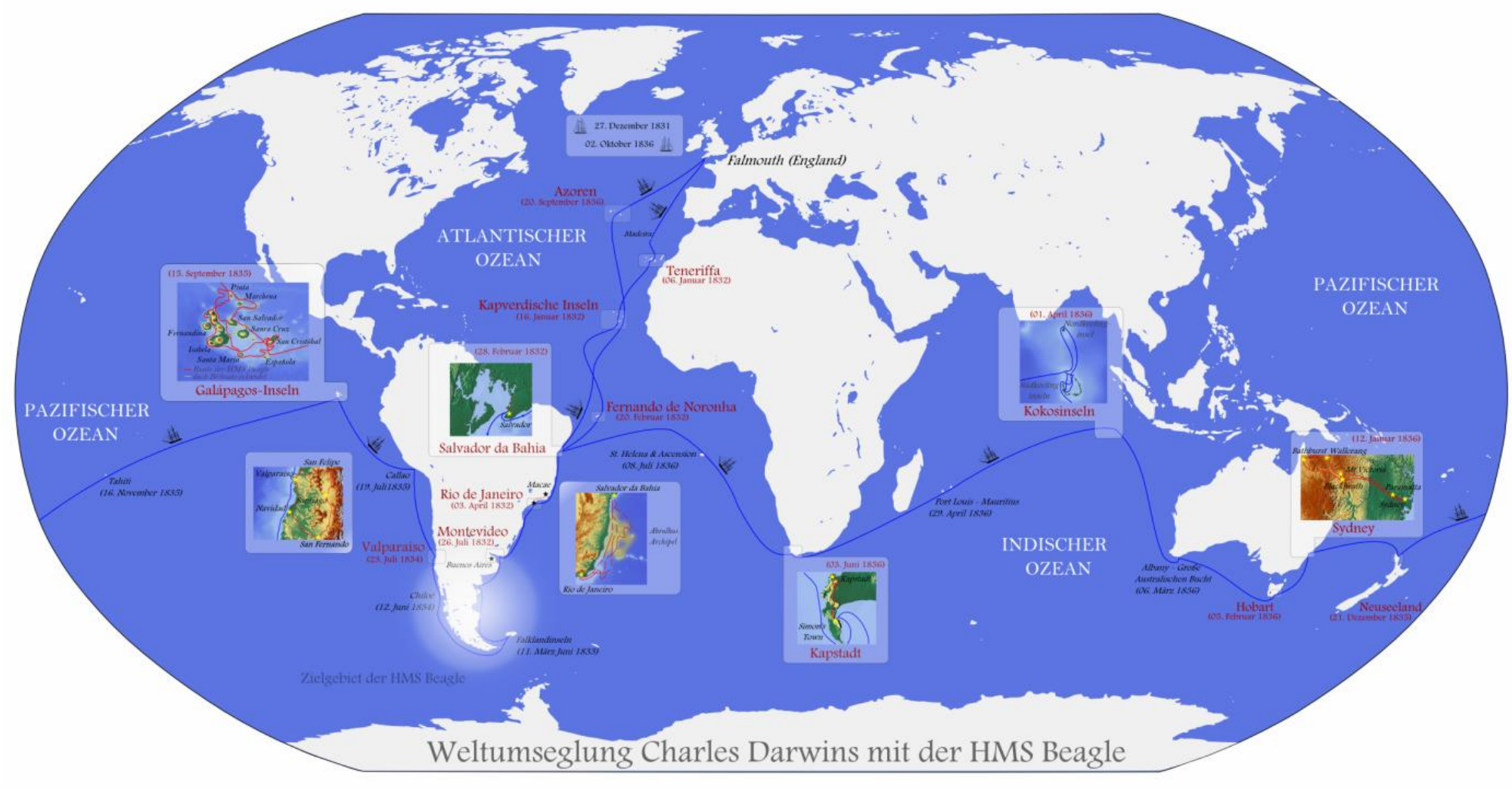
nach und nach vergrößern sich die Unterschiede und es können neue Arten entstehen

in der zeitlichen Nachfolge sind Varietäten (mögliche) werdende Arten

seine "natürliche Zuchtwahl" begründet sich aus den Notwendigkeiten des MALTHUSschen Gesetzes (→ 2.2.1. Beiträge und Widerstände zur LAMARCKschen Theorie (Bevölkerungs-Gesetz))

Ursachen und Mechanismen der Veränderlichkeit und der Vererbung kann DARWIN nicht anbringen
bleiben die entscheidenden Markel seiner Theorie
Überprüfbarkeit der DARWINschen Theorie wurde zur damaligen Zeit absolute verneint
die zeitliche Komponente (Vorgänge über Millionen von Jahren hinweg) nur extrem schwer vorstellbar (damals mehr als heute)
heute nur teilweise beweisbar (Auslese-Experimente mit Organismen, die kurze Reproduktions-Zeiten haben); historisch aber wohl niemals beweisbar sein werden
nur Argumente – z.T. auch aus anderen Naturwissenschaften – zur Stützung der Theorie
Argumente werden aber immer mehr und vielgestaltiger

Welt-Reise mit der "Beagle" 1831 bis 1836

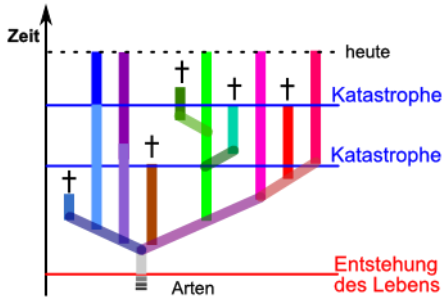


Q: de.wikipedia.org (Devil_m25)

(c,p) 2014 – 2024 lern-soft-projekt: drews

arbeitet nach der Reise an mehreren Büchern u.a. auch an seinem späteren Hauptwerk "Die Entstehung der Arten durch natürliche Zuchtwahl"
1855 erkennt er bei Gesprächen mit WALLACE dessen gleiche Betrachtungsweise und Erkenntnisse
1856 beginnt DARWIN (auf Anraten LYELLs) an seiner Evolutions-Theorie zu arbeiten; DARWIN fand durch seine Beobachtungen das Aktualitäts-Prinzip (von LYELL) bestätigt
scheute sich aber in der stark religiös geprägten – viktorianischen – Zeit ein so provokantes Werk zu veröffentlichen

WALLACE schickt ihm ein Manuskript (1858), in dem er seine praktisch gleichartige Evolutions-Theorie vorstellt; DARWIN sieht sich um sein Lebenswerk gebracht
1859 DARWIN veröffentlicht er sein Werk "The origin of species"



Definition(en): DARWINismus
Der DARWINismus ist eine (natur-)wissenschaftliche Theorie über die stammesgeschichtliche Entwicklung der Organismen durch natürliche Zuchtwahl (Auslese).

neben dem natur-wissenschaftichen Verständnis gibt es noch eine soziale bzw. kulture Nutzung des Begriff's
diese Übertragung und Interpretation entzieht sich aber der biologischen Grundlagen und bezieht sich mehr auf ein sehr pauschales, gemein-populäres Verständnis der Evolutions-Vorgänge; die Übertragung auf die soziale und gesellschaftliche Ebene ist wissenschaftlich nicht begründet und kaum haltbar

Evolutions-Faktoren aus der Sicht DARWINS

- **Variabilität** (richtungslos und im Überschuß)
- **Auslese** (Kampf ums Dasein, Überleben der (biologisch) Fittesten)
- **Umwelt-Veränderungen** (→ Katastrophen-Theorie)

Die DARWINsche besticht durch ihre Einfachheit und Universalität. Gerade dadurch konnte sie sich 150 Jahre halten. Natürlich sind in den letzten 100 Jahren viele Ergänzungen, Konkretisierungen und Verlagerungen der Schwerpunkt-Setzungen dazugekommen. Im Kern steht die Theorie aber sehr robust.

Ein spezielles Problem stellt die Pangenesis dar. Dabei geht es um die Vererbung von (neuen) erworbenen Eigenschaften. Als allgemeines Prinzip konnte diese Merkmals-Veränderung nicht bestätigt werden. Weshalb die DARWINisten auch LAMARCK ja so entschieden ablehnen. Nichts desdo trotz gibt es aber einzelne, seltene Effekte, die eine gewisse Vererbung / Weitergabe erworbener Merkmale bzw. erlebter Bedingungen andeuten.
Die musste und DARWIN auch anerkannt. Erklären konnte er sie nicht.

DARWIN's Versuch einer Vererbungs-Lehre nannte er selbst "vorläufige Hypothese der Pangenesis". In dieser benutzte er als Vererbungs-Elemente sogenannte Gemmulae. Gemmulae

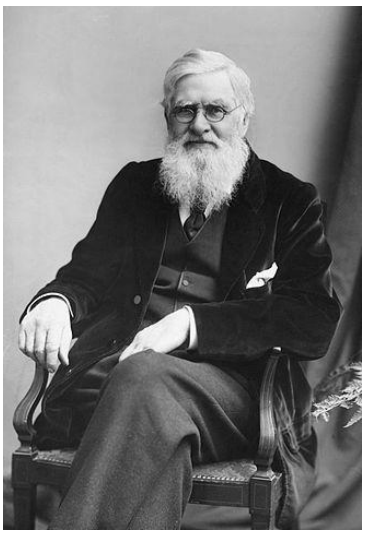
sollten kleine Partikel sein, die normalerweise in den Geweben vorkommen und dort die Neubildung der Zellen organisieren. Die Gemmulae sollten sich ab und zu teilen. Einige der Gemmulae sollten dann über das Blut in die Keimdrüsen gelangen und von dort mit den Keimzellen an die Nachkommen weitergegeben werden. In den Nachkommen würden sich dann die Gemmulae neu organisieren und den Aufbau des neuen Organismus steuern.
Nach DARWIN sollten sich in den Nachkommen die Merkmale, die mit den Gemmulae übertragen werden, mischen.
Für viele Zwecke in seiner Evolutions-Theorie reichte diese Vererbungs-Theorie aus. Was aber völlig unklar blieb, ist die Ursache von Variabilität, die er ja für seine Evolutions-Theorie unbedingt brauchte. Hier sah er seltsamerweise, die Ernährung und die Umwelt als Ursache an, was allerdings der LAMARCKschen Betrachtung entsprach.

Der Cousin DARWIN's Francis GALTON versuchte mittels Blut-Transfusions-Experimenten die Vererbungs-Theorie zu belegen. Dazu übertrug er das Blut von weißen Kaninchen in schwarze Kaninchen. Nach der Gemmulae-Theorie hätten die Nachkommen nun gräuliches Fell haben müssen. Auch bei weiteren Forschungen fand GALTON nicht einen Fall mit einer Mischung von Merkmalen.

Für DARWIN läuft Evolution in Populationen ab, dabei ist jedes Individuum einmalig und einzigartig und unterliegt als Solches der Prüfung durch die Passung zu den gerade herrschenden Umwelt-Bedingungen und Situationen (Zufällen). Dies ist die "natürliche Zuchtwahl".

DARWIN dachte auch schon an weitere Aspekte der Evolution. Zum einen sah er die sexuelle Selektion als einen wichtigen Faktor an. Bei der sexuellen Selektion geht es um die Auswahl des einen Geschlechts durch das andere anhand bestimmter (auffälliger) Merkmale. Solche Merkmale sind z.B. das Geweih, Stoß-Zähne, auffällige Schwanzfedern, lauter Gesang, …). Meist sind diese Merkmale eigentlich im normalen Leben hinderlich und verschlechtern die täglichen Überlebens-Chancen. Trotzdem wählen die Weibchen aber genau nach der Ausprägung der Merkmale aus. Dabei entsteht der Eindruck, dass es hier einen Widerspruch zur DARWINschen Evolution gibt. Sieht man die besonderen Merkmale aber als Zeichen für einen besonders guten Gesundheits-Zustand, die Fähigkeit, sich trotz Handycap noch sehr gut zu überleben, Feinden zu trotzen usw., dann bekommen die Merkmale wieder typische DARWINsche Bedeutungen

Alfred Russel WALLACE (1823 – 1913) kam ebenfalls zu den gleichen wissenschaftlichen Standpunkten wie DARWIN. Er entwickelte seine Theorie weitgehend unabhängig von DARWIN. Dieser veröffentliche seine eigene Theorie – die er praktisch im Schrank zurückhielt, weil er sich der gesellschaftlichen Provokation weitgehend bewußt war – erst, als WALLACE ihm sein Manuskript zum lesen gab. DARWIN sah sich wohl um die Früchte seiner jahrzehnte langen Arbeit gebracht und veröffentlichte dann kurz vor WALLACE.
Genauso wie bei DARWIN unternahm WALLACE Reisen in diverse Länder und geographische Regionen. Er sammlte und studierte viele Pflanzen und Tiere und hielt nach den Reisen viele Vorlesungen.
WALLACE achte und akzeptierte DARWINs herausragenden Leistungen um die Entwicklung einer Evolutions-Theorie, dass er sogar eines seiner späten Bücher "Darwinismus" (1889) nannte.
WALLACE machte sich aus als Wirtschaftswissenschaftler, Sozialist und Verfechter für das Frauenwahlrecht sowie eine bessere soziale Gerechtigkeit einen Namen.



Alfred Russel WALLACE
Q: de.wikipedia.org (London Stereoscopic & Photographic Company)

Ein großes Problem hatte WALLACE mit der Bildung eines Bewußtsein's aus der reinen Anhäufung von Nerven / Gehirn. Das er hiermit im Widerspruch zu DARWIN war, war ihm klar.
Zum Ende seines Leben's nahm WALLACE aber auch sehr zweifelhafte Positionen ein. So sagte er sich von DARWIN's Theorie los, angeblich um ihn zu "überrumpeln". Desweiteren orientierte er sich immer mehr an mystischen Anschauungen, die er in diversen spiritistischen Sèancen auslebte.

Viele – damals sehr anerkannte Biologen – lehnten die Thesen DARWINs ganz entschieden ab. Dazu gehörten Louis AGASSITZ (), Karl HERSCHEL, Richard OWEN, SEDGWICK und Karl Ernst VON BAER (1792 – 1876). Besonders heftig wurde die Selektions-Theorie diskutiert.

begeistert wurde die Theorie von HAECKEL und WEISMANN aufgenommen und fand in ihnen die wichtigsten Verfechter

eine große Stütze war die Mutations-Theorie von DE VRIES, der die kleinen sprunghaften Veränderungen von Merkmalen durch Veränderungen im Erbmaterial nachweisen konnte
nach der Wiederentdeckung der MENDELschen Regeln (1903) bildete sich eine Gruppe von Wissenschaftlern – die MENDEListen, welche die Neubildung von Arten durch Rekombination und (kleine) Muationen ablehnten. Sie bestanden auf der Notwendigkeit von Groß-Mutationen mit neuartigen Phänotypen. In ihrem wissenschaftlichen Mittelpunkt standen Gene und Merkmale. Ein großer Vertreter diese Gruppe war z.B. Thomas Hunt MORGAN (1866 – 1945).

Die Naturalisten stellten eine den MENDEListen entgegengesetzte Strömung dar. Sie sprachen sich für die entscheidende Wirkung der natürlichen Auslese aus. Für die Naturalsiten standen Populationen und vielgestaltige Individuen im Vordergrund der Forschung.

heute mit einbezogene Evolutions-Faktoren (→ synthetische Theorie):

- Gendrift
- Mutation
- Rekombination
- Selektion

auch wenn es gerne von einigen "Wissenschaftlern" und / oder Demagogen unterstellt wird, in DARWIN's Hauptwerk und seiner Evolutions-Theorie ist nirgends von der Entstehung des Lebens selbst die Rede
Selbst, wenn DARWIN dahingehend eine Vorstellung hatte, so wird er sie wohl aufgrund ihrer gesellschaftlichen Brisanz für sich behalten haben. Sie wird vielleicht auch für Ihn selbst als religiöser Mensch einfach zu unglaubwürdig gewesen sein.

DARWIN konnte auch die Variabilität von Merkmalen – die ja das Auslese-Kriterium darstellten – nicht erklären (Wissen zu Mutationen kam erst nach 1900)
Erst im Jahre 1871 äußerte er die Vermutung, dass vielleicht in einem Tümpel, in dem verschiedene anorganische Stoffe vorhanden waren, der mögliche Ursprung zu finden sein könnte. Der Wissenschaftler HALDANE griff dann später die Idee auf und vermutete als Ursprung dann doch eher den Ozean.

Und was viele nicht wissen oder ahnen: DARWIN war LAMARCKist. Das nebenstehende Zitat aus seinem Hauptwerk belegt es ziemlich deulich.

> Die im ersten Capitel angeführten Thatsachen lassen wenig Zweifel übrig, daß bei unseren Hausthieren der Gebrauch gewisse Theile stärkt und vergrößert und der Nichtgebrauch sie verkleinert hat, und daß solche Abänderungen erblich sind.
> Charles DARWIN
> (Die Entstehung der Arten durch natürliche Zuchtwahl.-Kap. 5; 6. Auf. (1876)
> Q: archive.org (PDF-Version: S.85))

BRONN (- 1862)
war der erste Übersetzer von DARWINs Werk ins Deutsche
postulierte Vervollkommnungs-Richtungen (1858):

- zunehmende Arbeitsteilung und Differenzierung zwischn den Strukturen
- Reduktion der Zahl homologer Organe und Strukturen
- Konzentration wichtiger Körper-Funktionen
- Zentralisierung der homonymen Organe
- Internierung (Nich-Innen-Verlagerung) von anfänglich oberflächlich verteilter Organe und Funktionen

Louis DOLLO (1857 – 1931) formulierte eine Regel über die Irreversibilität der Entwicklung (1890). Dabei geht es darum, dass eine Höherentwicklung (höhere Komplexität, …), wenn sie einmal in der Evolution verloren gegangen ist, in der gleichen Art nicht wieder möglich ist. Weiterhin werden die gleichen höher entwickelten Merkmale niemals wieder über den gleichen Weg / die gleichen Schritte / Entwicklungsstufen re-evolutioniert.
DOLLO spricht von einer gerichteten Evolution (Orthoevolution).

DOLLOsche Regel (DOLLOs Gesetz):
Evolution ist ein gerichteter Prozess (Orthoevolution) und prinzipiell unumkehrbar.

Belege

- reduzierte Zehen-Zahl bei Paar- u. Unpaarhufern wurde niemals wieder vergrößert
- Wasser-lebende Säuger bekamen nie wieder Kiemen, obwohl diese embryonal angelegt werden
- auf molekularer Ebene an Glukokortikoid-Rezeptoren

Scheinbare Ausnahmen

- Gespenstheuschrecken, die erst Flugfähigkeit verloren haben, sie dann Mio. Jahre später wiedererlangt haben
- bei (einer Familie der) Hornmilben, die sich evolutionär von der geschlechtlichen zur ungeschlechtlichen entwickelt haben, haben diese wiedererlangt

Gegen-Beispiele sehr an menschlicher Vorstellung von Vorteilhaftigkeit orientiert. Zum Teil lassen sich die Effekte aber auch einfacher – ohne Verletzung der DOLLOschen Regel – erklären.

Aber auch DARWIN war nicht frei von sehr wagen Theorien. So beschrieb er (in seiner pangenetische Theorie) ein Konzept zur Vererbung von erworbenen Merkmalen über sogenannte Germula (germ granules). Diese sollte aus allen Teilen des Körpers Informationen in die Keimzelle zusammentragen.
Diese lange – auch von DARWINisten – als "Quatsch" bewertete Theorie erweist sich heute als eher prophetisch, wenn nicht sogar genial.
Man fand (2024) elektronenmikroskopisch kleine extrazelluläre Vesikel (EV's; Durchmesser: 30 – 150 nm) mit doppelter Membran-Hülle, die sogenannten **Exosomen**, die miRNA (miR-34c) zu den Vorläufer-Zellen der Gameten transportieren. Daneben enthalten die Exosomen auch noch Proteine (Signal- und Struktur-Proteine) und verschiedene Metaboliten. Nachweislich werden Umwelt-Einflüsse, wie Stress, Mager- oder Überfluß-Ernährung, bestimmte Nahrungs-Präferenzen auf einige Nachkommens-Generationen vererbt (2025; CHAMPROUX, FEIG, … (Stress bei Vätern → veränderte Astrocyten im Gehirn)).

ein großes Problem für die DARWINsche Theorie waren die zu dieser Zeit fehlenden Nachweise für das Prinzip der Vererbung (MENDELsche Regeln) die Möglichkeit von Mutationen und die natürliche Zuchtwahl

weiterhin hatte der sehr angesehene Lord KELVIN berechnet, dass die Erde ungefähr 1 Millionen Jahre alt sein müsse. Er hat dies aus der Abkühlung des Erdkörpers berechnet. Für die DARWINschen Vorgänge müsste man aber eher mit 1 Milliarde Jahre rechnen.

Thomas Henry HUXLEY (1825 – 1895) zählt als Hobby-Wissenschaftler und Politiker zu den ersten wissenschaftlichen Kritikern, die die Schwachstellen der DARWINschen Theorie aus der damaligen Sicht offen legten
er wurde auch als "Darwins Bulldogge" bezeichnet

durch John Maynard SMITH (1920 - 2004) - einem britischen Evolutions-Biologen - sind für eine Gruppe von Objekten (Entitäten) die folgenden vier Merkmale wesentlich dafür, dass es zu evolutionären Veränderungen über die Selektion kommen kann:

- **Vervielfältigung** eine Entität kann sich reproduzieren und dabei vermehren
- **Variation** die reproduzierten Entitäten unterscheiden sich leicht voneinander und auch von der Vorgänger-Entität
- **Vererbung** die Nachkommen der (Vorgänger-)Entität entsprechen dieser in den meisten Merkmalen und unterscheiden sich von anderen Entitäts-Typen in mehreren Merkmalen
- **Konkurrenz** einige der vererbten und variierten Merkmale beeinflussen die Überlebens- und Reproduktions-Wahrscheinlichkeit der Entität

Die evolutionären Entwicklungen kommen allerdings nach seinem (einfachen) Modell dann zum Stillstand, wenn alle Entitäten gleich sind und damit der gleichen Konkurrenz unterliegen. Für sie ist dann die Überlebens- und Reproduktions-Wahrscheinlichkeit gleich, was dann nur noch eine rein zufällige Selektion ohne Auswirkungen zur Folge hat.

"DARWIN's Algorithmus":

- Vermehrung
- Variation
- Konkurrenz
- Selektion

Aufgaben:

1. *In einem online-Wissenschafts-Magazin (Techniker Krankenkasse) tauchte u.a. der folgende Text-Abschnitt auf.*

   Geschicktes Täuschungsmanöver. Wie viele andere Insekten oder Vögel bedienen sich auch die Schwebfliegen des so genannten Mimikry-Prinzips. Mimikry bedeutet, dass Tiere andere Gattungen oder Tierarten optisch nachahmen, um ihre Feinde zu täuschen. Dazu verändern sie ihre Körperform und ihre Farben und legen sich neue Muster und Schattierungen zu.

   a) Analysieren Sie den Text! Welcher Eindruck wird hier erweckt? An welchen evolutions-theoretischen Standpunkten orientiert sich diese Darstellung?

   b) Prüfen Sie den Text auf seine Wissenschaftlichkeit (im Bereich der Biologie)!

   c) Formulieren Sie einen passenden Text-Abschnitt, der Mimikry aus der Sichtweise der DARWINschen Evolutions-Theorie widerspiegelt!

   d) Formulieren Sie einen Text (z.B. Artikel für die Schüler-Zeitung), in dem der gesamte Sachverhalt wissenschaftlich basiert dargestellt wird!

interessante Links / Quellen:

https://www.nature.com/articles/s12276-024-01209-y (zu Exosomen; LEE et. al.)

https://archive.org/details/berDieEntstehungDerArtenDurchNatrlicheZuchtwahlOderDieErhaltung (dt. Übersetzung von DARWIN's Hauptwerk)

2.3.1. gesellschaftliche Wirkungen der DARWINschen Theorie nach deren Veröffentlichung

auch im wissenschaftlichen Umfeld war die Theorie von DARWIN umstritten, da sie sehr komplex und neuartig war
vor allem die Langfristigkeit und das Wirken des puren Zufalls waren in dieser Zeit schwer zu verstehen und zu vermitteln
alle wissenschaftlichen Aussagen usw. waren bis dahin vor allem mit gut überschaubaren Vorgängen befasst
Zufälligkeiten – die auch noch über Wahrscheinlichkeiten – funktionierten konnte sich kaum jemand vorstellen, dazu fehlte auch das breite mathematische Verständnis

in der breiten – vorrangig nur religiös gebildeten – Bevölkerung herrschte fester Glaube an Gott vor, zu dieser Zeit wurde Gott vielfach auch als alles bestimmendes / beobachtendes / … Subjekt verstanden
auch die erst einige hundert Jahre überwundene Inquisition hat ihre Spuren hinsicht der Meinungs-Abkehr von der Kirche hinterlassen

Tragweite wurde zuerst kaum erfasst und von der breiten Öffentlichkeit aufgenommen
1. Aufl. seines Buches (1859, 1250 Exemplare) war sofort ausverkauft

Theorie von DARWIN stand im krassen Widerspruch zur puritanischen, streng religiösen Gesellschaft im 19. Jahrhundert

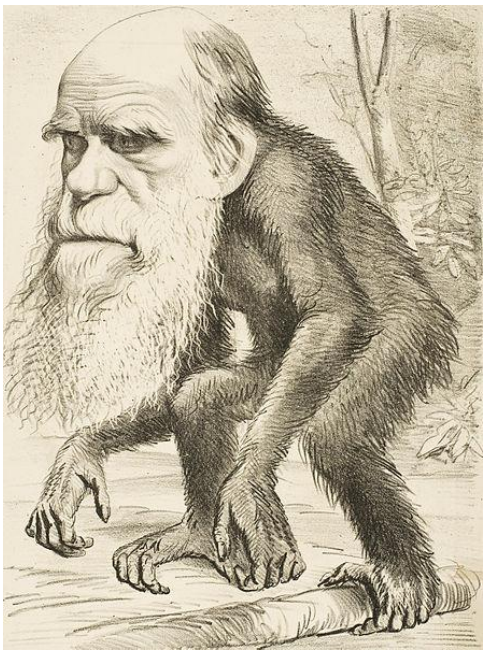
> Wir wollen doch hoffen, mein Lieber, dass sie nicht stimmt. Aber wenn sie stimmt, dann wollen wir doch hoffen, dass es nicht allseits bekannt wird.
> (Frau des Birminghamer Bischofs, nachdem sie von der DARWINschen Theorie erfuhr.)

wenn DARWIN von einem Affen abstammen möchte, dann könne er das gerne

Ungläubigkeit, Unverständnis bis Dogmatismus

die oft DARWIN zugeschriebe Aussage "survival oft he fittest" stammt vom Sozialphilosophen Herbert SPENCER
diese hatte in seinem Werk "Principles of Biology" viele der DARWINschen Gedanken quasi parallel für die Soziologie entwickelt
SPENCER hatte keine biologische Ausbildung oder Reputation und hat auch die DARWINsche Theorie für seine Theorie fehlinterpretiert / missverstanden

SPENCER prägte auch ganz wesentlich den Begriff der Evolution als Entwicklungen aller Art vom Einfachen zum Komplexen
für ihn war Evolution auch nicht nur auf biologische Systeme beschränkt



Karrikatur aus dem Magazin "The Hornet"
Q: de.wikipedia.org (University College London Digital Collections)

Rekapitulations-Theorie von Ernst HAECKEL

ausgehend von der Embryonen-Gesetz von VON BAER (1828) (Embryonen verschiedener Arten sind sich umso ähnlicher, je früher sie angetroffen werden.) (Gesetz von der Embryonen-Ähnlichkeit)
später wegen diverser Gegen-Beweise nur noch als Regel bezeichnet und verstanden

1837 griff dann auch noch Martin BARRY diese Regel VON BAER's auf und verfeinerte sie einwenig
er fand ebenfalls einen gleichen Anfang der Embryogenese und die später immer weiter auseinanderlaufende Differenzierung im Verlauf der weiteren Entwicklung, die sich mit den systematischen Gruppen in Zusammenhang bringen ließ

auch biogenetische Grundregel

Ontogenese: individuelle Entwicklung eines Lebewesen's von der befruchteten Eizelle / Ursprungs-Zelle bis zum Tod

Phylogenese: stammesgeschichtliche Entwicklung / Abstammung eines Lebewesen's (von einfacheren, älteren zu komplizierteren, jüngeren Vorläufern)

basiert auf der Beobachtung, dass zu Anfang die Entwicklung vergleichbarer Arten oder Organismen-Gruppen sich die Eizellen gleichartig verändern
Embryonen lassen sich bis zu einem bestimmten Stadium kaum von einander unterscheiden
Embryonen zeigen Merkmale (z.B. Kiemenbogen, Schwanz, Lanugo-Haar), die sie in der adulten Form nicht gesitzen oder benötigen
Embryonen sehen sich länger ähnlich, wenn sie stammesgeschichtlich später getrennt wurden

Definition(en): Rekapitulations-Theorie / biogenetische Grundregel
Die Rekapitulations-Theorie behauptet, dass in der Ontogene (vor allem in der Embryonal-Entwicklung) (im Wesentlichen) die Phylogenese wiederholt (rekapituliert) wird.
Die Ontogenese ist die kurze und schnelle Rekapitulation der Phylogenese.
Die Keimes-Entwicklung eines Organismus ist die schnelle Wiederholung seiner Stammes-Entwicklung.

Heute geht man davon aus, dass in der Theorie ein wahrer Kern steckt, der aber nicht allgemeingültig ist. Die ursprüngliche / harte / radikale Form der biogenetischen Grundregel von HAECKEL ist heute widerlegt und nicht mehr haltbar.

Definition(en): Ontogenese
Die Ontonese ist die Entwicklung(s-Geschichte) eines Organismus von der befruchteten Eizelle bis zur Geschlechts-Reife (bzw. bis zum Tod).

Definition(en): Gasträa-Theorie
Die Gasträa-Theorie ist die Theorie über die Herleitung / Abstammung der vielzelligen Tiere aus einem gemeinsamen Bauplan, der auf der Gastrula (Becherkeim) basiert.

Gasträa-Theorie heute weitgehend anerkannt, bezieht sich auf echte Mehrzeller

Definition(en): Metamorphose (indirekte Entwicklung)
Die Metamorphose ist ein Ontogenese-Typ, bei dem die aus den Eiern schlüpfenden Jung-Tiere zuerst Larven-Stadien durchmachen, bevor sie einen Gestaltswandel zum Eltern-Typ durchmachen.

Definition(en): direkte Entwicklung
Die direkte Entwicklung ist ein Ontogenese-Typ, bei dem die aus den Eier schlüpfenden Jung-Tiere den Eltern ähneln.

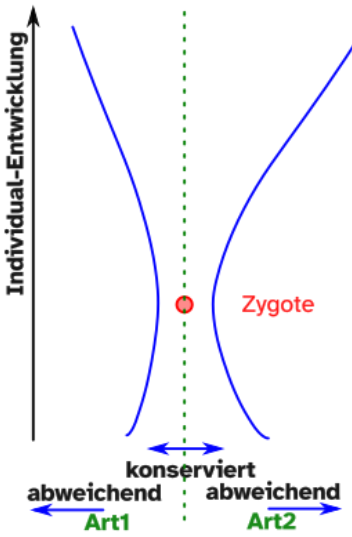
Definition(en): Präformations-Lehre (Einschachtelungs-Lehre)
Die Präformations-Lehre ist die Wissenschaft / der Wissenschafts-Teil, die / der davon ausgeht, dass der fertige Organismus schon im Ei vorhanden ist und nur noch heranwachsen muss
Die modernere Präformations-Lehre ist eine Betrachtung der Entwicklung von Organismen (aus der Eizelle), wobei die Gene mehr die Funktion von Kopier-Vorlagen als von Rezepten / Bau-Anleitungen haben. (Diese Vorstellungen sehen auch eine – zumindestens teilweise – Umkehrbarkeit der Entwicklung vor.)

Definition(en): Epigenese
Die Epigenese ist eine Ontogenese-Vorstellung, bei der eine Aufeinanderfolge von Neubildungen zum fertigen / erwachsenen Organismus führt.
Epigenese ist Lehre von der Entwicklung von Organismen (aus der Eizelle), deren maßgebliche Einflüsse durch Gen-Umwelt-Wechselwirkungen gegeben sind. (Diese Vorstellungen sehen keine Möglichkeit zur einer Umkehrung und auch nur eine begrenzte Wiederholbarkeit vor.)

Sanduhr-Modell der Individual-Entwicklung

Das Sanduhr-Modell (Hourglass Model) beschreibt die breite Beobachtung, dass sich die Individuen eines Stammes in ihrer Entwicklung in einem mittleren Bereich sehr ähneln, in der vorlaufenden und nachlaufenden Phase aber deutlich unterscheiden.

So entstehen die Eier von Vögeln, Fischen und Säugetieren sehr unterschiedlich. Betrachtet man dann die frühen Embryonen, dann sind die Arten kaum zu erkennen bzw. zu unterscheiden. Erst in der fortgeschrittenen Entwicklung differenzieren sich die Embryonen immer mehr. Da erinnert uns vieles an die biogenetische Grund-Regel von HAECKEL.



Trägt man die Entwicklung (als Zeitstrahl) auf die y-Achse eines Diagramm's und die Unterschiede (z.B. bezüglich morphologischer, genetischer oder metabolischer Parameter), dann erhält man eine Darstellung, die an eine Sanduhr erinnert.

Bei vielen Arten (Wirbeltieren) konnte dieser Effekt beobachtet werden. Nun ist er auch bei Braunalgen nachgewiesen worden. Damit scheint dieses Entwicklungs-Prinzip in der Evolution gut manifestiert zu sein.

Aktuell nutzt man z.B. die Transkriptome in verschiedenen Entwicklungs-Phasen zum Vergleich. Die Muster können dann mit denen anderer Arten verglichen werden.

Die frühe Entwickung der befruchteten Eizellen scheint dabei einem sehr konservativen Muster zu folgen.

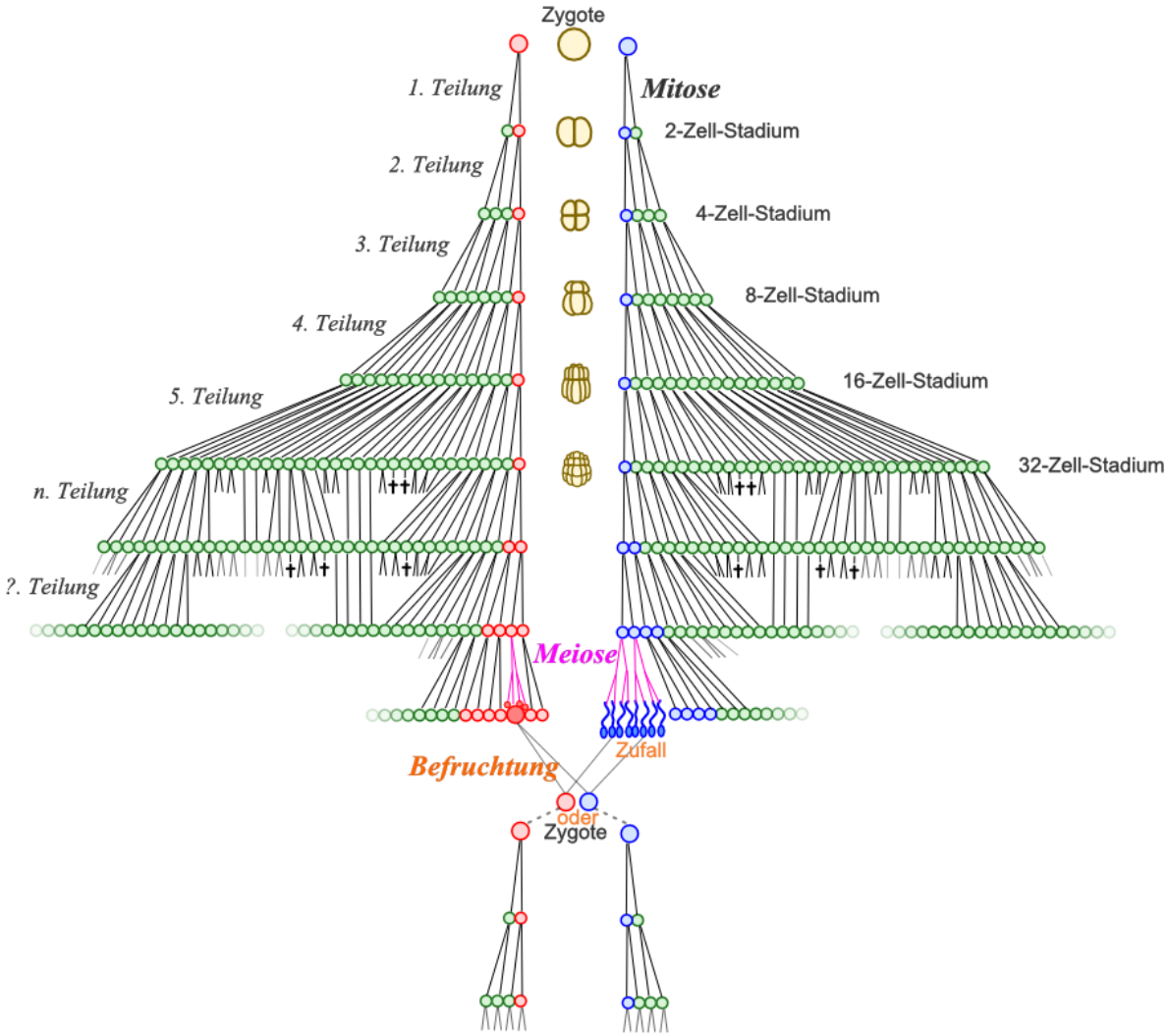
2.4. weiterentwickelte Evolutions-Theorie nach WEISMANN (NeoDARWINismus)

ab 1880 bis in die 1930er Jahre
große Naturwissenschaftler und Biologe leiteten weitere Beiträge / Konkretisierungen und Erweiterungen zu den DARWINschen Thesen und der MENDELschen Genetik hinzu.
Es kam aber nicht grundlegenden Umwälzungen, so dass die grundlegenden Theorien von DARWIN und MENDEL bis heute Bestand haben.

Definition(en): NeoDARWINismus
Neodarwinismus ist eine Strömung von evolutionären Theorien, die der – als zu populrwissenschaftlich betrachteten – DARWINschen Theorie den Anstrich moderner Fachwissenschaft(en) geben sollte.

August WEISMANN (1834 – 1914)

WEISMANNsche Keimbahn-Theorie (Keimplasma-Theorie)



Rote (weibliche) bzw. blaue (männliche) Zell-Linien sind quasi unsterblich und bilden die Keimbahn. Die genetischen Informationen dieser Zellen können weitervererbt werden.
Die grünen (somatischen) Zell-Reihen (eher –Äste oder –Abzweigungen) liegen außerhalb der Keimbahn. Sie dienen nur der Aufrechterhaltung und Beförderung der Keimbahn. Ihre genetischen Informationen werden stellvertretend über die Keimbahn weitergegeben.
Durch die Trennung von somatischen und generativen Zellen ist praktisch auch eine Weitergabe von erworbenen Merkmalen (, die sich im Soma manifestieren,) auch kaum über die faktisch isolierte Keimbahn denkbar.
Heute wissen wir, dass es eine Vererbungs-ähnliche Weitergabe von Merkmalen usw. von erworbenen Merkmalen gibt (über andere Erb-Träger und physiologische Zell-Situationen). Diese manifestiert sich aber nicht faktisch unendlich in der Keimbahn. Sie kann genauso leicht wieder aus der Weitergabe verschwinden, wie sie in sie hineingelangt ist. Das kann sogar rhythmisch erfolgen. Man geht bei einigen dieser Vorgänge davon aus, dass sie dadurch Parasiten und Feinde ausgetrickst werden (können).

Definition(en): Keimbahn
Die Keimbahn ist der Teil eines mehrzelligen (differenzierten) Körpers, der potentiell unsterblich immer wieder Kopien von sich selbst erzeugt.
Die Keimbahn ist die (theoretisch unsterbliche) Zell-Linie, die sich durch die Evolution hindurchzieht, indem sie z.B. Geschlechts-Zellen bilden und von denen sich begleitende somatische und letztendlich sterbende Zellen ableiten.

Definition(en): Keimbahn-Theorie
Die Keimbahn-Theorie ist ein Erklärungs-Versuch für die Weitergabe von Erb-Information von Generation zu Generation über spezielle Zell-Linien.
Die Keimbahn-Theorie / Der WEISMANNismus ist die Lehre über die strikte Trennung von einer potentiel unsterblichen Keimbahn (Keimzell-Linie) und den (abzweigenden) sterblichen somatischen Zell-Reihen.

WEISMANN irrte auch hinsichtlich des Verteilungs-Prinzip's der genetischen Informationen. Die generativen Zellen der Keimbahn sollten noch den gesamten Umfang an Erbinformationen enthalten. Bei der Abzweigung der somatischen Zellen (von der Keimbahn) sollten diese aber immer nur den Teil mitbekommen, den sie für ihren Bau und ihre Funktion benötigen würden. Er nannte das Bestimmungstücke oder Determinanten. Die Determinanten sollten dann während der weiteren Differenzierung der Zelle den Zellkern verlassen und dann den Charakter der Zelle bestimmen.
Als Ursache für die Variabilität sah WEISMANN die sexuelle Reproduktion an. Die Kombination von weiblichen und männlichen Keimzellen sollte eine Mischung der Plasmen erbringen. Damit dies so funktionieren könnte, muss eine Reduktions-Teilung erfolgen. Nach WEISMANN sollte sich unterschiedliche (komplementäre) Teile der Plasmen in der Ei- bzw. Samen-Zelle anordnen. Nach der Befruchtung ergibt sich eine neue Kombination der Plasmen-Teile, die nun wieder bei der nächsten Reduktions-Teilung umverteilt wird. Praktisch soll so jede Zelle der keimbahn Anteile von allen Vorfahren enthalten. Dies sei dann die Ursache für die Variabilität.

Die Ursache für Variabilität überhaupt konnte WEISMANN aber nicht darstellen. Die Selektion sollte bei den Determinaten ansetzen – er nannte sie Germinal-Selektion.
Eigentlich lehnte WEISMANN die erbliche Weitergabe von Umwelteinfüssen kategorisch ab. Bei bestimmten Milieu-Faktoren postulierte er aber eine Einfluss-Möglichkeit.

Nach WEISMANN findet Selektion auf mehreren Ebenen statt.

- zwischen Zellen im Gewebe
- zwischen Geschlechtern
- zwischen Individuen
- zwischen Gruppen von Individuen

Dieses Konzept der vielstufigen Selektion gilt heute noch als eine der großen Leistungen von WEISMANN und ist praktisch die Anwendung der DARWINschen Theorie auf komplexe mehrschichtige biologische Systeme.

WEISMANN-Barriere (1892)
beschreibt, dass es unmöglich ist, das Informationen erworbener Eigenschaften (heute als Modifikationen verstanden) in des Erbmaterial übernommen werden können.
LAMARCK und auch DARWIN sahen noch diese Möglichkeit
WEISMANN argumentierte damit, dass keine manifestierenden Vorgänge bekannt sein
sein Gleichnis war: Dies sei "wie wenn ein deutsches Telegramm nach China dort gleich in chinesischer Sprache ankäme." /Vorträge zur Deszendenztheorie (1902)/

WEISMANN's Theorien und Aussagen waren teilweise sehr kompliziert. Trotzdem entwickelten sie zu seiner Zeit, und z.T. bis heute, eine große Verbreitung und Anhängerschaft (Weismannianer).

aus der heutigen Sicht ist die WEISMANNsche Theorie vorrangig für Tiere gültig. In der Ontogenese trennen sich die Zellen, aus denen später die Keimzellen werden, schon sehr früh ab. Die Zygote hat bis dahin relativ wenige Teilungen durchgemacht.
Bei Pflanzen entstehen die Keimzellen z.T. sehr spät in der Ontogenese und dann auch aus somatischen Zellen. Die Knospen-Bildung bei Samen-Pflanzen ist hierfür ein Beispiel. Einzelne Zellen, die aus den Bildungs-Zentren (hier Sproß-Spitze) stammen, differenzieren sich auf Grund ihrer Lage zu Knospen, Blüten, Keimzellen usw.

2.5. synthetische Evolutions-Theorie

DARWINs Evolutions-Theorie fehlen, wenn man sie aus heutiger Sicht betrachtet, viele neu hinzugewonnene naturwissenschaftliche Erkenntnisse und vor allem die bedeutsamen Erkenntnise der Genetik als Basis für viele evolutionäre Vorgänge
Problem des fehlenden Nachweises für Vererbung(s-Mechanismen), Mutationen und das Wirken einer natürlichen Zuchtwahl (Selektion)

die Darstellung von Lord KELVIN (1862) über die Abkühlung der Erde in rund 25 - 400 Millionen Jahre konnte widerlegt werden, KELVIN (1824 – 1907) hatte keine Kenntnis von den inneren Kräften im Erdkern sowie die Wirkung der Radioaktivität
die Datierung der Entstehung des Lebens wurde auf über 3,5 Mrd. Jahre vorgenommen, damit war auch genug Zeit für die DARWINschen Vorgänge.

Grund-Idee DARWINs stieß an ihre Grenzen, es wurden Ausnahmen und weitere Effekte usw. usf. bekannt

Anfang des 20. Jahrhunderts gab es außerdem mehrere festgefahrene Positionen in den Denk-Lagern
Selektionisten ignorieren die Erkenntnisse der aufkommenden Genetik; glauben an die alleinige Allmacht der Selektion
Mendelisten versuchen alles über die wiederentdeckten Erkenntnisse von MENDEL zu erklären
Mutationisten glauben - inspiriert von DE VRIES - an die große Kraft der Mutationen

jeder beharrte uneinsichtig auf seinem Standpunkt, nehmen die Gegen-Thesen und Argumente nur nebensächlich wahr und versuchten erst garnicht sich in andere Ansätze hineinzudenken

eine Überarbeitung – mehr Konkretisierung – der DARWINschen Evolutions-Theorie war also dringend notwendig

Lösung durch Verbindung aller Standpunkte durch Julian HUXLEY (1887 – 1975) mit seinem Werk "Evolution: The Modern Synthesis"

die Vererbungs-Regeln von MENDEL wurden erst um 1900 wiederentdeckt
sie stellten die DARWINschen Thesen auf wissenschaftliche Füße

die Teilbereiche Molekular-Genetik, Ökologie und Verhaltens-Biologie kamen mit vielen neuen Kenntnissen hinzu und lieferten Erklärungen
die Mathematik nahm einen größeren Raum ein (z.B. HARDY-WEINBERG-Gesetz, LOTKA-VOLTERA-Regeln, …)

neue Generation von Wissenschaftlern
z.T. waren wissenschaftlichen Schulen durch die Weltkriege und Aus- und Ein-Wanderungs-Bewegungen nachhaltig gestört

Wilhelm L. JOHANNSEN (1857 – 1927) erforscht und züchtet reine Pflanzen-Stämme; trennt Geno- und Phäno-Typ sauber voneinander (1909)
Der Genotyp ist für ihn das Potential für Herausbildung eines Merkmal's. Der Phänotyp wird als Kombination von ausgeprägtem Genotyp und den herrschenden Umwelt-Bedingungen erkannt.
Alle Organismen einer Linie (gemeint ist ein reiner Organismen-Stamm) besitzen den gleichen Genotyp und damit das gleiche Potential. Unterschiede in ihrem Erscheinungsbild (auf-

grund unterschiedlicher Umwelt-Bedingungen) werden nicht vererbt. Unterschiedliche Phänotypen werden nur dann vererbt, wenn sie auf unterschiedlichen Genotypen basieren.
JOHANNSEN prägt dann auch den Begriff des Gen's als Vererbungs-Einheit. Er verstand das Gen auch eher als Informations-Einheit.

Thomas Hunt MORGAN (1866 – 1945) entwickelt die Genetik weiter, erweitert die MENDELsche Vererbung um weitere Fakten und Effekte
Einbeziehung der Chromosomen-Theorie (→ z.B. Vererbung des Geschlechts, Crossing over, …) sowie der Mutations-Theorie (→ Erzeugung neuer Varianten von Drosophila-Stämmen)

es bildeten sich jetzt zwei Grund-Richtungen (Wissenschafts-Schulen) heraus, eine mathematisch-genetisch und theoretisch orientierte Gruppe und die mehr praktisch orientierte ökologische Gruppe

Evolution als Fakt weitesgehend anerkannt

neue Erkenntnisse:

- es gibt Merkmale, die von mehreren Genen abhängig sind (→ Polygenie → 🕮 **Genetik**)
- ein Gen kann mehrere Merkmale beeinflussen (→ Pleiotropie → 🕮 **Genetik)**
- kontinuierliche Variation und partikulare Vererbung sind vereinbar, da Variation auch von multiplen genetischen Faktoren abhängen, die sich einzeln ebenfalls nach den MENDELschen Regeln vererben
- es gibt vererbliche und nicht vererbliche Veränderungen (Modifikationen) bezüglich einzelner Merkmale
- neben den üblicherweise "schädlichen" (negative) Mutationen gibt es auch "Fitness-fördernde" (positive); weiterhin sind Mutionen möglich die zumindestens nicht direkt eine Verbesserung oder Verschlechterung bringen (neutrale Mutationen)
- Mutationen (an sich) sind Richtungs-los; es gibt auch Rück-Mutationen
- es gibt eine Vielzahl von Mutationen, die durch heterozygote Vererbung (rezessiv) in der Population kaum bis garnicht in Erscheinung treten
- auch Mutationen mit geringer Auslese-Rate können sich in einer Population rasch durchsetzen
- die Evolutions-Raten für verschiedene Merkmale / Proteine / … sind verschieden
- neue wichtige Effekte auf die Evolution gehen von Gendrift, Isolations-Mechanismen, Rekombination und Einnischung aus

die LAMARCKsche These (z.T. unterstellt) der "Vererbung erworbener Merkmale" wird von LURIA und DELBROCK widerlegt

"Dogma der Molekular-Genetik" (auch: 1. Hauptsatz der Molekulargenetik) wird postuliert; Informations-Fluss läuft vom Gen zum Protein und ist nur teilweise (aber nicht insgesamt) umkehrbar (nur extrem wenige Ausnahmen bekannt, die nicht Evolutions-tragend sind)
serieller Informations-Fluss vom Proteien (Merkmal) zum genetischen Material (DNA oder RNA) ist nicht möglich
genau verhält es sich mit dem Informations-Fluss von Protein (Merkmal) zu einem (anderen) Protein

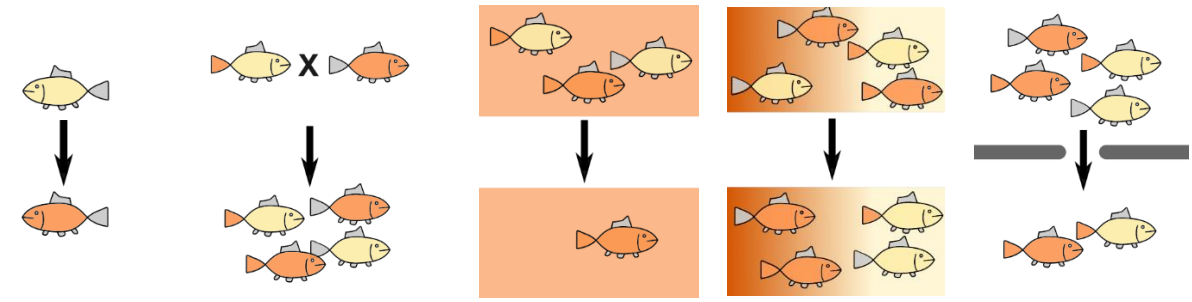
die synthetische Theorie 1937 Theodosius DOBZHANSKY vorgestellt
auch "Moderne Synthese", "Synthetischer DARWINismus",
erweitert 1942 Ernst MAYR und Julian HUXLEY und weiteren
baute die scheinbaren Widersprüche zwischen "Naturalisten" und "MENDEListen" ab und brachte neue Betrachtungsebenen ein
derzeit ständig erweitert und vervollständigt

Grundsätze der Modernen Synthese:

- Vererbung erfolgt durch Weitergabe von Genen in Keimzellen
- erbliche Variationen sind die Folge von (zumeist zufälligen) Kombinationen unterschiedlicher Gen-Versionen (Allele)
- die Selektion erfolgt zwischen den Individuen

Evolution läuft nach der synthetischen Theorie im Wesentlichen so ab:

- **Mutationen** bilden den Grundstock für neue Merkmale und deren Ausprägungen
- durch die **Umwelt-Bedingungen** erfolgt eine **Auswahl, Selektion (Auslese)** der besser angepassten Individuen, diese können sich bezüglich der anderen besser fortpflanzen
- durch **Rekombination** (der genetischen Informationen) wird bei diploiden Arten der Evolutions-Prozess beschleunigt
- durch **Isolation**s-Mechanismen und der daraus resultierenden reproduktiven Trennung der Populationen, entstehen Unterschiede zwischen den getrennten Gruppen, die letztendlich zu neuen Arten führen (können)
- die **Gen-Drift** und **Zufälle** bewirken Verschiebungen von Vorkommens-Häufigkeiten einzelner Gene in Populationen, diese können unabhängig von Anpassungen sein
- durch **Einnischung (Annidation)** werden ungenutzte ökologische Nischen besetzt, dabei kann es zur Art-Bildung durch Speziation kommen



Mutation | Rekombination Variabilität Vielzahl Nachkommen | Selektion | Isolation Einnischung | Gen-Drift

Evolution als Zwei-Schritt-Prozess basierend auf den Faktoren:

- Mutation
- Selektion
- genetische Drift
- reproduktive Isolation
- Einnischung

Durch Mutation und Rekombination werden im ersten Schritt Varianten im Gen-Pool erzeugt, die dann im nachgelagerten Schritt durch Selektion in der Umwelt und durch Sexualität eingeschränkt werden.

Definition(en): synthetische Evolutions-Theorie
Die synthetische Theorie der Evolution ist die Verknüpfung der allgemeinen DARWINschen Evolutions-Theorie mit modernen wissenschaftlichen Erkenntnissen. (Zu den ersten einfließenden Theorien gehörten die Vererbungslehre nach MENDEL, die Chromosomentheorie, die Keimbahn-Theorie, die Populations-Genetik, …)

als nicht ausgeräumt wird von heutigen MENDEListen immer noch ihre theoretische Annahme betrachtet, dass Evolution Groß-Mutationen benötigt, die MENDEListen akzeptieren die durch Selektion fortlaufenen Veränderungen innerhalb der Rassen, Arten und ev. noch Gattungen; in keinem Fall sollen die klein-schrittigen Veränderungen so weit gehen, dass neue Ordnungen, Klassen usw. entstehen (hierfür wären eben die Groß-Mutationen notwendig)

Fittness ist aus der Sicht DARWINs das Maß für den Reproduktions-Erfolg, also sich fortzupflanzen und eine Beitrag für den Gen-Pool der eigenen Art zu leisten

relative Fitness meint die Fortpflanzungs-Fähigkeit eines Organismus im Vergleich zu den Artgenossen
praktisch meint dies den Anteil der Gene dieses Organismus im Gen-Pool der Nachfolge-Generation

praktisch ist die modernisierte DARWINsche Evolutions-Theorie ein Komplex mehrerer Einzel-Theorien bzw.

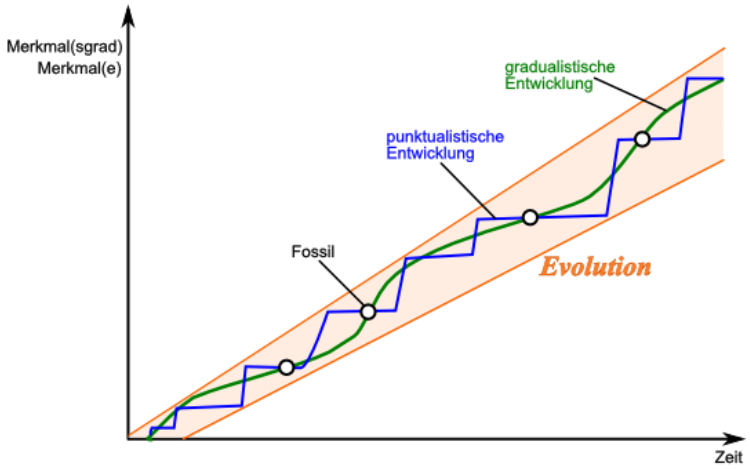
- **natürliche Selektion** — besser angepasste Individuen überleben wahrscheinlicher und haben eine höhere Fortpflanzungs-Chance
- **divergierende Charaktere** — innerhalb der Nachkommen auftretenden Unterschiede verstärken sich und die Nachfolge-Generationen unterscheiden sich immer von der Mutter-Art
- **graduelle Veränderung** — die Arten ändern sich langsam und in kleinen Schritten
- **steigende Arten-Zahl** — aus einer (Mutter-)Art können mehrere (Nachkommens)-Arten entstehen
- **gemeinsame Abstammung** — alle heutigen Arten stammen von wenigen (ev. nur einer einzelnen) Mutter-Art(en) ab
- **Vermehrung und Artbildung in Populationen** — Individuen stehen in verschiedenen Beziehungen zu anderen Individuen der gleichen Art, sie konkurrieren um die gleichen Ressourcen und Geschlechtspartner

Mängel in der synthetischen Theorie sind die Nichtbeachtung weiterer Vererbungs-Wege (plastidische Vererbung) sowie des Zustand's der Eizelle / Zygote (Metabolismus-Situation)
moderne europäische Forschung wurde durch die stark amerikanisch Denkweise des Kern-Monopol's um MORGAN übertönt
auch die aufkommende Eugenenik (Verbesserung des Menschen durch Züchtung) trug zur ungleichen Betrachtung (Mainstream) von Erkenntnissen bei
in den 1940er und 50er Jahren entwickelte sich die Biochemie sehr stark und nun nutzte man lieber Bakterien zur Forschung. Diese haben die Gene immer jeweils nur einfach. Veränderungen wurden also immer sofort sichtbar.

Gradualismus versus Saltationismus / Punktualismus

Die klassischen – an DARWIN angelehnten – Evolutions-Theorien vertreten die Ansicht, dass es ständig kleine – kaum merkliche, ev. auch chaotische – Veränderungen in Merkmalen und Populationen (z.B. Gen-Pool) gibt, die insgesamt das Bild einer gerichteten Entwicklung ergeben. Dieses Bild wird nur von außen betrachtet und historisch beobachtbar. Die Entwicklung folgt keinem konkreten Ziel, wird aber von äußeren Zwängen beeinflusst bzw. zeitweise in eine Richtung gedrängt.

Die Vertreter des Punktualismus sehen die scheinbare gleichbleibende Fossilien-Verteilung in einer Gesteinsschicht und die stufige / eher größerschrittige Veränderung der Artefakten in folgenden Schichten als Beleg für eher sprunghafte / stufige Prozesse. Die Arten ändern sich scheinbar über viele Mio. Jahre kaum, um dann hin zur nächsten Ruhe-Phase einen beachtlichen Entwicklungs-Sprung zu machen.



Der Begriff des Saltationismus sieht genau diese Sprünge (lat.: saltatio = Sprung) als das Charakteristikum an. Beim Punktualismus wird die (Ab-)Sprungstelle als das wesentliche Element gefasst.

Einig ist man sich in beiden Lagern dahingehend, dass wie auch immer die Detail-Prozesse ablaufen, das große Ganze die "Evolution" ergibt.

Definition(en): Gradualismus
Unter Gradualismus versteht man die allmähliche, kleinschrittige Veränderung von Merkmalen, die sich dann letztendlich zu großen Veränderungen aufsummieren / zusammenfügen.
Gradualismus ist die Theorie über evolutionäre Abläufe, die die Entwicklung in kleinschrittigen / kleinstufigen Veränderungen fortschreiten sieht.

Definition(en): Punktualismus
Der Punktualismus ist die Theorie zu Prozessen, die davon ausgeht, dass lange Phasen von Konstanz / Stillstand oder sehr geringen Änderungen von einzelnen speziellen Ereignissen unterbrochen oder beendet werden.
Punktualismus ist die Theorie über evolutionäre Abläufe, die die Entwicklung in deutlich stufigen / sprunghaften Veränderungen fortschreiten sieht.

Definition(en): Stasis
Als Stasis (auch Stase) bezeichnet man evolutionäre Zeiträume / Phasen, in denen es (scheinbar) keine oder nur geringfügige Veränderungen gibt. (Eine Stasis kann meist nur für bestimmte Arten / Organismen-Gruppen usw. beobachtet werden.)

im gewissen Sinne wechseln sich im Punktualismus Stasen und Revolutionen ständig ab

Zusammengefasst und in moderner Fachsprache formuliert kann man die modernisierte DARWINsche Evolutions-Theorie folgendermaßen darstellen.
Die Individuen einer Art pflanzen sich fort und produzieren dabei mehr Nachkommen, als für die einfache Reproduktion notwendig ist (**Überproduktion**). Auf Grund von **Mutationen** und / oder **Rekombinatio**n von Merkmalen unterscheiden sich die Nachkommen in diesen Merkmalen (**Variabilität**). Die Individuen, welche die besten Merkmals-Kombinationen (**Variation**) für die aktuelle Umwelt besitzen (Angepasstheit), haben die größten Chancen zu überleben und sich fortzupflanzen (**Selektion, natürliche Auslese**). Die Ressourcen (Nahrung, Raum, Geschlechts-Partner, …) sind begrenzt. Es kommt zum ständigen Kampf ("Struggle of Life") um diese Ressouren (**Konkurrenz**). Es herrscht der Grundsatz "Survival oft the fittest" ("Überleben der Besten."). Die Erfolgreichen / Überlebenden können ihre (vererbbaren) Merkmale über die Fortpflanzung an die nächste Generation weitergeben (**Vererbung**). Die Nachkommen enthalten so die Merkmale (Gene), die sich in der Vergangenheit und in der Gegenwart bewährt haben (Aktualitäts-Prinzip).

2.6. neu-moderne und aktuelle Ergänzungen zur synthetischen Evolutions-Theorie

Molekulare Neodarwinismus
Rolle der DNA bei der Bildung von Proteinen

Aufklärung des Bau's der DNA
WATSON und CRICK (1953)

Erkennen des Codierungs-Prinzip's

Proteine als z.T. polymere, räumlich angeordnete und strukturierte Polypeptid-Ketten

Aufklärung der Prozesse Replikation, Transkription und Translation

1958 formuliert CRICK das Zentrale Dogma (These) der Molekular-Biologie
Information fließt ausschließlich in eine Richtung (vom Gen zum Merkmal)
später konkretisiert: nur reverse Translation ist nicht möglich

Anerkennung weiterer Vererbungs-Möglichkeiten unabhängig von den Kern-Genen
ab den 1960er Jahren

Forschungen an Zusammenhängen zwischen kleine Veränderungen in der Genen (→ Punkt-Mutationen) und der Strukur sowie der Funktion der Proteine

Endosymbionten-Theorie von Lynn MARGULIS (1938 – 2011)

Untersuchungen ergaben, dass häufig mehrere Allele in einer Population auftreten und auch langfristig halten
bisher gingen die Selektionisten davon aus, das ein Allel sich in der Population bewährt oder eben nicht und somit nach einer bestimmten Zeit verschwindet (raus-selektiert) oder sich durchsetzt
scheinbar gibt es mehrere Versionen von Genen, die relativ gleichberechtigt Bestand haben
diese verteilen sich – wegen des gleichen Selektions-Vorteils (Selektions-Druck's) – rein zufällig in der Population

1972 Stephen L. GOULD und Niles ELDREDGE stellen die "Theorie des unterbrochenen Gleichgewicht's" (punctuated equilibrium) auf

danach wechseln sich in der Evolution Phasen mit langanhaltenden – scheinbar unveränderlichen – Merkmalen (Strukturen / Arten) mit kurzen ab, in denen dramatische Veränderungen passieren
(die Chance Fossilien aus diesen Umbruch-Phasen zu finden ist extrem gering im Vergleich zu Fossilien-Funden aus den langanhaltenden stabilen Phasen)

Fragestellung offen, an welchem biologischen Objekten oder auf welcher Struktur-Ebene Selektion eigentlich wirkt / stattfindet
Gruppen-Selektion z.B. zur Erklärung von altruistischen (aufopferndem) Verhalten nicht mit mathematischen Modellen belegbar, andere Vererbungs-Sachverhalte schon
(viele Jahre später fand man dann Gleichungs-Systeme, die die Gruppen-Selektion modellieren konnte)

→ DAWKINS "Das egoistische Gen" (1976)

basiert auf Konzepten von William Donald "Bill" HAMILTON (1936 – 2000)
Ziel der Gene ist es, von sich selbst besonders viele Kopien zu erzeugen, in dieser Hinsicht sind sie "egoistisch"
was allerdings die eigentliche Triebkraft / der Zwang zur Reproduktion genau ist und wie dieser funktioniert, bleibt offen
zuerst bringt es dem Gen einen Vorteil, wenn es besonders schnell oder häufig kopiert wird
dies kann z.B. dadurch erfolgen, dass es ein kopierendes Enzym codiert
das Gen nennt DAWKINS einen Replikator
in den nächsten Phasen bringt es Vorteile sich mit anderen Genen zusammenzuschließen (sozusagen als Gemeinschaft) wobei einige dieser Gene Neben-Effekte realisieren, z.B. die Abwehr anderer Gene oder deren Proteine oder besonders gut koordinierter Stoffwechsel- oder Transport-Vorgänge usw. usf.
solche effektiveren Gemeinschaften (Kopier-Maschinen) könnten z.B. die (ersten) Zellen gewesen sein; die Kopier-Maschinen sind nach DAWKINS Vehikel, deren zentrale Aufgabe es ist möglichst viele Kopien der Replikatoren zu produzieren
Gemeinschaften von Genen haben so einen oder mehrere Vorteile gegenüber einzelnen oder weniger verbundenen Genen
es wirkt die Selektion, die besten / effektivsten vermehren (reproduzieren) sich häufiger und haben damit einen evolutionären Vorteil
nach und nach "schaffen" so die Gene neue Organismen, wobei sich immer mehr Gene zusammenschließen, um immer bessere Kopier-Maschinen bzw. im Sinne von Mehrzellern immer bessere Kopier-Fabriken hervorzubringen
Entwicklung und Evolution von Verhalten immer zugunsten der eigenen optimalen / maximieren Reproduktion
Einbeziehung von Rekombination als Misch-System von Genen (eigenes Gen immer noch zu 50% enthalten (in F1)) Vorteil hinsicht der Anpassungsfähigkeit und Weitergabe auch dann noch, wenn das eigentliche Gen eigentlich unpassend wäre, hier profitiert es vom rekombinierten – aktuell vorteilhaften – Gen
selbst als benachteiligtes Gen immer noch zu 25% in der F2-Generation

> Ein Vehikel ist jede genügend eigenständige Einheit,
> die eine Reihe von Replikatoren beherbergt
> und den Erhalt dieser Replikatoren sowie ihre Vervielfältigung gewährleistet.
> Richard DAWKINS (1982)

Altruismus als Verhaltensweise, die das eigene Gen bzw. ähnliche Gene befördert
Teilen bringt Vorteile, weil auch in einer (individuell) schlechten Situation für geteilte Resource (von den anderen Teilern) gesorgt ist, sicher das Überleben, auch wenn z.B. über mehrere Tage der Jagd-Erfolg (z.B. Zufalls-bedingt) ausbleibt

meist begleitet von hohen sozialen Kompetenzen; Erkennung der (teilenden) Nachbarn an einem (angestammten) Nist- oder Ruhe-Platz

DAWKINS Buch war populär-wissenschaftlich angelegt, so dass viele Wissenschaftler es nicht für voll ansahen. Von vielen Anderen wurde das Buch und seine Thesen oft verdreht oder dessen Thesen nicht sachlich korrekt übernommen.

Definition(en): Altruismus
Unter Altruismus versteht man im genetischen / evolutionsbiologischen Sinn die Wirkung (nicht den Zweck) eines Gen's / Phänotyp's / Organismus das Wohlergehen anderer Organismen (ev. auch Gene und oder Phänotypen) zu Lasten der eigenen Entwicklung / Ressorcen zu fördern. (Atruismus wird als Gegensatz zum Egoismus gesehen.)

bei Untersuchungen von Rettungs-Aktionen aus brennenden Häusern, bei denen Retter aus der eigenen Familie keine Chance zum überlegen hatten, stellte sich statistisch heraus, dass hauptsächlich die Verwandten gerettet wurden, die den höchsten Anteil an genetischen Material mit dem Retter gemeinsam hatten
bei gleichem Anteil wurden die älteren bevorzugt, weil scheinbar hier eine Kosten-Nutzen-Abschätzung erfolgte; in die älteren Verwandten hatte die Familie schon mehr Fürsorge usw. "investiert"
scheinbar hebt sich das aber in sehr hohem Alter wieder auf; hier geht man davon aus, dass ein Retten solcher Personen für den Fortbestand der gemeinsamen / eigenen Gene nicht mehr sinnvoll ist

Bedingungen für Egoisterei von Genen:
Organismen müssen die eigenen Gene von anderen unterscheiden können
Gene müssen auf Verhaltensmerkmale (hinsichtlich Egoismus bzw. Altruismus) wirken

Denk-Modell "Grün-Bärte"
ein (Allel eines) Gen bewirkt die Bildung von grünen Bärten, alle anderen Allele bewirken nicht-grüne Bärte, wenn gleichzeitig die Grünbart-Träger altruistischer zueinander sind, dann steigt auch wahrscheinlich die Paarung untereinander
Grünbart-Alle ist zwar egoistisch, den es fördert durch sein altruistisches Verhalten die anderen Kopien seiner selbst in den anderen Organismen

Verbesserung und konsequente Erweiterung der Theorie vom egoistischen Gen im Fachbuch "Der erweiterte Phänotyp – der lange Arm der Gene"
wissenschaftliche Fortsetzung der Theorie vom "egoistischen Gen"
Hier geht DAWKINS so weit, die "Interessen" der Gene selbst über Art-Grenzen hinweg zu verstehen.
Gene steuern das Verhalten und / oder die Funktionen von Organismen, die darauf gerichtet sind die Gene weiter zu verbreiten.

Kritik z.B. durch Stephen Jay GOULD ()
lehnt die Gen-zentrierte Sicht auf die Evolution ab
hält die Verfolgung von Genen über Generationen als Buchhalterei
aus seiner Sicht sind es immer Individuen, Gruppen, Populationen und Arten, die Aussterben oder Überleben; Veränderungen der Umwelt würden immer auf diese wirken und nicht auf die Gene

nach der genaueren Analyse der DNA stellte man fest, dass diverse – oft sehr große – Bereiche nicht für Proteine kodieren
zuerst nahm man an, es handle sich um Funktions-losen Schrott, weshalb der Begriff "junk DNA" aufkam
zuerst erkannte man, dass viele Abschnitte der DNA (meist relativ benachbart zu den Genen) für regulatorische Zwecke (→ Operone) sowie für die Transkription (z.B. Promotor) selbst gebraucht werden

Systemtheorie der Evolution

informationstheoretische, systemtheoretische und thermodynamisch fundierte Erweiterung der Synthetischen Evolutionstheorie
Organsismen sind thermodynamisch offene Systeme, die sich im Fließgleichgewicht mit ihrer Umwelt befinden
unterscheiden sich deutlich in der Struktur, stofflichen Zusammensetzungen und Stoffmengen von ihrer Umwelt
Entropie-Verkleinerung (höhere Ordnung (geringere Unordnung)) als Charakteristikum
nach Tod wird Entropie vergrößert (Unordnung nimmt zu)

neben der äußeren Selektion – wie sie DARWIN beschreibt – kommt innere Selektion dazu
Abstimmung der inneren Komponenten

→ "Kooperation"

gemeinsame Jagd mehrer Tiere (Pelikane, Wölfe, Löwen, …) bringt deutlich höheren Jagd-Erfolg als Einzel-Jagd; dadurch mehr Nahrungs-Resourcen

eigentlich Weibchen Brut-Pfleger; Männchen haben primär nur Interesse an Samen-Spende
Männchen werden vom Weibchen nach Treue-Eigenschaften ausgesucht, dadurch zum einen bessere Überlebens-Chancen für den eigenen Nachwuchs (mit 50% männlichen Genen)
zum anderen bilden sich aufeinander abgestimmte Partnerschaften, die eine Schonung der Weibchen bedeutet und für die Männchen eine Wächter-Funktion ermöglicht, damit Weibchen nicht fremdgeht

"Signale der Verständigung"

auffällige Signale als Zeichen für hohe Fitness, nur der wirklich fitte kann sich so präsentieren, ein Betrüger (starke Fitness-Zeichen ohne echte Fitness) ist wahrscheinlich viel schneller Opfer der Umweltbedingungen (z.B. Jäger) als er sich fortpflanzen könnte
Warnsignale und andere Aufmerksamkeit-erregende Signale sind Zeichen für Räuber, er wird wahrgenommen und es ist ein Signal der Stärke (hohe Fitness)
auch Altruismus ist Zeichen von erhöhter Fitness, soziale Tiere werden bei Fortpflanzung bevorzugt

Evolution der Selbst-Regulation
CIZEK und HODANOVA

lebende Systeme erhöhen im Laufe der Zeit (Entwicklung) ihren Ordnungs-Grad (/ ihre Komplexität); besonders entscheidend war dieser Effekt bei der Entstehung des Lebens
Selektion kein Sieb, das vorteilhafte Mutationen durchlässt und nachteilige zurückhält, sondern eher Häufigkeits-Vorteil innerhalb der Population
wird als Feedback (Rück-Information) innerhalb des (selbst-geregelten) Systems verstanden
stark mathematisch angelegt
dazu die RIEDLsche Theorie zu den "System-Bedingungen der Evolution"
danach weniger Zufall an sich wirksam, vielmehr wirke die Selektion (steuernd) durch Umwelt-Bedingungen und die inneren System-Bedingungen der Organismen

in der revedierten Version der Modernen Synthese sah man jetzt die folgenden Aspekte:

- Vererbung ist DNA-Replikation
- es gibt (in höheren Organismen) neben den genetischen Informationen im Zellkern auch genetische Informationen in Plastiden
- Mutationen sind Veränderungen des Erb-Material's und enstehen im Wesentlichen zufällig

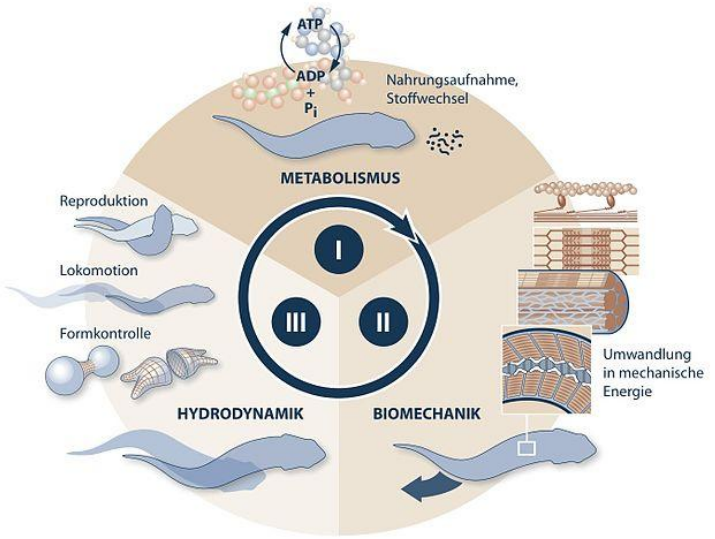
Synökologie
Lebensgemeinschaften von Arten besitzen System-Eigenschaften
Evolution einer Art ist nur Ausschnitt aus gesamten Evolutions-Prozess; Evolution der Arten miteinander verknüpft
Coevolution als gemeinsame Evolution zweier oder mehrerer Arten, wobei die Veränderung bei einer Art einen Selektions-Druck auf die (andere(n)) Art(en) ausübt und in dieser passende Veränderungen hervorruft

Frankfurter Evolutionstheorie
GUTMANN et.al.

(veränderte) Organismen haben bestimmte Möglichkeiten
diese bestimmen, ob sie eine Umwelt nutzen können oder nicht
dringen praktisch in die Umwelt ein und verändern diese (- neue differenzierte Umwelt für wieder neue / weitere Organismen)

das Überleben der Organismen ist von der ständigen Versorgung mit Stoffen und Energie abhängig

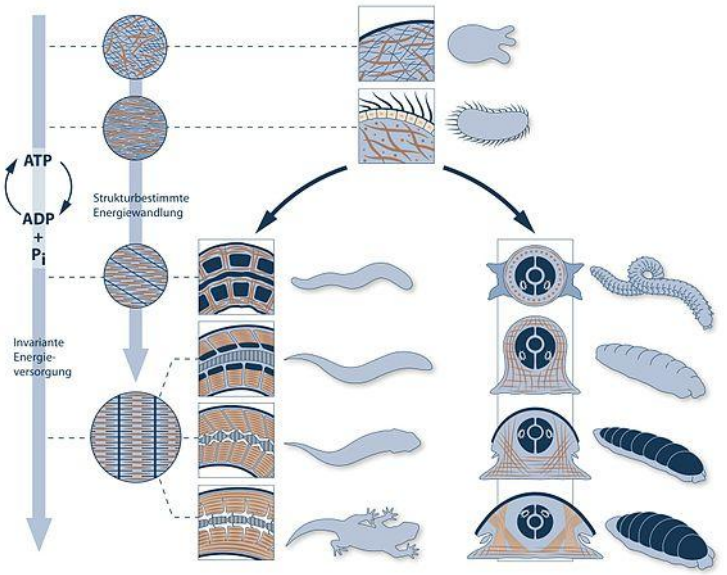
diese Selbstversorgungs-Leistung heißt Bionomie
wieder neue / weitere Organismen)



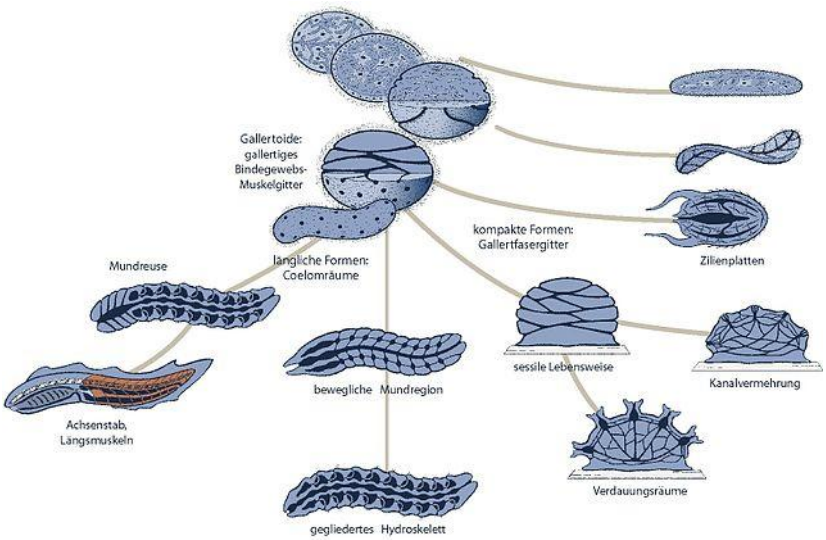
Bionomie-Kreislauf der Organismen
Q: de.wikipedia.org (M. Grasshoff, M. Gudo, T. Syed, A.Siebel-Stelzner)

zunehmende Strukturuerung, Spezialisierung und Ordnung z.B. von kontraktilen Fasern

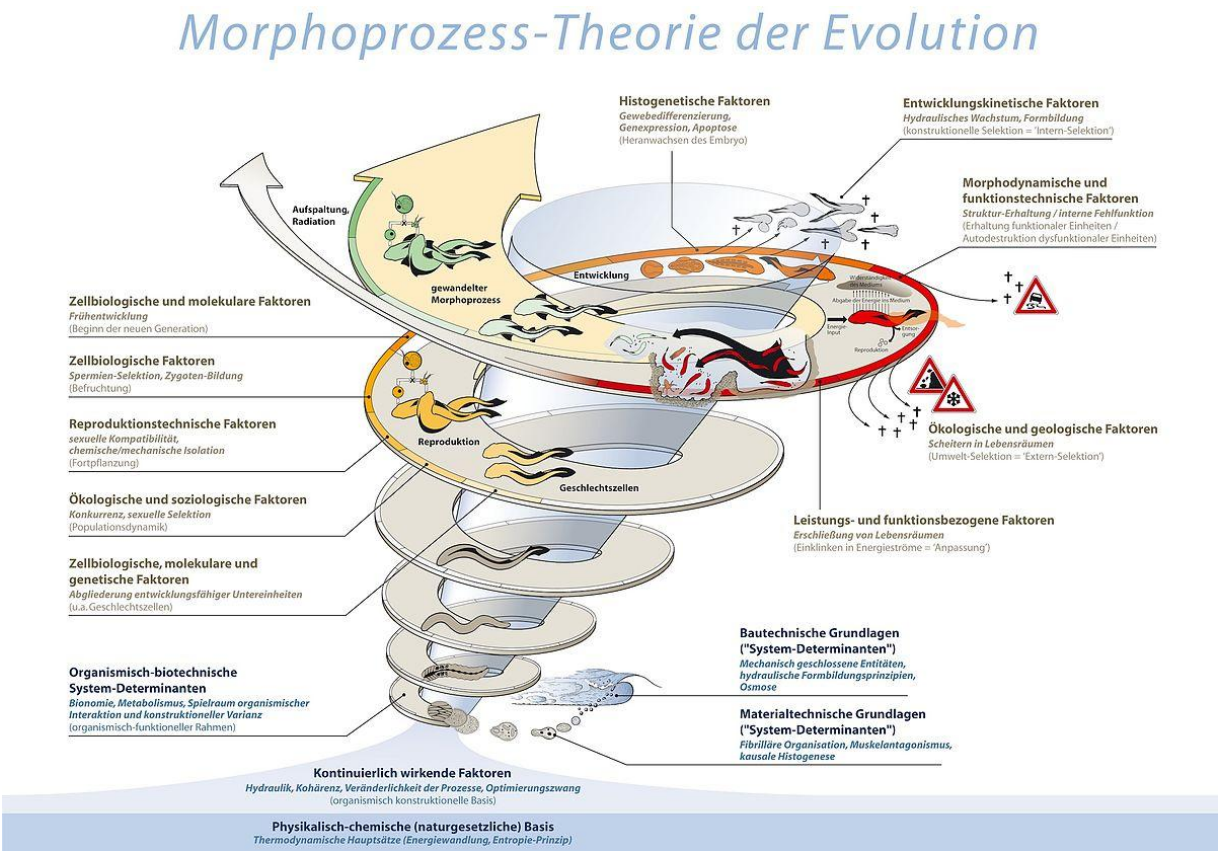
begleitet von Steigerung der Effizenz (Verringerung des ATP-Verbrauchs bei gleicher Leistung bzw. Leistungs-Steigerung bei gleichbleibenden ATP-Verbrauch)



Optimierung und Differenzierung hydraulischer Körperkonstruktionen
Q: de.wikipedia.org (M. Grasshoff, M. Gudo, T. Syed, A.Siebel-Stelzner)



Haupt-Evolutions-Linien des Tierreiches
Q: de.wikipedia.org (M. Grasshoff, M. Gudo, T. Syed, A.Siebel-Stelzner)



Morphoprozess-Theorie der Evolution
Q: de.wikipedia.org (M. Grasshoff, M. Gudo, T. Syed, A.Siebel-Stelzner)

Zusammenfassung zu Evolutions-Theorien

gemeinsame Grundlagen / Basis der naturwissenschaftlichen Evolutions-Theorien:

- Evolution ist ein historischer und aktueller Prozess
- Evolution kann erforscht werden
- Evolution ist unumkehrbar (→ DOLLOsches Gesetz)
- Evolution hat kein End-Ziel (ist nicht determiniert) (Anpassung als Detail- / Etappen- aktuelles Ziel aber möglich)
- Evolution ist ein mehrschichtig wirkender / komplexer Vorgang

Theorie	Inhalt	seit bedeutende Vertreter	Bemerkungen / Hinweise
Katastrophismus	erdgeschichtliche Katastrophen (Überschwemmungen,		
LAMARCKsche Evolutionstheorie	Bedürfnisse als Ursache für Veränderungen Anpassung durch Gebrauch und Nichtgebrauch von Organen / Funktionen	LAMARCK	
DARWINS Evolutionstheorie	Mutation zur Schaffungen von Varianten natürliche (äußere) Selektion der Varianten durch Umwelt	DARWIN	
Synthetische Evolutionstheorie		MAYR	basiert auf DARWINs-Evol.-Th.
Systemtheorie der Evolution	Organsiemen als offene Systeme (i.S.d. Thermodynamik) stehen im Fließgleichgewicht mit Umwelt versucht tiefgreifende Veränderungen von Grundbauplänen zu erklären grundlegender Prozess ist auch Koevolution erweitert (äußere) Selektion um innere Selektion	1970er Jahre BERTALANFFY	basiert auf DARWINs-Evol.-Th. (wiss. Diskussions-Konzept) und Weiterentw. der Synthetischen Th.
Kritsche Evolutionstheorie		1970/80er Jahre GUTMANN	
Hydroskelett-Theorie			
Frankfurter Evolutionstheorie	Organismen dringen in Umwelten ein und gestalten diese weiter die Möglichkeiten des Organismus bestimmt, welche Umwelten er nutzen kann	GUTMANN	basiert auf DARWINs-Evol.-Th. (wiss. Diskussions-Konzept) und Weiterentw. der System-Th. sowie der Kritischen Th.

abgeleitete gemeinsame (allgemein akzeptierte) Aussagen / Hypothesen:

- Organismen sind unterschiedlich gut an die (aktuelle) Umwelt angepasst
- Evolution basiert auf Vererbung (wesentlicher Merkmale (in Populationen))
- durch die auf den Organismus und die Population einwirkenden Umwelteinflüsse erfolgt eine Auswahl von Organismen (Durchsetzung bestimmter Geno- und Phänotypen in der Population)

selbst die Römisch-katholische Kirche erkennt heute die Evolutions-Theorie an und erklärt sie als vereinbar mit dem christlichen Glauben (1996)

Artenauslese als Prozess beim dem neben Individuen ganze Populationen / Arten bis hin zu Abstammungs-Gruppen (z.B. Organismen-Stämmen) den Evolutions-Faktoren unterliegen und ausgelesen werden
z.B. Dinosaurier-Sterben vor 65 / 66 Mio. Jahren

die vier Dimensionen der Evolution

Vertreter und Protagisten Eva JABLONKA und Marion J. LAMB

sehen vier große Bereiche für Vererbung

- klassische (moelkular-genetische) Vererbung nach MENDEL, MORGAN usw. (→ das egoistische Gen)
    - karyogene / chromosomale Vererbung
    - nicht-chromosomale Vererbung über Mitochondrien und Plastiden
- epigenetische Vererbung (auf der Basis der Stoffwechsel-Situation der Eizelle)
- Vererbung von Verhalten (durch Lernen)
- Vererbung über Symbolsysteme (→ das egoistische Mem)

Diskussions-Standpunkte:

- Biologische Vererbung umfasst mehr als nur Gene
- Einige erbliche Variationen entstehen nicht rein zufälli
- Einige Formen erworbener Informationen sind erblich
- LAMARCKsche Mechanismen → Evolution der "begründeten Vermutung"
- Der Artenwandel ist nicht nur das Ergebnis von Selektion, sondern auch von Instruktion
  Q: /19, S. 13/

Gegenüberstellung ausgewählter DARWINistischer Evolutions-Theorien

	DARWINsche Theorie	WEISMANNS Neodarwinismus	Neodarwinismus in Form der Modernen Synthese	Molekular-biologisch begründeter Neodarwinismus	Neodarwinsimus auf der Basis von "egoistischen" Genen	derzeit diskutiert
ab Zeitpunkt / Bereich	1859 -	ab 1880 bis in die 1930er Jahre	1937 -		1976 -	
Entwickler, Haupt-Vertreter, Unterstützer	**DARWIN** WALLACE	**WEISMANN** HAECKEL	**DOBZHANKY** MAYR HUXLEY		**DAWKINS**	
basiert auf …		**DARWIN** MENDEL	**DARWIN** LAMARCK MORGAN	**DARWIN**	**DARWIN**	
Ablehnung von …			Mutalismus (DE VRIES)			
Vererbungs-Weg	Gemmulae wandern von den Körperzellen zu den Keimzellen	Weitergabe von Determinanten über die Keimbahn	Weitergabe von Genen über die Keimbahn	DNA-Replikation	DNA-Replikation	
Variations-Einheit	Gemmulae	Determinanten ()	Gene der Keimbahn	DNA-Sequenz	DNA-Sequenz ("egoistisches" Gen)	
Herkunft erblicher Variabilität	zufällige und umwelt-induzierte Änderungen in den Körperzellen	zufällige und umwelt-induzierte Änderungen in der Keimbahn	zufällige Mutationen	zufällige DNA-Sequenz-Änderung (ev. auch gerichtete Abänderung)	zufällige DNA-Sequenz-Änderung	
Haupt-Triebkraft						Selektion Instruktion
Selektions-Ziel	Individuen, ev. auch Gruppe von Individuen	hauptsächlich Individuen, Determinaten, Zellen und Organe	Individuum	vorrangig Individuum (aber auch Gene, die Gruppe, Abstammungslinie und die Art	das Gen, Individuum und / oder die Gruppe	
Evolutions-Einheit	Population (von Individuen)	Population von Individuen, Zellen und / oder Determinaten	Population (von Individuen)	vorrangig die Population (von Individuen)	Populationen von allelen eines Gen's	
Kritik-Punkte Probleme						

nach Q: /19, S. 54/, geändert und erweitert

(c,p) 2014 – 2020 lern-soft-projekt: drews

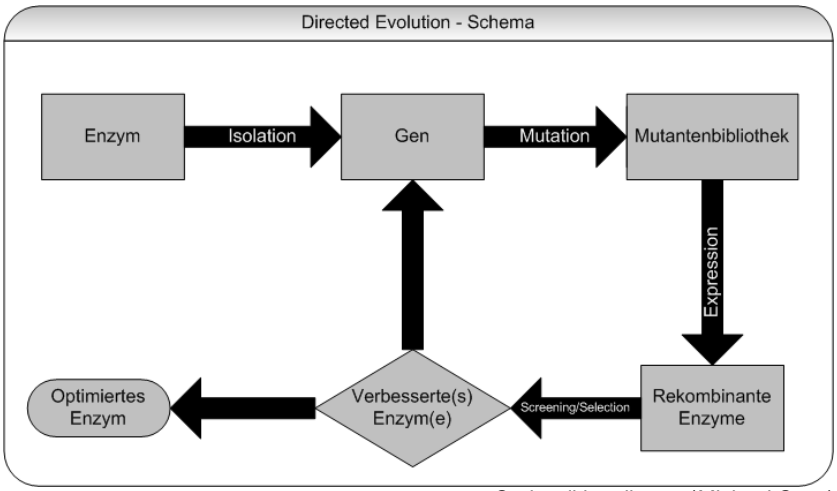
(c,p) 2014 - 2026 lsp: dre

	DARWIN	WEISMANN
		natürliche Selektion ist einziger Richtungs-gebender Evolutions-Faktor
		Ablehnung der Vererbung von erworbenen Merkmalen
		keine evolutiononäre Wirkung von Gebrauch und Nicht-Gebrauch von Organen Nichts, was die somatischen Zellen verändert hat, wirkt in der Keimbahn weiter.
		Determinanten (Vererbungs-Stücke) werden von Generation zu Generation über die Keimbahn weitergegeben
	Gemmulae werden vor der Keinzellen-Bildung immer neu zusammengestellt	Determinanten werden nur verteilt (Keimzellen-Bildung) und neukombiniert (Befruchtung)
		Ursache für erbliche Variabilität liegt in zufälligen oder Umwelt-bedingten Einflüssen sie verändern die Quantität und Qualität der Determinanten in der Keimbahn
		Voraussetzung für Evolution durch natürliche Selektion sind sexuelle Vorgänge

komplexe Aufgaben:

1.

2. Diskutieren Sie das Schema aus der Sicht der synthetischen Theorie der Evolution!



Q: de.wikimedia.org (*Michael Gepp*)

3.

2.7. Epigenetik und das EvoDevo-Konzept

2.8. Lücken und Probleme der modernen Evolutions-Theorien

Der Evolutions-Theorie geht es nicht anders als ihrem Objekt. Nur die besten, fittesten Theorien werden Bestand haben. Tauchen neue auf, dann müssen sie sich mit den bestehenden messen. Die neue Theorie muss einfach nur den Sachverhalt besser und widerspruchsfreier erklären können, dann wird sie die derzeit vorherrschende Theorien-Landschaft um die DARWINsche Theorie vielleich ablösen oder neu beleben.

offene Fragen zur (morphologischen) Evolution (MÜLLER + NEWMAN (2003):

1. Burgess shale Effekt	explosionsartige Entstehung der Baupläne der Vielzeller
2. Homoplasie	unabhängige, wiederholte Entstehung ähnlicher Gestalten
3. Konvergenz	ähnliche Entwicklungen / Designs in entfernt verwandten Gruppen
4. Homologie	verschiedene Bauelemente treten als fixierte Baupläne auf
5. Neuheit	Einpassung von Neuentwicklungen in quasi-optimierte Strukturen
6. Modularität	wiederholte Verwendung gleicher oder leicht variierter Strukturen
7. Contraint (Beschränkung)	nicht alle Optionen / vorhandenen Möglichkeiten werden phänotypisch ausgeprägt
8. Atavismen	Neuerscheinung von scheinbar schon verlorenen Merkmalen
9. Geschwindigkeit	unterschiedliche Raten bei Veränderungen / Entwicklungen

zusätzliche Probleme in den Bereichen …:

10. Beziehung zwischen Genotyp und Phänotyp in Ontogenese und Phylogenese
11. Epigenese und deren Rolle in der morphologischen Evolution
12. Theorie der morphologischen Evolution

werden von anderen Forschern aber als geklärt betrachtet

z.T. subjektives Empfinden und mangelndes Einlassen auf komplexe, langfristige, millionenfache Vorgänge

interessant und etwas minder-erforscht ist aus meiner Sicht eine scheinbare Evolutions-Unempfindlichkeit bestimmter Organismen-Gruppen / Arten nach ihrer Heraus-Differenzierung in prähistorischen Zeiten
super-stabile Konzepte (z.B. Bärtierchen)

Definition(en): Aposematismus (Warnfärbung)
Aposematismus ist das Phänomen, dass gefährliche / ungenießbare Arten sich ihren Feinden mit hellen / grellen Farben / Farb-Kontrast (oder anderen starken Reizen) zeigen und diese quasi warnen.

Beispiele:
Feuerwanzen
Wespen

evolutionäre Entstehung strittig

2.9. alternative Evolutions- und Schöpfungs-Theorien

Bevor ich falsch verstanden werde. Dass diese Theorien hier - quasi zum Schluß - auftauchen soll nicht heißen, dass ich sie als den letzten gültigen Erkenntnis-Stand sehe. Vielmehr ist hier die Historie tragend. Viele der "alternativen" Evolutions-Theorien sind Kinder des 20. Jahrhundert's. Eigentliche eine aufgeklärte Zeit. Aber, wie auch immer, nehmen "alternative" Theorien und Vorstellungen einen immer größeren Raum in der Gesellschaft ein. Das ist zum Einen der Freizügigkeit hinsichtlich der eigenen Meinung(s-Bildung) und zum Anderen durch die breiten medialen Angebote möglich geworden. Dagegen ist überhaupt nichts zu sagen, jedem steht seine eigene Meinung zu. Aber dabei sollte beachtet werden, dass Lügen

politische Evolutions-Theorien

"August-Sitzung" der Sowjetischen Akademie der Landwirtschaftswissenschaften erklärten die Vererbungsregeln von MENDEL und MORGAN für ungültig
(dies warf die sehr fortschrittliche genetische Forschung in der Sowjetunion so stark zurück, dass sich z.T. noch heute nicht vollständig davon erholt hat)
LYSSENKO-Aera in der UdSSR

ähnliche katastrophale Auswirkungen hatte die Kulturrevolution von MAO in China um 1970

Aber auch die Wissenschaft selbst bekleckert sich nicht immer mit Ruhm.
Bis in die 70iger Jahre des 20. Jahrhunderts Theorien zu möglichen Groß-Mutationen und deren angenommener Effekt auf die Art-Bildung gehalten.
GOLDSCHMIDT (1940)
SCHINDEWOLF (1950)
KING und WILSON, GOULD und ELDREDGE

2.9.y. Kreationismus

1942 bezeichnete der amerikanische Philosoph Daniel DENNETT (1942 -) die Evolutions-Theorie als "Universalsäure". Sie zerstört praktisch alles andere. Religionen etc. verlieren vollständig ihre Substanz.
Im Allgemeinen werden heute in der religiösen Welt jeweils für sich die Evolutions-Theorie und die Theorie von der natürlichen Auslese anerkannt. Sturm laufen die Religionen erst, wenn es um die Anerkennung beider Theorien zusammen geht, sowie die Schöpfung an sich angezweifelt wird. Eine Theorie der Evolution durch natürliche Auslese ist aus deren Sicht "undenkbar".

Definition(en): Kreationismus
Kreationismus ist eine religiöse Weltanschauung, welche die Entstehung des Universum's, des Leben's und des Menschen's so annimmt, wie es z.B. in heiligen Schriften oder Überlieferungen dargestellt wird.

Die Welt des Kerationismus ist derzeit sehr breit. Es gibt viele Strömungen und Richtungen. Vielfach wird versucht den Kreationismus als "alternative" wissenschaftliche Theorie zu etaplieren, um sie z.B. in den Biologie-Unterricht der Schulen zu integrieren.

Was können kreative Personen? Was können natürliche Vorgänge nicht?

- Setzen eines oder mehrerer Ziele (Orientierung auf die Zukunft)
- Planung
- Auswahl der Mittel / Methoden / Wege zum Ziel
- Einlegen von Zwischen-Schritten / Entwicklungs-Stufen
- Vorüberlegungen zu möglichen Hindernissen / problematischen Detail's
- gedankliches Vorstellen und sprachliches Darstellen von Ziel und Weg (vor der Realisierung / der Existenz des zu erschaffenden Objektes)
  nach Q: JUNKER, Reinhard: "Woran erkennt man Schöpfungsindizien?-Wort und Wissen Info August 2021, S. 7

Konstanz der Arten
z.T. stark an biblischen Schriften orientiert (Glauben gegen Natur-Wissenschaft; der christlich hineininterpretierte absolute Wahrheits-Anspruch der Bibel (von Jesu) wird zum Kriterium für das eigene religiöse Bekenntnis; quasi, wenn irgendwo in der Bibel eine Lüge steht, dann wären auch die anderen Wörter Jesus unwahr und glaubenbekenntnismäßig strittig)
z.T. neue reine Naturwissenschaft, die aber bei aller ungeklärten Fälle den Schöpfer auf den Plan ruft, kann auch diesen nicht beweisen, weil er per Definition unbeweisbar ist

wissenschaftliche Suche nach Spuren der Schöpfung
von Natur-Wissenschaftlern, Semiproffesionellen und Amateuren populär aufgearbeitet; breites (eher anti-naturwissenschaftlich eingestelltes) Publikum wird mit Halbwahrheiten gefüttert und was eben nicht sein kann, kann eben auch nicht sein
hinterfragen aber auch wissenschaftliche Theorien und Methoden; zeigen Lücken auf

selbst das Alter der Erde wird aus Bibel interpretiert, geologische Ungereimtheiten bzw. ungeklärte Sonderfälle werden zum absoluten Gegenbeweis gegen alle anderen (massenhaft vorkommenden) Belege hochstilisiert
unterliegen teilweise einem Fanatismus bis hin zum Verfolgungswahn
alle natur-wissenschaftlichen Erkenntnisse usw. könnten von Gott (bzw. einem anderen nicht spezifizierten Schöpfer) manipuliert sein

sehen ähnlich wie die MENDEListen Veränderungs-Möglichkeiten innerhalb von Rassen, Arten oder ev. noch Gattungen (bei ihnen als Grundtypen begriffen) → als Mikro-Evolution abgegrenzt
Makro-Evolution wird abgelehnt; Aussterben von Arten aber möglich

Grundtypen sind Organismen-Gruppen, die durch gemeinsame Merkmale gut charakterisiert sind und sich von anderen gut abgrenzen (Ähnlichkeits-Kriterium). Desweiteren müssen sie direkt oder indirekt miteinander kreuzbar sein und das Erbgut muss gleichermaßen zum Ausdruck kommen (Kreuzbarkeits-Kriterium).

besonders das Kreuzbarkeits-Kriterium wird als entscheidend betrachtet, weil es objektiv und reproduzierbar prüfbar ist

Design-Indizien (aus der Sicht des Kreatinismus)	
• **nicht-reduzierbare Kompexität**	Systeme funktionieren nur, wenn mehrere Bestandteile vorhanden und passgenau ineinandergreifen
• **spielerische Komplexität**	System sind ausgefallener / leistungs-fähiger, als es für den typischen Verwendungszweck / die Hauptfunktion notwendig ist es steckt so was wie (weiterdenkende) Phantasie darin
• **Baukasten-System**	bestimmte Elemente sind in verschiedenen Systemen immer wieder enthalten sie wirken, wie immer wieder neu kombiniert
• **Robustheit**	System kann äußeren Einwirkungen in großem Umfang ausweichen
• **Fehler-Toleranz**	System kann viele eigene Unzulänglichkeiten / Arbeitsfehler überstehen ohne das es zu einem Zusammenbruch kommt
• **Redundanz**	System besitzt sich ergänzende und doppelt angelegte Funktions-Elemente der Ausfall oder schwere Beeinträchtigung des einen Funktions-Elementes kann durch das andere Funktions-Elemente ausgeglichen werden
• **Modularität**	System besteht aus Elemente / Subsystemen mit einer ausgeprägten Eigenstabilität
• **Code-Systeme**	Codes basieren auf Vereinbarungen von Personen(-Gruppen) Codes sind keine Eigenschaft der Materie
• **Optimalität**	System ist besonders gut für die Aufgabe / Funktion ausgelegt
• **Schönheit**	System ist ästhetisch / angenehm / wohlgefällig so etwas kann nur von Personen / dem Schöpfer empfunden werden
• **Plastizität**	System verfügen über Möglichkeiten auf Umwelt-Einwirkungen zu reagieren

nach Q: JUNKER, Reinhard: "Woran erkennt man Schöpfungsindizien?-Wort und Wissen Info August 2021, S. 7

als Beleg für die Existenz eines Gottes / Schöpfers wird als Gleichnis gerne auf die Argumentation von William PALEY (1743 – 1805) zurückgegriffen
PALEY argumentierte mit der Schöpfung einer Uhr durch den Menschen als Gleichnis für die Schöpfung des Menschen / Leben durch Gott (gemeint als Gottes-Beweiß).
Eine Uhr ist zu kompliziert, als dass sie durch puren Zufall (Zusammenkommen verschiedenster mechanischer Teile) entstehen könnte. Es besteht seiner Ansicht bei komplexen Objekten immer ein vorlaufender Gedanke / eine Idee / ein Ziel, welche/r/s dann realisert (materialisiert) wird.

DARWIN war in seinen jungen Jahren sehr von dieser Argumentation angetan, hat dann aber in seiner Theorie gezeigt, dass die Anpassung von zuerst nur rudimentären Eigenschaften / Funktionen zu komplexen führen kann. Die Funktion des Uhrmachers übernimmt die natürliche Auslese.

Richard DAWKINS – der heute als einer der bedeutendsten Biologen / Evolutions-Forscher des 21. Jahrhunderts gilt – griff das Uhren-Gleichnis in seinem Buch "Der blinde Uhrmacher" (1986, dt.: 1987) auf. Dort zeigt er u.a., dass in der Natur schon kleine Vorteile dazu geeignet sind, besser zu überleben und mehr Nachkommen zu zeugen. Die Arbeit des "blinden Uhrmachers" ordnet er der Natur / der natürlichen Auslese zu.
Auch Gegenargumantationen zur Wirkung und Realität der natürlichen Auslese bezogen sich auf eben dieses Buch und dessen Argumentation. (siehe dazu auch die Quellen / Literatur-Angaben am Ende dieses Abschnitts)

Der Kreationismus ist besonders stark in den USA verbreitet. Sie selbst erheben den Anspruch, eine der Evolutions-Theorie vergleichbare und ebenbürtige Theorie zu sein. Selbst das Oberste Gericht in den USA hat 1987 geurteilt, dass dem nicht so ist und es sich beim Kreationismus um gut kaschierte Glaubensätze handelt.

Problem-Feld: Sozial-DARWINismus

Definition(en): Sozial-DARWINismus

populäre Quellen / Literatur-Tipps / weiterführende Bücher zum Thema "Evolution":
(DARWINistische und Gegen-Argumentationen sind hier ungefiltert enthalten!)

Aufgaben:

1. *Prüfen Sie, ob die (besonderen) Fähigkeiten eines Schöpfers zum Erreichen einer Situation / eines Zustand's notwendig sind! Für welche "notwendigen" Fähigkeiten eines Schöpfer's gibt es eine alternative Erklärung in den naturwissenschaftlichen / materialistischen Evolutions-Theorien?*
2. *Wählen Sie sich 3 Design-Indizien aus und prüfen Sie, ob diese ein Schöpfer-Beweis sein müssen, oder ob eine andere Erklärungs-Möglichkeit gibt!*
3.

Material: (Q: Neuland, Janik: Die Blüte der Passionsblume – ein vierfaches Schöpfungsindiz.- IN: Information aus der Studiengemeinschaft Wort und Wissen 2/25 (Juni 2025); S. 4 f.; neu zusammengestragen und erweitert: dre)

Passionsblume

(s) Passiflora caerulea
(F) Passionsblumengewächse

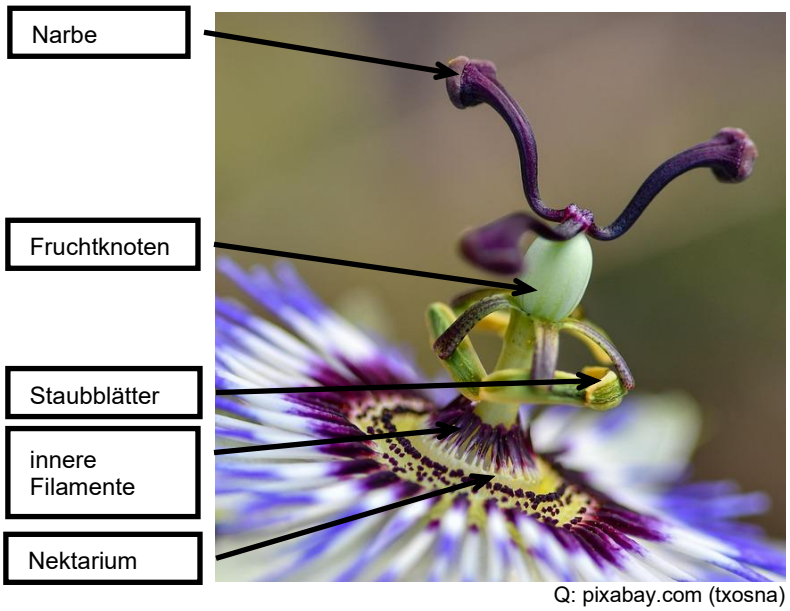
Bau der Blüte
5 Kelch- und 5 Kronblätter
Nebenkrone aus bis zu 50 Filamente

Fruchtknoten mit 3 Narben
5 Staubblätter

Nektarium im Kelch eingelassen, von den inneren Filamente (Nektarienkranz) abgedeckt

Namensherkunft
soll an die Passion (Leidensweg) Jesu erinnert haben
10 Blütenblätter symbolisieren die 10 Apostel (ohne Judas und Petrus)
der Nektarienkranz entspreche der Dornenkrone
5 Staubblätter stehen für die 5 Wunden Christi
die 3 Narben entsprechen den 3 Kreuznägeln

Q: pixabay.com (christels)



Q: pixabay.com (txosna)

in der Knospe sind Griffel und Staubblätter senkrecht nach oben orientiert
beim Öffnen bewegen sich die Staubblätter in die Horizonale
mit zunehmender Blütten-Reife begen sich die Griffel immer mehr von der Senkrechten in die Horizontale (bis auf Höhe der Staubbeutel)
im reifen Blüten-Stadium sind die Narben nach oben und die Staubbeutel nach unten gebogen
versetzte Reife der Staubblätter und des Fruchtblatt's (Narben-Ausbildung)
→ Verhinderung der Selbstbefruchtung
Befruchter sind Kolibri's, Wespen und Bienen (Pollen wird über den Schnabel bzw. dem Insekten-Körper aufgenommen und abgegeben)
Bestäuber trinken aus dem Nektarium

wichtige Bedingungen für eine erfolgreiche Pollen-Übertragung und Befruchtung:

- versteckte Anordnung des Nektarium's (im Kelchgrund)
- Anordnung des Nektarium's um die Blütensäule herum
- richtiger Abstand zwischen Nebenkrone und Staubblättern und Narben
- versetzte Position der Narben zu Staubblättern
- passende Beweglichkeit der Staubfäden und der Griffel

Auffälligkeiten

- Passionsblüte ist deutlich komplexer als andere Pflanzenblüten
- höhere Komplexität als sie für die Funktion notwendig ist
- besonders hübsch / schön
- alle Teile passen perfekt zueinander (Anordnung, Abstände, Anzahl, …)
- alle Teile funktionieren perfekt aufeinander abgestimmt
-

Aufgaben:

1. *Suchen Sie im Internet nach "Schöpfungsindizien" bzw. passenden Beispielen! Diskutieren Sie eines der Beispiele! (Sprechen Sie sich im Kurs ab, wer welches Beispiel bearbeitet!)*
   Stellen Sie Ihr Beispiel kurz vor!
2. *In der Quelle zum obigen Material stehen die folgenden Aussagen:*
   a) *"Die in sich abgestimmte Komplexität der Passionsblume zeugt eher von einem Schöpfer als von zukunftsblinder Evolution."*
   b) *"Die Blüte der Passionsblume kann evolutionstheoretisch mangels Selektionsdrücken. die zu spielerischer Komplexität geführt haben könnten, kaum erklärt werden."*
   c) *"Ein Schöpfer, der einfach Freude an seinem Werk hat, bietet hierfür einen naheliegende Erklärung." (gemeint die Schönheit der Blüte)*
   d) *"Nur ein Schöpfer kann Variationsprogramme für mögliche künftige Umstände schaffen."*
   e) *"Die Blüten der Passionsblumen sind ein eindrückliches Zeugnis ihres Schöpfers. In der Summe können sie durch einen Schöpfer plausibler als durch die Evolutionstheorie erklärt werden."*
   Diskutieren Sie die Aussagen!

für die gehobene Anspruchsebene:

3. *Analysieren Sie (die) verfügbare(n) Grundtypenliste(n)! (siehe z.B. Links)*
4. *Bewerten Sie das Grundtypen-Konzept aus wissenschaftlicher Sicht!*

interessante Links:

https://www.wort-und-wissen.org/wp-content/uploads/Zusammenstellung-vorlaeufiger-Grundtypen-Stand-27.02.2025.pdf (Grundtypen-Tabelle)
→ https://www.wort-und-wissen.org/artikel/data-collection-basic-types/

> Als Antwort auf Richard DAWKINS ständig drängende Aufforderung an seine Mitatheisten sich zu outen, erwähne ich, dass ich tatsächlich Atheist bin. Um sich als Atheist zu bezeichnen, muss man nicht beanspruchen, einen Beweis dafür zu haben, dass es keine Götter gibt. Man braucht einfach nur zu bedenken, dass die Beweise zur Gottesfrafe sin in etwa auf dem gleichen Stand befinden wie die Beweise zur Werwolf-Frage.
> John MCCARTHY (Logiker und Informatiker (KI-Forscher))

(c,p) 2014 - 2026 lsp: dre

3. physikalische und chemische Evolution

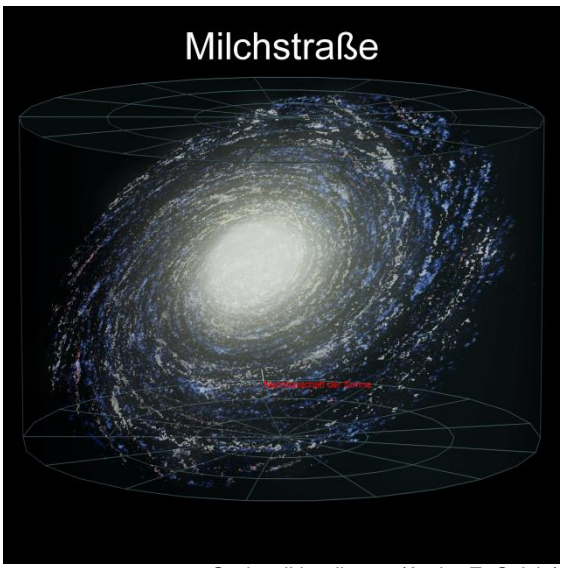
Wie ist das Leben auf die Erde gekommen? Diese Frage interessiert aus wissenschaftlicher Sicht zumindestens die Biologen. Selbst andere Wissenschaften und natürlich die Theologen möchten diese Frage beantwortet wissen. Eigentlich hat jeder Mensch hierzu eine Erwartungshaltung gegenüber den Verbreitern gängiger Weltanschauungen oder er hat schon für sich eine mehr oder weniger plausible Antwort gefunden.
Aus wissenschaftlicher und theologischer Sicht ist die Frage auch nicht nur auf die Entstehung des Lebens eingeschränkt, auch die Entstehung von Mensch und der Erde (und ev. auch des Weltalls) sind zentrale weltanschauliche Fragen.
Problematisch ist dabei, dass niemand die Prozesse beobachtet hat und es damit auch keine absolute Bestätigung für die Aussagen gibt. Die Wissenschaftler betrachten eine Milliarden Jahre alte Geschichte, in der der Mensch nur eine winzige Zeitspanne überhaupt existiert.
Die Theologen können auch keinen Beweis für die Exaktheit und Gültigkeit der zentralen religiösen Schriften (z.B. "Bibel" oder "Koran") anbringen.
Wissenschaftler – wie Theologen – glauben zuerst einmal ihre Sicht. Jeder wird Argumente für die Gültigkeit seiner Betrachtung anbringen und Argumente gegen die gegnerische Sicht sammeln.
Hier ist der Platz vor allem die wissenschaftliche Sicht zu präsentieren. Das macht die nachfolgend beschriebenen Vorgänge nicht wahrer. Vielmehr wird der Wahrscheinlichkeits-Gehalt für die Gültigkeit der einen oder anderen These durch die Anzahl unabhängiger Argumente erhöht. Aber das ist im Wesentlichen Glauben.
Aus meiner Sicht hat hier die natur-wissenschaftliche Betrachtung klar die Nase vorn.
Wir beginnen ganz am Anfang dessen, was die Naturwissenschaft heute als Theorien-Gebilde liefert.

3.1. physikalische Evolution

Am Anfang war der Urknall. Vor rund 15 bis 18 Milliarden Jahren explodierte eine sogenannte Singularität. Praktisch in einem Punkt befand sich alles, was wir heute im Universum beobachten können. Allerdings existierte dies alles nicht als Materie sondern in Form von Energie. Erst mit der Explosion enstanden Materie, Raum und Zeit.
Nach nur 10^{-30} Sekunden kühlte sich das Universum auf 10^{25} K ab und Quarks und Anti-Quarks entstanden. Das Universum kühlte in den nächsten 10^{-6} s auf 10^{13} K ab und die Quarks gruppierten sich zu Atom-Kern-Bausteinen (Hadronen). In 10^{-4} s (= 0,1 ms) enstanden Protonen und Neutronen sowohl in der Materie- als auch in der Anti-Materie-Version. Beim Zusammentreffen von Materie und Anti-Materie wird die gesamte Masse in Energie umgewandelt, welche die Ausdehnung des Weltalls beschleunigte. Übriggebliebene Protonen und Neutronen wandelten sich ständig ineinander um und setzten dabei Neutrinos frei.
Nach und nach bildeten sich die vier Grund-Kräfte bzw. fundamentalen Wechselwirkungen heraus. Darunter verstehen wir derzeit die Gravitation, elektromagnetische Wechselwirkungen sowie die schwachen und starken Kernkräfte (/ Wechselwirkungen).
Nach insgesamt einer Sekunde betrug die Temperatur des Unsiversums 1'010 K. Nun konnten sich die Protonen nicht mehr in Neutronen umwandeln. in den folgenden Sekunden vereinigten sich die Protonen und Neutronen durch Kern-Fusion zu Atom-Kernen. Dabei waren Wasserstoff (^{1}H) mit 75 % vorherschend, gefolgt von fast 25 % Helium-4 (^{4}He). Kerne der Elemente bzw. Isotope Deuterium, Lithium, Helium-3 und Berylium gab es nur in Spuren. Das Universum war im Zustand eines Plasmas – Atom-Kerne und Elektronen sind voneinander getrennt. Die Elektronen bildeten sich aus
In wahrscheinlich 400'000 Jahren kühlte sich das Universum deutlich ab und die ersten Atome kondensierten aus dem Plasma.

Durch geringfügige Dichte-Unterschiede und den daraus folgenden Gravitations-Kräfte-Unterschieden kam es dann zur Zusammenballung der ersten Materie zu Sternen und Galaxien.
Die glühenden Sterne brüteten nun die ersten schwereren Elemente durch Kern-Fusionen aus. Erste Sonnen-System mit Planeten entstanden und gingen in den starken Wechselwirkungen zwischen den noch recht dicht beeinanderliegenden Galaxien z.T. auch schnell wieder unter. Von den den großen Explosionen und Supernovae erreicht uns auch heute noch Licht.

Entstehung unserer Galaxie wahrscheinlich aus einer Gas- bzw. Restwolke einer solchen Supernova-Explosion vor über 14 bis 13 Mrd. Jahren



Q: de.wikipedia.org (Andre Z. Colvin)

Rotation des Systems wahrscheinlich um ein großes Schwarzes Loch im Zentrum.

Entstehung unseres Sonnen-Systems
vor rund 12 bis 10 Mrd. Jahren
liegt in einem Spiral-Arm unserer Galaxie
scheinbar ruhige Lage; kaum Schwarze Löcher in der Nähe oder große Sterne, die die Bewegungen stören bzw. explodieren können
zuerst große Urplaneten mit hohen Oberflächen-Temperaturen von rund 10'000 °C

dazu gehörte auch Urerde

→ Meteroiten-Schauer, Meteroiten-Einschläge
→ Kometen

zwischen Mars und Jupiter eine scheinbare Lücke

enthält großen Asteroiden-Gürtel

Umlaufbahnen der inneren (links)
und äußeren Planeten (rechts)
Q: de.wikipedia.org (CellarDoor85 (Robert Aehnelt))

nach Außen schließt sich der sogenannte KUIPER-Gürtel an
er ist zwar auch Quelle von Meteroiten und Kometen, aber im Wesentlichen fängt er Strahlung und Materie-Objekte von umliegenden Sternen und Planeten-Systemen ab

Entstehung der Erde

unser Sonnensystem war erst rund 30 bis 50 Mio. Jahre alt, noch relativ instabiles Planetensystem
wahrscheinlich aus zwei Himmelskörpern – der Proto-Erde und dem Mars-ähnlichen Planeten Theia. Zusammenstoß geschätzt vor 4,5 Mrd. Jahren
freigesetzte Partikel bildeten erst Staubhülle dann nach und nach den Mond
nach der Zusammenballung der Materie zuerst flüssig und dichter an der Erde bei deutlicher höherer Rotations-Geschwindigkeit
derzeit intern fast vollständig fest; Kern von flüssiger Hülle umgeben; sehr geringe vulkanische, aber stärke seismische Aktivität
wegen der relativ hohen Masse des Mondes (im Vergleich zur Erde) wird auch bei Erde und Mond von einem Doppel-Planeten-System gesprochen
Masse zu gering, um Athmospäre zu halten, kaum Wasser nachgewiesen (wahrscheinlich vollständig verdampft)
Oberflächen-Gestalt von Meteroiten-Einschlägen usw. geprägt (letztes großes Bombardement von vor 3,8 bis 3,2 Mrd. Jahre)
Bahnumlauf derzeit einmal in rund 28 Tagen, dabei dreht er sich auch einmal um sich selbst, so dass wir derzeit immer die gleiche Seite sehen

der Planet Erde liegt in der biogenen Zone unseres Sonnensystems. Bezugspunkt ist natürlich das Erd-ähnliche Leben.
Ob sich auch in anderen Zonen eines Sonnensystems (selbst in unserem ist das noch nicht ausgeschlossen) etwa auch völlig anderes Leben entwickeln könnte, ist völlig offen.

viele Faktoren werden von vielen Wissenschaftlern als ursächlich für das Leben auf der Erde bezeichnet
exakter ist sicher die Betrachtung, dass ein natürliches Wirken dieser Faktoren, genau das bekannte Leben der Erde hervorgebracht hätte. Wäre einzelne oder mehrere Faktoren anders ausgeprägt, dann könnte eine mehr oder weniger anders geartetes Leben trotzdem auf der Erde existieren. Aber auch – und das muss man wissenschaftlich klar betonen – ist es genauso möglich, dass es kein Leben unter diesen anderen Planeten-Bedingungen geben könnte. Und das gilt auch für die Erde. Ein oft unterstellter gesetzmäßiger Sprung zur biologischen Evolution hätte auch nie oder vielleicht erst in vielen Mrd. Jahren oder zufällig erst heute passieren können.

der Planet Erde befindet sich (in seiner derzeiten Ökogeosphären-Situation (→ Gaia-Hypothese)) in der sogenannten "bewohnbaren Zone" unseres Sonnen-System's
auch "Goldlöckchen-Zone" oder "habitable Zone" genannt
Betrachtung aber relativ, da Planet zuerst deutlich wärmer war und dann zuerst durch chemische und athmosphärische Prozesse abgekühlt und stabilisiert wurde
dann durch biologische Systeme abgekühlt

die Sonne hat sich in den letzten 3,5 Milliarden Jahren – also praktisch in der Zeit seit es leben auf der Erde gibt – um rund 20 % erwärmt
der entscheidende Kühl-Faktor sind die Ökosysteme – das organische Leben

heute wäre eine (unbelebte) Erde auf der gleichen Planetenbahn zu heiß, um jetzt biolgisches Leben neu zu bilden

Welche Faktoren stabilisieren das Erd-Leben? Das sind vorrangig:

das Erd-Leben-stabilisierende Faktoren / Einflüsse / Bedingungen

• **Lage der Planeten-Bahn (Entfernung zur Sonne)**	für biogene Systeme (auf Basis von Proteinen) geeignete Oberflächen-Temperaturen flüssiges Wasser
• **Erd-Magnetfeld**	Schutz vor Partikel-Strahlung der Sonne und aus dem Kosmos
• **Mond**	Stabilisierung der Planeten-Bahn Stabilisierung der Erd-Rotation Ebbe und Flut starker Zeitgeber für biologische System (Vollmond, Neumond) Metroiten-Fänger
• **Rotations-Geschwindigkeit**	Zeitgeber für biologische System
• **Rotations-Achse der Erde**	Jahreszeiten; starke Differenzierung von Lebensräumen und Umweltbedingungen Klima / Wetter
• **Wasser**	multi-funktionaler Stoff (mit diversen speziellen Eigenschaften (→ Anomalien des Wasser) Klima / Wetter
• **Erd-Größe**	Erdanziehungs-Kraft / Gravitation Halten der Armosphäre (→ Klima / Wetter)
• **eliptische Planeten-Bahn**	Jahres-Zeiten-Verstärkung durch eliptische Revolution Verstärkung des Effekts / Gegenphasigkeit zwischen Nord- und Süd-Halbkugel / Unterschied Ausprägungs-Intensität Jahreszeiten Nord- und Süd-Halbkugel (→ Klima / Wetter)

Wasser von Kometen
die junge Erde als Kometen-Fänger, ur Zeit des jungen Sonnensystems gab es noch sehr viele Kometen auf z.T. instabilen Bahnen
durch relativ starke Erdanziehungskraft konnte Wasser zuerst im Dampf-Zustand und dann später in flüssiger Form gehalten werden

nach weiterer Abkühlung der Erde Bildung Ur-Ozeane vor rund Mrd. Jahren

ev. Super-Kontinent Kenorland vor 2,5 Mrd. Jahren (Nachweise ungesichert)

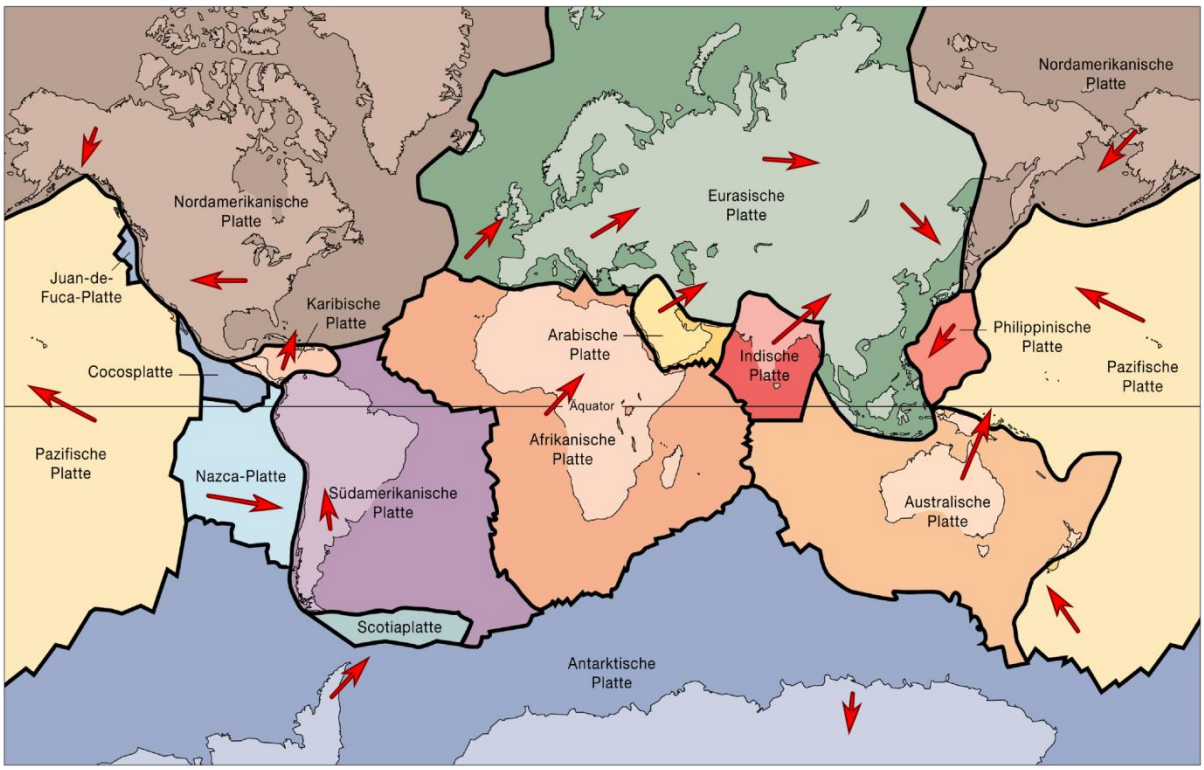
dazwischen zeitweise Teilung zumindestens in den nördlichen Groß-Kontinent Laurasia und das südliche Gondwana
wiedervereinigete Ur-Kontinente Rodina vor 1 Mrd. Jahren und dann vor 280 Mio. Jahren Pangaea

zwischendurch große Kontinente (Gondwana und Landmassen der späteren Kontinente Europa, Asien, Sibirien, Nordamerika) schwimmen auf dem flüssigen Erdkern
im Devon drei große – voneinander getrennnte – Landmassen (Asien, Euramerika, Gondwana)

vor rund 220 Mio. Jahren Zerfall von Pangaea führte zur Bildung der großen – heute existierenden – kontinentalen Platten
vor 120 bis 60 Mio. Jahren bildeten fast alle heutigen Kontinente eigene Landmassen
danach weiteres Auseinanderdrift und Zusammendriften der Platten zur aktuellen Lage

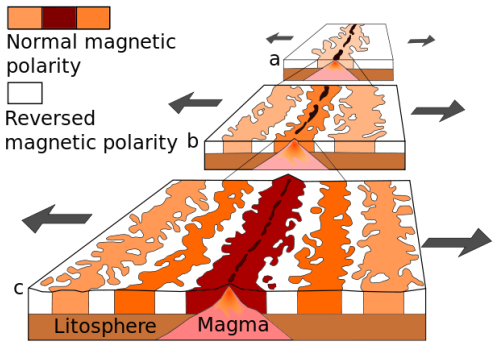
z.B. Bildung der großen Gebirgsketten (Alpen, Himalaya, Anden, Rocky Mountains)

Platten-Tektonik



Q: usgs.gov (erw. (Haupt-Bewegungs-Richtungen und –Stärke): dre)

Ursache für Seismik und den Vulkanismus entlang des sogenannten Feuerrings



Veränderung der magnetischen Orientierung
Q: de.wikipedia.org (Chmee2)

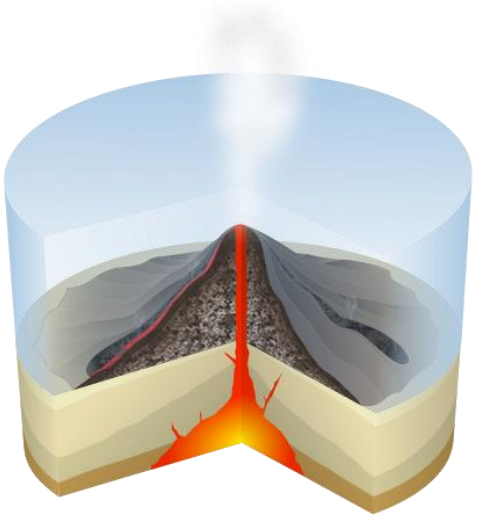
Vulkanismus

nach der Entstehung der festen Erd-Kruste sehr ausgeprägt
bis heute deutlich an Intensität abgenommen

ab und zu von erhöhter Gesamt-Aktvität unterbrochen

ev. Rhythmen von zig Mio. Jahren

große Gefahren für bestehende Ökosystem durch großflächige Hotspot's
z.B. unter Yellow-Stone-Nationalpark und unter Sibirien



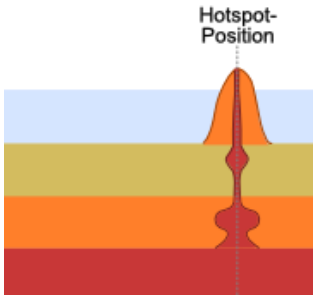
submariner Ausbruch eines Vulkans
Q: de.wikipedia.org (Sémhur)

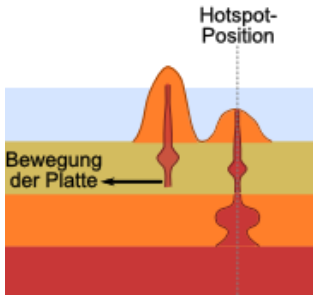
Schaffung völlig neuer Lebensräume

Urbesiedlung aus der Umgebung oder selten fast völlig eigenständige Herausbildung von Organismen usw. usf.

periodisch schwangende Intensität von Hotspot's bewirkt an Land Bildung von gebirgigen Strukturen, Lebewesen-freie Lava-Landschaften, verbunden mit großflächigen Vegetationsbränden Schlamm-Lawinen / pyroklastische Wolken und Asche-Ausbrüche

im Meer u.U. Bildung von Insel(-Gruppe)n
z.B. Hawaii-Archipel

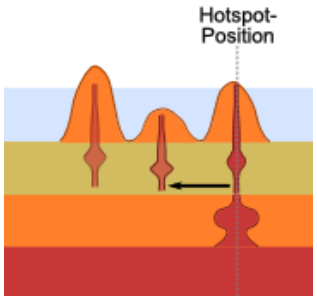




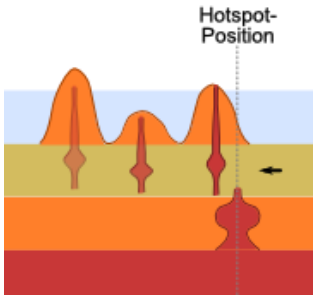
Bildung einer Ur-Atmosphäre
aus verschiedenen Gasen z.B. auch durch Vulkanismus freigesetzt

Erde hat eine ausreichende Masse, um eine Gas-Hülle zu halten
zu Anfang viel Wasserstoff, dieser konnte aber von der Erde (mit ihrer relativ geringen Gravitation) nicht gehalten werden

erste stabile Ur-Atmosphäre wahrscheinlich schon vor 4 Mrd. Jahren



Insel-Reihe über einem Hotspot; im Abstand von mehreren Mio. Jahren; jeweils in der Hochphase



…
in einer Zwischen-oder Tief-Phase

4 große Klima-Zonen
manchmal subpolare Zone noch separat betrachtet

Klima-Zone	Lage	grobe Durchschnitts-Temperatur	Tag-Länge	weitere Charakteristika	Klima-Prägung
Polar-Zone Kalte Zone	Pol → Polarkreis (67° N / S)	0 °C (-40 – 0 °C) schwacher Tagesgang	0 – 24 h	geringe Niederschläge Permafrostboden	Jahreszeiten-Klima homogen
Gemäßigte Zone	Polarkreis → 40° N / S	8 °C starker Tagesgang	8 – 16 h	Jahreszeiten-abhängige Niederschläge	Jahreszeiten-Klima (→ Tageszeiten-Klima) sehr vielgestaltig
Suptropen	40° → Wendekreis (23° N / S)	16 °C starker Tagesgang	10 – 14 h	geringe Niederschläge	Tageszeiten-Klima (→ Jahreszeiten-Klima) sehr vielgestaltig
Tropen	Wendekreis → Äquator	24 °C schwacher Tagesgang	~ 12 h (11 – 13)	Passat-Winde Regen-Zeiten mit relativ starken Niederschlägen	Tageszeiten-klima relativ homogen

3.2. chemische Evolution

Gestein-Bildung
Kristallisation / Umkristallisation

starke Erosion durch heiße Ur-Athmospäre mit starken Bewegungen
starke Erosion auch in den Gesteinsschichten → Spalten-Bildungen
starke Seismik
ständiger z.T. großflächiger Vulkanismus; auch unterseeisch

erste Atmosphäre
vor 3,8 Mrd. Jahren
Wasserstoff, Methan, Ammoniak, Stickstoff, Cohlenmonxid, Cohlendioxid und Spuren von Schwefelwasserstoff

endogene Synthese (aus der Lithosphäre heraus)

bis vor rund 2,0 Mrd. Jahren
starke Gewitter, starke UV-Strahlung
Bildung von Amino- und Nukleinsäuren

Sammeln der Reaktionsprodukte in der Hydrosphäre

vor 550 Mio. erste Landmassen (Urkontinente)
Reaktions-Zonen zwischen Land, Wasser und Athmosphäre

zweite Atmosphäre
reduzierende Atmosphäre

hauptsächlich: CO_2, N_2, H_2O
wenig: H_2, CO, CH_4, NH_3

als mögliche weitere C-Quellen kommen C-haltige Meteoriten und magnetisches C-haltiges Mineral in Frage
C ist in beiden Quellen frei und sehr reaktiv, bildet sich mit den Gasen der Athmosphäre zu CH_4 und CO_2 um

das Fehler von freiem O_2 muss als Biogenese-fördend angesehen werden, Sauerstoff würde organische Stoffe sofort oxidieren und auch Ozon würde organische Strukturen extrem schnell zerstören

dritte Atmosphäre

Ton-Minerale mit speziellen Eigenschaften

Bildung organischer Moleküle

seit WÖHLER (1824, 1828) wissen wir , dass die Grenzen zwischen anorganischer Chemie und organischer Chemie fließend sind

MILLER-UREY-Versuch

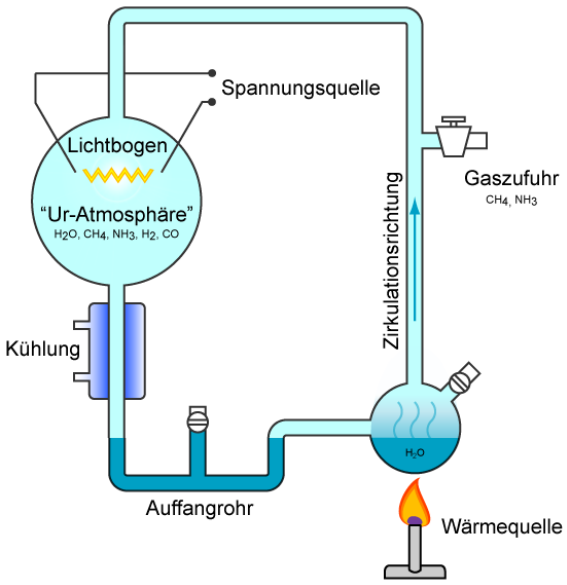
Stanley MILLER (1930 – 2007)

sehr idealistisches Bild der Ausgangs-Bedingungen

Die Modell-Atmosphäre bestand aus Wasser, Methan, Ammoniak, Wasserstoff und Cohlen(stoff)monoxid.

Kombination der verschiedenen vermuteten Bedingungen in einem geschlossenem System
verschiedene typische anorganische Grundstoffe, die sich von alleine bilden
dzu Hitze und Abkühlung sowie Lichtbogen, welche die häufigen Blitze simulieren sollten

schon nach kurzer Zeit sind Aminosäuren, Zucker, Fettsäuren, Nucleotide u.a. nachweisbar



schematischer Aufbau des MILLER-UREY-Experimentes
Q: de.wikipedia.org (Xerxes2k)

Zusammensetzung ändert sich bei veränderten oder zusätzlichen Bedingungen

! wichtig ist aber, dass in diesen Experimenten nur die Bildung organischer Stoff gezeigt wurde. Es entstanden niemals Organismen oder Organismen-ähnliche Strukturen

heute weitere Entstehungs-Möglichkeiten diskutiert

Reaktionen an Ton-Mineralien

Reaktionen an Pyrit
Pyrit als Katalysator
Pyrit als Energie-Quelle

Pyrit entsteht unter Sauerstoff-freien Bedingungen aus Eisen, Eisenoxiden und Schwefel oder Schwefelwasserstoff

$$Fe + 2\,S \longrightarrow FeS_2 \quad ; \Delta_R H = -\,x\ kJ / mol$$

$$Fe_2O_3 + 3\,S \longrightarrow FeO + FeS_2 + SO_2 \quad ; \Delta_R H = ?\ x\ kJ / mol$$

$$2\,FeO + 5\,S \longrightarrow 2\,FeS_2 + SO_2 \quad ; \Delta_R H = ?\ x\ kJ / mol$$

$$Fe_3O_4 + 2\,H_2S \longrightarrow 2\,FeO + FeS_2 + 2\,H_2O \quad ; \Delta_R H = ?\ x\ kJ / mol$$

weiße Schmoker / Tiefsee
Hyperthermophilie

$$Fe^{2+} + FeS_2 + H_2 \longrightarrow 2\,FeS + 2\,H^+ \qquad ; \Delta_R G = -44\ kJ / mol$$

und wissenschaftlich gesehen ebenfalls gut möglich die Infektion der abiotischen Erde aus dem Weltall (Panspermie) ob allerdings biologisches oder präbiologisches Material die extrem lange Reise durch das kalte und Strahlungs-reiche Weltall wirklich überstehen kann ist schon sehr fraglich
als weiteres Problem stellt sich der Eintritt in die Atmosphäre dar, die Masse der Meteoriten verdampft dabei
auch das Innere schmilzt meist und bildet beim Abkühlen Glas-artige Strukturen oder Legierungen

Ob das Leben über Kometen od.ä. oder gar durch versehentlich liegengelassenen Mülltüten außerirdischer Besucher auf die Erde kam, wird sich vielleicht niemals klären lassen
Aus philosophischer Sicht ändert sich dabei auch nichts. Wenn das Leben nicht auf unserer Erde selbst entstanden ist, dann irgendwo anders. Wie es dort geschehen ist – ist und bleibt die alte philosophische Grundfrage.
Vielleicht sind wir auch nur Teil eines riesigen Experimentes oder eines langfristig angelegten Terraformings. Das werden wir vielleicht dann zu wissen bekommen, wenn die Experimentatoren (bzw. deren Nachkommen) mal wieder vorbeikommen.
Aus wissenschaftlicher Sicht ist eine natürliche, zufällige Entstehung die wahrscheinlichste und durch viele verschiedene Argumente, Theorien und Experimente gestützte Variante

Bio-Katalysatoren und Makro-Moleküle

Polymerisation von Aminosäuren, Nucleotiden und Zuckern führt zu kurzen Ketten, längere Ketten zerfallen wieder zu schnell
längere Ketten können sich nur in speziellen Mineralien und Schlämmen bilden, konzentrieren und halten

bei modernen Forschungs-Arbeiten hat man (LEE et.al., 1996) ein relativ kleines Peptid aus 32 Aminosäuren gefunden, dass die eigene Reproduktion katalysiert
es fungiert dabei als Matrize für die Tochter-Moleküle
es ist spiralig aufgebaut und besteht in bestimmten Abständen immer aus einem Leucin-Molekül, diese interagieren mit den Leucin-Molekülen des Tochter-Peptid
es entsteht ein sogenannter Leucin-Reißverschluss, der bei höheren Tempraturen aufgetrennt wird und die Moleküle dann eigenständig wieder als Matrize für neue Tochter-Moleküle dienen können

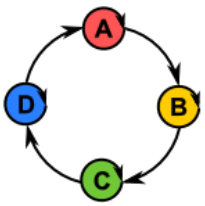
Anreicherung aller organischer Stoffe in der Ur-Suppe des Ur-Ozeans
kleine, selektive Reaktions-Räume in Tonen, schwammigen Mineralien usw. möglich

nur wenige Proteine (Polypeptide) und Polynucleotide besaßen Reaktions-fördernde Eigenschaften

Hyper-Zyklen

Theorie von Manfred EIGEN und Ruthild WINKLER entwickelt und
publiziert (1976)

spezielle, zufällige Kombinationen von Reaktions-fördenden Polypeptiden und Polynucleotiden, wobei sie sich gegenseitig befördern (aktivieren, katalysieren)
Zufälle und minimale energetische Vorteile beförderten einzelne Reaktionen und damit auch bestimmte Ketten, die dann über Feedbacks auf vorlaufende Reaktionen wirkten



systemischer Vorteil, wenn das System sich selbst reproduzieren konnte – Anhäufungs-Effekte
in den Hyper-Zyklen stehen nicht die stofflichen Abhängigkeiten im Vordergrund – obwohl suie hier auch wirken – sondern die Beeinflussungen / Steuerungen anderer Prozesse

es entsehen mit nur wenigen Elementen hochkomplexe, dynamische und nicht-lineare Systeme
EIGEN und WINKLER haben versucht durch einfache (wissenschaftliche) Spiele (Situationen und Regel-Systeme) die Vorgänge zu simulieren. Bei den Simulationen traten diverse übergeordnete Verhaltens-Muster, die über das Verhaltens-Repertoire der Elemente hinausgingen, auf.
Dazu gehörten z.B. Kooperationen oder auch Dominanzen.

hier muss man unbedingt beachten, dass der Übergang von der einfachen Ur-Suppe zu vielleicht ersten stabilen Hyper-Zyklen viele Millionen Jahre Zeit hatte
zum Anderen betrafen die probiotischen Stoffwechsel-Systeme wahrscheinlich nur wenige Aminosäuren etc. Bei den Aminosäuren könnten das ungefähr 4 bis 6 gewesen sein. Heute werden durchgehend genau 20 Aminosäuren bei Protein-Bildungen verwendet
Es gibt nur ganz seltene Organismen-Gruppen, bei denen eine einzelne Aminosäure innerhalb des genetischen Code's im Laufe der Evolution ausgetauscht wurde.

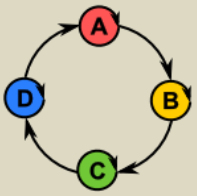
Stoffwechsel-Systeme

ab bestimmter Komplexität der Hyper-Zyklen
selbst-reproduzierendes Stoffwechsel-System → probiotisch

wissenschaftliches Spiel: Hyper-Zyklus

nach EIGEN und WINKLER "Das Spiel – Naturgesetze steuern den Zufall"

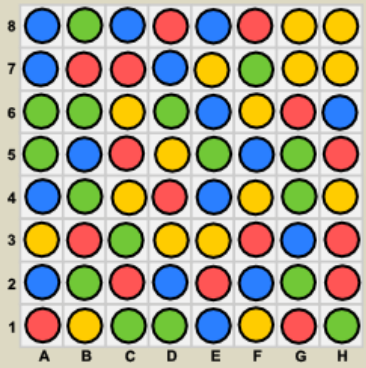
Ausgangs-Punkt ist ein Hyper-Zyklus der von A über B und C zu D und dann wieder zrück zu A führt. Jeder Stoff (A, B, C und D) erhält eine eigene Farbe.
Es gelten die folgenden Prozesse, wobei das Material M nur der Form halber enthalten ist:



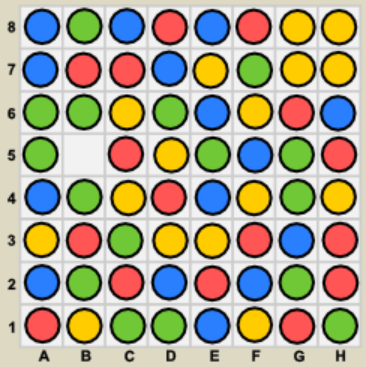
$$A + B + M \longrightarrow A + 2\,B$$
$$B + C + M \longrightarrow B + 2\,C$$
$$C + D + M \longrightarrow C + 2\,D$$
$$D + A + M \longrightarrow D + 2\,A$$

Die Spielfläche ist ein 8x8-Brett – das könnte z.B. ein Schachbrett sein.
auf dem Brett werden jeweils 16 Plättchen / Spiel-Figuren von jeder Art (A bis D, vier Farben) gesetzt.

1. die aktuelle Spiel-Stelle wird mit zwei Oktaeder-Würfeln ermittelt
2. die Spiel-Figur an der Spielstelle ("Opfer") wird entfernt
3. jetzt wird eine weitere Spielstelle ("Entwickler") erwürfelt
4. WENN in der direkten (orthogonalen) Umgebung der "Entwickler"-Stelle eine Spiel-Figur mit der Vorgänger-Farbe der zweiten Spielstelle ("Entwickler") vorhanden ist, DANN wird diese auf die erste Spielstelle (Opfer-Position) in der einen Schritt weiter entwickelten Form übertragen / (praktisch der Entwicker kopiert), ANSONSTEN wird die Opfer-Stelle wieder zurückbesetzt
5. Abbruch bei vollständiger Besetzung mit nur einer Farbe SONST Fortsetzung mit 1.



zufällig besetztes Spielfeld



"Opfer"-Position B5

Entwickler-Position ohne notwendigen Baustein

Entwickler-Position mit notwendigen (rotem) Baustein (rechts)

Die jeweilige Anzahl der Spiel-Figuren jeder Art (Farbe, A bis D) wird mit der Taktzahl erfasst und nach Abbruch oder festgelegter Simulations-Länge (Anzahl Takte) graphisch dargestellt.
Die Simulation sollte mehrfach wiederholt werden, um allgemeine Effekte identifizieren zu können.

3.2.x. Vorläufer der Zellen

als Bedingungen für eine beginnende "biologische" Evolution müssen die Hauptgruppen an biogenen Substanzen (Aminosäuren, Kohlenhydrate, Fettsäuren, Energieträger (org. Phosphate), Glycerol und Nukleinbasen) und abgrenzbare Räume vorhanden sein.
für die Selbstreproduktion ist ab einer bestimmten Ebene die Weitergabe von Erbinformation über molekulare Informations-Träger notwendig

nach der Verfügbarkeit der Stoffe war dann die Bildung von Hüllen (Membranen) zur Abgrenzung von Reaktions-Räumen entscheidend

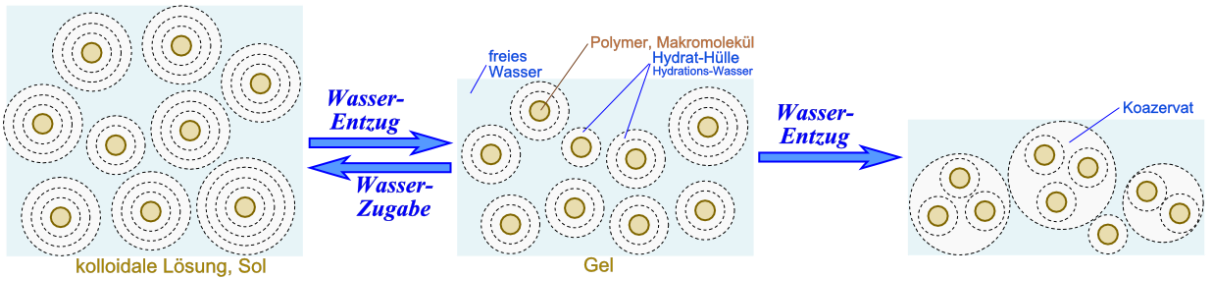
→ O'NEILL: Chemie Geo-Bio-Sphäre /14, S. 6/
gute Zusammenstellung

Bei der Diskussion über die Möglichkeit der Entstehung probiotischer und später auch echter biotischer Strukturen sollte man immer die zeitlichen Diemensionen im Hinterkopf behalten. Wir sprechen hier über Hunderte von Millionen Jahren. Vielleicht waren es sogar mehr als 1 Milliarde Jahre. Praktisch müssen die speziellen Strukturen nur ein einziges Mal entstanden sein. Von diesem Zeitpunkt an sind sie mehr oder weniger voll funktions-fähige "biologische" Systeme, die sich dann eigenständig weiterentwickelten.
Vielleicht sind auch andere "(pro-)biotische" Strukturen entstanden. Die Wahrscheinlichkeit spricht dafür. Die heutige Lebens-Form als Kombination von Nukleinsäure- und Protein-Welt in einer Lipid-Hülle hat sich aber letztendlich durchgesetzt.

Koazervate

Koazervat-Hypothese von OPARIN ()

Polymere oder andere große Moleküle liegen in wässriger Lösung oft hydratisiert vor, d.h. sie sind von einer oder mehrerer – mehr oder weniger fest anhaftenden – Wasserschichten (Hydrat-Hüllen) umgeben
je polare die Molekül sind, umso deutlicher sind die Hydrat-Hüllen ausgeprägt



Koazervate nach OPARIN

zu größeren Einheiten vereinte Kolloid-Tröpfchen
relativ scharf / streng abgetrennt von der umgebenden Lösung / dem freien Wasser (→ Abgrenzung, entfernt Zell-ähnliche Struktur)

schwimmen aufgrund einer ähnlichen Dichte frei im Wasser
es kommt zur Stoff-Aufnahme in die Koazervate, dort können Stoff-Umwandlungen statttfinden und die gebildeten Stoffe wieder abgegeben werden (→ Stoffwechsel)
unter speziellen Bedingungen kommt zur Aufteilung eines Koazervates in kleinere Einheit (Koazervate)(→ "Vermehrung"); die kleinen Koazervate können dann durch Stoff-Aufnahme und –Speicherung an Volumen zunehmen (→ Wachstum)

im Experiment mit Gelantine und Gummi arabicum nachvollziehbar

OPARIN (1924), wirkte in Russland und der damaligen Sowjetunion

Voraussetzungen für die OPARIN-Hypothese

- eine präbiotische Atmosphäre mit reduzierenden Eigenschaften (die Elemente C, O, N und S liegen in reduzierten Form (CH_4, H_2O, NH_3 u. H_2S) vor)
- Ur-Atmosphäre ist mehreren Energie-Formen ausgesetzt (elektrische Entladungen, (vulkanische) Wärme / Hitze, solare Strahlung), die Bildungs-Bedingungen für kleine organische Moleküle darstellen
- die Hydrosphäre ist das wesentliche Sammel-Becken für die verschiedenen (gebildeten) Stoffe; es entsteht eine "verdünnte Suppe"

Leben bildet sich spontan aus der Ur-Suppe

eine ähnliche These stammt auch von HALDANE (1928), sie wurde wahrscheinlich unabhängig und ohne Kenntnis von OPARINs Veröffentlichung entwickelt
heute wird oft auch der "OPARIN-HALDANE-Hypothese" gesprochen (besonders gerne im englisch-sprachigen Bereich)

heute kennt man rund 200 verschiedene solcher hydrophilen Systeme, die unterschiedlich große Koazervate bilden (1 – 500 µm)

Sulphoben

HERRERA (1942)

morphologische (Lebens-ähnliche Formen) Strukturen, die bei der Umsetzung von Formalin und Thiocyanat; recht ähnlich zu OPARINs Koazervaten
Größe zwischen 1- 100 µm
treten mit Umgebung in Wechselbeziehungen
bilden innere Strukturen (Vakuolen-Äquivalente) und lösen diese wieder auf, wenn sich Umgebungs-Bedingungen ändern
absorbieren verschiedene organische Stoffe (z.B. Farbstoffe)

Mikrospären

Protein-gefüllte Koazervate
allgemein sehr komplexe Molekül-Aggregate
FOX zeigte 1957, dass Aminosäuren unter bestimmten Bedingungen (abwechselnd leichte Erwärmung und Abkühlung) polymerisieren

Protein-artige Strukturen bildeten Kugel-förmige Gebilde oder legten sich zwischen und um die Koazervat-Schichten
könnten gute Ausgangs-Objekte für Hyper-Zyklen (nach EIGEN) sein, da sie von Membran-ähnlichen Strukturen von der Umgebung abgrenzen; Hüllen sind für bestimmte Stoffe selektiv durchlässig
bei Mikrospären wird eine Art primitiver "Fortpflanzungs-Fähigkeit" beobachtet, sie bilden Knospungen, die dann zu größeren Sphären "heranwachsen"
Weitergabe von internen Vorgängen durch das Überströmen der Innenraum-Flüssigkeit in die Knospung
ob sich aber die Entstehung von Zellen über solche Gebilde vollzogen hat wird relativ breit angezweifelt

Präzellen

organisierte, komplexe Strukturen mit kleinen internen "Metabolismen" (Stoff-Zyklen) und verschiedenartigen Wechselwirkungen mit der Umgebung
es fehlt aber die Fähigkeit der Selbst-Reproduktion
quasi eine etwas erweiterte Form von Koazervaten und Mikrospären

offen ist die Frage, wie diese Systeme zu einem Vererbungs-Apperat (Nukleotiden, …)

Molekular-Hypothese

Die Molekular-Hypothese geht von zuerst einfachen und dann immer komplexer werdenden Stoffwechsel-Systemen aus. Dazu gehören z.B. Hyper-Zyklen, bei denen sich die beteiligten Stoffe gegenseitig in einem Zyklus aktivieren bzw. die Produktion kontrollieren. Diese Zyklen werden später immer größer, verzweigen intern und vermaschen sich immer mehr. So entstand dann letztendlich ein Stoffwechsel-Gebilde, das wir in seiner abgewandelten Form heute noch als lebendes Protoplasma vorfinden.
Die Abgrenzung erfolgt dann sekundär z.B. über die Faltung / Ummaltelung von Reaktions-Räumen durch Lipide / Phospholipide od.ä. Stoffe. Dies könnet z.B. in den unterseeischen Smokern in Gesteins-Spalten und kleinen Aushöhlungen passiert sein.

Gegenüberstellung / Vergleich Koazervat- und Molekular-Hypothese

	Koazervat-Hypothese	Molekular-Hypothese
hypothetischer Ablauf	anorganische C-Verbindungen ↓ Kohlenwasserstoffe ↓ Bildung komplexer, organischer und z.T. hoch-molekularer Stoffe (u.a. Nucleotide, Polypeptide, Polynucleotide, …)	
	↓ poly-molekulare Systeme → Koazervate ↓ Herausbildung von vernetzten Reaktions-Systemen; ständige Selbst-Erneuerung und Verbesserung der System durch Auslese-Effekte ↓ Ur-Organismen	↓ Autoreproduktion der Polynucleotide u. Polypeptide; gegenseitige katalytische Effekte; zyklische Reaktions-Folgen; Polynucleotide dienen als Matrize für Polypeptide ↓ Autoreproduktions-System wird durch Auslese ständig verbessert; Bildung von Nukleinsäuren; Auftreten von Enzymen ↓ poly-molekulare, lebende Systeme

kaum einer der derzeit durchgeführten Nachbildungs-Versuche bringt alle notwendigen Stoffe und Stoff-Gruppen hervor
wenn fast alle Stoffe gebildet werden, dann ist oft die Herkunft der notwendigen Ausgangsstoffe unklar bzw. der Existenz unter den prähistorischen Bedingungen sehr unwahrscheinlich

"Umschlag-Punkt" oder "Umschlag-Bereich" für Übergang von chemischen System zum biologischen System absolut offen

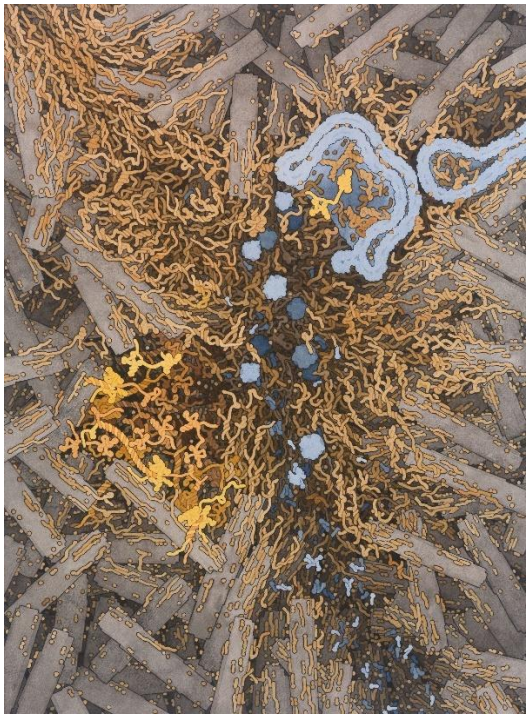
bisher wurden in Versuchen niemals auch nur halbwegs Biologie-ähnliche Strukturen (quasi: Zellen od. so was ähnliches) gebildet

Interessant ist in diesem Zusammenhang, ob es nur ein Ausgangs-System gegeben hat, oder ob mehrere Systeme (mit vielleicht völlig andersartigen Strukturen) in Konkurrenz standen.
Selbst Zusammenschlüsse - quasi frühe Symbiosen - sind denkbar.

Warum hat sich niemals (in den vielen Mrd. Jahren) ein weiteres biochemisches System gebildet?
Oder wenn ja, warum hat es sich nicht durchgesetzt oder parallel entwickelt?
Suchen wir vielleicht nach etwas Falschem?
Gibt es eine Art evolutionären Verteidigungs-Mechanismus gegenüber anderen Systemen?

Wahrscheinlich liegt die Wahrheit zwischen all diesen Hypothesen. In jedem Fall war es wohl ein extrem seltener Zufall, dass die erste (Ur-)Zelle bzw. das erste lebende Objekt entstanden ist. Selbst, ob es sich um ein sprunghaftes Veränderungs-Ergebnis handelt oder um einen schleichenden Prozess, von dem man nicht sagen kann, wann genau das Leben anfing, kann wohl nicht mehr eindeutig geklärt werden.

Aus meiner Sicht fehlt auch eine – wohl derzeit noch nicht bekannte – Kraft oder ein Prinzip, dass es höher-entwickelten oder biogenen Systemen ermöglicht, sich gegen die Steigerung der Entropie durchzusetzen oder sie zu "überlisten".
Vielleicht ist es dieses Prinzip, das Idealisten mit einem Schöpfer und seiner Kraft meinen. Selbst wenn die Frage nach dieser Kraft derzeit noch offen bleibt, heißt das nicht, dass es einen Schöpfer geben muss. Wohl aber, aus meinem Verständnis heraus, so eine Natur-Kraft. Oder ER / SIE belehrt uns eines Besseren, dann müssen wir das als Naturwissenschaftler auch akzeptieren und in unsere Lehren übernehmen. Für die Biologie selbst ist dies gar nicht tragisch. Wir sehen uns ja als Wissenschaftler, die sich mit lebenden System beschäftigen, wo sie herkommen, ist eigentlich eine zweitrangige - wenn auch interessante - Frage.
Hier sehe hier eine Größe, die mit der internen Komplexität von Systemen verknüpft ist und einem Maximum zustrebt. Einfache System könnten durch ein kleines Maß dieser Größe gekennzeichnet sein. Je komplexer und sich stabiler das System wird, umso größer sollte der Wert der Größe werden. Praktisch wird es wohl keine Obergrenze geben, da die Systeme zu immer größeren - noch komplexeren - System zusammenschließen können.



Abiogenese (Molekül-Modell)
Q: https://pdb101.rcsb.org/sci-art/goodsell-gallery

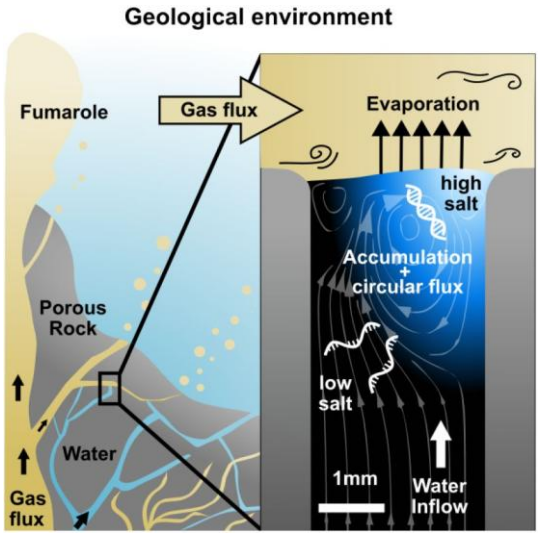
3.2.x. geologisches Entstehungs-Modell der Transkription

RNA- Moleküle könnten – neben ihrer katalytischen Funktion - schon frühzeitig Träger der Erb-Informationen gewesen sein

prinzipiell zur Paarung in der Lage → Bildung von Doppel-Strägen
Bildung längerer Strukturen aber wegen nur wenig ausgebildeten helikalen Strukturen kaum möglich
solche Strukturen könnten sich replizieren, mutieren und weiterentwickeln
später dann auch Code-Basis für Proteine
dazu müssen sie wieder einsträngig vorliegen
notwendig ist also ein Wechsel zwischen einsträngigen und doppelsträngigen Strukturen
dafür sind veränderliche Temperaturen und / oder Salz-Konzentrationen notwendig

in vulkanischem Gestein könnten sich horizontale Gas-Ströme mit vertikal aufsteigenden Wasser-Strömen gekreuzt haben

im Modell-Versuch kam es innerhalb von wenigen Stunden zu einer deutlichen Vermehrung der RNA
praktisch eine isotherme PCR (klassische PCR → 🕮 **Genetik – Molekular-Genetik**)



geologisches Szenario
Q: https://elifesciences.org/reviewed-preprints/100152v1
SCHWINTEK, EREN, MAST, BRAUN: Prebiotic gas flow environment enables isothermal nucleic acid replication.- eLife: 13:RP100152 (Oktober 2024)

4. Entstehung des Lebens (Biogenese)

eigentlich ein nicht-biologisches Problem – Biologie beschäftigt sich (erst, nur) mit Lebewesen

da es aber keine gesonderte, ausgezeichnete Naturwissenschaft zur Entstehung des Lebens gibt, werden die meisten Forschungen aus der Biologie heraus geführt
in ihr besteht auch ein gewisses Interesse für die Aufklärung der Frage nach der Entstehung des Lebens

Merkmale des Lebens / Kennzeichen des Lebens:

- Individuation (Zelle als kleinste Einheit, Abgrenzung vom Äußeren)
- eigener Stoff- und Energie-Wechsel (mit Auto-Regulation)
- Vererbung (spezifische Informations-Träger; Merkmals-Weitergabe, Ähnlichkeit zwischen Nachkommen und Eltern)
- Selbst-Reproduktion / Auto-Reproduktion (Vervielfältigung des Stoffwechsels als auch der Informations-Träger)
- Mutation (Möglichkeit zur Veränderlichkeit)
- Wachstum und Differenzierung (Individual-Entwicklung)
- Reizbarkeit
- Bewegung
- Unterscheidung von Eigenem und Fremden (Immunität)
- (Art-spezifisches) Verhalten

da die Entstehung des Lebens wohl eher ein schleichender Prozess als ein konkretes Ereignis war, sprechen moderne Wissenschaftler heute auch mehr von der Biogenese
Biogenese meint eben einen Prozess, während Entstehung des Lebens ein bischen nach einem konkreten Erreignis klingt

Vier-Stadien-Hypothese der Entstehung des Lebens

- **abiotische Synthese und Akkumulation kleiner organischer Moleküle** (z.B. Aminosäuren, Nukleotide, …)
- **Polymerisierung dieser Monomere zu Polymeren /** Makromolekülen (z.B. Proteine, Nukleinsäuren)
- **Entstehung selbst-replizierender Moleküle und Stoff-Zyklen** (Vererbung von Merkmalen eingeschlossen)
- **Bildung von abgegrenzten Membran-umhüllten Vesikeln, die Moleküle und Stoff-Zyklen akkumulieren**

als Orte für die Entstehung des Lebens wurden früher vorrangig die Uferzonen des Urozeans oder der Urozean selbst diskutiert. Hier besteht aber das Problem, dass die Stoffe kaum in genügend großer Konzentration auftreten können. Lediglich für die Uferzone ist das durch Verdunstung denkbar. gegen die Uferzone sprechen die heftigen Bewegungen und mechanischen Beanspruchungen für frisch gebildete Vesikel.

Heute werden neben den Rauchern in der Tiefsee auch Spalten in Gesteinen als mögliche Entstehungs-Orte betrachtet. In beiden Fällen könnten es Spalten oder kleine Hohlräume gewesen sein, die als erste Lebens-Orte gedient haben.

Protobioten

letzte nicht-biologische Systemstufe vor den echten lebenden Zellen

haben schon verschiedene Eigenschaften lebender Systeme:

- Wachstum
- Stoff- und Energie-Wechsel
- Selbstregultion
- Reproduktion
- Vererbung (einschließlich Mutation)

praktisch heterotrophe Ernährung
ihr Stoff- und Energie-Wechsel basiert im Wesentlichen auf den Ressourcen der Urozeane
wahrscheinlich Gärungs-ähnliche Vorgänge zur Energie-Gewinnung
direkte chemische Kopplung von Vorgängen
dazu einfache Formen von Chemosynthese-ähnlichen Prozessen

früheste allg. anerkannter Nachweis für einzelliges Leben in Gesteinen von North Pole in Australien, Alter des Gesteins rund 3,4 – 3,6 Mrd. Jahre

Aufgaben:

1. *Prüfen Sie ob bestimmte Objekte (z.B. ein Auto, ein Kaninchen, eine Computer-Maus ein Mensch, eine menschliche Zelle) jeweils ein lebendiges Objekt darstellen!*
2. *Ist die Erde ein lebendiges Objekt? Begründen Sie Ihre Meinung!*
3. *Welche Aussagen / Definitionen machen Christentum, klassische Metaphasik und die modernen Moral-Vorstellungen zum Begriff "Leben"?*
4. *Vielfach wird für die Viren als Nicht-Lebens-Merkmal die nicht eigenständige Fortpflanzung angebracht? Diskutieren Sie diese Position (ev. als PRO-KONTRA-Disput)!*
5. *Der flämische Universalgelehrte Jan Baptista VAN HELMONT (1577/80 – 1644) beschrieb und experimentierte mit der folgenden Versuchanordnung zur "Herstellung von Mäusen": In einen Krug wird zuerst schmutzige Wäsche (einer menstruierenden Frau) locker eingefüllt. Darüber gibt man reichlich feuchten Weizen, bis dar Krug fast gefüllt ist. Dann läßt man die Anordnung einige Wochen mit einem Stoffstück abgedeckt stehen. Nach der Wartezeit findet man in dem Krug lebende Mäuse.*

Das nun so ein kompleses System, wie eine lebende Zelle, auf einmal entsteht, ist wissenschaftlich sehr fragwürdig. Der Zufall-Anteil wäre einfach zu groß. Die Wahrscheinlichkeit für eine zufällige Zusammenkunft aller Faktoren, Stoffe und Bedingungen ist so verschwindend gering, dass man eine sogeartete Entstehung wohl ausschließen kann. Das heißt nicht, das sie unmöglich ist – aber eben nur sehr unwahrscheinlich.
Viel wahrscheinlicher ist eine schritt- oder stufenweise Entstehung eines lebenden System. In der Wissenschaft werden praktisch zwei verschiedene Ansätze diskutiert. Der eine Ansatz geht davon aus, dass zuerst RNA und ein irgendwie funktionierender Replikations-Mechanismus vorhanden war und dann später dann aus der RNA dann Proteine und somit auch Enzyme abgeleitet wurden. Irgendwie soll dann ein komplexes Stoffwechsel entstanden sein. Diesen Ansatz nennt man kurz "RNA zuerst".
Beim Ansatz "Stoffwechsel zuerst" gehen die Vertreter davon aus, dass sich irgendwie stoffwechsel-fähige Systeme gebildet haben, die dann später durch ein Replikations-System ergänzt wurden.
Beide Ansätze haben Schwächen und Stärken. Keinem ist bis jetzt ein klarer Durchbruch gelungen. Wer sich mit den beiden Ansätzen und der Vielzahl von Modellen und Ideen beschäftigt, wird zur einen oder anderen Seite tendieren. Mir persönlich sagt die "RNA-zuerst"-Vorstellung mehr zu, was aber gar nichts bedeutet. Jeder kann sich auf der Basis der nachfolgenden Vorstellungen einzelner (ausgewählter) Modelle ein eigenes Bild machen. Für Interessierte empfehle ich unbedingt die Orginal-Literatur oder populär-wissenschaftlich orientierte, verständliche Vorstellungen mehrerer Modelle in entsprechenden Büchern. Der Zugang über das Internet ist sehr vorsichtig zu genießen. Hier stimmt wirklich der Satz "Im Internet darf jeder alles schreiben." Man muss jede einzelne Seite prüfen und dann ist man automatisch bei der Original-Literatur.
Ich werde versuchen die einzelnen Modelle mehr historisch – nach ihrer Veröffentlichung – vorstellen. Wo mir dazu Angaben fehlen, werden ich das deutlich machen oder sie explizit dem passenden Ansatz zuordnen. Hinter vielen Modellen stecken ganze Wissenschaftler-Karieren. Sie haben sich einige Jahrzehnte mit ihrem Modell beschäftig, sie ständig erweitert und gegen Kritik gehärtet oder verteidigt. Diese Gesamt-Historie können wir hier nicht abbilden. Wir setzen hier nur Punkte und stecken ab und zu mal den Finger in die Wunde.
Ziemlich sicher erscheint mir auf alle Fälle die Aussage, dass das Leben irgendwie und irgendwo sehr punktuell – vielleicht nur als eine einzelne Zelle – entstanden ist und dann seinen Siegeszug über die Erde gestartet hat.

wahrscheinlich ursprünglich von RNA-Molekülen geprägte präbiotische Systeme
RNA-Welt von Walter GILBERT (1986)

RNA als mögliche katalytische Moleküle (Ribozyme) und als mögliche Informations-Träger

wahrscheinlich waren zuerst nur selbst-katalytische Effekte da; ein RNA-Molekül katalysiert (Ribo .. von: RNA; zyme … von: Enzyme) die eigene Reproduktion

andere Ribozyme ermöglichten das "Spleißen" der RNA (beim Überschneiden der Molekül-Teile konnten sie Teile herausschneiden und ev. die Enden / Teile wieder neu verknüpfen)
solche Ribozyme sind heute noch vorhanden (und man könnte sie als molekulare Fossilien betrachten)
Ribozyme als selbstrepilierende Strukturen
bevorteilt sind die RNA-Moleküle, die Proteine bilden, die irgendwie die eigene Reproduktion fördern

angenommener Neben-Effekt Produktion von Proteinen

später kam es dann sehr wahrscheinlich zur Bildung von kleinen Zyklen

erst nur gleichartige oder ähnliche Moleküle, dann später Wechsel von katalytischen Proteinen und Informations-tragenden Polynukleotiden, welche u.a. die Proteine kodieren

zuerst wahrscheinlich mehr oder weniger willkürliche Zusammenstellung von einzelnen Molekülen, "Stoffwechsel"-Systemen, Ribozymen, Strukturen, …
sie werden Progenote genannt
Progenote könnten nebeneinander – quasi in symbiotischer Form – nebeneinander (Progenot-Gemeinschaften) existiert haben und dann irgendwann miteinander (zu LUCA (Last Universal Common Ancestor)) verschmolzen sein

immer stärke Vernetzung der Vorgänge; Überschneidung mehrerer Zyklen

quasi sind die Informations-Moleküle die Triebfedern, indem sie sich möglichst effektive molekulare Hilfs-Strukturen schaffen, um sich selbst bestmöglich zu reproduzieren

→ DAWKINS "Das egoistische Gen"

Probleme der "RNA-Welt"
woher kommen die Nukleotide
wie konnten Polymere entstehen
ausgewählte Chiralität (Fixierung auf eine stereo-optische Variante / Linie)

neueste Forschungen (SUTHERLAND (2009)) zeigen, dass Nukleotide aus einfachen anorganischen Substanzen entstehen können
zuerst nur Uracil und Cytosin nachgewiesen
neuerdings auch Adenosin und Guanin
notw. Bedingungen für Nukleotid-Synthesen sind eine Sauerstoff-freie Athmosphäre, wässrige Lösungen von Ammoniak und Borax
aus Blausäure (Cyanid) könnte sich zuerst Formamidopyrimidin (FaPy) bilden, aus dem dann die ersten Nukleotide entstanden sein könnten

dagegen gibt es Metabolismus- bzw. Stoffwechsel-basierte Theorien ("Metabolism-first")

sie sehen die Herausbildung von Stoffwechsel-Systemen (Metabolismen) als Ausgangspunkt
zuerst anorganische Katalysatoren (z.B. Mineralien, poröse Oberflächen), dann später durch organische Stoffe (gemeint leztztendlich dann Proteine) abgelöst
einfache Reproduktion durch (mechanische) Teilung
Reproduktion über Infomations-tragende bzw. –codierende Stoffe dann erst später
Homo-Chiralität lässt sich mit diesem Ansatz recht gut erklären
wahrscheinlich war hier der Zufall entscheidend

Problem der Entstehungs-Theorien:
es gibt keine gesichreten Kenntnisse über die Ur-Athmospähre zu der Zeit

derzeit definieren sich die Forscher die Entstehungs-Bedingungen recht frei und sehr unterschiedlich

gemischte Theorie von Niles LEHMAN ()
propagiert parallele Entwicklung von Nukleotiden und Proteinen
forscht mit Spiel-theoretischen Ansätzen
einige basieren auf Ideen von Manfred EIGEN ()
Ribozyme arbeiteten ev. nach dem Stein-Schere-Papier-Prinzip

aus meiner Sicht sollte auch ein Ansatz stärker in den Fokus gesetzt werden, der die Abgrenzungs- und Träger-Eigenschaften von Phospholipid-Doppelschichten mehr in die initialen Entstehungs-Vorgänge einbezieht – sozusagen eine "Phospholipid zuerst"-Theorie

jede Betrachtung von unabgegrenzten Stoffwechsel- oder Informations-verarbeitenden System scheint sich eher ad absurdum zu führen
die Fluktation und ständig Verteilung widerspricht schon logisch der Bildung von System

erst durch Abgrenzungen konnten stabile und sich selbst regulierende / beeinflussende Systeme entstehen

Hydrothermal-Quellen oder heiße Gesteins-Regionen gelten als wahrscheinlich beste Entstehungs-Orte für organische Substanzen und auch für eine erste "Ur-Zelle"

Stoffe aus dem All – z.B. über Kometen usw. – sind gut möglich, als problem bleibt aber, dass dann im Ur-Ozean die Konzentartion so gering waren, dass die Moleküle sich praktisch nier wieder treffen und interagiern konnten

Definition(en): Autoreproduktion
Autoreproduktion ist die Fähigkeit eines Lebewesens / eines Systems von sich selbst eine funktionierende Kopie erzeugen zu können.

Definition(en): Autoregulation
Autoregulation ist die Fähigkeit eines Lebewesens / eines Systems sich über einen längeren Zeitraum und unter Einwirkung von sich ändernden Umwelt-Bedingungen in einem quasi-stabilen Zustand (/ dynamischen Gleichgewicht) zu halten.

Gegenüberstellung der zentralen – Evolutions-relevanten - Stoffgruppen

Stoffgruppe **Kriterium**	**Nukleinsäuren**	**Proteine**	**Phospholipide**
Funktions-Bezeichnung	genetische / Informations-Moleküle	katalytische / Funktions-Moleküle	Abgrenzungs-Moleküle
Bau / Struktur	wenige Bausteine hohe Anzahl von Kombinationen einsträngig oder doppelsträngig ohne zusätzliche intramolekulare Verbindungen	relativ viele Bausteine hohe Anzahl von Kombinationen einsträngig mit zusätzlichen intramolekulare Verbindungen	sehr wenige Bausteine kombinieren Wasserabweisende und –anziehende Eigenschaften bilden stabile Doppelschichten
höhere Strukturierung	mehrfache Helikalisierung bei der DNA → Chromosomen	unterschiedliche Faltung und Kombination der Peptid-Ketten	Doppelschicht

(c,p) 2014 - 2026 lsp: dre

		möglich	
Eigenschaften des Makro-Molekül's	Sequenz-unabhängig	Sequenz-abhängig	
Eigenschaften der höheren Strukturen	nur Informations-Träger z.T. regulierender Einfluß	ermöglicht die Arbeits- und Bau-Funktionen in der Zelle	trennt hydrophile Bereiche (auch Innen und Außen) in Kompartimente oder als Zelle ab

Aufgaben:

1. *Francesco REDI (1626 – 1698) konnte zeigen, dass auf einem in einem verschlossenem Glas befindlichen Fleisch-Stück keine Fliegen-Maden entstehen, wohl aber, wenn das Glas offen blieb.*
   a) *Erläutern Sie die ablaufenden Prozesse bei diesem Versuch aus heutiger Sicht!*
   b) *Kann dieses Experiment genutzt werden, um die "Entstehung von Leben nur aus Leben" nachzuweisen?*
2. *PASTEUR (1822 - 1895) führte ein Experiement mit Fleischsaft durch. Dazu teilte er den Fleischsaft in mehrere Portionen. Eine Probe wurde offen in eine Retorte gefüllt. Bei der zweiten Probe wurde die ebenfalls fast gefüllte Retorte so positioniert, dass der Schwanenhals in ein Wasserbad tauchte. Für die dritte Retorte kochte PASTEUR den Fleischsaft einige Zeit vorher ab. Die Retorte wurde dann genauso befüllt und positioniert, wie die aus dem zweiten Versuch.*
   a) *Stellen Sie Vermutungen zu den einzelnen Versuchen auf!*
   b) *Mit diesem Experiment gelang es PASTEUR nachzuweisen, dass Leben nur nur aus Leben entstehen kann. Erläutern Sie dies genauer!*
3.

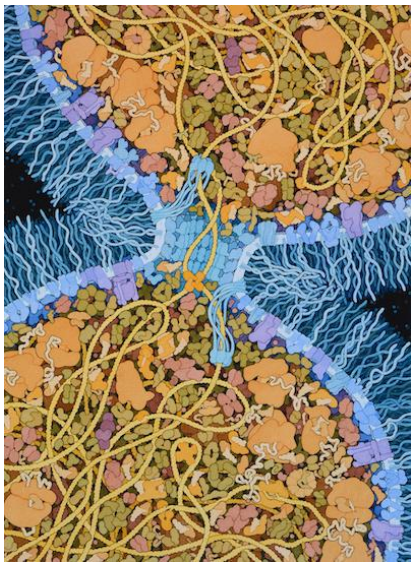
hypothetischer Minimal-Organismus

wird LUCA genannt (Last Universal Common Ancestor)
(nach heutigem Forschungsstand)

wichtige Merkmale:

- selektive Stoff-Auf- und Abgabe
- stabile Abgrenzung
- 250 – 300 Gene notwendig (nach HIGASHI, 2018) für:
  - Glycolyse (+ Gährungs-Abschlüsse) → Energie-Gewinnung
  - Synthese von Fettsäuren → Zellmembran; Energiespeicher
  - Synthese der Zellmembran → Abgrenzung, selektiver Stoff-Austausch
  - Synthese von Co-Faktoren → Stoffgruppen- und Energie-Kopplung
  - Synthese des genetischen Material's → Erbinformationen
  - Transkription → Zwischen-Übersetzung genetisches Material, Regulation
  - Translation → Übersetzung genetische Information in Funktions-Moleküle
  - Replikation → Vererbung

bei energetischen Betrachtungen innerhalb der Betrachtungen zur Entstehung des Lebens taucht u.a. auch die Frage nach sinnvollen Energie-Kopplungen in der Ursuppe auf
es bleibt auch die Frage nach der Freiwilligkeit von Reaktionen (= endergone Reaktionen; Reaktionen mit einer positiven freien Energie)
dass sich ein Energie-lieferndes und ein Energie-verbrauchendes System in der Unendlichkeit der Ursuppe – selbst innerhalb kleinerer Kompartimente getroffen haben, ist eher unwahrscheinlich
ein Erklärungs-Ansatz könnten aber sogenannte 0-Energie-Enzyme ermöglichen
dabei handelt es sich um Elektronen-Transfer-Enzyme (ET-Enzyme)
bei ihnen ist ein Energie-liefernder Vorgang direkt im Enzym mit einem Energie-verbrauchenden gekoppelt



LUCA bei der Teilung (Molekül-Modell)
Q: https://pdb101.rcsb.org/sci-art/goodsell-gallery/last-universal-common-ancestor

so wird z.B. im Nfn-Komplex von 2 abgegebenen Elektronen das eine quasi bergab und das andere bergauf gebracht (eine Reaktion mit $\Delta G < 0$ und eine Reaktion mit $\Delta G > 0$)
die Gesamt-Reaktion am Enzym ist dadurch (gerade noch) spontan; Energie-Verluste sind sehr eng eingeschränkt

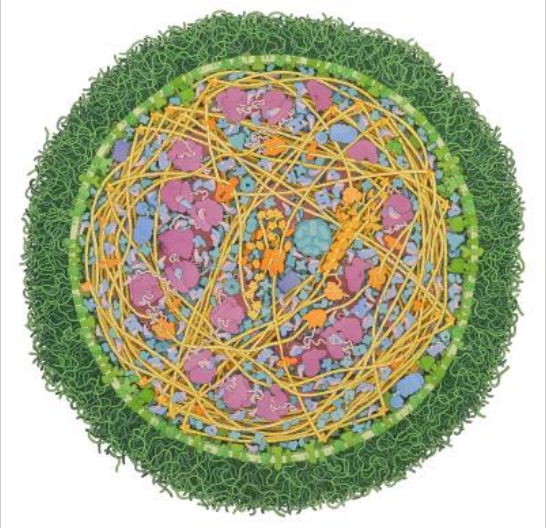
noch zu klärende / offene Entwicklungen / Prozesse / Probleme / Fragestellungen:

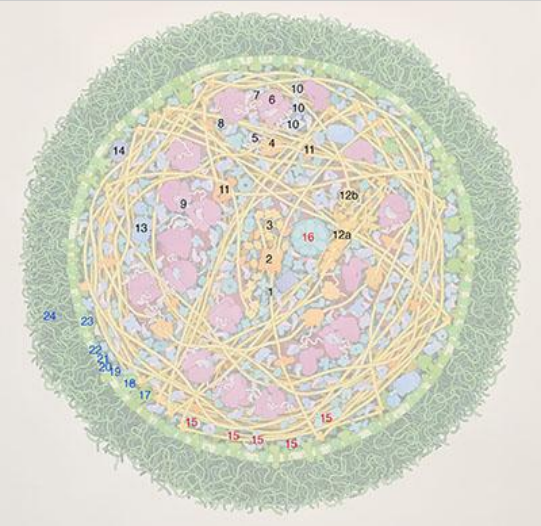
- zerstörende / auflösende Prozesse in der freien Natur (/ in chemischen Systemen) dominierender als aufbauende / strukturierende
- Bildung von Stoffen, die für biologische Systeme notwendig sind, sind nur sehr unzureichend geklärt
- biologische Stoffe und Strukturen (z.B. Polymere / Makromoleküle) sind i.A. eher labil und unterliegen der Hydrolyse
- genaue Entstehung von einzelnen, aber auch von komplexeren, biologischen Systemen (Mitose, Metabolismen, …)

- Stabilität solcher "halb-fertigen" Systeme über lange Zeiträume (z.T. Millionen von Jahren)
- Triebkraft dieser – der allgemeinen Thermodynamik entgegen laufenden – Prozesse
- Entstehung von bestimmten Systemen, von denen bisher keine vereinfachten Versionen denkbar / bekannt sind (z.B. Geißel mit Geißel-Motor)

Exkurs: Minimal-Organismen und Evolution

Das Lebewesen mit dem derzeit bekannten kleinsten Genom ist das Bakterium (s) Mycoplasma mycoides. Es lebt parasitär in den Mägen von Rindern. Das Genom besteht aus 907 Genen.
Einem Forscher-Team der Indiana University Bloomington um Roy Moger REISCHER reduzierte das Genom auf 493 Gene. Das so geschaffene Bakterium wird JVCI-syn3B genannt und ist das kleinste sich selbst reproduzierende Lebewesen.





schwarz: Protein-Biosynthese
1 … DNA
2 … DNA-Polymerase
3 … Bindungs-Protein für einsträngige DNA
4 … RNA-Polymerase
5 … mRNA
6 … Ribosom
7 … tRNA (pink); Elongations-Faktor Tu (blau)
8 … Dehnungs-Faktoren Tu und Ts
9 … Dehnungs-Faktor G
10 … Aminoacyl-tRNA-Synthetase
11 … Topoisomerase
12 … Rec-System zur DNA-Reparatur
13 … Chaperorin GroEL (Faltungs-Prot.)
14 … ClpA (Protease)

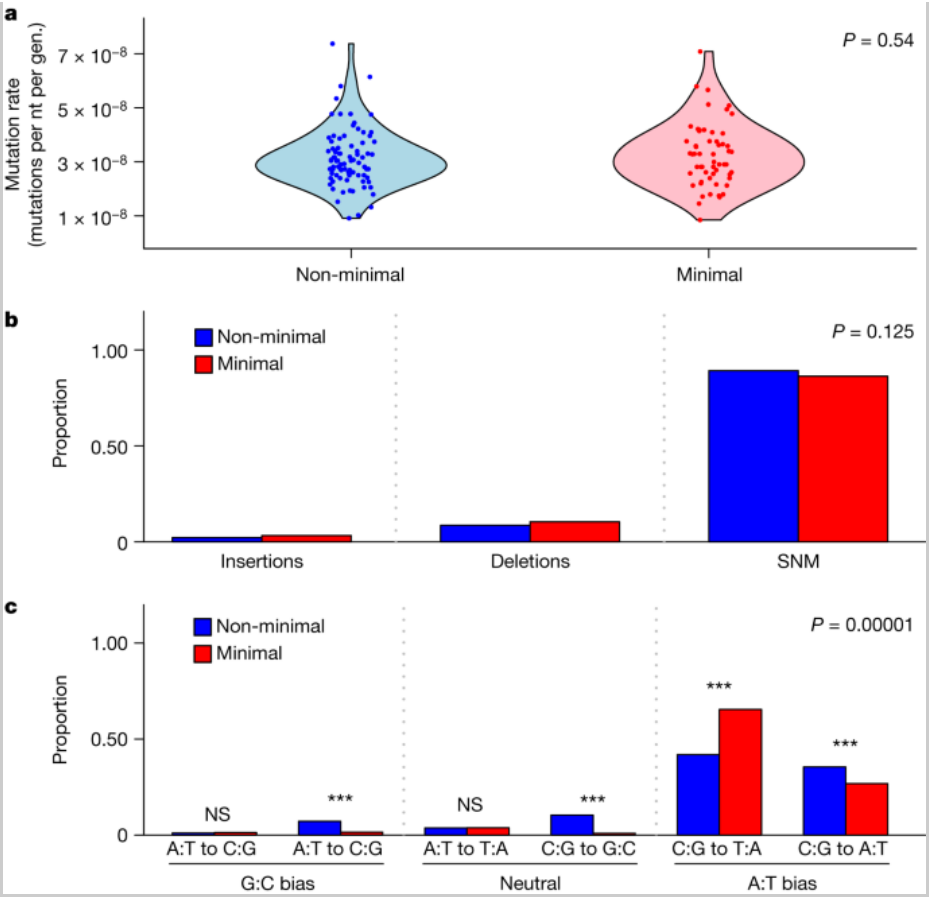
rot: Dissimilation
15 … glykolytische Enzyme
16 … Pyrovat-Dehydrogenase-Komplex

blau: Membran-Proteine
17 … ATP-Synthase
18 … sekretorisches Protein
19 … Na-Pumpe
20 … Zn-Transporter
21 … Mg-Transporter
22 … ABC-Transporter (für diverse Molek.)
23 … Mg-Transporter
24 … Lipoglycan (Lipoidglycosid)

Mycoplasma mycoides (Molekül-Modell)
Q: https://pdb101.rcsb.org/sci-art/goodsell-gallery

Die eigentliche Reduzierung war sogar noch weiter fortgeschritten. Zum Schluss haben die Forscher aber wieder 19 Gene hinzugefügt, um die Stabilität des Organismus zu verbessern.

Die Forscher interessierte nun auch, wie sich der Minimal-Organismus evolutionär weiterentwickelt. Eigentlich müsste so ein minimal ausgestatter Organismus schnell an den immer auftretenden Mutationen zugrunde gehen, da ja kaum Ausgeleichs-Potential vorhanden ist. Im Labor überließen sie den Organismus über 300 Tage sich selbst. Das entspricht 2'000 Generationen. Auf den Menschen bezogen wären das 40'000 Jahre Evolution.
Bei der Analyse stellten die Forscher fest, dass JVCI-syn3B eine außergewöhnlich hohe Mutations-Rate hatte. Im Vergleich zum Ursprungs-Organismus (Ancestor → Vorfahren) entwickelten sich die Minimal-Zellen 39 % schneller. Dabei gewannen sie ihre gesamte Fitness wieder zurück.
Interessanterweise wurde die Mutations-Rate nicht von der Entfernung der Gene für die Replikaions-Treue beeinflusst.



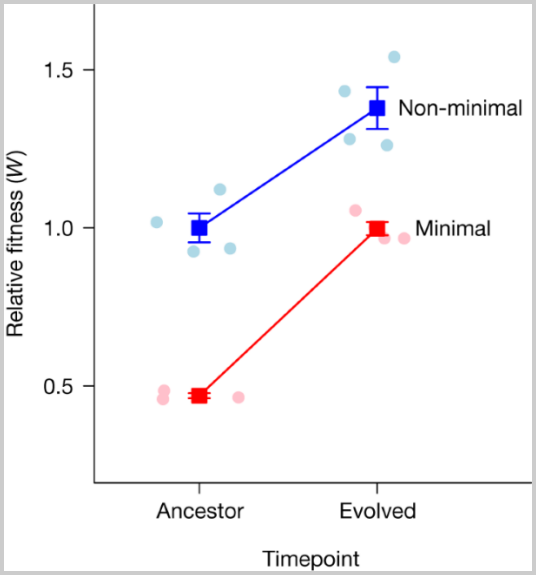
Mutations-Rate und Spektrum der minimalen und nicht-minimalen Zelle

Q: https://www.nature.com/articles/s41586-023-06288-x

"a – **c** , Die Mutationsrate (pro Nukleotid (nt) pro Generation (gen.)) und das Spektrum der minimalen und nicht-minimalen Zelle wurden aus Mutationsakkumulationsexperimenten geschätzt. **a:** Obwohl synthetischer *M. mycoides* die höchste aufgezeichnete Mutationsrate (Basensubstitutionen und Indels) aufweist, wurde er von der Genomminimierung nicht beeinflusst. Die dunkel gefärbten Kreise stellen nicht-minimale (n = 85) und minimale (n = 57) Klone dar, die am Ende des Experiments sequenziert wurden. Die hellfarbigen Bereiche stellen die Kerndichte der Daten dar. **b** : Die Anteile der Insertionen, Deletionen und SNMs waren auch für die minimalen und nicht-minimalen Zellen gleich. **C**Unter den SNMs, die 88 % aller Mutationen ausmachten, zeigte die Minimalzelle im Vergleich zur Nicht-Minimalzelle eine stärkere A:T-Verzerrung in ihrem Mutationsspektrum, insbesondere in der Kategorie C:G bis T:A. Zur Hypothesenprüfung wurde eine zweiseitige χ^2 -Analyse verwendet; *** $P = 2{,}5 \times 10^{-6}$ (A:T bis G:C), *** $P = 1{,}5 \times 10^{-11}$ (C:G bis G:C), *** $P = 1{,}6 \times 10^{-20}$ (C:G bis T:A), *** $P = 0{,}0003$ (C:G bis A:T); NS, nicht signifikant."

Brachte man die weiterentwickelten Zellen (Evolved → Weiterentwickelte) mit den ursprünglichen Minimal-Organismen zusammen, dann verdrängten die weiterentwickelten die anderen. Sie waren scheinbar besser an die Umgebung angepasst.
Die Beobachtungen passen zur Theorie von BORGER, dass die Selektion von der Reproduktions-Rate beeinflusst wird. Je größer die Reproduktions-Rate umso schneller verdängen diese Organismen die mit einer langsameren Reproduktion.
Eine Vergrößerung der Zellen konnte man aber bei den evoluierten nicht feststellen. Scheinbar fehlt ihnen das Genmaterial für stabilisierende Proteine, die zur Stabilisierung / Erweiterung der Zellmembran nötig sind.

"Die Minimierung des Genoms reduzierte die relative Fitness um 50 %. Fast der gesamte Betrag dieser Kosten wurde jedoch über 2.000 Evolutionsgenerationen hinweg wieder hereingeholt. Trotz der Entfernung von fast der Hälfte ihres Genoms passte sich die Minimalzelle mit einer Geschwindigkeit an, die mit der der Nicht-Minimalzelle vergleichbar war, was durch Fitnessschätzungen aus Wachstumskurvenexperimenten bestätigt wurde (Extended Data Abb. 1 und Extended Data Table 1) . Die dunkel gefärbten Symbole stellen den Mittelwert ± Standardabweichung dar. Da das Experiment mit einem einzelnen Klon begonnen wurde, wurden Fehlerbalken für den angestammten Zeitpunkt aus technischen Replikaten berechnet (*n* = 4), wohingegen Fehlerbalken für entwickelte Populationen aus Replikatpopulationen berechnet wurden (*n)* . = 4), die beide durch helle Symbole dargestellt werden. Die durchgezogenen roten und blauen Linien sind eine visuelle Hilfe, die die Mittelwerte der minimalen bzw. nicht minimalen Populationen verbindet." /b/



Effekt der Gen-Minimierung
auf Fitness und Anpassung
Q: https://www.nature.com/articles/s41586-023-06288-x

Quellen:
/a/ https://www.spektrum.de/news/auch-mit-wenig-erbgut-gelingt-evolution/2157744
/b /https://www.nature.com/articles/s41586-023-06288-x
/c/ https://www.genesisnet.info/index.php?News=319

Aufgaben:

1. ***In dem Artikel von genesis.net wird das Resümee gezogen (s.a. Zitat), dass bei dem Weiterentwicklungs-Experiment keine Evolution stattgefunden hat. Setzen Sie sich mit dieser Aussage auseinander!***

   "Von einer tatsächlichen Weiterentwicklung könnte nur gesprochen werden, wenn die Reproduktionsrate mit einer erhöhten biologischen Komplexität einherginge. Das ist aber nicht die beobachtete biologische Realität, sondern lediglich eine Annahme." /c/

2.
3.

4.1. Aussterben von Arten

Das Aussterben von Arten – vor allem die großen Massensterben – scheinen einer Evolution zu wiedersprechen. Praktisch sind sie aber die Quelle großer Entwicklungen. Scheinbar stabile – über viele Tausende ode Millionen Jahre fast unveränderliche – Arten kommen mit sich verändernden Umwelt-Bedingungen nicht mehr klar. Sie sind evolutionär träge geworden. Die Beziehungen der Arten ist zwar weit ausdifferenziert aber auch stagnierend. Umwelt-Katastrophen schaffen neue Bedingungen und Lücken für neue Entwicklungen, neue Arten und Ökosysteme. Die Arten sind durch den Wandel gezwungen neue – wahrscheinlich bessere – Merkmale zu entwickeln. Wenn Mutationen und rekombinationen soetwas nicht hergeben, dann sind sie aus der "Sicht" der Evolution nicht hoch genug entwickelt und werden letztendlich von anderen Arten oder den Umwelt-Bedingungen eleminiert (ausgelesen).

Wahrscheinlich gibt es mehr Möglichkeiten zum Aussterben von Arten, als für deren Entstehung.
Ganz allgemein kommen dazu infrage:

mögliche Gründe für das Aussterben von Arten	
• Versiegen der Nahrungs-Resourcen o Aussterben des Wirt's bei Parasiten	
• Veränderung der abiotischen Lebensbedingungen typische Beispiele: o Umwelt-Katastrophen o Aussterben einer anderen Art o Kälte- oder Hitze-Zeiten o Trocken-Zeiten / Überschwemmungen	allg. schnellere Veränderung der Umwelt-Bedingungen, als die mögliche Anpassung-Fähigkeit
• Veränderungen der langfristigen Lebensbedingungen typische Beispiele o Vulkanismus o Gebirgsbildungen o Platten-Absenkungen (mit langfristigen Überschwemmungen) o Sonnen-Zyklen	
• Krankheiten	vor allem in hoch-spezialisierten Populationen und durch Immigration
• Parasiten	z.B. durch Überanpassung (Parasit kann dann aber auch sekundär austerben)
• Räuber	Überentwicklung eines Räubers, vollständige Dezimierung der Beute
• astronomische Katastrophen	von Strahlungs-Explosionen bis Supernovae-Ausbrüchen alles möglich Kometen- und Meteroiten-Einschläge
• Verdrängung / Invasion (Immigration) fremder Arten	durch fehlende Feinde haben die Immigranten meist einen großen Vorteil

• genetische Instabilität	z.B. durch zu kleine Populationen (Gen-Pool's)
•	

siehe dazu auch: → 5.x. Entstehung neuer Arten

mehrere große Massen-Aussterben im Verlauf des Leben's auf der Erde

fünf historische Massen-Aussterben
- Ende Ordovizium (vor 444 Mio. Jahren)
- Ende Devon (vor 359 Mio. Jahren)
- Ende Perm (vor 252 Mio. Jahren)
- Ende Trias (vor 201 Mio. Jahren)
- Ende Kreidezeit (vor 66 Mio. Jahren)

das sechste passiert derzeit durch uns
Geschwindigkeit wohl größer, als in den großen historischen Aussterbe-Ereignissen
erstes Massen-Aussterben, dass durch eine Art ausgelöst wurde

nach neueren Forschungen fand das 6. Aussterbe-Ereignis mit globalen Dimensionen vor 55,8 Mill. Jahren statt (PETM … Paläozon/Eozon Temperatur-Maximum) (→ 5.x.4.3.1.1. Paläozän/Eozän-Temperaturmaximum (PETM))
somit erzeugen wir gerade das 7. Ereignis; interessanterweise bestehen diverse Parallelen zum PETM

großen Einschlag eines astronomischen Körper's im Süd-Pazifik (vor 2 Millionen Jahren)
ungefähr zu der Zeit, als die Entwicklung des Menschen richtig Fahrt aufgenommen hat
interessanterweise sind kaum Veränderungen in der bekannten Biosphäre beobachtet worden

nach der Auswertung von Kratern auf dem Mond steigt die Chance für Metroiten-Einschläge statistisch über die letzten 200 Millionen Jahre
derzeit ist die Chance, dass die Erde von einem großen Körper getroffen dreimal größer als zur Zeit der Dinosaurier
eventuell gibt es einen Zyklus von ungefähr 65 Millionen Jahren
ein neuer Einschlag ist statisch schon leicht überfällig

Massen-Aussterbe-Ereignisse dadurch charakterisiert, dass die prozentuale Aussterbe-Rate mehr als zwei Standard-Abweichungen von der (langfristigen) durchschnittlichen Aussterbe Tendenz abweicht
im Kambrium lag die Aussterbe-Rate bei ungefähr 5 % und ging tendenziell ungefähr linear bis heute auf ungefähr 2 % zurück
- Ende Ordovizium (rund 20 %)
- Ende Devon (rund 10 %; über mehrere 10-Millionen Jahren)
- Ende Perm (rund 15 %)
- Ende Trias (rund 12 %)
- Ende Kreidezeit (rund 16 %)

Aufgaben:

1.
2. **Stellen Sie eine Hypothese auf, warum die durchschnittliche Aussterbe-Rate in den letzten rund 600 Millionen Jahren von ungefähr 5 auf 2 % der Arten zurückging!**
3.

Nach den bisher bekannten Fossilien-Funden scheint es so, dass nach dem Aussterben einer Art / Gruppe deren ökologische Nische lange Zeit nicht besetzt ist. Es dauert viele Generationen bis Millionen von Jahren bis eine neue Art in die Nische einevolviert.

z.B. nach dem Aussterben der Ichthyosaurier (Luft-atmende Räuber) wurde deren ökologische Nische erst nach mehreren Dutzenden von Jahren durch die Zahnwale eingenommen

vor allem katastrophale Ereignisse (z.B. Vulkan-Ausbrüche, Astreroiden-Einschläge, …) veränderten die Evolution und die Evolutions-Richtung ohne biologische Wettbewerbe
Ursache für das Aussterben war nicht die fehlende Anpassung (für Extrem-Erreignisse kaum möglich), nach dem Ereignis beginnt evolutinärer Wettkampf erneut, nur unter neuen Bedingungen

5. biologische Evolution

Problem der unklaren Definition von "Leben"
unklare Übergänge von chemischer (gemeint anorganischer) zu biologischer (gemeint organischer) Evolution

Prozess ist nicht beobachtbar oder direkt nachweisbar
nur Indizien bekannt
indirekte Aufklärung von Möglichkeiten über Modelle und Simulationen
Annahmen und Parameter z.T. sehr individuell, idealisiert und sehr variabel
Zeit und Zufall als Parameter schwer vorstellbar für uns Menschen
wahrscheinlich schleichender Übergang

vielleicht wirken auch noch unbekannte natürliche Faktoren, die erst noch aufgeklärt werden müssen
Fixirung auf bestimmte Molekül-Klassen (Nukleinbasen, Aminosäuren) schränkt die Forschung ebenfalls ein → ev. werden dadurch tiefer-liegende Pozesse übersehen
ähnliche Fixierung auf Cohlenstoff als Basis-Element für organische → lebende Strukturen
vielleicht sind die chemischen Bedingungen (z.B. auch durch andere Lösungsmittel als Wasser) auf anderen Planeten etc. eher für andere Basis-Elemente besser

5.0. Grundlagen / Grundbegriffe / …

Merkmale lebender Systeme

- Individuation (Abgrenzung gegen Umwelt, zellulärer Aufbau (Zelle als Grundbaueinheit))
- (eigener) Stoff- und Energiewechsel (mit Auto-Regulation)
- Wachstum und Entwicklung (Differenzierung)
- Vermehrung und Fortpflanzung (Selbstreproduktion)
- Vererbung (der eigenen Merkmale) (eigene Informations-Träger)
- Reizbarkeit
- (reproduzierbares und passendes) Verhalten (Kommunikation)
- Immunität (Erkennung von Fremden und Eigenem)
- Bewegung (aus sich selbst heraus)
- Selbstorganisation
- (evolutionäre) Anpassung (Mutations-Fähigkeit)

- die Merkmale sind dabei UND-verknüpft, was bedeutet, dass alle Merkmale zutreffen müssen, fehlt eines oder mehrere, dann kann das Objekt nicht mehr als lebend betrachtet werden

5.0.1. moderne Diskussionen um den Begriff "Leben"

Luigi LUISI (1998)

bietet mehrere Definitionen / Definitions-Stufen an

"Leben ist ein sich selbst erhaltendes chemisches System, das zur DARWINschen Evolution fähig ist."

Defintion stammt von HOROWITZ und MILLER (1962) und wurde auch vom "NASA Exobiology Program" als Arbeitsdefinition übernommen
ebenfalls im NASA-Programm wird die nächste Definition benutzt (Zitierung aus /, S. 16 f/ übernommen)

"Leben ist eine Population von RNA-Molekülen (eine Quasispezies), die zur Selbstreplikation und in diesem Prozess zur Evolution befähigt ist."

die nächste Definition stamm direkt von LUISI und geht über die NASA-Definitionen hinaus

"Leben ist ein System, das sich durch Nutzung externer Energie bzw. von Nahrung und durch innere Prozesse der Bildung von Komponenten selbst erhält."

diese Definition ist wiederum so allgemein, dass sie auch zukünftige selbstreproduzierende Roboter einschließen würde
in der folgenden Definition wird die Abgrenzung der Systeme spezifiziert und somit eine Biotisierung der Definition durchgeführt

"Leben ist ein System, das durch ein semipermeables Kompartiment eigener Produktion bestimmt ist und sich durch Umsetzung externer Energie bzw. Nahrungsstoffe über einen Prozess der Komponentenbildung selbst erhält."

sein letzter Vorschlag
"Leben ist ein System, das sich durch Verbrauch von externer Energie bzw. Nahrungsstoffen durch einen internen Vorgang der Komponentenproduktion selbst erhält. Über adaptive Austauschprozesse ist es an das Medium gekoppelt. Sie überdauern die Lebensgeschichte des Systems."

Daniel E. KOSHLAND jr.

sieben Säulen des Lebens

1. **Programm**
2. **Improvisation**
3. **Kompartimentierung**
4. **Energie**
5. **Regeneration**
6. **Adaptationsfähigkeit**
7. **Abgeschiedenheit (Abgeschlossenheit)**

sehr aktuell (2004) und auch sehr interessant sind Arbeiten zur Definition von Leben von drei spanischen Wissenschaftlerinnen (K. RUIZ-MIRAZO, J. PERETO, A. MORENO)

schließen "Autonomie" und "Evolution mit einem offenen Ende" mit ein

weiterhin dabei eine Umgrenzung (Membran), ein Energieumwandlungsprozess, (mindestens) zwei funktionelle Komponenten (eine katalytische und ein für die "Niederschrift" von Informationen)

weitere Merkmale
individuelle Selbstreproduktion, sich selbsterhaltendes System; indivuelles System; Fähigkeit zur charakteristischen, evolutionären Dynamik; historisch kollektivistische Organisation

(Grenz-)Beispiel: zukünftige Roboter
ein Roboter, der wieder Roboter erschafft, die ihm selbst ähneln und der wieder andere – ihm ähnliche – Roboter baut, der würde wahrscheinlich alle (oder zumindestens die meisten bzw. allgemein anerkannten) Merkmale des Lebens erfüllen

Interessant wird die Diskussion, wenn man bewußt macht, dass jeder Mensch drei- bis viermal soviele Mikroben enthält. Auf diese kann er auch nicht verzichten oder sich davon rein machen, zumindestens nicht, wenn er gesund bleiben möchte.
Wahrscheinlich wird man bald auch eine ökologische Komponente in die Lebens-Kriterien integrieren müssen.

immer wieder auch dabei die Gaia-Hypothese von der Welt als ein Lebewesen (James LOVELOCK, 196x)
basiert auf altgriechischen philosophischen Standpunkten
wird von vielen namhaften Wissenschaftlern unterstützt (L. MARGULIS, F. DYSON, …)
immer noch in der Diskussion

Exkurs: lebende Systeme nach MATURANA und VARELA

Nach modernen systemtheoretischen Ansichten besitzen lebende Systeme das besondere Organisationsmerkmal der Autopoiesis. Die ist die Fähigkeit zur Selbsterhaltung und Selbsterschaffung (Selbstreproduktion). Die chilenischen Neurobiologen MATURANA und VARELA entwickelten dieses Modell. Ein autopoietisches System ist durch folgende Merkmale gekennzeichnet, mit denen man auch lebende von nicht lebenden Systemen unterscheiden kann:

- Das System hat Grenzen.
- Das System besteht aus Komponenten (Untersystemen).
- Die Beziehungen und Interaktionen zwischen den Komponenten (Untersystemen) bestimmen die Eigenschaften des Systems.
- Die Komponenten, die die Grenze des Systems zur Umwelt bilden, tun dies als Folge der Beziehungen und Interaktionen untereinander.
- Die begrenzenden Komponenten werden aus diesen selbst gebildet oder von anderen Komponenten (Untersystemen) des Systems (aus Nichtsystemkomponenten / externem Material) aufgebaut.
- Alle anderen Komponenten werden vom System auch so (re-)produziert oder sind Elemente, die anderweitig (z.B. extern) entstehen.

Autopoietische Systeme sind rekursiv organisiert. Sie produzieren sich selbst immer wieder.

5.0.2. Systematik und das künstliche System der Organismen

So wie die Organismen in der Realität vorkommen und wie sie sich abstammungs-technisch entwickelt haben verstehen wir als das natürliche System der Organismen.
Für wissenschaftliche Zwecke werden künstliche Gruppen und Begriffe geschaffen, die u.U. die Realität nur noch eingeschränkt beschreiben.

Taxon (deutsch)	**interne Abkürzung**
Domäne	(D)
Reich	(R)
Abteilung	(Ab)
Stamm	(S)
Klasse	(K)
Ordnung	(O)
Familie	(F)
Gattung	(G)
Art	(A)

Taxon (wissenschaftlich)	**interne Abkürzung**
domain	(do)
regnum	(r)
diverso	(di)
phylum	(p)
classes	(c)
ordo	(o)
familia	(f)
genus	(g)
species	(s)

Fauna → Tier-Welt (meist auf einen Lebensraum bezogen)
Flora → Pflanzen-Welt (meist auf einen Lebensraum bezogen)

Probleme künstlicher Systematisierungen und zugehöriger Stamm-Bäume

meist werden nur wenige Kriterien zum Aufbau des Stammbaums genutzt, alle zu benutzen – um quasi ein natürliches System zu erzeugen – ist praktisch unmöglich
künstliche Grenzen und Kriterien, zumindestens teilweise subjektiv und von Kriterien dominiert, die für den menschen (Wissenschaftler) bedeutsam erscheinen
scheitern oft schon an einer der Grundfragen der Biologie: Was ist eine Art? Diese Frage lässt sich derzeit nicht gleichartig über alle Organismen hinweg beantworten, ohne dass es massive Ausnahmen und Probleme mit Gruppen von Organismen gibt
es ist eben eine künstliche – von Menschen dominierte Fragestellung und keine natürliche (die es wahrscheinlich so gar nicht gibt (alles ist da fließend!))
meist auf wenige Dimensionen 2D oder 3D begrenzt, da sie sonst nicht wirklich visualisierbar sind

5.0.3. der Art-Begriff – die Biospezies

heiß diskutiert und trotz alledem immer noch nicht allseits befriedigend geklärt
mehrere Ansätze, meist aus unterschiedlichen Disziplinen der Biologie entlehnt

in mancher Literatur genauer als Bio-Spezies bezeichnet, um eine deutliche Abgrenzung zu anderen – z.T. wirr miteinander verbundenen und vermischten – Art-Begriffen zu vermeiden
in diesem Skript meinen wir mit Art immer Bio-Spezies – also den klassischen biologischen Art-Begriff; andere Art-Bgegriffe sind gegebenenfalls extra erweitert (z.B.: Morpho-Spezies)

um die verschiedenen Herangehensweisen bzw. Betonungen genauer zu charakterisieren werden die Art-Begriffe durch thematische Eigenschaften erweitert
vielfach beschreibt man die – quasi noch nicht perfekten – Definitionen bzw. Art-Begriffe eher als Konzepte. Dadurch wird eben stärker betont, dass hierbei auf einen bestimmten bereich besonderes Augenmerk gelegt wird

aus rein biologischer Sicht ist die Art nur ein künstliches (vom Menschen gemachtes) Konstrukt, das in der Natur so nicht existiert, aber für Forschungen eine relativ homogene, vergleichbare Gruppe von Organismen ergibt
hier liegt auch entscheidendes Problem: absolute künstliche Begriffe passen nicht zu einem diffusen natürlichen System der Lebewesen

klassische Problem-Fragen, die auf die Schwierigkeiten bei der Art-Definition hinweisen. Die Fragen oder Probleme müssten alle sauber durch einen perfekten Art-Begriff beantwortbar sein. Derzeit gibt es hier noch Forschungs-Bedarf. Vielleicht ist die Art sowieso nur ein abstrakter Begriff, der zwar für viele Modelle in der Biologie funktioniert, aber in der Praxis eben gar nicht existiert, weil dort alles im Fluß oder ein immerwährendes Übergangsfeld ist.

1. Wie lässt sich für einen Einzeller, der sich ungeschlechtlich fortpflanzt, eine Art(-Grenze) festlegen? (Nachkommen gehören praktisch immer zur eigenen Art, weil sie sich wieder vermehren können, egal ob sie gleiche oder völlig neue Merkmale besitzen)
2. Problem des horizontalen Gen-Austausches (bei Prokaryonten an der Tagesordnung, bei Einzeller und niederen Organismen auch schon beobachtet, bei höheren Organismen mit gewisser Wahrscheinlich ebenfalls möglich)
3. breite Streuung von Merkmalen (z.B. innerartliche Merkmals-Variabilität beim Menschen ist größer als der Unterschied zum Schimpansen)
4. Problem der Festlegung von Grenzen / der bestimmenden Merkmale (nahe verwandte Arten haben oft überlappende Merkmals-Spektren)
5. Ist eine einzelnes Individuum einer sich geschlechtlich fortpflanzenden Art schon Artbestimmend, oder sind erst beide Geschlechter zusammen eine Art? Was ist bei Arten, die sich fast ausschließlich vegetativ vermehren oder z.B. durch Parthenogenese (Jungfernzeugung).

in der Natur scheint es mit der Art-Grenze bezüglich der Kreuzbarkeit garnicht so klar bestellt zu sein
vielfach werden Kreuzungen nur dadurch "verhindert", dass sich die Verhaltensweisen (Balz / Paarung), die Zeitpunkte und Orte; Gruppen-Zugehörigkeiten usw. unterscheiden

5.0.3.1. (typologisch-)morphologischer Art-Begriff

auch als Morpho-Spezies gefasst (z.T. aber (sehr) subjektiv abgegrenzt!)

basiert auf der klassischen Methode der Beobachtung äußerer Merkmale und einer Gruppierung sehr ähnlicher Organismen und künstlicher Abgrenzung von Organismen mit abweichenden Merkmalen

typische – meist äußere / morphologische – Merkmale wurden von LINNE in seinem künstlichen System () zur Klassifizierung genutzt
Grund-Element ist eine Art, die dann in weiteren Gruppen hierrarchisch zusammengefasst werden
heute spielen neben der Morphologie auch viele andere Merkmale bei der Art-Festlegung (Art-Klassifikation) eine Rolle
viele Arten lassen sich nur genetisch unterscheiden

Art ergibt sich aus den gemeinsamen Merkmalen des (äußeren) Bau's und der Gestalt / Form der Lebewesen
schwierig ist hier die Abgrenzung, was genau ist das charakteristische Gemeinsame und in welcher Spannweite dürfen Merkmale ausgeprägt sein

besonders bei Kreationisten favorisiertes Art-Konzept; es lässt neben den urgezeugten Arten noch weitere neue Arten bzw. zum Typ gehörende Organismen zu, die sich durch seltene natürliche Kreuzungen zwischen den ursprünglichen Arten gebildet haben sollen (das ist so ein bischen was wie Sünde (gegen den Schöpfer) auf der Ebene der Tiere und letztendlich ist der Schöpfer nicht direkt für eine "Mikro"-Evolution verantwortlich zu machen
mit dem Grund-Typ-Konstrukt der Kreatinisten wird das Problem nicht gelöst, sondern nur weiter gefasst und die Fruchtbarkeitsgrenze etwas weiter gezogen
Grund-Typen sind Gruppen von Lebewesen-Formen, die sich teiweise oder vollständig kreuzen lassen
als Gruppen-Kriterium wird zumeist nur ein ähnlicher Körper-Bau (Morphologie) sowie eine (theoretisch mögliche Kreuzbarkeit) genutzt
Nachweis historisch genauso schwierig, wie evolutionäres Modell (nach DARWIN)

von Paläontologen wird zum morpholgischen Konzept noch ein chronologischer Aspekt (chronologischer Art-Begriff) hinzugefügt bzw. im Zusammenhang betrachtet

Definition(en): Art (Morphospezies)
Eine biologische Art (Morphospezies) ist eine Gruppe von Organismen mit künstlich festgelegten – bestimmten, sehr ähnlichen – meist morphologischen – Merkmalen. (Andere Arten besitzen die charakterisierenden Merkmale nicht wieder in dieser gleichenKombination.)

Definition(en): Chronospezies
Chronospezies sind Gruppen von Organismen, die in verschiedenen Zeithorizonten leben oder lebten und die auf der Basis (unterschiedlicher) morphologischer Merkmale mit eigenen Art-Bezeichnungen versehen wurden.

5.0.3.2. (populations-)genetischer / geneologischer Art-Begriff

beschreibt eine Art aus der Kreuzbarkeit der Individuen heraus
die Organismen kommen in Populationen mit variablen Gen-Merkmalen (Allelen) vor und bilden Gen-Poole
es kommt bei der Paarung zur Rekombination der Allele, was die Variabilität weiter fördert

Alles was sich scharrt und paart, das gehört zu einer Art.

Definition(en): Art (Genospezies)
Eine biologische Art (Genospezies) ist eine Gruppe von Organismen mit sehr ähnlichen Merkmalen / Genotypen, die innerhalb der Gruppe vererbbar sind. (Andere Arten besitzen abweichende Genotypen oder sind mit dem Genotyp der Gruppe nicht kreuzbar.)

5.0.3.3. phylogenetischer (evolutionärer) Art-Begriff

auch genealogischer Art-Begriff; Art wir als Gruppe von Organismen aufgefasst, die einen gleichen (einzigartigen) genetischen und entwicklungsgeschichtlichen Hintergrund haben
bringt Position der Organismen im Stammbaum sowohl hinsichtlich der Verwandschaft als auch hinsichtlich der Zeit (Existenz-Zeitraum) in die Art-Diskussion ein

in einigen Quellen wird die evolutionäre Art als die Gruppe von Organismen betrachtet, die zwischen genau zwei Art-Spaltungen existiert (hat)
allerdings sehr schwierig zu fassen, da die abgrenzenden Merkmale fehlen und die Zeitpunkte der Arten-Teilung keine definierten (Zeit-)Punkte oder Entwicklungs-Schritte sind, sondern eher Übergangsfelder

Definition(en): Art (Phylospezies)
Eine biologische Art (Phylospezies) ist eine Gruppe von Organismen mit einer sehr ähnlichen Abstammung / Entwicklungsgeschichte. (Andere Arten besitzen abweichende Entwicklungsgeschichten (vor allem in der jeweils jüngeren Geschichte).)
Eine Art ist eine reproduktiv isolierte Gruppe natürlicher Populationen, die durch ein Speziations-Ereignis entstanden sind und sich durch Aussterben oder durch in einer nachfolgenden Speziation auflösen. (nach HENNIG (1982))

5.0.3.4. ökologischer Art-Begriff

definiert die Art über die Besetzung einer ökologischen Nische → sehr ungenau, weil theoretisch / paktisch sich auch zwei Arten eine Nische teilen können, sie konkurrieren direkt miteinander

moderne Art-Definitionen versuchen eine sehr allgemeine Definition oder die Verknüpfung anderer spezial-fachlicher Definitionen
Bandbreite relativ groß und stark von der praktischen Verwendung geprägt
Diskussion derzeit immer noch offen – ev. auch gar nicht wirklich bestimmbar, da jedes Individuum praktisch eine eigene Entwicklungs-Geschichte oder genetische Ausstattung hat, die eben zu bestimmten anderen Individuen recht ähnlich / fast gleich ist

Definition(en): Art (Biospezies)
Eine biologische Art (Biospezies) ist eine monophyletische Abstammungs-Gemeinschaft, die in einer bestimmten erdgeschichtlichen Epoche lebt(e).
Eine biologische Art sind die Individuen, die miteinander unter natürlichen Bedingungen fruchtbare Nachkommen zeugen können.
Eine biologische Art ist eine Gruppe von sich wirklich oder potentiell fortpflanzenden Populationen, die reproduktiv von anderen (solchen) Populationen getrennt sind. nach MAYR
Eine biologische Art ist mindestens eine Population, deren Gen-Pool gegen den Gen-Pool einer anderen Population isoliert ist.
Eine biologische Art ist mindestens eine Population, deren Gen-Pool sich unter natürlichen Bedingungen nicht mit dem Gen-Pool einer anderen Population kombiniert.
Eine biologische Art ist eine Fortpflanzungs-Gemeinschaft mit einem gemeinsamen Gen-Pool, die in einen bestimmten Raum (Lebensraum, Ökosystem, Ökosystem-Typ) und einem bestimmten (erdgeschichtlichen) Zeitabschnitt existiert.
Eine Art sind die Organismen, die über Generationen hinweg durch (natürliche) Kreuzung ähnliche und fortpflanzungsfähige Nachkommen haben.

in mancher Literatur oder Wissenschaftler-Schule wird die Biospezies begrifflich etwas von der Art abgesetzt. Während die Art die Gruppe(n) oder Population(en) betrachtet, die sich unter natürlichen Bedingungen fortpflanzen können und fruchtbare Nachkommen zeugen, wir die Biospezies moderner gesehen. Ein Biospezies ist nach dieser Betrachtung eine größere Gruppe von Populationen, unter denen ein Gen-Austausch möglich ist und die sich durch nicht mehr möglichen Austausch gegen andere Popultionen isolieren.

Definition(en): Biospezies (spez.)
Eine Biospezies ist eine Gruppe von Populationen, die zum Austausch von Genen befähigt ist und sich durch nicht mehr möglichen Austausch zu anderen Populationen isoliert.
Eine Biospezies ist eine entlang einer Zeitachse betrachtete Folge von Individuen, die eine potentelle Fortpflanzungsgemeinschaft (in Form bisexueller Populationen) bilden.

Definition(en): Agamospezies
Eine Agamospezies ist eine entlang einer Zeitachse betrachtete Folge von verwandten Individuen, die eine klonale Gruppe (Population mit ungeschlechtlicher Fortpflanzung) bilden.

Definition(en): Rasse
Eine Rasse (Unter-Art, Sub-Spezies) ist eine Gruppe einer Art / Population die sich mindestens ein gemeinsames Merkmal von den anderen Mitgliedern der Art / Population unterscheiden.

Derzeit sind Begriffe rund um "Rasse" stark in der gesellschaftlichen Diskussion. Dabei muss klar zwischen dem biologischen Verständnis und der Umsetzung in der Gesellschaft unterschieden werden.
Trotz diverser charakteristischer (biologischer) Unterschiede bei den menschlichen Rassen (→) sind keine Merkmale dabei, die eine Diskriminierung oder Abwertung zulassen.

5.0.3.5. pluralistischer Art-Begriff

hier wird durch Kombination mehrerer Faktoren / Kriterien versucht, die Art zu charakterisieren
kann als Quitessenz / Zusammenfassung der anderen Art-Konzepte verstanden werden

besonders stark durch die Definitionen der Ökospezies (ökologischer Art-Begriff) und der Genospezies (geneologischen / genetischen Art-Begriff) geprägt

Definition(en): Art (Ökospezies)

Definition(en): Art (Genospezies)

Exkurs: der Giebel *(s) Carassius gibelio* – eine besondere Art?

auch Silber-Karausche genannt; Körperseiten und Bauch silberglänzend; vollständig mit Schuppen bedeckt
gehört zur Ordnung der Karpfenartigen *(o) Cypriniformes* und dort zur Familie der Karpfenfische *(f) Cyprinidae*.
relativ anspruchslos und weit verbreitet
liebt eher Nährstoff-reiche und Sommer-warme Gewässer mit dichtem Pflanzenbewuchs
außer im Süßwasseer ist er auch in Brackgewässern anzutreffen
in stehenden od. leicht fließenden Gewässern mit weichem, schlammigen Grund
unempfindlich gegenüber Sauerstoff-Mangel und Wasser-Verschmutzung

ökologisch verdrängen sie die angestammten Edelfische
es wird allerdings keine aggressive Ausbreitung beobachtet

Größe zwischen 13 und 35 cm lang
Form leicht gedrungen
Masse bis 2 kg üblich (maximal bis 3 kg)

ernährt sich von Boden-Tieren (Muscheln, Schnecken, Insekten, verschiedenste Larven); verschäht aber auch Pflanzenteile nicht

Giebel *(s) Carassius gibelio*
Q: www.fischlexikon.info (George Chernilevsky)

Vorkommen:
ursprünglich Zentral- und Ost-Asien
seit dem Mittelalter auch in Europa
Mitteleuropa ev. erst nach dem II.Weltkrieg erobert

wenig scheu, recht agil, ziehen in kleinen Schwärmen umher

Fortpflanzung
Geschlechtsreife im 3. od. 4. Lebensjahr
Weibchen bilden rund 250'000 Eier (rund 1,5 mm Durchmesser); diese können sich auch ohne Giebel-Männchen entwickeln
Weibchen legt ihre Eier mit in Gelege von anderen Karpfenfischen (z.B. Karausche, Karpfen, Brachsen, …) zeitgleich im April bis Mai Kraut-Laicher
Art-fremdes Sperma besamt die Giebel-Eier; es erfolgt aber keine Zygoten-Bildung, Der Art-fremde Samen dringt in Eizelle ein. Er stimuliert nur die Eizelle zur Teilung und Weiterentwicklung. Das genetische Material wird nicht eingebaut / benutzt.
auf diesem Weg entstehen immer Weibchen, die Klone des Mutter-Tieres sind
es gibt neben den reinen weiblichen Population auch gemischt-geschlechtliche Populationen bekannt (mit geschlechtlicher Fortpflanzung und männlichen und weiblichen Nachkommen)

kladistisch wird der Giebel in mehrere Arten (Taxone) eingeordnet
unterschiedliche Ploidie der Tiere (typisch: diploid; bekannt aber tri-, tetra und höher ploide Tiere)
sind aber meist geographisch isoliert (→ sympatrische Art-Bildung)

Giebel zählt als Stammform für den Goldfisch

Exkurs: kleine Historie des Art-Begriff's

LINNE (1758)
Arten sind Gruppen von Organismen mit derselben Morphologie → praktisch also Morphospezies
verfolgte typologisches Art-Konzept
objektive Unterscheidung und Verwandtschafts-Betrachtung von Arten (und Rassen) ist hiermit nicht möglich

DARWIN (1859)
Arten können von Varietäten durch das Vorkommen intermediärer Formen innerhalb der art und das Ausmaß der morphologischen Abweichungen unterschieden werden, sie haben konstante Merkmale
es bleibt die Subjektivität bei der Wahl der konstanten und variablen Merkmale
keine Grenzen in der Zeitachse

MAYR (1942, 1969)
Arten sind Gruppem sich miteinander kreuzender natürlicher Populationen, die hinsichtlich ihrer Fortpflanzung von anderen derartigen Gruppen isoliert sind → praktisch Biospezies, klassischer Art-Begriff in der Biologie
Arten mit ungeschlechtlicher Fortpflanzung werden nicht einbezogen
keine Berücksichtigung einer Zeitachse

HENNIG (1982)
Arten sind reproduktiv isolierte Gruppen natürlicher Populationen. Sie entstehen durch ein Speziationsereignis und lösen sich mit der nachfolgenden Speziation auf oder erlöschen durch Aussterben. → praktisch: phylogenetischer Artbegriff
keine Betrachtung von Klonen
Ursache für neue Art muss ein Speziations-Prozess sein

WILEY (1978, 1980)
Eine Art ist eine Linie von Vorfahren-Nachkommen-Populationen, die ihre Identität gegenüber anderen derartigen Linien erhält und die ihre eigenen Evolutionstendenzen und ein eigenes geschichtliches Schiksal aufweist. → praktisch Evospezies
evolutionäres Art-Konzept, allerdings kann eine Gruppe von Raum-Zeit-Gefügen nicht evolvieren; unklarer Beginn der Linie
Phänomem der Evolution in lokalen Populationen nicht betrachtet

PATERSON (1985)
Umfassende Gruppe von bisexuellen Organismen, die ein gemeinsames Befruchtungssystem haben
Art-Erkennungs-Konzept (recognition species concept)
ungeschlechtliche Organismen ausgeschlossen; keine Definition der Zeit-Achse
infertil hybridisierte Arten werden vereint

CRACRAFT (1987); auch: MISHLER, BRANDON (1987)
Nicht unterteilbarer Cluster von Organismen mit Vorfahren-Nachkommen-Beziehung und mit diagnostischen Merkmalen, die anderen Clustern fehlen
Unterscheidung von Rassen und Arten nur teilweise möglich, da z.B. auch diagnostische Merkmale für Rassen und Artgruppen existieren
Wahl der diagnostischen Merkmale subjektiv und nicht objektiv mit Organismen / Art verbunden

TEMPERTON (1989)
Umfassende Gruppen von Organismen, die das Potential zum genetischen und / oder demographischen Austausch haben
cohesion species concept
kann nur bisexuelle Organismen angewendet werden

MAHNER (1993); MAHNER, BUNGE (1997)
Biospezies ist eine natürliche Klasse ("natural kind"), deren Mitglieder Organismen sind. Die "Art als natürliche Klasse" ist eine Gruppe von materiellen Objekten mit denselbsen gesetzmäßig in Beziehung stehenden Eigenschaften.
subjektiv hinsichtlich der relevanten Eigenschaften, der Zuordnung von Morphen und Varianten zu derselben Art und bei der Begrenzung der Zeit

→
Eine Art ist eine Gruppe von Vorfahren und Nachkommen, die von anderen Gruppen entlang der Zeitachse irreversibel genetisch divergiert und die keine irreversibel divergierten Untergruppen enthält. → praktisch Phylospecies

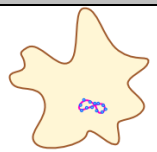
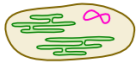
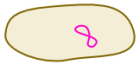
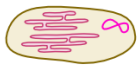
aus/nach Q: WÄGELE: Grundlagen der Phylogeneitschen Systematik.-München: Verl. Dr. F. Pfeil.-2. Aufl.; S. 57 ff

5.0.4. Population

von lat.: populatio = menschliche Bevölkerung, Volk (aber auch: Raubzug, Plünderung)

Definition(en): Population
Eine Population sind die Individuen einer Art, die in einem – mehr oder weniger – abgegrenzten Lebensraum eine Fortpflanzungs-Gemeinschaft bilden.
Eine Population ist die Gesamtheit aller Individuen einer Art in einem bestimmten Raum.
Eine Population ist eine lokale Fortpflanzungs-Gemeinschaft von Organismen (einer Art).
Eine Population sind die Individuen einer Art, die sich innerhalb der regionalen Gruppe mit einer deutlich höheren Chance fortpflanzen als mit einer entfernten Gruppe.

der griech. Begriff für Volk ist demos und findet sich z.B. in Demographie (→) oder Demökologie (→) wieder, im Deutschen wird aber auch von Populations-Ökologie gesprochen

Zell-Typ	einfache Skizze	Bau / Bestandteile	biochemische (Sonder-)Leistungen	weitere Besonderheiten	heute existierende Äquivalente
anaerobe Archäe ohne Zellwand		bis 5 (- 10) µm groß keine Zellwand; Zellmembran aus Tetraetherlipiden (Mono-Layer)		Phagocytose möglich; Hitzeschutz-Proteine für DNA; optimale Temperaturen bei 40 – 60 °C; bis pH=2;	*(g) Thermoplasma*
(Luft-)Stickstoff-assimilierendes Bakterium		GRAM-negativ; bis 4 µm groß;	Stickstoff-Fixierung: $3\ H_2 + N_2 \longrightarrow 2\ NH_3$	Zysten sind Austrocknungs- und UV-beständig; rel. Hitze-empfindlich; O_2-unempfindlich	*(g) Azetobacter*
blaugrünes Bakterium		Chlorophyll-haltige Membranen; intrazelluläres Membran-System; GRAM-negativ	Cohlenstoff-Assimilation: $6\ CO_2 + 6\ H_2O \xrightarrow{h * \nu} C_6H_{12}O_6 + 6\ O_2$	H_2S als Elektronen-Donator; ein- bis vierzellig;	*(g) Crococcus*
aerobes Bakterium		intrazelluläres Membran-System; GRAM-positiv; selten bis 5 µm groß	Zellatmung: $C_6H_{12}O_6 + 6\ O_2 \longrightarrow 6\ CO_2 + 6\ H_2O$ $36\ ADP + 36\ Ph \longrightarrow 36\ ATP$	Membran-gebundene Enzym zur Oxidation von Kohlenhydraten	*(g) Bacillus*
Eisen-Bakterium		GRAM-negativ;	Oxidation von Fe2+ mit Sauerstoff: $Fe^{2+} \longrightarrow Fe^{3+} + e^-$ $ADP + Ph \longrightarrow ATP$	Schwefel-Oxidierer; nicht-phototroph;	*(g) Thiobacillus*
Purpur-Bakterium		intrazelluläres Membran-System; Bakterien-Chlorophyll(e); 3 – 4 µm groß (spiralige Arten bis 20 µm)	Cohlenstoff-Assimilation: $6\ CO_2 + 12\ H_2S \xrightarrow{h * \nu} C_6H_{12}O_6 + 6\ H_2O + 12\ S$	H_2S als Elektronen-Donator	*(g) Thiorhodospira*
bewegliches Bakterium		langgestreckte spiralige Form; GRAM-negativ		durch kontraktile Filamente schlängelnde Fortbewegung; optimale Bedingungen 30 – 37 °C, pH=7,2 – 7,4; anaerob bis mikroaerophil	*(g) Treponema*

(c,p) 2014 – 2020 lern-soft-projekt: drews

5.x. Evolutions-Faktoren

Die Entwicklungsgeschichtes der Organismen – also das was wir allemein als Evolution bezeichnen – ist ein sehr komplexer Vorgang. Viele Fragen und Vorgänge sind noch nicht hinreichend erforscht. Die gegenwärtig populärste Theorie ist die Synthetische Evolutions-Theorie (MAYR).

Ursächliche Prozesse für die Evolution werden als Evolutions-Ursachen oder Evolutions-Faktoren bezeichnet.

Definition(en): Evolutions-Faktoren
Evolutions-Faktoren sind Prozesse, durch die der Gen-Pool einer Population verändert wird.
Evolutions-Faktoren sind Prozesse, durch die Allel-Sequenzen im Gen-Pool einer Population geändert werden.

Hauptfaktoren: Mutation, Rekombination (Neukombination), Selektion, Isolation
zusätzlicher Faktor: (zufällige) Gendrift

als Objekt der Evolution / als Wirkzone der Evolutions-Faktoren wird im Allgemeinen die Population (mit seinem Gen-Pool) betrachtet

indirektes Ziel Anpassung
von Außen betrachtet: Evolutions-Trend

Ergebnis ist Biodiversität

ein Schwerpunkt bei der Festlegung von Evolutions-Faktoren ist fast immer die Erzeugung von Veränderungen, was dem begrifflichen Verständnis der Evolution auch gerecht wird
nicht zu unterschätzen sind aber stabilisierende Faktoren, die dafür sorgen, dass die verändernden Faktoren nicht aus dem Ruder laufen
schon leicht erhöhte Mutations-Raten verändern die Evolution auf dramatische Weise.
Da soll nicht bedeuten, dass Evolution nur in dem (vielleicht auch noch von einem Schöpfer so) voreingestellten Wirkungs-Spektrum der Faktoren möglich ist.

zwischenzeitig treten auch extreme Umwelt-Veränderungen (z.B. Asteroiden-Einschläge, Vulkan-Ausbrüche, …) als nicht-darwinistische Evolutions-Faktoren auf
diese Katastrophen treten i.A. zufällig oder in extrem großen Zyklen auf
die darwinsche Evolution tritt dann erst wieder bei den Überlebenden ein
das Aussterben von Arten in solchen Katastrophen, z.T. aber auch verzögert nach ihnen, ist nicht vom bisherigen Anpassungs-Erfolg bzw. dem zwischenartlichen Wettbewerb abhängig

Definition(en): Anpassung
Anpassung (Adaptation) ist ein Prozess (als auch das Resultat), bei dem sich die Organismen so verändern, dass sie den Umwelt-Bedingungen besser entsprechen.
Unter Anpassung / Adaptation versteht man die Optimierung von Merkmals-Ausprägungen / Phänotypen bezüglich ihrer Eignung für / zu bestimmte(n) Umwelt- und inneren Faktoren.

Im aktuellen wissenschaftlichen Sprachgebrauch wird Anpassung (Adaptation) mehr auch im Sinne von (anpassender) Modifikation verstanden. Dabei wird ein "gut" oder "besser" für irgendetwas unterstellt.

Definition(en): Biodiversität
Unter Biodiversität versteht man die Vielfalt aller Organismen, Lbenesräume und Ökosysteme.
Biodiversität umfasst die Vielfalt von Ökosystemen, Organismen-Arten und deren genetische Vielfalt.
Die biologische Vielfalt (= Biodiversität) ist ein Sammelbegriff für die Vielfalt des Lebens auf der Erde, und der Variabilität aller Organismen und ökologischen Komplexe.
Unter Biodiversität (biologische Vielfalt) wird die Vielgestaltigkeit der Organismen verstanden.
Biodiversität ist ein Konzept der Biowissenschaften zur Variabilität und Vielfalt von Organismen in einem bestimmten Lebensraum / abgegrenzten Gebiet / Ökosystem.
Biodiversität ist die Vielfältigkeit des Lebens / der Lebensformen, die sich in der Vielfalt der Ökosysteme, Arten und Gene sowie deren Wechselwirkungen untereinander ausprägt.

meint u.a.:

- genetische Vielfalt (innerhalb der Arten)
- Artenvielfalt
- funktionale Vielfalt
- Vielfalt der Lebensgemeinschaften
- Vielfalt von Lebensräumen / Ökosystemen
- …

aber auch:

- Vielfalt von Verhaltensweisen (kulturelle Vielfalt)
- …

Bemessen wird die Biodiversität meist vergleichend über die Antahl von Arten in einem Gebiet.
Da die Biodiversität sehr unterschiedlich verteilt ist, sind besonders vergleichende Betrachtungen bedeutsam.
Insgesamt scheint die Biodiversität zurückzugehen.

Nach der Meinung einiger Aussterbe-Forscher ist das derzeitige Maß hoch und bedenklich, aber nicht allgemein kritisch.
Besonders kritisch werden Neobiota gesehen. Auch miteingeschleppte Krankheiten bedrohen die einheimischen Arten und Ökosysteme.

Definition(en): Optimon
Ein Optimon ist eine / die Einheit der natürlichen Auslese hinsichtlich der (möglichen) Nutznießer von Anpassungen (einer Art). (Nutznießer können andere Arten oder Verhaltensweisen / Entwicklungen sein. Im Sinne der Theorie vom "erweiterten Phänotyp" sind die Nutznießer die Gene.)

Allgemeine Faktoren	Organische Faktoren	DARWINsche und genetische Faktoren	Erleichternde Faktoren
Kontinuation Zeitlich kontinuierliche Existenz eines Gegenstandes, auch bei beständigem Wechsel seiner materiellen Teile (als "offenes System")	**Individuation** Räumlich und zeitlich begrenzte Existenz eines Kontinuanten	**Selektion (= Konstitutions-Kontinuations-Korrelation)** Korrelation zwischen Konstitution und Dauer der Existenz (gemessen an der Lebensdauer und Reproduktionshäufigkeit	**Rekombination** Mischung verschiedener Individuen
	Reproduktion Erzeugung eines neuen Individuums durch ein anderes oder mehrere andere zusammen		**Isolation** Räumliche Trennung von Populationen
Variation Graduelle Veränderung eines gegenstandes, die sich akkumulieren kann und damit auch wesentliche seiner Eigenschaften, d.h. seine Konstitution betreffen kann			**Drift (Aleation)** Zufällige Veränderung von Populationen
	Vererbung / Heredität Weitergabe von Eigenschaften an die Nachkommen über einzelnen Materielle Teil ("Gene")	**Populationsgenetik** Kontinuation nicht der Individuen, sondern ihre Reproduktion ausschlaggebend; Fitness entspricht dem reproduktiven Wert	**Kompetition** Wettbewerb um knappe Ressourcen
			Annidation / Einnischung Spezialisierung auf eine ökologische Nische

Q: /12, S. 129/: Gefüge der Faktoren der Evolution; leicht geänd.

Evolution ist also kein einfaches – eindimensionales – Geschehen, sondern ist von vielen Faktoren abhängig. Für effektive Erklärungs-Versuche benutzt man immer nur die herausragenden / besonders wirksamen Faktoren. In einzelnen Fällen können auch nur einzelne (besser sehr wenige) Faktoren wirken. Die Bestimmung eines quantitativen Maßes ist derzeit noch nicht möglich und es fehlt auch eine passende wissenschaftliche Theorie.
Gesucht wird also die große Formel der Evolution?!

Hinsichtlich der Genome sind die evolutionären Vorgänge nicht so einfach. Wie im Jahr 1973 vermutet und vorausgesagt hat, muss es im Laufe der Evolution zu weiteren Effekten gekommen sein.
Es drängt sich nämlich die Frage auf, wie es - ausgehend von den Bakterien mit rund 1'000 Genen - zur Vergrößerung des Genoms auf mehr als 10'000 in eucytischen Systemen gekommen ist. Das ist besonders deshalb fraglich, weil sich die Anzahl der Gene bei den Bakterien selbst praktisch nicht verändert hat.

 vermutete mehrere Verdopplungen des Genom's - quasi jeweils über einen zeitweiligen polyploiden Zustand.
Die Vermutungen wurden durch mehrere Forschungs-Gruppen bestätigt. Derzeit datiert man sie auf zwei Ereignisse, die legen haben sollen.

Für die These von spricht auch die Anzahl und Struktur der HOX-Gene. Diese Gene werden für die Steuerung von Entwicklungs-Sequenzen verantwortlich gemacht. Interessanterweise liegen sie fein säuberlich hintereinander auf der DNS angeordnet, genau in der Reihenfolge, in der sie nacheinander aktiviert werden. Seeigel und besitzen genau eine dieser HOX-Kaskade.
Höhere Organismen - wie auch wir Menschen - besitzen vier Kaskaden, die aber auch untereinander vernetzt sind. Die HOX-Gruppen sind sehr ähnlich, so dass sich der Gedanke einer frühen Kopie aufdrängt. Außerdem sind die Gene sehr konservativ. Das bedeutet, dass sie sich kaum ändern. Sicher mutieren sie genauso wie andere DNS-Abschnitte, die Veränderungen scheinen aber in der überwiegenden Anzahl (mehr als normal) negativ zu wirken. Die betroffenen Organiosmen können sich gar nicht erst entwickeln. Nur sehr selten kommt es zu evolutionär vorteilhaften Mutationen.

Seit einigen Jahren sind neue Aspekte zu Evolutions- und Vererbungs-Faktoren in die wissenschaftliche Diskussion eingebracht worden. Die amerikanischen Biologinnen Eva JABLONKA und Marion J. LAMP bringen mehrere Ebenen von Vererbung und damit letztendlich auch von Evolution ins Spiel. Sie nennen sie die **vier Dimensionen der Vererbung / Evolution**. Aus ihrer Sicht sind das:

- (klassische) genetische Vererbung / Evolution
- epigenetische Vererbung / Evolution
- Verhaltens-spezifische Vererbung / Evolution
- Vererbung / Evolution über Symbolsysteme

Auf die einzelnen Faktoren bzw. auf die diskutierte Gesamtsicht gehen wir später noch ein.

5.x.1. allgemeine Faktoren

5.x.1.1. Kontinuation

steht begrifflich für: Weiterführung, Fortführung, Weiterverfolgung, Fortsetzung
Lebewesen erneuern ihre Zelle im Laufe ihres Lebens meist mehrfach. Trotzdem bleibt die Struktur und / oder das äußere Erscheinungsbild im Wesentlichen erhalten.
Selbst stofflich ist ein Austausch der meisten Bestandteile häufig zu beobachten. Nur wenige Stoffe werden in speziellen Teilen (ev. Panzer, Schalen, …) dauerhaft angelegt.

stabilisierender / puffernder Prozess

Definition(en): Kontinuation
Kontinuation ist der gleichartige Fortbestand eines Objektes / Prozesses bei wechselnder innerer Struktur und Zusammensetzung und / oder unter fließdynamischen Bedingungen für das Gesamtsystem und / oder seiner Elemente.

5.x.1.2. Variation

Selbst nach Jahren können wir Personen wiedererkennen
die Mitglieder einer Art, obwohl sie oft deutlich von der bekannten Form abweichen, werden deutlich erkannt
wir Menschen erkennen uns gegenseitig als solche, obwohl das individuelle und Rassen-spezifische Aussehen stark differieren kann
auch eineiige Zwillinge zeigen im Laufe ihres Lebens Veränderlichkeiten
Einfluß der Umwelt, aber auch von kleinen inneren Unterschieden
Mütter können ihre eineiigen Zwillinge meist sehr gut unterscheiden, weil sie kleine Unterschiede besitzen, die sich z.B. aufgrund unterschiedlicher Zellreihen-Entwicklungen ergeben haben

Prozess der Veränderung
aber auch verändertes Objekt → besser: Varietät

beschreibt die möglichen Abweichungen / Veränderlichkeiten ohne dass das System seine wesentlichen Charakteristika verliert oder aufgibt

Bildung von mißgebildeten Nachkommen (→ Monstrositäten) oder relativ in sich ähnlichen Rassen

Definition(en): Variation
Variation ist die (begrenzte) Veränderlichkeit / Spannweite der Ausprägungen von Merkmalen einer Art.

Ursachen und Mechanismen, die zu Variationen führen:

- Umwelt-Bedingungen
- Zufälle
- Rekombination
- Mutationen

Variation wird im Allgemeinen (aus objektiven Erwägungen / aus der Praxis-Beobachtung heraus) von allen weltanschaulichen Strömungen anerkannt
die strittige Frage ist aber, ob solche Veränderungen irgendwann mal zum Artwandel führen können

praktisch für jedes Merkmal gibt es mehrere Allele mit mehr oder weniger großen Unterschieden im Phänotyp

Divergenz-Prinzip (Divergenz-Regel) (DARWIN; 1876)
Ausgehend von anfänglich geringfügigen Unterschieden vergrößern sich diese im Laufe der Evolution immer mehr.

5.x.2. organische Faktoren

5.x.2.1. Individuation

stark sozialer / psychologisch geprägter Begriff
innerhalb von Populationen die Herausbildung von Unterscheidungs-Merkmalen für individualisierte Prozesse (Paarung, Revierverhalten, Rangordnungen, …)

Definition(en): Individuation
Individuation ist der Prozess der Herausbildung (feiner) spezieller ("individueller") Merkmale unter Beibehaltung der wesentlichen Gruppen-Zugehörigkeits-Merkmale.
Individuation ist die Entwicklung einer Einzigartigkeit innerhalb einer Gruppe.

5.x.2.2. Reproduktion

Definition(en): Reproduktion
Reproduktion ist die Fähigkeit eines Systems, sich selbst erneut hervorzubringen.
Biologische Reproduktion ist die Fähigkeit von Organismen, gleichartige Nachkommen zu zeugen.

asexuelle Reproduktion
vegetative Fortpflanzung
→ es bilden sich praktisch genetische Klone

sexuelle Reproduktion
generative Fortpflanzung
es sind immer zwei verschiedene Organismen (einer Art) (= Weibchen und Männchen oder plus und minus (wenn kein Geschlechts-Dimorphismus vorliegt)) notwendig
→ Nachkommen sind Rekombinanten der Eltern (genetische Misch-Produkte → Bastarde)

notwendig ist die interne Weitergabe der (Art-eigenen / Art-spezifischen) Merkmale
im Allgemeinen als Vererbung bezeichnet
von Außen beobachtbarer und für evolutinäre Vorgänge notwendiger Effekt, aber kein interner Mechanismus

indirekt über mehrstufiges Polynukleotid-Protein-System (Polynukleotid-Polypeptid-System) realisiert

5.x.2.3. Vererbung / Heredität

hier sind die Weitergabe von Informationen von generation zu Generation / Eltern zu Nachkommen, aber auch von evolutionären Entwicklungsstufen zu nachfolgenden Stufen gemeint
Vermeidung des Informations-Verlustes, der unter den gegebenen Umständen auftreten kann bzw. auftritt
Organismen ohne Brutpflege können meist nichts von ihren Eltern lernen, trotzdem sind wesentliche Verhaltensweisen oder auch im Organismus verankert (Aal-Wanderung aus dem Sargasso-Meer in die Flüsse Europa's (und zur Paarung dorthin zurück))

Definition(en): Vererbung / Heredität
Vererbung ist die Weitergabe Art-eigener / Art-spezifischer Merkmale an die Nachkommens-Generation.

siehe auch anderes Skript (🕮 **Vererbung**)

5.x.3. DARWINsche und genetische Faktoren

5.x.3.1. Selektion (Auslese)

Konstitutions-Kontinuations-Korrelation
der Zusammenhang (/ die Korrelation) zwischen dem Phänotyp (Konstitution) – also seinen spezifischen Eigenschaften – und der Beständigkeit (Kontinuation) genau diesen Types in der Zeit / Evolution

Korrelation tritt über Generationen hinweg auf und ist Ausdruck der Angepasstheit des Phänotyps an die Umwelt-Bedingungen

KNAPP: Selektion = kumulative Konstitutions-Kontinuations-Korrelation
kumulativ steht für "sammelnd"

in diesem Skript wird der Begriff Selektion bevorzugt, weil er direkter den Sachverahlt ausdrückt und i.A. auch geläufiger ist

5.x.3.1.1. Selektion

lat.: selectio = Auswahl / Auslese

Definition(en): Selektion (= Auslese)
Selektion ist die Prüfung / Bewertung eines (vererbten) Merkmals durch die herschenden Umwelt-Bedingungen.

Selektion setzt beim einzelne Organismus an, wirkt aber insgesamt zufällig und ist in seinem evolutionären Effekt nur über die Population zu fassen.

nach modernen Theorien sogar auf der Ebene der Gene

(allgemeine) Bedingungen für die Selektion:
1. Es gibt eine Population / Gruppe von Objekten, die sich selbst reproduzieren

2. Der Reproduktions-Prozess läuft nicht perfekt, sondern mit kleinen Fehlern ab. (Es gibt Varietäten.)

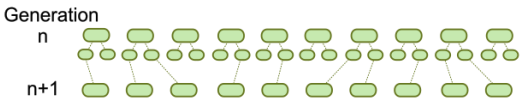
3. Die Variationen / Unterschiede sind dazu geeignet unterschiedlich gut zu überleben (/ zu existieren) und sich zu reproduzieren.

weiterhin müssen die Veränderungen in irgendeiner Form an die Nachkommen weitergegeben werden (*hört sich nach LAMARCK an, ist aber als ursächliche Bedingung innerhalb der Fehler-behafteten Reproduktion gemeint!*)

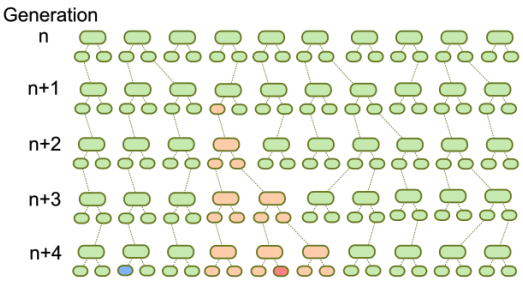
Evolutions-Theorie betrachtet die Veränderungen / Entwicklungen der Arten, nicht aber wie das passiert

Die Selektions-Theorie erklärt / beschreibt den Mechanismus, wie sich auf natürliche Art und Weise eine Art verändern kann.

Sind alle Nachkommen einer Generation gleich, so wirkt auf alle der gleiche Selektions-Druck. Die Wahrscheinlichkeit in einer Umgebung mit begrenzter Kapazität (hier für 10 Organismen) ist jeweils 50 Prozent (bei jeweils 2 Nachkommen).



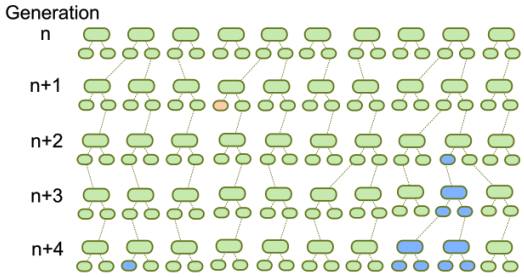
Hat nun ein Nachkommen ein neues - für die Selektion relevantes - Merkmal (hier orange), dann hat dies eine andere Wahrscheinlichkeit für das Überleben und Fortpflanzen. Es selbst und seine Nachkommen haben hier eine höhrere Chance zu Überleben und sich Fortzupflanzen. Mit dieser höheren Chance verbreitet sich das neue Merkmal in der Population von Generation zu Generation.



Neue Veränderungen (hier rötlich und bläulich) unterliegen wieder der direkten Konkurrenz in Abhängigkeit von ihrer speziellen Selektions-Wahrscheinlichkeit.

Eine höhere Selektions-Wahrscheinlichkeit ist aber keine Garantie für den Fortbestand des Merkmals. Es hätte auch (zufällig) anders kommen können.

In der nebenstehenden Generations-Folge wird das – eigentlich vorteilhafte – Merkmal zufällig ausgelesen. Ein anderes Merkmal (hier bläulich) tritt irgendwann mal auf und unterliegt wiederum dem gleichen Mechanismus.



Definition(en): Umwelt
Als Umwelt bezeichnet man im evolutionären Sinne den raumzeitlichen Kontext der Selektion.
Umwelt (im ökologischen Sinne) ist die Gesamtheit der von außen auf einen Organismus wirkenden Faktoren.
Als Umwelt bezeichnet man im systemischen Sinne alle Faktoren, die auf ein System von außen einwirken.

da bestimmte – selektiv wirkende – Umwelt-Faktoren zeitlich ausdauernd wirken, kommt es bei der Auslese von etwas fiteren Varietäten nach und nach zu einem kumulativen Effekt (kumulative Selektion)

Aufstieg im Selektions-Gebirge

kein Weg zurück möglich, weil immer benachteiligt

Definition(en): (biologische) Fitness
Unter biologischer Fitness wird i.A. das Maß für die Fortpflanzungs-Fähigkeit eines Organismus verstanden. (Die in den Teil-Disziplinen der Biologie benutzten Fitness-Begriffe gehen aber teilweise stark auseinander.)

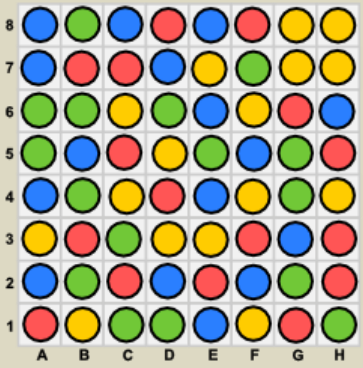
wissenschaftliches Spiel: Selektion

nach EIGEN und WINKLER "Das Spiel – Naturgesetze steuern den Zufall"

Version 1:

Die Spielfläche ist ein 8x8-Brett – das könnte z.B. ein Schachbrett sein.
auf dem Brett werden jeweils 16 Plättchen / Spiel-Figuren von jeder Art (A bis D, vier Farben) gesetzt.

1. die aktuelle Spiel-Stelle wird mit zwei Oktaeder-Würfeln ermittelt
2. die Spiel-Figur an der Spielstelle ("Opfer") wird entfernt
3. eine neue Spiel-Stelle "Verdoppler" wird erwürfelt
4. auf die "Opfer"-Stelle wird eine Spiel-Figur der Sorte auf der Verdoppler-Position gelegt
5. Abbruch bei vollständiger Besetzung mit nur einer Farbe SONST Fortsetzung mit 1.



zufällig besetztes Spielfeld

Die jeweilige Anzahl der Spiel-Figuren jeder Art (Farbe, A bis D) wird mit der Taktzahl erfasst und nach Abbruch oder festgelegter Simulations-Länge (Anzahl Takte) graphisch dargestellt.
Die Simulation sollte mehrfach wiederholt werden, um allgemeine Effekte identifizieren zu können.

"Opfer"-Position B5

Version 2:

Auf einem 6er oder 8er Würfel wird eine Mutations-"Rate" festgelegt, z.B. die Ziffer 6 oder die Ziffern 1 und 2 gemeinsam od. so ähnlich.
Es gelten die allgemeinen Regeln von Variante 1.
Der Schritt 4 ändert sich folgendermaßen:

4a. es wird auf eine Mutation gewürfelt
4b. WENN eine Mutation erwürfelt wurde, DANN wird auf die "Opfer"-Stelle so eine Spiel-Figur auf die "Opfer"-Stelle gelegt, wie sie derzeit auf dem Spielfeld am Seltensten vorkommt, SONST wird wie oben verdoppelt

Daten-Erfassung und Auswertung wie oben.

Version 3:

Den verschiedenen Farben werden Punktwerte zugeordnet. Sie symbolisieren verschiedene Ab- und Aufbau-Raten. Das könnte z.B. für eine 6-Punkte-Bewertung wie in der Tabelle rechts aussehen.

Spiel-Figur	Herausnahme bei …	Verdopplung bei …
rot	1	1 – 6
blau	1, 2	1, 2, 3
grün	1, 2, 3	1, 2
gelb	1 – 6	1

(Der Farbe Rot wird hierbei der höchste und der Farbe Gelb der niedrigste "Selektions"-Wert zugeodnet. Die Aufbau-"Rate" bei Rot ist sechsmal größer als bei Gelb. Bei der Abbau-"Rate" ist es genau umgekehrt.)

Es gelten die allgemeinen Regeln von Variante 1.
Der Schritt 4 ändert sich folgendermaßen:

4a. es wird die "Bewertung" gewürfelt
4b. WENN die "Herausnahme" erwürfelt wurde, DANN wird die Spiel-Figur (auf der "Verdoppler"-Position) entfernt
4c. WENN eine "Verdopplung" erwürfelt wurde, DANN wird die Spiel-Figur von der "Verdoppler"-Position auf die "Opfer"-Stelle kopiert
4d. SOLLTE keine freie Position für eine Verdopplung zur Verfügung stehen, DANN wird eine weitere "Opfer"-Stelle erwürfelt
4e. SOLLTE eine Leer-Stelle entstehen, DANN wird eine neue potentielle "Verdoppler"-Stelle erwürfelt und bei 4a fortgesetzt

mögliche Variation für Version 3:
Statt mit gleichen Anzahlen je Sorte von Spiel-Steinen beginnt man mit einer besonderen Situation (anfänglich seltenes Auftreten von Spiel-Figuren mit hohem Selektions-Wert):
2x Rot; 6x Blau; 16x Grün; 40x Gelb

Daten-Erfassung und Auswertung immer wie oben.

weitere Abwandlungen:
Es können auch mehr Farben / Spielstein-Sorten verwendet werden.
Variante 3 kann und sollte mit den "Mutationen" von Variante 2 kombiniert werden.

5.x.3.1.1.1. Selektions-Arten

natürliche Selektion
Wirkung der natürlichen Selktions-Faktoren und Auslese der am besten Angepassten (/ die mit der höchsten Fitness "suvivel of the fitest")
in der Natur sind die die Überlebenstüchtigsten gesucht
nicht gemeint die Stärksten

auch das "Ökonomie-Prinzip der Evolution" genannt

sexuelle Selektion
intraspezifische Konkurrenz
Bevorzugung bestimmter (meist sekundärer Geschlechts-)Merkmale durch die Geschlechts-Partner
z.B. Schwanzfedern beim Pfau
Geweih-Größe beim Hirsch
Siege in Kommentkämpfen / Balz-Spiele
führt zum Sexual-Dimorphismus (Weibchen und Männchen besitzen unterschiedliche Größe und / oder Merkmale) Weibchen meist unscheinbar; Männchen auffällig mit speziellen Merkmalen

es wird zwischen intersexueller und intrasexueller Selektion unterschieden

intersexuelle Selektion
sexuelle Selektion durch das andere Geschlecht
i.A. wählen die Weibchen

bei der positiven assortativen Paarung werden Partner mit ähnlichen Merkmalen bevorzugt
z.B. beim Menschen Auswahl von Partnern aus der gleichen ethnischen Gruppe
bei der negativen, solche mit ausdrücklich anderen / entgegengesetzten
z.B. Auswahl von Partner beim Menschen mit deutlich anderen Immun-Mustern

Definition(en): assortative Paarung
Unter assortativer Paarung versteht man die Vorliebe / Tendenz der Paarung von Organismen mit bestimmten (anderen) Merkmalen.

Gute-Gene-Hypothese
Partner werden nach bestimmten – (wahrscheinlich) vorteilhaften – Merkmalen (auffällige (ev. sogar nachteilige / begrenzende) Merkmale (Geruch, Aussehen); Auftreten, Erscheinen) ausgewählt
Wahl erfolgt instinktiv

sensory exploration-Hypothese
Hypothese der sensorischen Bevorzugung

wissenschaftliche Frage ist, welches Merkmal sich zuerst herausgebildet hat

war zuerst das auffällige Merkmal da (z.B. durch eine Mutation bei besonders fitten Männchen) und haben sich dann die Weibchen darauf eingeschossen, was dann wieder zur immer weiteren Merkmals-Ausprägung bei den Männchen führt → Co-Evolution

oder entstand zuerst (durch eine Mutation eine besondere Aufmerksamkeit für ein Merkmal) und erfolgte dann die Auslese hinsichtlich dieses Merkmal's
in diesem Fall sollte sich dann die Verknüpfung von Merkmal und biologischer Fitness erst später herausgebildet haben → Co-Evolution

das Ergebnis ist gleich Merkmal und Sensibilität schaukeln sich immer weiter hoch
die Ausprägung des Merkmal's ist aber dann letztendlich natürlichen Grenzen unterlegen (Pfau mit extrem langen Federn kann dann überhaupt nicht mehr fliegen / flüchten)
Die Sensibilität der Weibchen wird dann meist auf spezielle Detail des Merkmal's gelenkt (wobei wieder die ursprüngliche Frage im Raum steht, was war zuerst da?)

Frequenz-abhängige Selektion
Tendenz zu unsinnigen Merkmalen (Flug-behindernde große Schwanzfedern; lange, verzweigte Geweihe im Gehölz; auffällige Muster / Gesänge (auch für die Fressfeinde); …)
nach der Theorie von ZAHAVI / ZAHAVI ("Signale der Verständigung") mittel zum Zeigen von besonders ausgeprägter (biologischer) Fitness
Wer solche Merkmale ausbilden kann und damit überlebt hat gute Erbanlagen.
Betrüger haben Populations-genetisch keine Chance (Selektion sortiert sie selbst oder die Nachkommen schnell aus)
man spricht auch vom Handicap-Prinzip (**Handycap-Hypothese**); Handicap's sind gut für die einfache Auswahl duch die Weibchen (offensichtlich / für beide Geschlechter "verständlich")
da koevolutionärer Prozess, kann es auch zum Ausufern kommen; Merkmal wird zum deutlichen Nachteil (übergroße Geweihe, …) dann kann es zum Aussteren der Art kommen, da die Weibchen ihre Auswahl-Strategie erst ändern müssen (zufälliger Effekt, der sich auch in der Population erst einmal etablieren muss)

Sexy-sons-Hypothese
die Wahl der Weibchen basiert auf der Chance durch die Wahl eines besonders attraktiven Männchen selbst attraktive Söhne zu zeugen (und damit indirekt die eigenen Gene vermehrt zu verbreiten)

intrasexuelle Selektion
Wettbewerb innerhalb des eigenen Geschlecht's

Revier-Bildung / Komment-Kämpfe
dominate Organismen bilden Revier / Herden / Rudel / …
verteidigen diese gegen Konkurrenten
Sieger übernimmt die Begatter-Rolle oder die ganze Herde oder …

Verdrängung
durch herausragende Eigenschaften (Kraft, Geschwindigkeit, Masse, …) werden direkt bei Paarung Konkurrenten verdrängt (z.B. bei Amphibien)

Sneaker
nicht-dominate Organismen nutzen die zeitweise Schwäche / Ablenkung (z.B. bei Komment-Kämpfen oder Jagd-Ausflügen) um sich zu paaren

"Mimikry"-Effekt
nicht-dominante Organismen imitieren die Selektions-Merkmale und täuschen eine bessere Vitalität / einen besseren Gen-Bestand vor
es kommt zwar zu einem besseren Paarungs-Erfolg, in der nachfolgenden Selektion in der Umwelt halten die vorgetäuschten Merkmale aber nicht stand

Arten-Auslese

natürliches Aussterben von Arten / Arten-Gruppen z.B. durch Klima-Veränderungen
geht hin bis zu ganzen Stämmen (Bau-Muster von Organismen)

Definition(en): Arten-Auslese
Die Arten-Auslese ist die Theorie über die – in relativ langen Zeiträumen ablaufende – natürliche Selektion von Populationen / Arten / Arten-Gruppen bis hin zu Organismen-Stämmen.

Beispiele:
globale Massen-Aussterben ("big five")
letztes war: Aussterben der Dinosaurier vor 65 Mio. Jahren

Definition(en): K-Selektion
Unter K-Selektion versteht man die Auslese-Vorgänge, die es Organismen in einer stabilen / wenig veränderlichen / vorhersagbaren Umwelt mit praktisch ausgeschöpfter Kapazität (K) ermöglicht, sich gegenüber anderen Organismen (der gleichen Population / der Gruppe, die die gleiche Kapazität nutzt) durchzusetzen.

K-Strategen sind meist größer, seltener, langlebiger, kommen später zur Fortpflanzung, bevorzugen die geschlechtliche Fortpflanzung und betreiben Brutpflege.

Definition(en): r-Selektion
Unter r-Selektion versteht man die Auslese-Vorgänge, die es Organismen in einer instabilen / stark veränderlichen / unvorhersagbaren Umwelt durch Ausnutzung einer großen Vermehrungs-Rate (r) ermöglicht sich gegenüber anderen Organismen (der gleichen Population / der Gruppe) durchzusetzen.

(c,p) 2014 - 2026 lsp: dre

r-Strategen sind eher klein, häufig, kurzlebiger, kommen schneller zur Fortpflanzung, benutzen vermehrt auch ungeschlechtliche Fortpflanzungs-Möglichkeiten und betreiben kaum Brutpflege.

Definition(en): Ortho-Selektion
Unter Ortho-Selektion versteht man die langfristige, fortgesetzte Evolution aufgrund eines anhaltenden / dominierenden / einseitigen Selektions-Druckes.

künstliche Selektion
→ Züchtung, Domestizierung

Definition(en): künstliche Selektion / Züchtung

Züchtungs-Methoden

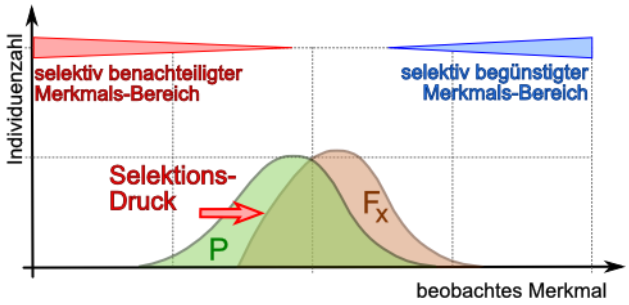
- **Auslese-Züchtung** — Züchter wählt nach Merkmalen aus und kreuzt diese
- **Kombinations-Züchtung** — gezielte Kombination von verschiedenen Merkmalen nach der 3. MENDELschen Regel (auch mehr als 2 Merkmale)
- **Hybrid- bzw. Heterosis-Züchtung** — Ausnutzung des effektes, dass bei bestimmten Merkmals-Kombinationen die F1-Nachkommen besonders auffällige / Leistungs-starke merkmale aufweisen
- **Mutations-Züchtung** — Erzeugen von Mutationen durch unterschiedliche Mutagen und Auswahl sowie Weiterzucht der gesuchten / gewünschten Mutationen / Mutanten
-

Vermehrung (und damit Veränderung der Gen-Sequenzen) durch Klonen

5.x.3.1.1.2. Wirkungsweise der Selektion (Selektions-Typen)

gerichtete (transformierende) Selektion

fortwährende Merkmals-Selektion hinsichtlich eines Extremas
z.B. Körper-Größe, Schwanzfeder-Länge; bessere Schwimm-Eigenschaften; kleine (Flug-)Samen-Größe
Gen-Pool verändert sich so, dass Allele, die für den Extremwert des Merkmals verantwortlich sind, angehäuft werden

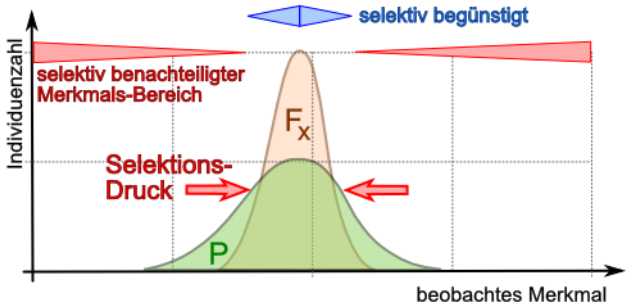


gerichtete (transformierende) Selektion

stabilisierende Selektion

Begünstigung intermediärer Phänotypen
z.B. Vererbung immunologischer Eigenschaften

wechselnder (z.B. im Jahres-Rhythmus) Selektions-Druck aus entgegengesetzten Richtungen (z.B. sehr niedrige und sehr hohe Temperaturen)

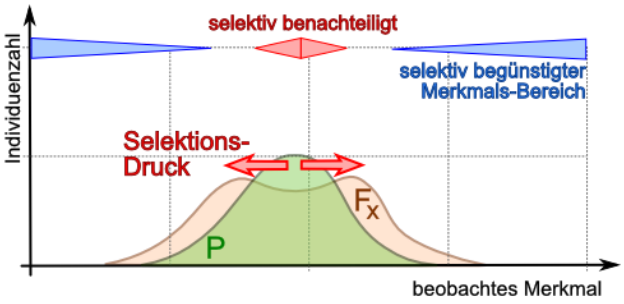


stabilisierende Selektion

disruptive Selektion

Benachteiligung der intermediären Typen zugunsten der homozygoten

z.B. Kuckuck: Rohrsänger-Kuckuck spezialisiert sich hinsichtlich stark gefleckter Eier, der Rotschwänzchen-Kuckuck hin zu völlig ungefleckten Eiern
jeder Gruppe ist für sich erfolgreicher als der Misch-Typ, der von beiden Wirten deutlich schlechter akzeptiert wird
kann zur Art-Aufspaltung führen



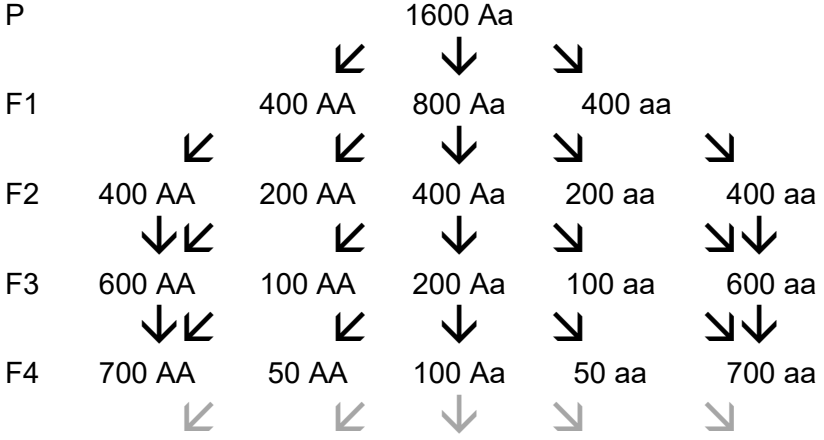
disruptive Selektion

gerichtete, stabilisierende und disruptive Selektion sind gewöhnlich unabhängig von der Häufigkeit der betroffenen Phänotypen in der Population; die Veränderung der Häufigkeit ist praktisch das Ergebnis der Selektion

frequenzabhängige Selektion

hier ist die Selektion von der Häufigkeit bestimmter Merkmale abhängig
z.B. durch Bevorzugung gleicher oder ähnlicher Partner (bezüglich des betrachteten Merkmals)
z.B. räumlich oder zeitliche Kompartibilität, Selbst-Befruchtung; Spezialisierung / Orientierung der Feinde auf den häufigen Populations-Teil

z.B. auch beim Menschen: Weltanschauung, Hautfarbe, …



	Allel-Häufigkeit [%]		
	AA	**Aa**	**aa**
P	0	100	0
F1	25	50	25
F2	37,5	25	37,5
F3	43,75	12,5	43,75
F4	46,875	6,25	46,875

nach: SRBU (aus /1, S. 890/

Veränderung der Homozygoten- und Hetrerozygoten-Häufigkeit bei maximaler Inzucht (z.B. bei obligatorischer Selbstbefruchtung)

Verwandten-Selektion

Problem der Gene (s.a. "Das egoistische Gen"; Altruismus) ist es, passende / gleiche / kooperierende Gene von außen zu erkennen
nur wenige Gene zeigen sich auch in nach außen sichtbaren Merkmalen (Denk-Modell: Grünbärte und Altruismus)
sexuelle Selektion ist ein teilweise funktionierendes Mittel
Verwandten-Selektion – also Paarung in traditionellen Rudeln, Herden, … - ist verbunden mit Kombination relativ nah verwandeter Gene (Allele)
bei Paarung in kleineren Gruppen werden Allel-Häufigkeiten meist erhöht (zumindestens für die erfolgreichen / fiteren)
Altruismus gegenüber Verwandten ist also immer vorteilhaft, es kommt mit großer Wahrscheinlichkeit den eigenen oder zumindestens sehr ähnlichen Genen (Allelen) zugute

William D. "Bill" HAMILTON (1936 – 2000)
Verwandten-Selektion (kin selection; 196?)

Blut ist dicker als Wasser.

Brut-Pflege

Kolonie-Bildung
Ameisen, Bienen, …

Warnung anderer Tiere ist bei einigen Arten vom Verwandtschafts-Grad abhängig, nahe Verwandte werden gewarnt, ferner Verwandte eher nicht

Definition(en): Gruppen-Auslese / Gruppen-Selektion
Unter Gruppen-Auslese versteht man die Theorie über die natürliche und bevorzugte Auslese von Teilen einer Population, die sich durch ähnliche Merkmale (ev. bei verwandten Organismen) auszeichnen. (Die Gruppen-Auslese wird häufig für die Erklärung von Altruismus benutzt.)

Verwandten-Auslese funktioniert über Organismen-Gruppen, die davon "ausgehen", dass die Nachkommen zu einem großen Teil die eigenen Gene tragen.
Ist ein Ansatz-Punkt, um Altruismus von Organismen zu erklären. Im Sinne der Evolution mach eine Aufopferung nur Sinn, wenn durch das Opfer eigene Gene indirekt überleben können.
Altruismus – auch über Familien-Mitglieder hinweg – setzt immer die Kenntnis von Individalität voraus.
Häufige Strategie hinter altruistischen Handlungen ist "Tit-for-tat" ("Dies für das" / "Wie Du mir, so ich Dir").
siehe auch RAPOPORT (ab 1960) und AXELROD () "Evolution der Kooperation"

Definition(en): Verwandten-Selektion (Verwandten-Auslese)
Unter Verwandten-Auslese versteht man die Theorie über die natürliche und bevorzugte Auslese von nah mit einem Organismus verwandten Teilen einer Population. (Die Verwandten-Auslese wird sachlich falsch oft mit der Gruppen-Auslese gleichegesetzt.)

(c,p) 2014 - 2026 lsp: dre

5.x.3.1.1.3. Wirkungs-Ebenen der Selektion

- **Überlebens-Chance** sowohl in haploider und diploider Phase
- **Chance zur Zygoten-Bildung** Chance einen Geschlechts-Partner zu finden und sich erfolgreich zu paaren (→ sexuelle Selektion)
- **Zahl der Nachkommen (Fertilität)** Beeinflussung der Anzahl der Gameten, des Zeitpunktes der Geschlechtsreife, Kompatibilität der Partner-Gameten
- **Ausbreitung** Entzugs-Chance aus der Ursprungs-Population durch Erschließung neuer Lebensräume, auch durch Emigration oder Verfrachtung)

5.x.3.1.1.4. Selektions-Faktoren

geht hier in Richtung Ökologie
gemeint sind hier die langfristige Einwirkung von Umweltfaktoren auf evolutionäre Prozesse
zufällige Wirkung im Kleinen (Selektion) → langfristige Veränderungen durch Veränderung von Allel-Häufigkeiten usw. usf.

abiotische Selektions-Faktoren

Temperatur

Feuchtigkeit / Wasser

Wind

Nährstoffe

biotische Selektions-Faktoren

intra-spezifische Selektions-Faktoren

sexuelle Selektion

siehe weiter vorn

inter-spezifische Selektions-Faktoren

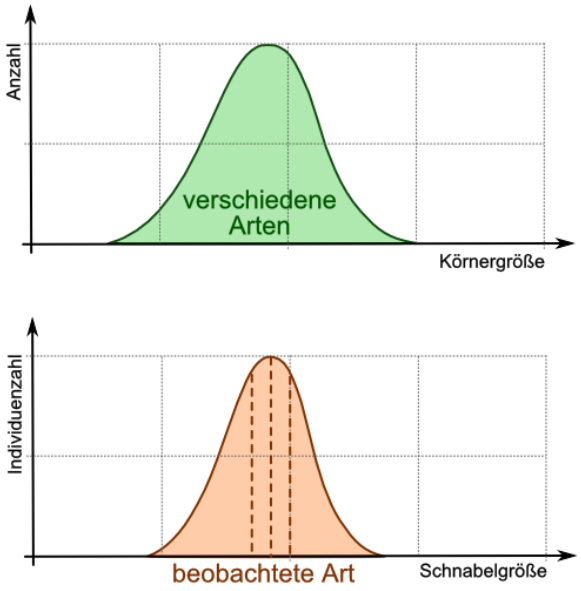
Minese
Nachahmung bestimmter Umwelt-Bedingungen

Mimikry
Nachahmung einer anderen Art

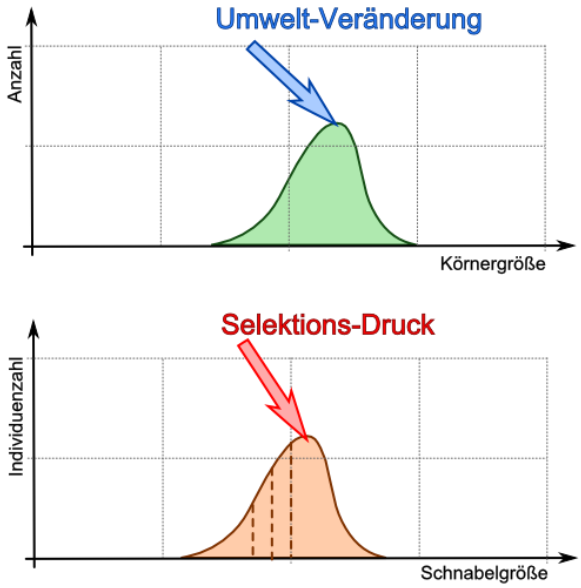
Gifte

mikro-evolutionäre Selektion

Eine Vogel-Art hat sich der zur verfügung stehenden Nahrung perfekt angepasst. Die Nahrung besteht aus Körnern verschiedener Größe. Tiere mit kleinerm Schnabel bevorzugen die kleineren Körner, während die groß-schnäbligen vor allem die größeren Körne fressen.
Die Individuen mit den kleineren Schnäbeln könnten die größeren Körner nicht knacken. Die größeren könnten teilweise auch mit kleineren Körnern zurechtkommen, aber effektiv ist dies nicht. Zum Anderen stellen die kleineren Individuen eine ernstzunehmende Konkurrenz um die begrenzte Nahrungs-Ressource dar.
Zum Vergleich sind bei den Schnabelgröße bestimmte Werte markiert, um sie in den anderen Diagrammen sicher vergleichen zu können.

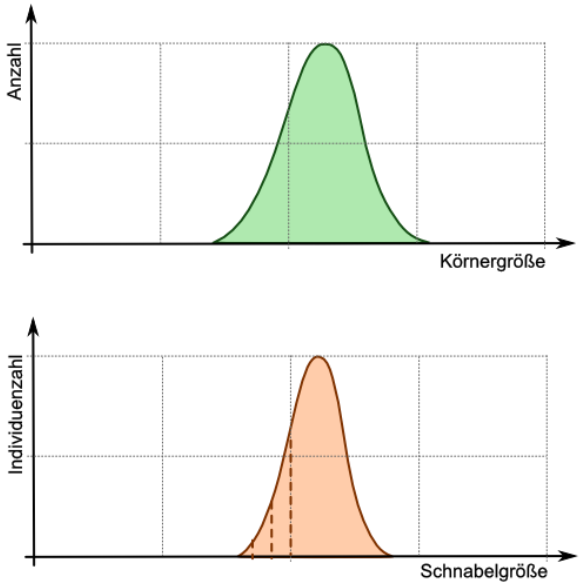


Durch Umwelt-Veränderungen – z.B. regelmäßig starke Winde, welche vornämlich die kleineren Körner verwehen – kommt es zu einer Verknappung der Nahrungs-Menge. Desweiteren verändert sich die Verteilung der verfügbaren Körner-Größen. Eine andere mögliche ursache für durchgehend größere und weniger Körner könnten trockne Jahreszeiten sein, die nur Körner mit harten Schalen eine Chance lassen.
Auf die Vögel wirkt nun ein gewaltiger Selektions-Druck. Mit kleinen Schnäbel können sie die großen – vielleicht härteren – Körner nicht mehr so eingach knacken. Die Exemplare mit größeren und kräftigeren Schnäbeln haben da bessere Überlebens-Möglichkeiten.
Die Vögel, die relativ gut mit den vorrangigen Körnern klar kommen, können sich nun erfolgreicher fortpflanzen, als die anderen.

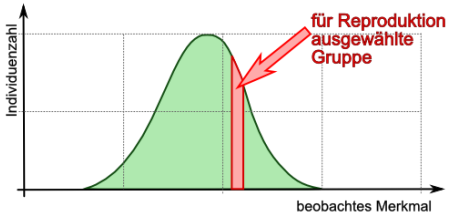
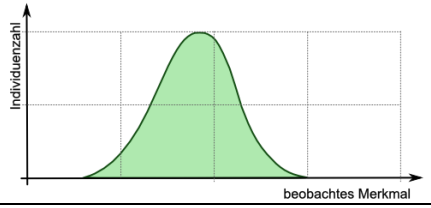
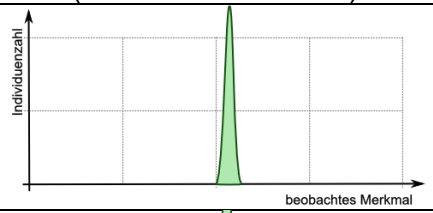
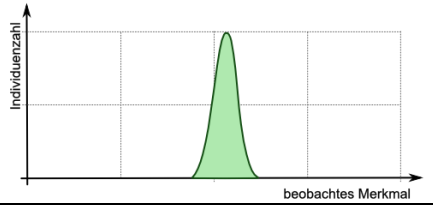
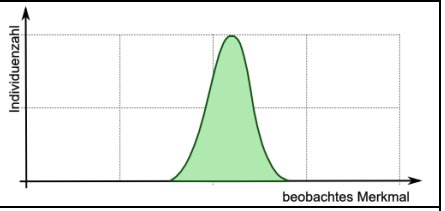
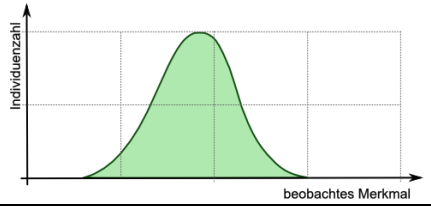
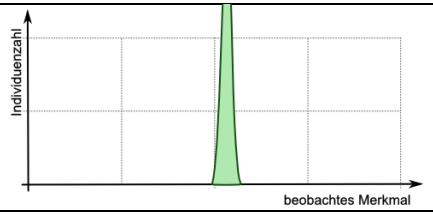
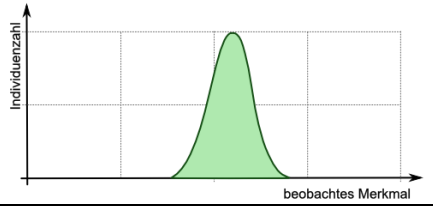
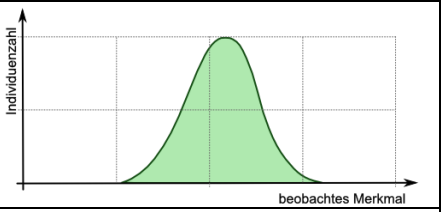


 (c,p) 2014 - 2026 lsp: dre

Selbst wenn sich nun die Nahruns-Situation wieder entspannt, wahrscheinlich sind einige kleinsamige Pflanzen nicht mehr im Lebensraum vorhanden. Die anderen Pflanzen werden die freiwerdenden Ressourcen (Boden, Wasser, Sonne) optimal ausnutzen und so wieder ein zumindestens Mengen-mäßig umfangreiches Nahrungs-Angebot darstellen.
Die Vogel-Population wird nun vorrangig aus solchen Exemplaren bestehen, die optimale Schnabel-Größen besitzen.



Zwischen selektierten Merkmalen und den ursächlichen Umwelt-Bedingungen entstehen schnell Abhängigkeiten. Bei einigen Tier-Arten sind selektive Veränderungen schon bei jahresbezogenen Wetter-Schwankungen (trockne oder feuchte Jahre → harte oder weiche Körner → große oder kleine Schnäbel) beobachtet worden.

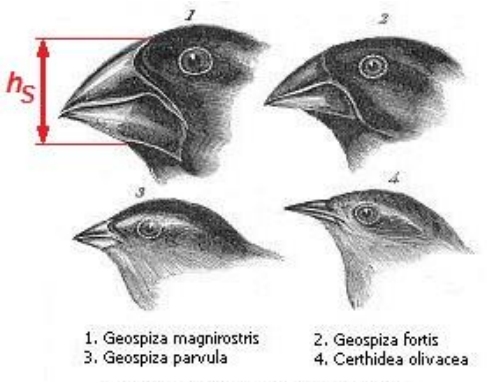
Ausgangs-Population P-Generation **P**				
	Versuch 1 (Art A_1 od. Merkmal M_1)	**Versuch 2** (Art A od. Merkmal M)	**Versuch 3** (Art A_3 od. Merkmal M_3)	**Versuch 4** (Art A_4 od. Merkmal M_4)
1. Folge-Generation **F1**				
2. Folge-Generation **F2**				
	keine Vererbung des beobachteten Merkmals	100 %ig Vererbung (z.B. monoklonaler Vermehrung)	dominant-rezessiver Erbgang	intermediärer Erbgang

nach: /1, S. 884/

(c,p) 2014 – 2020 lern-soft-projekt: drews

Aufgaben:

1. *Beim Mittel-Grundfinken (s) Geospiza fortis - einer Art der DARWIN-Finken auf den Galapagos-Inseln ist die Schnabel-Höhe ausschließlich genetisch determiniert. Die genannten Finken ernähren sich von relativ harten Samen, indem sie diese mit den Schnäbeln knacken. Sie bevorzugen dabei kleinere Samen, die in normalen Wetter-Jahren auch ausreichend vorhanden sind. In trockneren Jahren (1977-1978; 1980 u. 1982) sind die kleineren Samen knapp.*

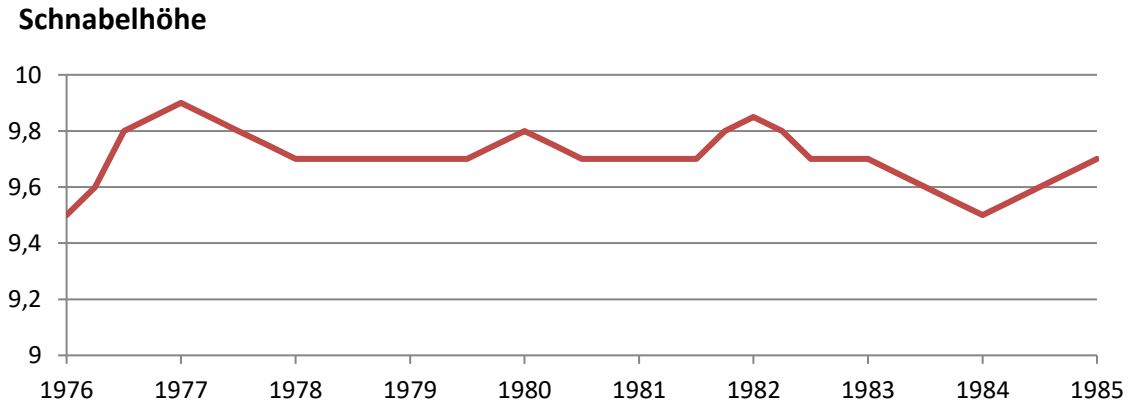


Finches from Galapagos Archipelago

Q: de.wikipedia.org (John Gould)

Dann versuchen sich die Finken auch an größeren Samen. In feuchteren Jahren (1976 u. 1984) nutzten sie auch kleine, weiche Samen zur Ernährung.

Bei Vermessungen der Vögel sind die folgenden Daten zu den Schnabel-Höhen [mm] angefallen.



Einer der Auswerter interpretierte die Daten als Beispiel für aktuell wirkende Evolution, ein anderer meinte, es handelt sich praktisch nur um Modifikationen. Setzen Sie sich mit den Daten auseinander und geben Sie eine geeignete Erklärung an! Gehen Sie auch auf die Interpretationen der beiden Wissenschaftler ein!

2.

3. Bei Schmetterlingen der Gattung Colias gibt es zwei Allele des Gen's für das Enzym Phosphoglucose-Isomerase (PGI). Letztendlich bestimmt das Enzym wo die Temperatur-Präferenz der Tiere liegt und wo sie sich besonders gut fortbewegen können. Die eine Form des Enzym's hat sein Temperatur-Optimum etwas niedriger als der Populations-Durchschnitt. Die andere Form des Enzym's arbeitet bei etwas höheren Temperaturen optimaler.

Das Enzym ist ein Homodimer und katalysiert reversibel die Umsetzung von Fructose-6-phosphat in Glucose-6-phosphat. Die Reaktion ist eine wichtige Stoffwechsel-Weiche zwischen Glycolyse und Gluconeogenese.

Bei Untersuchungen (WATT et.al. 1985) wurde festgestellt, dass heterozygote Männchen einen höheren Fortpflanzungs-Erfolg haben als homzygote.

Colias eurytheme
Q: de.wikipedia.org (Ivan Tortuga)

Heterozygote Männchen von C. eurytheme kamen zu 46 % in der Population vor, konnten sich aber zu 72 % erfolgreich verpaaren. Bei der Schwestern Art C. philodice lag der Anteil heterozygoter Männchen bei 54 % und der Fortpflanzungs-Erfolg bei 80 %.

Adulte Falter beider Arten bevorzugen Temperaturen von 35 bis 39 °C. Bevorzugte Nahrungs-Pflanzen sind Löwenzahl, Goldruten, Astern, Pfefferminze und Sonnenblumen. Auf Luzerne-Feldern können sie als bedeutsamer Schädling auftreten.

a) Stellen Sie ein Kreuzungs-Schema für die Kreuzung eines reinerbigen Weibchen's (Genotyp a a; Phänotyp: niedriges T-Optimum (für PGI)) mit einem reinerbigen Männchen (Genotyp b b; Phänotyp: höheres T-Optimum) bis zur F2 auf!

b) Zeigen Sie anhand eines Diagramm's die Temperatur-Abhängigkeit der beiden Enzym-Formen!

c) Erklären Sie, warum heterozygote Männchen einen höheren Fortpflanzungs-Erfolg haben als die homozygoten!

d) Stellen Sie die Anteile und die Fortpflanzungs-Erfolge der Heterozygoten von Colias eurytheme und C. philodice in geeigneten Diagrammen dar! Interpretieren Sie die Diagramme unter Beachtung der genetisch theoretisch zu erwartenden Werte!

e) Stellen Sie eine Hypothese auf, ob sich bei der derzeit beobachteten Klima-Erwärmung eine Veränderung der Allele in der Population zu erwarten ist!

5.x.3.2. Populations-Genetik

siehe auch Skript (🕮 **Genetik – Teil2** (Abschnitt 9.2.))

Definition(en): Populations-Genetik
Die Populations-Genetik ist ein Forschungsgebiet, das auf Teilen der Genetik und der Ökologie (Demökologie) basiert und sich mit genetischen Abläufen in Populationen beschäftigt.

(c,p) 2014 - 2026 lsp: dre

5.x.4. erleichternde Faktoren

5.x.4.1. Rekombination

siehe auch Skript (🕮 **Genetik – Teile 1 + 2**)

Definition(en): Rekombination
Rekombination ist die Neuverteilung von Genen durch die Meiose (Reife-Teilung, Keimzellen-Bildung) innerhalb der geschlechtlichen Fortpflanzung.
Rekombination ist die Bildung neuer Gen-Kombinationen im Verlauf von Meiose (und Mitose) aufgrund der Aufspaltung der Allel-Paare und Neuzusammenstellung (Rekombination) gekoppelter Gene (crossing over).

Definition(en): Gen
Ein Gen ist der Teil des genetischen Materials (RNS od. DNS), der für die Enstehung / Herausbildung einer Funktion / eines Merkmals / häufig eines bestimmten Proteins verantwortlich ist.

Definition(en): Gen-Pool
Der Gen-Pool (Gen-Bestand,Gen-Sammlung, Gen-Schatz, Gen-Fundus) ist die Gesamtheit aller Gene mit den (konkret) vorhandenen Gen-Variationen (→ Allele) einer Art / Population.
Ein Gen-Pool ist die Gesamtheit aller Gene einer sich geschlechtlich fortpflanzenden Population zu einem bestimmten Zeitpunkt.
Der Gen-Pool ist der vollständige Bestand / Satz von Genen in einer Fortpflanzungs-fähigen Population.

man kann sich den Gen-Pool als Garten-Pool vorstellen, in ihm schwimmen von allen Genen einer Art die verschiedenen Allele herum
statistisch besitzt ein Nachkomme nun von jedem Gen (im diploiden Fall) zwei Allele, die zufällig aus dem Pool gefischt wurden
Gen-Pool-Begriff wird klassischerweise nur auf Arten angewendet, die sich geschlechtlich fortpflanzen
praktisch besitzen aber auch andere Arten mit austauschbaren Plasmiden so eine Art Gen-Pool, der Austausch der Plasmide erfolgt (wahrscheinlich) auch zufällig

Definition(en): Allel
Allele sind verschiedene Varianten eines Gens, bei der durch (kleine) Veränderungen im genetischen Material mehr oder weniger große Veränderungen in der Funktion / in der Merkmals-Ausprägung oder im Protein zu verzeichnen sind.

können dominant / rezessiv oder intermediär zueinander stehen
homologe Allele können an verschiedenen Gen-Orten (z.B. nach Polymerisierungen oder Verdopplungen) völlig eigenständige Funktionen / Merkmale repräsentieren

Definition(en): Idiotypus
Der Idiotypus ist die Gesamtheit der Erb-Merkmale / des Erb-Materials eines Organismus. Dazu gehört der Genotypus (Gesamtheit aller im Kern befindlichen Gene), der Plasmotypus (Plasmon, Gesamtheit von im Plasma vorhandenen Erbträgern) sowie dem Plastidotypus (Gesamtheit der Erbanlagen in den Plastiden (Mitochondrien + ev. Chloroplasten ,…)).

Definition(en): Genotyp
Der Genotyp ist die Gesamtheit der im Zell-Kern bzw. Kern-Äquivalent veranlagte Erb-Merkmale / veranlagtes Erb-Material.
Der Genotyp wird in der Genetik häufig nur für Merkmal (bzw. wenige Merkmale) betrachtet und entspricht einem Allel (bzw. wenigen Allelen bestimmter Gene).

Definition(en): Phänotyp
Der Phänotyp ist die Gesamtheit der beobachtbaren – aus den Genen (/ Allelen / Genotypen) resultierenden – Merkmale eines Organismus.
Der Phänotyp wird in der Genetik häufig nur für ein Merkmal (bzw. wenige Merkmale) betrachtet und hat dann eine spezielle Ausprägung (bzw. wenigen Ausprägungen bestimmter Merkmale).

Definition(en): Pleiotropie
Pleiotropie sind mehrere (verschiedenartige) Wirkungen eine Gens.

5.x.4.1.1. Mutation

siehe auch Skript (🕮 **Genetik – Teil2** (Abschnitt 8.2.))

Definition(en): Mutation
Mutationen sind zufällige Änderungen der Erb-Informationen.

Mutationen in der Keimbahn

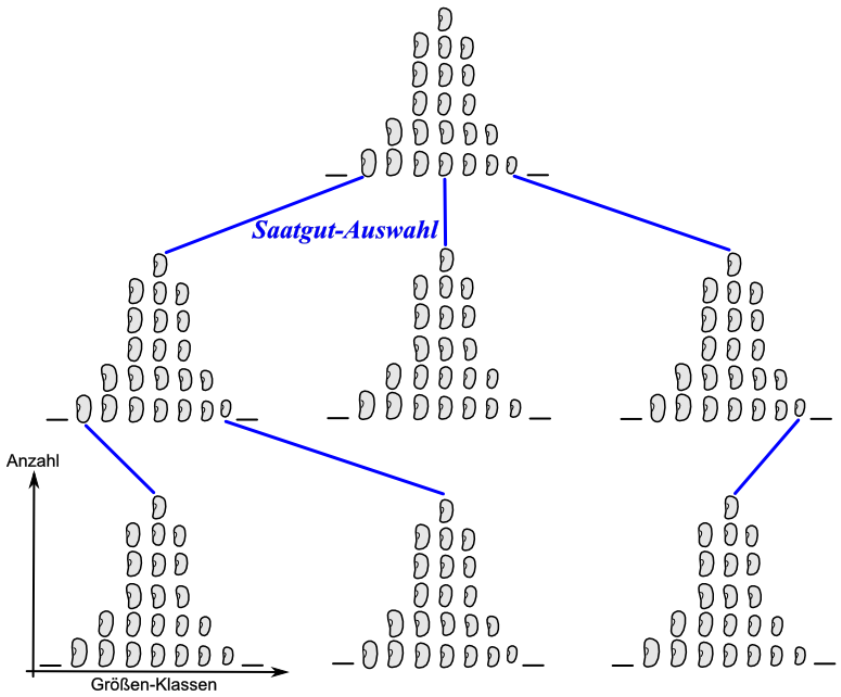
Mutationen in Körper-Zellen

grob geschätzt sind bei rund 1'000'000 Mutationen nur 3 mit positivem Effekt und 3 mit neutralem, die anderen Mutationen sind Nachteils-behaftet

5.x.4.1.2. Modifikation

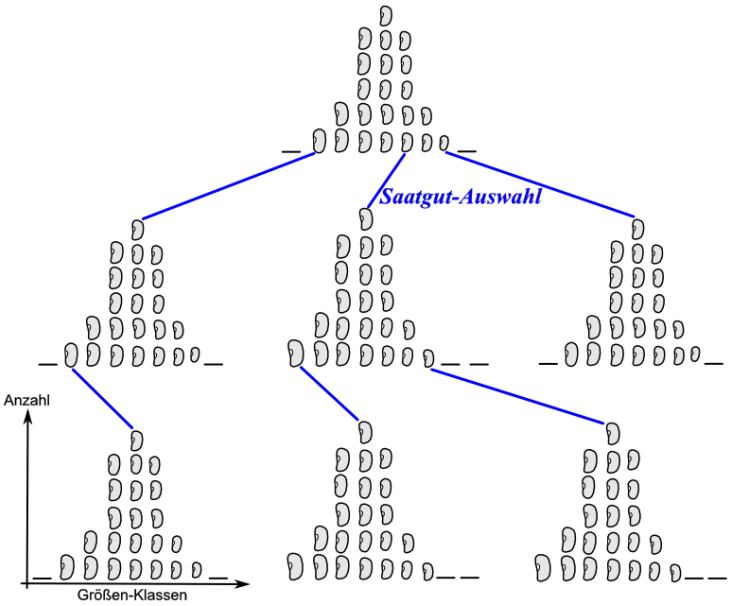
siehe auch Skript (🕮 **Genetik – Teil2** (Abschnitt 8.1.))

Definition(en): Modifikation
.



Aufgaben:

1. *Vergleichen Sie Modifikation und Mutation in einer geeigneten Tabelle!*
2. *Bei Aussaat-Versuchen zu Modifikationen bei Bohnen kamen die nebenstehen Beobachtungen zusammen. Interpretieren Sie die Daten! Stellen Sie für außergewöhnliche Beobachtungen eine Hypothese auf! Eräutern Sie, wie die Beobachtungen zu Ihrer Hypothese passen!*



5.x.4.2. Isolation und Separation

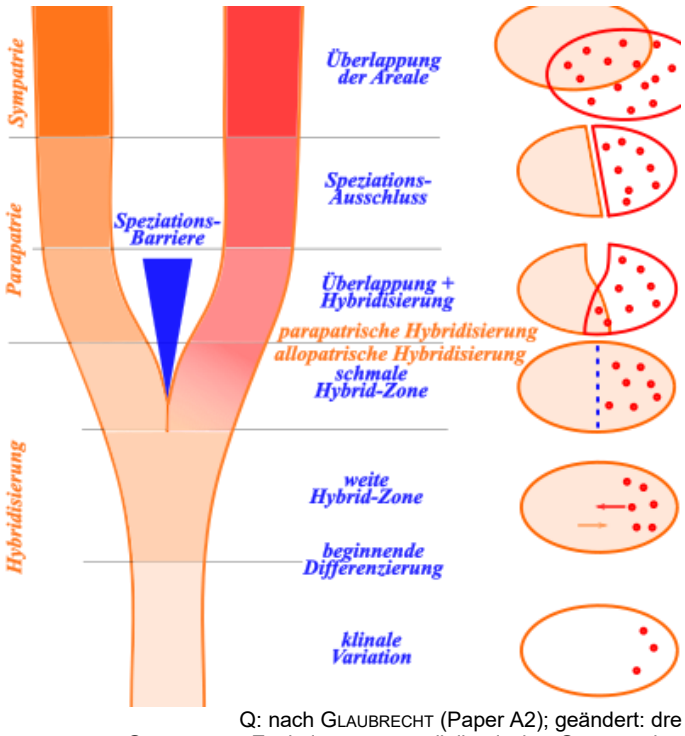
Separation (Abtrennung, Absonderung) wird durch äußere Faktoren bewirkt

Isolation durch innere (in der Population / zu Population gehörend) Faktoren
isolierte Populationen können ohne Weiteres das gleiche Biotop bewohnen
ev. Konkurrenz-Ausweichung durch Einnischung

Definition(en): Isolation
Isolation ist die Absonderung von Populations-Teilen aufgrund des eigenen Verhaltens oder vorhandener Merkmale.

Definition(en): Separation
Separation ist Absonderung von Populations-Teilen aufgrund geographischer, ökologischer oder genetischer Trennung.

allopatrische Art-Entstehung (→ 5.x.4. allopatrische Art-Bildung)
Ausgangs-Pop. → Seperation → Divergenz → sek. Kontakt



Q: nach GLAUBRECHT (Paper A2); geändert: dre
aus GLAUBRECHT: Evolutionssystematik limnischer Gastropoden

Unterteilungs-Möglichkeiten von Isolations-Vorgängen

Unterscheidung in prä- und post-zygotische Isolation
auf der Basis, wann die Isolation passiert

prä-zygotische Isolation
durch bestimmte Faktoren ist schon die Paarung außerhalb der Teilgruppen unmöglich bzw. nur schwerer möglich

mechanische Isolation
durch Inkompatibilität der Geschlechts-Organe
Geschlechts-Akt behindert oder nicht mehr möglich

ethologische Isolation
Teilgruppen unterscheiden sich durch abweichendes Paarungs-Verhalten (Balz), Brut-Pflege

räumliche und / oder zeitliche Isolation
Zeit-Punkt oder Orte für Paarung unterscheiden sich deutlich
z.B. unterschiedliche Blüte-Zeiten (z.B. durch unterschiedliche Temperatur-Verläufe bei breiter differenzierten Lebensräumen / Toleranzen / …)

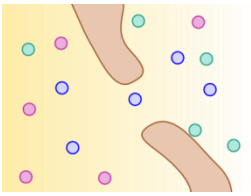
gametische Isolation
Samen-Zellen und Ei-Zellen verfügen über (meist biochemische / immunologische) Merkmale, die eine Befruchtung verhindern

post-zygotische Isolation
Isolation erfolgt durch Bildung steriler Bastade zwischen nahe verwandten Arten (z.B. Kreuz- und Wechsel-Kröte, Tiger und Löwe, Esel und Pferd, Pfefferminze (Kreuzung versch. Minze-Arten))
ev. können sich die Oganismen noch vegetativ vermehren (besonders bei Pflanzen (z.B. Pfefferminze))

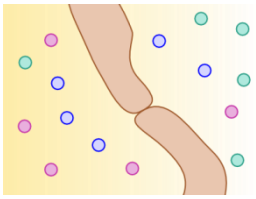
Esel + Pferd
Esel-Stute + Pferde-Hengst → Maulesel (steril)
Pferde-Stute + Esel-Hengst → Maultier od. Muli (steril)
Pferde haben 64 Chromosomen (2n) und Esel 62 → ungeradzahlige Chromosomen-Anzahl (63) bei Bastard lässt keine Meiose zu
sehr Leistungs-fähig, ausdauernd und weniger launisch, hohe Lebens-Erwartung
trotzdem sind Bastard sexuell aktiv, aber nicht so stark wie Ursprungs-Arten

Kreuzkröte + Wechselkröte
weibl. Kreuzkröte + männl. Wechselkröte → nicht-lebensfähige Nachkommen (Kaulquappen sterben ab)
weibl. Wechselkröte + männl. Kreuzkröte → sterile Nachkommen

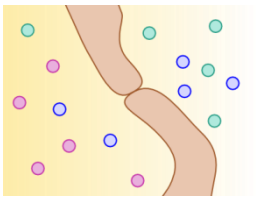
5.x.4.2.1. geographische Isolation



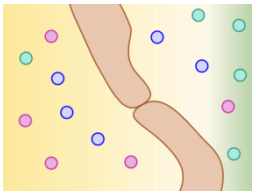
Geographische Hürden, wie z.B. entstehende Gebirge, Flüsse od.ä. können den Gen-Austausch zwischen den beiden Teil-Populationen zuerst nur behindern. Wanderungs-Bewegungen oder verschiedene Samen-Verbreitungen sorgen trotzdem für eine breite Verteilung auf beiden Seiten der geographischen Hürde.



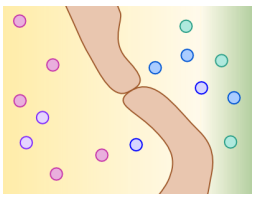
Für jede Art kann die geographische Hürde ganz unterschiedlich groß sein. Für die eine Art, müssen es auseinanderbrechende Kontinente sein, für andere reicht schon eine "unüberwindliche" Asphaltstraße als Hürde.



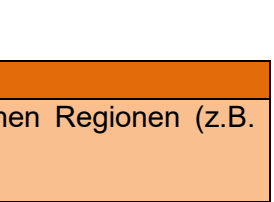
Kommt es nun zu einer echten Isolation – d.h. zwischen beiden Teil-Populationen ist kein Gen-Austausch mehr möglich, dann wirken die Evolutions-Faktoren auf beiden Seiten für sich. Da alle Faktoren stark auf Zufalls-Effekten basieren, kommt es zur Herausbildung von zwei Unterarten. Diese sind praktisch noch miteinander Fortpflanzungs-fähig. Auf beiden Seiten häufigen sich bestimmte Gene auf unterschiedliche Art an. Dies wird durch leicht unterschiedliche Umwelt-Bedingungen noch befördert.



Kommt auch noch eine andere Veränderung eines Umwelt-Faktors hinzu, dann kommt es auf der betreffenden Seite zur weiteren spezifischen Selektion bezüglich dieses Umwelt-Faktors.



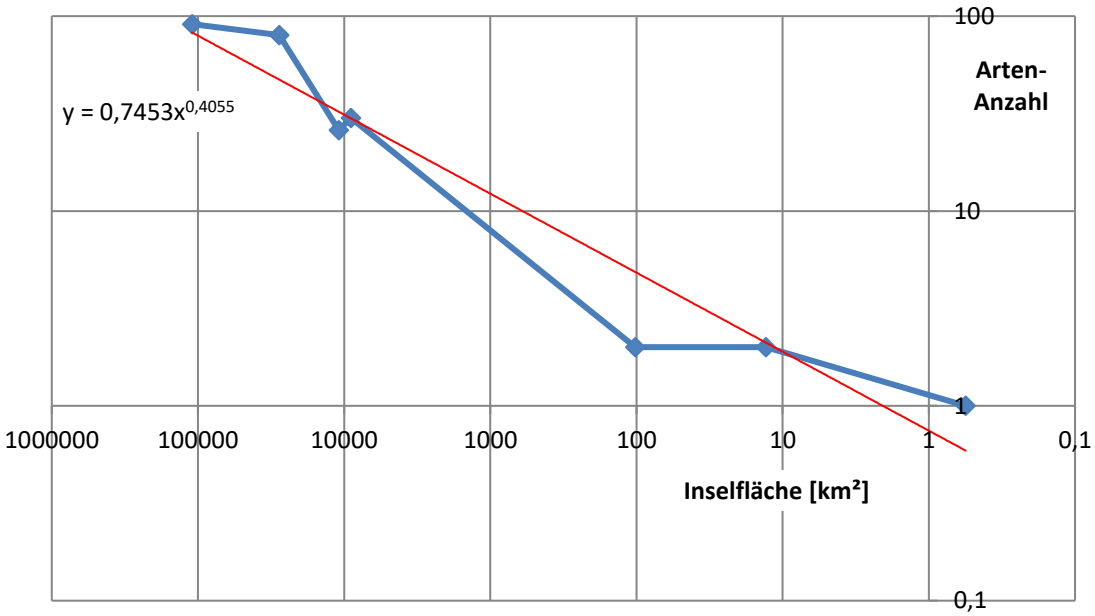
Auch in der Population für die keine (extra) Umwelt-Veränderungen zu beobachten sind, entwickelt sich weiter. In ihr wirken Mutation, Rekombination und Selektion als effektive Faktoren. Die Population passt sich weiter an die bestehenden (- wenn auch gleichbleibenden -) Umwelt-Bedingungen an.



Die beiden Arten entfernen sich genetisch immer mehr, so dass irgendwann auch keine zufällig Fortpflanzungs-fähigen Hybriden mehr entstehen könnten. Die beiden neuen Arten sind vollständig getrennt / eigenständig

Definition(en): Endemiten
Endemiten sind Organismen, die nur in eng begrenzten geographischen Regionen (z.B. Inseln, Tälern, …) vorkommen bzw. vorkamen

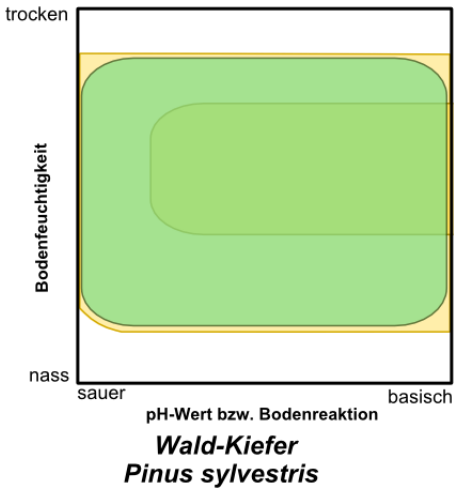
Regel
eine zehnfach größere Insel beherbergt ungefähr doppelt so viele Arten



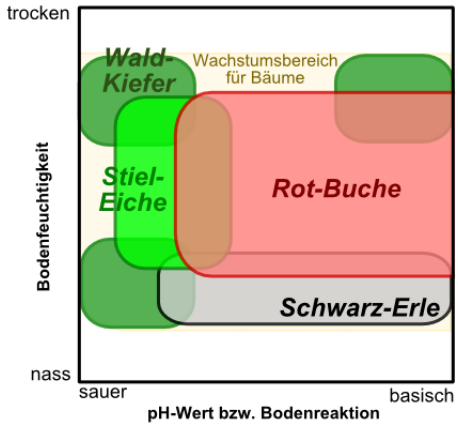
Insel-Flächen (v.l.n.r. Kuba, Haiti, Jamaika, Puerto Rico, Montserrat, Saba, Redonda und dort lebende Antillen-Pfeilfrösche (Eleutherodactylus) und Leguane (Anolis)
Daten-Q: www.caribherp.org (Arten); de.wikipedia.org (Flächen))

5.x.4.2.2. ökologische Isolation

Da auf einen Organismus bzw. eine Population nicht nur ein einzelner Umwelt-Faktor einwirkt, sondern eine Vielzahl, kann eine Art nicht immer den optimalen Lebensraum bezüglich eines Faktors einnehmen. Die "Wahl" des Lebensraums ist ein Kompromiss, der auch von anderen Arten – z.B. Konkurrenten – beeinflusst wird. Viele Arten leben so in Lebensräumen, die entfernt von ihren Optima liegen. Vielfach werden flexiblere Arten in Randlagen bezüglich z.B. eines Umwelt-Faktors gedrängt.
Die Wald-Kiefer *(s) Pinus sylvestris* hat eigentlich ein sehr breites Optimum hinsichtlich Bodenfeuchtigkeit und pH-Wert. Sie kann praktisch auf allen verfügbaren Böden (für Bäume) gut wachsen. Kommen aber andere Arten dazu wird die Wald-Kiefer in die Randzonen ihrer ökologischen Potenz gedrängt.
In den Teil-Populationen besteht nun ein starker Selektions-Druck bezüglich der Rand-Bedingungen. Jede der Teil-Gruppen unterliegt der zufälligen Mutation, Rekombination und Selektion.
Nach und nach werden sich die Teil-Gruppen zuerst zu Unterarten und dann letztendlich zu eigenständigen Arten entwickeln.



Ökogramm der Wald-Kiefer
(s) Pinus sylvestris



siehe auch Skript (🕮 **Ökologie** (synökologisches Optimum))

5.x.4.2.3. circadiane Isolation

Veränderte oder unterschiedliche Rhythmen von Licht, Temperatur, Wasserstand usw. usf. führen oft zu unterschiedlichem Verhalten von Organismen. Dadurch schränken sich ev. die Möglichkeiten der Fortpflanzung und des verfügbaren Gen-Pools (zufällig) ein.
Im Ergebnis von mehreren Fortpflanzungs-Zyklen können sich so einzelne veränderte Gen-Häufigkeiten ergeben, die jeweils für sich der Auslese unterliegen. Trotz vielleicht ansonsten gleichartiger Umwelt-Bedingungen kommt es zur Herausbildung von zwei Unterarten, die sich praktisch zeitlich nicht mehr treffen. Irgendwann sind beide Teil-Populationen genetisch eigenständig und mit der anderen Teil-Gruppe inkompatibel. Eine Fortpflanzung über die Gruppen-Grenzen ist nicht mehr möglich – es sind zwei Arten entstanden.
Eine solche Art-Bildung lässt sich derzeit bei den beobachten.

5.x.4.2.4. ethologische Isolation

Verhaltens-bedingte Isolations-Vorgänge

Bei vielen Insekten aber auch bei anderen Arten ist es so, dass das Futter, welches die Mutter bereitstellt, eine Vorliebe für genau wieder dieses Futter hervorbringt.
Sind also Eier bestimmter einer bestimmten Insekten-Art auf einer flanzen-Art abgesetzt worden, dann fressen die adulten Insekten auch vorrangig von dieser Pflanzen-Art. Damit steigt die Wahrscheinlichkeit einer Paarung innerhalb dieser Gruppe – also die Organismen der Insekten-Art, die sich von der Pflanze ernähren.
Die Selektion läuft dann in Richtung von Anpassungen an diese Pflanze.
Bei Individuen der gleichen Insekten-Art, die eine andere Pflanzen-Art bevorzugen, wird die Selektion auf diese Pflanzen-Art hinlaufen.

5.x.4.2.5. anatomische und physiologische Isolation

5.x.4.2.6. mechanische / morphologische Isolation

unterschiedlicher Bau der Hinterleibs-Anhänge bei Libellen lassen nur Paarungen innerhalb einer Art zu; nur bei Passung von Griff-Stelle beim Weibchen und Griff-Form der Hinterleibs-Anhänge kann Paarungs-Rad gebildet werden und damit die Übertragung von Samenzellen auf das Weibchen

5.x.4.2.7. reproduktive Isolation

auch Kombination der obigen Isolations-Arten
Individuen zweier Populationen der gleichen Art können keine gemeinsamen Nachkommen zeugen, Eizelle und Samenzelle können sich nicht vereinigen

prakisch bei Kreuzungen von Pferd und Esel (Mautier bzw. Maulesel) zu beobachten
Organ-mäßig alles passend und typisch, aber in der Meiose können wegen der unterschiedlichen Chromosomensätze (2x 32 und 2x 31) keine Fortpfanzungs-fähige Keimzellen gebildet werden
→ Verhinderung bzw. Begrenzung des horizontalen Gen-Austausches (Gen-Transfer (HGT); Art-übergreifender Gen-Austausch; lateraler Gentransfer (LGT))

5.x.4.2.8. genetische Isolation

allgemein durch Veränderungen des Genom's verursacht
Gene / Chromosomen-Abschnitte bzw. deren Expression verhindern Zeugung von Fortpflanzungs-fähigen Nachkommen (effektive Fortpflanzung)
effektive Fortpflanzung nur noch innerhalb einer bestimmten Populations-Gruppe möglich
andere Versuche (mit bisherigen Art-Genossen) nicht mehr effektiv

im Zusammenspiel auch mit Viren
neu auch "aggressive Symbiose"

5.x.4.2.9. Zwillings-Arten

Gerade "frisch" getrennte Arten mit einem sehr kurzem eigenen phylogenetischen Weg sehen noch recht ähnlich aus. Dieser Effekt kann bei beiden Varianten der Art-Entstehung () auftreten. Erst in der folgenden Art-Entwicklung kommen immer mehr differenzierende Merkmale hinzu. Abhängig ist dies natürlich vorrangig vom Anpassungs-Wert. Sind die Umweltbedingungen sehr ähnlich, wie bei einer sympatrischen Art-Bildung (→ 5.x.3. sympatrische Art-Bildung), dann sind beide Arten manchmal kaum zu unterscheiden.

Die einheimischen Singvögel Zilpzalp (*(s) Phylloscopus collybita*) und Fitis (*(s) Phylloscopus trochilus*) sind so ähnlich, dass selbst erfahrene Ornithologen Schwierigkeiten haben, die beiden Arten auseinander zu halten. Ihre enge verwandschaft lässt sich auch der gemeinsamen Gattungs-Zugehörigkeit ableiten.

Zilpzalp (Phylloscopus collybita) und Fittis (P. trochilus) im Vergleich
Q: de.wikipedia.org (Steve Garvie, Willow Warbler-Cliffchaff)

Kann man die Gesänge verfolgen, dann ist es allerdings deutlich einfach die beobachteten Tiere zuzuordnen. Der Ruf des Fitis ist zwei-silbig ("hu it"), während es beim Zilpzalp ein kurzes ein-silbiges "huit" ist. Beim Zilpzalp wechseln die Rufe zwischen zwei Tonhöhen, was sich wie "zilp zalp zilp zalp zilp zalp" anhört und den deutschen Namen erklärt.
Mehrere Unterarten unterscheiden sich nochmal durch ihre Rufe.

Definition(en): Zwillings-Arten
Zwillings-Arten sind eng verwandte, oft im gleichen Lebensraum lebende und morphologisch sehr ähnliche (Schwestern-)Arten, die reproduktiv voneinander isoliert sind.

weitere Beispiele:
Ebenfalls einheimisch sind die zur Gattung *Certhia* ((G) **Baumläufer**) gehörenden Gartenbaumläufer und Waldbaumläufer. Die Namen deuten schon auf unterschiedliche Lebensräume hin. Der Gartenbaumläufer (*(s) Certhia brachydactyla*) bevorzugt Gärten, Park's, Feldgehölze (Hecken) und Streuobstwiesen. Lebensraum des Waldbaumläufer's (*(s) Certhia familaris*) sind dagegen Nadel- und Mischwälder. Die Gesänge unterscheiden sich deutlich.

Gartenbaumläufer und Waldbaumläufer
Q: de.wikipedia.org (Aleph) + (Martin Mecnarowski)

Von der **Anopheles-Mücke** (Fieber-Mücke; *(s) Anopheles gambiae*) gibt es sechs weitere Arten, die morphologisch nicht voneinander zu unterscheiden sind. Man spricht auch vom Gambiae-Komplex. Die Arten unterscheiden sich aber hinsichtlich ihrer Wirte (Blut-Lieferanten) und hinsichtlich der Gewässer, in denen die Eier abgelegt werden.
Wasser spielt für die Eiablage und die Entwicklung der Larven von Anopheles eine wichtige Rolle.
Nach der Eiblage schlüpften in warmen Gewässern nach 2 bis 3 Tagen die Larven. Sind die Gewässer dagegen kalt, kann es bis zu 3 Wochen dauern, bis die Larven schlüpfen.
Die Larven ernähren sich von Mikroorganismen, die sie aus dem heimischen Gewässer herausfiltrieren.
Das Puppen-Stadium dauer wenige Tage. Die geschlüpfte neue Mücke kann nun einen neuen Zyklus starten. Die Hauptnahrung der Mücken sind Pflanzensäfte. Nur für die Fortpflanzung benötigen die Weibchen Blut. Die enthaltenen Proteine sind für die Entwicklung der Ovarien (Eierstöcke) notwendig. Die Weibchen such meist nach 2 bis 3 Tagen nach ihren Blut-Opfern. Nach weiteren 2 bis 3 Tagen (Nach der Blut-Aufnahme) können sie dann die Eier ablegen.
Anopheles-Mücken sind die Überträger (Vektoren) diverser Infektions-Krankheiten und Parasiten (z.B. die Malaria-Erreger *Plasmodium*). Die Viren oder Plasmodien werden bei der ersten Blut-Mahlzeit aufgenommen und dann auf weitere Blut-Lieferanten übertragen.

Art	Verbreitung Lebensraum	Wirt (Blut)	Eiablage	
A. gambiae		(spezialisiert auf) Mensch (Anthomophologie)	Süßwasser kleine, sonnige Gewässer, Vegetations-frei	Malaria-Überträger
A. arabiensis	Jemen, Saudi-Arabien trockene Gebiete in Afrika Rand der Sahara)	Mensch und selten Tiere	Süßwasser	Malaria-Überträger
A. quadriannulatus	Südafrika	verschiedene Tiere, seltener Menschen	kann auch in Salzwasser brüten	ineffizienter Malaria-Überträger
A. bwambae	Urwälder Uganda's		Süßwasser	
A. merus	Westafrika		Salz- und Brackwasser	
A. melas	Ostafrika		Salz- und Brackwasser	

Aufgaben:

1. *Diskutieren Sie die Isolations- bzw. Separations-Mechanismen für die Anopheles-Mücken des Gambiae-Komplexes!*
2. *Vergleichen Sie mit Hilfe einer Internet-Recherche Wald- und Gartenbaumläufer!*
3. *Erklären Sie die unterschiedliche Dauer der Ei-Entwicklung in wärmeren und kälteren Gewässern!*

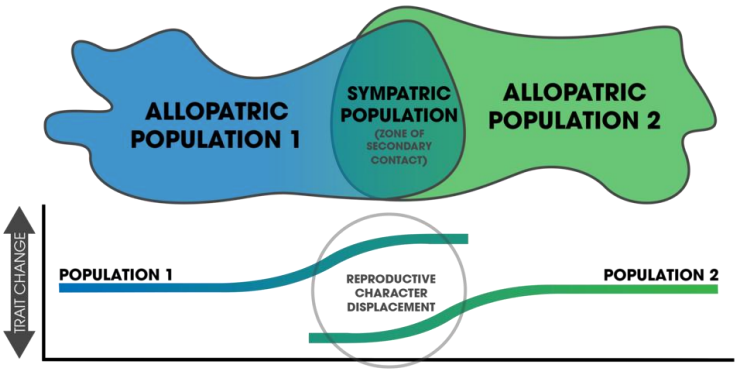
5.x.4.2.10. Merkmals-Divergenz (Kontrast-Betonung)

Während eines Isolations- bzw. Separations-Vorgang's ist es für die beiden Gruppen von Vorteil, sich in verschiedenen Merkmalen zu unterscheiden. So wird die Konkurrenz reduziert und die ökologische Nischen-Besetzung bevorteilt. Durch diese Effekte erhöht sich der reproduktive Erfolg innerhalb der einzelnen Gruppe. In Randbereichen, wo nur eine der Gruppen lebt, ist dieser Konkurrenz-Druck nicht so stark.
Bei einigen Arten kann nun genau so einen Effekt beobachten. In gemeinsamen Lebensräumen differenzieren sich die Merkmale deutlich stärker als in den Bereichen, wo eine (Unter-)Art alleine lebt. Dieses Phänomen nennt man Merkmals-Divergenz. Die Begriffe Kontrast-Betonung, character displacement, Merkmals-Verschiebung und Charakter-Verschiebung meinen den gleichen Effekt. Im Allgemeinen verstärkt sich das Phänomen in der weiteren Art-Entwicklung. Die Spezialisierung nimmt weiter zu.
Beschrieben wurde die Merkmals-Divergenz zuerst durch William L. BROWN Jr. und E. O. WILSON (1956).
Die Merkmale können neben morphologischer Natur auch physiologisch, ethologisch oder ökologisch sein.
Die Unterschiede in der Merkmals-Ausprägung können als Indikator für die Stärke der Konkurrenz benutzt werden.

Beispiel Grün- und Grauspecht

Grün- und Grauspechte bilden zwei Schwestern-Arten. Sie sind relativ junge Arten, die sich schon in mehreren Merkmalen unterscheiden. Die Trennung begann vor der letzten Eiszeit. Nach der Eiszeit trafen sich die beiden – sich schon unterscheidenden - Arten dann wieder.
Die Ernährung beider Arten war da schon verschieden.
Der Grünspecht ist ein Ameisen- und Insekten-Jäger am Boden. Dazu nutzt er seine bis zu 10 cm lange Zunge. Er sucht weniger in der Borke nach Nahrung.
Grauspechte ernähren sich von Borken-bewohnenden Insekten und auch Ameisen.
Das flexiblere Nahrungs-Spektrum erlaubt eine relativ geringe Distanz von rund 100 m zum Nest von einem Grünspecht. Grau- und Grünspechte sind ein typisches Beispiel sowohl für eine allopatrische (→ 5.x.4. allopatrische Art-Bildung) als auch eine sympatrische Art-Bildung (→ 5.x.3. sympatrische Art-Bildung).
Die Gesänge unterscheiden sich in den Gebieten, wo beide Arten vorkommen, deutlich.

Grau- (*Picus canus*) und Grünspecht (*P. viridis*)
Q: de.wikipedia.org (Dion Art) + (Hans-Jörg Hellwig)



reproduktive Charakter-Verschiebung
Q: pt.wikipedia.org (Andrew Z. Colvin)

Ansonsten werden eher Grauspecht-ähnliche Rufe beobachtet.
Derzeit wird immer noch eine selten vorkommende Hybrisierung beider Arten beobachtet. Ob die Nachkommen Fortpflanzungs-fähig sind, ist nicht bekannt.

Definition(en): Merkmals-Divergenz
Merkmals-Divergenz (Charakter Displacement, Kontrast-Betonung) beschreibt das Phänomen, dass (Schwestern-)Arten sich in Lebensräumen, wo sie gemeinsam vorkommen, deutlicher unterscheiden als in alleinigen Lebensräumen.
Kontrast-Betonung ist eine Konkurrenzvermeidungs-Strategie für nahe verwandte Arten, bei der der Differenzierungs-Druck innerhalb von gemeinsamen Lebensräumen minimiert werden soll.

weitere Beispiele:

- Mungo (Indien)
- Strandkleiber (Asien)
- Honigfresser (*(g) Myzantha*)
- Sturmtaucher (Kapverden)
- Fliegenschnäpper (BISMARK-Archipel)
- Anolis (Karibik-Inseln)
- Appalachen-Salamander
- Salamander der Gattung *Plethodon*
- Schnecken der Gattung *Satsuma* (Japan)
- Schnecken (Indiana) (*Lymnaea elodes* + *Physa gyrina*
- Stichlinge (Kanada)
- Hummeln (*Bombus appositus* + *B. flavifrons*) an Sporn- und Eisenhut
- …

auch die DARWIN-Finken (s.a. Radiation → 5.x.1. adaptive Radiation) auf den Galapagos-Inseln werden als typisches Beispiel genannt

durch Menschen verursacht:

- Nerze (Weißrussland)

Fehlt in einem Lebensraum ein Konkurrent, dann kann man häufig den gegenteiligen Effekt beobachten.Man spricht von kompetitiver Freisetzung (GRANT (1972), was als Spiegelbild der Charakter-Verschiebung verstanden wird.

5.x.4.3. Drift

Unter eine Drift versteht man im Allgemeinen eine langsame Veränderung / Abweichung / einen geringfügigen / kleinschrittigen Wandel durch eine oder mehrere äußere Kräfte. So wird ein Schiff von seinem Kurs durch die wirkenden Winde und Wellen-Bewegungen abgetrieben – verdriftet.

5.x.4.3.1. Gen-Drift

Die genetische Drift – oder eben Gen-Drift – ist die langsame genetische Änderung des gen-Pool's zur / zu den Nachfolge-Generation(en).

einige Evolutions-Forscher (z.B. KIMURA (späte 1960er Jahre)) sehen die Gen-Drift als einen stärkeren Evolutions-Faktor, als die Selektion
sie gehen davon aus, dass die üblichen genetischen Veränderungen (kleine / geringfügige Mutationen) kaum von der natürlichen Auslese erfasst werden (effektives Wirken ist zu unwahrscheinlich); es gibt auch immer einen großen Spielraum innerhalb eines Phänotyps (→ Modifikation, Reaktions-Norm)
was aber wirkt ist die An- bzw. Abwesenheit von bestimmten Genen im lokalen Gen-Pool für die Fortpflanzung

Definition(en): Gendrift
Unter Gen-Drift versteht man die zufällige Änderung der Allel-Häufigkeit in (kleinen) Populationen.
Gen-Drift ist der zufällige Erwerb oder Verlust von Genen.

von DOBZHANSKY stammt ein einfaches Modell zur Verdeutlichung
in einer Urne befinden sich gleichviele Kugel verschiedener Farben
durch Zufall werden aus einer Urne (einem Sack) Kugel (für den nächsten Sack) gezogen
zu erwarten wäre eine Gleich-Verteilung der Farben in der Stichprobe
praktisch sind aber einzelne Farben (zufällig!) häufiger als andere
je kleiner die Stichprobe, umso größer sind die Abweichungen vom Erwartungswert → Flaschenhals-Effekt

"Flaschenhals-Effekt"
tritt praktisch auf, wenn Populationen auf wenige Exemplare schrumpfen oder nur wenige Individuen einen neuen (isolierten) Lebensraum erobern
neu Population besteht aus zufälliger – sehr wahrscheinlich ungleichmäßig verteilter – Gen-Häufigkeit

Modell: Flasche wird mit Kugeln (Individuum) unterschiedlicher Farbe (Allele) gefüllt. Der Flaschen-Inhalt wird gut durchgemischt. Als Emmigration wird dann eine bestimmte Anzahl Kugeln ausgeschüttet. Ausgewertet wird dann die Verteilung der Farben (Allele / Gene) in der ausgewanderten Population (im Vergleich zur Ursprungs-Population)

durch begrenzte Anzahl der ausgewanderten Individuen kommt es in den ersten Generationen zur verstärkten Inzucht-Effekten, die u.U. auch bestimmte Allele zusätzlich und ziemlich hart (rabiat) ausselektieren

→ Gründer-Effekt

durch Zufall wird die Gen-Frequenz (Verteilung / Häufigkeits-Muster der Allele in der Population) verändert

im Falle neutraler Mutationen – die also keine selektive Bedeutung besitzen – unterliegt es dem Zufall, wie sie "ausgelesen" / "selektiert" werden; das können Räuber, Krankheiten oder Kastrophen sein, die aufgrund anderer Gene selektiv wirken und die neutralen Mutationen einfach mit selektiert werden
meist sind neutrale Mutationen nur zum Zeitpunkt ihres Auftretens neutral; i.A. haben sie durch sich ändernde Umwelt-Bedingungen später dann doch einen positiven oder negativen Effekt

Denk-Modell:
Eine Frau besitzt ein große Sammlung von Schuhen. Ihr Repertoire geht von einfach Schlappen bis zu High Heels. Nehmen wir an, es wären 100 völlig unterschiedliche Paare.
Ein unkreativer Schuster (Kopierer, Nachmacher) wird nun immer die Schuhe, die kaputt gehen, neu nachproduzieren. Bei kleinen Fehler oder Abwandlungen, die ermacht, werden wieder neue Untervarianten der Schuh-Typen entstehen. Bestimmte Schuhe werden nur einmal getragen und werden igendwann vergessen. Sie werden dann wahrscheinlich nicht nochmal produziert.
Nun will / muss diese Frau umziehen. Leider ist der Umzugswagen (oder ihr Koffer) nur so groß, dass maximal 10 Paar Schuhe mitgenommen werden können. Egal wie die Wahl auch erfolgt, ob zufällig oder ganz bewußt – in ihrem neuen Schuhschrank stehen nur noch wenige Schul-Typen. Auch hier kann ein (unkreativer) Schuhmacher nur gleiche oder wenig veränderte Schuhe produzieren. (Ganz besonders dramatisch (und zufällig) wird die Schuh-Auswahl, wenn ihr Mann oder ein Möbel-Packer die mitzunehmenden Schuhe auswählt.)
Erst durch viele Tausenden kleiner Änderungen kommen echte neue Varianten der Schuhe hinzu und die alte Vielfalt wird wieder zur Verfügung stehen. Aber wahrscheinlich werden diese Schuhe und die Schuh-Typen nur entfernt denen ähneln, die in der ursprünglichen Sammlung mal vorhanden waren..
Man kann sich den Effekt auch gut vorstellen, wenn man annimmt es gehen nur Schuhe mit Schnallen oder Klett-Verschlüssen auf Reisen. Ob, und wann ein unkreativer Schuhmacher jemals Schnürsenkel erfindet, ist sehr fraglich. Genauso wahrscheinlich ist ein "neuartiger" Verschluss mit Haken.

Aufgaben:

1. *Geben Sie für die Elemente des Denk-Modells die Entsprechungen in der Evolutions-Biologie an!*
2. *Welchen Effekt hat eine kleinere oder größere Auswahl an Schuhen, die beim Umzug mitgenommen werden können? Stellen Sie Hypothesen auf!*

Drift wird wegen seines extremen Zufalls-Charakter von vielen Wissenschaftlern nicht als evolutionäre Prozess gefasst, sondern eher als stochastische Ereignis-Serie / stochastisches Phänomen

zur Abklärung, ob ein Merkmal durch Auslese verändert wurde oder nur ein Neben-Produkt (begleitendes Merkmal) ist, nutzt man die adaptive Prognose
Dabei wird zuerst nach einer These gesucht, die geeignet ist, das geänderte Merkmal mit Fitness-steigenden Effekten in Beziehung zu setzen. Wenn eine solche These gibt und sich

diese anwenden lässt, dann ist eine Adaptation eher wahrscheinlich als eine Neben-Wirkung.

im weiteren Sinne gehören zu den Evolutions-Faktoren auch: Gen-Fluss, Migration, Isolation, horizontaler und vertikaler Gen-Transfer, Hybridisierung

ein Beispiel ist die Verteilung der Allele für die Konsitenz des Cerumen's (Ohrenschalz) beim Menschen
in Afrika kommt nur der Wildtyp mit "feucht"em Cerumen vor
ganz im Osten von Asien (Südkorea) nur die rezessive Version "trocken"
von Ost nach West über Asien hinweg nimmt der Anteil der rezessiven Version immer mehr zu
derzeit ist kein direkter Vorteil oder Nachteil der einen oder anderen Cerumen-Form bekannt (also praktisch eine neutrale Mutation)

5.x.4.3.2. Gen-Fluss

normale Populationen haben durch Zu- und Abwanderung einen ständig veränderlichen Gen-Pool
Gene (besser Allele) wandern ein, verweilen u.U. längere Zeit in der Population und wandern (bei Bestand) auch wieder aus
es entsteht der Eindruck von durchfließenden Allelen durch die Population → Gen-Fluss

Definition(en): Gen-Fluss

→ Populations-Genetik (HARDY-WEINBERG-Gesetz) → 🕮 **Genetik**

5.x.4.3.3. Migration

Verbreitung einer Art ist durch die Phasen
- Expansion (Phase I)
- Differenzierung (Phase II)
- Fragmentation (Phase III)
- Endemisierung (Phase IV)

besonders gut bei Insel-Populationen zu beobachten

lat.: migratio = (Aus-)Wanderung, Umzug
auch: Ausbreitung
gemeint sind hier alle Wanderungs-Bewegungen
ev. auch als Migration i.w.S. bezeichnet
oft sind nur Teile einer Population von Wanderungs-Bewegungen betroffen
bei dramatischen Veränderungen der Umwelt-Bedingungen kommen auch ganze Populationen in Bewegung

Definition(en): Migration
Migration sind die vom ursprünglichen (/ gegenwärtigen) Lebensraum wegführenden Wanderungs-Bewegungen von Organsimen.

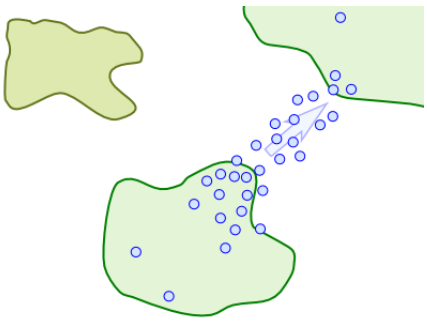
Migrations-Bewegungen sind es nur dann, wenn sie über den Aktions-Raumes (Territoriums) einer Art hinaus gehen; die täglichen oder anders kurzfristigen Bewegungen zählen nicht dazu

böse Frage zwischendurch:
Innerhalb welcher Räume können sich die Organismen bewegen? Begründen Sie Ihre Meinung mit Hilfe ökologischer / biologischer Begriffe!

Unterscheidung:

5.x.y.z. Migration i.e.S.

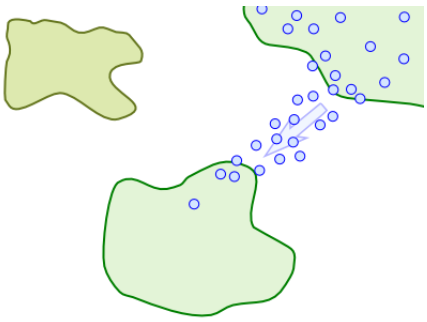
gerichtete Wanderungs-Bewegung einer Population von ihrem angestammten Lebensraum weg und meist anschließend wieder zu ihm zurück
meint: z.B. jährliche Tierwanderungen (Huftiere der Savanne), Vogelzug, Laich-Wanderungen



Auswanderungs-Bewegung

Auswanderung, wird auch Emigration genannt
bezogen immer auf einen / den aktuellen Lebens-Raum

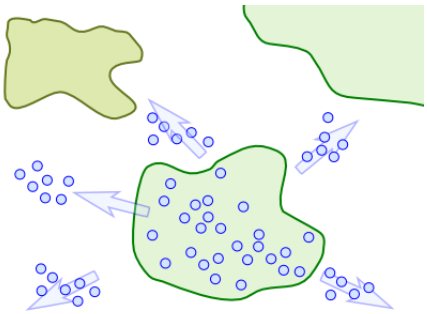
Einwanderung, auch Immigration
gemeint



Rückwanderungs-Bewegung

5.x.y.z. Ausbreitung / Dispersion

klassische Emigration

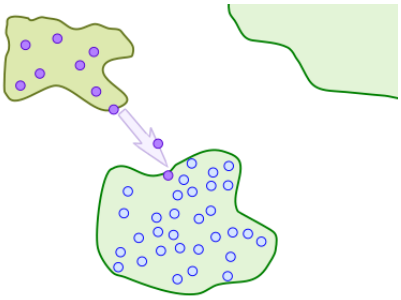


eher ungerichtete Wanderungs-Bewegung einer Population aus ihrem angestammten Lebensraum zum Erschließen / Besiedeln neuer Lebensräume

Arten, die nicht zur Ausbreitung in der Lage sind, unterliegen dem Risiko, dass im Falle von Umwelt-Veränderungen ein Überleben im angestammten Lebensraum unmöglich macht
für viele Arten gibt es neben den direkten aktiven Bewegungs-Möglichkeiten indirekte: Transport im Gefieder, treiben mit Flut und Strömungen, Stürme
alternativ zur Migration bzw. der Ausbildung von Migrations-Strategien innerhalb der Art können Dauerstadien (z.B. Sporen (Bakterien), Kälteschlaf, … sein

Gegenstück zur Emigration ist Immigration
Einwanderung
bringen frische Gene, Verhaltensweisen, … von anderen Populationen mit, die sich u.U. in einer etwas anderen Population und / oder etwas anderen Umwelt-Bedingungen deutlich anders ausbreiten können (→ Gen-Fluss, Gen-Pool)

Unterschiede dürfen nicht zu groß sein, sonst ev. eigenständige Population mit (inner-artlicher) Konkurrenz



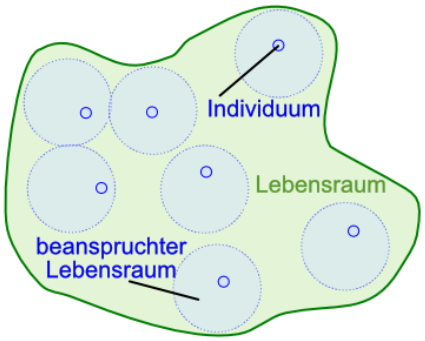
Einwanderung Individuen einer anderen Population (der gleichen Art)

Bei erhöhten Populations-Dichten sind es bei den Vögeln vorrangig die Weibchen, die auswandern. Bei den Säugetieren sind es dagegen die Männchen. Da liegt wahrscheinlich daran, dass bei Säugetieren die Konkurrenz mehr unter den Männchen stattfindet, die sich um die Webchen streiten. Säugetier-Männchen kämpfen seltener um Terretorien als um Weibchen.
Bei den mehr monogamen Vögeln haben die Männchen einen deutlich höheren Anteil an der Aufzucht der Nachkommen, als die Säugetier-Männchen.

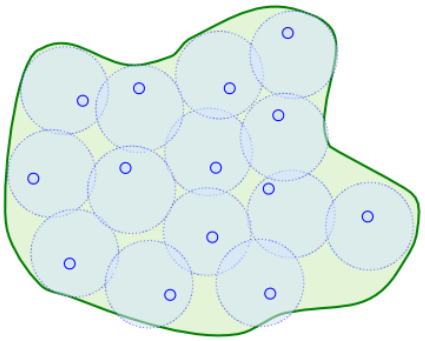
Bei den Insekten sind ebenfalls eher die Männchen, die auswandern. Hier sind die Weibchen oft Flug-unfähig (zu groß und fett oder Flügel-los).

5.x.4.4. Kompetition - Konkurrenz

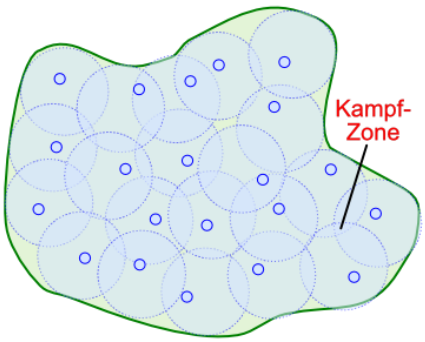
Definition(en): Konkurrenz
Konkurrenz ist die Auseinandersetzung von Individuen / Populationen / Arten um die gleiche (begrenzte) Ressource.



Konkurrenz-freie Nutzung
des Lebensraums



Nutzung des Lebensraums
an der Kapazitäts-Grenze
(beginnende Konkurrenz)



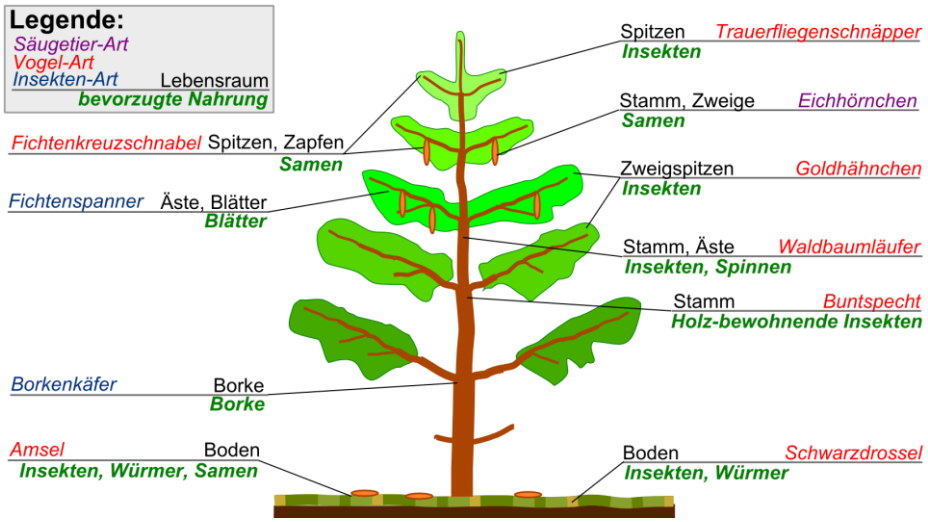
starke Konkurrenz durch Übernutzung
des Lebensraums

5.x.4.5. Annidation - Einnischung

siehe auch Skript (🕮 **Ökologie**)

Definition(en): ökologische Nische
Die ökologische Nische ist eine Funktionsstelle innerhalb eines Ökosystems.
Eine ökologische Nische sind die Organisations-Eigenschaften einer Art, seiner Verhaltensweisen (gegenüber der Umwelt) und den notwendigen bzw. günstigen Umwelt-Bedingungen.
Die ökologische Nische ist ein System aus den Individuen einer Art (/ der Population) und den genutzten (/ ausgenutzten) Umwelt-Bedingungen.

Definition(en): Einnischung
Einnischung ist die Änderung der Umweltnutzung durch Kunkurrenz(-Ausweichung).



Lebensraum Fichte (Auswahl)

parallele Evolution

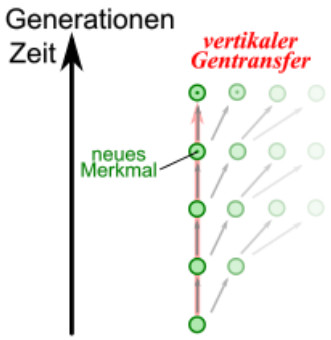
Gruppe	Vertreter bei den Säugetieren	Vertreter bei den Beuteltieren	
Hunde-artige Fleischfresser	Wolf	Beutelwolf	
Katzen-artige Fleischfresser	Ozelot	Beutelmader	
Baum-bewohnende Gleiter	Gleithörnchen	Gleitbeutler	
grabende Pflanzen-fresser	Murmeltier	Wombat	
grabende Ameisen-fresser	Großer Ameisenbär	Ameisenbeutler	
unterirdische In-sektenfresser	Maulwurf	Beutelmull	

!!! noch zuorden!!!

5.x.y. vertikaler Gen-Transfer

Weitergabe der Erb-Informationen von Generation zu Generation
Absicherung des Transfer's ist wichtig für die Stabilisierung der Art-typischen Merkmale
Bildung stabiler Populationen

es können neue Merkmale, z.B. durch Mutationen, auftreten, die ebenfalls u.U. von Generation zu Generation weitergegeben werden können

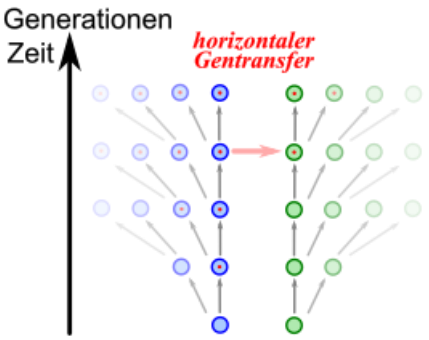


Definition(en): vertikaler Gen-Transfer
Der vertikale Gen-Transfer ist die Übertragung / Weitergabe der Gene von Generation zu Generation.

5.x.y. horizontaler Gen-Transfer

HGT
auch: horizontaler Gen-Austausch, lateraler Gen-Transfer (LGT)

ev. für sprunghafte Entwicklungen / Veränderungen verantwortlich
bisher nur bei Mikroorganismen beobachtet
für eine Gen-Übertragung von Procyten zu höheren Eucyten gibt es gute Hinweise
für nahe verwandte Arten denkbar und auch wahrscheinlich (Erfolg aber eingeschränkt, von weiteren Zufällen / Bedingungen abhängig)



im Augenblick wird hier stark die Rolle von Viren diskutiert (→)

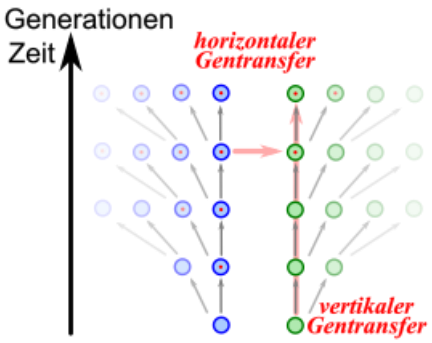
künstlich im Labor machbar
in der Natur scheint die Art-Hürde aber doch sehr hoch zu sein; u.a. auch wegen immunologischen Reaktionen

wird u.a. bei der Herausbildung der Photsynthese (aus ev. 5 Genomen von Bakterien) und bei der Evolution des Menschens diskutiert
schwerlich nachweisbar (Problem der Übergangs-Formen)

Definition(en): Gen-Transfer
Ein Gen-Transfer ist die Übertragung von genetischen Material (/ Erbinformationen) zwischen Organismen.

Definition(en): horizontaler Gen-Transfer
Der horizontale Gen-Transfer ist die Übertagung / der Austausch von Genen über Art-Grenzen hinweg.

für die Gesamt-Sicht müssen immer beide Arten des Gen-Transfers als Roh-Material für die Selektion betrachtet werden



5.x.y. Hybridisierung

Bei dem Fortpflanzungs-Versuch zwischen zwei (meist näher verwandten) Arten können fortpflanzungsfähige Nachkommen entstehen. Dies ist zwar sehr selten, aber möglich. In Zeiten mit schlechten Umwelt-Bedingungen oder hohem ökologischem Druck steigt scheinbar die Chance für solche Nachkommen.
Durch Rückkreuzung mit den Eltern-Arten oder mit vergleichbaren Hybriden kann dann eine eigenständige Art entstehen.

Definition(en): Hybridisierung

?? Dopplung s.a. vorn!!!

Auslese

Definition(en): Auslese

Variabilität

Definition(en): Variabilität

Spezialisierung

DARWIN-Finken auf den Galapagos-Inseln

Radiation

Definition(en): Genom
Das Genom ist die Gesamtzahl der Gene / genetischen Informationen eines Organismus.
Das Genom ist das organisiertes System aller Gene eines Organismus. (nach JABLONKA + LAMB)

Definition(en): Gen
Ein Gen ist stabiles, abgegrenztes Stück DNS, das für die Synthese eines Protein oder einer RNS-Funktions-Einheit verantwortlich ist.
Ein Gen ist ein System von DNA-Abschnitten und Regulations-Mechanismen, die für die Herstellung und Aktivierung eines Protein's oder einer RNA-Funktions-Einheit verantwortlich ist.

5.x.y. Co-Evolution

Ähnlichkeit der Spindel-Form bei Fischen, Fisch-Sauriern und Delphinen als Anpassung an eine schnelle, ökonomische Fortbewegung im Wasser

Definition(en): Parallel-Entwicklung
Parallel-Entwicklungen sind gleichartige / vergleichbare Entwicklungen / Bildungen in nicht direkt miteinander verwandten Organismen-Gruppen.

Parallel-Entwicklungen können räumlich getrennt ablaufen, z.B. auf verschiedenen Kontinenten oder zeitlich versetzt, z.B. in verschiedenen Erdzeitaltern.

Definition(en): Konvergenz
Konvergenz ist die sekundäre Ähnlichkeit von vergleichbaren Organen oder ganzer Organismen, die phylologisch keine gemeinsamen Ursprünge haben.

Definition(en): Divergenz
Divergenz ist die verschiedenartige Entwicklung homologer Organe bzw. verwandter Arten aufgrund von Anpassungen an spezielle Funktionen bzw. Nutzungen.

Beispiel für Divergenz:
unterschiedlich Bildungen von Finger-Knochen z.B. bei Maulwurf (Grab-Hand) und Mensch (Greif-Hand)

bis hier: zu Homologie!!!

Das Ergebnis von Co-Evoltion sind Co-Adaptationen.
Eine Art wirkt Selektions-Druck auf andere Art aus und weicht dem Druck dieser aus.

Definition(en): Co-Evolution
Co-Evolution sind evolutionäre Prozesse in Populationen verschiedener Arten, die in einem oder mehreren funktionellen oder systemischen Zusammenhang stehen.

(c,p) 2014 - 2026 lsp: dre

Mimikry
Vortäuschung bestimmter Merkmale
Prinzip Signal-Fälschung

Räuber-Beute-Beziehung

aktiver Räuber:
Selektion hinsichtlich:

- Verbesserung der Sinnes-Organe, die für Jagd wichtig sind; z.B. Augen)
- Verbesserung der Jagd-Geschwindigkeit (Leistungs-fähigere Muskelatur)
- Verbesserung der Greif-Organe (z.B. Zähne, Krallen)
- …

Beute:
Selektion hinsichtlich:

- Verbesserung der Sinnes-Organe, die der Räuber-Erkennung dienen (z.B. Ohren, Augen)
- Verbesserung der Tarnung
- Verbesserung der Flucht-Fähigkeiten (Geschwindigkeit, Haken-Schlagen, …)
- Verbesserung des Körper-Schutzes (Panzer, Schalen, Gehäuse, Stacheln, …)
- Verbesserung von Abwehr-Maßnahmen (Abwehrstoffe (Duftstoffe; Stoffe, die ungenießbar machen; …)
- …

Aufgaben:

1. *Finden Sie die Selektions-Richtungen für einen passiven (Lauer-)Jäger und seine Beute!*
2. *Welche Selektionen sind bei einem Konsumenten 2. Ordnung zu erwarten? Erklären Sie!*

Schutz vor Fress-Feinden

Parasit-Wirt-Beziehungen

Viren / Krankheits-Erreger und Immunität

Insekten-Bestäubung bei Blütenpflanzen (Zoophilie)

Pflanzen sind von den tierischen Bestäubern (meist Insekten) abhängig, oft sind es nur wenige oder gar eine Art, die effektiv bestäuben kann
also müssen die Pflanzen die Insekten gezielt anlocken; dazu dienen Nektar und überschüssiger Pollen. Beides kann als Nahrung dienen.
Eine Spezialisierung auf nur eine Bestäuber-Art hat den Vorteil, dass weniger Fremd-Blüten besucht werden und nur Art-eigener Pollen auf die Stempel gelangt.
Hier hat sich eine ausgeprägte Co-Evolution herausgebildet. Die Pflanze bildet immer speziellere Lockmittel und Blüen-Formen, um nur ausgwählten Arten den Zugang zu gewähren. Die Insekten müssen sich mit speziellen Organen (lange Saugrüssel, …) an die besonderen Blüten-Formen anpassen.
Ein weiteres Lockmittel sind die farbigen Blüten-Blätter, die mehr Signal-Funktion haben. Größere Blüten-Blätter bedeuten eine größere Reichweite, also ein Anlocken aus größerer Entfernung. Nachteilig ist, dass die Blütenblätter nach der Bestäubung i.A. abfallen.
Einige Pflanzen – z.B. der Weihnachtsstern – haben nun ihre beständigeren Laubblätter zu Signal-Gebern umfunktioniert. Die farbigen Hochblätter bleiben auch nach der bestäubung erhalten und können die Insekten über weite Entfernungen anlocken. Wenn die Insekten dann erst einmal da sind, dann finden sie die echte Blüte über den Geruch.

blühender Weihnachtsstern
Q: de.wikipedia.org (US DA, Scott Bauer)

Bei den Orchideen der Gattung Ragwurz (*(g) Ophrys*) sieht ein Blütenblatt so aus, wie das Hinterteil eines Weibchens von . Die Männchen vergehen sich an den Blüten, die auch noch so riechen, wie die Weibchen und bestäuben dabei die Orchidee.

Samen-Verbreitung durch Tiere (Zoochorie)

Symbiosen

Sexual-Partner-Findung / Paarung

z.B. Leuchtkäfer-Weibchen *(s) Photinus spec.* antworten dem männlichen Blitzen mit kurzer Verzögerung
Weibchen der Art *Macdermotti* immitieren die Signal-Antwort und fressen die landenden Männchen von *Photinus*
Photinus ist gezwungen sein Signal-System anzupassen (exakt natürlich: es werden die Abweichler evolutionär bevorteilt)
Macdermotti muss die Signal-Veränderung nach-anpassen

Co-Evolution in unnserer Zeit - Resistenz der Krankheits-Erreger gegen Antibiotika
Bakterien sind i.A. gegen bestimmte Stoffe – die wir Antibiotika nennen – empfindlich
das beskannteste und historisch das erste bekanntgewordene Antibiotika war das Penizillin
es wird von bestimmten Schimmelpilzen gebildet

Anekdote von der Entdeckung des Peninillin durch FLEMMING

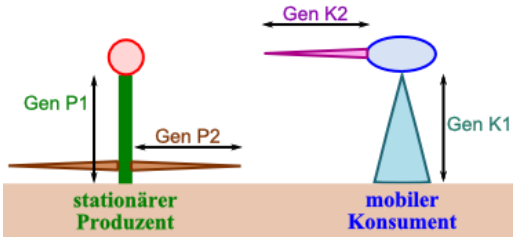
in genügend großen Bakterien-Kulturen sind immer mal wieder einzelne Individuen enthalten, die durch Mutuationen unempfindlichen (resistent) gegen das einwirkende Penizillin sind
das resitente Bakteriun kann sich nun erfolgreich vermehren und ab sofort ist der Krankheits-Erreger resistent
neben der Vermehrungs-Reihe beseht auch die Möglichkeit des Gen-Austausches zwischen zwei Bakterien – das resistente überträgt dabei Gene auf ein Art-Mitglied und dieses wird dadurch ebenfalls resistent
praktisch ist die Evolution auf mikrobiologischer Ebene

Problem enstehen nun dadurch, dass unwahrscheinlich viele Antibiotika gegen ein Bakterium eingesetzt werden (hier lässt leider die Fachkompetenz mancher Ärzte auch zu wünschen übrig), Bakterien haben somit Kontakt zu vielen Antibiotika, da besteht in einer großen Population schnell mal ein Individuum, dass zuminstens gegen eines der Antibiotika resistent ist
als Nächstes kommt hinzu, dass selbst dann Antibiotika verschrieben werden, wenn sie ganz offensichtlich gar nicht helfen können. Gegen Viren (z.B. Grippe oder Schnupfen) können Antibiotika gar nichts ausrichten. Aber der Parient erwartet ein Medikament gegen seine Erkrankung und der Arzt will die an ihn gestellt Erwartung erfüllen. Prophylaktisch werden eben Antibiotika gegeben, weil vielleicht noch mit einer bakteriellen Neben-Infektion zu rechnen ist. Wieder haben Bakterien Kontakt zu neuen Antibiotika, für die sie nun Resistenzen bilden.
Zu guter Letzt ist aber auch der Partient selbst schuld. Der Arzt hat noch extra gesagt, die Packung Antibiotika soll vollständig verbraucht werden. Dahinter steht der Gedanke, dass alle Bakterien möglichst stark bekämpft werden und nicht irgendwann ein überlebendes Bakterium unter abgeschwächten Antibiotika-Pegeln doch noch einen Kontakt und die Chance zur Resistenz-Bildung erhält. Aber der Patient merkt nach wenigen Tagen eine Besserung und schon sind die Bemühungen um eine Genesung geringer. Schnell wird dann mal eine Dosis vergessen oder ganz mit der Behandlung aufgehört. Und wieder kann es passiert sein, dass ein Bakterium gegen das nächste Antibiotika resistent geworden ist. Auf den nächsten Nicht-Infizierten übertragen und die Verbreitung geht weiter – gleich noch verbunden mit der Chance mit einem neuen Antibiotika in Kontakt zu kommen, da das andere ja nicht mehr wirkt.

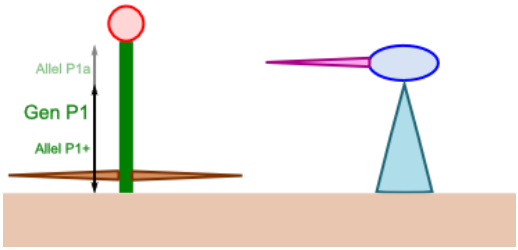
es gibt auch Gen-Austausche zwischen Art-fremden Bakterien
beim Menschen kommen mehrere Hundert Bakterien-Arten auf und im Körper vor, mit denen wir hauptsächlich zum gegenseitigen Vorteil miteinander leben → Mutualismus (Symbiose)

Modell für eine Co-Evolution
(nach:)

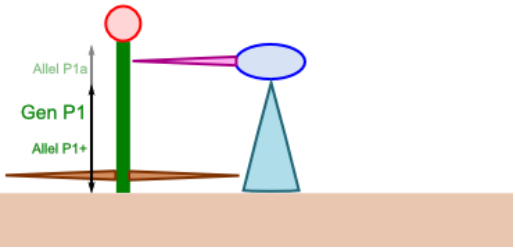
Eine Pflanze (stationärer Produzent) produziert eine leckere Frucht, die ein Fressfeind (mobiler Konsument) nutzen möchte. Der Produzent "versucht" seine Früchte (mit den Samen für die eigene Verbreitung) durch größeres Wachstum und seitlichen Dornen zu schützen.
Neben vielen anderen Genen, sind zwei Gene hierfür verantwortlich. Gen P1 codiert die Größe und Gen P2 die Länge der Dornen.



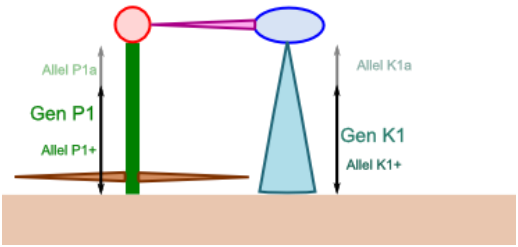
Auch der Phänotyp des Konsumenten wird von vielen Genen bestimmt. U.a. von Gen K1 für die Körper-Höhe und Gen K2 für die Schnabel- / Maul-Länge.
Bei auftretenden Mutationen wird die Selektion die Varianten bevorteilen, bei denen es zu einer größeren Länge (als Phänotyp) kommt.
Im Gen-Pool sind dann z.B. zwei Allele P1+ - das Wild-Gen - und P1a für eine größere Höhe.



Für den Fressfeind bildet sich ein neuer Selektions-Druck heraus. Der ursprüngliche Konsument kann die höheren Früchte nicht erreichen, was letztendlich die Verbreitung des Gen's P1a im Gen-Pool fördert.

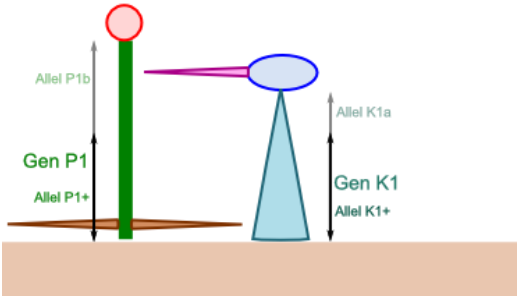


In der weiteren Entwicklung werden nun K1-Gene beim Konsumenten bevorteilt, die für eine größere Länge stehen. Sie könnten z.B. durch Mutation entstehen.
Vielleicht gibt es das Gen K1a schon lange im Gen-Pool der Konsumenten. Bisher war er aber eher nachteilig. Größere Körper benötigen mehr Stoff und Energie. In der ursprünglichen Situation sind sie vielleicht auch auffälliger für Fressfeinde.
In der neuen Situation mit höheren Früchten ist nun das Allel K1a die bevorteilte Version.

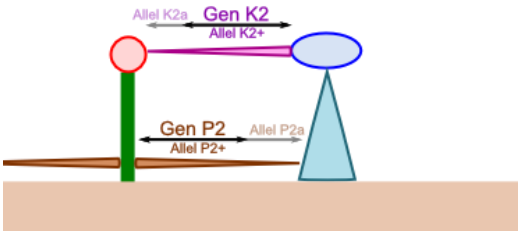


(c,p) 2014 - 2026 lsp: dre

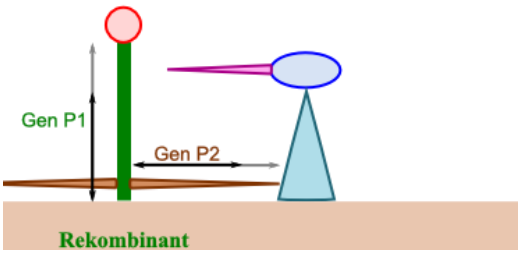
Für die Pfanze entsteht nach einiger Zeit / einigen Generatione wieder der alte Selektion-Druck.
Dieser Prozess wiederholt sich nun mehrfach.
Beide Gene bilden ine in der Selektion verbundenes Paar. Ihre Evolution ist aneinander gebunden. So etwas wird Co-Evolution genannt.



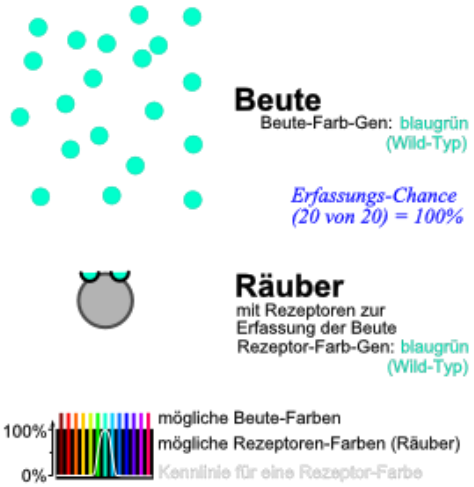
Für das Gen-Paar P2 und K2 entsteht die gleiche Co-Evolutions-Situation.
Im Normalfall werden es andere Pflanzen sein, die durch veränderte Dornen-Länge einen größeren Schutz erreichen. Für die Konsumenten besteht nur die Möglichkeit mit längeren Schnäbeln / Mäulern "zu reagieren".
Das Wechsel-Spiel der jeweiligen Verlängerung wird sich auch hier solange wiederholen, bis irgendwelche Grenzen (Probleme, …) auftreten, die einen weiteren Prozess behindern. So könnten die Dornen zu dünn für die Länge werden und abbrechen. Oder der Schnabel / das Maul wird zu lang, als dass man sich damit noch normal bewegen kann?



Durch Rekombination können nun Varianten auftreten, welche die längeren Dornen mit der höheren Wuchsform verbinden.
Das gibt einen deutlich evolutionären Vorteil. Der Fressfeind muss nun ebenfalls durch Rekombination geeignete Varianten erzeugen. Da die Vermehrung der Fressfeinde im Normalfall der, der Konsumenten hinterher hinkt, besteht wieder ein selektiver Vorteil für die Konsumenten.
Co-Evolution ist also eine unendliches Spiel.



Räuber und Beute reproduzieren sich immer jeweils einfach. D.h. aus 20 Beute-Objekten werden in der nächsten Generation wieder 20 Objekte. Diese Zahl entspricht der Umwelt-Kapazität. Im Modell kommt nur ein Räuber vor, der sich ebenfalls einfach reproduziert.
Rekombination und geschlechtliche Fortpflanzung betrachten wir hier nicht.
Räuber frisst / benötigt 10 Beute-Objekte, um sich normal zu reproduzieren.

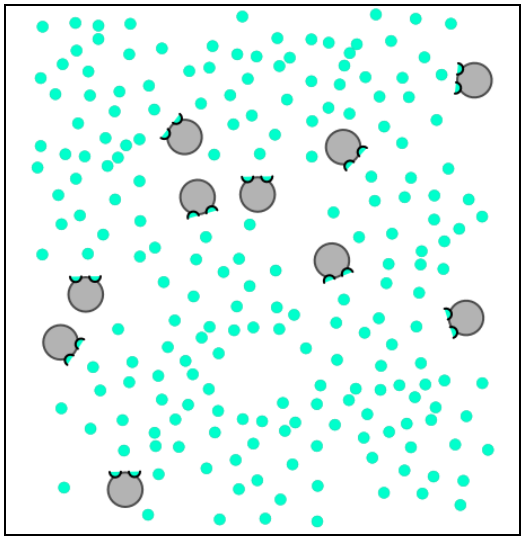


Da seine Rezeptoren zu Anfang optimal auf die Beute-Farbe eingestellt sind, ist eine Reproduktion kein Problem.

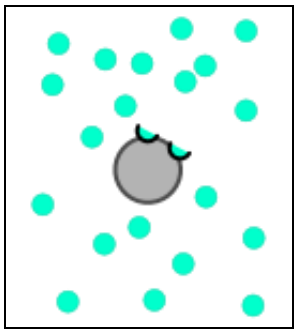
Die Rezeptoren können die benachbarte Farbe nur begrenzt erfassen. Letztendlich kommt es nur zu 50% zum Jagd-Erfolg.

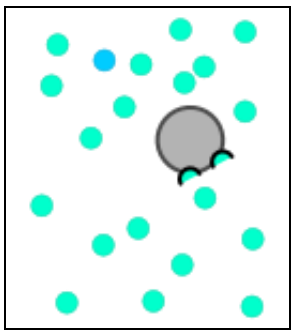
Bei der Beute kommt es nun bei einem Objekt zur Mutation des Farb-Gens.

Realsitischer – aber eben auch unübersichtlicher – wird das Modell mit 10 Räuber-Beute-Einheiten. Praktisch verteilen sich 10 Räuber auf 100 Beute-Objekte. Eventuelle Schwankungen – wie sie z.B. das LOTTKA-VOLTERRA-Modell beschreibt – lassen wir hier vernachlässigt.

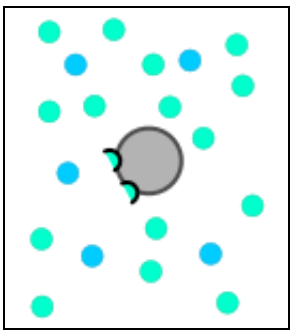

realistische Modell-Situation

Wir beschränken uns bei unseren – quasi semiquantitativen - Modell-Betrachtungen nur auf eine einzelne Räuber-Beute-Einheit.

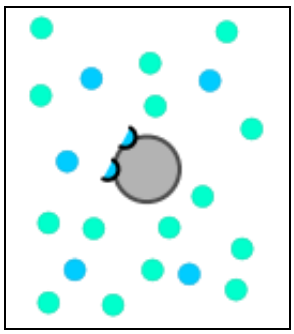

Ausgangs-Situation
(vereinfachtes Modell)



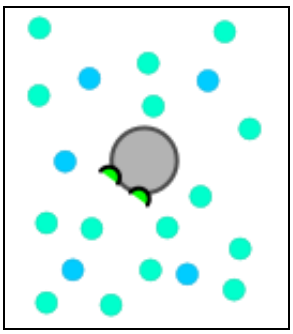
Mutation bei Beute



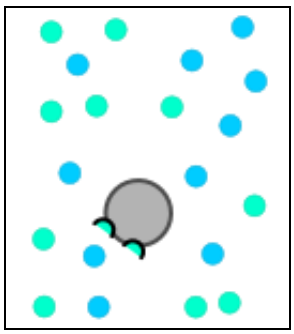
Verbreitung der Mutation



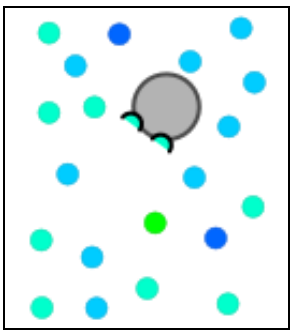
mitlaufende Mutation



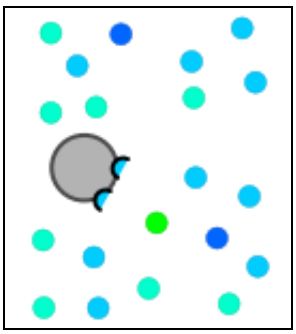
gegenlaufende Mutation



Bevorteilung der Mutation



Auftreten weiterer Mutationen



zwingende Anpassung des Räubers

(c,p) 2014 - 2026 lsp: dre

→ "Signale der Verständigung"

Exkurs: Gibt es eine Grenze für Attraktivität?

Das evolutionäre Wettrüsten scheint ein Kampf ohne Grenzen zu sein. Männchen bilden immer größere Geweihe, längere Schwanzfedern oder glänzendere Behaarungen aus um dem Wahl-Verhalten der Weibchen genau hinsichtlich dieser Merkmale Parolie zu bieten.
Aber scheinbar hat die Natur dem Wettrüsten – zumindestens kurzfristig – Grenzen auferlegt.
Australische Forscher untersuchten eine Fruchtfliegen-Art, die in ihrem Heimatland vorkommt. Dabei ging es vor allem darum, möglichst Natur-nahe Ergebnisse zu erhalten.
Bei den Fliegen wurden zuerst festgestellt, welche Sexual-Lockstoffe der Männchen bei den Weibchen am besten ankommen. Dabei wurde sowohl die Zusammensetzung als auch die Intensität der verschiedenen Stoffe im Männchen-Geruch analysiert. Die Untersuchung des Pheromon-emisches wurde mit Gaschromatographen vorgenommen. Daneben wurden auch die Gene und Allele für die einzelnen Bestandteile erfasst.
Die Attraktivität wurde dann quasi von den Fruchtfliegen-Weibchen bewertet.
In einer neuen Versuchreihe über mehrere Generationen hinweg haben die Forscher dann den Weibchen immer nur jeweils die attraktivsten Männchen angeboten. Mit jeder neuen Generation stieg die Intensität der abgegebenen Pheromone. Seltsamerweise stieg die Intensität nach der 7. Generation nicht mehr an.
Scheinbar waren das Erbgut und die Möglichkeiten der Produktion der sehr speziellen Stoffe ausgereizt. Gerade Pheromone (oder bei den Pflanzen die etherischen Öle) bedürfen eines sehr hohen Stoffwechsel-Aufwandes.
In nachfolgenden Experimenten konnten die Weibchen wieder frei die Männchen auswählen. Nun bevorzugten die Weibchen vorrangig weniger stark duftende Männchen.
Nach nur 5 Generationen hatte sich die Intensität der Pheromone wieder halbiert.
Als Erklärung für den "Sinneswandel" könnte die Einseitigkeit der Attraktivität und die damit verbundene Übertünchung von genetischen Unattraktivitäten / Minderleistungen in Frage kommen. Die starke Pheromon-Intensität versprach zu viel und die Männchen konnten die Erwahrtungen bei den Weibchen nicht (mehr) befriedigen.
Q: http://www.deutschlandfunk.de/natur-stoppt-schoenheit.676.de.html?dram:article_id=28332

interessante Links:
www.evolution-of-life.com (verschiedene Filme plus Zusatzmaterial zur Evolution)

SCHULENBURG
Wirt-Parasit-Interaktionen bei C. elegans mit P. auruginosa (Erzeuger z.B. von Lungen-Entzündung)

C. e. ist ein Modell-Organismus der Evolutions-Biologie (Ontogenese-Forschung)

Antibiotika bewirken Selektion und damit der Resistenz gegen die Antibiotika

in USA hat ein Kind durchschnittlich 10 Antibiokika-Therapien hinter sich (für Ärzte zwingend notwendig, um einer Klage zu entgehen)
70 % der prod. Antibiotika werden in der Tier-Produktion eingesetzt

Evolution von Anitbiotika-Resistenzen innerhalb von 48 Stunden (also auch schon innerhalb einer Behandlung)

immer stärkere Ausbreitung von Multi-Resistenzen → Antibiotika-Krise

Vorschläge der WHO beachten keine evolutionäre Einflüsse

Neuentwicklung von Antibiotika mittlerweile für Arzneimittel-Hersteller unantraktiv, da die resistenzen immer schneller autreten und die Entwicklung (oft über 20 a) sehr teuer ist

neue Konzepte, um Resitenzen zu verhindern
Trade-offs (Umlenkung /) eine Eigenschaft wird gegen eine andere benachteiligt (z.B. kinetisch gesteuert)
besonders interessant bei Kreuz-Resistenzen (Resistenz auch gegen ein 2. Antibiotika)

neue Behandlungs-Technik durch schnelle Wechsel der Antibiotika innerhalb eines typischen Behandlungs-Zeitraum's

Materialien für die Schule:
App …
DARWIN-Tag (Lässt sich Evolution nutzen?) → https://www.kec.uni-kiel.de/outreach/Darwintag.php

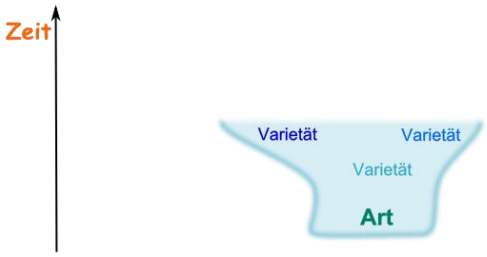
5.x. Entstehung neuer Arten

Definition(en): Speziation
Speziation (Art-Bildung) ist die Entwicklung von zwei unabhängigen Arten aus einer (ursprünglichen) Art. (stark abhängig vom angewandten Art-Begriff!)

innerhalb der Art bilden sich Varietäten

verändert sich die Art in sich sprechen wir von Anagenese

was heute eine Art ist, waren früher die Varietäten einer anderen Art, die sich abgesondert / isoliert / spezialisiert / weiter verändert haben

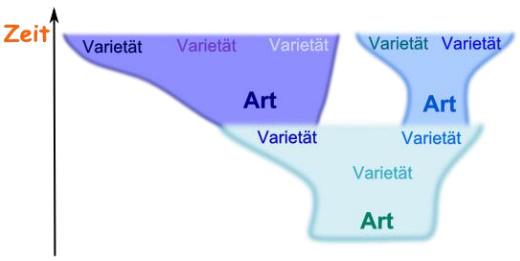


Definition(en): Anagenese
Anagenese ist die Herausbildung einer veränderten Art durch Anpassung an die Umwelt-Bedingungen.

die erste Art – wenn es sie dann so in dieser Form gegeben hat – war dann der Ursprung des natürlichen Stammbaums der Organismen. Die ersten Varietäten veränderten sich dann – wahrscheinlich erst nach vielnen Millionen Jahren – hin zu ersten neuen Arten. Sie bildeten die ersten Verzweigungen des Stammbaums. Nach und nach kamen in den nachfolgenden Milliarden Jahren immer neue Äste, Zweige und Blätter (die eigentichen Arten) hinzu.

aus bestimmten (optimal angepassten) Varietäten entwickeln sich neue Arten

meist entwickeln sich aus den Varietäten einer Art mehrere neue, meist auch sehr unterschiedliche Arten
sie bilden i.A. dann Gattungen

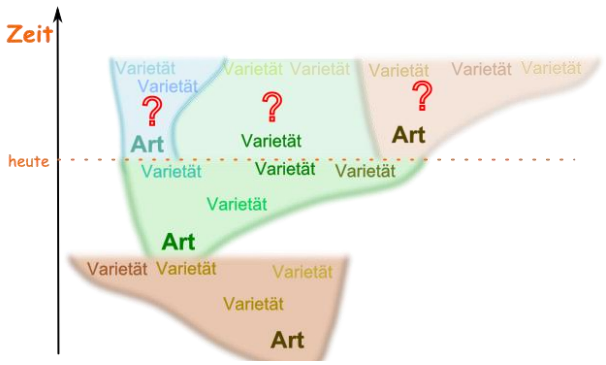


die Herausbildung neuer Arten wird auch Kladogenese genannt

Gattungen sind also Gruppen von Arten, die sich aus den Varietäten einer älteren – ev. auch schon ausgestorbenen – Art entwickelt haben

analog läßt sich das Prinzip auf größere taxonomische Gruppen und noch ältere Arten / Gattungen usw. usf anwenden

was heute eine Art ist, bildet auch wieder Varietäten, die sich ev. (?) zu anderen Arten verändern können oder nur neuere Varietäten, aber auch aussterben können.
darüber lassen sich - naturwissenschaftlich gesehen – nur sehr wage Vermutungen anstellen
bei künstlicher Auslese – also Zucht usw. – sind bestimmte Resultate aber deutlich wahrscheinlicher. Aber auch diese sind nicht garantiert.



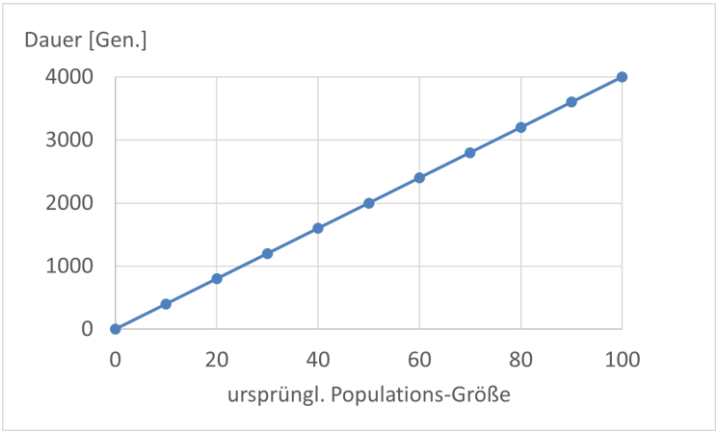
Die Eier-legende Wollmilch-Sau wird es nicht geben. Sie ist vielleicht züchterisch möglich, kann sich aber garantiert gegen die hochspezialisierten Zuchten anderer Tiere (ökonomisch) nicht durchsetzen.

Zu den Arten gehört auch ihr Aussterben (s.a. → 4.1. Aussterben von Arten)
Meist beginnt das Aussterben mit einer Verringerung der Individuen-Zahl. Dies ist dadurch gekennzeichnet, dass die durchschnittliche Geburten-Rate (Natalität) der Gesamt-Population unter der Sterbe-Rate (Mortalität) liegt. Betrachtet wird die Populations-Entwicklung dabei über mehrere Generationen hinweg.
Die erwartete Dauer bis zum Aussterben (t_{AS}) lässt sich berechnen.

$$p(t) = \frac{r \cdot t}{1 + m \cdot t}$$

p … Wahrscheinlichkeit für das Aussterben
r … Geburten-Rate
m … Sterbe-Rate
t … Zeit-Spanne (bis zum Aussterben) [Generationen]
N … Populations-Größe

Stellt man eine Beziehung zwischen der Populations-Größe und der verbleibenden Zeit bis zum Aussterben her, dann ergibt sich das nebenstehende Diagramm.
Je größer die ursprüngliche Population, umso mehr Generationen kann die Population überleben.



Modell für eine gleichgroße Geburten- und Sterbe-Rate (0,5) nach /22/

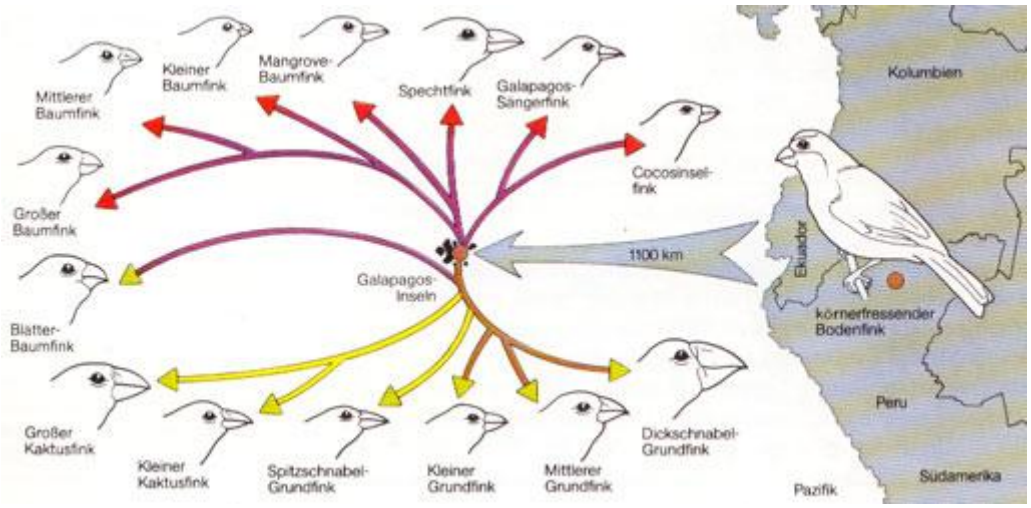
Definition(en): Aussterben
Vom Aussterben (einer Art, …) wird dann gesprochen, wenn der letzte Vertreter einer bestimmten taxonomischen Gruppe gestorben ist.

Definition(en): Kladogenese
Kladogenese ist die Herausbildung einer neuen Art durch Abspaltung von einer anderen (ev. weiter bestehenden) Art.

DARWIN sah sowohl die Anagenese als auch die Kladogenese als einen graduellen Vorgang an.

5.x.1. adaptive Radiation

Die Evolutions-Theorie hat ja das große Manko, dass die historischen Entwicklungs-Vorgänge kaum beweisbar sind. Auch die Anpassungs- und Einnischungs-Prozesse sind in der freien Natur kaum nachvollziehbar. Es spielen viel zu viele andere Effekte eine Rolle, dass man etwas auf nur einige wenige Bedindungen zurückführen könnte.
Eine der Proble ist die Beobachtung des Entwicklungs-Potential's einer Art. Wie weit kann sich eine ursprüngliche Art überhaupt verändern? Wie weit kann sie sich an die Bedingungen eines (neuen) Lebensraum's anpassen?
Die Galapagos-Finken sind eines der wenigen Beispiele, bei der die Entwicklung vieler neuer Arten aus einer ursprünglichen Art nachvollzogen werden konnte. Mittels moderner Analyse über die genetische Abstammung der einzelnen Arten konnte man die Abstammung und Evolution der Finken praktisch auch beweisen.



DARWIN-Finken und ihre kontinentale Ur-Form
Q: www2.vobs.at (Vorarlberger Bildungsserver)

DARWIN beobachtete bei seinem Besuch auf den Galapagos-Inseln (1835) eine größere Anzahl relativ ähnlicher Vögel, die sich in Wesentlichen nur in der Größe und Form des Schnabels sowie in der genutzten Nahrung unterschieden. Eine Zuordnung der einzelnen Finken-Arten zu den verschiedenen Inseln konnte nicht vorgenommen werden. Vielmehr schien die Verbreitung auf den einzelnen Galapagos-Inseln von der verfügbaren Nahrung abzuhängen.
Interessant war auch, dass die Finken-Arten einem Finken ähnelten, der in Südamerika heimisch ist. Die relative große Entfernung der Galapagos-Inseln vom südamerikanischen Festland konnte aber von den peruanischen Finken kaum auf normalen Weg überwunden worden sein. Als Boden-Fink kann er lange nicht soweit fliegen und Inseln, die als Zwischenstation dienen könnten, sind zwischen Galapagos-Inseln und Festland nicht vorhanden.
Wie genau die Finken auf die Galapagos-Inseln gelangten, wird wohl ein Rätsel bleiben. Vielleicht sind sie mit Stürmen und natürlichen Flößen (entwurzelte Bäume, Gras-Narben…) dorthin geschwommen. Eine große Meeres-Strömung fließt direkt vom Festland in Richtung Westen in den Stillen Ozean (Pazifik).
Nach dem heutigen Forschungsstand passierte die Erst-Besiedlung vor rund 2 Mio. Jahren durch eine Art die dem noch heute in Südamerika lebenden Grassquit (*(g) Asemosiza*). Ev. ist es nur ein einzelnes trächtiges Weibchen gewesen, dass die Insel erreichte.
Wahrscheinlich kam es nach der Erstbesiedlung durch den Pionier-Fink schnell zu einer Futter-Knappheit bei den Körner-Früchten. Durch die selektive Nutzung von ähnlicher Nahrung und langsamer Spezialisierung auf diese Nahrung kam es zu einer immer weiterschreitenden Einnischung. Die normale Variation an Schnabelgrößen (Länge, Breite, Überbiss, …) führte dazu, dass einzelne Gruppen sich auch andere Nahrungs-Quellen nutzbar machen konnten.

Diese Entwicklung setzte sich immer weiter fort. Durch Übersiedlung auf andere Inseln des Galapagos-Archipel's und weitere Isolations-Effekte entstanden letztendlich 14 Arten, die zu einer taxonomischen Gruppe (praktisch eine Gattungs-Gruppe od. Übergattung *(g+)*) gehören. Die Art-Bildung ist aber über die rund 2 Mio. Jahre soweit fortgeschritten, dass man die Finken in 5 Gattungen unterteilt.
Außer unterschiedlicher Nahrungs-Quellen wurden auch verschiedene Lebensräume erschlossen. Aus dem ursprünglichen Strauchland-Bewohner wurden nach und nach Vogel-Arten, die auch den Boden sowie die Baum-Welt auf den Galapagos-Inseln besiedeln.
Vielfach wird das Phänomen der Galapagos-Finken auch als Initial-Zünder für DARWIN zur Entwicklung seine Evolutions-Theorie dargestellt. Aber es waren wohl eher ein paar Spott-drossel-Arten, die ebenfalls auf den Inseln zu finden waren und bei denen DARWIN ähnliche Beobachtungen machte. Hier kannte DARWIN auch den Festlands-Vertreter und er dokumentierte das Vorkommen der Insel-Vögel weitaus genauer.

Ähnliche Vorgange einer breiten Einnischung ausgehend von einer UrsprungsArt konnte auch bei den afrikanischen Buntbarschen im Malawi-See und dem Tansania-See beobachtet und nachgewiesen werden.
??? Rukwa-See (liegt zwischen den beiden großen Seen und ist deutlich kleiner)

auch in anderen Krater-Seen (Nicaragua, Kamerun) konnte eine gleich-artige sympatrische Art-Bildung (durch Einnischung / Anpassung) beobachtet werden
(eine allopatrische Art-Bildung (durch räumliche Trennung / Isolierung) kann wegen der geringen Größe dieser Seen ausgeschlossen werden)

Anolis-Arten auf den karibischen Inseln
parallele Entwicklungen auch auf dem Festland (Mittelamerika sowie im Norden Südamerika's)

die Herausbildung der verschiedenen Beuteltiere auf Australien kann auch als adaptive Radiation betrachtet werden
Australien als sehr große Landmasse und spezieller geographischer Lage sehr starke Strukurierung der Lebensräume
starke Separation durch umgebende Ozeane (nächste Landmassen relativ weit entfernt)
Westwind-Drift sorgt für Einbahn-Straße (ausgewanderte Arten können nicht wieder von der anderen Seite einwandern (es fehlen äquivalente Landmassen in der Westwind-Drift)
nur von / nach Norden sind einzelne Inseln als Sprungbretter verfügbar (sehr enger "Flaschenhals")
Abtrennung / Separation von Australien vor ungefähr 50 Mio. Jahre

weitere adaptive Radiationen sind für die Herausbildung der verschiedenen Säugetiere aus den Ursäugern vor rund 70 Mio. Jahren oder für die Saurier von über Mio. Jahren zu konstruieren

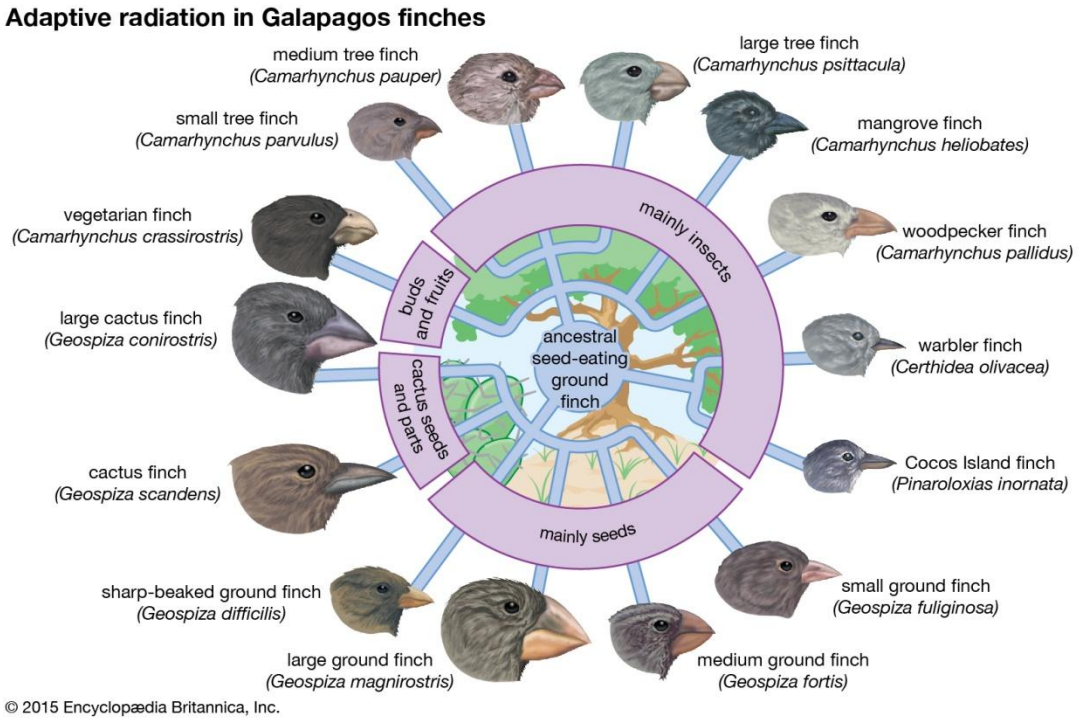
vielleicht erste adaptive Radiation im Kambrium (Kambrische Explosion) vor rund 500 Mio. Jahren mit der Herausbildung aller Stämme der Wirbellosen Tiere
danach 2. Phase der Radiation: aus den Stamm-Formen des Kambrium's differenzierten sich die nachfolgenden Arten

Die Kentia-Palmen sind zwei recht ähnliche Palmen, die von einer Ursprungs-Art abstammen und sich stark eingenischt haben (unterschiedliche Boden-Ansprüche, Blüh-Zeiten (Wind-

Bestäubung)); besiedeln die "Lord Howe"-Inseln (zwischen Australien und Neuseeland); beide Palmen-Arten machen rund 70 % der Vegetation der Insel aus
sachlich ist hier der Begriff der Radiation natürlich richtig, gemeint ist aber weniger die Zweiteilung einer Art, sondern eine Mehrfach-Aufteilung
wenn man auch Zweiteilungen als Radiation versteht, dann ist praktisch die ganze Evolution eine Folge von Radiationen

analoge Organe (Laubblätter-Analoge) sind das typische Laubblatt, der Blattdorn (z.B. bei der Berberitze) und die Blattranke (der Garten-Erbse)

Definition(en): adaptive Radiation
Adaptive Radiation ist die Auffächerung einer wenig spezialisierten Art in mehrere stärker spezialiserte Arten.
Unter adaptiver Radiation versteht man in der Biologie die vielfache Abwandlung eines eher einfachen (Grund-)Bauplan's in mehrere spezialisiertere.
Adaptive Radiation ist die evolutionäre Entwicklung mehrerer angepasster Arten aus einer Gründer-Art.
Unter adaptiver Radiation versteht man die mehrfache parallele Art-Bildung aus einer Basis-Art durch Anpassung / Einnischung in unterschiedliche Lebensräume und / oder Lebensgemeinschaften.

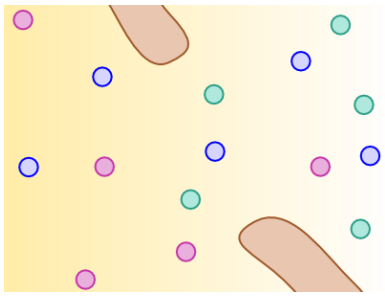


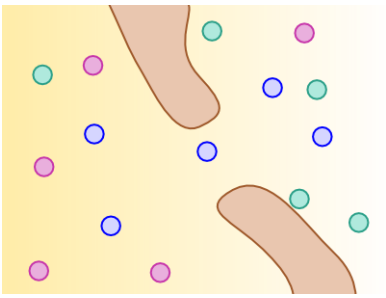
Adaptive Radiation
Q: https://www.britannica.com/media/full/262934/74641
Encyclopaedia Britannica Online (02. Feb. 2017)

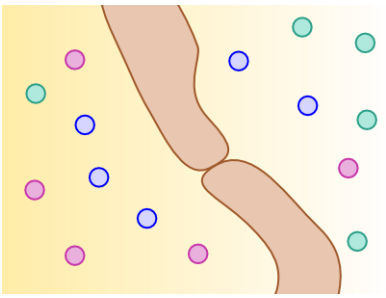
5.x.2. Isolations-Mechanismen

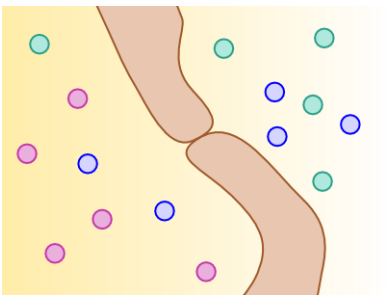
Spaltung der Populationen / Arten → durch Isolation

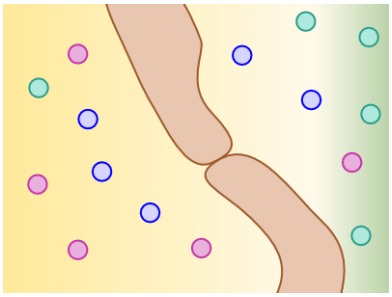
typisch geographische Isolation z.B. durch sich verbreiternde Flüsse, längerdauernde Überschwemmungen, Gebrigs-Bildung, Wüsten-Bildung

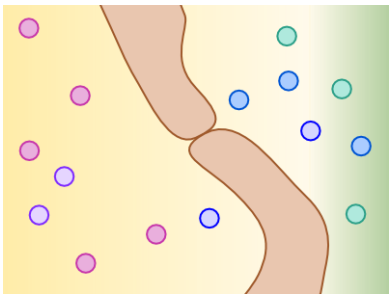












5.x.3. sympatrische Art-Bildung

Sympatrie bezeichnet die Überschneidung von Verbreitungs-Gebieten von Arten

Definition(en): sympatrische Art-Bildung
Unter sympatrischer Art-Bildung versteht man die Entstehung einer neuen Art im angestammten Lebens-Raum (/ im gleichen Lebensraum, wie die Ursprungs-Art).

durch homoploide Hybridisierung
bei Pflanzen sind Veränderungen der Gesamt-Chromosomen-Sätze relativ häufig, bringen auch meist Vorteile (vor allem unter Extrem-Bedingungen); auch eher Selbst-Befruchtung möglich als bei Tieren
bei Tiere insgesamt deutlich seltener und meist mit nachteiliger Fitness
neue (zusätzliche) Nahrungs-Grundlage bietet selektive Treffs für Geschlechts-Partner, neue Auslese-Merkmale, neue Rhythmen, …
z.B. *Bohrfliegen*

durch Polyploidisierung

- allopolyploidisch

bei normalerweise unfruchtbaren Art-Kreuzungen kommt es zufällig zu Verdopplungen des neuen Chromosomen-Bestandes (→ Genom-Mutation), diese Nachkommen können wieder fortpflanzungsfähig sein

amphidiploid (→ zwei verschiedene doppelte Chromosomen-Sätze (z.B. Kultur-Weizen, Jostabeere)
tetraploid (→ vier Chromosomen-Sätze)
die triploiden Rück-Kreuzungs-Ergebnisse sind mesit unfruchtbar und bilden so eine natürliche Hürde

- autopolyploidisch

Verdopplung der Chromosomen-Sätze ohne Art-Kreuzung, Nachkommen sind dann streng tetraploidisch (z.B. *Tetra-Roggen*)
schlagartige Isolation

Definition(en): Autopolyploidie
Autopolyploidie ist die Vervielfachung Art-eigener (strukturell gleichartiger) Chromosomen-Sätze.

Definition(en): Allopolyploidie
Allopolyploidie ist die Vervielfachung von Chromosomen-Sätzen, die von mehreren Arten stammen.

Allopolyploide sind i.A. steril / nicht Fortpflanzungs-fähig, da es in der Meiose zu Problemen bei der homologen Paarung kommt.

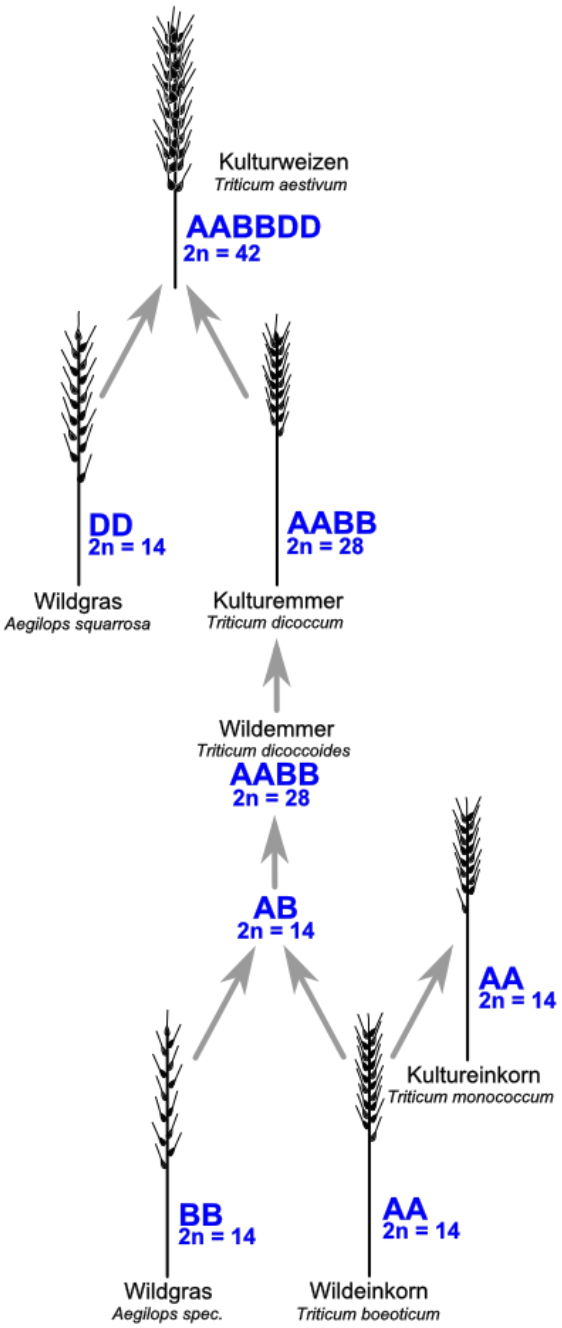
Aufgaben:

1. *Interpretieren Sie die Daten aus der nebenstehenden Tabelle! Ergänzen Sie dazu auch die geographischen Daten!*
2.

geogr. Region	Breiten-Grade	Anzahl Pflanzen-Arten	proz. Anteil polyploider Arten
Nordsahara		300	38
Cykladen		1190	37
Rumänien	44 – 47	3370	47
Ungarn		2040	49
Zentraleuropa		2910	50
Deutschland	53 – 55	1080	54
Dänemark		1310	54
England	50 – 61	1780	53
Schweden	55 – 69	1530	57
Norwegen	58 – 71	960	58
Finnland		1290	57
Faröer		250	71
Island		390	72
Spitzbergen	77 – 81	150	74
Franz-Josephs-Land		40	75
Südwest-Grönland		220	74

Daten-Q: /1, S. 917/; /11, S.129/ (leicht geändert!)

Die Züchtung von Weizen ist ein Beispiel von Allopolyploidie.
Diese hat fertile Nachkommen entstehen lassen, da die Chromosomen entweder relativ ähnlich waren und deshalb in der Meiose gepaart werden konnten, oder es zu Hybridisierungen kam. In dem Fall konnte dann die Paarung über den gesamten (neuen) Chromosomensatz erfolgen.
Eine weitere Möglichkeit ist die Aufnahme eines diploiden Chromosomen-Satzes.



Abstammung des Kulturweizen
nach: /1, S. 916/

5.x.4. allopatrische Art-Bildung

Allopatrie ist die Nicht-Überschneidung von Verbreitungs-Gebieten
hier tritt also zumeist eine geographische Isolation (→ 5.x.4.2.1. geographische Isolation) ein

Definition(en): allopatrische Art-Bildung
Allopatrische Art-Bildung beschreibt die Entstehung einer neuen Art durch räumliche / geographische Isolation (Separation).
Unter der allopatrischen Art-Bildungs-Theorie versteht man die Vorstellungen über die Herausbildung neuer Arten durch trennende Effekte auf die Ursprungs-Art bzw. –Population. (I.A. werden verschiedene geographische Trennungen als die wichtigsten Faktoren angesehen.)

Teiler wird Transekt genannt, die Untergruppen Kline (gradueller Merkmals-Wechsel)

Gebirgs-Bildung, Kontinental-Drift,
Klima-Wandel, Konkurrenz-Ausschluss

ursprüngliche Population mit ihrem breiten Gen-Pool wird per Zufall in ungleiche und schmalere Gen-Poole geteilt
diese rekombinieren normal weiter
Anteile der Geno-/Phäno-Typen verändert sich eigenständig in den Populationen
unterschiedliche Merkmale werden bevorteilt oder ausgelesen
dazu kommen eventuell auch nur geringfügige unterschiedliche Umgebungs-Bedingungen, die natürliche Auslese beeinflussen
unterschiedliche neue Mutationen verbleiben im Teil-Gen-Pool und sorgen für eine weitere Auseinander-Entwicklung der Teil-Populationen
bis schließlich keine gemeinsame Art-Basis mehr vorhanden ist

Allo-Spezies sind eigenständige Unter-Arten, die sich meist unter natürlichen Bedingungen nicht mehr verpaaren, aber noch miteinander fortpflanzungsfähig sind (künstliche Kreuzungen) (z.B. nordamerikanischer *(A) Bison* und eurasischer *(A) Wisent*
weiters Beispiel: Platanen (*(s) Platanus occidentalis* und *(s) Platanus orientalis*) Hybride / Bastard: Platanus x hybrid ist als winterfester Allee- und Park-Baum verbreitet

für viele Arten sind schon kleine Flüsse oder Straßen (!) nicht mehr überwindbar; wirken separierend

allopatrisch
Ausgangs-Pop. → Seperation → Divergenz → sek. Kontakt

5.x.5. Art-Umwandlung / parapatrische Art-Bildung

Art-Bildung durch (regionale) Veränderung der Umwelt-Bedingungen
halb-geographische Art-Bildung

praktisch als Übergangs-Form der Art-Bildung verstanden
zwischen der allopatrischen (mit geographischer Trennung / Isolation) und der sympatrischen (Artbildung ohne geographischer Trennung)

vorstellbar bei großen Lebensräumen / Populations-Ausdehnungen
normalerweise kommt es bei einer (idealen) Population zu fortwährenden Austausch der Gene über die gesamte Population
regionale Konzentrationen sind nur temporär
in der Realität kommt es aber nicht zur vollständigen Durchmischung (z.B. können typische Wind- oder Wanderungs-Richtungen die "Rück-"Wanderung gering halten oder ganz verhindern
weitere Merkmale (z.B. eigener Gesang, zeitliche Verschiebung von Paarungen usw.) verstärken den Effekt
lange Zeit bleiben die Unter-Arten noch vollständig Kreuzungs-fähig

irgendwann verliert sich die Kreuzungs-Fähigkeit und es bilden sich unterschiedliche Arten

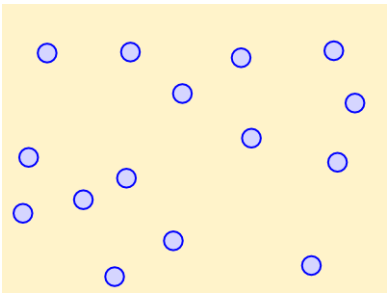
Definition(en): Art-Umwandlung

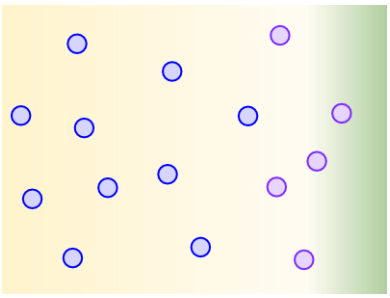
lokale Unter-Arten und Hybrid-Zonen typisch

Rassen-Bildung entlang großer geographischer Gebiete, wobei die endständigen Rassen wieder in Kontakt kommen und dann nicht mehr miteinander kreuzbar sind
z.B. Strumpfband-Natter im Westlichen Nordamerika
Kohlmeise mit Verbreitung von Europa über Kleinasien bis China und Japan

Rassenkeis der Silbermöwen um den Nordpol herum
in begünstigter Bewegungs- / Ausbreitungs-Richtung (Großbritanien/Island → Grönland → Canada → Russland → Nordeuropa → Großbritanien/Island sind die Silbermöwen untereinander kreuzungsfähig; nicht aber am Ringschluss auf Island

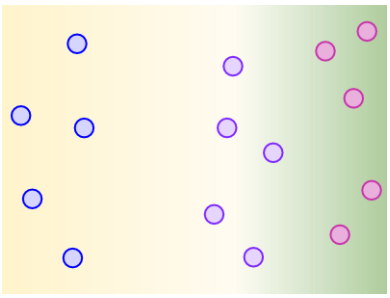
für die Silbermöven-Arten ergibt sich ein Ring aus:
Britische Silbermöwe → Amerikanische Silbermöwe → Sibirische Silbermöwe → Skandinavische Silbermöwe → Britische Heringsmöwe

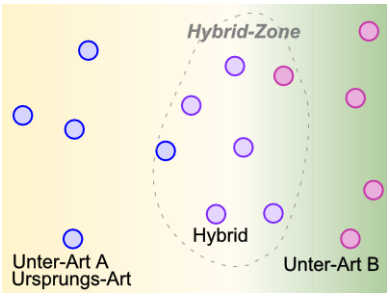




in der Hybrid-Zone muss sich eine Kreuzungs-Barriere herausbilden
z.B. durch verminderte Fitneß der Hybriden

Achtung! ev. noch anderes Bild!





Hybrid-Zonen

auch: Bastard-Zone, Bastadisierungs-Zone, Hybridisierungs-Zone, Hybrid-Gürtel

Hybrid-Zonen sind das Resultat der genetischen Mischung von Populationen nach einer vorangegangenen Trennung (Separation)

sind geographische Regionen, in denen zwei nahe verwandte Arten miteinander agieren

Hybridisierungen haben oft Vorteile
enthalten oft – aber nicht immer – das Beste aus beiden Arten
durchsetzen können sich die Hybride, die genau das Beste von beiden Arten repräsentieren (natürliche Auslese)
oft Ausgangs-Punkt für neue Art-Bildungen

u.U. konkurrieren sie nur noch (interspezifische Konkurrenz) und es kommt zur weiteren Spezialisierung und Einnischung
die Hybridiserung-Chance nimmt immer weiter ab, bis schließlich keine Hybridisierung mehr möglich ist

die Arten können aber auch wieder fusionieren, dabei entsteht aus den gerade getrennten Arten nun wieder eine neue (Misch-)Art

weiterhin ist eine quasi parallele Entwicklung beider Arten unabhängig möglich, dabei bleibt die Hybridisierung weiter möglich

Grenzen der Definition einer Art und der Art-Bildungs- und Radiation-Modelle

typisches Beispiel von: In der Biologie gibt es von jedem Gesetz auch mindestens eine Ausnahme

üblicherweise unterscheiden sich die Arten einer Radiation durch ihre Gene und man kann auch einen phylogenetischen Stammbaum aus diesen Daten ableiten

Braunband-Hamletfisch (*Hypoplectrus puella*), Bocas del Toros archipel, Panama
Q: idw-online.de (Floriane Coulmance, Leibniz-Zentrum für Marine Tropenforschung (ZMT))

Hamlet-Barsche (*(g) Hypoplectrus*)

Gattung / Gruppe auch als Hamlet's bezeichnet
morphologisch sehr ähnliche Fische
Größe zwischen 8 und 15 cm
Riff-Bewohner; ernähren sich räuberisch von kleinen Krebsen und Fischen

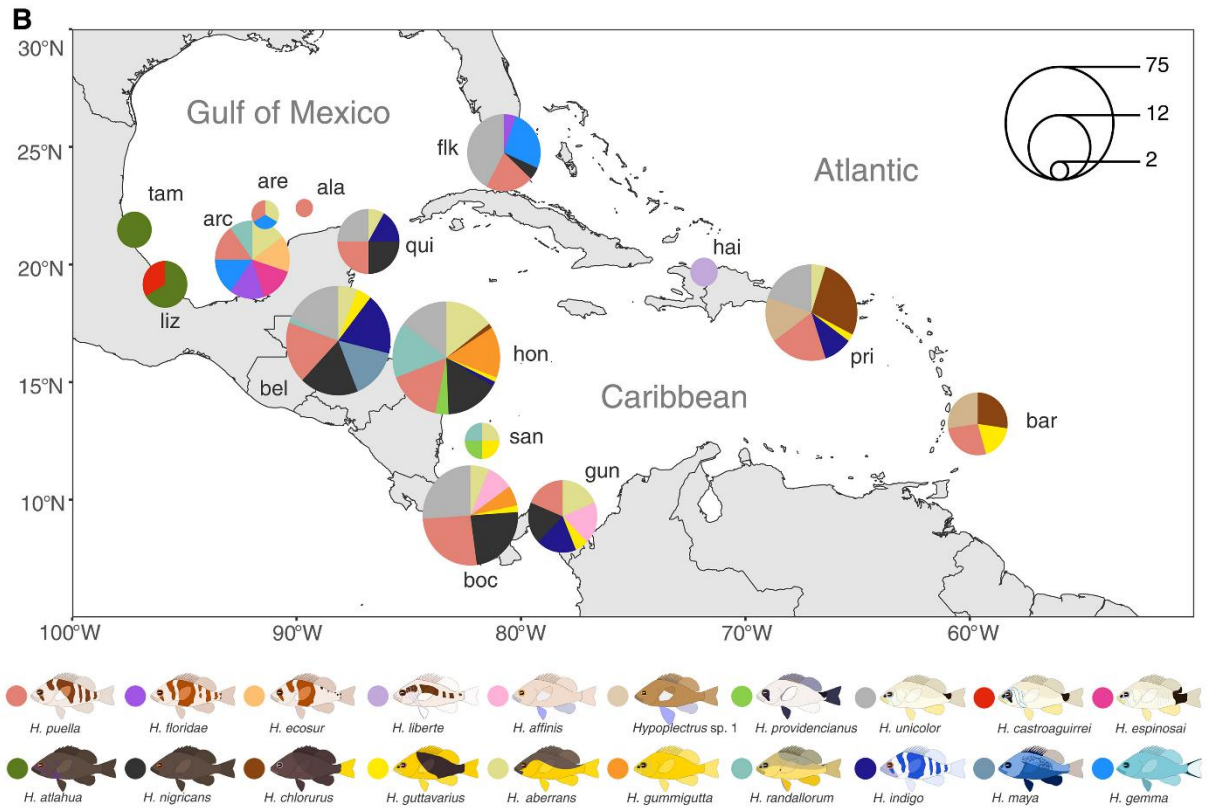
praktisch nur im Farb-Muster unterschiedlich
verbleiben innerhalb ihrer Art;
pflanzen sich innerhalb ihrer Art fort
Zwitter
beim ersten Laich-Vorgang Männchen ein anderer Fisch ist das Weibchen, beim zweiten Mal werden dann die Rollen getauscht (simultane Hermaphroditen); Wechsel über Nacht möglich
keine Selbst-Befruchtung; während der Paarung geben sie niederfrequente Töne ab

mit ihrem Aussehen ahmen einige Arten andere aggressive Riffbarsche nach (→ Mimikry)

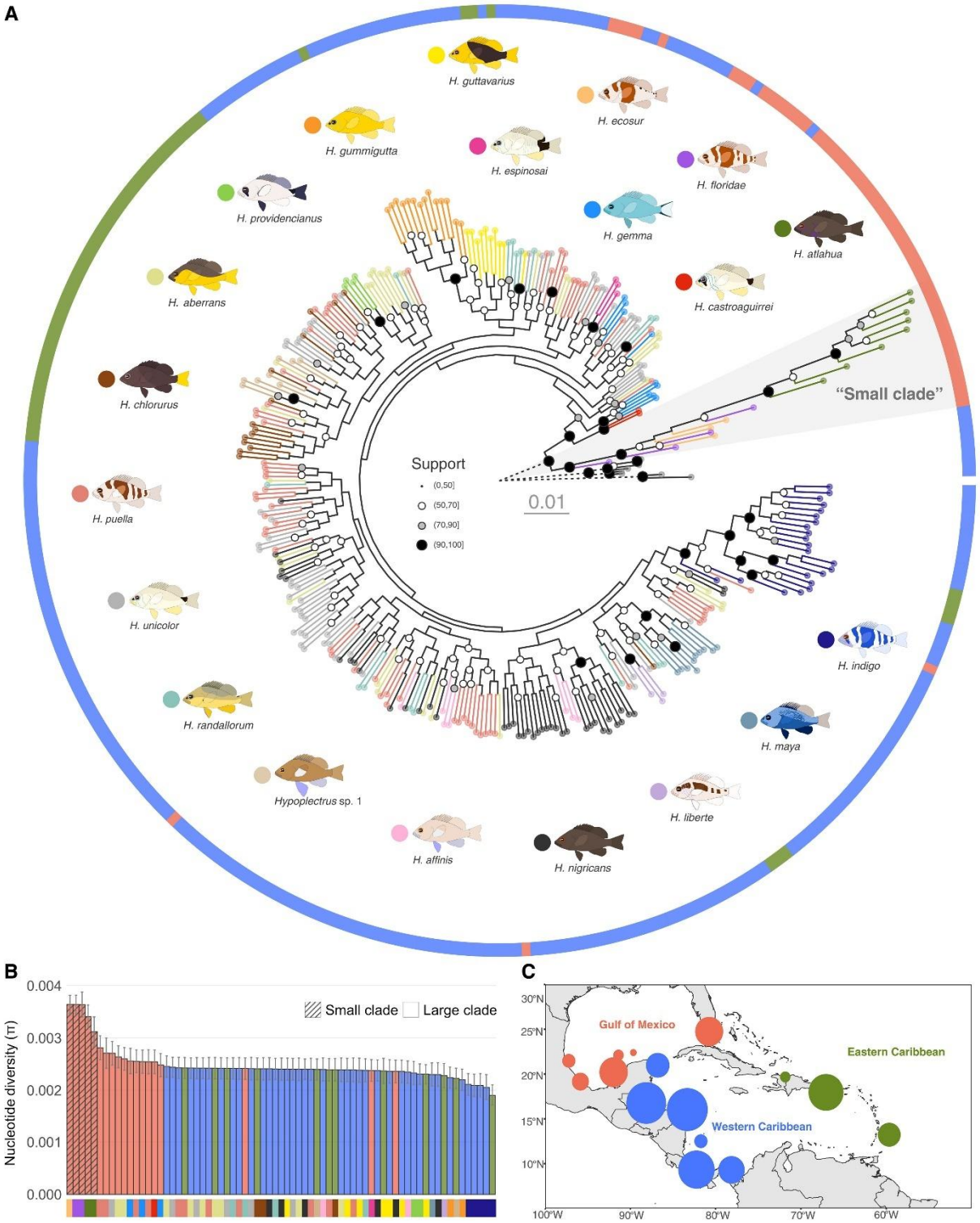
praktisch keine Unterschiede in den Genen
einzig das Gen casz1 ist leicht unterschiedlich, aber auch nicht so, dass man einen Stammbaum ableiten könnte
auch in Kombination mit anderern Genen ergibt kein absolutes Bild

scheinbar bestimmen die einzelnen und variablen Gen-Expressionen über die jeweilige Ausbildung der Art

5 % der Fische laichen auch mit anders-farbigen Vertretern ab (Art-Bildung wahrscheinlich noch nicht abgeschlossen)



Verbreitung der Hamletfisch-Arten (Kreis-Größe gibt die Stichproben-Größe wieder)
Q: https://www.science.org/doi/10.1126/sciadv.adt0973 (Fig.1; Teil-Abb. B)



Phylogenese: Kladogramm der Einzeltiere und Nukleotid-Diversität der Hamletfisch-Radiation mit ihren biogeographischen Regionen

Q: https://www.science.org/doi/10.1126/sciadv.adt0973

genetische Bandbreite innerhalb einer Art größer als die Unterschiede zu anderen Arten

Q: HELMKAMPF; COULMANCE, HECKWOLF et.al.: Radiation with reproductive isolation in the near-absence of phylogenetic signal.- ScieceAdvances Vol.11, No. 30.-(DOI: 10.1126/sciadv.adt0973)

5.x. rekonstruierter Ablauf der biologischen Evolution

Einführungs-Projekt: zeitlicher Ablauf der Evolution

Material:
- Tapeten-Rolle (billig aus Ausverkauf od.ä.), Muster ist egal, nur die Rückseite sollte einfarbig – am Besten weiß – sein
- einfaches Papier A4 für eigene Zeichnungen
- Permanent-Schreiber (dick), verschiedene Farben

Vorbereitung:
- der Kurs teilt sich (zufalls-gesteuert (z.B. durch Würfeln)) in mehrere Team's
- die nachfolgenden Arbeiten werden aus dem Stehgreif (ohne Literatur- oder Internet-Recherche) erledigt (ein Taschenrechner ist als Hilfsmittel für die Maßstabs-Berechnungen zugelassen)

Team-Arbeiten:
- je Team wird eine Tapeten-Rolle auf dem Flur mit der einfarbigen Seite nach oben ausgerollt und ev. mit Bücher fixiert
- die Tapeten-Bahn wird mit einem dicken Strich über die gesamte Länge halbiert
- die Mittel-Linie wird nun mit einer eigenen Zeit-Skala versehen, dabei ist die gesamte Länge optimal auszunutzen; für die Zeit-Skala wird der Zeit-Raum verwendet, der nach Team-Meinung für die Evolution auf der Erde benötigt wurde
- eine Begründung des gewählten Zeit-Raumes und die Ableitung der Skalierung (des Maßstab's) wird auf ein A4-Blatt geschrieben und beim Beginn der Skala aufgeklebt
- jedes Team einigt sich auf mindestens 20 Lebewesen od. charakteristische Objekte (z.B. Saurier, Mensch, Einzeller) / Situationen (z.B. Vukan-Ausbruch, Übergang zum Landleben, Meteroiten-Einschlag, Zerfall von Kontinenten), die wichtig für die Team-Evolutions-Vorstellung ist (Informationen / Wissen aus anderen Fächern ist hier ausdrücklich gewünscht)
- jede(s) Lebewesen / Objekt / Situation wird auf einem A4-Blatt skizziert / gemalt, dann ausgeschnitten und an einem passenden Entstehungs-Zeitpunkt auf der oberen Hälfte der Tapeten-Bahn aufgeklebt (Quellen, Hinweise, Begründungen usw. sollten auf einem weiteren Blatt dazugeklebt werden)

Präsentation und Diskussion:
- jedes Team stellt seine "Evolutions-Zeitleiste" vor, beantwortet Fragen und diskutiert mit den anderen Team's die / deren Zeitleisten

Weiterführung:
- entweder nach Abschnitten (z.B. einzelne Erdzeitalter) im Unterricht oder am Ende der Unterrichts-Einheit über den geschichtlichen Ablauf der Evolution
- siehe dazu weiter hinten (→)

geologische Zeitskala
Einteilung auf der Basis tektonischer Veränderungen
international definierte Zeit-Grenzen
ältere Zeiträume weiter gefasst

jüngere Phasen genauer differenziert

zur genauen Zuordnung von Gesteinen / Schichten / … werden geochronologische Methoden genutzt → Geostratigraphie; hauptsächliche radiometrische Verfahren
seit dem Beginn des tierischen / sichtbaren Lebens vor 541 Mio. Jahren wird wegen der beobachtbaren Fossilien-Bildung zusätzlich auch die Biostratigraphie benutzt

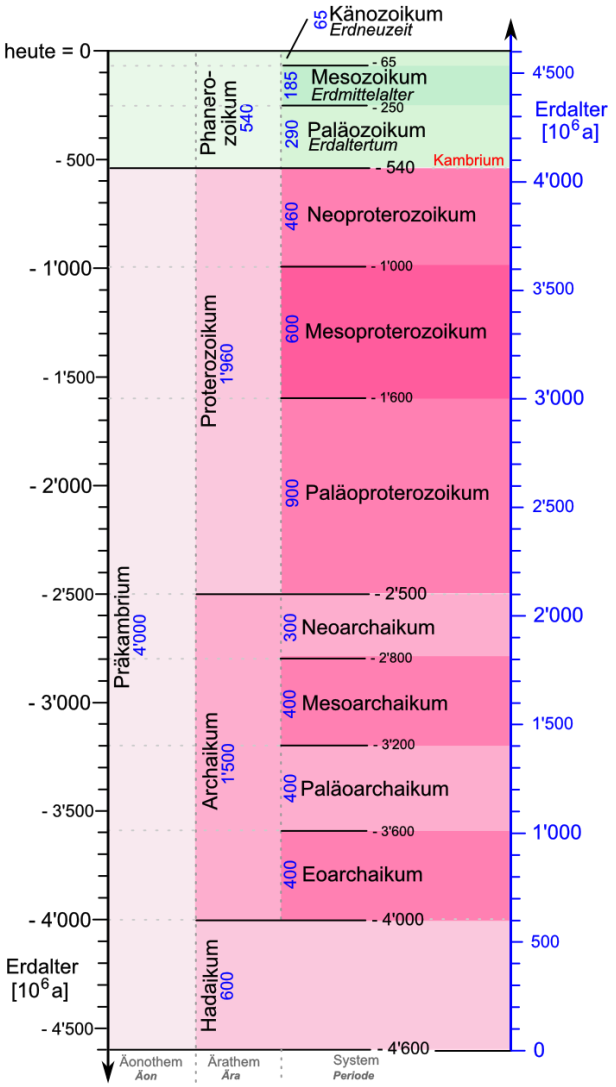
Hadaikum, Archaikum und Proterozoikum werden auch als Präkambrium bezeichnet
= Erdfrühzeit

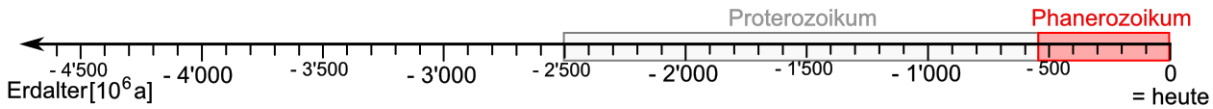
Begriff nicht ganz optimal, weil es suggeriert, dass das Präkambrium eine dem Kambrium äquivalente Epoche sei, die nur vorgelagert war
beim Präkambrium handelt es sich aber um eine 4 Mrd. dauernde Phase mit vielen Äonen, Ären und Epochen

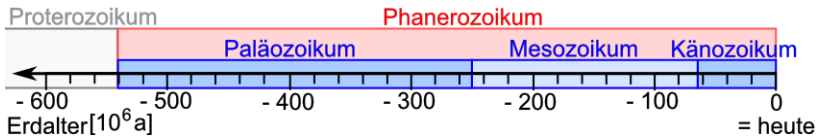
für die Evolutions-Forschung sind besonders die letzten 550 Mio. Jahre interssant

auch wenn es schon lange vorher Leben gegeben hat, die wirkliche Formen-Vielfalt und ist vorrangig im Phanerozoikum passiert (im nebenstehenden Schema die grünlich gekennzeichnete Ära)

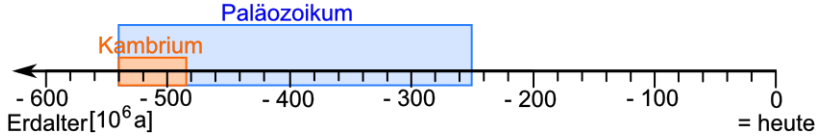
in den nachfolgend immer am Anfang eines besprochenen Zeitraums gezeigten Zeitstrahlen sind die relevanten Zeiträume ebenfalls farblich gekennzeichnet
eine Ära ist rötlich hervorgehoben, die angrenzenden Phasen zur Orientierung grau dazu





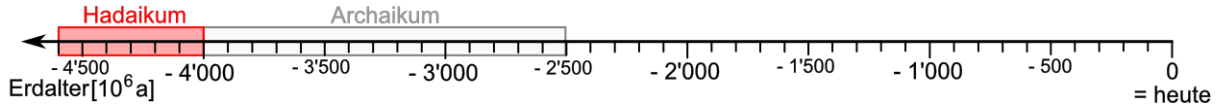


ein Erdzeitalter ist bläulich charakterisiert und gegebenenfalls eine Periode einzelnes orange



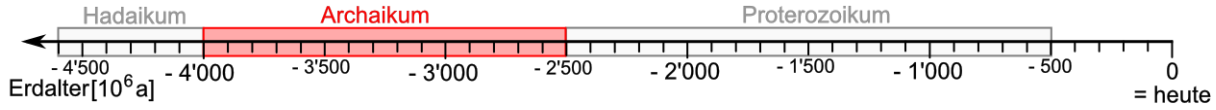
Spricht man bei einer Erdzeit von Unter-, Mittel- und Ober-…, dann ist die zeitliche Gliederung so vorzunehmen, dass die Unter-Zeit die älteste Phase – also den Beginn der Erdzeit – ist. Die Ober-Zeit ist dementsprechend die jüngste Phase und stellt praktisch das Auslaufen der Erdzeit dar. Man kann sich die Dreiteilung sehr grob als Drittel vorstellen.

5.x.1. Hadaikum



von vor 4,6 bis 4,0 Mrd. Jahren
Dauer 600 Mio. Jahre
Erde kühlt sich nach ihrer Entstehung langsam ab
Erde ist noch unbelebt; keine geeigneten Bedingungen für Leben (sehr hohe Temperaturen, kein flüssiges Wasser)

5.x.2. Archaikum



von vor 4,0 bis 2,5 Mrd. Jahren
Dauer 1,5 Mrd. Jahre

Erd-Oberfläche kühlt deutlich ab
Durchschnitts-Temperatur um 90 °C
flüssiges Wasser vorhanden

früheste Fossilien von vor 3,5 Mrd. Jahre
gute Fundlage ab 2,7 Mrd. Jahre
die ersten 500 Mio. Jahre nur Einzeller vom procytischen Typ
dann erste Endosymbiose mit aeroben Procyten (spätere Mitochondrien) vor 2,8 bis 3,0 Mrd. Jahren – Entstehung der Eucyten (Eukaryonten)

Gärungen sind die beherschenden Dissimilations-Vorgänge
Neu-Aufbau von Zellen und Körper-eigener Biomasse durch heterotrophe Assimilation
nur mittels bereitgestelter Energie möglich
Energie könnte auch aus chemischen Reaktionen (z.B. Redox-Reaktionen) genutzt worden sein
ev. Schwefel-Bakterien

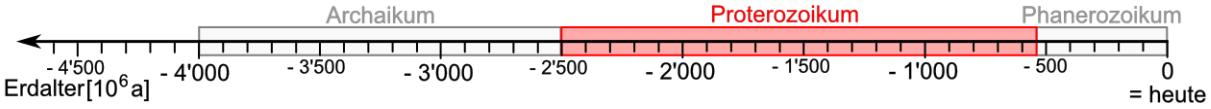
Stromatoliten stellen älteste erhaltene biologische Objekte dar
stroma = griech.: Schicht; lithos = griech.: Stein
es handelt sich dabei um Turm-artige Kalk-Ablagerungen von Blaualgen-ähnlichen Lebewesen
der von den Blaualgen-ähnlichen Organismen gebildete Sauerstoff wurde über Millionen von Jahren für die Oxidation des zwei-wertigen Eisen's in drei-wertiges verbraucht

der damals als Gift für die Organismen wirkende Sauerstoff wurde so auf anorganischen, natürlichem Weg entsorgt
erst nach dem Verbrauch der Fe^{2+}-Ionen konnte sich der Sauerstoff langsam in der Atmosphäre aufkonzentrieren

Entstehung der kollonialen Mehrzelligkeit

zum Ende Archaikums zweite Endosymbiose mit photosynthetischen Procyten (spätere Chloroplasten)
Abtrennung der Pflanzen

5.x.3. Proterozoikum



von vor 2,5 bis rund 0,55 Mrd. Jahren
Dauer rund 2 Mrd. Jahre

Erfindung der Fotosynthese
Bildung des ersten freien atmosphärischen Sauerstoffs
zu Anfang nur Gift für die biochemischen und zellulären Vorgänge

eröffnete Möglichkeit der aeroben Dissimilation
dadurch wesentlich höhere Energie-freisetzung aus z.B. Glucose (fast 20x so groß, wie bei den Gärungen)

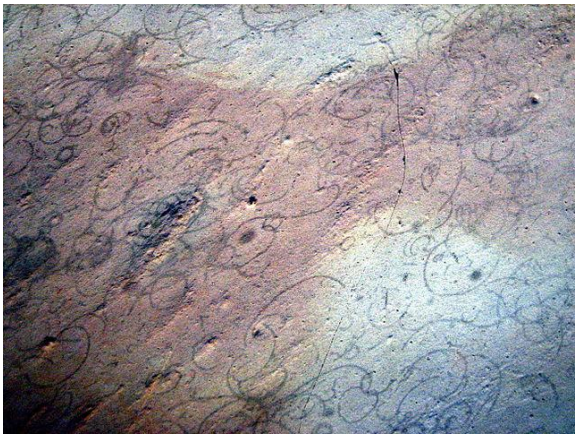
vor 1,5 Mrd. Jahre entstanden die ersten Eucyten (→ Endosymbionten-Theorie)

es steht jetzt Energie für viele zusätzliche Vorgänge und Funktionen zur Verfügung

Trennung der Eucyten in die großen Gruppen (Pflanzen, Tiere und Pilze)

vor 700 Mio. Jahre die ersten Tiere (tierische Einzeller)

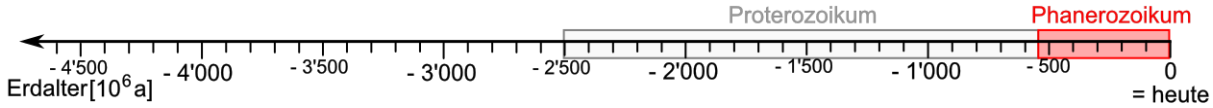
Fossilien-Lage zwar breit verteilt, aber wenig Aussage-kräftig, da die Lebewesen damals kaum feste Hüllen oder Skelette besaßen



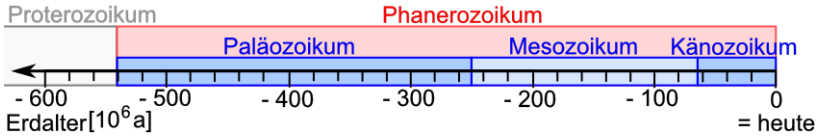
Fossil der eucytischen Grünalge
(s) Grypania spiralis
Q: de.wikipedia.org (Xvazquez)

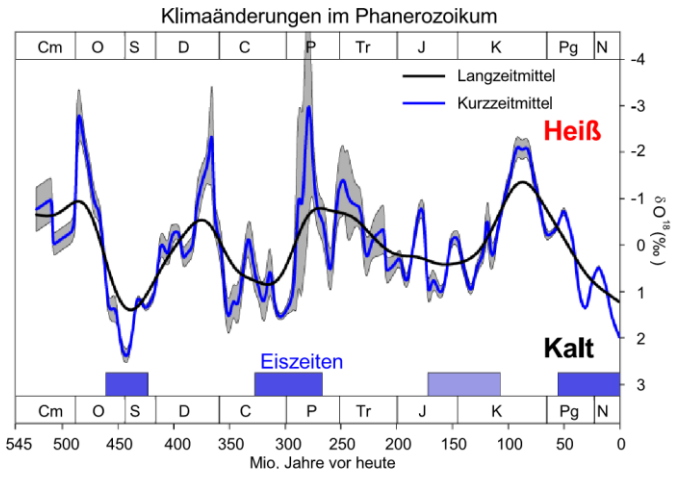
am Ende des Proterozoikum traten wohl schon die ersten Flechten und Moose auf
Fortpflanzung der Moose noch fast vollständig von Wasser abhängig
bilden Sporen, die sich in trockneren Phasen mit dem Wind verbreiten

5.x.4. Phanerozoikum

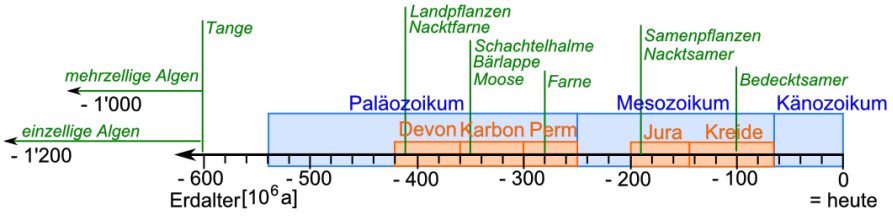


Bezeichnung des Erdzeitalters kann frei mit "Zeitalter des sichtbaren Lebens" übersetzt werden
von vor rund 0,5 Jahren bis heute somit jüngstes Äon der Erdgeschichte
Dauer rund 0,5 Mrd. Jahre
Entwicklung der Organismen von Einzellern zu den komplexen Lebewesen, die wir heute vorfinden
Entstehung der Domänen und Reiche (zumindestens aus heutiger und menschlicher (künstlicher) Sicht)





Q: de.wikipedia.org (Robert A. Rohde)

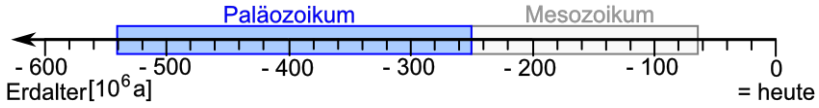


gezeichnet von 5 großen Aussterbe-Ereignissen – die "big five" genannt werden.

vor … Mio. Jahren	Erdzeitalter bzw. Übergang		Beschreibung / Ausmaße	
450	Ende Ordovizium (→ Silur)			
360	Devon → Karbon			
250	Perm → Trias		Bildung Pangea 90 % der marinen Arten O_2-Mangel in den Ozeanen	
200	Trias → Jura			
65	Kreide → Paläogen (Tertiär)		Klima-Abkühlung (Kontinental-Drift); starker Vulkanismus ev. Einschlag gr. Asteroid od. Komet im Golf von Mexiko mehr als 50 % marine Arten; diverse Familien der Landbewohner einschließlich der Dinosaurier	

dazwischen auch "kleinere", bei denen nicht so viele Arten ausgestorben sind

5.x.4.1. Paläozoikum (Erdaltertum)

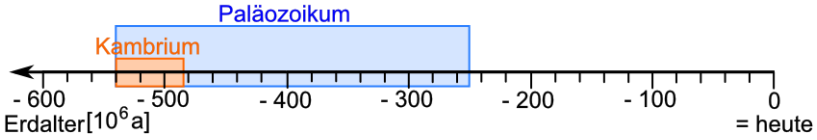


von vor 541 bis 252 Mio. Jahren
Dauer 289 Mio. Jahre

gegliedert in Kambrium, Ordovizium, Silur, Devon, Karbon und Perm

am Ende dieses Erdzeitalters kommt es zum größten nachgewiesenen Massensterben
es traten massive Veränderungen des Klimas auf
Super-Kontinent Pangaea

5.x.4.1.1. Kambrium



von vor 541 bis 485 Mio. Jahren
Dauer 56 Mio. Jahre

große Entfaltung der Algen

nur Leben im Wasser

vor 500 Millionen Jahren entwickelte sich aus einer Süßwasser-Alge die ersten Land-Pflanze
Moos-ähnliche Morphologie
mussten die besonderen Herausforderungen meistern, z.B. mit der großen Strahlungs-Intensität und der hohen Verdunstung (schnelles Austrocknen)
Lebermoos-ähnliche Vorgänger bildeten besondere Schutz-Pigmente

viele Arten
es gibt schon alle Reiche und alle Stämme der Wirbellosen
heute vorkommemde Bauformen von Organismen (Stämme) haben ihren Ausgangspunkt im Kambrium
es fehlen nur die Wirbeltiere
Entstehung vieler Organismen-Typen (vor allem bei den Typen)
praktisch lassen sich alle grundsätzlichen Bau-typen bis ins Kambrium zurückführen

30 (völlig) neue Tier-Stämme
kaum mögliche Entwicklungs-Wege aus den Fossilien rekonstruierbar

??? danach kamen keine neuen Tier-Stämme mehr dazu
auch als **kambrische Explosion** bezeichnet
viele Typen am Ende des Kambrium ausge-storben
betroffen rund 2/3 der Arten

Leben im Kambrium (Diorama aus dem Museum Mensch und Natur, München)
Q: de.wikipedia.org (Ghedoghedo)

aber auch viele Bauformen, deren Zuordnung / Einordnung ist aus heutiger Sicht noch nicht / nicht mehr möglich (ist), weil es keine vergleichbare rezenten Vertreter gibt

Ursache wahrscheinlich längere Serien von Meteoriten-Einschlägen, die zu häufigen Klima-Veränderungen führten

typische Tiere:
Trilobiten (Dreilappkrebse)
Brachiopoden (sessile Muschel-artige Armfüßer)
Wirbelose bestimmen die Tierwelt
Gliederfüßer, Anneliden, …
Korallen
Würmer
Schnecken

typische Pflanzen:
plantische Algen

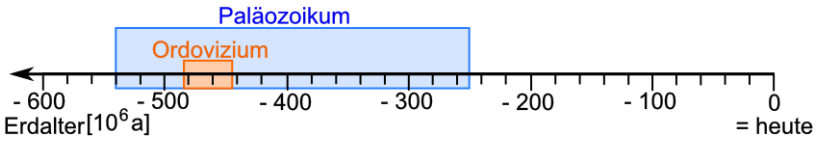
Fossil von *(s) Platystrophia ponderosa*
- einem Brachiopoden
Q: de.wikipedia.org (Wilson44691)

Leit-Fossilien: Trilobiten, Archaeocyathiden (Schwämme), Brachiopoden (Armfüßer)

Land ist noch unbesiedelt!
nur wenige Algen, Flechten und Moose im feuchten Ufer-Bereich
Klima allgemein feucht und warm

Lage der Landmassen
Nord-Kontinente (heutiges Europa, Mittel- u.- Ostasien, Nordamerika) liegen getrennt auf der Höhe des Äquators
Südkontinente sind große Landmasse südlich des Äquators
heutige Antarktis lag am Äquator; Südpol in Nordwest-Afrika

5.x.4.1.2. Ordovizium



von vor 485 bis 443 Mio. Jahren
Dauer 42 Mio. Jahre

im Äquartrial-Bereich war sehr warm, selbst der aus einer großen Landmasse bestehende Südpol war Eis-frei

Flora bestimmt von Algen, Tang, Pilzen und Flechten
Pflanzen noch ohne Wurzeln, Stengel und Blätter

Kieselschwämme, Brachiopoden

Kopffüßer (Cephalopoda)
bis über 4 m lange Tintenfische
erste Aufdrehung (Entwicklung später zu Ammoniten)

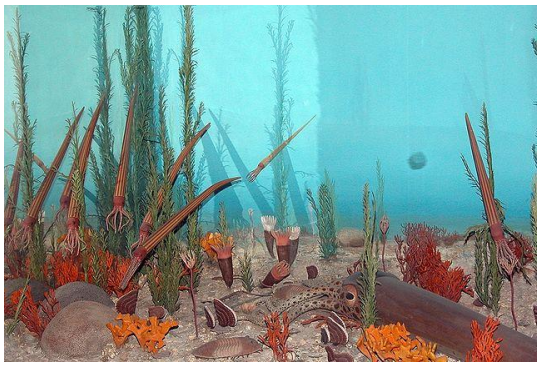
größere Verbreitung der *(St) Gliederfüßer (( ) Arthropoda)*
dazu gehören heute Spinnen, Insekten, Krebse, Skorpione
Moostierchen (Bryozoa)

Stachelhäuter (Echinodermata)
Seesterne (Asteroidea); Seeigel (Echinoidea)
primitive Korallen (Graptonithen)

erste Wirbeltiere: Kiefer-lose, gepanzerte Fische

das Ende des Ordoviziums wurde von einem Massensterben begleitet, bei dem rund 100 Familien ausstarben

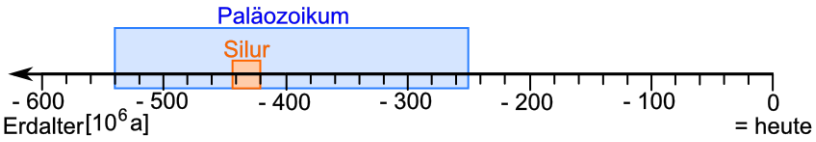
Südkontinente bilden Gondwana(-Land)
es gibt Klimazonen



Leben im Ordovizium (Diorama aus dem National Museum of Natural History, Washington D.C.)
Q: de.wikipedia.org (Fritz Geller-Grimm)

Fossilien aus dem Ordovizium
Q: de.wikipedia.org (Wilson44691)

5.x.4.1.3. Silur



von vor 443 bis 419 Mio. Jahren
Dauer 24 Mio. Jahre

êrste Landpflanzen
hin zu ausgedehnten Sumpflandschaften

Kollision der Kontinente Laurentia (heutiges Nordamerika) und Baltica (heutiges Nordeuropa und Russland) zu Laurussia

Leben im Silur (Diorama aus dem Museum Mensch und Natur, München)
Q: de.wikipedia.org (Ghedoghedo)

Eroberung des Festlandes durch Pflanzen
deutliche Zunahme wirbelloser Tier-Gruppen
Bärlapp-artige und Farn-artige Gefäßsporen-Pflanzen
drei große Fisch-Gruppen (Gruppe1: mit paarigen Brust-Flossen; Gruppe2: mit Hautknochen; Gruppe3: mit Kiefer-Skelett (Vorfahren der Haie))

typische Pflanzen:
Algen, Moose und riesige Nacktfarne, hohe Bärlappe
erste Gefäßpflanzen (besitzen Stengel mit Leitbündeln)

erste Land-Gliedertiere
Luft-atmende Skorpione

typische Tiere:
Korallen, Trilobiten, Kopffüßer (bekanntetes Fossil: Donnerkeil), Stachelhäuter, Muscheln, Schnecken, Panzerfischer

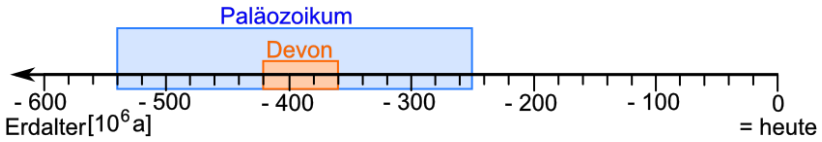
Korallen bilden ausgedehte Riffe
Panzerfische mit Ober- und Unterkiefer

bei den Brachiopoden entwickeln sich Riesenformen

Kontinente und Landmassen auf Äquator-Region und Südhalbkugel konzentriert
Klima-Zonen verschieben sich mit den wandernde Landmassen

maritime Fossilien aus dem Silur
Q: de.wikipedia.org (Arpingstone)

5.x.4.1.4. Devon



von vor 419 bis 359 Mio. Jahren
Dauer 60 Mio. Jahre

Eroberung des Landes durch Bärlapp-Gewächse

Pflanzen haben verholzte Sproßachsen

Baum-Form entsteht

erste Samenpflanzen
immer geringere Abhängkeit der Entwicklung vom ständig vorhandenem Wasser

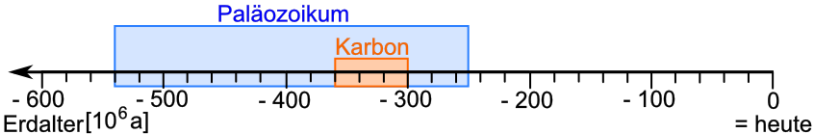
Szene aus dem Devon
Q: de.wikipedia.org (Eduard Riou)

eher warm und trocken
Pflanzen mit echten und ausgedehnten Wurzeln; Wasser-Leitsysteme im Stamm oder Stengel
Laubblätter mit Spaltöffnungen

große Verbreitung der Fische
erste Knochen-Fische
auf dem Land Gliederfüßer (Insekten, Spinnen, Skorpione, Tausendfüßer, erste Amphibien und Insekten
Chitin-Panzer dient auch als Verdunstungs-Schutz
Lungen-Fische, diese sind Ausgangspunkt für die Entwicklung von Amphibien
erste Vierfüßer (Tetrapoden)
Ammoniten

im Meer Panzer- und Knorpel-Fische
Panzer-Fische bis 8 m lang

5.x.4.1.5. Karbon

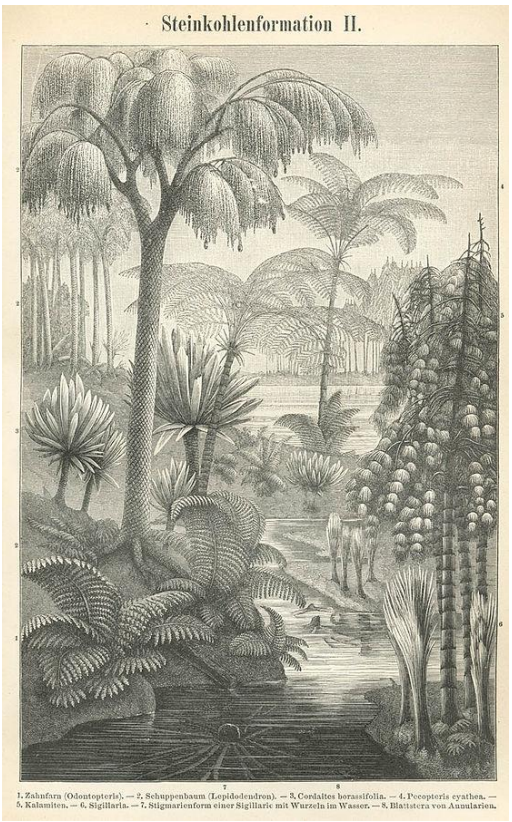


von vor 359 bis 299 Mio. Jahren
Dauer 60 Mio. Jahre

Sauerstoff-Gehalt in der Atmosphäre bis zu 35 %; optimal für fliegende Insekten

am Ende des Karbon tauchen die ersten Reptilien auf

wieder feucht mit vielen Sümpfen
riesige Wälde aus riesigen Bärlappen, Farnen und Schachtelhalmen → Steinkohle-Wälder



Steinkohle-Wälder
Q: de.wikipedia.org (Meyers Konversations-Lexikon)

typische Pflanzen:
Schuppenbäume, Siegelbäume, Riesenschachtelhalme

erste Reptilien
Zeitalter der Amphibien

typische Tiere:
Riesen-Formen von Insekten und anderen Gliederfüßern
am Anfang des Karbon sind die Lurche die vorherrschende Wirbeltier-Gruppe

Fossilien aus dem Karbon
Q: de.wikipedia.org (Wilson44691)

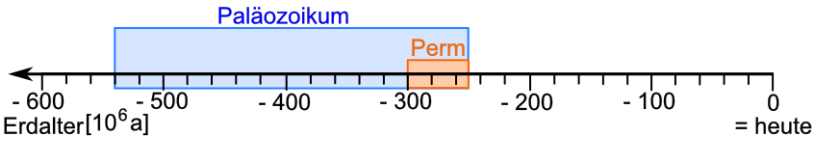
typische Tiere:

Entstehung der Stein-Kohle (→ https://www.youtube.com/watch?v=au0mC2Cgcz8)
ausgedehnte Wälder

Land senkte sich in regelmäßigen Abständen ab und wurde überschwemmt, die Bäume starben ab und bilden zuerst Torf
nach Überschichtung mit Sedimenten und unter steigendem Druck und Temperaturen bildete sich dann Braunkohle und zum Schluss Steinkohle

http://www.studentshelp.de/p/referate/02/3251.htm

5.x.4.1.6. Perm



von vor 299 bis 252 Mio. Jahren
Dauer 47 Mio. Jahre

Baumfarne dominieren

Auftauchen der Nacktsamer

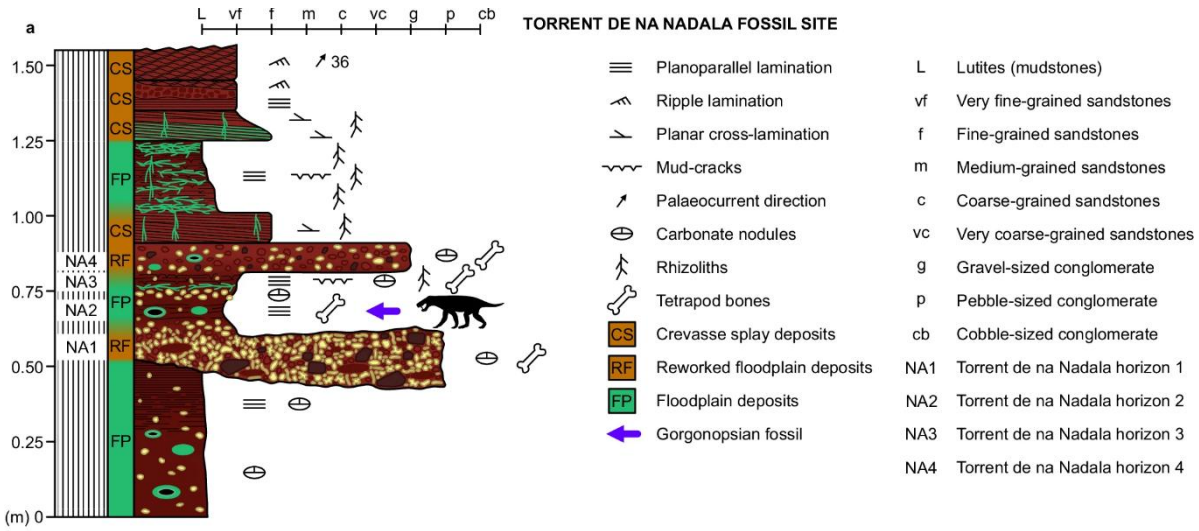
beginnende Vorherrschaft der Reptilien;
Saurier
Säuger-ähnliche Reptilien
selten und klein, vereinzelnte Säugetiere

Leben im Mittel-Perm
(Ocher-Fauna, Rusland)
Q: de.wikipedia.org (DiBgd)

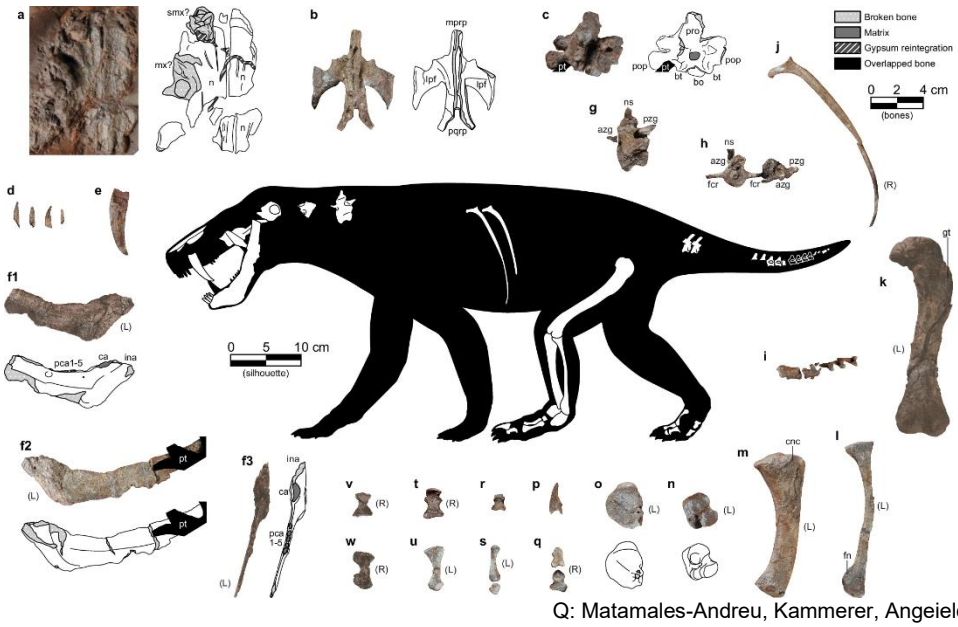
Aussterben der Trilobiten, Panzerfische, ..

die Gorgonopsien -- die ältesten bekannten Vorfahren der Säugetiere

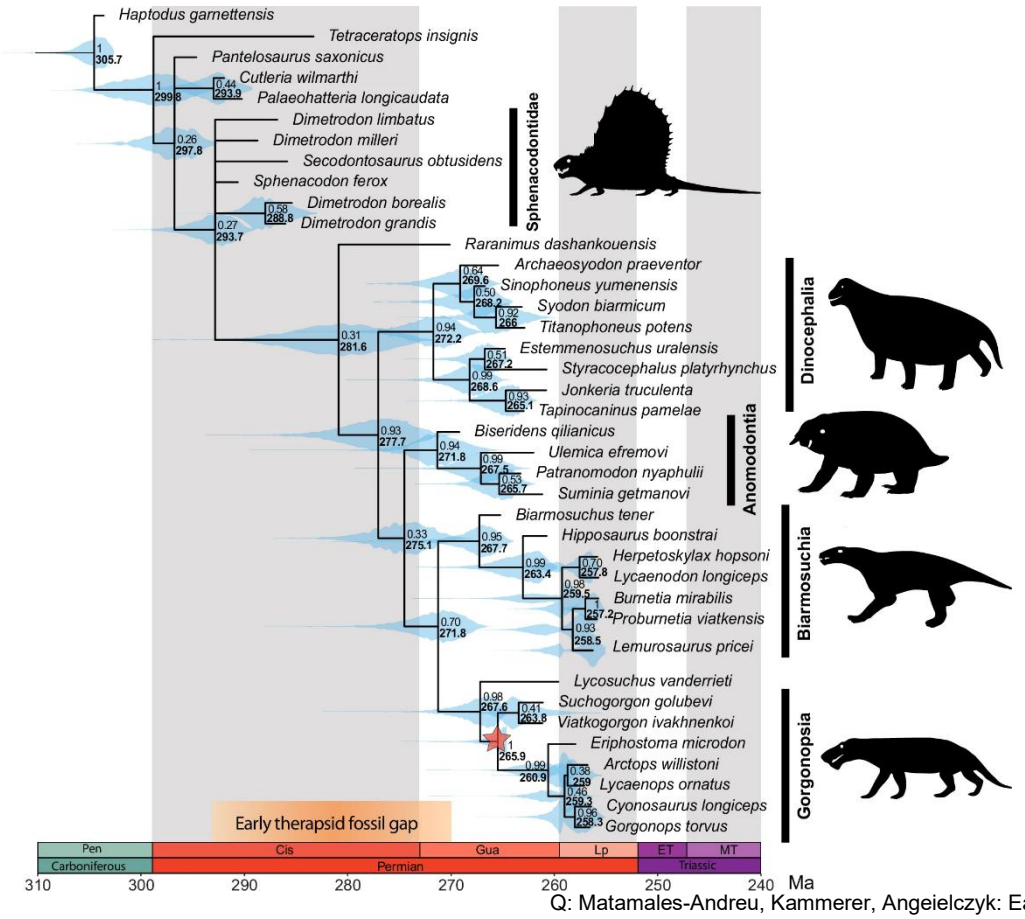
über die genauen Ursprünge der Säugetiere gibt es noch viele Unklarheiten
es existeiert derzeit eine große Fossilien-Lücke der *(c-) Therapsiden* (amniotische Landwirbeltiere)



Q: Matamales-Andreu, Kammerer, Angeielczyk: Early-middle Permian Mediterranean gorgonopsian …; Nat Commun 15 (2024)
→ https://www.nature.com/articles/s41467-024-54425-5 (Teil-Abb. a)



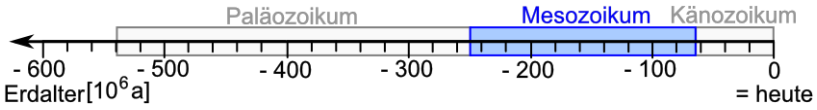
Q: Matamales-Andreu, Kammerer, Angeielczyk: Early-middle Permian Mediterranean gorgonopsian …; Nat Commun 15 (2024)
→ https://www.nature.com/articles/s41467-024-54425-5



Q: Matamales-Andreu, Kammerer, Angeielczyk: Early-middle Permian Mediterranean gorgonopsian …; Nat Commun 15 (2024)
→ https://www.nature.com/articles/s41467-024-54425-5

eine Rekonstruktion eines Gorgonopsier ist im Artikel (→ https://www.nature.com/articles/s41467-024-54425-5) zu finden (aus Lizenz-rechtlichen Gründen hier nicht wiedergegeben)

5.x.4.2. Mesozoikum (Erdmittelalter)



von vor 252 bis 66 Mio. Jahren
eingeleitet von dramatischen Umwelt-Veränderungen
wahrscheinlich ein riesiger Super-Vulkan (im Bereich ds heutigen Sibierischen Trapp's) mit extrem ausgedehnten Magma-Flächen

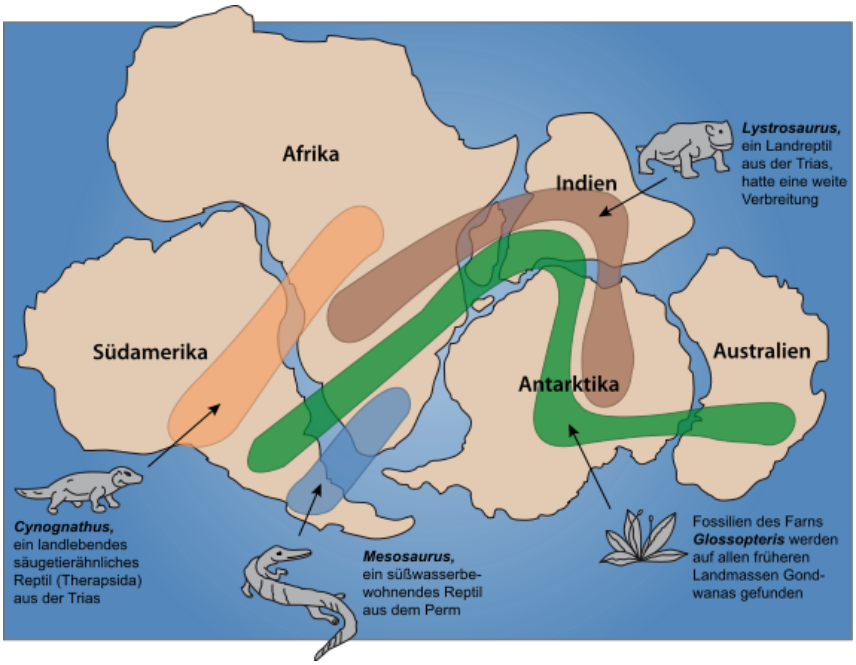
90 % der Meeres-Arten und 70 % der Land-Arten ausgestorben
die Ökosystem brauchten über 30 Millionen Jahre um sich zu erholen (es sind natürlich neue entstanden)

Dauer 186 Mio. Jahre

gegliedert in Trias, Jura und Kreide(zeit)

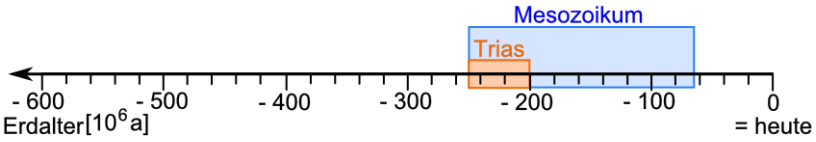
zu Beginn des Mesozoikum
Urkontinent "" zerbricht und driftet auseinander – quasi die Geburt der heutigen Kontinente

Beleg für die Kontinental-Platten-Theorie von Alfred WEGENER (1915)



Fossilien-Verteilung ausgewählter prähistorischer Arten
Q: de.wikipedia.org (Osvaldocangaspadilla, Lumu)

5.x.4.2.1. Trias



von vor 252 bis 201 Mio. Jahren
Dauer 51 Mio. Jahre

zwischen Perm und Trias kam durch große geophysikalische und klimatische Veränderungen zu einem bedeutenden Massensterben

die marinen Ökosysteme benötigten rund 1 bis 8 Mio. Jahre zur Regeneration, die Land-Systeme benötigten rund die doppelte Zeit

warm und relativ feucht

Atmosphäre: 16 % Sauerstoff, 4,5 % Kohlendioxid
andere Gase ähnlich heute

gekennzeichnet durch drei deutliche Gesteinschichten (Buntsandstein, Muschelkalk und Keuper) nur ausgeprägt in Mitteleuropa

kein Land mehr an den Pol-Regionen

es herrschen Riesen-Schachtelhalme und Palm-Farne vor

Trias-Leben (Keuper-Zeit)
Q: de.wikipedia.org (Meyers Konversations-Lexikon)

Zeitalter der nachtsamigen Blütenpflanzen

große Amphibien

Anzahl der Land-Arten steigt stark an

erste Blütenpflanzen

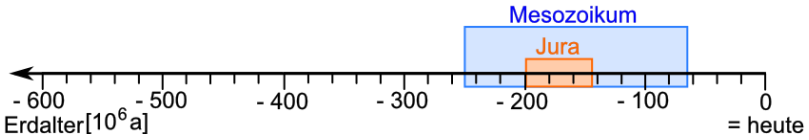
einfache Säugetiere schon etwas verbreiteter

Trias endet zur Jura hin wieder mit einem großen Massensterben (gehört zu den "big five")
wahrscheinlich rund 80 % der Arten und 50 % der Gattungen ausgestorben
Ursache wahrscheinlich ausgeprägter Vulkanismus begleitet von dadurch induzierter Klima-Veränderung (vulkanische Treibhausgase)
diskutiert wird ozeanisches anoxisches Ereignis (OAE) – eine Welt-weite Sauerstoff-Verarmung des Oberflächenwassers. Es häuft sich zusätzlich giftiger Schwefelwasserstoff (H_2S) an. es folgt dann Zeit-verzögert der Tiefen-Tod durch Sauerstoff-Mangel aus absteigendem Tiefenwasser

begleitet von Veränderungen der großen Meeresströmungen und globaler Erwärmung (Super-Teribhaus-Effekt)

große Gewitterstürme führten wohl zu verstärkter Erosion
aus Sediment-Untersuchungen (Schwarzschiefer-Schichten) hat man geschlossen, dass ein solches Ereignis innerhalb weniger Jahre / Jahrzehnte passieren kann und sich die Ozeane in rund 100'000 Jahren dann wieder erholen.
Anoxische Ereignisse gelten als Ursache für die heutigen Erdöl-Vorkommen.

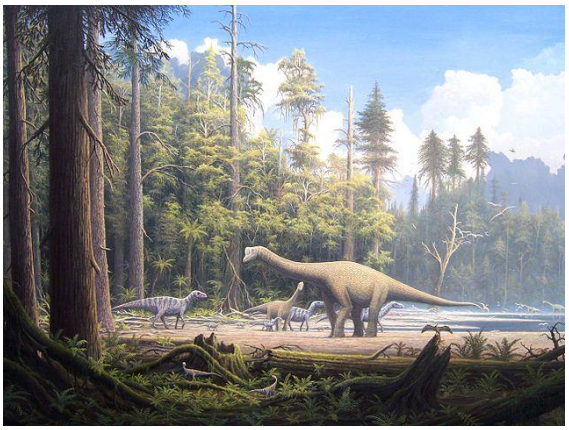
5.x.4.2.2. Jura



von vor 201 bis 145 Mio. Jahren
Dauer 56 Mio. Jahre

warm

kein Land mehr an den Pol-Regionen
nach Graben-Bruch in Land-Gebiet des heutigen Zentral-Afrika zerfällt Super-Kontinent Pangäa weiter
Aufteilung in drei große Gebiete, Gondwana und die Teile, die wir heute Nordamerika und Euroasien zuordnen



Leben in der Ober-Jura (Norddeutschland)
Q: de.wikipedia.org (Gerhard Boeggemann)

"Greenhouse"-Ära, suptropische Hitze
vielgestaltige Pflanzen (aber noch keine Blüten-Pflanzen)
Korniferen, Samenfarne, Gingkos, Palmfarne

Zeitalter der Nadelhölzer

Leit-Fossilien sind Ammoniten und andere Tintenfische
Urvogel Archeopteryx
erste Vögel

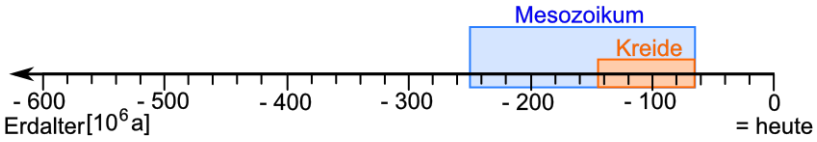
diverse Säugetier-Arten (ungefähr bis Igel-Größe

Haie, Rochen, Krokodile, Schildkröten, Hühner-große Raub-Dinosaurier

Zeitalter der Saurier, erste Blütezeit der Saurier, einige Arten werden bis 100 t schwer und sind damit die größten – je auf der Erde lebenden – Land-Tiere

zum Ende des Jura bzw. zu Beginn der Kreide-Zeit (vor rund 150 Mill. Jahren) entwickelte sich wahrscheinlich das braune Fett-Gewebe als Wärme-Produzent
dies war ev. der / ein Auslöser für die Herausbildung / Notwendigkeit einer Thermo-Regulation und der Entwicklung homöothermer (gleichwarmer) Tiere

5.x.4.2.3. Kreide



von vor 145 bis 66 Mio. Jahren
Dauer 79 Mio. Jahre

erste Bedecktsamer

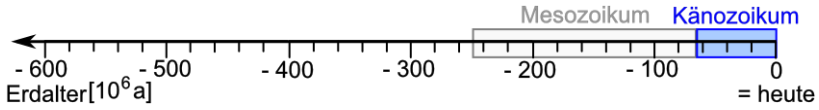
Aussterben der Saurier und Ammoniten

letzte Große Katastrophe der "big five" vor gut 65 Mio. Jahren
charakteristische Iridium-haltige Sediment-Schichten genau an der Grenze von der Kreide zum Paläogen

neben Aufprall eines großen Asteroiden oder Kometen im Bereich des heutigen Golf von Mexiko; Golf ist praktisch der Rest-Krater (Chicxulub-Krater)
durch Kontinental-Drift kam es auch zu Abkühlung des Klima's
daneben noch verstärkter Vulkanismus
inwieweit eine Kombination der Prozesse das Massenaussterben begünstigt hat, ist unklar
ev. war Asteroid auch der Initial-Zünder für eine Katastrophen-Serie

Enstehungsbeginn des Erdöls

5.x.4.3. Känozoikum (Erdneuzeit)

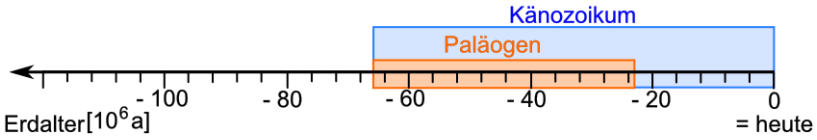


von vor 66 Jahren bis heute
Dauer 66 Mio. Jahre

gegliedert in: Paläogen, Neogen und Quartiär
früher hat man die Phasen Paläogen und Neogen zusammen als Tertiär betrachtet, vor allem in älterer Literatur wird man diese Unterteilung noch vorfinden
passt zwar schöner als Vorlauf zum Quartiär, abe eben wissenschaftlich überholt

wahrscheinlich eingeleitet von KT-Impakt (Kreide-Tertiär-Einschlag) – dem großen Meteoriten-Einschlags – der zum heutigen Golf von Mexiko führte
Massen-Aussterben am Ende der Kreidezeit, dem auch die Dinosurier zum Opfer fiehlen
Gondwana brauch auseinander und kam zu den großen Kontinetals-Platten-Verschiebungen, die heute noch ablaufen und für die Masse der Erdbeben und sehr viel Vulkanismus verantwortlich ist

5.x.4.3.1. Paläogen



von vor 66 bis 23 Mio. Jahren
Dauer 43 Mio. Jahre

Verschwinden der letzten Saurier

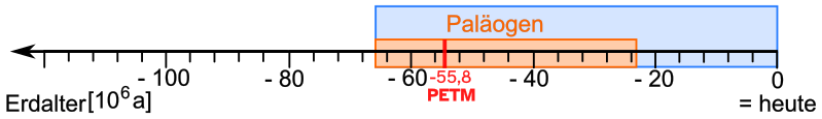
Zeitalter der bedecksamigen Blütenpflanzen

breite Entfaltung der Vögel und Säugetiere

unterteilt in Paläozän (bis vor 56 Mio. a), dem Eozän (bis vor rund 34 Mio. a) und dem Oligozän
zwischen Paläozän und Eozän kam es zu einer Änderung des Kohlenstoff-Isotopen-Verhältnis (Carbon Isotope Excursion)

weiterhin gab es hier wohl ein ausgeprägtes Temperatur-Maximum
Durchschnitts-Temperatur stieg um 5 Grad
die gesamte Erde war tropisch, die Pole Eis-frei

5.x.4.3.1.1. Paläozän/Eozän-Temperaturmaximum (PETM)



vor 55,8 Millionen Jahren
wahrscheinlich nur 170'000 bis 200'000 Jahre lang

charakterisiert durch eine sehr schnelle Erwärmung der gesamten Erde um 5 – 6 grd (einige Angaben bis 8 grd) → deshalb auch **Heißzeit** genannt
von 18 °C im Paläozän auf 24 ° im Eozän

Ursache wahrscheinlich starker Vulkanismus
freigesetztes CO_2 und andere vulkanische Gase bewirkten starken Treibhaus-Effekt
Aufheißungs-Phase war wahrscheinlich nur 18'000 Jahre lang

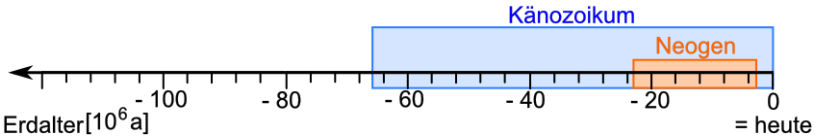
Ablagerungen aus dieser Zeit sind besonders Fossilien-arm

interessanter Forschungs-Bereich, da viele Parallelen zum heutigen Klima-Wandel bestehen
allerdings erfolgten die Veränderungen damals nicht so schnell, wie die derzeit Menschgemachte Erwärmung der Erde

selbst die Dinoflagellaten (Panzergeißler) – gerne als die "Unkräuter der Meere" bezeichnet – erlebten ein massives Aussterben
Einzeller mit Platten-artigen Zellwänden mit Silikat-Einlegrungen
sie gehören zum Phytoplankton, sind als ein wichtiger Startpunkt von Nahrungs-Ketten – bzw. -Netzen
einige Gruppen aber auch heterotroph

Aussterbe-Kaskade bei den Konsumenten

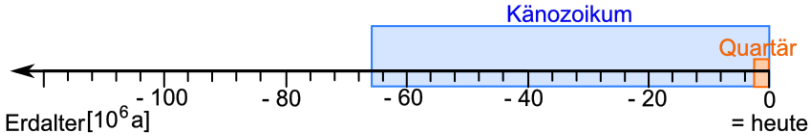
5.x.4.3.2. Neogen



von vor 23 bis 2,6 Mio. Jahren
Dauer rund 20 Mio. Jahre
vor rund 10 Mio. Jahren vollzog sich die Abtrennung des (Ur-)Menschen von den Affen

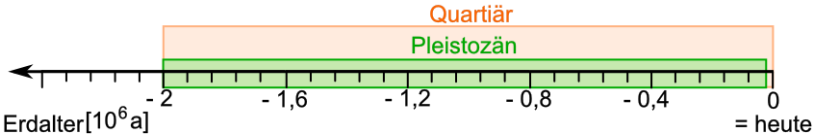
Fossilien-Lücke für Vormenschen
→ Wasseraffen-Theorie

5.x.4.3.3. Quartär



von vor 2,6 Mio. Jahren bis heute
Dauer 2,6 Mio. Jahre
weitere starke Entwicklung der Säugetiere und Vögel

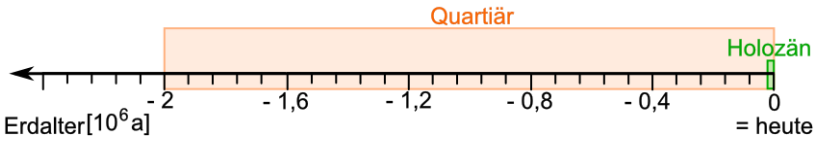
5.x.4.3.3.1. Pleistozän



Eiszeiten im Wechsel mit Warmzeiten
einzelne Übergänge von Warmzeit zu Kaltzeit könnten nach neuesten Forschungen in einem Zeitraum von nur 50 Jahren passiert sein
viele Arten sterben aufgrund der relativ kurzen Wechsel aus, können sich nicht schnell genug anpassen oder ausweichen
relativ gut gesicherter Ablauf über die Entwicklung des Urmenschen

Leben im Pleistozän (Nord-Spanien)
Q: de.wikipedia.org (Mauricio Antón)

5.x.4.3.3.2. Holozän



Beginn vor 10'000 Jahren
Jetztzeit
im Prinzip die heutige Organismen
nur sehr wenige natürlich ausgestorben
aber in den letzten 1000, besser nur 300 Jahren sehr viele Arten durch menschliches Tun und Wirken ausgestorben
wegen der kurzfristigkeit kann man hier katastrophale Wirkungen erwarten
hinzukommt eine – scheinbar künstlich bedingte – Warmzeit, die wohl parallel oder gekoppelt weitere Arten unwiederbringlich ausrottet

5.x.4.3.3.3. Anthropozän

vor einem Jahrhundert begonnen
heute und jetzt
gekennzeichnet durch eine tiefgreifende Veränderung der Erde durch den Menschen
aus derzeitiger Sicht immer stärkere Zerstörung der Umwelt wieder besseren Wissens
scheinbar auch nicht mehr korrigierbar oder umkehrbar
immer stärker steigendes - anthropogen verursachtes - Artensterben
Konsquenzen nicht absehbar

5.x.5. Zusammenfassungen und Übersichten

Beendigung / Weiterführung Projekt: zeitlicher Ablauf der Evolution

Material:
- Farb-Drucker oder farbiges Material zum Ausschneiden (z.B. auch ausgesonderte Lehrbücher)
- roter Woll-Faden

Team-Arbeiten:
- jedes Team sucht für die in der Erst-Version verwendeten Lebewesen od. charakteristische Objekte / Situationen professionelle Bilder z.B. aus dem Internet heraus und druckt diese – möglichst farbig – aus (Quellen-Angaben nicht vergessen!)
- die Bilder werden im unteren Teil der Tapeten-Bahn nach fach-biologischen und naturwissenschaftlichen Aspekten passend positioniert und durch kurze Begleit-Texte ergänzt (aufkleben!)
- zwischen den oberen Positionen der Lebewesen / Objekte / … und den unteren werden immer rote Woll-Fäden gezogen (zumindestens die Enden ankleben)
- jedes Team sucht sich mindestens weitere Lebewesen od. charakteristische Objekte / Situationen heraus, die Laufe der Besprechung im Unterricht eine erhöhte Bedeutung bekommen haben und ergänzt diese mit Bild und kurzem Text im unteren Zeit-Strahl
-

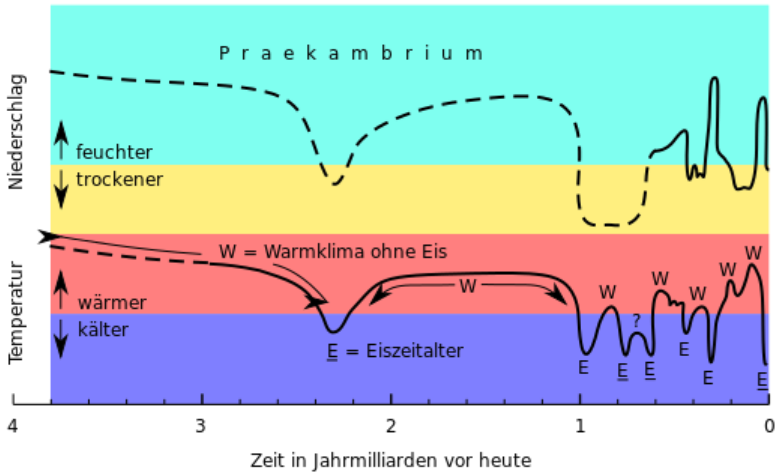
Optionen / Ergänzungen:
- ergänzen des unteren Zeit-Strahl's durch Link- und Quell-Listen
- ergänzen von Fach-Informationen aus anderen Fächern (z.B. Geographie: Gesteins-Arten, Formationen, …)
- erstellen einer digitalen Schnitzel-Jagd mit QR-Code's
- ergänzen einer Referenz-Zeitskala von entweder Uhrzeiten eines 24 Stunden oder Datum's-Angaben für ein 365 Tage-Jahr auf dem unteren Zeit-Strahl
- erstellen eines oder mehrerer Pod-Cast's oder eines oder mehrerer Video-Berichte über den Ablauf der Evolution (ev. Verlinkung auf eine Projekt-Seite der Schul-Homepage z.B. über QR-Code's)
- erstellen eines Tagebuch's der "Erde" z.B. alle 100 Mio. Jahre
- erstellen eines Reise-Berichts von außerirdischen Besuchern, die die Entwicklung auf der Erde als ein eigenständiges (von ihnen nicht beeinflusstes) "Evolutions-Experiment" beobachten und (wissenschaftlich / oder "überheblich" außerirdisch) protokollieren
- erstellen einer online-Version des / der Zeit-Strahl(en)
- …

Präsentation und Diskussion:

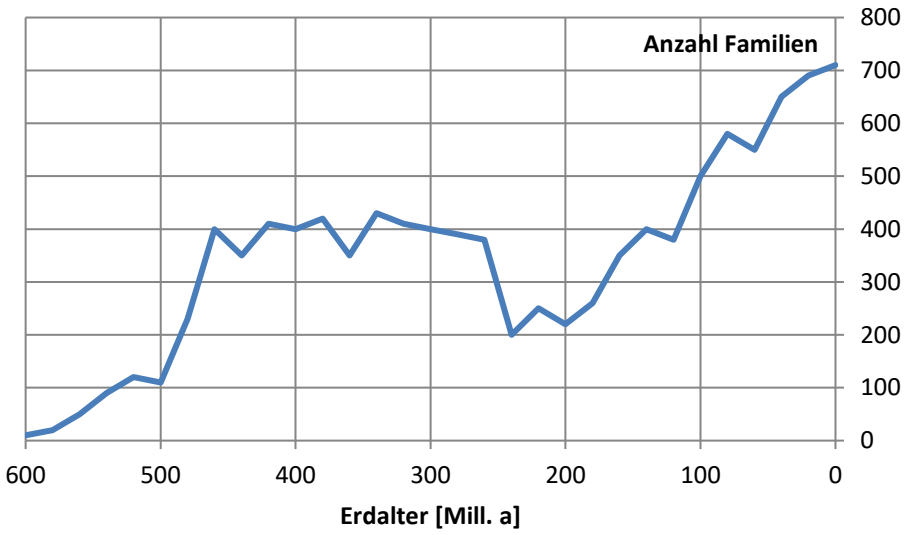
- jedes Team stellt seine gesamte "Evolutions-Zeitleiste" vor, beantwortet Fragen und diskutiert mit den anderen Team's die / deren Zeitleisten
- mögliche Problem- und Frage-Stellungen:
  - Sind die beiden Zeit-Leisten synchron zueinander? Gibt es Skalierungs-Effekte z.B. dadurch, dass die (obere) vorangenommene Zeit-Skala nicht zur (unteren) naturwissenschaftlichen passt?
  - Wurde durch die Korrektur und die umfangreiche Darstellung der Evolution und des Zeitstrahl's die Evolution nun beweisen?
  - Kann man nicht an die Evolution glauben?
  - Welche neuen Erkenntnisse sind bei der Erstellung der Zeit-Strahlen aufgetreten?
  - Worin lagen Irrtümer im Vorfeld / in der ersten Version des Zeit-Strahl's?
  - …
- …

Feedback:

- Was hat Ihnen am Projekt gefallen, was fanden Sie nervig / unangepasst / problematisch?
- Welche Rolle im Team haben Sie übernommen? Wie gut haben Sie die Rolle ausgefüllt? Was würden Sie beim nächsten Mal / Projekt anders machen?
- Wie könnte man das Projekt verbessern, um ev. Probleme / Mißverständnisse usw. usf. noch besser zu begegnen?
- …



Klima-Veränderungen in der Erdgeschichte
Q: de.wikipedia.org (Schönwiese, Christian-Dietrich)



Q: grob nach: KÖNIG, LINSENMAIR: Biologische Vielfalt.-Spektrum der Wissenschaft S. 151

Aufgaben:

1. *Interpretieren Sie das Diagramm zur Klima-Veränderung in der Erd-Geschichte!*
2. *Diskutieren Sie die Frage, ob die relativ geringen Veränderungen in unserer heutigen Zeit überhaupt eine Bedeutung haben!*
3. *Ich vertrete die folgende These: "Im Diagramm zur Biologischen Vielfalt kann man klar erkennen, das von vor rund 450 bis vor 250 (also über 200 Mio. Jahre hinweg) sich scheinbar sehr stabile Verhältnisse mit rund 400 Organismen-Familien eingestellt haben. Die fast doppelt so hohe Anzahl von heute kann ohne größere Probleme wieder auf dieses Niveau reduziert werden. Der Mensch ist hier ein positiver Beschleuniger der sich sowieso durchsetzenden Evolution."*
   Setzen Sie sich mit der These in einem geschlossenen Text auseinander!

gegenwärtiger Artenbestand, weltweit (geschätzt)

Bakterien / Blaualgen	

Pilze	**75'000 – 100'000**
niedere Pilze	
höhere Pilze	

Pflanzen	
Algen	40'000 – 60'000
Farn- u. Blüten-Pflanzen	250'000 – 300'000
Nutzpflanzen	7'000
Heil- u. Nahrungs-Pfl.	50'000

Tiere	
Weichtiere	70'000
Spinnenartige	75'000 – 100'000
Insekten	> 1'000'000
-- Käfer	400'000

5.x. Evolution der Fortpflanzung

Auf den ersten Blick scheint dieser teil der Evolution recht langweilig zu sein. Was ist da schon passiert? Es gab eine Entwicklung von der einfachen Spaltung (von Bakterien usw.) zu einer weiter differenzierten ungeschlechtlichen Fortpflanzung / Vermehrung. Die Entwicklung der geschlechtlichen Fortpflanzung war dann schon ein etwas Gewaltigeres. Da ist der evolutionäre Vorteil aber auch schon heiß diskutiert. Aber sonst?
In Wirklichkeit passiert wohl mehr Evolution im Bereich der Geschlechts-Organe, als irgendwo anders. Selbst in Gattungen, wo sich oft die einzelnen Arten kaum unterscheiden, sind die Penise und Vulven sehr unterschiedlich gestaltet.
Seit vielen Jahrzehnten werden immer mehr Geschlechts-Organe zur Unterscheidung der Arten benutzt. Hier sind die Ausprägungen weit eindeutiger, als bei anderen Merkmalen.
Diese Entwicklung geht derzeit weit an der Schul- und Populär-Biologie vorbei. Das liegt vor allem daran, dass eben die Unterscheidung von Penisen und Vulven bei den meisten Tieren recht kompliziert ist. Bei den meisten Arten sind sie sehr klein und vielfach auch gut versteckt. Da muss ein Tier schon mal getötet werden. Die klassische Bestimmung von Arten – a'la STRESEMANN und BROHMER – orientiert sich mehr an Merkmalen die offensichtlich sind. Maximal wird eine Lupe benutzt.
Und was ist mit Pflanzen? Ja, da tun die Taxonomen es schon. Blüten sind schließlich die Geschlechts-Organe der Pflanzen und sie sind die typischen Anhaltspunkte für die Arten-Klassifizierung. Bestimmungen nur anhand der vegetativen Organe (Wurzeln, Stengel, Blätter) ist ziemlich schwierig bis gar nicht möglich.
Aber eigentlich wissen wir es ja auch, Sex ist eines der spannensten Sachen im Leben. Nur etwas Scham-behaftet eben.

Definition(en): Fortpflanzung
Unter Fortpflanzung (Reproduktion) versteht man die Erzeugung von Nachkommen. Es wird zwischen ungeschlechtlicher und geschlechtlicher Fortpflanzung unterschieden.

Ziel der Fortpflanzung ist im Wesentlichen die Erhaltung der eigenen Art. Dafür ist es i.A. notwendig eine höhere Anzahl von Nachkommen zu produzieren.

vieles deutet auch starke evolutionäre Veränderung bei der Art-Bildung und eine allgemein stabile (langsamere) Evolution während der Klimax-Phase
in der Klimax-Phase erfolgt vorrangig Koevolution um die Merkmale, die die sexuellen Selektion bestimmen
Merkmale, die zur Art-Unterscheidung führen, werden zur Stabilisierung des Gen-Pool's (der neuen, eigenen Art), besonders schnell verändert, damit eine Gen-Mischung mit der alten / parallelen Art möglich gering wird
diese Startegie ist jedenfalls evolutionär bevorteilt
Beibehaltung oder nur geringe Veränderung der neuen Merkmale bringt nur der traditionellen Art Vorteile

Evolution der ungeschlechtlichen Fortpflanzung

Definition(en): ungeschlechtliche Fortpflanzung

Evolution der geschlechtlichen Fortpflanzung

Definition(en): geschlechtliche Fortpflanzung

Bei nicht unterscheidbaren Geschlechtern nutzt man die Bezeichnung Plus (+) und Minus (-).

Definition(en): weiblich
Als weiblich bezeichnet man die Organismen einer Art, die im Vergleich zu den männlichen / anderen größere und weniger Geschlechts-Zellen produzieren. Weibliche Geschlecht-Zellen sind eher durch eine geringe Mobilität gekennzeichnet.

Definition(en): männlich
Als männlich bezeichnet man die Organismen einer Art, die im Vergleich zu den weiblichen / anderen kleinere und viel mehr Geschlechts-Zellen produzieren. Vielfach sind die männlichen Geschlechts-Zellen auch die, die durch eine höhere Mobilität (aktiv oder passiv) gekennzeichnet sind.

(c,p) 2014 - 2026 lsp: dre

bei Tieren Parthenogenese (Jungfrauen-Zeugung)
typisch für Einzeller und Arten, die sich explosions-artig vermehren können
bis zu den Reptilien bekannt

künstlich auch bei Säugetieren möglich: Reizung einer Eizelle mit einer Platin-Nadel
nur begrenzt lebensfähig, genetische Nachteile treten zu 100% auf

bei Pflanzen vegetative Vermehrung genannt und in allen Gruppen bekannt / möglich

typische Formen vegetativer Vermehrung bei Pflanzen:

Sprossung

Ableger

Wurzel-Triebe

genetisch gesehen sind alle durch ungeschlechtliche Vermehrung entstandenen Organismen
Klone

Vorteile	Nachteile
hohe Vermehrungs-raten	
schnelle Ausnutzung von Ressourcen	
nur Mitose notwen-dig	
	keine Anpassung an veränderliche Um-weltbedingungen
	genetisch anfällig

Definition(en): geschlechtliche Fortpflanzung

Vorteile	Nachteile
	relativ geringe Ver-mehrungsraten
	Ausnuzung von res-sourcen zeitaufwän-diger
	Mitose und Meiose notwendig

durch Rekombination kontinuierliche An-passung möglich	
genetisch stabil	

Isogamie und Anisogamie

Definition(en): Befruchtung
Befruchtung ist die Vereinigung von zwei unterschiedlichen – meist haploiden – Gameten zu einer Vermehrungs-fähigen – typischerweise dann diploiden – Zelle.

zuerst gab es keine Geschlechter
die Gameten der unterschiedlichen Individuen (einer Art) waren als Produkte einer Meiose haploid, aber auch gleichartig gebaut. Trotzdem war erst eine Vereinigung (Befruchtung) notwendig, damit sich die (befruchtete) Zelle dann wieder zu einem Individuum heranwachsen kann. Da die Gameten äußerlich nicht zu unterscheiden waren, ist eine Geschlechts-Bestimmung im klassischen Sinn nicht möglich. Die Gameten werden deshalb auch mit (+) und (-) bezeichnet. Trotzdem ist dies schon Sex und eine geschlechtliche Fortpflanzung.

Definition(en): weiblich
Es sind die Organismen weiblich, die (relativ) wenige, größere, und geringer bewegliche Gameten (→ Eizelle(n)) bilden.

Definition(en): männlich
Es sind die Organismen männlich, die (relativ) viele, kleinere, und stärker bewegliche Gameten (→ Samenzellen) bilden.

auf den ersten Blick scheinen bei der geschlechtlichen Fortpflanzung die Nachteile zu überwiegen:

- Meiose als komplizierter Mechanismus zur Reduktion des Chromosomen-Satzes
- Vereinigung der Gameten (Finden eines anderen Gameten, Unterscheidung von eigenen und fremden Gameten, eigentliche Vereinigung)
- Synchronisierung von Fortpflanzungs-Vorgängen (räumlich, zeitlich)
-

(mögliche) Vorteile einer geschlechtlichen Fortpflanzung:

- durch Kombination mögliche Kompensation nachteiliger Gene
- ev. schnelleres Ausmerzen schädlicher Gene in Populationen
- Verbleib von Genen im Gen-Pool, die aktuell zwar nicht, aber später vielleicht Vorteile bringen
- freie / vielfache Kombination von Genen
- ev. schnelleres Konzentrieren von Genen in Familien-Verbänden usw.

Definition(en): Begattung

Koevolution bei der Ausbildung bestimmter Merkmale

Bau von Vagina und Penis
Kontrolle des Weibchen über die Sperma-Auswahl (auch bei mehrfacher oder "unerwünschter" Begattung
Ausräumen der Vagina von fremden Sperma durch das Männchen Penis-Form, Wasser-Spülung bei Haien, …)

sichere Sperma-Übertragung durch direktes Injizieren der Samenzellen in die Körperflüssigkeit (Haemo-Lymphe) bei einigen Insekten-Arten

Rare-Männer-Wahl
Weibchen suchen bei vielen Arten, solche Männchen aus die sich durch besondere Merkmale absetzen (ändere Färbungen, …)
evol. Funktion ist wahrscheinlich, dass nun andere Gene, als sonst üblich, eingemischt werden, wass eben zu Vorteilen für die Nachkommen führen kann

kryptische Damenwahl

Merkmale (z.B. großes Geweih, lange Schwanzfedern, besondere Färbungen, …) werden zufällig Kriterien bei der Selektion durch die Weibchen
meist sind dies Luxus-Merkmale, die nicht unbedingt zum Überleben gebraucht werden, aber wer diese entwickeln kann, scheint über eine besonders große biologische Fitness zu verfügen
(sollte das (durch die Weibchen) zufällig genutzte Merkmal nicht den die biologische Fitness wiederspiegeln oder an seine ("physikalischen") Grenzen stoßen, dann haben Weibchen eine höhere Chance auf potente Männchen, wenn zufälligerweise ein anderes Merkmal beachtet wird)
Betrüger werden schnell entlarvt, sie können die aufwändigen Bildungen im täglichen Überlebenskampf nicht

Paarung mit mehreren Männchen, um genetische Vielfalt auch schon für die eigenen Nachkommen zu ermöglichen

Männchen mit Vorrichtungen zum Entfernen / Abtöten von fremden Samenzellen bevorteilen die eigenen Samenzellen

z.B. bei (A) ist die Vagina im Uhrzeigersinn gedreht, der Penis entgegengesetzt
Penetration nur möglich, wenn Weibchen seine Vaginal-Muskelatur entspannt

Penis mit Bürsten-artigen Gebilden, um z.B. das Sperma eines Vorgängers herauszubefördern
der Eichel des Mannes beim Menschen und der rhythmischen Sex-Bewegung wird eine ähnliche Funktion zugeordnet

Krieg der Geschlechter

Weibchen "wollen" weibliche Nachkommen, Männchen eher männliche
bei schottischen Familien erstmals nachgewiesen
ungewöhnliche Häufung von Nur-Mädchen bzw. Nur-Jungen-Nachkommenschaften auch über mehrere Generationen hinweg
eigene Geschlechts-Chromosomen (X od. Y) kommen dann häufiger in der Nachkommens-Generation vor

Red-Queen-Hypothese

ist Hypothese, welche die eigentlich uneffektive / aufwändige sexuelle Fortpflanzung und das "Wettrüsten" zwischen Arten (z.B. Räuber-Beute, Wirt-Parasit, …) als evolutionär vorteilhafte Prozesse zu erklären versucht
eingeführt (1973) von Leigh VAN VALEN nach einer Figur aus dem Buch "Alice hinter den Spiegeln" von Lewis CARROLL
dort sagt die Rote Königin: "Hierzulande musst du so schnell rennen, wie du kannst, wenn du am gleichen Fleck bleiben willst."
VAN VALEN stellt fest, dass mit steigender Existenzdauer ab einem bestimmten Punkt die Aussterbe-Chance immer unabhängiger wird (sich auf einen konstanten Wert einpegelt)

evolutionsbiologisch interpretiert, um die "eigene" (Art-)Position in der Evolution beizubehalten, muss man sich ständig verändern; nur die das am besten können, überleben (als Art) langfristig / können sich effektiv(er) fortpflanzen

als makroevolutionärer Effekt betrachtet

Stillstand ist aus evolutionärer Sicht immer ein Rückschritt, andere werden sich besser anpassen und damit den Ruhenden übertrumpfen

Veränderungen eines Geschlecht's haben meist Folgen beim anderen Geschlecht

von Weibchen bevorzugte Auswahl-Merkmale (z.B. Länge der Schwanzfeder) bewirkt ein Selektions-Druck bei den Männchen (die mit längerem Schwanz werden bevorzugt und können sich häufiger fortpflanzen)

Definition(en): Red-Queen-Hypothese / Rote-Königin-Hypothese
Die Red-Queen-Hypothese ist eine wissenschaftliche / evolutionsbiologische Hypothese, die besagt, dass die Arten aufgrund des Selektionsdruck's ständig adaptive Anpassungen oder Neuentwicklungen hervorbringen müssen. (Name angelehnt an eine Figur aus "Alice im Wunderland")

die von BARNOSKY aufgestellte Hofnarren-Hypothese (1999) besagt dagegen, dass (Veränderungen der) abiotische(n) Umweltfaktoren die treibende Kraft der Evolution sind

Sexual-Dimorphismus

Beispiele:
Geweih beim Hirsch
Schwanz(federn) beim Pfauen-Männchen

"Signale der Verständigung"

Die auffälligen und eher unpraktischen Schwanzfedern des Pfauen-Männchen werden immer gerne als Zeugnis für die Schöpfung angeführt. Sie sehen schön aus – und das hat der Schöpfer wohl auch im Sinn gehabt, als er die Pfauen-Federn gemacht hat. Denn aus Nutzen-Sicht sind eigentlich nur Nachteil. Das Fliegen erfordert besondere Anstrengungen, Räuber werden eher auf die Männchen aufmerksam und die Bildung solcher Gebilde ist auch noch besonders aufwändig. Alles in Allem also nur Nachteile und sowas ist laut Evolutions-Theorie nicht Bestands-fähig. Aber die Wahrheit ist wahrscheinlich zum einen viel hinterhältiger und zum anderen viel einfacher.
Weibchen und Männchen müssen sich irgendwie finden. Beim Ur-Pfau funktionierte dies sicher auf irgendweine klassische Art und Weise. Aber die Weibchen wollen die besten Gene für ihre Nachkommen. Also müssen sie die Männchen nach irgendeinem oder mehreren sichtbaren (besser wahrnehmbaren) Merkmalen beurteilen. Das könnten z.B. ein Fleck am Hals sein, ein charakteristischer Duft, besondere Flügel oder auffällige Schwanzfedern sein.
Irgendwie verknüpften die Weibchen die gute Gen-Qualität mit dem Merkmal Augen-Federn. In ihnen wurde ein Gen aktiv, das genau die Augen-Schwanzfedern als Qualitäts-Anzeige-Merkmal auserkor. Es hätte per Zufall auch jedes andere wahrnehmbare Merkmal sein können. Von dann an kam es zur typischen Selektion – praktisch einer typischen Co-Evolution (→). Die Weibchen suchten sich die Männchen mit den auffälligsten Schwanzfedern aus. Genau diese Männchen konnten sich also am Erfolgreichsten fortpflanzen. Die Männchen, die trotz der immer größer werdenden Nachteile immer noch die schönsten Augen-Federn bilden konnten, hatten scheinbar auch die besten Gene. Somit wählten die Weibchen auch die richtigen Männchen. Ein Wettrüsten nahm seinen Lauf. Natürlich können die Männchen nicht unendlich große, schöne, auffällige Schwanzfedern bilden – auch wenn sie es gerne (genetisch) wollten. Die Räuber hielten die Entwicklung in Schach.

Interessant ist nun die Frage, warum können nicht auch schlechter genetisch ausgestatte Männchen – quasi als Hochstabler – höchst auffällige Schwanzfedern bilden. Sie müsten doch auch fortpflanzungstechnisch erfolgreich sein. Und hier liegt genau der Knackpunkt, die Hochstabler haben eben nicht die notwenigdige genausstattung für eine gefährdestes Leben mit den auffälligen Federn. Sie werden, weil sie vielleicht zu schlecht fliegen / flüchten können doch von den Räubern erwischt.
Die auffälligen Merkmale müssen also für genau die Qualität stehen, die sie indirekt andeuten. Sind sie das aus einem Grund nicht mehr – z.B. aufgrund anderer Selektions-Richtungen, dann pegelt sich über den wahrscheinlichen bzw. unwahrscheinliche Fortpflanzungs-erfolg irgendwann mal ein anderes Merkmal als entscheidend heraus und das gleiche Spiel beginnt von vorn. Die alten Merkmale werden selektiv reduziert, da ihr positiver Effekt wegfällt und nur noch der negative wirkt.
Un das alles nur wegen Sex!
In der Natur ist es somit i.A. so, dass die Männchen ihre Gen-Qualität zur Schau stellen und / oder u.U. auch in Kämpfen diese Gen-Qualität gegenüber den weibchen zur Geltung bringen. Die Weibchen, denen aufgrund der besonders großen Aufwändungen für das Ei bzw. die Eier und ev. mit der Nachkommenschaft verbundenen Brutpflege die größere Last auferlegt ist, wählen nun besonders sorgfältig aus.

die Komment-Kämpfe sind also Ausdruck der Konkurrenz um die knappe Ress"ource Weibchen" und die Darstellung der eigenen Gen-Qualität

Strategie des Betruges
Weibchen paaren sich mit Brut-Pflege-versprechendem Männchen und gehen einen Seitensprung mit einem anderen – männlicheren – Männchen ein

Viele Forscher interpretieren die häufig lebenslangen Partnerschaften bei Tieren als Kontroll-Mechanismus über die Weibchen.
die Männchen bewachen sozusagen die Weibchen, damit diese nicht fremd gehen können und der Brutpfleger sich nur an "Kuckucks"-Kindern müht

"Schwierigkeiten" in der menschlichen Sexual-Selektion
Weibchen suchen die Männchen aus, die für besonders gute Gene stehen. Also Männer, die genau dem Mannes-Bild entsprechen: sportlich, hart, dominierend, …
Brauchen, und das "weiss" ihre Gen-Ausstattung auch – tun sie ruhige, gesittete, häusliche, unterwürfige, … Männer für die Brut-Pflege. Denn die Männer-Männer sind vielleicht noch während der notwendigen Brut-Pflege treu, aber dannach "sagen" ihne ihre Gene: "Zieh lao und verbreite uns." Es gibt schließlich noch genug weibliches Gen-Material, was nur auf uns wartet.

Strategie des Betruges
in Mittel-Europa ist ungefähr jedes 10. eheliche Kind ein Kuckucks-Kind

vielfach wird von Antropologen die Ehe und das Patriarchat als die Kontrolle der Weibchen und das Verhindern eines Fremdgehens bzw. Unterschieben eines Kuckucks-Kindes interpretiert
ein echtes Matriarchat ist nur bei sehr wenigen Natur-Völkern vorhanden gewesen
eine echte Geschlechter- Gleichberechtigung und die volle Freizugigkeit ist nur bei einem kleinen Stamm / Volk in ??? (Asien, Indien) beobachtet worden
vielleicht auch deshalb die scheinbare oder zumindestens teilweise reziproke Sexual-Selektion beim Menschen mit attraktiven und sich attraktiv machenden Weibchen

die weibliche Brust beim Menschen

besondere Merkmale (im Vergleich zu anderen Säugetieren)

- Lage der Milchdrüsen in der Brust (gemeinsam mit anderen Primaten)
- Vergrößerung während der Schwangerschaft und Still-/Säuge-Zeit (danach ist ein Rückgang üblich); bei Menschen weniger ausgeprägt
- dauerhafte Ausprägung der Brust (mit der Pubertät beginnend); Erhalt über das ganze Leben
-

Theorien zur erweiterten Funktion der weiblichen Brust

- nach der Wasser-Affen-Theorie (MORRIS) als Ersatz-Stimulus / -Sex-Signal durch Übergang vom Vierfüßer zum Zweibeiner
    - ev. auch durch Aufenhalt im Küsten-Wasser verminderte Sichtbarkeit der primären Geschlechts-Merkmale der Frauen
    - ev. beim Übergang von der Hündchen-Stellung zur Missionars-Position als Ersatz-Signal für Hintern
    - gilt als unwahrscheinlich (rundlicher Po und die zugehörigen Muskeln haben sich wahrscheinlich erst später stärker ausgeprägt)
- (ev. zufälliges) Selektions-Signal (für die Wahl der Weibchen durch die dominanten Männchen (in Gruppen)
    - gilt als unwahrscheinlich (Männchen sind eher nicht das wählende Geschlecht)
- Fruchtbarkeits-Signal
    - in Kombination mit höherem Fett-Anteil im Körper in der nach-glazialen Zeit
    - höherer Fett-Anteil im Körper ist förderlich für Östrogen-Bildung und damit für die weibliche Fruchtbarkeit
    -

Die Pille und das Sexual-Verhalten

ohne Pille finden sich weibliche Frauen und die männlichen Männer (rau, sportlich, aggressiv / dominierend,) attraktiver

weil es aber – wegen Karriere, Lebens-Planung, Selbst-Findung / -Verwirklichung, …, Gefühl, vielleicht was zu verpassen und so – noch kein Nachwuchs gewünscht wird, wird die Pille als Verhütungsmittel eingesetzt.

Entkopplung von Sex und Fortpflanzung

Wirkung der Pille → Schwangerschaft

nun wirken die Gene, die Männer mit eher weiblichen / häuslichen Attributen (zuverlässig, weniger aggressiv, hilfsbereit, sozial, monogam, unterordnend, kooperativ) bevorzugen

bei Studie in Dänemark hat man festgestellt, dass ungefähr 10 % der in der Ehe geborene Kinder nicht von den Ehe-Männern stammen

> Seit ich weiss, dass jeder Zweite fremdgeht, frage ich mich ernsthaft, wer das nun ist, meine Frau oder meine Freundin.

weltweit bestätigt (auch in streng gläubigen Ländern oder Ländern mit harten Regeln / Strafen für Fremdgehen) (nur geringe Abweichungen bei der Prozentzahl beobachtet)

von der äußeren zur inneren Befruchtung

Vorteile (innere Befruchtung):

- stabile Bedingungen für Ei und Samen
- mögliche Auswahl des Geschlechts-Partner (wahrscheinlich entscheidender Faktor!)
- …

Nachteile (innere Befruchtung):

- notwendige paarige Begattung (z.B. Anpassung von Penis und Vagina, …)
- Anpassung von Verhaltensweisen (z.B. Balz, …)
- …

Eier-Legen oder Lebend-Gebären

Eier-legend (ovipar; → Oviparie)

Ei-Lebend-gebährend (ovovivipar; → Ovoviviparie)
Dotter-reiche Eier werden im Inneren befruchtet und im Körper ausgebrütet
bekanntester Vertreter vielleicht: Zierfische Guppy, Schwertträger, Black Molly, Platy
sonst auch relativ weit verbreitet bei

- Knorpelfische ()
- Knochenfische (→ z.B. die genannten Zierfische, …)
- Reptilien (Strumpfbandnatter, fast alle See-Schlangen, viele Chamäleons,

Lebend-gebärend (vivipar; → Viviparie)

(s) Littorina saxatilis (A) Kleine Standschnecke auch *Raue Strandschnecke*
Populationen, die Eier legen und solche, die lebend-gebärend sind
ungefähr 50 genetische Veränderungen für den Übergang notwenig
betrifft Gene für:

- Morphologie
- Anatomie
-
- Immunität
- Verhalten
- …

Evolutions-Vorteile:

- besserer Schutz vor …
  - Fressfeinden
  - veränderlichen Umweltbedingungen (Sonnenlicht, Temperatur, (Luft-)Feuchtigkeit, …)
  - widrige Umweltbedingungen (heftige Wellen-Bewegungen, Stürme, …)
- optimalere Befruchtung
- …

Reproduktions-Strategien

Definition(en): r-Strategie
Unter der r-Strategie versteht man die Vermehrungs-Strategie, mittels großer Nachkommenszahlen die bestehenden (meist recht konstanten, erwartbaren) Umweltbedingungen eines Ökosystems optimal auszunutzen. (Das **r** steht als Synonym für die Vermehrungs-Rate / Reproduktions-Rate in (mathematischen / kybernetischen Populations-Modellen.)

Definition(en): K-Strategie
Unter der K-Strategie versteht man die Vermehrungs-Strategie, mittels weniger, aber gut ausgebildeter / gepflegter, Nachkommen die bestehende Umwelt-Kapazität auch bei schwankenden / veränderlichen Umweltbedingungen optimal auszunutzen. (Das **K** steht als Synonym für die Umwelt-Kapazität / Obergrenze in (mathematischen / kybernetischen Populations-Modellen.)

	r-Strategie	K-Strategie
Beispiele	Bakterien, Parasiten, Insekten, Fische	viele Vögel; viele Säugetiere, (Primaten, Wale, Elephanten)
(Geschlechter-Zuordnung)	Männchen	Weibchen
Reproduktions-Rate	hoch	gering
Anzahl der Nachkommen	hoch	gering
Brutpflege	gering	hoch, ausgeprägt
Populations-Größe	hoch, meist schwankend	gering, meist konstant
Zeit bis Geschlechtsreife	kurz	lang
Eigenständigkeit der Nachkommen	hoch	gering

Definition(en): Fitness
Unter der (biologischen) Fitness versteht man im Wesentlichen die Fähigkeit (möglichst viele) – wieder reproduktiv aktive – Nachkommen zu zeugen. (In den verschiedenen Teil-Disziplinen und auch in verschiedenen Wissenschafts-Schulen werden z.T. recht unterschiedliche Sachverhalte mit diesem Begriff assoziiert / gemeint / betrachtet!)

Fitness-Maximierung

Sind Weibchen und Männchen gleich?

Investitionen in die Vorbereitung der Paarung

- Herausbildung von morphologischen Merkmalen zur Geschlechts-Differenzierung
- Herausbildung spezieller Geschlechts-Organe
- Bildung von Makro- und Mikro-Gameten (z.B.: Ei- und Samen-Zellen)
- Revier-Bildung und –Verteidigung
- Nest-Bau / Vorbereitung für Brutpflege
- Partner-Suche; Paarungs-Rituale, Balz, …
- Aufwand für Symbiosen, …
- Kampf gegen Geschlechts-gleichen Rivalen

Aufwand nach der Paarung (→ Brutpflege)

- Ausbrüten der Eier / Wärmen der Nachkommen / Frisch-Wasser oder –Luft-Zufuhr

- Ernährung der Eier / Samen-Anlagen
- Pflege der Nachkommen
- Revier-Verteidigung
- Verteidigung gegen Freßfeinde

Gesamt-Aufwand GA für die Weibchen: $GA[W] = I[W] + A[W]$
ist die Summe der Investitionen (vor und mit der Paarung) sowie dem Aufwand nach der Paarung
für die Männchen gilt entsprechend: $GA[M] = I[M] + A[M]$
idealerweise sollte $GA[W] = GA[M]$ sein also: $I[W] + A[W] = I[M] + A[M]$

Aufwands-Matrix

		Männchen an Brutpflege beteiligt? ja	**Männchen an Brutpflege beteiligt?** nein
Weibchen an Brut-Pflege beteiligt?	ja	GA[M] / GA[W]	I[M] / GA[W]
	nein	GA[M] / I[W]	I[M] / I[W]

Ertrags-Matrix

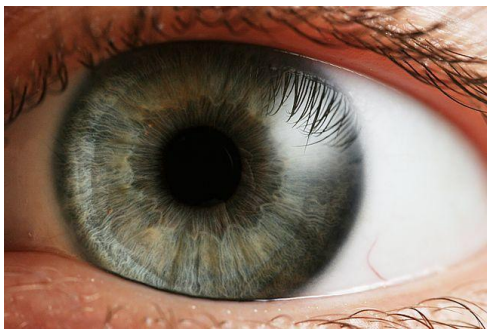
		Männchen an Brutpflege beteiligt? ja	**Männchen an Brutpflege beteiligt?** nein
Weibchen an Brut-Pflege beteiligt?	ja	1 / 1	1 + ZE[M] / 1
	nein	1 / 1 + ZE[W]	0 / 0

ZE ist der Zusatz-Ertrag, welcher dem anderen Geschlecht über den Aufwand hinaus zukommt
dieser entsteht dadurch, dass der andere Partner für die Brut sorgt
theoretisch ist es also von Vorteil sich nach der Paarung aus dem Staub zu machen, um sich neue Geschlechts-Partner zu suchen
gilt natürlich nicht für Weibchen, die die Brut schwangsläufig in sich austragen müssen (z.B. Säuger)
praktisch ist es immer so, dass das Weibchen auf seine Makro-Gameten mehr pro Einheit investiert als die Männchen (Mikro-Gameten sind i.A. Massenware)
letztendlich verliert ein Weibchen, was keine Brut-Pflege betreibt mehr als ein Männchen ohne Beteiligung
somit ist auch der Zusatz-Ertrag (Zusatz-Gewinn) für die Männchen immer größer als für die Weibchen $ZE[W] < ZE[M]$
evolutionäre Strategie der Weibchen sollte es also sein, die Männchen an sich oder an die Brut zu binden

5.x. Evolution des Auges / Lichtsinns

Hinweis Sehen bedeutet nicht das Erkennen von Objekten usw. sondern das Erfassen von optischen Reizen und die sinnvolle Reaktion darauf

Auge ist gern Muster-Objekt für Kreationisten. Ihre Argumentation ist dabei wie folgt. Ein Auge funktioniert nur, wenn alle Teile (Linsen, Rezeptoren, Verschlüsse, …) optimal zusammenpassen. Funktioniert ein Teil nicht, oder fehlt es, dann ist auch das gesamte Auge Funktions-los – also unsinnig. Praktisch wäre das dann ein evolutionär nachteilige Bildung. Da Augen aber sehr komplex sind, müssten sie durch viele Mutationen auf einmal entstanden sein.

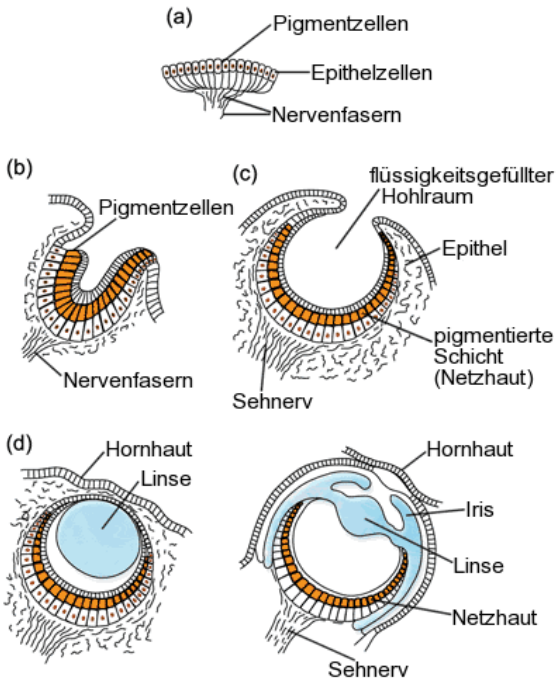


menschliches Auge
Q: de.wikipedia.org (che (Petr Novák))

Kreationisten ignorieren die Möglichkeit der klein-schrittigen Hin-Entwicklung zu Auge. Schon ein kleiner Augenfleck, der nur Hell und Dunkel (auch ohne Richtung) unterscheiden kann, kann ein evolutionärer Vorteil sein. So kann das für alle Teile und Verbesserungen gesehen werden. Wird auch durch Fossilien und Gen-Untersuchungen belegt. Bei höheren, nahe verwandten Arten findet man z.B. das gleiche Schalter-Gen (PAX-6) für Augen- oder Nicht-Augen-Bildung.

völlig Verschiedenes Hell- und Dunkel-Sehen, Farb-Sehen, Kontrast- und Bewegungs-Sehen entwickelt
stark von der Hirn-Entwicklung abhängig

Augen bzw. Lichtsinnes-Organe sind evolutionär wahrscheinlich ungefähr 40 mal weitgehend unabhängig entstanden.

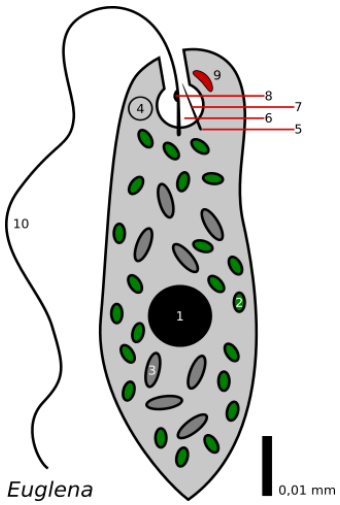


Progressionsreihe zur Evolution des Auges
(a) Pigment-Fleck (b) pigmentierte Vertiefung
(c) Augen-Becher (Seeohren)
(d) Linsen-Auge (Meeresschnecken)
Q: de.wikipedia.org (Trockennasenaffe)

insgesamt einer der alten evolutionären Entwicklungen
Orientierung und Erkennung von Nahrung und Feinden hat primäre Bedeutung für Organismen

in unterschiedlicher Form und Ausprägung bei Pflanzen, Pilzen und Tieren
bei Bakterien / Blaualgen nicht unabhängig von Photosynthese

einfachster Licht-Rezeptor bei (g) Euglena (photosynthetischer Einzeller mit Geißel)



Euglena mit Augenfleck (9)
Q: de.wikipedia.org (Shazz)

bei Würmern breite Verteilung von Licht-empfindlichen Zellen über die Körper-Oberfläche
gezieltes Hell-Dunkel-"Sehen"

Quallen und Polypen besitzen schon an wenigen Punkten gesammelte Sinneszellen
mit Netz-förmigen Nervensystem ist schon seitliche Orientierung möglich / ev. Rückzug bei plötzlicher Abschattung durch Räuber denkbar
heute auch bei einigen Muscheln

Augen (schwarze Punkte) auf dem Mantel einer Kammmuschel
Q: de.wikipedia.org (Svdmolen)

einige Schnecken und Strudelwürmer besitzen Pigment-umhülte Einstülpungen (→ Pigment-becher-Augen), die schon eine Richtungs-Orientierung zulassen
Größe der Öffnung bestimmt optische Auflösung und Empfindlichkeit (Blenden-Effekt)
je kleiner die Öffnung, umso schärfer die Abbildung aber auch umso Licht-bedürfiger ist das Auge

andere Quallen und Napfschnecken besitzen Linsen-Auge (→ Gruben-Auge)
erste Linse vor ungefähr 500 Mio. Jahren in Facetten-Augen bei Trilobiten

ein Blasen-förmiges Gruben-Auge findet man bei Hohltieren, Schnecken, Tintenfischen
Typ Loch-Kamera
auch ungefähr vor 500 Mio. Jahren bei Perlboote (Kopffüßer; *(f) Nautilidae*)
relativ schafes Bild, aber auch Licht-unempfindlich (große Lichtstärke benötigt)
ermöglicht Bewegungs- bis Bild-Sehen

Loch-Auge bei einem Perlboot
Q: de.wikipedia.org (Hans Hillewaert)

Linsen-Auge eines Uhu
Q: de.wikipedia.org (Woodwalker)

inverses Linsen-Auge der Wirbeltiere sammelt Licht über Linse, Iris ist Blende zur Regulation der Lichtstärke im Auge; relativ Licht-empfindliche Sinneszellen sind auch von Pigment-Schicht umhüllt / abgedeckt

Linsen-Auge der Tintenfische ist revers

Komplex-Auge der Insekten als reverses Auge

Facetten-Auge einer Schwebfliege
Q: de.wikipedia.org (Richard Bartz, Marko Freak)

bei der Art *Astyanax mexicanus* (Höhlenfisch) gibt es eine Fluss- und eine Höhlen-Form
die Fluss-Form hat normal entwickelte Augen
die isoliert lebende Höhlen-Form hat keine Augen
(Nicht-Entwicklung auf Grund mindestens eines Gen-Defektes hat für sie keine negative Wirkung (eher evol. Vorteil (Ressourcen-Ersparnis)))

5.x. Evolution des Verhaltens

Verhalten

kann vererbt werden, z.B. Reflexe, Instinkte, …
viele Verhaltens-Muster werden gelernt oder aus vererbten angepasst

genetisch determiniertes Verhalten

schwer vom freien verhalten abzugrenzen, weil auch noch moralische Bewertung erfolgt

Beispiel Sexualstraftäter, es scheint bei einigen schwer innerlich determiniert, ob vollständig ererbt ist dabei oft strittig, aber die meisten (nicht-betroffenen) Menschen halten es für kontrollierbar

Definition(en): Verhalten

3.x.y. Altruismus

Altruismus als Verhaltensweise und Egoismus der Gene (Kampf ums Überleben) scheinen ein sehr großer Widerspruch zu sein
vielfach auch als "Gegen-Beweis" für Evolutions-Theorie benutzt

"Das egoistische Gen" nach DAWKINS (19 -)

Verwandten-Selektion nach HAMILTON (19 -)

reziproker Altruismus nach TRIVERS
Robert TRIVERS (1943 -)
1973 vorgestellt
Altruismus dann vorteilhaft, wenn er sich an Individuen orientiert, die ihn wahrscheinlich erwidern
z.B. bei Fledermäusen, die immer die gleichen Schlafplätze in einer Höhle nutzen; Altruismus gegen Schlaf-Nachbarn bringt was, da irgendwann die Nachbarn auch altruistisch sein können / müssen

(c,p) 2014 - 2026 lsp: dre

die Vampir-Fledermäuse, die den reziproken Altruismus betreiben haben ein deutlich größeres Gehirn als vergleichbare Fledermaus-Arten. Außer noch beim Menschen scheint der reziproke Altruismus nur sehr selten in der Natur vorzukommen.

"Tit for tat"-Strategie nach AXELROD
Robert AXELROD (1943 -)
(Computer-)Simulationen um Strategien bei einfachen Spielen (die aber an Real-Situationen orientiert waren)
Spiel: Gefangenen-Dilemma

Denk-Modell (Spiel-Situation und –Regeln):
Zwei Klein-Kriminelle, die ev. auch zukünftig als Päarchen immer wieder auf Raubzug gehen und damit in die gleiche Situation gelengen können. Sie wurden nach einem Raubzug geschnappt, haben die Beute aber vorher versteckt. Bei der Polizei werden sie nun verhört. Die Polizei bietet beiden unabhängig voneinander einen "Kronzeugen-Diel" an.

Punkte-Gewinn	kooperieren	deflektieren
kooperieren	3 / 3	5 / 0
deflektieren	0 / 5	1 / 1

Wenn einer den anderen verpfeift, dann bekommt der Kronzeuge die Freiheit (5 Punkte) und der andere geht in den Knast (0 Punkte).
Halten Sie beide dicht, dann können sie sich die Beute nachher teilen (jeder erhält 3 Punkte).
Verraten Sie sich gegenseitig, dann gehen sie beide in den Knast (jeder bekommt 1 Punkt).

zwei besonders erfolgreiche Strategien: "Immer dagegen" () und "Wie du mir, so ich dir" (Tit for tat)
die erste Strategie verkörpert den absoluten Egoismus, sie nutzt die Kooperation anderer aus und wenn es nichts auszunutzen gibt, dann gibt sie sich mit dem minimalen Punktgewinn (es sit wenigestens einer) zufrieden
Die völlig entgegengesetzte Strategie "Immer kooperieren" hat nur in bestimmten Umgebungen und Partnern eine Erfolg. Sie ist maximal altruistisch und wird logischerweise von mehr oder weniger deflektierenden Strategien ausgenutzt. Die Verluste (besser nicht erreichte Punkte) sind doch beachtlich.
Einen altruistuistischen Kern hat "Tit for Tat". Diese Strategie bietet zuerst die Kooperation an, in der Hoffnung, dass der Partner gleiches tut. Wird diese Kooperation erwidert, ist es der Anfang einer Geschichte, die gut ausgehen kann. Für den Fall, das der Partner deflektiert, antwortet die Strategie beim nächsten Zug ebenfalls mit einer Deflektion. Jedes Kooperieren wird ebenfalls beim nächsten Zug erwidert. Somit wird kooperieren belohnt und deflektieren bestraft – eine sehr effektive Strategie.
"Tit for Tat" entspricht dem reziproken Altruismus, der (aber) in der Natur im Wesentlichen nur bei Vampir-Fledermäusen und den Menschen vorkommt.

5.x. Viren und Evolution

Da Viren für ihre Vermehrung auf Wirts-Organismen angewiesen sind, ist ihre Entstehung / Evolution besonders interessant.

bei Säugetieren sind über 300'000 Viren-Arten bekannt

Grundsätzlich gibt es derzeit zwei konkurrierende Ansätze. Im ersten Ansatz geht man davon aus, dass sich Viren als "Kristallisations-Objekte" schon in der Ursuppe gebildet haben und somit / oder dadurch so eine Art erster, primitivster "Lebenform" waren. Diesen Ansatz vertreten z.B. D'HÈRELLE (1924) und LUCIA (1960). Im anderen Ansatz gehen die Wissenschaftler davon aus, dass sich die Viren aus sehr einfachen Bakterien oder ähnlichen Microorganismen "zurechtgeschrumpft" haben.
Heute sind mindestens drei Theorien, die sich aus diesen Grund-Ansätzen ableiten, in der breiteren Diskussion.
Die erste Theorie ("Virus first") geht von einer Enstehung der Viren zu den Zeiten der Entwicklung der ersten Lebewesen aus. Kleine selbstständige Reproduktions-Einheiten - ev. aus wenigen Proteien und RNA-Molekülen (→ Hyper-Zyklus; Theorie vom egoistischen Gen) - existierten in der Ursuppe und vermehrten sich darin. Nebenbei entstanden aus anderen ab- und eingeschlossenen Reproduktions-Systemen die ersten lebenden Zellen. Die kleinen missbrauchten dann irgendwann die erweiterten Fähigkeiten der komplexeren Systeme und es entstand eine parasitäre Beziehung. Durch Coevolution - also gegenseitiges Beeinflussung der weiteren Evolution beider Systeme - entstanden dann aus den kleinen Reproduktions-Einheiten die / einige Viren.
Die Degenerations-Theorie (od.a."Reduktions-Hypothese") geht davon aus, dass sich die ersten / einige Viren aus primitiven Microorgansimen ableiten. Diese Microorganismen verloren wahrscheinlich mehrere wichtige Stoffwechsel-Funktionen und waren dadurch auf die Nutzung fremden Ressourcen angewiesen. Nach und nach verloren sie alle eigenen Stoffwechsel-Funktionen und behielten praktisch nur noch das Notwendigste für die eigene Reproduktion unter Ausnuntzung der Fähigkeiten ihrer Wirte.Die Virionen stellen quasi ihre "Sporen" bzw. "Samen" dar.
Einen anderen Entwicklungs-Weg sieht die dritte Theorie (LURIA (1960); Flucht-Hypothese). Bei ihr werden Zell-eigene RNA-Abschnitte, die sich immer mehr verselbstständigt haben als Viren-Entwicklungs-Quelle gesehen. Die eigenständig gewordenen, parasitären RNA-Sequenzen vervielfältigten sich dann unabhängig vom Zell-Zyklus (→ Mitose). Evolutionär war es dann für sie vorteilhaft, wenn sie mit Proteinen umgeben waren.
An diese Hypothese schließt auch eine heute immer stärker diskutierte Theorie an, die Chimären-Hypothese. Sie geht ebenfalls von abtrünniger DNA aus und meint dabei vor allem die sogenannten springenden Gene (Transposons). Diese kommen im genetischen Material vieler Organismen vor. Die DNA-Abschnitte wandern innerhalb des genetischen Material's, selten verlassen sie sogar die Zelle, aber auch den Organismus. Sie können sogar auf andere Arten übergehen.
Die Funktion der Transposons ist umstritten. Meist haben sie keine bekannte Funktion, können aber durch das Wandern an neue Positionen Gene mutieren lassen. Eine mögliche evolutionäre Konsequenz sind ev. Gen-Verdopplungen. Die verdoppelten Gene können sich dann unabhängig voneinander evolutionär weiterentwickeln und unterschiedliche Funktionen übernehmen. Der Vorteil liegt darin, dass die ursprüngliche Funktion bei einem Gen beibehalten werden kann, das andere Gen aber nach Mutationen nun neue Funktionen realsieren kann. Die Evolution kann quasi bei einem halb-fertigen Produkt anfangen und es nun in eine andere Richtung optimieren.

Viren haben ein extrem schlechtes Image (Krankheiten, "Killer", "Schädling", …) bei uns Menschen, aber auch unter den Biologen
Ausgrenzung als Nicht-Lebewesen bringt eher wissenschaftliche Probleme mit sich
praktisch werden ihnen nur negative Merkmale / Wirkungen zugeschrieben

1983 postulierte der große Biologe MEDAWAR noch, dass Viren "schlechte Nachrichten eingewickelt in Proteine" sein

heute ist bekannt, dass sie eine wichtige Rolle bei der Evolution der Säuger, aber auch der der Gehirne gespielt haben

Relativ neu und vor allem überraschend war die Entdeckung von Riesen-Viren. Diese sind größer als kleine Bakterien, was für sich schon ungewöhnlich ist. Sonst liegen die Größen-Unterschiede bei mindestens 2 Zehnerpotenzen. Es wird Mimivirus genannt.
Noch ungewöhlicher ist der Riesen-Bestand an Genen und genetischem Material. Während das genetische Material eines "normales" Virus zwischen 10'000 und 200'000 Basen-Paaren liegt, besitzen die Riesen-Viren 1'2000'000 Basen-Paare. Diese Befunde stützen sehr stark die Reduktions-Theorie der Viren-Entstehung.

FONTERRE sieht den Zellkern, wie auch ev. die Zellwände und die DNA selbst, als evolutionäre Abwehr-Systeme gegen Viren.
Die Wirte gewinnen in der co-evolutionären Situation aber auch. Sie übernehmen Gene und nutzen diese nach evolutionären Anpassungen für sich.

Andere Forscher sehen in den übernommenen Genen eher soetwas wie "Geschenke" der Viren an die Wirte. Die eigentlich parasitären Viren schaden den Wirten normalerweise. Nur einige wenige Wirte überleben z.B. agressive Viren-Angriffe. Die resistenten Wirte würden die Weiterexistenz des Virus gefährden. Mit ihrem "Gast-Geschenk" (quasi so etwas, wie eine Einmiet-Gebühr) machen sie sich solange unverzichtbar, wie sie einen Vorteil für den resistenten / bevorteilten Wirt bringen. Irgendwann werden dann die "Gast-Gene" in das Wirts-Genom übernommen und der Prozess beginnt wieder von vorn.
Das genetische Material der Viren kann aber auch in den Wirts-Zellen lange Zeit inaktiv bleiben. Wir sprechen von Retro-Viren. Ihren "Lebens"-Weg haben wir mit dem lysogen Zyklus schon vorgestellt (→ 🕮 **Cytologie + Genetik (2)**).

Im menschlichen Genom sind 20 solcher Gene gefunden worden. Diese haben essentielle Bedeutung für das Dasein als Säugetier.
Die Proteien Syncytin-1 und Syncytin-2 sind dafür ein Beispiel. Sie sind mit dafür verantwortlich, dass sich eine Plazenta ausbildet und sich die befruchtete Ei-Zelle in der Gebärmutter einnisten kann. Denn sachlich gesehen, ist die Ei-Zelle ein immunologischer Fremdkörper.
Ursprünglich diente das Protein Syncytin-2 (gemeint ist natürlich der Vorläufer) dazu, das Einschleusen des Virus in die Virus-Zelle zu begünstigen.
Ein anderes Beispiel ist das Gen ARC. Bei Säugetieren – und mindestens auch bei Fliegen – ist das Gen in Nerven-Zellen aktiv. Das Speichern von Informationen ist von der Ausbildung von Virus-ähnlichen Gebilden mit innen-liegender RNA verbunden. Die Gebilde passen sehr gut zu einem endogenen Retrovirus(HERV-K).
HERV-K ist scheinbar sehr weit in unserem Genom verbreitet (rund 700x). Viele dieser Gene steuern die Aktivität von anderen "normalen" Genen (mindestens 300).

Menschliche endogene Retro-Viren werden auch HERV's genannt. Dies steht für **H**uman **E**ndogenous **R**etro**v**iruses.

Eine große Bedeutung wird den Viren auch bei der Gen-Übertragung von Art zu Art zugesprochen. Vielleicht sind Viren sogar ein wichtiger Evolutions-Faktor.
Wirte, die Viren enthalten, die irgendwann mal die Art-Grenze überspringen können, werden Reservoir-Wirte genannt.
Die Geschichte des SARS-Cov-2 ist der Sprung von einem Wirt (wahrscheinlich ein Schuppentier) auf den Menschen. Dieser ist nicht gegen den Virus geschützt und die Katastrophe nimmt seinen Lauf. Biologisch gesehen ist es eine Erfolgs-Geschichte für den Virus: neuer Wirt und extrem große Verbreitung.
Corona-Viren mit ihren rund 30'000 Basen-Paaren müssten eigentlich stärker mutieren. Sie besitzen aber Korrektur-Mechanismen, die nur relativ wenige Mutationen durchlassen. Desweiteren rekombinieren sich u.U. die RNA-Moleküle von verschiedenen Viren-Stämmen, wenn diese gemeinsam in einer Zelle aktiv wurden.

Manche Viren schleusen oder hinterlassen ihre / bestimmte Gene in Geschlechts-Zellen. Dadurch kommt es zu einer Weiter-Vererbung dieser Gene an die Nachkommen der Wirte. Man nennt sie endogene Retro-Viren.

Aus modernen Gen-Sequenzierungen können molekular-genetische Kladogramme abgeleitet werden. Danach sind die Viren sogar Vorläufer der Archäen und der wenig später entstandenen Procyten.

RNA-Viren sind potentiell gefährlicher, da sich bei ihnen Mutationen schneller auswirken. Bei DNA-Molekülen besteht immer eine gewisse Chance für eine Korrektur einer Punkt-Mutation.

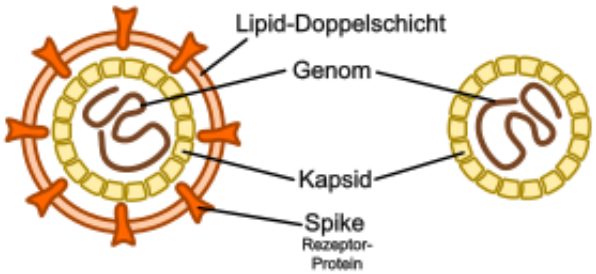
zusätzliche Quellen:

QUAMMEN, David: Wie Viren unsere Welt prägen.-IN:National Geographic; Februar 2021.-S. 56 ff

Viren werden oft mit anderen probiotischen Strukturen - wie Prionen. Rikettien, … - sowie mit Bakterien über einen Haufen geworfen.
Sachlich sind alle deutlich voneinander abgegrenzt.
Nebenstehende Gegenüberstellung gibt einen vereinfachten Überblick.

	Prion	Virus	Bakterium
zellulärer Grund-Aufbau	nein	nein	ja
Lebewesen	nein	nein	ja
Größe	0,01 - 0,015 µm 10 - 15 nm 20 - 50 kDa	0,02 - 0,3 µm 20 - 300 nm	0,1 - 700 µm
Bau, stoffl.	Protein	Proteine Nukleinsäure (Lipide) ((Glycoside))	Wasser Proteine Nukleinsäure Lipide Kohlenhydrate …
Stoffwechsel	beeinflusst Wirt	fremder (vom Wirt)	eigener
Vermehrung	nur in Wirts-Zelle	nur in Wirts-Zelle abhängig	Spaltung Sprossung eigenständig
Medikamente dagegen		Virostatika	Antibiotika

Bau



Einteilung erfolgt vor allem nach der Art des genetischen Material's
DNA oder RNA und bei den RNA-Viren gibt es welche. die den codierenden Strang und andere, die den komplementären Strang als genetisches Material enthalten
man spricht hier von unterschiedlicher Polarität. Positive Polarität bedeutet, dass eine direkte Translation möglich ist. Bei Viren mit negativer Polarität muss das Viren-Genom zuerst in das Komplement gewandelt werden.

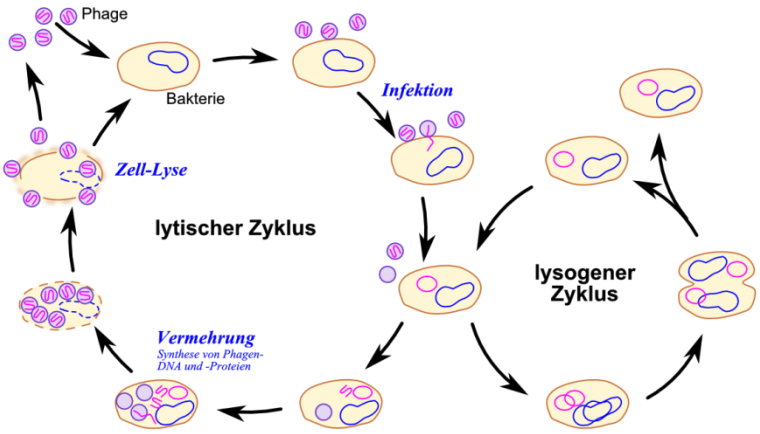
Genom enthält u.U. Gene für:

- **RNA-Polymerase**
- **Reverse Transkriptase** — Umwandlung des Viren-RNA in Wirts-gebräuchliche mRNA
- **Integrase (I)** — Einbau der Viren_gene in das Wirts-Genom
- **Protease(n)** — Zerlegen des Vorläufer-Protein's in die Funktions-Proteine (s.a. folgende)
- **Helicase** — Entwirren des genetischen Material's
- **Spike-Protein (S)** — Oberflächen-Rezeptor zur Erkennung der Oberflächen-Proteine des Wirt's
- **Envelope-Protein (E)** — Protein, welches das Eindringen des Virus in den Wirt steuert
- **Membran-Protein (M)** — realisiert bestimmte Bau-Strukturen der Viren-Umhüllung
- **Nukleocapsid-Protein (N)** — umhüllt z.B. das genetische Material

Vermehrung

zwei Möglichkeiten
im lytischen Zyklus kommt es zur direkten und massenhaften Vermehrung mit Freisetzung

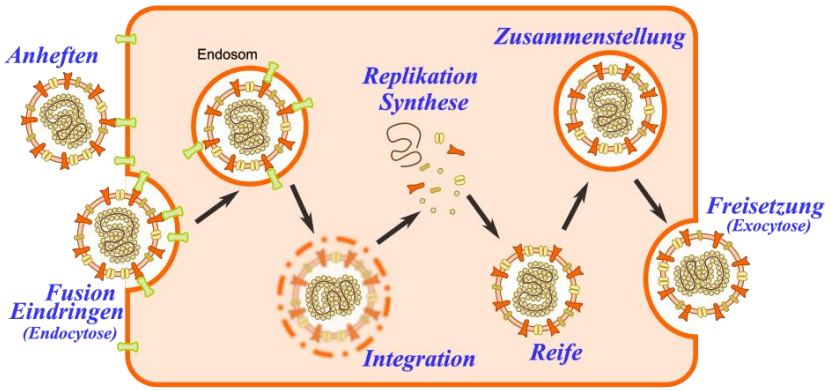
der lysogen Zyklus ist durch eine geringe und verdeckte Reproduktion zusammen mit dem Wirts-Genom gekenn-zeichnet



der Virus ist nicht - zumindestens in Bezug auf seine Vermehrung - nicht aktiv innerhalb der Zelle kannn der Virus aber ohne weiteres Wirkungen haben

Ablauf / Phasen:

1. Infektions-Phase
2. Latenz-Phase
3. Synthese-Phase
4. Reifungs-Phase
5. Freisetzungs-Phase

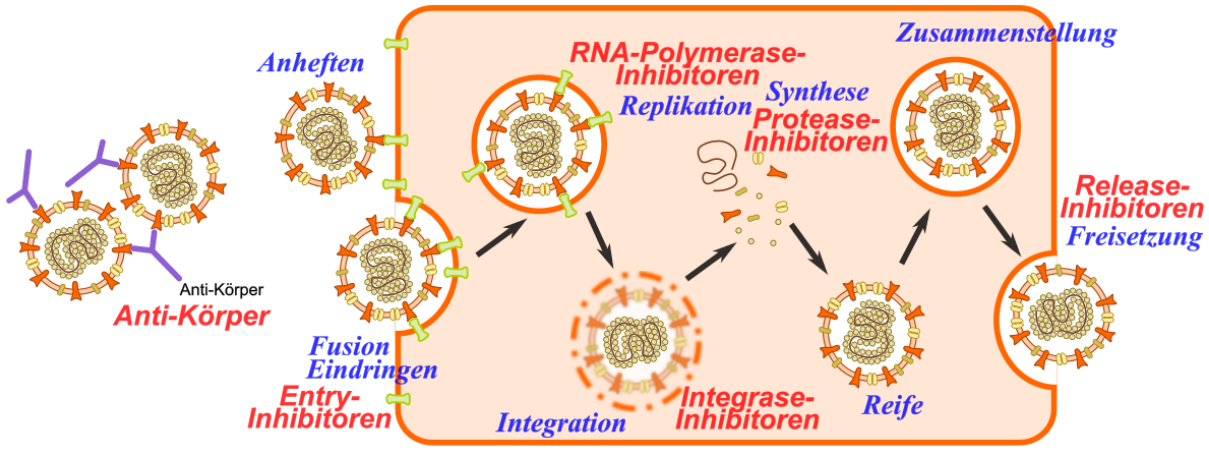


die Menge des genetischen Material's ist durch Größe der Kapside meist begrenzt
dadurch Gene recht dicht auf genetischem Material

nach einer eventuellen Transkription (bei DNA-Viren) oder der Umarbeitung (bei einigen RNA-Viren) kommt es zur Translation unter Ausnutzung der Ressourcen der Wirts-Zelle
viele Viren-Genome kodieren ein Vorläufer-Protein, dass nach der Synthese von den Viren-Proteasen in die eigentlichen Viren-Proteine (für Capsid, Synthese, Steuerung / Manipulation, …) zerschnitten wird

viele Viren auch durch die Blockade der Rezeptoren auf der Wirts-Zellmembran schädlich
z.B. greift SARS-CoV19 (Virus der Pandemie von 2020) die ACE2-Rezeptoren in den Lungenbläschen an
Der ACE2-Rezeptor (Angiotensin Converting Enzym 2) ist u.a. für den Abbau von Angiotensin II verantwortlich, dass einer Blutdruck-Steigerung entgegenwirkt. Außerdem hat der ACE2-Rezeptor eine wichtige Funktion als Entzündungs-Hemmer. Ist der Rezeptor nicht vorhanden oder funktions-fähig, kann es zu einer verstärkten Entzündungs-Neigung kommen. Das Ergebnis kann dann eine CoVID-19-Erkrankung sein.

Mensch kann durch Ausnutzung verschiedener Angriffs-Punkte (in folgender Abbildung rot notiert) einen Virus in seiner Vermehrung beeinflussen



praktisch haploides genetisches Material
wenige eigene Gene

Problem der Veränderung von Genen beim Wirt (z.B. Oberflächen-Proteine)

keine Rekombination

kein horizontaler Gen-Austausch mit anderen Arten
ev. Gen-Austausch mit genetitschen Material vom Wirt denkbar

Mutations-Rate rund 1'000x größer als bei Bakterien (Bakterien haben wiederum eine 1'000x stärkere Mutations-Rate als wir Menschen

grob kann die verallgemeinert werden:

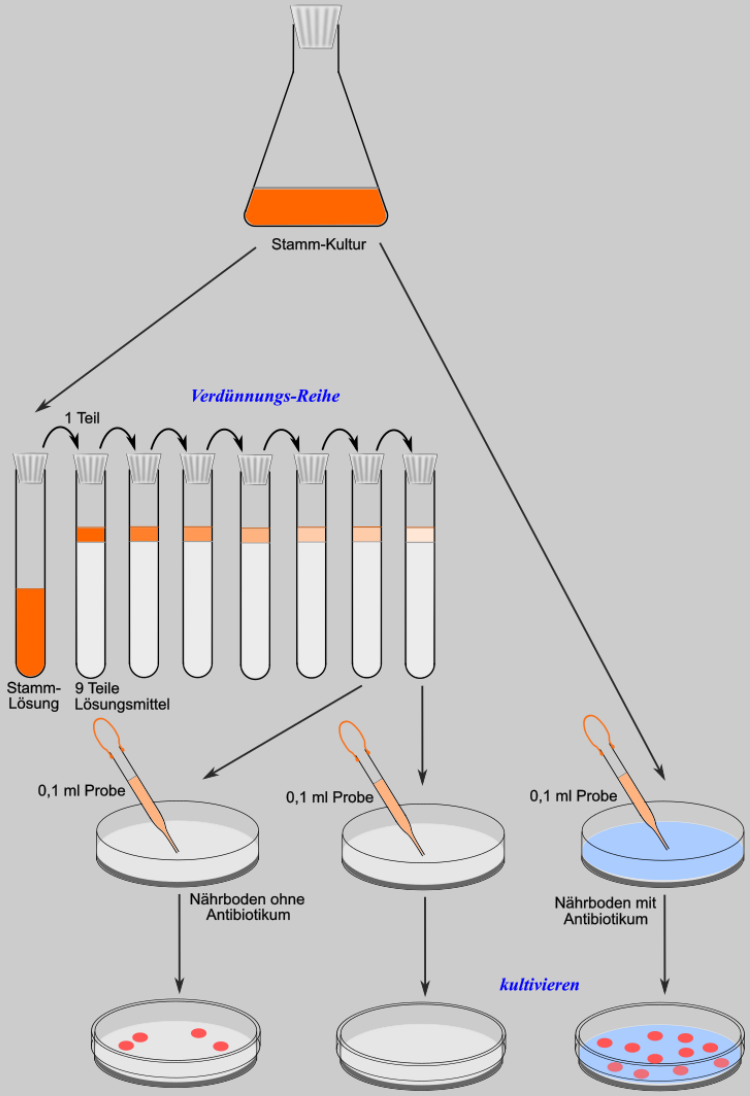
Mutations-Rate[Virus]	:	Mutations-Rate[Procyte]	:	Mutations-Rate[Eucyte]
1'000'000	:	1'000	:	1

Mutationen bei Virus natürlich genauso ungerichtet, wie bei anderen Organismen
zumeist negativ für das Virus selbst, selten neutral oder positiv
das hat ersteinmal überhaupt nichts mit der positiven / negativen Wirkung im Wirt zu tun
z.B. eine Verringerung der Infektiösität (z.B. veränderte Spike's) ist für die Verbreitung des Virus negativ, für den Wirt eher positiv

Exkurs: Bestimmung der Mutations-Rate bei Bakterien

Bakterien unterliegen durch ihre recht hohe Mutations-Fähigkeit einer starken Resistenz-Neigung gegenüber Antibiotika.
Ausgehend von einer Stamm-Lösung - in der sich eine "normale" Bakterien-Kultur befindet - kann man die Resistenz-Fähigkeit quantitativ bestimmen.

Für die Bakterien-Kultur soll die Anpassungs-Fähigkeit an ein zu prüfendes Antibiotika durch natürliche Mutationen untersucht werden. Nur zufällig mutierte Bakterien können über eine Resistenz gegenüber ein Resistenz gegen ein neues Anibiotika verfügen.
Dazu wird aus der Stamm-Kultur eine kleine Probe entnommen und auf einem Nährboden mit dem Antibiotika verteilt (in Abb. ganz rechter Ablauf). Nach der Kultur - z.B. über Nacht - beobachtet man einige kleine Kulturen. Diese gehen jeweils auf ein einzelnes überlebendes Bakterium zurück. Diese müssen also resistent sein. Aus der Proben-Menge kann man dann die Bakterien-Zahl pro ml hochrechnen.
Parallel dazu bestimmt man die Bakterien-Zahl in einem ml der Stamm-Kultur. Um die Kulturen zählen zu können, wird vor eine Verdünnung vorgenommen und von den letzten 2 bis 3 Stufen Kulturen angelegt. Auch hier bedeutet jede gewachsene Kultur ein Bakterium in der verdünnten Lösung (in Abb. linker Ablauf). Wachsen keine Bakterien-Kulturen, dann bedeutet dies eine zu hohe Verdünnung (in Abb. mittlerer Ablauf).



Aufgaben:

1. *Bestimmen Sie die Mutations-Rate für das Beispiel aus der Exkurs-Abbildung!*
2. *In einer Versuchs-Reihe wurden nur in der letzten Verdünnungs-Stufe abzählbar viele Kulturen festgestellt. Durchschnittlich fand man 4,7 Kulturen. Für die anderen Verdünnungs-Stufen war praktisch der gesamte Nährboden bewachsen. Auf dem Antibiotika-Boden wuchsen 24 Kulturen. Bestimmen Sie die Mutations-Rate!*

evolutionäre Faktoren
Co-Evolution mit Wirt (Oberflächen-Proteine der Viren und Andockstellen auf der Wirts-Zellmembran)
polymere Struktur der Hüll-Proteine
beengter Raum für genetisches Material im Protein-Hülle
Pack-Prozess des genetischen Materials in die Protein-Hülle

Polio-Virus aus normalen (Biochemie-)Labor-Chemikalien nachgebaut (das ist für einen lebenden Organismus noch nie gelungen und scheint derzeit auch unwahrscheinlich) WIMMER 2002
Summen-Formel des Polio-Virus: $C_{322652}H_{492388}N_{98245}O_{131196}P_{7501}S_{2340}$

vergisst man mal die fehlende Lebendigkeit von Viren und akzeptiert diese als biologische Organismen, dann ergibt sich auf einmal ein ganz anderer Blick auf die Vorgänge die sich zwischen Viren und den (anderen) Lebewesen abspielen
schließlich ist die Abgrenzung der Viren ja reine Definitions-Geschichte

Co-Evolution

biotische Beziehungen von Symbiont bis Parasit

betrachtet man noch dazu die Gene / Genome als die eigentlichen biologischen Kern-Systeme (in Anlehnung an die Theorie vom "egoistischen Gen" nach DAWKINS, dann muss vielleicht auch die Evolutions-Geschichte völlig neu geschrieben / betrachtet werden

vieles spricht für horizontalen Gen-Transfer zwischen Arten über den Überträger Virus
Evolution erscheint immer weniger als sich verzweigender Baum, sondern vielmehr als ein sich ausbreitendes - sich immer mehr verzweigendes und verknüpfendes - Netzwerk

aktuelles Problem ist das gehäufte Überspringen von Viren auf den Wirt Mensch
vor allem bedingt durch immer dichteres Zusammenleben mit anderen Arten
starker Druck auf die Poulationen anderer Arten (bis hin zur Ausrottung)

dazu kommt hohe Populations-Dichte unter den Menschen sowie keine Immunantworten auf diese neuen Viren
beste Voraussetzungen für ungehemmte Epidemien bzw. Pandemien

Ressorcen-Hunger und -Überausnutzung sowie Über-Bevölkerung sind praktisch die Hauptursachen für vermehrte Viren-Ausbreitungen

Hanta-Viren sind unter Nagern weit verbreitet, frisch geborene Tiere sind Viren-frei, erst im Kontakt mit den Tieren der Familie kommt es zur Übertragung des Virus
vielfach wird beobachtet, dass sich Tiere mit Viren besser entwickeln als Viren-freie
der gleiche Virus verursacht bei der Übertragung auf den Menschen schwere Erkrankungen mit hohen Sterblichkeiten
z.B. "Four Corners"-Epidemie (Verstopfung der Lunge mit Sekret → führt zum Ersticken des Erkrankten, tödlich innerhalb weniger Stunden / Tage

Virus blieb lange unentdeckt, weshalb es Sin-Nombre-Hantavirus - das Virus ohne Namen - getauft wurde)

ich sehe derzeit drei Stufen / ökologisch-evolutionäre Aspekte in der Beziehung von Viren zu anderen Lebewesen:

1. Stufe: Symbiose zur Stärkung in der intraspezifischen Konkurrenz
eine unbefallene (jungfräuliche) Population wird von einem Virus befallen
der Virus verteilt sich über die gesamte Pupulation, oft nicht in allen Zellen verbreitet, sondern nur in einzelnen Organen, Jungtiere oft Viren-frei, bekommen dann innerhalb der Population Kontakt zum Virus
(ev. auch Training des jungen, leistungs-fähigen Immunsystems)
eine Population, die einmal Kontakt zu einem Virus hatte, behält diesen Virus in sich; nach und nach wird die Population durchseucht; Virus ist persistent
primär sind grobe schädigende Wirkungen eher weniger zu erwarten
Virus ist in der evolutionären Zwickmühle, möglichst viele Wirte infizieren zu wollen, um sich selbst maximal zu verbreiten und zum Anderen aber nicht zu tödlich zu sein, dass die Wirte vielleicht schon vor einer effektiven Weiter-Verbreitung des Virus sterben
(ein Tod nach der Geschlechts-Reife / Fortpflanzungs-Phase für Wirte eher ohne negative Wirkungen; keine genetische Auslese (beim Wirt) mehr!; für die Population eine Tendenz zur Verjüngung)
in aggressiven Verbreitungs-Formen kann es zur Auslöschung der Population ("Plaque Culling") kommen (siehe Wirkung von Schritt 3); meist aber einzelne Organismen mit Resistenzen oder entwickelten Immunitäten
Viren mit zusätzlichen Genen (eigene oder von Vorgänger-Wirten) können evolutionäre Vorteile für die Wirte bringen (Viren mit zusätzlichen "stärkenden" Merkmalen bevorteilt) (ihre Wirkung ist aber i.A. nur wenig beobachtet / betrachtet / bewertet, wird von uns Biologen zuviel einfach so (naturgegeben) hingenommen und wahrscheinlich viel zu viel übersehen)
Ziel der Co-Existenz ist ein Kommensalismus des Virus im Wirt → lysogener Zyklus
Vorteil für die Population könnte in der größeren Anfälligkeit geschwächter Art-Mitglieder sein → Beitrag zur Auslese; bieten auch "Ablenkungs-"Futter für Feinde und andere Parasiten etc.
starke, gut ernährte, … Art-Mitglieder können sich im kleineren Kreis effektiver / selektiver fortpflanzen
gute Resistenz / Immunität / Abwehr gegen ähnliche Viren
für entfernte Arten, vor allem solche, die auch nicht die gleiche ökologische Nische besetzen, besteht durch die Viren eine geringere Gefahr; meist sehr geringe Infektions-Gefahr und meist auch andere Zell-Typen / Stoffwechsel-Mechanismen, auf die der Virus mit seinen wenigen Werkzeugen kaum eingestellt ist

2. Stufe: Co-Evolution
beide - der Virus und der Wirt - entwickeln sich in einer Co-Evolution weiter
Virus mutiert
zu starke Veränderungen oder negative Nebenwirkungen verschlechten die effektive Weiter-Verbreitung
"erkrankte" Organismen sind in der freien Natur unter den Konkurrenz-Bedingungen weniger erfolgreich und somit weniger fortpflanzungs-fähig
Virus durchseucht die gesamte Population, alle Organismen entwickeln quasi eine Immunität / Resistenz

3. Stufe: Waffe in der interspezifischen Kokurrenz
bei einer starken interspezifischen Konkurrenz um eine Umwelt-Ressource kommt es zum "dichteren" Kontakt zwischen den Konkurrenten

jetzt besteht die Möglichkeit des Überspringens des Virus auf die konkurrierende Art
diese an den Virus nicht angepasst und es kommt zu einer massiven Schädigung der neuen Wirte
für den Virus weiterhin sehr positiv, da neue Verbreitungs-Möglichkeit gefunden wurde
alter Wirt hat Vorteile durch Schwächung (Menge und Vitalität) des neuen Wirtes (seine Konkurrenten)
für den Virus geht es beim neuen Wirt in der 1. Stufe wieder von vorne los

Europäer führten 18?? zahme Hauskaninchen nach Australien ein. Einzelne Tier brachen aus / wurden freigelassen. Es kam zur explosionsartiegen Verbreitung der Kaninchen in Australien. So starke Verbreitung, dass sie Population große landwirtschaftliche Schäden anrichteten. Matürliche Feine - wie z.B. Füchse - fehlen in der natürlichen Tierwelt.
Es wurde beschlossen die Kaninchen mit einer Krankheit auszurotten - der Myxomatose. Dazu wurden infizierte Tiere (Wald-Kaninchen) aus Südamerika eingeführt. Der Virus verbreitete sich sehr schnell über die Kaninchen-Population und raffte rund 99,8 % der Tiere dahin. Die restlichen Tiere ware immun und begannen die Erfolgs-Geschichte innerhalb von nur 4 Jahren zu wiederholen. Versuche mit neuen - noch aggressivieren - Myxomatose-Viren brachten keinen Erfolg, da die Kaninchen auch gegen sie resistent waren.
Würde man in Australien wieder Haus-Kaninchen einführen, dann hätten sie wahrscheinlich bei einer Freisetzung keine Chance, sie wären nicht resistent und würden weitesgehend ausgerottet werden.

weltweit sind 25'000 Arten parasitärer Wespen bekannt
sie legen Eier in Raupen / Larven anderer Arten
die Eier entwickeln sich im Inneren der Wirts-Larven zu Larven und fressen den Wirt buchstäblich von Innen auf (hier interessantes evolutionäres Ziel: den Wirt solange wie möglich trotzdem noch überleben lassen; Larven der Wespen können Wirt nicht verlassen; erst nach dem Tod ist das Schlüpen der jungen Wespe möglich
bei 20'000 diese Wespen-Arten sind Viren aus der Gruppe der *(f) Polydnaviridae* gefunden worden
sie ermöglichen den Eiern das Überleben des Immunsystems des Wirtes; sie blockieren das Immunsystem der der Wirte; verändern den Stoffwechsel der Wirte hin zur Produktion von bestimmten Zucker-Verbindungen, die wiederrum von den Wespen-Larven aufgenommen werden
weiterhin verhindert der Virus durch bestimmte Stoffe die Metamorphose der Wirts-Larve / -Raupe zu einem Voll-Insekt (oder einer Puppe)

die Viren befinden sich in den Wespen hauptsächlich in Zellen rund um die Eierstöcke
werden bei der Ei-Ablage automatisch mit übertragen

bei der Analyse der genetischen Materialien wurde abgeleitet, dass sich diese Symbiose auf die Zeit vor 74 Mio. Jahren (also zu Zeiten der Dinosurier) zurückführen lässt, und wahrschein als eine einzige ursprüngliche Symbiose begonnen hat
interessant ist, dass einige Virus-Gene besonders konservativ vererbt werden (bei den üblichen hohen Mutations-Raten von Virus-Genen sind nur Viren mit einer bestimmten (scheinbar sehr co-evoluierten) Gen-Austattung "überlebens-fähig")

Viren-Genom enthält vorrangig Erbinformationen für die eigene Reproduktion. Dazu gehört genetisches Material, dass direkt oder über Umwege in solches Material umgesetzt wird, dass zum System des Wirtes passt. Besonders auffällig ist hier das Enzym Reserve TRanskriktase, dass es einigen Viren ermöglich ihre eigene RNA in DNA zurückzustranskriptieren, damit es dann mittels weiterer Enzyme in das Wirts-Genom intergriert wird oder zumindestens den Stoffwechsel des Wirtes manipuliert.

In recht vielen Viren-Genomen sind zusätzliche Gen-Sequenzen enthalten, die für die Viren-Reproduktion scheinbar keine Rolle spielen. Vielmehr scheinen sie so eine Art Gast-Geschenk / Manipulations-Werkzeug / Waffe zu sein, mit dem / der der Wirt beeinflusst wird.
Gerade nach dem Übersprung der Art-Grenze (beim Wirt), ist die Beeinflussung eher negativ, was bis hin zu Gefährdung der Existenz des Wirtes führen kann. In den folgenden Reproduktions-Zyklen des Virus unterliegt das genetische Material einer stärken Mutations-Häufigkeit als die beim Wirt selbst. Es scheint so, dass die Selektion nun stärker in Richtung "friedlichem Miteinander" (als unterschwelliger Mitnutzer (Kommensale)) als als "zerstörender Parasit" wirkt. Das genetische Material vieler Viren wird in das Wirts-Genom übernommen und verbleibt hier dauerhaft.

Die "Gastgeschenke" einiger Viren haben sehr spezielle Wirkungen, die weit über einfache Beeinflussungen oder die Selbstreproduktion der Viren hinausgehen.
So sind es die Proteine Syncecin 1 und 2, die von Genen codiert werden, die aus viralem Gen-Material stammen. Diese beiden Enzyme sind u.a. dafür verantwortlich, dass sich zwischen mütterlicher Gebärmutter-Schleimhaut und dem Plazenta-Gewebe des Embryo's eine dünne Schicht ausbildet. Sie ist ein Syncycium - also ein Zell-Zusammenschluss ohne zwischenliegende Zell-Membranen. Viele Zellen sind quasi zu einer "Zelle" mit vielen Zellkernen verschmolzen. Nur durch diese Schicht wird verhindert, dass die mütterlichen Antikörper den "Fremdkörper" Embryo zerstören können. Schließlich ist der Embryo ja zu 50 % mit fremden Antigenen (vom Vater) ausgestattet. Praktisch wäre ohne den Virus also soetwas wie Schwangerschaft (inneres Austragen des Nachkommens) gar nicht möglich.
Sehr interessant ist weiterhin das Phänomen, dass die Proteine auch im Gehirn des Menschen vorkommen. Hier sogar in noch höhrer Konzentration, als in der Gebärmutter. Die Funktion der Proteine im Gehirn ist aber noch nicht geklärt. Ob es einen Zusammenhang zwischen den besonderen Gehirn-Leistungen des Menschen und der Anwesenheit der Proteine gibt, ist eine der derzeit untersuchten Fragen.

auf dem Chromosom 7 liegen die eingebauten Gene eines endogenen Retro-Virus (ERVWE1)
durch Mutationen sind die Gene gag und pol inaktiv, dies führt dazu, dass keine Hüll-Proteine mehr gebildet werden
im Plazenta-Gewebe wird das Gen aber trotzdem abgelesen und codiert hier für das Proteien Syncytin; dieses Protein beeinflusst die Bildung der Syncytiums in der Plazenta
fehlt das Protein, dann kommt es zur Abstoßung des Fötus im zweiten Schwangerschafts-Drittel
da das Gen bei fast allen Säugetieren vorkommt, muss das Virus schon sehr früh – wahrscheinlich vor 120 Mio Jahren in das Erbgut der Säugetiere eingebaut worden sein
sehr wahrscheinlich gibt es das Austragen von Embryonen im Inneren des Körpers bei den Säugetieren seit eben diesem Zeitpunkt

Ursprünglich virale Gene können auch für eine Zeugungs-Unfähigkeit bei Männern verantwortlich sein. Durch ihre speziellen Code-Strukturen, die eigentlich eher zum Einfügen von genetischem Material dienen, kann es auch zum Verlust dazwischenliegender Gen-Abschnitte kommen. Dies ist besonders bei den - nur einmalig vorkommenden - Y-Chromosomen tragisch, da hier keine Ersatz-Informationen auf den zweiten - homologen - Chromosomen existieren.

5.x. Der Stand der Dinge

zu was haben es rund 3 Mrd. Jahre Evolution gebracht?

1,5 Mio. Tier-Arten
0,4 Mio. Pflanzen-Arten
0,1 Pilz-Arten
1,0 – 100,0 Mio. Bakterien- und Blaualgen-Arten (extreme Schätzungen 10^{17} Arten)

aktuell diskutiertes und weitgehend anerkanntes System

Spitze des taxonomischen Systems der Lebewesen

Domäne (D) od. (R+)	**Reich (R)**	**Unterreiche (R-)**
domain (do) od. (r+)	regnum (r)	subrenum (r-)
Archäen (Archaea)		
Prokaryonten (Bacteria)		
Eukaryoten	Protozoen	
	Stramenophile (Chromisten)	
	Pilze	
	Pflanzen	
	Tiere	

anthropogen bedingtes Arten-Sterben
es besteht die Gefahr, dass dieses die historischen Arten-Sterben noch übertreffen kann
besonders weil der Evolution die Zeit fehlt
selbst nach der Katastrophe vor 65 Mio.Jahren am Ende der Kreide ; wahrscheinlich verursacht durch sehr großen Meteoriten-Einschlag hat das folgende Arten-Sterben über 1 Mio. (*???*) Jahre gedauert

Die Evolution geht weiter.

Aufgaben:

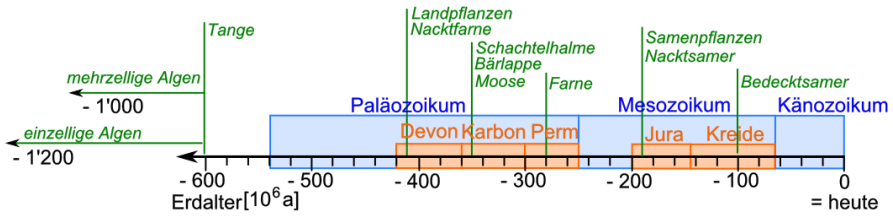
1. ***Welche neuen Arten sind in den nächsten Jahren, Jahrzehnten, Jahrhunderten und Jahrtausenden zu erwarten! Stellen Sie eine oder mehrere – ausführlich begründete - Hypothesen auf! Präsentieren Sie diese (professionell) vor den anderen Kurs.Mitgliedern!***
2. ***Könnte die Menschheit eigentlich aussterben? Begründen Sie Ihre Meinung!***
3. ***Setzen Sie sich mit der / den Aussage(n) "Der Mensch ist die Krönung der Evolution. Die Evolution ist damit am Ende." auseinander!***

5.x. Tendenzen der biologischen Evolution

Zusammenfassend können aus der wissenschaftlichen Sicht einige Tendenzen gesehen werden, die den Ablauf der Evolution beschreiben:

- bessere Anpassung an die / Ausnutzung der Umwelt-Bedingungen
- vom Einzeller zum Mehrzeller
- vom undifferenzierten Mehrzeller zum stark differenzierten System
- von der ungeschlechtlichen Fortpflanzung zur geschlechtlichen
- Spezialisierung von Funktionen / Arten / Einnischung in Ökosysteme
- stärke Differenzierung von Zellen
- vom r-Strategen zum K-Strategen
- vom stationären Organismus zum beweglichen
- Entwicklung von Wehrhaftigkeit
- von der passiven Abwehr zur aktiven
- vom einfachen Reiz-Reaktions-System zum anpassungsfähigen Verhalten
- Zentralisierung von Funktionen
- immer stärke Verbreitung der eigenen Gene / des eigenen genetischen Materials
- von der Konfrontation / Konkurrenz zur Kooperation
- vom solitären Darsein zu komplexen sozialen Strukturen (z.T. mit Aufgabe der Individualität)

Dabei darf nicht von allgemeinen, immergültigen Entwicklungen augegeangen werden. Vielmehr sind diese Haupt-Richtungen zu beobachten, aber die konkreten Erfordernisse können ohne weiteres auch mal andere Entwicklungen stützen. Im Allgemeinen geht die Evolution aber nach kurzer zeit wieder auf die genannten Huptrichtungen zurück und verfolgt diese.
Ob hier schon alle Tendenzen charakterisiert sind, darf sicher angezweifelt werden. Besonders aus verschiedensten Biologie-Teilgebieten sind weitere zu erwarten



Definition(en): Allometrie
Allometrie beschreibt die unproportionale (Individual-)Entwicklung und / oder Evolution von Körper-Teilen im Vergleich zum Gesamtkörper.

größere Ameisen tendieren zu größeren Köpfen
beim Menschen steht ein kleinerer Körper eher im Zusammenhang mit einem größeren Kopf

Definition(en): COPEsche Regel
Die COPEsche Regel ist eine Verallgemeinerung zur evolutionären Entwicklung, die eine Tendenz zu größeren Körpergestalten sieht.

Definition(en): Eusozialität
Unter Eusozialität verstehen Zoologen (vorrangig Insekten-Forscher) den höchsten Grad der Sozialität, bei der sterile (ev. auch nur kurzzeitig lebende) "Arbeits-Organismen" die Fortpflanzung der (langlebigen) Mutter (Königin) unterstützen. (Alle Organismen in der Gemeinschaft sind entweder nahe verwandt (50 %) oder genetisch identisch (100%).)

nach DAWKINS (1976) "Der erweiterte Phänotyp – der lange Arm der Gene"
mathemtisch begründet Maynard J. SMITH (1974)

Definition(en): Evolutionär stabile Strategie (ESS)
Eine evolutionär stabile Strategie ist ein Verhalten / (erweiterter) Phänotyp in einer Population, die diese beherrscht / dominiert / maßgeblich bestimmt.

der klassische Phänotyp sieht nur die Wirkungen auf den eigenen Organismus

Definition(en): erweiterter Phänotyp
Der erweiterte Phänotyp betrachtet alle Auswirkungen / Wirkungen eines Gen's / Allel's auf die Welt. (Gemeint sind die Wirkungen auf den eigenen Organismus, wie auch auf andere Organismen und die abiotische Umwelt.)

der klassische Phänotyp kann als eine Spezialfall / Teil des erweiterten Phänotyp's betrachtet werden

James LOVELOCK sieht als "Ziel" der Evolution die Zerlegung von allem in Information (Buch: "Novozän – Das kommende Zeitalter der Hyperintelligenz")

6. Evolution des Menschen

anthropozentristische Betrachtungen

Wenn man davon ausgeht, dass wir von unseren Vorfahren abstammen, und diese wieder von ihren, dann existieren unendlich viele Abstammungsketten, die alle auf eine ursprüngliche Zelle zurückführen.
Die übergroße Zahl der Abstammungslinien haben es in der Geschichte nicht geschafft. So gesehen sind wir alle Lotto-Gewinner in der Evolution.
lsp: dre

wir nehmen uns aus biologischer Sicht viel zu wichtig
was aber nicht die extrem starke und viel zu aggressive Beeinflussung unserer Umwelt und der gesamten Ökogeosphäre (→ Gaia-Hypothese) herunterspielen soll
die Evolution wird mit uns genauso umgehen, wie sie mit den Urvögeln oder den Dinosauriern umgegangen ist

"Wir sind nicht das Ziel der Evolution."
Alan POSENER

Themen-Projekt: zeitlicher Ablauf der Evolution des Menschen

Aufgaben:

1. *Planen Sie ein (Tapeten-Rollen-)Projekt zur Evolution des Menschen!*
2. *Legen Sie (quantitativ auswertbare) Kriterien (z.B. Wie kreativ war die Projekt-Umsetzung in Schulnoten?: 1 … 6) fest!*
3. *Führen Sie das Projekt in Team's durch!*
4. *Präsentieren Sie Ihr Projekt! Bewerten Sie die Projekte anhand der von Ihnen festgelegten Kriterien!*
5. *Diskutieren Sie vor allem Projekt-Planung, -Realisierung, –Erfolg und Ihre Bewertungs-Kriterien! Was würden Sie wieder so machen, was würden Sie wie verändern?*

die Ausgliederung der menschlichen Evolution ist hier wegen ihrer Besonderheiten gemacht
neben den besprochenen biolgischen Vorgängen – und primär ist der Mensch nun mal ein biologisches Objekt – kommen diverse kulturelle, industrielle und noch weitere Effekte mit hinzu.
Diese sind aber nicht (immer) mit biologischen Regeln und Vorgängen zu erklären
wir gehen hier auch über die biologischen Aspekte der Mensch-Werdung hinaus.

Wann ging der Mensch aus den Primaten hervor?
Die Frage ist in der Tat bedeutungslos.
Er war von Anbeginn da.
John NAPIER

(c,p) 2014 - 2026 lsp: dre

da beim Menschen sowohl die klassische biologische Evolution als auch eine kulturelle stattgefunden hat und natürlich noch stattfindet, spricht man häufig von doppelter Evolution
Die Menschwerdung ist stark vom Zusammenwirken beider Evolution-Arten geprägt.
Betrachtet man nur biologische Evolutions-Vorgänge, dann sind auch hier mehrere besonders starke / schnelle Veränderungen in anatomischen und morphologischen Merkmalen zu beobachten. Wir sprechen deshalb auch von Mosaik-Evolution.

Problem der Selbst-Betroffenheit, damit ist Forschung am / zum Objekt Mensch immer problematisch und subjektiv

da die Entwicklung extrem vielgestaltig und zeitlich auch nicht immer eindeutig war, ist eine Gesamtdarstellung aller Aspekte kaum möglich und wahrscheinlich noch schwierger nachzuvollziehen

biologische Aspekte
Werkzeug-Nutzung und –Herstellung (technologische Aspekte)
soziale Aspkete
kulturelle Aspekte

Mensch als sehr junge Art
Wenn die gesamte Erdgeschichte auf ein Jahr skalliert wird, dann ist der Mensch erst am 31. Dezember – einige Minuten vor Mitternacht – aufgetaucht.

interssantes Phänomen
bei der Komplexität des Menschen würde man mit rund 100'000 Genen rechnen
in der Praxis wurden im Human Genom Project allerdings nur rund 20'000
d.h. Menschen haben nur rund 10x soviele Gene, wie ein Bakterium
bezogen auf Drosphila nur rund 1,3x mehr und ungefähr soviel, wie ein Fadenwurm
entscheidender Unterschied: beim Menschen entstehen deutlich mehr Proteine aus den weniger Genen

mit Drospohila haben wir rund 2'800 Gene gemeinsam, mit dem Fadenwurm rund 2'000
1'500 Gene haben Mensch, Taufliege und Fadenwurm gemeinsam

bis heute haben 107 Milliarden Menschen auf der Erde gelebt (ungefähr, je nach dem, wie man den Beginn der Menschheit festlegt)
(Start hat aber nur einen geringen Einfluß auf die Gesamtzahl, da zu Anfang über viele Generationen nur wenige Menschen auf der Erde gelebt haben. Der entscheidenden Anteil der Menschen kommt aus der industriellen Zeit.
jeder mit einer individuellen Kombination an Allelen
Abstammung ist eine grobe Baum-Struktur mit vielen Vernetzungen / Quer-Verbindungen
immer wieder Vermischung mütterlicher und väterlicher Chromosomen
Selbst zwei Kindern eines Eltern-Paares erhalten höchst unwahrscheinlich die gleiche Chromosomen-Kombination ($1 : 2^{23} \times 2^{23}$) und dann kommen noch neue Kopierfehler und Mutationen dazu.

Aufgaben:

1. ***Erstellen Sie einen Zeitstrahl / den Kalender eines Jahres, in den Sie charakteristische Ereignisse der Erdgeschichte eintragen können! Ermitteln Sie für die nachfolgenden Ereignisse die fehlenden typischen Zeitpunkte und skalieren Sie diese auf ein Kalenderjahr! Tragen Sie die Ereignisse auf den Zeitstrahl ein! Sie können noch weitere Ereignisse eintragen.***

a)	Entstehung der Erde	b)	Aussterben der Dinosaurier
c)	erste Zellen	d)	erste Dinosaurier
e)	Entstehung der Alpen	f)	Abspaltung Australiens
g)	erste Menschen (Homo spec.)	h)	erste Besiedlung des Landes
i)	erste echte Mehrzeller	j)	erste Säugetiere
k)	Abspaltung des Gondwana-Landes	l)	erste pflanzliche Zellen

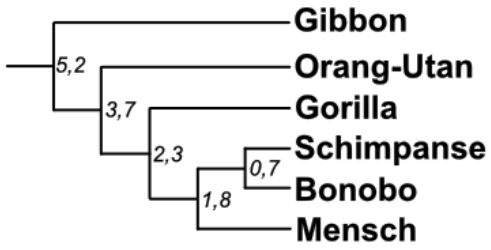
2. ***Der Biologie-Schlaumeier des Kurses behauptet, dass die Chance für Gleichheit der Chromosomen-Kombination zu groß berechnet ist. Aus seiner Sicht müsste man eher in Richtung ($1 : 3^{23} \times 2*3^{22}$) rechnen.***
   Welche Phänome könnte er meinen? Wie erklären sich die Berechnungen? Diskutieren Sie die Berechnung!

für die gehobene Anspruchsebene:

3. ***Wieviele (Kalender-)Jahre würde in der oben benutzten Zeitskala die Entstehung und Zündung unserer Sonne und der Urknall zurückliegen?***

andere Angaben!:

Unterschied zwischen dem Erbgut von Schimpansen und Mensch: 1,37 %
zwischen Gorilla und Mensch: 1,75 %
zwischen Orang-Utan und Mensch: 3,4 %



Kladogramm zu den Hominoiden auf der Basis von anatomischen und DNA-Merkmalen (Zahlen sind relative DNA-Sequenz-Unterschiede)

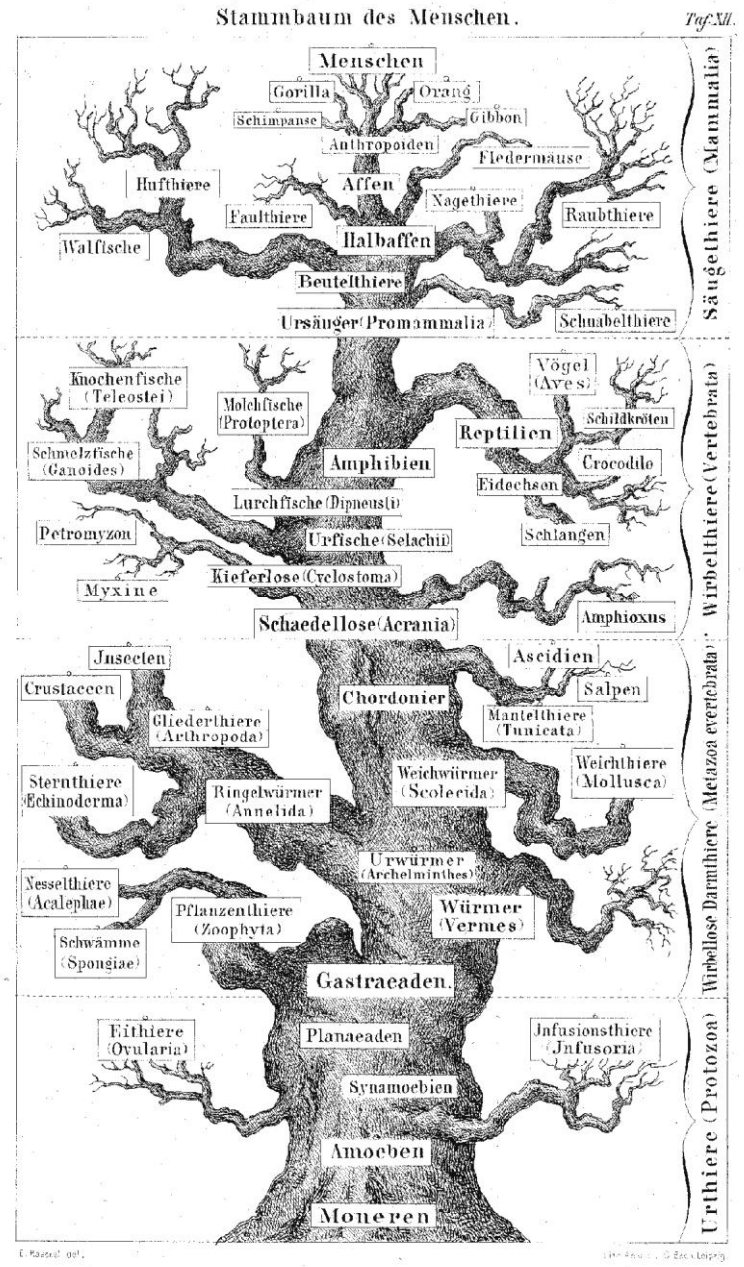
Definition(en): Homonisation
Die Homonisation ist die evolutionäre Herausbildung des heutigen Menschen.
Unter Homonisation versteht man die Prozesse, die zur Entwicklung des Merkmals-Gefüges des heutigen / Jetzt-Menschen geführt haben. Insbesondere versteht man darunter die Entwicklung des aufrechten Gangs, die Nutzung und Herstellung von Werkzeugen, die Vergrößerung und stärkere Differenzierung des Gehirn sowie die kulturelle und soziale Entwicklung.

Definition(en): Anthropologie
Die Anthropologie ist die Wissenschaft / Lehre von der Entstehung und Entwicklung des Menschen und der menschlichen Kulturen.

interessant dazu Unterschiede (Gen-Spanne) zwischen den Menschen der verschiedenen Kulturen und Lebensräume ist deutlich größer

Evolution des Menschen von mehreren großen Vorgängen begleitet, die synergetisch gewirkt haben:

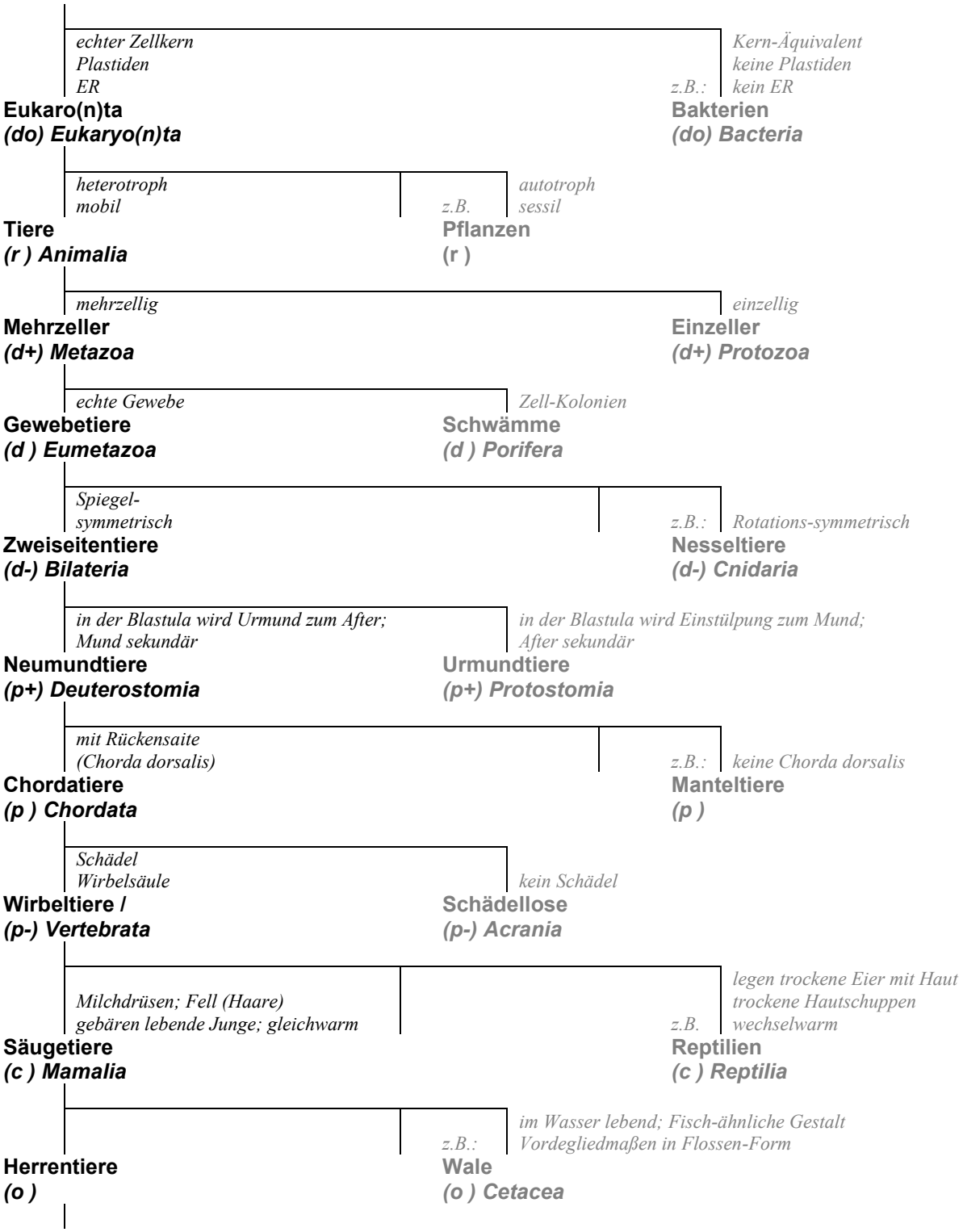
- Übergang zum aufrechten Gang und Freiwerdung der Vordergliedmaßen
- Greif-Hand-Bildung und Werkzeug-Gebrauch
- Gehirn-Differenzierung (Cerebralisation)
- Differenzierung der Sprache
- Ausbildung verschiedener sozialer Kontakte / Kontaktformen
- Entwicklung einer Weitergabe-Kultur (von Information; gesellschaftliches Gedächtnis / Geschichte (Überlieferungen))
- Nutzung und Beherrschung des Feuer
- Landwirtschaft
- ganzjährige Fruchtbarkeit und Säuglinge als Pflegling
- Lernen durch Nachahmen



Stammbaum (des Menschen) nach Ernst HAECKEL
Q: de.wikipedia.org (Ernst Haeckel)

klassische taxonomische Einordnung des Menschen:

Lebewesen

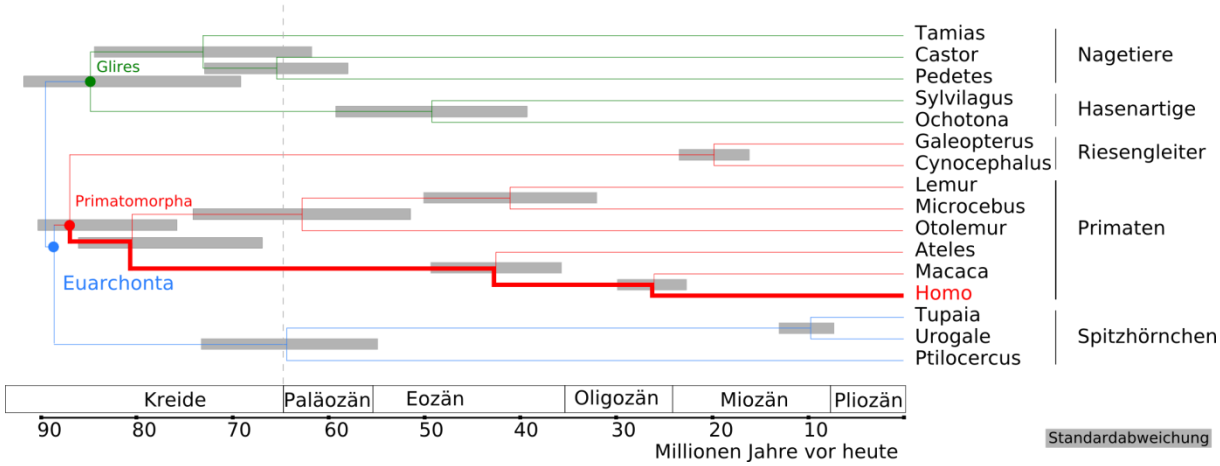

echter Zellkern
Plastiden
ER
Kern-Äquivalent
keine Plastiden
z.B.: kein ER
Eukaro(n)ta
(do) Eukaryo(n)ta
Bakterien
(do) Bacteria
heterotroph
mobil
z.B.
autotroph
sessil
Tiere
(r) Animalia
Pflanzen
(r)
mehrzellig
einzellig
Mehrzeller
(d+) Metazoa
Einzeller
(d+) Protozoa
echte Gewebe
Zell-Kolonien
Gewebetiere
(d) Eumetazoa
Schwämme
(d) Porifera
Spiegel-
symmetrisch
z.B.: Rotations-symmetrisch
Zweiseitentiere
(d-) Bilateria
Nesseltiere
(d-) Cnidaria
in der Blastula wird Urmund zum After;
Mund sekundär
in der Blastula wird Einstülpung zum Mund;
After sekundär
Neumundtiere
(p+) Deuterostomia
Urmundtiere
(p+) Protostomia
mit Rückensaite
(Chorda dorsalis)
z.B.: keine Chorda dorsalis
Chordatiere
(p) Chordata
Manteltiere
(p)
Schädel
Wirbelsäule
kein Schädel
Wirbeltiere /
(p-) Vertebrata
Schädellose
(p-) Acrania
legen trockene Eier mit Haut
trockene Hautschuppen
Milchdrüsen; Fell (Haare)
gebären lebende Junge; gleichwarm
z.B.
wechselwarm
Säugetiere
(c) Mamalia
Reptilien
(c) Reptilia
im Wasser lebend; Fisch-ähnliche Gestalt
z.B.: Vordegliedmaßen in Flossen-Form
Herrentiere
(o)
Wale
(o) Cetacea

Herrentiere
(o)

(s) Homo sapiens

(s-) H. sapiens sapiens

Bilder-Quellen und Autoren:
de.wikipedia.org:

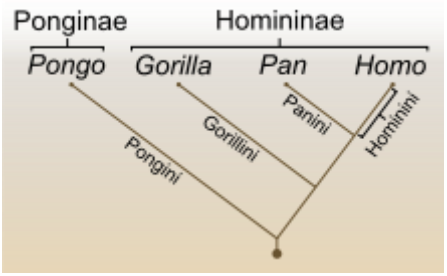


Kladogramm und Zeitspannen der Aufspaltung verschiedener Sägetier-Gruppen
Q: de.wikipedia.org (Bwd)

Links:
http://www.evolution-mensch.de/

6.1. Evolution der Primaten

erste Primaten vor rund 70 Mio. Jahren (Kreide-Zeit)
(ev. auch schon vor 90 Mio. Jahren)



Kladogramm der ???
Q: de.wikipedia.org (Marlus_Gancher)

Primaten bilden monophyletische Gruppe, alle stammen von einem Vorfahren (einer Gruppe) ab

wahrscheinlich aus nachtaktiven Spitzhörnchen-ähnlichen Insektenfressern

folgt man der Häufigkeit der Fossilien, dann entstanden die ersten Primaten auf dem Gebiet des heutigen Europa und Nord-Armerika
Primaten sehr nahe mit Nagetieren verwandt
erste Übergänge zum Leben auf Bäumen
Krallen an den Gliedmaßen gleichermaßen für das Graben von Höhlen, wie auch zum Klettern geeignet
die einzelnen Übergänge zwischen den Primaten-Gruppen sind leider kaum durch Fossilien dokumentiert (Fossilien-Lücken)

die ersten echten Primaten hatten dann Ähnlichkeiten mit den heutigen Lemuren, Makis und Kobaldmakis; vor rund 56 Mio. Jahren im Gebiet des heutigen Englands, von Belgien, Island, Grönland und auch der USA (heutiges Wyoming)

vor 56 Mio. Jahren kam es dann auch zur Auffächerung in vielen Gruppen und Arten

Wanderung in Richtung Afrika; vor 40 bis 31 Mio. Jahren große Verbreitung
Lebensräume Wälder und Flussufer
bildeten Gruppen der sogenannten Altwelt-Affen

in diese Zeit fällt auch die Entstehung der ersten Menschenaffen-Ähnlichen.

vor 38 – 24 Mio. aufrechter Gang
Übergang vom Baum-Leben zum Boden-Leben

gemeinsame Vorläufer / Stammformen-Gruppe sind / ist z.B. *(g) Aegyptopithecus* – ein Frucht-Fresser
Merkmale: mehr Affen-ähnlich: seitliche Augenhöhlen, vorspringende Nasen-Partie, rel. geringes Gehirn-Volumen
mehr Menschen-ähnlich: Kronen-Muster der unteren Backenzähne,

heutige Menschenaffen (Schimpansen, Orang-Utan, Gorilla) sind ebenfalls abgeleitete Gruppen aus den frühen Menschenaffen-Ähnlichen
die sich parallel zum Menschen entwickelt haben
Menschaffen und Mensch genetisch sehr nahe verwandt
wahrscheinlich haben sich die Orang-Utan als erste abgetrennt
aus der anderen Gruppe trennte sich dann wahrscheinlich zuerst die Gorilla's und schließlich zuletzt die Schimpansen ab
Schimpansen und Gorilla's sind durch den gemeinsamen Knöchel-Gang charakterisiert

Gibbon's sind die nächste verwandte Gruppe, die nicht mehr zu den Menschenaffen-ähnlichen gezählt werden

Herausbildung des aufrechten Ganges

Dem aufrechten Gang wird eine Schlüssel-Bedeutung bei der Menschwerdung zugeordnet. Neben großen anatomischen Veränderungen wurde diese von diversen weiteren Veränderungen und Möglichkeiten begleitet.

Veränderungen des Skeletts durch den Übergang zum aufrechten Gang

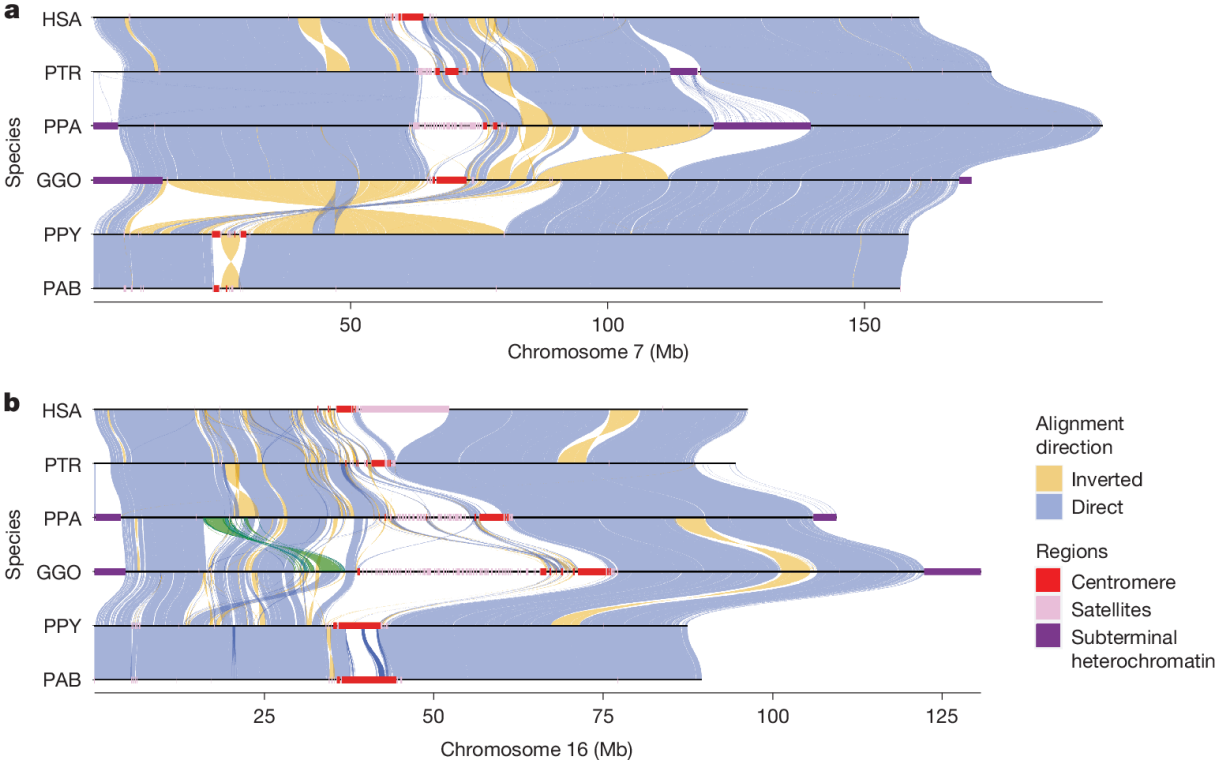
• **Wirbelsäule wird doppelt S-förmig**	weg von der Bogen-förmigen, Brücken-artigen Wirbelsäule trägt Kopf und Rumpf federnd
• **Verlagerung des Rumpf-Schwerpunktes in Richtung**	begleitet von Entlastung der Wirbelsäule
• **Kopf sitzt zentraler auf Wirbelsäule**	Reduktion der Nacken-Muskelatur größeres Gehirn-Volumen tragbar
• **Brustkorb wird breiter**	statt vorher tiefer leichte Atmung möglich
• **Schüssel-förmiges Becken**	trägt die Eingeweide und den Embryo
• **Oberschenkel-Knochen sind optimaler ins Becken eingehängt**	Kniee liegen so unter dem Masse-Schwerpunkt der Becken-Oberschenkel-Struktur und Rumpf-Gewicht
• **aufgewölbte Fußsohle**	zur Abfederung des Ganges aus Greif-Fuß wurde Stand-Fuß
• **frei gewordene Hand wird zur Greihand**	möglicher Gebrauch zum Jagen, Sammeln, Tragen (auch der Säuglinge) Herstellung von Werkzeugen möglich
• **(möglicher) größerer Schädel**	bietet Platz für größeres Gehirn
• **Verkleinerung des Gesichts-Schädels**	geschlossene Zahl-Reihen Mundraum besser für Laut-Differenzierung geeignet

Aufklärung der Genome von 6 Hauptvertretern der heute lebenden Affen
Vergleich der Genome (Haplo-Typen-Vergleich)

HSA … *Homo sapiens* (Mensch)
PTR … *Pan troglodytes* (Gemeiner Schimpanse)
PPA … *Pan paniscus* (Schimpanse, Bonobo)
GGO … *Gorilla gorilla* (Westlicher Gorilla)
PPY … *Pongo pygmaeus* (Borneo-Orang-Utan)
PAB … *Pongo abelii* (Sumatra-Orang-Utan)

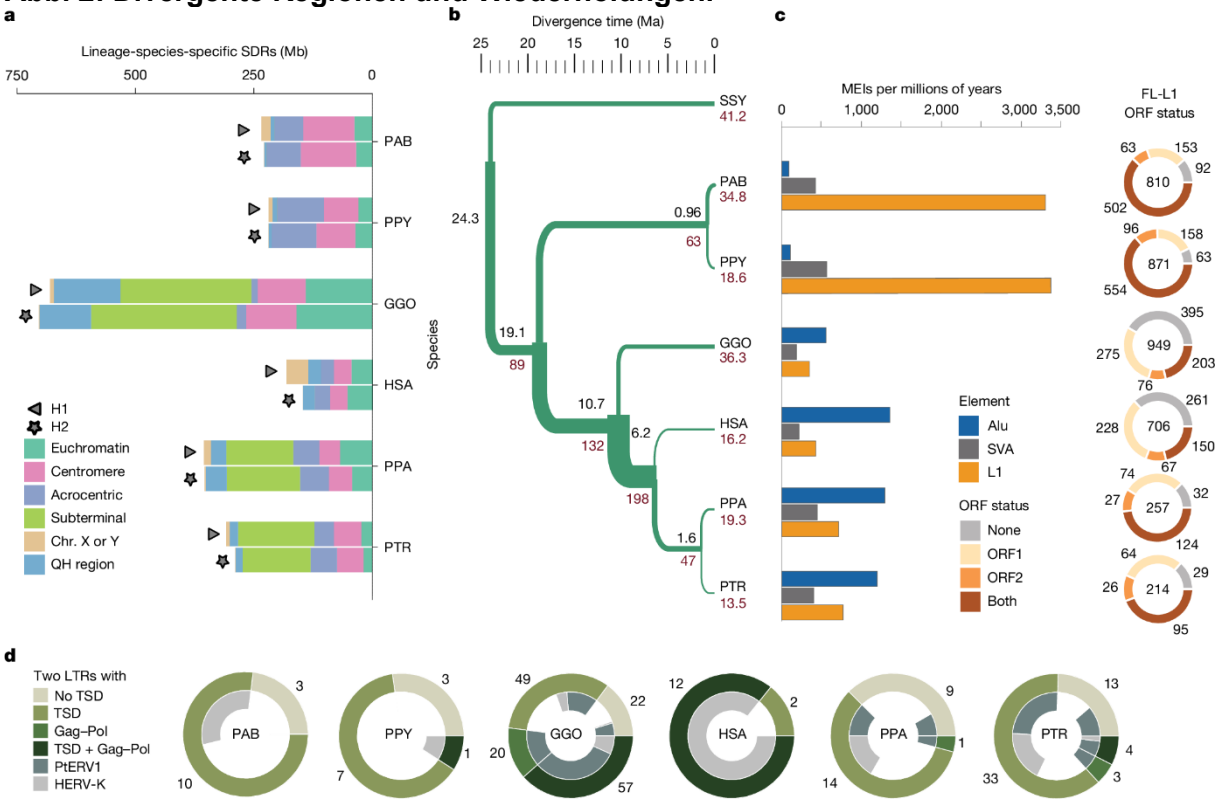
Siamang … gehört zu *(F) Gibbons*, Abk. wäre SSY (*Symphalangus syndactylus*)
Verwendung als Vergleichs-Art (Gibbons sind Schwester-Gruppe zu den (F) Menschenaffen

Abb. 1: Zusammenbau vollständiger Genome von Menschenaffen auf Chromosomen-ebene.



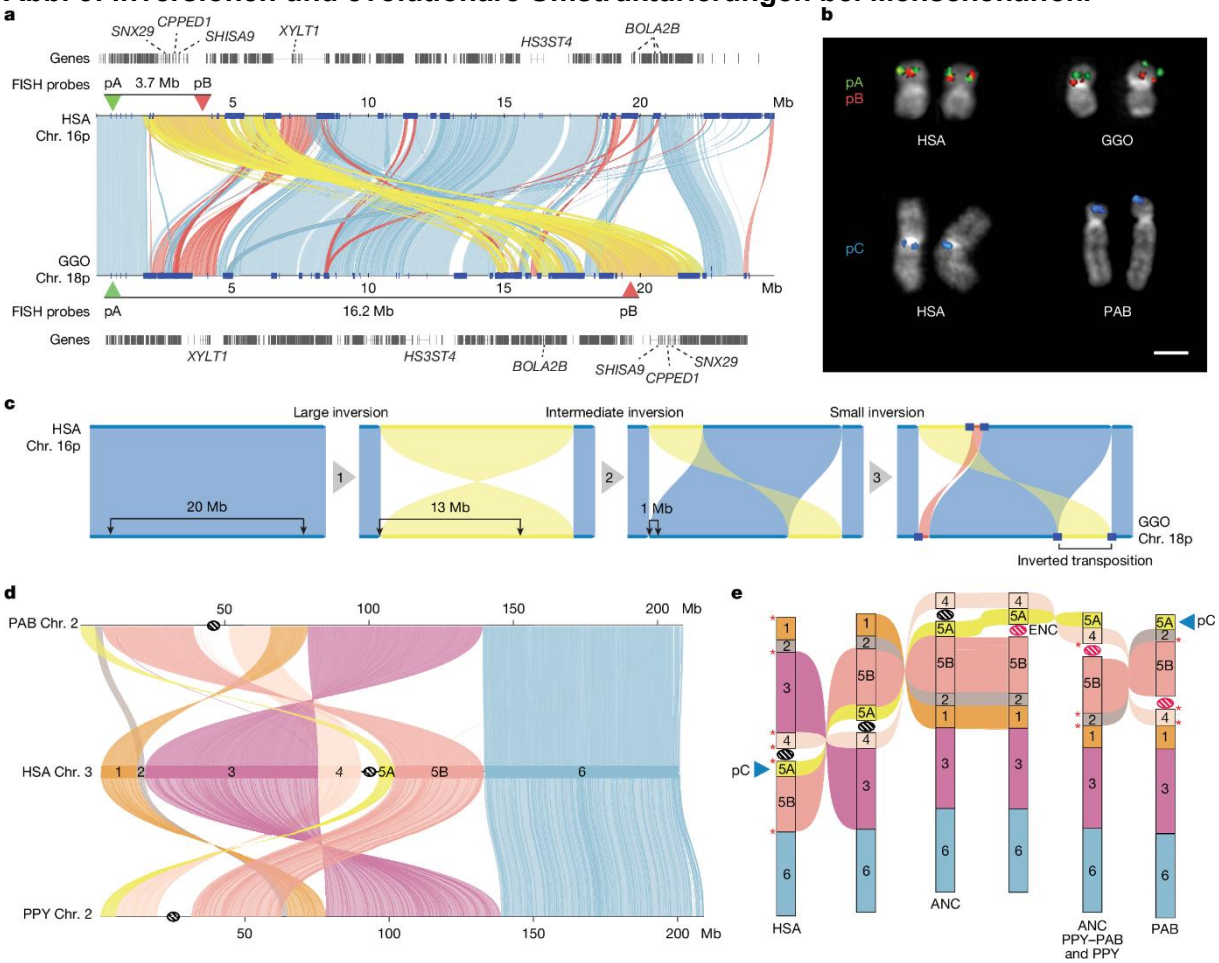
a , **b** , Eine vergleichende Ausrichtung von HSA7 (**a**) und HSA16 (**b**) gegenüber syntenischen Chromosomen von Schimpansen, Bonobos, Gorillas, Borneo-Orang-Utans und Sumatra-Orang-Utans. Jedes Chromosom wird mithilfe des Tools SVbyEye (https://github.com/daewoooo/SVbyEye) 116 mit dem darunter liegenden Chromosom in dieser gestapelten Darstellung verglichen . Regionen der Kollinearität und Syntenie (positiv in Blau) werden mit invertierten Regionen (negativ in Gelb) und mit Regionen jenseits der Empfindlichkeit von minimap2 (Homologielücken) kontrastiert, darunter Zentromere, subterminales und interstitielles Heterochromatin oder andere Regionen der Satellitenexpansion. Eine einzelne Transposition (grün in **b**) verlagert etwa 4,8 Mb genreicher Sequenz im Gorilla von HSA16p13.11 nach HSA16p11.2 (weitere Einzelheiten siehe Abb. 3).
Q: https://www.nature.com/articles/s41586-025-08816-3/figures/1

Abb. 2: Divergente Regionen und Wiederholungen.



Q: https://www.nature.com/articles/s41586-025-08816-3/figures/2

Abb. 3: Inversionen und evolutionäre Umstrukturierungen bei Menschenaffen.



a . Das Ausrichtungsdiagramm von Gorillachromosom 18p und HSA16p zeigt eine 4,8 Mb große invertierte Transposition (gelb). SDs werden durch blaue Rechtecke dargestellt. **b** . Experimentelle Validierung der invertierten Transposition von Gorillachromosom 18 mittels FISH mit den Sonden pA (CH276-36H14) und pB (CH276-520C10), die sich in menschlichen Metaphasenchromosomen überlappen. Durch die Transposition wird die rote pB-Sonde in Gorillas weiter von der grünen pA-Sonde entfernt, was zu zwei unterschiedlichen Signalen führt. FISH an Metaphasenchromosomen unter Verwendung der Sonde pC (RP11-481M14) bestätigte die Position einer neuen Inversion am terminalen Ende des kurzen Arms von PAB-Chromosom 2. Jedes FISH-Experiment wurde dreimal wiederholt und für jedes Experiment wurden zehn Metaphasenausbreitungen mit den entsprechenden Fluorochrome aufgenommen. Maßstab 1 µm. **c** . Ein Evolutionsmodell für die Entstehung der invertierten Transposition durch eine Reihe von Inversionen, vermittelt durch SDs. **d** . Das Ausrichtungsdiagramm der Homologen von HSA3 auf dem Orang-Utan-Chromosom 2 verdeutlicht eine komplexere Organisation als bisher in der Zytogenetik bekannt 117 : Eine neue Inversion von Block 5A ist sowohl bei PAB als auch bei PPY am terminalen Ende des kurzen Arms von Chromosom 2 abgebildet. **e** . Ein Modell serieller Inversionen erfordert drei Inversionen und ein Centromer-Repositionierungsereignis (ENC) zur Entstehung des PPY-Chromosoms 2 sowie vier Inversionen und ein ENC für PAB. Rote Sternchen zeigen die Position der SDs an sieben von acht Inversions-Bruchpunkten. ANC, Vorfahr.
Q: https://www.nature.com/articles/s41586-025-08816-3/figures/3

Quellen / Links:
https://www.nature.com/articles/s41586-025-08816-3 (YOO, RHIE, HEBBAR, …: Complete sequencing of ape genomes.-Nature (2025)

Aufgaben:

1. Welche Mutations-Arten erkennen Sie in Abb. 3? Begründen Sie jeweils!

6.1.x. Vergleich der rezenten Menschen-Affen aus biologischer Sicht

Aufgaben:

1.
2.
3. *Diskutieren Sie, wie sich Status von einer Menschenaffen-Art verändern würde, wenn diese mit einem Mal sprechen könnten! Welche Auswirkungen hätte dies auf die Betrachtung und Beurteilung anderer Tierarten?*

(c,p) 2014 - 2026 lsp: dre

6.2. Evolution der Menschen-Ähnlichen

Homoniden

Phase von vor 29 bis 9 Mio. Jahren sind durch mehr Affen-arige Fossilien geprägt
Übergangs-Gruppe der Dryopithecine

erstes Auftreten Menschen-Ähnlicher vor rund 18 Mio. Jahren (im Miozän)
im Bereich des Ostafrikanischen Grabenbruchs (heutiges

starke tektonische und vulkanische Aktivitäten
instabile Klimate (auch wechsel zwischen Regenwald und trocknen Park-Landschaften (Savannen)
hohe Anpassungsfähigkeiten gefordert

Proconsul sehr Schimpansen-ähnlich
Fortbewegung wie heutige Menschenaffen, aber kein hängendes Klettern, wie bei den heutigen Menschenaffen
lebten in (lichten) Wäldern
Ernährung von Früchten und Blättern

Körperbau-Rekonstrution
eines Proconsul
Q: de.wikipedia.org (mateus zica)

Ausbildung eines ausgeprägten Geschlechts-Dimorphismus
hinsichtlich Körper-Größe, Größe der Eckzähne

unsicherer und unvollständiger Fossilien-Bestand

weiter Formen und Gruppen durch Fossilien mit einem Alter von 16 bis 10 Mio. Jahren
Verbreitung von Ost- und Mittel-Afrika bis China / Pakistan

bipede Affen gibt es schon seit 4 Millionen Jahren
habituelle bipede Formen – also einer zweibeinige Fortbewegung als primäre Form erforderte diverse Veränderungen
Lage und Form der Wirbelsäule
Veränderung der Lage und der Art der Verbindung des Schädel's in Bezug zur Wirbelsäule

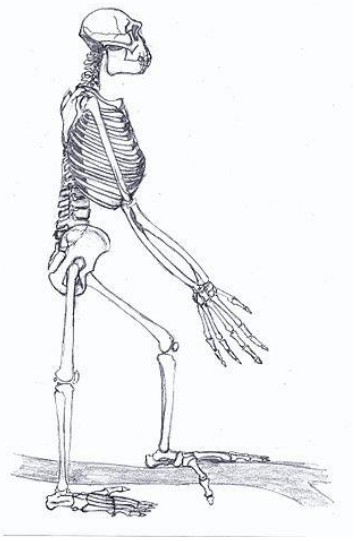
Ramapithecus
sehr kleine aufrecht-laufende Vorform

ev. ist die geringe Größe dadurch bedingt, dasses sich um eine kliner-wüchsige Gruppe oder auch typischerweise kleinere Weibchen handelt

alle Menschen-Ähnlichen sind sich sehr ähnlich

die moderne Forschung geht immer mehr auch von mehrfachen horizontalen Gen-Austausch aus

Verbreitung Südeuropa bis hin nach Spanien

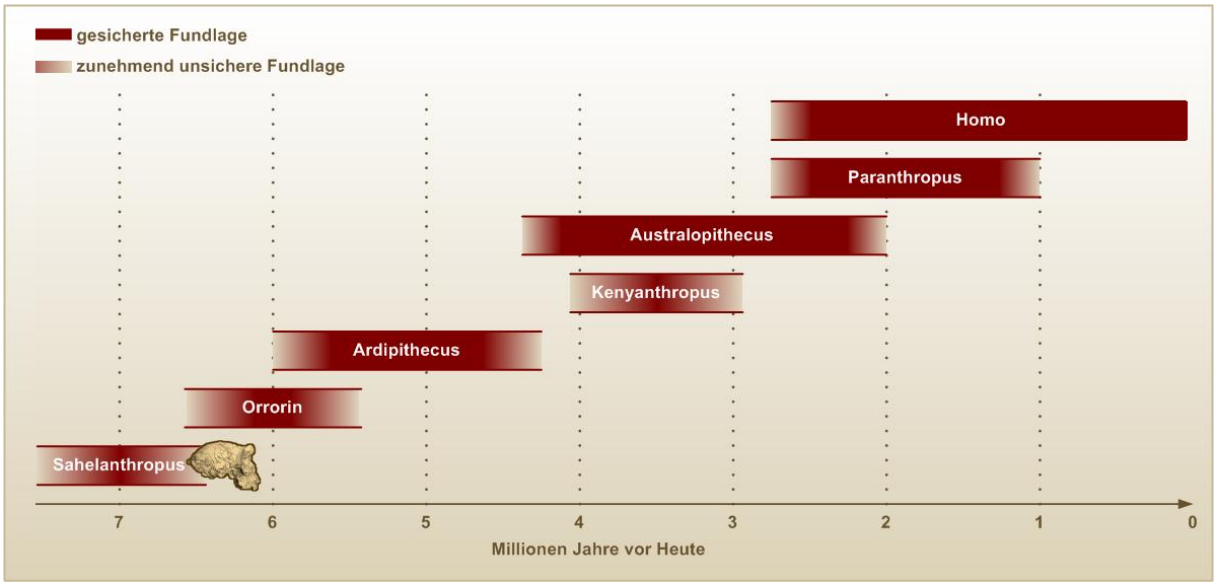


Skelett-Rekonstruktion eines
Ardipithecus ramidus
Q: de.wikipedia.org (Ori~)

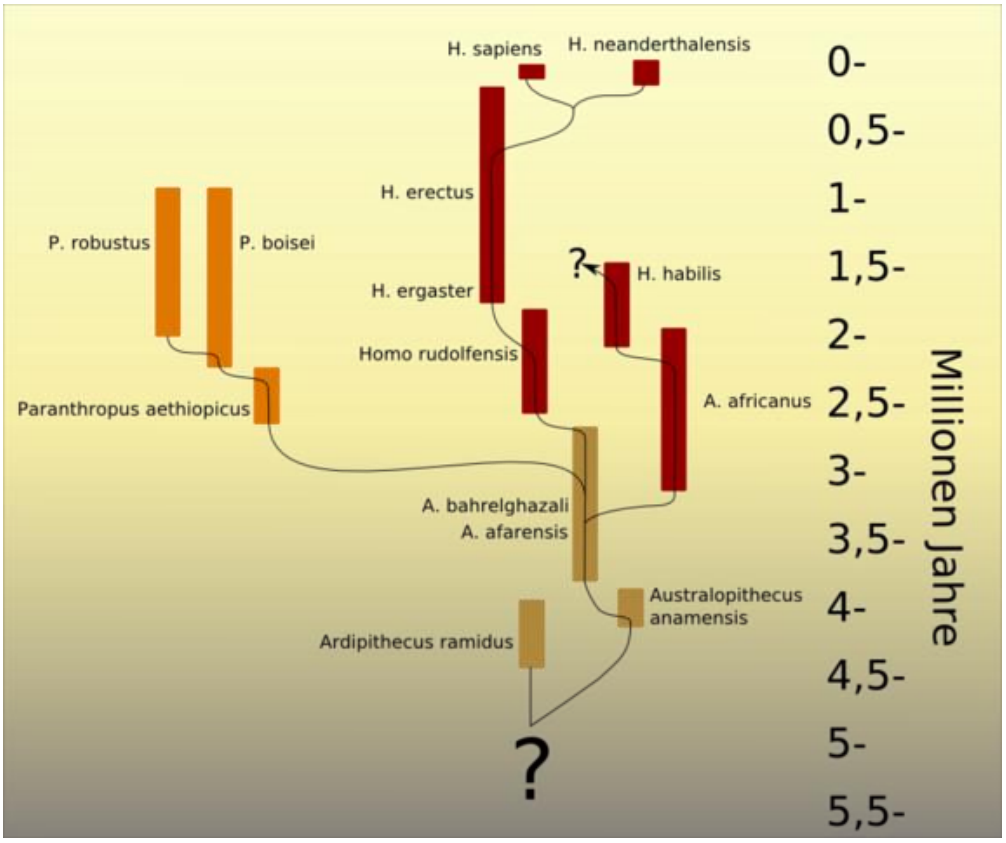
leider große Fossilien-Lücke zwischen 10 bis 5 Mio. Jahre

Spekulation, dass derzeitiges Suchen an falscher Stelle erfolgt (aus klimatischen Gründen Abwanderung an große Flüsse und ans Meeres-Ufer (→ Wasseraffen-Theorie)

vor 5 bis 4 Mio. Jahren dann mit Australopithecus (Vormensch) derzeit anerkannter Ausgangs-Punkt für die Herausbildung der Gruppe Homo



Zeit-Tafel der Gattung Hominini (keine Verwandschafts-Beziehungen!)
Q: de.wikipedia.org ()



Abstammung von Australopithecinen und Homiden nach SCHRENK
Q: de.wikipedia.org ()

Friedemann SCHRENCK (1956 -)

Herausbildung von Vormenschen (Prähominini) vor rund 5 Mio. Jahren
noch kein Werkzeug-Gebrauch
wahrscheinlich ausgestorbener Zweig, die vor 5 Mio. Jahren lebenden *(s) Ardipithecus ramidus*
zur Gruppe der Vormenschen gehören die Australopithecen (*(g) Australopithecus*)
ziemliche gesicherte Stammform der Menschen (mehrere spätere Gattungen)
(s) Australopithecus afarensis lebte wahrscheinlich vor 3,8 bis 2,9 Mio. Jahren
eindeutig aufrechter Gang (gut erhaltenes weibliches Skett (3,2 Mio. Jahre alt) und Fuß-Spuren in vulkanischer Asche; lebte in Bereich des heutigen Äthiopiens bis nach Südafrika
Gehirn-Volumen mit rund 500 ml ist mit heutigen Menschenaffen vergleichbar
Fund erhielt den Spitznamen "Lucy"; rund 1 m groß Gehirn-Volumen 400 ml → "Menschenaffe mit aufrechtem Gang"
es folgten die Arten im Zeitraum von 4 bis 1,5 Mio. Jahre
(s) A. anamensis

(s) A. africanus

(s) A. boisei

(s) A. robustus

alle aufrechter Gang, Gehirn Menschenaffen-vergleichbar; keine ausgeprägten Eckzähne mehr; fast ausschließlich Pflanzen-Nahrung

Diskussion um Gruppen-Bezeichnungen, Art-Abgrenzungen sehr intensiv geführt
ob einzelne, aus wenigen Fossilien konstruierte Arten wirklich eigenständig (im Sinne der Art-Definition) waren, kann gemein hin angezweifelt werden

jedes neues Fossil bringt System nicht selten völlig durcheinander
Variabilität der heutigen Menschen auch größer als die Abweichungen zu den nahe verwandten Menschenaffen
kaum ein klares – wirklich vollständig gesichertes – Bild
neben unklaren / unsicheren genetischen Abstammungen kommen scheinbar auch noch große Verbreitungs- bzw. Ausbreitungs-Bewegungen dazu, die das Bild weiter verschwimmen lassen
ist extremes Spezialisten-Thema, wo es um die Interpretation von (manchmal sehr kleinen) Skelett-Unterschieden und Gemeinsamkeiten geht
für eine sachliche Bearbeitung und Bewertung fehlen in der Schul-Biologie die Voraussetzungen
mehr das Gesamt-System oder die Entwicklungs-Tendenz interessant

letzter gemeinsamer Vorfahr von Mensch und Menschenaffen lebte vor 10 bis 5 Mio. Jahren

ev. ist *(s) Orrorin tugenensis* – ein als Millenium-Mensch bezeichneter Fossilien-Fund der letzte gemeinsame Vorfahre von Menschen und den Menschenaffen
gefunden in Kenia und auf 6 Mio. Jahre datiert

Zum Ende des Tertiär kam es zu relativ starken Veränderungen des Klima's. Es wurde deutlich kühler. Die tropischen Regenwälder wurde kleiner und waren bald nur noch in der Region zwischen den Wendekreisen zu finden. Ausgeprägte plattentektonische Prozesse veränderten auch die Lebensbedingungen in Ostafrika. Aus Urwald wuden aufgelockerte Savannen und Buschländer. Für viele angestammte Arten bedeutete dies eine Verknappung von Nahrung. Anpassungen auf andere Nahrungs-Quellen war notwendig. Bei den Homoniden kam es zur Umstellung auf eine omnivore Ernährung mit dem Vorteil einer Protein-reichen und Nahrung. Die tierische Proteine hatte auch eine deutlich bessere Kompatibilität (Aminosäure-Zusammensetzung) als die pflanzlichen.
Erste tierische Nahrung war wohl vorrangig Aas und langsame Kleintiere.
Mittels aufrechtem Gang konnte das wenig ergiebige Gras- und Buschland schnell überwunden werden und neue Wälder erschlossen werden.

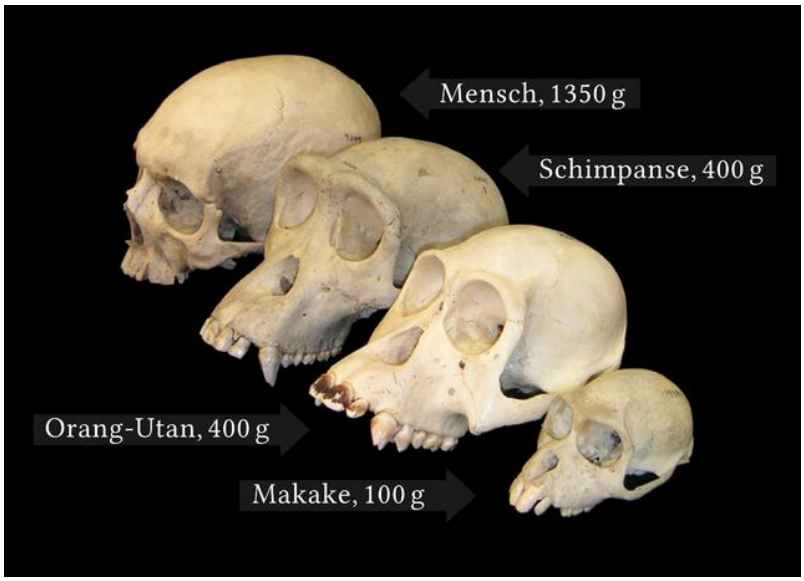
in diese Phase muss wohl der Erwerb der Sprache vorgenommen werden
starke Ausdifferenzierung von Lauten zu einfachen grammatikalischen Konstrukten (z.B. Objekt-Prädikat oder Prädikat Objekt)

die Phase der Pflege- und Betreuungs-Bedüftigkeit der Jungtiere verlängert sich
ausgeprägte Kindes- und Jugend-Phase; spielen mit Objekten, soziale Spiele, Abschauen von Handlungen und Verhaltens-Mustern

durch Zusammenleben mehrerer Generationen verstärken sich soziale Kontakte, Beziehungen, Familien- und Herden-Bindungen
Ausbildung von Traditionen

die Haar-Losigkeit ermöglicht bessere Kühlung (durch Schwitzen) bei Hochleistungs-Aktivitäten (Flucht, Jagd, Revier-Wechsel)
Reduktion der Anfälligkeit für Parasiten
Erhöhung der Körper-Sensibilität für stärkere soziale Kontakte

Tier-Mensch-Übergangsfeld



Schädel verschiedener Primaten mit Hirn-Masse
Q: de.wikipedia.org (Christopher Walsh)

Wasser-Affen-Theorie
Water-Ape-Theory

Versuch bestimmte Sachverhalte und Phänomene zu erklären

- einige Affenart mit einem Unterhaut-Fettgewebe
- Schwimm-Reflex nach der Geburt
- Nasen-Schließreflex
- große Fossilien-Lücke zwischen
- Vorliebe des Menschen für Wasser (andere Affnarten scheuen eher das Wasser)
-

		Menschenaffe	Mensch
Art(en) **(Beispiele)**			Homo sapiens sapiens
Unterschiede	Chromosomen-Anzahl	48	46
	Gehirn-Volumen	400 – 500 cm^3	1‘300 cm^3
	Schädel	Hinterhauptsloch liegt im hinteren Bereich; hinter Kopf-Mitte	Hinterhauptsloch liegt im mittleren Bereich; Kopfmitte
	Gebiss	U-förmig; große Schneidezähne; für diese ist Oberkiefer ein Zahn-freier Raum (Affen-Lücke)	Parabel-förmige Zahn-Anordnung; zurückgebildete Schneidezähne (wenig erhöht)
	Hände	Finger-artiger Daumen, weniger beweglich → kein Präzisions-Griff Grobmotorik	frei beweglicher Daumen → Präzisions-Griff möglich hohe Feinmotorik
	Füße	Greiffuß (lange Zehen, sehr beweglich)	Standfuß (kurze Zehen, kaum beweglich)
	Wirbelsäule	gerade bis leicht Bogen-förmig	doppelt S-förmig
	Körperbau	klein, stämmig, gedrungen Arme länger als die Beine und der Rumpf	langgestreckt, dünn Arme kürzer als Beine; wenig länger als Rumpf
	Gang / Fortbewegung	vierfüßig	zweifüßig
	Becken	schmal kaum Trage-Funktion für innere Organe	breit Geburtskanal recht groß
Gemeinsamkeiten		Säugetiere (säugen, Fell, gebären Nachkommen, …)	
	Hände	fünf-fingrig	

Australopithecus
lat.; australis = südlich; griech.: pithekos = Affe
lebte vor rund 4 bis 2 Mio. Jahre in Ostafrika, hautsächlich am –Bruch und im Bereich des nördlichen Südafrika
in Wäldern und nahe bei Flüssen
bewegten sich vorrangig auf allen Vieren (aufrechter Gang in Wälder eher nachteilig)

zwei bekannte Unterarten:
A. africanus

A. afarensis
hier ist das bekannteste Skelett "Lucy"

6.3. Evolution der Gattung Mensch

grobe systematische Einordnung im künstlichen System nach LINNE:

Domäne Eukaryota (komplexes Leben)
Reich Animalia (Tiere)
Stamm Chordata (Tiere mit einem zentralen Achsenstab [Chorda], z.B. Wirbelsäule
Klasse Mammalia (Säugetiere)
Ordnung Primates ()
Unterordnung Haptochini (Trockennasenaffen)
Familie Homonidae (Große Menschenaffen)

(g) Homo
nach derzeitigen Stand scheint die Gattung Homo hinsichtlich der üblichen Art-Definition nicht so deutlich abgegrenzt zu sein; Vielmehr scheint ein horizontaler Gen-Austausch zwischen den Menschen-Arten gut möglich und es wurde davon – soweit dies historisch möglich war – reger Gebrauch gemacht
nur wenige und vollständige Funde, die auch nur punktuell in der Geschichte gefunden wurden
schon deshalb ist eine Konstruktion einer Art schwierig; vieles könnte auch in den Bereich von möglichen Merkmals-Variationen und Modifikationen zurückzuführt werden

geschätzt stehen pro 100 Generationen nur ein Skelett zur Verfügung
betrachtet man die heutige Spannbreite von Merkmalen dann sind allgemeingültige Aussagen aus den Einzelfunden z.T. sehr kritisch zu sehen
trotzdem zeichnet sich ein grobes Bild ab, dass immer weiter ergänzt (aber auch umgestaltet!) wird
bei relativ großer Vielfalt zwischen Hominiden sind die wenigen Funde nicht eindeutig / belastbar genug
Aussagen insgesamt also stark hypothetisch
Spezial-Thema mit starkem Hang zu subjektiven Interpretationen und auch Authoritäts-Beweisen / -Argumenten

mit modernen Methoden (Computer-Modelle) lassen sich schon aus wenigen oder kleinteiligen Fossilien-Funden Skelette oder Skelett-Bereiche rekonstruieren
Rekonstruktion von Muskeln bis hin zum Gesicht möglich

vorrangig im Bereich des heutigen Kenia gelebt

deutlich größeres Gehirn-Volumen (750 – 1'250 ml) als heutige Menschenaffen (→ 450 ml)
Nutzung und weitreichende Beherrschung des Feuers
sehr differenzierte Werkzeug-Nutzung
Herstellung von verschiedenartiger Werkzeuge aus Feuerstein

Homo rudolfensis

benannt nach Fundort – dem Rudolfsee in Kenia
lebte vor 2,5 bis 1,9 Mio. Jahre
doppelt so großes Hirn-Volumen (700 – 800 cm^3) wie Australipithicus

wahrscheinlich war Fleisch-Nahrung eine wesentliche bedingung für die Zunahme des Gehirn (tierische Eiweiße sind den Menschen-Eiweißen ähnlicher (in der Aminosäure-Zusammensetzung) als pflanzliche Eiweiße
ob sie intelligenter als Australopithicus waren ist umstritten

Homo habilis

lat.: habilis = geschickt
Zeitraum vor 2,0 – 1,5 Mio. Jahre
benutzten einfache Steinwerkzeuge
ebenfalls vorrangiger Fleischfresser (wahrscheinlich hauptsächlich Aas)

Homo erectus

lat.: erigere = aufrecht
vor 1,9 bis 0,3 Mio. Jahre; Lebensraum von Ostafrika über Mitteleuropa, Osteuropa, Ostasien bis Indonesien; ist also als erster Mensch von Afrika aus gewandert (1. Auswanderungs-Welle)
auch Funde in Thüringen (Bilzingsleben)
Fortbewegung auf zwei Beinen; freie Hände werden zusätzliche Aufgaben und als universeller Werkzeugträger genutzt
komplexe Steinwerkzeuge → Waffen
Jäger; nutzen das Feuer und bearbeiten damit Werkzeuge und die Nahrung
wahrscheinlich Vorfahre von H. heidelbergensis und H. neanderthalensis
Gehirn-Volumen zwischen 750 und 1'250 ml; bessere Denk- und Planungs-Fähigkeit; ausgeprägte Kommunikations-Fähigkeit

Homo heidelbergensis

direkter Vorläufer des legendären Neanderthalers

Homo neanderthalensis; auch: H. sapiens neanderthalensis

benannt nach Fundort Neanderthal bei
lebte vor 200'000 bis 30'000 Jahre
früher als ausgestorbene Art betrachtet; heute eher als mitbeteiligte Art / Unterart von Homo sapiens
gute Anpassung an kühlere Regionen (starke Körper-Behaarung, Nutzung von Fellen und Feuer als Auskühlungsschutz)
große Ähnlichkeit mit H. sapiens, aber größer und stemmiger
Größe rund 1,6 m; Körper-Masse um 80 kg (also sehr kompakt und kräftig)
Gehirn-Volumen mit 1'250 bis 1'750 ml sogar größer als heutige Menschen
kräftige Muskelatur, die aber auch viel Energie braucht
recht großer Kopf, der aber zum Problem bei der Geburt wird (relativ enger Geburtskanal) → breiteres Becken notwendig
Jäger und Sammler
vielfältige Kultur

rituelle Bestattung
Aussterben der Neanderthaler wahrscheinlich vorrangig wegen Knochen- und Gelenk-Erkrankungen (bedingt durch kräftigen und recht großen Körper)

siehe weiters → Mythos Neanderthaler

vor 74'000 Jahren gab es einen mehrjährigen vulkanischen Winter (Vulkan-Ausbruch im Bereich Indonesien), in dessen Folge die Menschheit wahrscheinlich auf wenige Tausend geschrumpft ist

Skelett-Fund in der Kleinen Feldhofer Grotte bei Düsseldorf wurde zum Thypus-Exemplar (Neandertaler I) definiert
lebte vor 40'000 Jahren

Genom der Neandertaler wurde kurz nach dem Abschluß des Human-Genom-Projekt aufgeklärt und ein fast vollständiges Genom rekonstruiert (Svante PÄÄBO) (1997)
aus dem weichen Knochenmark des Oberarm-Knochen's

mit sehr großer Wahrscheinlichkeit konnten die Neandertaler sprechen

- wahrscheinlich schon gut etwickelte BROCA-Region im Gehirn
- Zungenbein mit diversen feinen Muskeln zum Hals und zur Zunge hin
- spezielles Allel des FOXP2-Gen's (etwas missverständlich auch als "Grammatik- oder Sprech-Gen" bezeichnet)

von den heute lebenden Mensch-Affen unterscheiden uns zwei Mutationen im FOXP2-Gen
Veränderungen der foxp2-Gene anderer Tiere bewirken Kommunikations-Probleme
auch beim Menschen beobachtet (sehr selten → sehr konservatives Gen → wahrscheinlich wichtige Schlüssel-Funktion in der Individual-Entwicklung)

auch das Gen SRGAP2 war schon bei Neandertaler vorhanden
im wird ein wichtiger Beitrag zur Entwicklung der Intelligenz zugeschrieben
wir Menschen haben mehr Kopien von diesem Gen als Schimpansen

weiteres Gen, das für die Hoch-Entwicklung der Neandertaler zeugt, ist HACNS1
verantwortlich für die manuelle Geschicklichkeit

da viele Gen-Varianten (gemeint sind viele Gene!) sowohl beim Neandertaler und den modernen Menschen vorkommen, belegen eindeutig, dass beide Arten Sex hatten und auch Fortpflanzungs-fähige Nachkommen zeugen konten
besonders die Vereinigung von weiblichen modernen Menschen mit männlichen Neandertalern war sehr erfolgreich (in modernen Menschen ist das X-Chromosom weniger durch Neandertaler-gene verändert als die anderen Chromosomen)

nach neuesten Untersuchungen nimmt der Anteil der Neandertaler-Gene immer mehr ab (langsame negative Selektion)
wahrscheinlich sind sie leicht negativer als die üblichen Gene des modernen Menschen (zumindestens heute)

Homo sapiens

= intelligent; moderner Mensch / Jetztmensch
seit 300'000 bis 200'000 Jahren

wahrscheinlich nur wenige Kontakte zum Neanderthaler, der nur wenig Gen-Material beisteuert (Gen-Fluss von H. neanderthalensis zu H. sapiens); auch eine Art-Umwandlung von H. erectus zu H. sapiens wird diskutiert
Jäger und Sammler; diskutiert wird eine Konkurrenz zu H. neanderthalensis, weil die gleiche ökologische Nische besetzt wird; H. sapiens besser angepasst und überlebt
sehr intelligent
heute existierende Unterart ist H. sapiens sapiens mit diversen Rassen

gesicherte Funde 150'000 Jahre alt
vor 40'000 Jahre starke Verbreitung in Europa (hier waren noch große Landmassen von Gletschern bedeckt)

hierzu gehört auch Cro-Magnon(-Mensch)
lebten in den Höhle von Cro-Magnon im Gebiet des heutigen Frankreich
gute Fossilien-Lage
kleinere Zähne, grazieler Knochebau
ausgeprägte Kultur (Höhlen-Malerei von Jagd-Szenen); Schnitzerei aus Elfenbein → "Löwenmensch" rund 30'000 Jahre alte (wahrscheinlich älteste) plastische Figur

Untersuchungen der Abstammung des Menschen über genetische Marker

männliche Abstammungslinie wird über das Y-Chromosom untersucht
nur einfach im diploiden Chromosomensatz eines Männchens → keine Mischung möglich → reine Entwicklungs-Reihe (von Mutationen)

führt derzeit zu ? Urvätern der Menschheit

bei Weibchen werden die Mitochondrien-Gene beobachtet
X-Chromosom eignet sich nicht da es immer zur Mischung und dann nur zur zufälligen Weitergabe eines X-Chromosom (ev. sogar mit Crossing over) kommen kann
Mitochondrien werden nur über die weibliche Eizelle in die Zygote (im Zytoplasma) eingebracht
während der Befruchtung überträgt männliche Samenzelle nur genetisches Material, alle anderen Bestandteile verbleiben außen
es gibt auch keine Mischung von Eizellen → reine Entwicklungsreihe der Frauen
mitochondrale Eva
führt derzeit zu 7 Urmüttern

Alter der so nachgewiesen Menschen rund 175'000 Jahre → sehr junge Art

Homo sapiens sapiens

heute dominierende Art ist eine Unterart des H. sapiens – der Homo sapiens sapiens
schwierige Abgrenzung (→ Probleme der Art-Definition)

	Menschenaffe (allg)				Mensch
Körperhaltung	nach vorn gebeugt				aufrecht
Wirbelsäule	einfache Krümmung (Bogen-förmig)				doppel-S-förmig
Schädel	Schnauzen-Form lang vorgezogen kein Kinn				kurz Gesichts-Schädel unter dem Hirn-Schädel angeordnet deutliche Kinn
Gehirn-Masse	rund 450 g				rund 1'250 g
Kiefer	U-förmig langezogen				parabolischer Zahn-Bogen kurz
Zahl-Lücke	Zwischenraum zwischen Ober- und Unterkiefer (für überragende Eckzähne)				keine Zahn-Lücke geschlossene Zahn-Reihen
Position Hinterhauptloch	weit hinten am Schädel				in der Mitte der Schädel-Basis
Hand	kurzer Daumen, anliegend				langer Daumen, abspreizbar
Fuß	Greif-Fuß				Stand-Fuß
Becken	Schaufel-förmig				Schüssel-förmig
Fortbewegung	Vierfüßer-Gang				aufrechter Gang Zweifüßer Gang
Proportion Vorder- und Hinter-Extrimitäten	im Verhältnis längere Arme				im Verhältnis längere Beine
ursprünglicher Lebensraum	Wald				Steppe
	Mimik, Gestik, Laute				Mimik, Gestik, Laute Wortsprache

Entwicklungs- / Wanderungs- / Ausbreitungs-Theorien

multiregionaler Ursprung

Entwicklung des *Homo sapiens* aus vielen Gruppen von *Homo erectus* (aus verschiedenen Teilen von Afrika und ev. auch der Welt) durch Mischung
Entstehung vor rund 1,2 bis 1,0 Mio. Jahren
Auftrennung in die heutigen Menschen Typen (früher Rassen-Gruppen)
Rasse-Begriff wegen der Heterogenität nicht vertretbar, vielmehr könnte man sich die Menschen-Gruppen (Typen) eher wie Unter-Unter-Arten vorstellen (aber auch diese Begrifflichkeit ist biologisch nicht haltbar), dann schon eher der ökologische Begriff der Population (hier als Populations-Gruppen mit diffusen geographischen Grenzen zutreffend, bildeten diffusen Gen-Pool, in dem bestimmte Merkmale dominierten (z.B. Pigmentierung, Haar-Struktur, …)
auch später immer noch starker Gen-Austausch zwischen regionalen Gruppen

genetisch belegt sind diverse Auswanderungs-Wellen
heute werden mindestens 5 Auswanderungs-Ereignisse (Genfluss-Ereignisse) diskutiert

wahrscheinlich sind auch immer nur sehr kleine Gruppen ausgewandert (→ Gen-Drift-Effekt)
man spricht von Gruppen mit vielleicht 1'000 Individuen

Out-of-africa-Theorie (Recent African Origin; afrikanischer Ursprung)

hauptsächlich durch Fossilien und deren Datierung gestützt

vor 1,8 Millionen Jahren Auswanderung von *Homo erectus* in Richtung Asien (→ Flores-Kultur)

auch "Arche-Noah-Modell"; alles ging von einem zentralen Platz (zentralafrikanische Region) aus

molekular-genetische Befunde

Analyse von menschlicher DNA aus aller Welt führt derzeit auf 5 genetische "Eva"'s zurück
bei Männern / Vätern genetische Basis wohl deutlich breiter ("Fremdgehen" bei anderen Unterarten)

ev. schon vorherige Auswanderung von *Australopiticus* vor 1,9 Millionen Jahren und dann mögliche Rückkehr nach Afrika als *Homo erectus*

Zwischen-Ereignis(se)

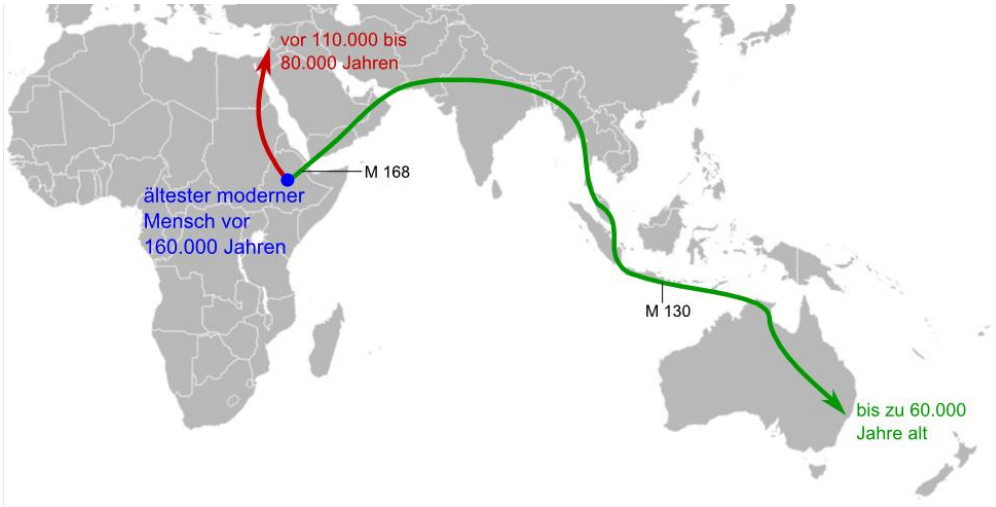
vor 600'000 Jahren erster Kontakt zu Neandertalern und reger Gen-Austausch
später dann mehrfach wiederholt (vor 60'000 und 40'000 Jahren)
mehrfache interfamiliäre Einkreuzung / Einschleusen anderer (Art-)Gene (Introgression)

nach neuesten Untersuchungen nimmt der Anteil der Neandertaler-Gene immer mehr ab (langsame negative Selektion)

wahrscheinlich sind sie leicht negativer als die üblichen Gene des modernen Menschen (zumindestens heute)

weiteres Wanderungs-Ereignis ev. vor ungefähr 160'000 Jahren möglich

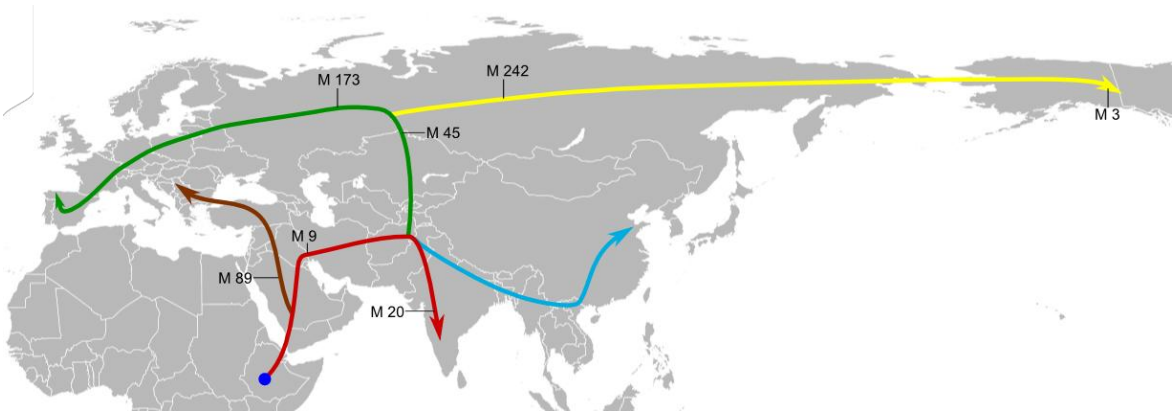
Out-of-africa II



Q: de.wikipedia.org (Bwd)

vor 80 – 60'000 Jahren wahrscheinlich Auswanderung über das Horn von Afrka zur arabischen Halbinsel (Die Meerenge könnte wegen einer Eiszeit zu der Zeit deutlich schmaler gewesen sein.)
Wanderung wahrscheinlich entlang der Küste bis runter nach Australien (Menschen-Gruppe der Aborigenes)

Out-of-africa III



Ausbreitung von *Homo sapiens* vor 40*000 Jahren bis Amerika
Q: de.wikipedia.org (Bwd)

heute wird mehr die Theorie vom multiregionalen Ursprung des modernen Menschen favorisiert
danach Auswanderung vor 80 bis 60'000 Jahren in die verschiedenen Regionen mit gleichem Gen-Pool
in den Regionen dann Herausbildung der Gruppen-spezifischen Merkmale (asiatischer, afrikanischer, süd- und nordamerikanischer, europäischer, … Typ)

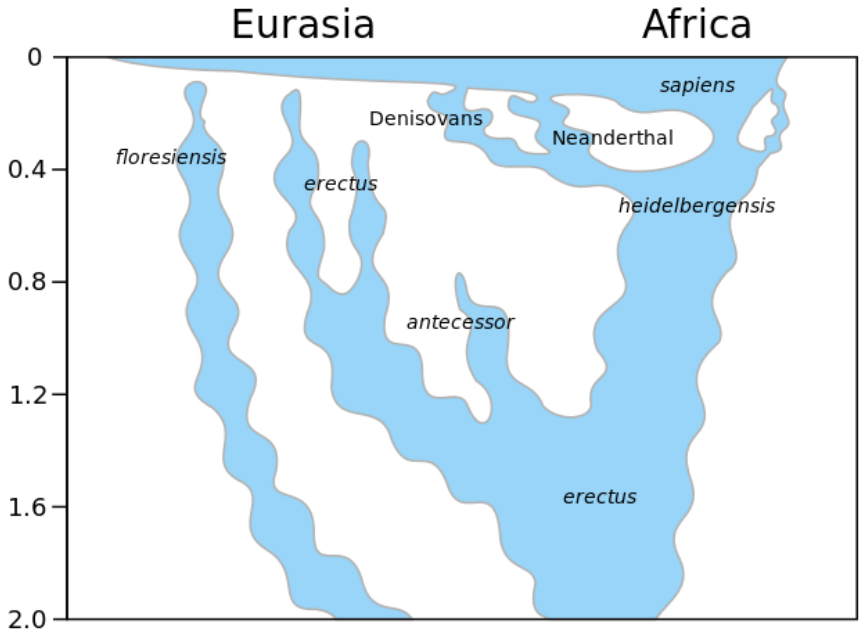
Diffusions-Theorie???

allgemeine Voraussetzung aller hart-biologischen Thesen ist die Annahme der genetisch eigenständigen Art
läßt man dagegen auch Art-übergreifende Kontakte und Vermischungen bzw. eine stärke Orientierung auf Unterarten (des *Homo sapiens*) zu – und die sehr heterogenen und diffusen Daten-Bestände suggerieren das sehr stark – dann ist der Stammbaum des Menschen eher ein Stammbaum einzelner Gruppen zu bestimmten Zeiten und an bestimmten Standorten; man würde dann nur noch die genetischen Anteile und begrenzt auch die direkten Abstammungen anhand einzelner Gene festlegen können
Fortpflanzung ist hier nicht nur innerhalb der Bio-Spezies, sondern auch im Bereich der Morpho-Spezies und ev. auch innerhalb des Rassenkreises möglich ((Unter-)Art-übergreifende Bastardisierung mit Erhalt der Fortpflanzungsfähigkeit)
dafür spricht auch, dass die genetischen Abweichungen zwischen den klassischen Menschen-Typen bzw. – lokalen Gruppen deutlich größer sind als Abweichungen zu verwandten Arten
trotzalledem ist die menschliche Art (gemeint hier *Homo sapiens* als Großgruppe) – im Sinne die biologischen Definition einer Art (Bio-Spezies) – recht stabil und nicht mischungsfähig (nach derzeitigem Forschungsstand) (gemeint sind hier andere Primaten-Arten)

Auswanderungs-Theorien
???Kandelara-Hypothese (vor 1-2 Mio Jahren) → heute als falsch verworfen

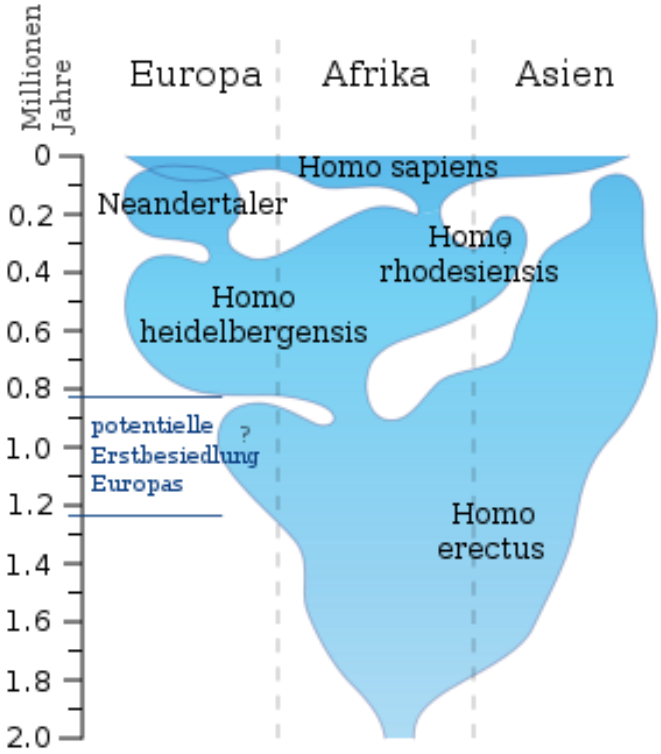
neue These Auswanderung wohl vor spätestens 100'000 und frühestens 300'000 Jahren
vor 500'000 Abtrennung Neandertaler
Nicht-Afrikaner von 55'000 abgetrennt

2012 Chris(topher Brian) STRINGER (1947 -)



Abstammung der Mensch-Arten nach STRINGER
Q: de.wikipedia.org (Chris Stringer, Conquistador)

andere These / Rekonstruktion



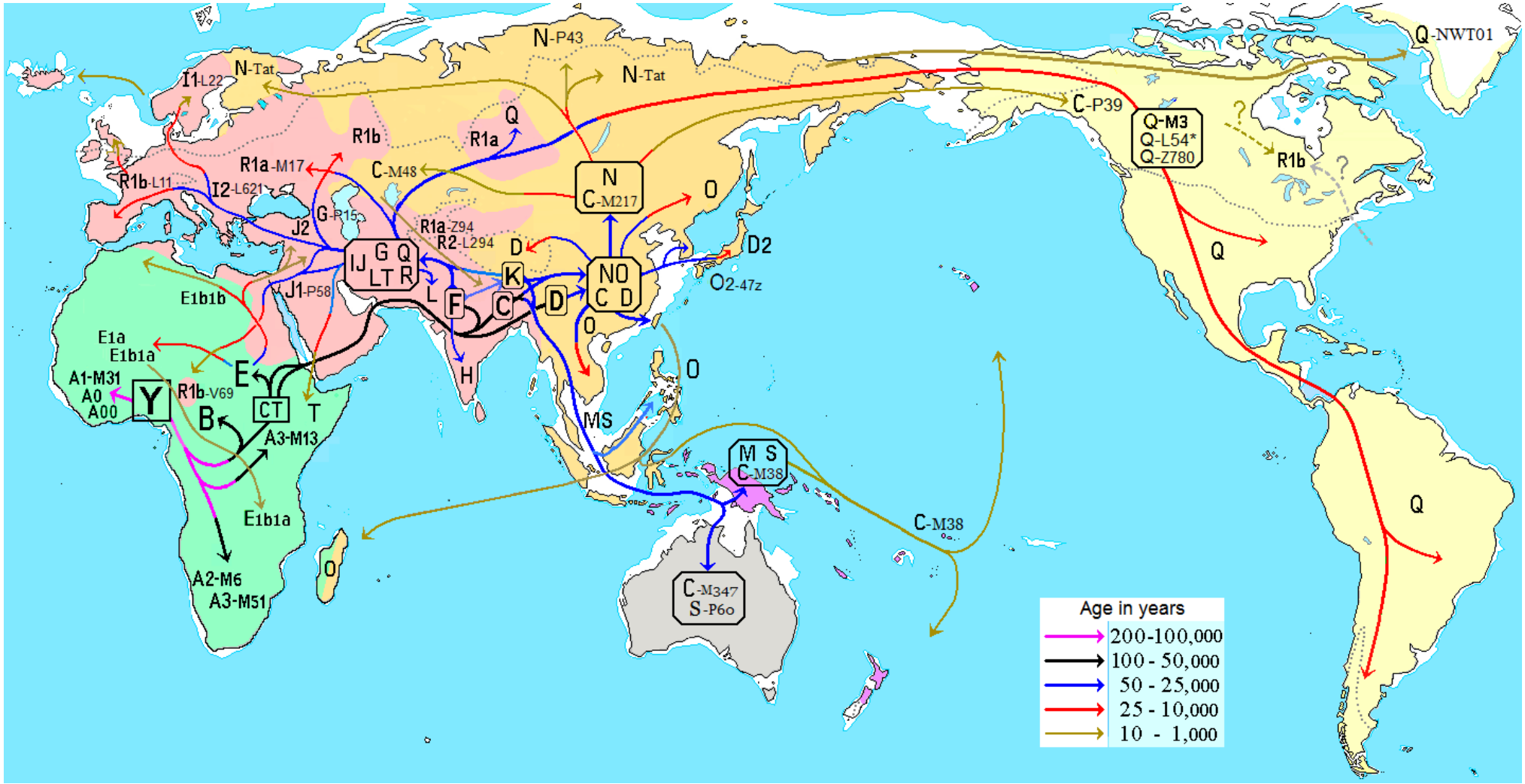
Q: de.wikipedia.org (Leonie49, myself)

vor ungefähr 900'000 Jahren gab es wahrscheinlich eine sehr kritische Phase für die Art Mensch
zu dieser Zeit kam es zu größeren – katastrophalen – Veränderungen in der Natur
starke Zunahme der Vergletscherung, dazu Abkühlung der Meere

Population schrumpfte auf 1 % des vorherigen Bestands
diese Rest-Population könnte aus ungefähr 1'300 Menschen bestanden haben
gestützt wird diese These durch eine neuartige Untersuchungs-Methode, die Gen-Häufigkeiten innerhalb von Populationen auswertet
in der Studie untersuchte über 3'000 – vor allem aus Afrika stammende – DNA-Profile

Beispiel für den Flaschenhals-Effekt (Gen-Drift) bei Emigrationen usw.
letztendlich ist der heutige Mensch das Ergebnis dieser Krise
der robuste *Homo erectus* hat die Umwelt-Veränderungen wahrscheinlich deutlich besser überstanden, starb dann aber vor 100'000 – fast zeitgleich mit den Neandertalern – aus

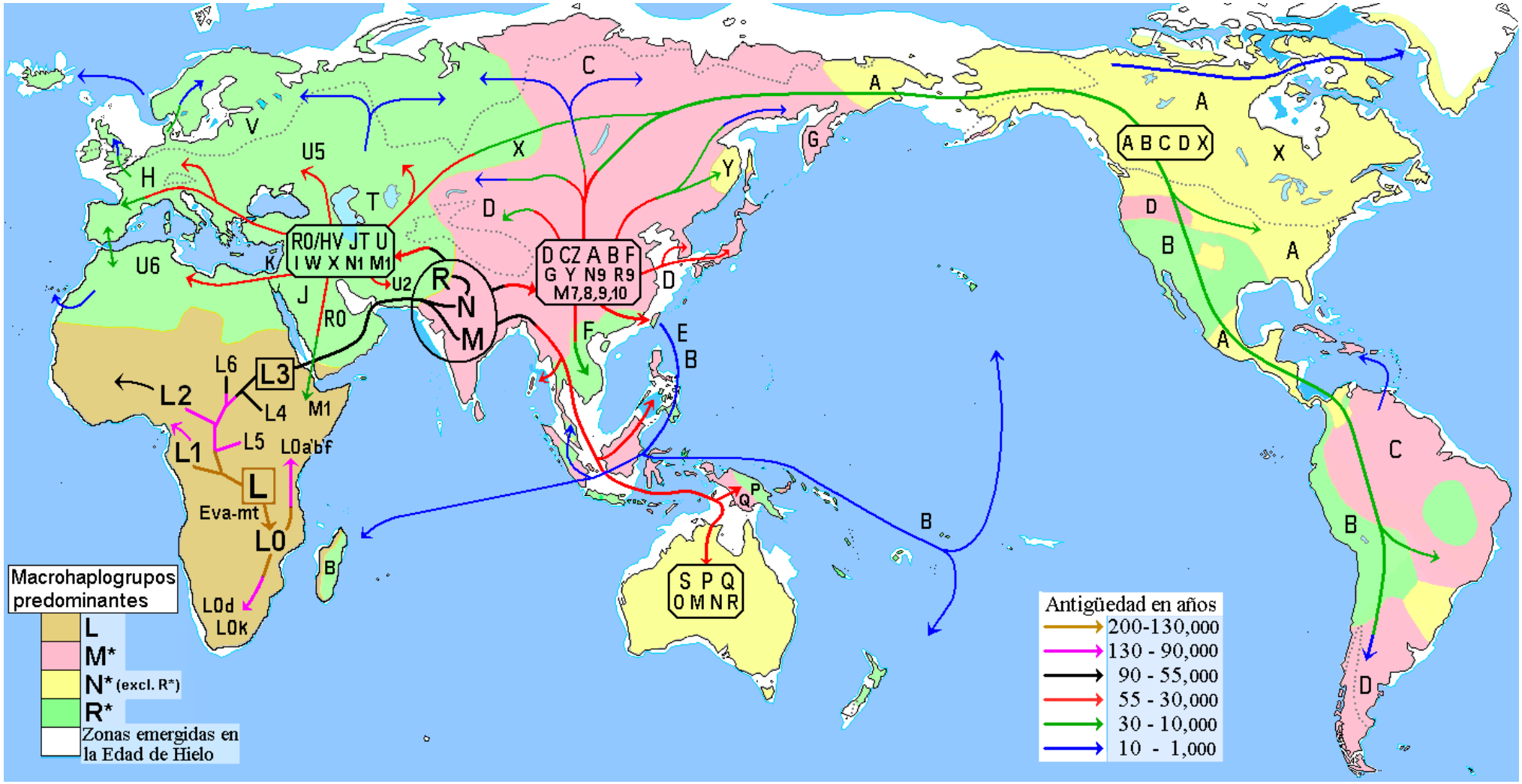
ab hier diverse Wiederholungen!!!



erste Auswanderungswelle (Out-of-Africa) – Rekonstruktion nach genetischen Markern auf dem Y-Chromosom (heute lebender Menschen (Männer))

Q: de.wikipedia.org (Maulocioni)

(c,p) 2014 – 2020 lern-soft-projekt: drews



erste Auswanderungswelle (Out-of-Africa) – Rekonstruktion nach genetischen Markern aus den Mitochondrien (heute lebender Menschen (Frauen))
Q: commons..wikimedia.org (Maulocioni)

(c,p) 2014 - 2026 lsp: dre

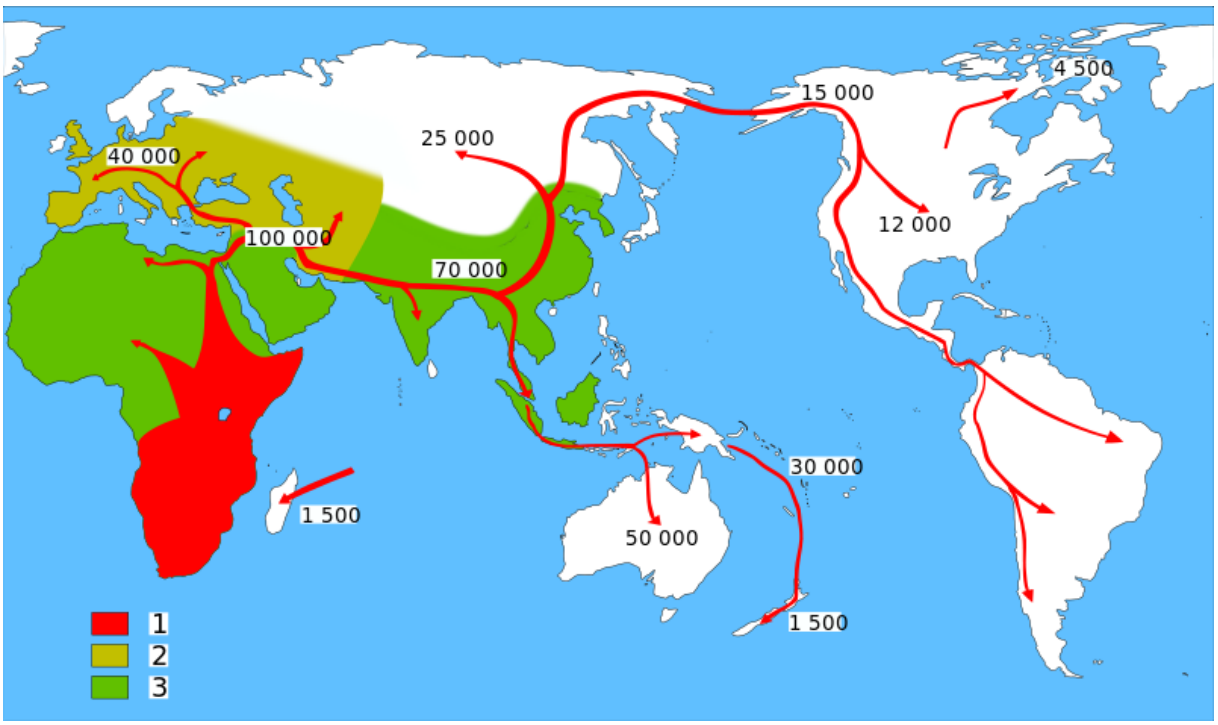
häufig formulierte und auch weit verbreitete Vorurteile gegenüber Menschen-Rassen sind nicht beweisbar

vielmehr sind kulturelle, religiöse und andere Lebens-Bedingungen für kleine Unterschiede verantwortlich

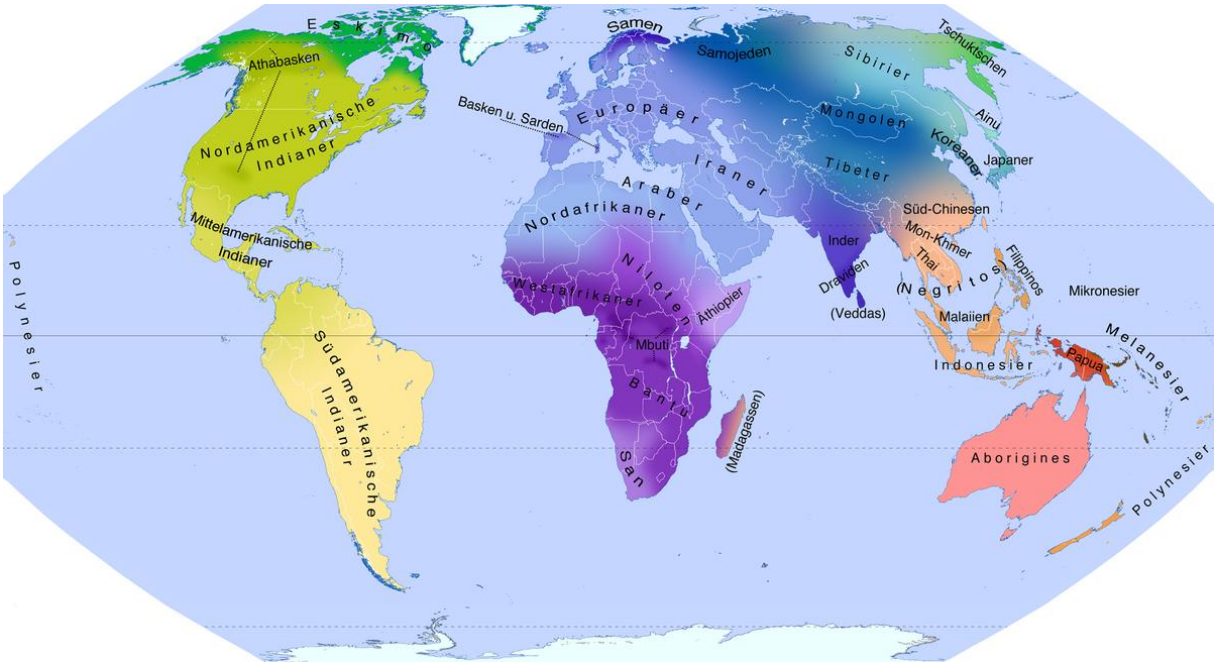
gehören alle zur gleichen (Unter-)Art *(s) Homo sapiens (sapiens)*
keine genetischen Hürden (Mischungen eher vorteilhaft)
gleiche Intelligenz
gleiche Verhaltensweisen

Rassen sind ein soziales Konstrukt, keine bilogisch-basierte Gruppe
(→ Menschen-Rassen und Rassismus)

Nachkommens-Gruppen der ersten Auswanderungs-Welle
Negrito-Frau (Philipinen); Aborigine- Mann (Australien)
Papua-Mann (Neuginea); Melanesier-Junge (Vanuatu)
Q: de.wikipedia.org (Christophe cagé, Ken Ilio, Stephen Michael Barnet, 710928003, Graham Crumb)



Gesamt-Rekonstruktion der Ausbreitung(s-Wellen) des Menschen (H. sapiens)
Zahlen geben Zeitpunkt in Jahren an (vor heute)
Q: commons.wikimedia.org (Altaileopard)



heutige Menschen-Gruppen / -Kreise (-Typen)
Q: commons.wikimedia.org (Ökologix)

Belege für Out-of-africa

genetische Stammbäume

→ Heliobacter pylori

→ Karies

Belege für andere Evolutionstheorien zur Menschheitsabstammung

besondere Faktoren für die spezielle Evolution des Menschen

kombinatorische Wirkungen einer Vielzahl von Faktoren

• **Gehirn-Größe / -Entwicklung**	Großhirn als Denksystem und universaler Datenspeicher
• **ausgeprägtes Ich-Bewußtsein mit sozialer Verständnis-Kompetenz**	Mitfühlen Planen und Durchführen sozialer Aktivitäten Glauben und Kulte
• **Entwicklung eines Ziel- und Problem-orientierten Denkens**	universelles Gehirn / universeller Verstand, da die Komplexität der Alltags-Anforderungen und deren Anlage nicht mehr genetisch entwickelbar war Bau von Werkzeugen Planen einer Jagd Entwicklung von Strategien
• **Entwicklung eines symbolischen und modellhaften Denkens**	Glauben, Traditionen, Kunst, Wissenschaft
• **aufrechter Gang**	Freiwerdung der Hände für den Werkzeug-Gebrauch
• **ausgeprägte Mimik**	Anzeige des Ich-Status über das Gesicht Lesen und Interpretieren dieser Signale
• **Sprache**	starke Kommunikation z.B. Sozialsystem, Jagd, Verteidigung, …
• **Schrift**	Dokumentation
• **Beherrschung und Nutzung des Feuers**	effektiverer Aufschluß der Nahrung Konservierung der Nahrung Verteidigung (z.B. gegen Raubtiere und Artgenossen) Überleben in kälteren Gebieten
• **Enthemmung bei der Tötung von Artgenossen**	von Horden-Auseinandersetzungen zu globalen Kriegen Eroberung neuer Ressourcen (bis hin zu Frauen, um Inzucht zu verhindern)
• **Entwicklung einer Lagerhaltung**	verschiedene Konservierungs-Möglichkeiten Überwinterung oder Überleben von Dürren usw. möglich
• **Entwicklung spezieller Kulturtechniken**	Musik, Gesang, Tanz, Malerei, Schnitzerei, Bildhauerei, …

- **Handel** — Tauschen von Objekten bis hin zu Familien-Mitgliedern (z.B. Frauen, um Inzucht zu verhindern)
- **durchgehende Paarungs-Bereitschaft** — Stärkung der sozialen Bindungen → Familien, Ehe
- **Meme** — universelle Gene oder viral funktionierende Gedanken / Ideen / …
-
-

viele Einzel-Faktoren wahrscheinlich Mittel der sexuellen Selektion

Entwicklung der Sprache zwischen 250'000 und 120'000 Jahren, wahrscheinlich fließender Übergang zwischen variablen Lauten und Kombinationen von neuartigen Lauten, Silben etc.
dadurch Informations-Weitergabe möglich, die nicht an konkrete Raum- oder Zeit-Bedingungen geknüpft ist
einfacher Warnlaut nutzt nur, wenn Gefahr auch wirklich besteht
ein Bericht über die Gefahr eines bestimmten Tieres oder bezüglich einer speziellen Situation (noch höher-entwickelt) ist weitaus effektiver und umfassender → Lernen (auch von nicht selbstgemachten Erfahrungen!)
Kombination mit Gestiken → Gebärdensprache; durch freigewordene Hände möglich

verantwortlich für besonders intensive Entwicklung der Sprache wird das FOXP2-Gen gemacht
es expremiert besonders im Gehirn
Gen besteht aus Wiederholungen
Schimpansen haben ähnliches Gen
ihr Gen besitzt aber nur Wiederholungen

aus der Sprache entwickelte Schrift
Dauerhaftigkeit der Informationen

Meme entweder als spezielle / universell zu verstehende Gene (nach DAWKINS)
oder Meme als virale Gedanken, Ideen, … (nach Dan SPERBER (1942 –)
Verbreitung fruchtbarer Gedanken etc. aber auch Signal für soziale Gruppierung mit und ohne Rang-Ordnungen

Religion
natürliche Erscheinung für hochentwickelte universelle Denk-Organe
Abdeckung verschiedener Bedürfnisse: (Pascal BOYER,)

dazu gehören:
- **Kommunikation mit einer Person, die genau so fühlt und denk, wie man selbst** — selbst sehr hohe soziale Kompetenzen und Verständnis anderer Personen wird wegen der Individualität häufig enttäuscht

- **Zuordnung der Verantwortlichkeit für unerklärliche Sachverhalte oder Ereignisse**
- **universelle Erklärungs-Möglichkeit** alle unerklärlichen Sachverhalte und Ereignisse lassen sich so erklären → innere Zufriedenheit
- **universeller Trost-Spender ohne materielle Verbindlichkeit**
- **gemeinsame, kommunikationsfähige Mem-Ebene** man redet über das Gleiche, stimmt sich aufeinander ab, versteht aber intern recht unterschiedliche Dinge darunter
-

Thesen zur Mensch-Werdung / Hominisation / Anthropogenese

selten auch Anthropogenie

Thesen zur "Herausbildung des aufrechten Ganges"

- **Nahrungs-Hypothese** durch Greifen nach Früchten vom Boden oder stehend auf Ästen aus
- **Baum-Hypothese** aufrechter Gang schon beim Klettern in den Bäumen und beim Wechseln zwischen Bäumen erworben
- **Savannen-Hypothese** durch Klima-Veräderungen kam es zum Wandel der Wälder hin zu Savannen mit hohem Gras, in diesem hatte hohe Kopf-Position einen Vorteil beim Erkennen von Beute und von Feinden
- **Verhaltens-Hypothese**
- **Wat-Hypothese (Wasseraffen-Hypothese)**
- **Bewegungs-Effizienz** Tragen von Gegenständen (Jagd-Waffen, Sammel-Behälter) beim Fortbewegen (Gehen) möglich

Nahrungs(aufnahme)-These

Kevin D. HUNT ()
abgeleitet aus Beobachtung der Nahrungsaufnahme bei Schimpansen
Greifen von Früchten stehend auf dem Boden oder auf Ästen
regelmäßige zweibeinige Fortbewegung

2009 durch Analysen von Fosilien (*(s) Ardipithecus ramideus*) falsifiziert

Baum-Hypothese

Susannah THORPE und Robin CROMPTON ()
nach Beobachtungen (Bewegungs-Muster) von Orang-Utans (malaiisch: Waldmensch; *(s) Pongo spec.*) These entwickelt, dass die frühen Vorfahren des Menschen schon zum Greifen von Früchten und beim Wechseln zwischen Nahrungs-Quellen (Bäumen) sich aufrecht gehalten / bewegt haben; vor rund 4,4 Mio Jahren
dann später Vorteil, als bei einer langen Trocken-Periode die Urwälder schrumpften und versteppten
These wird durch Fossilien sich aufrecht haltender Menschen-Vorfahren (*(g) Australopithecus*) gestützt, die Fundgebiete waren zu Lebenszeit der Vorfahren bewaldet
Füße vergleichbarer Fossiliendeuten auf recht häufigen Knöchelgang

Savannen-Hypothese

Ursprünge dieser These schon bei J.-B. DE LAMARCK
vor 7 bis 8 Mio. Jahren soll sich aufrechter Gang in den Savannen (weite Gras-Landschaften) herausgebildet haben
keine zusammenhängende Baum-Gruppen mehr, immer neues Raufklettern auf Bäume zu aufwendig, Greifen nach Früchten vom Boden aus
regelmäßiges Aufrichten zum Schaffen des Überblicks (Orientierung, Raubtiere)

These gilt als widerlegt, da diverse Fossilien (*(s) Sahelanthopus thadensis* + *(s) Orrorin tugenensis*) darauf hinweisen, dass diese selbst keine Savannen-Bewohner waren, aber sich aufrecht bewegten; waren Bewohner geschlossener Wälder

aus thermo-regulativen Gründen war aufrechter Gang aber wahrscheinlich im heißen Afrika vor 4 Mio. Jahren vorteilhaft; verbunden mit weitgehendem Verlust der Körper-Behaarung

Verhaltens-Hypothese

1981 von C. Owen LOVEJOY
ursprünglich entwickelt aus Sozialverhalten männlicher Menschenaffen
monogame Lebensweise; Familien blieben bei Nahrungssuche / Jagd zurück; Transport von Nahrung oder Jagdbeute bei aufrechtem Gang am effektivsten

nicht durch Fossilien belegt; auch die Annahme der monogamen Lebensweise nicht belegt
Australopithecus eher polygam (Sexualdimorphismus mit fast doppelt so großen / schweren Männchen)
durch Funde von *(s) Ardipithecus ramidus* widerlegt und These von LOVEJOY selbst widerrufen

Wat-Hypothese

Ufer-Hypothese

geht mit in Wasseraffen-Theorie auf

Sprach-Entwicklung

von unseren Vorfahren waren die am Erfolgreichsten, die Signale am Weitesten und am Klarsten kommunizieren konnten
unter den Bedingungen von Wald und Savanne waren dies akustische Signale
schon einfache Differenzierungen (helle, schrille oder dumpfe Töne / Schreie) reichen aus, um wichtige Informationen über Feinde, Nahrung oder für Geschlechts-Partner weiterzugeben
in der Evolution des Menschen waren wahrscheinlich die bevorteilt, die Informationen, Emotionen usw. usf. am besten durch Abwandlungen der Töne / Schreie ausdrücken konnten
in einer Co-Evolution entwickelte sich das Gehirn auch genau in den Regionen weiter, die die Signale interpretieren

Die Evolution der Sprachen verlief und verläuft eher synchron mit der Weiterentwicklung und Verbreitung männlicher Haplogruppen. Man müsste also eher von Vatersprache als von Muttersprache reden.
Ursache ist aber nicht eine genetische Weitergabe der Sprache oder entsprechender Merkmale. Vielmehr entsteht der Effekt dadurch, dass traditionell die Männer zuhause (bei ihrem eigenem Stamm usw.) bleiben. Die Frauen wechseln mit der Hochzeit deutlich häufiger die angestammte Groß-Familie und ziehen so auch in neue Sprachgebiete.
Natürlich sind es die Mütter, die vorrangig mit den Nachkommen kommunizieren und auch in der Gemeinschaft viele kommunikative Aufgaben übernehmen. Der Begriff der Muttersprache ist damit natürlich berechtigt und sinnvoll.

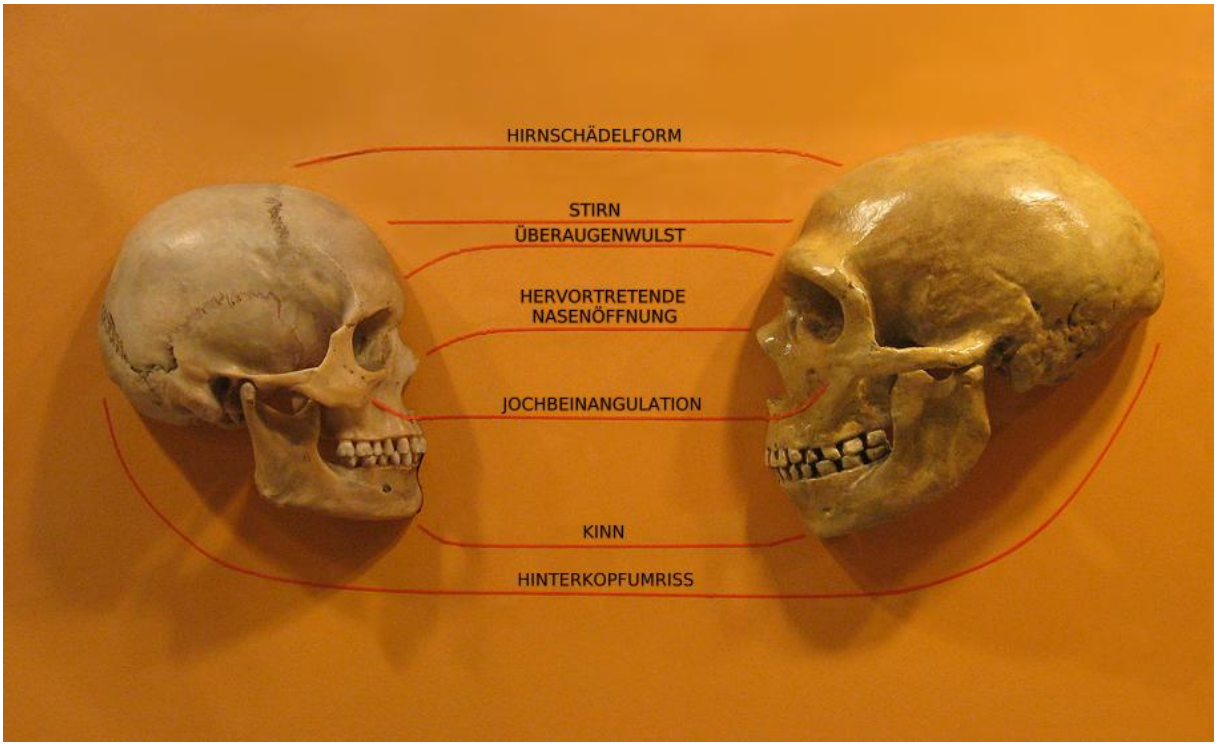
derzeit werden 8 große Sprach-Familien beschrieben

Mythos Neandertaler

Neanderthaler sind eine eigenständige Unter-Art in der Art Homo sapiens → (s-) Homo sapiens neanderthalensis
von einigen Forschern aber auch als eigenständige Art in der Gattung Homo betrachtet → (s) Homo neanderthalensis
wahrscheinlich liegt die Wahrheit irgendwo dazwischen in einem Nebelfeld von Kreuzungen, unterschiedlichen Umwelt-Bedingungen (unterschiedliche Ausdifferenzierung bestimmter Merkmale) und der sozialen Möglichkeiten (Familien, Werkzeuggebrauch, Totenkult, …)

Auswanderung aus Afrika lange vor Homo sapiens | erectus, wahrscheinlich schon vor 300'000 Jahren
wahrscheinlich kam es zwar zum Kontakt von Homo erectus bzw. sapiens (im Arten-Übergangsfeld) und Homo neanderthalesensis
Neandetaler wurde durch die einwandernden (Out of Africa II) und sich verbreitenden H. s. in Europa nach Norden und Westen gedrängt, starben dann innerhalb von 20'000 Jahren aus;
letzte bekannte menschliche Unterart, die vor ungefähr 35'000 Jahren ausgestorben ist

genetische Anteile liegen zwischen geschätzten 4 bis 1 %

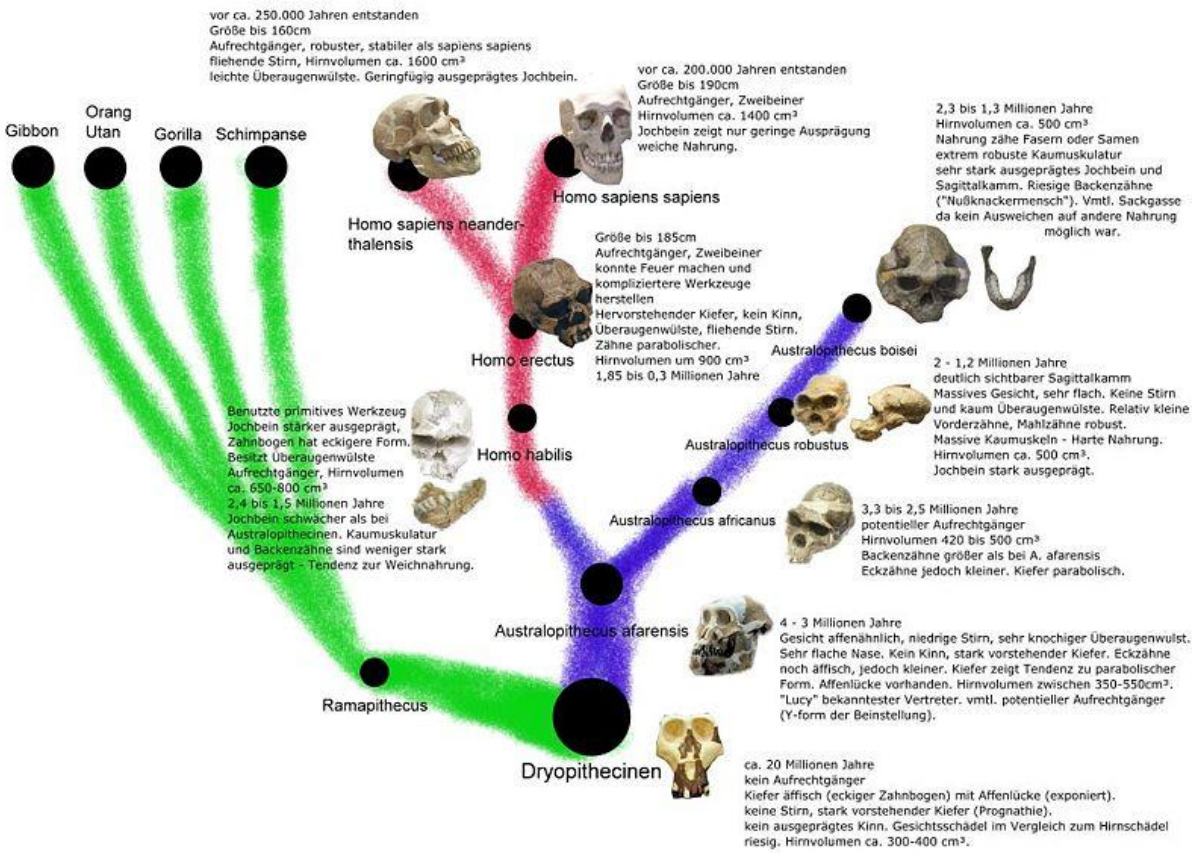


Schädel-Vergleich Mensch (links) und Neandertaler (rechts)
Q: de.wikipedia.org, www.flickr.com (hairymuseummatt, KaterBegemot)

eine weitreichende Vermischung / Hybridisierung mit den einwandernden Homo sapiens aus Afrika ist aber in unserem heutigen Genom nicht nachgewiesen worden
nur Einmischung einzelner Gene

intellektuell waren beide (Unter-)Arten gleich gut ausgestattet
H. s. war wohl etwas breiter in den Fertigkeiten ausgestattet
mehr Techniken beim Herstellen von Werkzeugen

wahrscheinlich ist eine zu starke genetische Isolierung der relativ kleinen Neandertaler-Population
hier waren die einwandernden Menschen aus Afrika breiter ausgestattet
dazu größere - aus Afrika nachdrängende - Population



möglicher Stammbaum des Menschen
Q: de.wikipedia.org (Dimitrios Pascal Weiß)

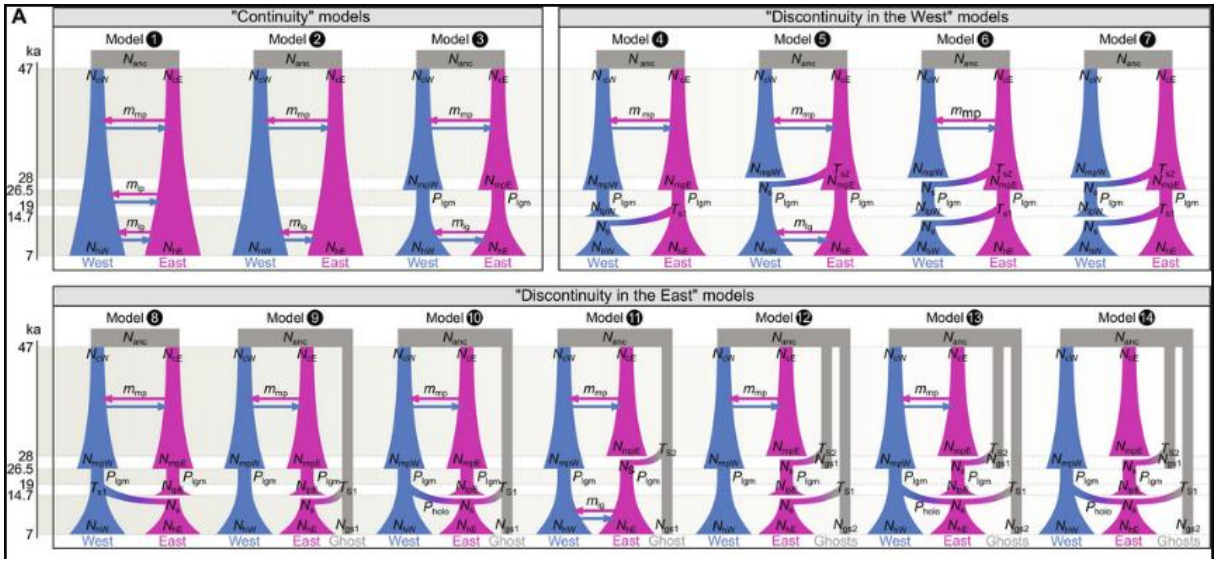
Entwicklung des Menschen während der Eiszeit

letzte Einwanderung noch Europa wahrscheinlich vor 45'000 Jahren
durchgehende Besiedlung von Europa
auch während der letzten Eiszeit
zwischen 47'000 und 25'000 Jahren gute genetische Durchmischung
dann bis 14'700 eher eine Trennung zwischen West- und Ost-Europa
wahrscheinlich zwischenzeitig – z.T. starke Rückgänge der Populations-Größe
besonders ausgeprägt in West-Europa, wo fast ein Aussterben drohte
Ergänzung durch Menschen-Gruppen aus Ost-Europa

künstlerische Rekonstruktion einer Jäger-Sammler-Gruppe aus der Eiszeit
Q: https://idw-online.de/de/image?id=396306 (Tom Björklund)

Schädel aus Hohlenstein-Stadel-Höhle
(ev. einer Familie: Mann, Kind, Frau)
Q: https://idw-online.de/de/image?id=396307
(Osteologische Sammlung, Universität Tübingen)

diskutiert werden diverse Bevölkerungs-Modelle



verschiedene Bevölkerungs-Modelle dür die Eiszeit-Menschen
(Ausschnitt aus Orginal-Abbildung)
Q: https://www.science.org/doi/10.1126/sciadv.adn8129
ref.: https://idw-online.de/de/news838293

weiterführende Links:
https://www.science.org/doi/10.1126/sciadv.adn8129 (Original-Artikel)

Züchtung von Kulturpflanzen und Haustieren

Domestikation

zuerst Tiere, dann viel später Pflanzen
wahrscheinlich Hunde die erste domestizierten Tiere
Tiere sind beweglich und können bei Wanderungen mitgenommen werden
Domestikation erfordert langes Verbleiben an einem Standort bis hin zur Seßhaftigkeit

Haushunde und Wölfe sind Nachkommen eines gemeinsamen Vorgänger‘s
Hunde stammen somit nicht von Wölfen ab
Mensch hat die natürliche Auslese durch eine künstliche ersetzt
dmit verliefen die Entwicklungen von Hund und Wolf völlig unterschiedlich (auch wenn beiden recht ähnlich Umwelt-Bedingungen ausgesetzt waren)

bei anderen domestizierten Arten verlief die Entwicklung zumeist äquivalent

Definition(en): Domestikation
Doestikation ist die langsame Umbildung wilder Organismen zu Nutz-Organismen durch künstliche (/ vom Menschen durchgeführte) Auslese / Züchtung.

Definition(en): Heterosis
Heterosis ist die Merkmals-Steigerung bei Bastarden gegenüber den Eltern(-Rassen).

Definition(en): Züchtung
Züchtung ist ein künstliches (vom Menschen praktiziertes) Auslese-Verfahren zur Erzeugung bestimmter Organismen bzw. ganz bestimmter Merkmale bei Organismen.

Wild-Art	wiss. Bezeichnung	Status	Kultur-Art	wiss. Bezeichnung	Züchtungs-Beginn vor … Jahren	geschätzte Anzahl bekannter Rassen	
Europäische Wild-ziege		ausgerottet			11'000		
Wolf					10'000		
Wildschwein					9'000		
Nordafrikanische Falbkatze					8'000		
Auerochse		seit 1627 ausgerottet			6'000		
Wildpferd		fast ausge-rottet			6'000		
Graugans					6'000		
Meerschwein					6'000		
Bankivahuhn					4'000		
Wildkaninchen					2'000		
Wellensittich					100		
Goldhamster					50		

(c,p) 2014 – 2020 lern-soft-projekt: drews

Definition(en): Heterosis-Züchtung
Heterosis-Züchtung ist eine spezielle Form der Züchtung, bei der spezielle Leistungs-schwäche Eltern(-Rassen) zu Leistungs-fähigeren F1-Hybriden kombiniert werden.

Menschen-Rassen und Rassismus

künstliches – vor allem soziales – Konstrukt
keine biologische Repräsentation

Konzept der Rasse ist Ergebnis von Rassismus und nicht dessen Voraussetzung
Jenaer Erklärung (→ https://www.uni-jena.de/190910_JenaerErklaerung)

KANT und LINNE waren praktisch eigentlich Rassisten
vor allem aus praktisch absoluter Unkenntnis über fremde Kulturen

überholte! Definition(en): Rassen
Rassen sind Populationen einer Art, bei denen ein Merkmal dominiert (≥ 75 %), welches in anderen Populationen nicht vertreten / unterrepräsentiert ist.

Kontinental-Rassen Johann F. BLUMENBACH (1752 – 1840)
Asiaten, Amerikaner, Kaukasier, Australasiaten und Polynesen; Afrikaner
basierend hauptsächlich auf Schädel-Daten
sieht Übergänge, bleibt aber bei seinen Klassen

Abbildung aus alten Lexika's ???

"Rassen-Merkmale":

- Pigmentierung (UV-Schutz (Korrel. zu UV-Belastung); Vit-D_3-Hypothese)
- Kraushaar (Wärme-Isolation)
- Lid-Falte ()
- Lactose-Verträglichkeit (Nutzung von zusätzlichen Nahrungs-Quellen in Gebiten mit schwieriger Ernährung)

Haut-Farbe ev. konvergente Evolution
in verschiedenen Regionen der Welt ev. jeweils neu herausgebildet (sehr wahrscheinlich für Australien (Aborigines))
erste Menschen in Mittel-Europa waren auffallend pigmentiert

durch Einwanderung hell-häutiger Stämme aus Vorderasien kam es dann zur Dominanz der Nicht-pigmentiertes Haut-Typen

Haustier-Rassen (besser Züchtungen oder Sorten)
nur durch menschliche Beeinflussung der Vermehrung und Vererbung mit bestimmen Gruppen-Merkmalen (Zucht-Zielen)

bei Pflanzen wird eher von Sorten gesprochen
Rassen-Begriff mehr im Deutschen
in der engl.-sprachigen Biologie von (breeds) eher als Züchtung und nicht von race

Ernst MAYR (1904 – 2005) lehnte Rassen-Konzept ab (2002)
aus geographische Rasse übergegangen zum Begriff der Menschen-Unterart

allerdings auch schon durch die heutige Gesamt-Menschheit belegt
Homo sapiens sapiens
dann müßte man konsequenterweise zu Unter-Unterarten kommen, was aber biologisch keinen Sich macht

Definition(en): Unter-Art
Die Individuen einer Art, die sich in eine taxanomisch klar unterscheidbare Gruppe abtrennen lassen, können als Unter-Art verstanden werden.

willkürliche Gruppe
keine Evolutions-Einheit (es sei denn als geographisches od. genetisches Isolat)

genetische Unterschiede sind innerhalb einer Population i.A. größer als zwischen verschiedenen Populationen

Menschen (genetische Differenzierung)
Menschen – egal aus welcher Region, haben praktisch 99,9 % des Erbgutes gemeinsam

4 – 5 Mio. variable Stellen im Genom (auf 3,2 Mrd. Basen-Paaren)
größere / stat. gesicherte Unterschied nur zu afrikanischen Population (Abtrennung des afrikanischen Typus vor rund 60'000 Jahren)

Regionen: 5
Anzahl Pop: 52
Varianz: 93,2 innerhalb Pop 2,5% … 4% …

es gibt aber auch deutliche Unterschiede zwischen Menschen-Gruppen

CYP2D6-Metabolisierer ist ein Enzym, dass in mehreren Metabolismen von wichtigen medikamenten eine zentrale Rolle spielt
4 Phänotypen bekannt, deren Aktivität sich bis um 2 Zehner-Potenzen unterscheiden kann

PM (poor metabolizer) ist eine langsame Variante des Metabolismus, weiil das Enzym aufgrund zweier nicht-funktionierender (dysfunktionale) Allele nicht ausgebildet wird (bewirkt starke Akkumulation des Medikamentes im Körper → ev. starke Nebenwirkungen / scheinbare Über-Dosierung)
IM (intermediate metabolizer) ist eine eingeschränkte () Enzym-Variante; Enzym basiert auf entweder zwei Allelen (homozygot) für ein Protein mit reduzierter Arbeits-Geschwindigkeit oder heterozygot aus einem normalen und ein dysfunktionalen Allel (ähnliche, aber weniger ausgeprägte Akkumulation und Nebenwirkung)
die Variante EM (extensive metabolizer)) arbeitet normal schnell, Genotyp ist homozygot Wild-Gen (hierrauf bezieht sich die Standard-Dosierung)
besonders schnell ist UM (ultrarapid metabolizer), genotypisch liegt hier ein Fall von Gen-Aplifikation (Mehrfach-Kopie eines Gen's) von 3 oder mehr Kopien des normalen Gen'S (Wild-Typ) (Enzym arbeitet so schnell, dass keine wirksame Medikamenten-Konzentration im Körper aufgebaut werden kann → Präparat wirkt nicht)

Polymophismus von CYP2D6 in verschiedenen ethnischen Gruppen

Phäno-Typ		**Bevölkerungs-Gruppe [%]**				
		Europa Nordamerika (europ. Abstammung)	**Afrika Nordamerika** (afrikan. Abstammung)	**Nordamerika** (Hispanic) **Lateiname-rika**	**Asien**	**Mittlerer Osten**
PM		7 – 10	0 – 19	2 – 6	0,1 – 2	2 – 5
IM		5 – 10	10 – 15	5 – 10	5 – 20	10
EM		85 – 90	55 – 80	80 – 90	70 – 90	80
UM		0,8 – 10	5 – 40	7 – 10	1 – 2	15

Q: https://www.aerzteblatt.de/archiv/134875/Genetische-Varianz-Haben-die-Ostfriesen-andere-Gene

Erklärung der "Rassen"-Bildung wird über die große Wander-Freude des Menschen
ist aber wohl auch wiederum der Hauptgrund für die große Einheitlichkeit (durch "Rück-Wanderung")

6.4. Evolution in der Gegenwart

6.4.1. biologische Evolution in der Gegenwart

moderne Reproduktions-Medizin

genetische Familienberatung

Vermeidung von Nachkommen, für die eine hohe Wahrscheinlichkeit hinsichtlich einer (bedeutsamen) Erb-Krankheit
dadurch vorauseilende Selektion bestimmte Gene oder Gen-Kombinationen

medizinisch indizierte Schwangerschafts-Abrüche

meist durch auffällige Labor- oder Untersuchungs-Ergebnisse (Ultraschall- oder Fruchtwasser-Untersuchungen)
Selektion bestimmter – problematischer – Gene oder Gen-Kombinationen

Kriege und Genozide – ein massiv menschliches Phänomen
gibt es auch bei einigen Raubkatzen, betrifft dann aber nur die Nachkommen des (toten oder getöteten) Vorgängers
keine Auswirkungen auf umgebendes Ökosystem
Sozial-DARWINismus
Ausrottung von Völkern / Volks-Stämmen / Glauben-Gemeinschaften / … führt immer zur Einschränkung des Gen-Pool; auch bezüglich ev. lokal besser angepasster Populationen /

Veränderung der Lebenswelt und –Bedingungen

z.B. durch fehlendes Ozon stärkere Belastung der Bevölkerung auf der südlichen Halbkugel durch UV-Strahlen, gestiegenes (Haut-)Krebs-Risiko
häufigere Flächen-Brände; mehr Unwetter
Veränderung von Rhythmen und Räumen

das 6. große Massensterben – eine Mensch-gemachte ökologische Groß-Katastrophe

nach den "big five" nun eine ständig zunehmende Ausrottung von Arten (direkt oder indirekt)
trotz Unkenntnis über Konsequenzen werden Groß-Projekte (Staudamm-Bau, starke Wasser-Nutzung, Überdüngung, …) intensivst gestartet oder weitergeführt

das 7. Massensterben betrifft vielleicht nur eine Art – den Menschen

Warum wirken sich Wohlstands-Krankheiten so wenig auf die Evolution aus?

Zeit-Faktor
Evolution als viele 1000 Jahre brauchender Prozess
Wirkung vieler Faktoren über das verlängerte Leben (höheres erreichtes Lebensalter)

Auswirkungen der meisten Krankheiten erst nach der Fortpflanzungsphase
damit keine echte Auslese / Selektion
Funktion von Großeltern auf die Betreuung der Kinder ist ein fördender Faktor, aber nicht so entscheidend

Warum gibt es nur relativ wenige Pflanzen-Arten im Vergleich zu den Tieren?

Wird es in Zukunft mehr Evolution im Bereich der Pflanzen geben?

Tiere nutzen Unmengen von unterschiedlichsten Nahrungs-Quellen. Auch durch Spezialisierung und Einnischung sind praktisch immer neue Quellen dazugekommen.
Pflanzen haben praktisch nur eine Nahrungs-Quelle – das ist die Sonnenstrahlung. Somit ist das Potential hier sehr eingeschränkt. Die anderen Möglichkeiten, Notwendigkeiten und Spezialisierungen usw. usf. sind weitesgehend abgesteckt und werden von den Pflanzen ausgenutzt.
Ein weiterer Effekt ist durch die nur teilweise Ausnutzung der eingestrahlten Energie gegeben. Pflanzen nutzen nur 40 % des Potentials aus. Sie befinden sich also quasi noch in einer Phase, wo die derzeitigen Evolutions-Tendenzen noch genug Potential bilden. Neue Tendenzen sind aber jederzeit möglich und werden wahrscheinlich auch ausgenutzt.

Allgemein ist der Selektions-Druck für Tiere durch die Vielzahl von Konkurrenten deutlich höher als bei Pflanzen. Sie müssen sich nicht so schnell und so breit verändern.

aktuelle Problemfelder in der Evolution des Menschen

verbesserte Ernährungs-Lage führt zu längeren Lebenszeiten, früherer Zeugungs-Fähigkeit

moderne Medizin bekämpft Krankheiten, an denen früher viele Menschen gestorben wären
Früh-Geborene werden durch die Medizin immer besser versorgt
das führt zu einer veränderten Auslese

gute Versorgung älterer Menschen oder weniger Leistungs-fähiger Personen durch Sozial-Systeme (Rente, …)

durch diese Maßnahmen und Tendenzen werden evolutionäre Vorgänge ausgehebelt
aus humanistischer Sicht ein entscheidender Fortschritt
die biologischen Konsequenzen sind derzeit nicht absehbar

Pille → hervorragendes Schwangerschafts-Verhütungsmittel mit großer feministischen und soziologischen Bedeutung
aber auch bei jeder 10. Frau Probleme nach dem Absetzen, Rückkehr zur normalen Ovalution problematisch (nach einzelnen Quellen sind die Probleme sogar noch größer)
bei wiederum ungefähr 10 % dieser Frauen kommt es trotz intensiver Behandlung mit Hormonen nicht wieder zur normalen Ovalution (in Partienten-Arzt-Gesprächen zum Verschreiben der Pille lt. Aussage vieler betroffener Frauen hat das Problem keine Erwähnung gefunden!)
Pille "manipuliert" Partnerwahl
da die Pille eine Schwangerschaft vortäuscht, werden vorrangig Partner des "vertrauenswürdigen + häuslichen" Typs bevorzugt
nach Absetzen der Pille ist wieder der "männliche und Macho-"Typ das Selektions-Kriterium
es kommt zur Häufung von Kuckucks-Vaterschaften
in Dänemark nachgewiesen rund 10 der ehelichen Kinder Kuckuck-Kinder
starke Hinweise, dass es in allen Industrie-Ländern ähnliche Zahlen gibt
begründete Hinweise, dass Phänomen in der gleichen Quantität ein Welt-weites ist

aber Veränderungen schon beobachtbar
Verlagerung der Reproduktion vom Anfang der 20er Jahre (optimal bei Frauen 18 – 22 Jahre, bei Männern 16 – 20 Jahre) in die späten 30er wegen Kariere, Selbstfindung usw.
führt zu immer stärkeren Reproduktions-Problemen bei Paaren
bis zu 25% der Paare Probleme bei der Zeugung eines Nachkommens
früher / bei "normaler" zeitlicher Lage der Reproduktion rund 10 % der Paare mit Problemen
Streß im Beruf, im alltäglichen Leben (man könnte irgendetwas verpassen; Fitness-Wahn), in der Familie () und bei Sex (äußerer Leistungsdruck; "immer können"; Porno-Leistungs-"Vorbilder"; …) werden i.A. als Hauptursache gesehen; Körperliche Schäden sind selten (liegen im 5 % Bereich bei den Paaren)
dazu kommen weitere Belastungs-Faktoren, wie Drogen (Halozinogen, Alkohol, Nikotin), besondere (körperlich nicht notwendige) Kostformen (Diäten, vegane Ernährung, …), Allergien und Unverträglichkeiten, Kontakt mit besonderen Chemikalien (Lebensmittel, Kosmetika, Tatoo's, …), …
Verlängerung der fruchtbaren Phase bei den Frauen; Frauen hatten früher die Wechseljahre ab 35 in der industriellen Gesellschaft um 40; derzeit Verschiebung auf über 45

heute bis zu 50 % der Paare nicht in der Lage, Nachkommen zu zeugen

bei Halozinogen noch nach 10 Jahren (nach dem Entzug) Flash's usw. möglich → tiefgreifende Veränderung des Stoffwechsel im Gehirn und der Nerven-Tätigkeit

hohe Bevölkerungs-Dichte
Sozial-Streß
schnelle Ausbreitung von Infektions-Krankheiten; Ausbreitung wegen des schnellen, globalen Reisens und Handeln kaum noch möglich
Transport von Krankheits-Erreger in Länder in denen es – mangels historisch-biologischen Bedarf's – keine Resistenzen / Imunisierungen oder andere Abwehr-Mechanismen gibt
Zunahme viraler Erkrankungen, da kaum Bekämpfungs-Möglichkeiten bestehen, nur vorlaufende Immunisierung effektiv, wird widerrum von Impfgegnern torpediert (aus biologisch-evolutionärer Sicht haben sie ja vielleicht recht, aber es ist gefährlich bis unmenschlich gegenüber den Kindern oder anderen Personen) → Gefahr z.T. lebenslanger Schäden (z.B. bei Kinderlähmung, Masern, Röteln, …) oder bei Erkrankung im Erwachsenen-Alter (Windpocken, …)

bakterielle Krankheiten wegen Resistenzen gegen Antibiotika immer stärker verbreitet und stärker lebensgefährlich / tödlich
einzelne Keime nur noch gegen ein bis zwei sehr extreme Antibiotika empfindlich; es sind auch einzelne Stämme mit Voll-Resistenz bekannt geworden

Überbevölkerung der Erde erzeugt durch überhöhte Umweltbelastungen deutliche veränderungen der Ökosysteme
derzeit verstärkt sich die Einflußnahme bis hin zu den abiotischen Umwelt-Faktoren (z.B. Temperatur) z.T. bis über die systemischen Toleranz-Bereiche

nachfolgende Problemfelder gehören in die Sozial-Wissenschaften und sind hier nur als Anregung oder Hinweis gedacht, genaueres in der der Fachliteratur dieser Wissenschaften

Zunahme psychischer Probleme bis zur starken sozialen Unselbstständigkeit erwachsener Personen

gefühlter und tatsächlicher Leistungs-Stress
z.T. sehr große körperliche Belastung bis hin zur Überlastung bei wenig trainierten Körpern (bei Männern)
starkes Kraft-Training und vor allem die vielfach damit verbundene "optimierte" Ernährung (mit Protein-Shake's, Leistungs- und Aufbau-fördenden Stoffen usw.) bewirken eine Reduktion der Spermien-Bildung
"Vorbilder" aus Porno's usw. erzeugen übersteigerte Erwartungen

Unterernährung bei Mädchen (vor allem Magel an Fetten) kann zum Ausbleiben der menstruation führen (→ temporäre Impotenz)

Mode erzeugt weitere Probleme
sehr eng anliegende Hosen bewirken bei Männern höhere Temperaturen in den Hoden
dadurch kommt es zur Reduktion der Samenbildung (nicht umsonst sind die Hoden nach außen ausgelagert)
knappe Bekleidung bei Mädchen erhöht zwar die sexuellen Reize aber auch die Gefahr von (chronischen) Entzündungen im Urogenital-Bereich

Zwang zum individuellen Hervorstechen aus der Masse

Hubschrauber-Eltern, die ihre Kinder mit Förderungen überstressen, um ihre – von allen anderen unterschätzten – "verstecken EINSTEIN-Genie's" zu entwickeln
dazu kommt, dass in Industrie-Gesellschaften die Groß-Eltern weniger bereit und fähig sind, die Enkel zu betreuen; zu nehmendes Alter und Umorientierung der Familien-Vorstellungen
verstärkt wird der Effekt noch dadurch, dass die Helikopter-Eltern die Kontrolle ungern an die "verwöhnenden" und "weniger fordernden" Großeltern abgeben wollen

Gefahren durch Gen-Techniken
unkontrollierte Freisetzung von Vektoren, die Fremdgene einschleisen können

Einengung der biologischen Vielfalt (Arten-Sterben, Ausrottung, …)
aber auch durch extreme Zucht (Gen-Mais), die sich negativ auf den Gen-Pool der betroffenen Arten auswirkt
zugleich werden natürliche Inhalts-Stoffe (z.B. tertiäre Pflanzenstoffe) immer mehr reduziert, weil sie nicht primäres Züchtungs-Ziel sind
diese Inhaltsstoffe sind aber auch in kleinsten Mengen für eine gesunde Ernährung bedeutsam

6.4.2. gesellschaftliche Evolution des Menschen

Definition(en): Mem
Ein Mem ist die / eine Einheit der gesellschaftlichen Vererbung. (Unter einem Mem kann man sich eine von Generation zu Generation bzw. von Gruppe zu Gruppe weitergebene Idee / ein Kunst-Element / einen Gedanken / ein Stil / ein Mode-Element usw. vorstellen.)

6.4.3. technische Evolution des Menschen

6.4.4. informatische Evolution des Menschen

James LOVELOCK sieht als "Ziel" der Evolution die Zerlegung von allem in Information (Buch: "Novozän – Das kommende Zeitalter der Hyperintelligenz")

7. Anwendungen der Evolution?

7.1. genetische Algorithmen in der Programmierung und Technik-Entwicklung

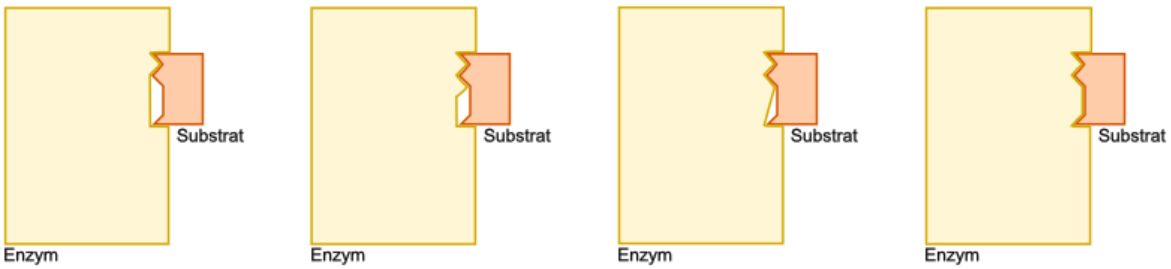
eigentlich müsste es evolutionäre Algorithmen heißen

meist hinsichtlich der Kreativität eingeschränkt, sie erfinden selten etwas Neues, es werden mehr Optimierungen durchgeführt, wichtiger Unterschied zur echten Evolution

komplexe Aufgaben z.B. für die Verbereitung auf Klausuren und Prüfungen)

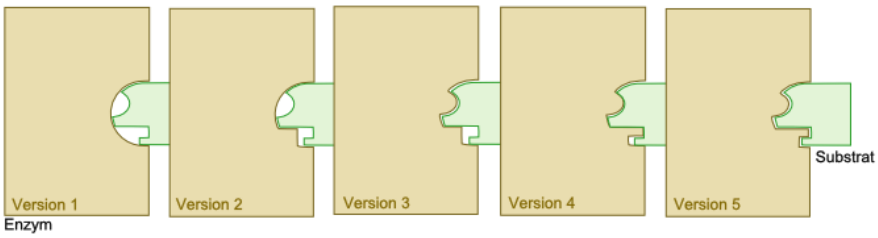
A. Evolution von Enzymen

Man weiss seit längerem, dass sich Enzyme langsam an ihre Substrate angepasst haben. Die wesentlichen Veränderungen finden dabei am aktiven Zentrum statt. Zuerst war die Passung des Enzyms zum Substrat noch sehr grob. Das Enzym konnte die spezifische Reaktion nur relativ langsam ausführen. Durch Mutationen entstehen immer neue Varianten des Enzyms. Ist die Passung (Schlüssel-Schloß-Prinzip) der nachfolgenden Variante besser und das Enzym effektiver, dann wird sich dieses im Normalfall durchsetzen. Nach und nach passt sich das aktive Zentrum so dem Substrat an. In den nachfolgenden Abbildungen ist dieser Vorgang schematisch für eine Enzym-Substrat-Kombination dargestellt.

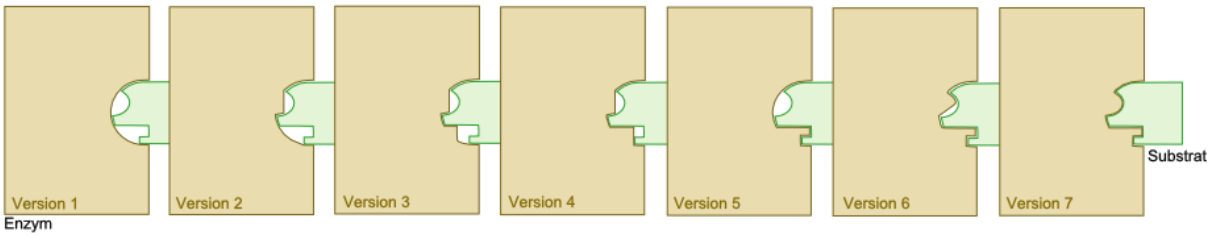


frühe Enzym-Version … … heutige Enzym-Version

1. *Skizzieren Sie den Verlauf einer typischen enzymatischen Reaktion (Biokatalyse)! Erläutern Sie den Verlauf!*
2. *Erläutern Sie, wie sich Mutationen in der DNS auf die Form des aktiven Zentrums eines Enzyms auswirken können!*
3. *Angenommen alle Enzym-Varianten setzen das Substrat-Molekül gleich schnell um. Warum wird die heutige Version trotzdem effektiver sein und eine höhere Enzym-Aktivität ermittelt werden?*
4. *Zwei Studenten haben von ihren Proffessoren unterschiedliche Modelle für die Evolution eines bestimmten Enzyms in den Vorlesungen kennen gelernt.*



Modell Professor FERMENT



Modell Professor BIOKAT

Zwischen den Studenten kommt es nun zum Streit, wessen Professor recht hat. Dabei behauptet der Student von Prof. FERMENT, dass das Modell von

Prof. BIOKAT nicht zutreffen könne, weil die Natur immer den kürzesten Weg nimmt und somit die Versionsgeschichte mit nur drei Zwischenschritten die richtige sei. Weiterhin behauptet der Stundent von Prof. FERMENT, dass die BIOKAT-Version evolutionär nicht passen würde, da es niemals Rückschritte, wie in der Version 5 zu sehen geben kann.

5. *Setzen Sie sich mit dem Standpunkten des Studenten von Prof. FERMENT, auseinander!*
6. *In weiteren Gesprächen kommt auch eine These von Prof. FERMENT auf den Tisch, in der dieser behauptet, dass die meisten heute anzutreffenden Enzyme sich aktuell in der Versionsstufe 1, 2, 3 oder 4 seines Modells befinden. Bilden Sie sich zu dieser These einen Standpunkt und argumentieren Sie ausführlich!*

<u>zu A: gehobene Anspruchsebene</u>

7. *Es mischt sich ein Philosophie-Student in die Diskussion ein, der nun vorschlägt, das es evolutionär sinnvoller und leichter wäre, wenn sich das Substrat an die Enzyme anpassen würde. Die beiden anderen Studenten sind sichtlich geschockt von dem Vorschlag. Helfen Sie den beiden und geben Sie dem Philosophie-Studenten eine erklärende Bewertung seines Vorschlages!*

(c,p) 2014 - 2026 lsp: dre

B. Evolution heute

1. *Auf einem offenem Kongress über das Wirken der "Evolution - heute und morgen" vertritt ein Wissenschaftler die Auffassung, dass derzeit viele neue Faktoren die Evolution bestimmen. Dazu zählte er:*
   - *Synergie-Effekte von verschiedenen Stoffen (aus Nahrungsmitteln und Kosmetika) und neuartigen Neuropharmaka, die zu starken Veränderungen im sozialen Verhalten führen und eine verringerte Bereitschaft und Befähigung zur festen Partnerschaft und zum Zeugen von Nachkommen bewirken.*
   - *das höhere Risiko insgesamt im Leben Krebs zu bekommen und daran zu sterben*
   - *ein neu gefundenes Gen auf dem Y-Chromosom, dass rezessiv vererbt wird und in der homcygoten Situation Unfruchtbarkeit hervorruft*
   - *ein erhöhtes Risiko zur funktionalen Unfruchtbarkeit durch verschiedene Faktoren und Stoffe (Stress durch zunehmende Belastung bei der Arbeit; fehlende entspannende Freizeit durch ständige Verfügbarkeit für den Arbeitgeber und Freunde; überfordernder Leistungsdruck durch Porno's; Antibiotika und Herbizide in Lebensmitteln; Hormone im Fleisch)*
   - *kulturell, religiös und politisch bedingte Auswahl von Geschlechtern bei den Nachkommen (Indien, China, …: Bevorzugung von Jungen; erhöhte Abtreibung und Säuglingstötung (trotz Verbot) bei Mädchen; USA: Bevorzugung von Mädchen; Abhängigkeit der Nachkommens-Anzahl vom Geschlecht (Aufhören mit Fortpflanzung, wenn Nachkomme ein Junge war))*
   - *Verlängerung der Fortpflanzungs-Phase (Vorverlegung der Geschlechtsreife und Rückverlagerung der Wechseljahre / Aussetzen der Keimzellen-Bildung)*
   - *soziale Beschränkung der Bildungs-Chancen in Abhängigkeit von der Kinderzahl*
   - *allgemein getragener Wunsch der Eltern nach intelligenteren Kindern*
   - *steigende Verbreitung einiger Kinder-Krankheiten durch Impf-Müdigkeit und damit verbundenes und gestiegenes Risiko zur Impotenz*
   - *Zufluss neuer Allele durch eingewanderte Flüchtlinge / steigende Flüchtlingszahlen weltweit*
   - *geringer werdende Bereitschaft und Fähigkeit älterer Großeltern zur Betreuung ihrer Enkel (psychische Belastung; Midlife-Crises; Selbstverwirklichung im Alter)*

   Fassen Sie die genannten Faktoren zu Gruppen zusammen und bewerten Sie ihren evolutionären Effekt!
2. *Überlegen Sie sich welches Ziel die Evolution in den nächsten Jahrhunderten verfolgen wird! Stellen Sie geeignete Thesen auf und begründen Sie diese ausführlich!*
3.

C. Ziesel gegen Schlange

Kalifornischer Ziesel
Q: de.wikipedia.org (Howcheng)

Der Kalifornische Ziesel (Otospermophilus beechey) gehört zu den Erdhörnchen.
Sie leben in trocknen Gebieten an der Westküste Nordameika's und ernähren sich von Früchten, Samen, Pilzen, Wurzeln, sowie Insekten und Vogel-Eiern. Die Tiere werden zwischen 280 und 740 g schwer und sind eine beliebte Beute für Raubvögeln und Klapperschlangen.
Bei einem Angriff einer Klapperschlage auf ein Jungtier gehen häufig die erwachsenen Tier dazwischen und lassen sich ev. auch beißen.
Die Ziesel haben weitere Abwehrstrategie gegen Klapperschlangen entwickelt. Bei einem Angriff bewegen die Ziesel ihren buschigen Schwanz kräftiger hin und her. Dadurch wird er stärker durchblutet und wird so für die Gruben-Organe der Klapperschlangen besser "sichtbar". Die Ziesel signaliseren damit u.a. eine Wachsamkeit gegenüber den Klapperschlangen.
Jüngere Klapperschlangen werden von den erwachsenen Zieseln attakiert und u.U. auch gebissen. Ein solcher Biss kann sogar tödlich für die Schlange enden. Ältere Schlangen, die sich schon mehrfach gehäutet haben, werden am veränderten Rasseln erkannt. Bei ihnen versuchen es die Ziesel mehr mit dem Schwanzwedel-Trick. Die abgeworfene Haut von Schlangen wird von jungen und weiblichen Zeiseln gekaut und durch Lecken des Fell's auf andere Tiere bzw. vom Fell auch auf den Boden am Höhleneingang übertragen. Dadurch werden Klapperschlangen offenbar getäuscht und von den Erdhöhlen ferngehalten.
In einigen Populationen sind zudem viele erwachsene Tiere resistent gegen das Klapperschlangen-Gift. Es enthält Crotamin, was die Muskulatur lähmt. Die resistenten Ziesel besitzen ein zusätzliches Enzym, dass Crotamin abbaut. Crotamin hemmt dabei in den motorischen Endplatten bzw. den Acetylcholin-ergen Synapsen die Inaktivierung der Natrium-Ionen-Kanäle / -Rezeptoren nach einem Aktions-Potential. In der Folge beobachtet man eine erhöhte, irreversible Permeabilität der postsynaptischen Membran für Natrium-Ionen. Die Membran ist weniger depolarisierbar und in der Muskulatur breitet sich eine spastische Lähmung aus.

a) Erläutern Sie das Verhalten der erwachsenen Tiere bei einem Klapperschlangen-Angriff auf Jungtiere!
b) Erklären Sie das Phänomen, dass in Gegenden mit wenig oder keinen Klapperschlangen kaum Resistenzen gegen Crotamin auftauchen! Stimmt die DARWINsche Selektions-Theorie auch für diesen Fall?

c) In Gebieten, in denen sich die Klapperschlangen fast ausschließlich von den Zieseln ernähren, wurde bei einem Biß deutlich mehr Gift abgegeben. Erklären Sie diesen Effekt!

d) Beschreiben Sie die Arbeitsweise einer motorischen Endplatte oder einer Acetycholi-ergen Synapse und gehen Sie dabei auch auf die Störung durch das Crotamin ein!

e) Ein Student behautet: "In den Gebieten, in denen viele Klapperschlangen vorkommen, haben fast alle Ziesel Enzyme gegen das Gift, damit sie nicht so leicht gefressen werden können." Setzen Sie sich mit dieser Behauptung auseinander!
Formulieren Sie die Aussage gegebenenfalls um!

D. Modelle / Modell-Methode

1.

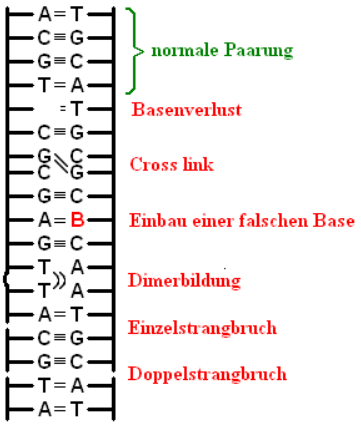
2. Kreuzen Sie an, welche der genannten Merkmale in dem jeweiligen Modell gezeigt werden!

Merkmal	Modell A	B	C	D	E	F	G	H
Aufbau der DNS								
Doppel-Helix								
Lage von Genen / Merkmalen								
molekularer Bau								
Basen-Paarung								
Wasserstoff-Brückenbindung								
Veränderungen der DNS								
komplementäre Basen-Paarung								
Antiparallilität								
Struktur in der Zelle								
Struktur eines Operon								

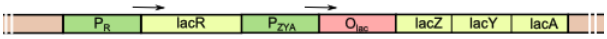
3.

Material

A)

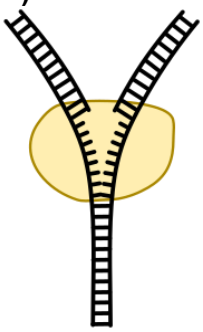


B)

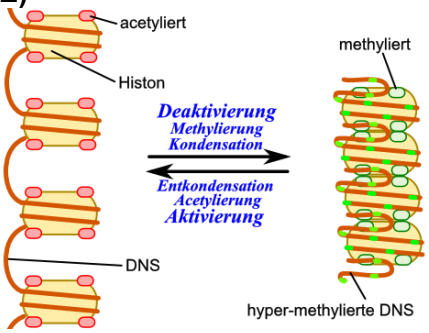


C)

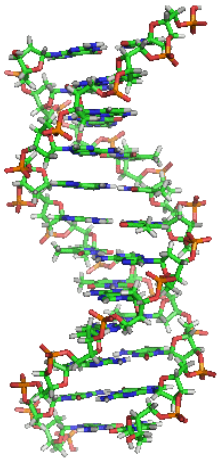
D)



E)

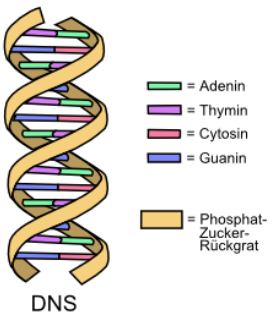


F)



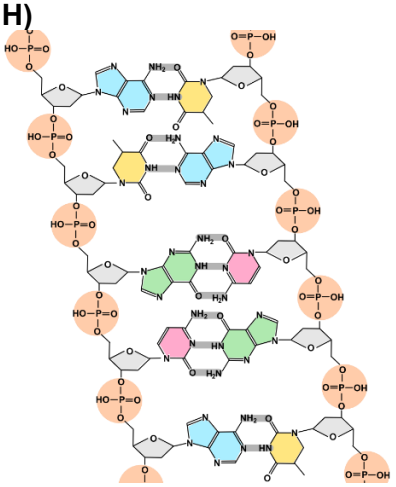
Q: de.wikipedia.org (Zephyris)

G)



Q: de.wikipedia.org (Forluvoft + dre)

H)



Literatur und Quellen:

/1/ CZIHAK, ... (Hrsg.):
Biologie-Springer-Lehrbuch.-Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verl.,1992.-5.korr.Aufl.
ISBN 3-540-55528-5

/2/
ISBN

/9/ Deutsches Institut für Fernstudien an der Universität Tübingen:
Fächerübergreifende Zusammenarbeit – zum Thema Evolution – 1 Materialsammlung Tübingen: DIFF, 1987

/10/ LAMARCK, Jean: Zoologische Philosophie.-Leipzig: A. Kröner Verlag, 1909

/11/ BERNBACH, Herbert; CROME, Wolfgang; …:
Entwicklung der Organismen.-Lehrbuch der Biologie.-Berlin: Volk u. Wissen Volkseig. Verl., 1965

/12/ SARASIN, Philipp; SOMMER, Marianne (Hrsg.):
Evolution – Ein interdiszuplinäres Handbuch.-Stuttgart: J. B. Metler'sche Verlagsbuchhandlung u. C. E. Poeschen Verl., 2010
ISBN 978-3-476-02274-5

/13/ EVANS, Dylan; SELINA, Howard:
EVOLUTION – Ein Sachcomic.-Überlingen: TibiaPress Verl., 2011
ISBN 978-3-935254-27-4

/14/ O'NEILL, Peter:
Chemie der Geo-Bio-Sphäre – Natürliche Vorgänge und Auswirkungen menschlicher Eingriffe.-Stuttgart: Ferdinand Enke Verl., 1998.-2. Aufl. (1. dt. Aufl.)
ISBN 3-432-29781-5

/15/ RAUCHFUß, Horst:
Chemische Evolution und der Ursprung des Lebens.- Berlin, Heidelberg: Springer Verl., 2013 (2005)
ISBN 978-3-642-12403-1

/16/ KLEESATTEL, Walter:
Evolution.-Berlin: Cornelsen Scriptor, 2002 (Pocket Thema)
ISBN 3-589-21632-8

/17/ DAWKINS, Richard:
Der erweiterte Phänotyp – der lange Arm der Gene.-Heidelberg: Spektrum Akad. Verl. (Springer), 2010
ISBN 978-3-8274-2706-9

/18/ RYAN, Frank:
Virolution – Die Macht der Viren in der Evolution.-Heidelberg: Spektrum Akad. Verl., 2010
ISBN 978-3-8274-2541-6

/19/ JABLONKA, Eva; LAMB, Marion J.:
Evolution in vier Dimensionen - Wie Genetik, Epigenetik, Verhalten und Symbole die Geschichte des Lebens prägen.-Stuttgart: Hirzel Verl., 2017
ISBN 978-3-7776-2626-0

/20/ THOMAS, Neil:
Mein Abschied von Darwin – Ein langjähriger Agnostiker entdeckt Argumente für Design
ISBN 978-1637120033 (Original)
freier Download: www.wort-und-wissen.org/produkt/mein-abschied-von-darwin/ (dt. Übersetzung: G. Schwab; Wort und Wissen e.V.; mit freundl. Genehmigung: Discovery Institute Press Seattle) Original: Taking Leave of Darwin

/21/ ZAHAVI, Amotz; ZAHAVI, Avishag:
Signale der Verständigung – Das Handicap-Prinzip.-Frankfurt a.M., Leipzig: Insel Verl.-1998.-1. Aufl.
ISBN 978-3-458169277

/22/ MACLOED, Norman:
Arten streben – Wendepunkte der Evolution.-Darmstadt: Theiss Verl. / Wissenschaftl. Buchgesell.; 2016
ISBN 978-3-8062-3284-4

/2/
ISBN

/2/
ISBN

/A/ Wikipedia
http://de.wikipedia.org

/B/ OpenStax (AP Biologie)
https://openstax.org

Die originalen sowie detailliertere bibliographische Angaben zu den meisten Literaturquellen sind im Internet unter http://dnb.ddb.de zu finden.

Abbildungen und Skizzen entstammen den folgende ClipArt-Sammlungen:

/A/ 29.000 Mega ClipArts; NBG EDV Handels- und Verlags AG; 1997

/B/

andere Quellen sind direkt angegeben.

Alle anderen Abbildungen sind geistiges Eigentum:

/I/ lern-soft-projekt: drews (c,p) 1997 - 2026 lsp: dre
für die Verwendung außerhalb dieses Skriptes gilt für sie die Lizenz:

creative commons **CC-BY-NC-SA**
Lizenz-Erklärungen und –Bedingungen: http://de.creativecommons.org/was-ist-cc/
andere Verwendungen nur mit schriftlicher Vereinbarung!!!

verwendete freie Software:

- **Inkscape** von: inkscape.org (www.inkscape.org)
- **CmapTools** von: Institute for Human and Maschine Cognition (www.ihmc.us)

⊞- (c,p)2014 - 2026 lern-soft-projekt: drews -⊟
⊞- drews@lern-soft-projekt.de -⊟
⊞- http://www.lern-soft-projekt.de -⊟
⊞- 18069 Rostock; Luise-Otto-Peters-Ring 25 -⊟
⊞- Tel/AB (0381) 760 12 18 FAX 760 12 11 -⊟