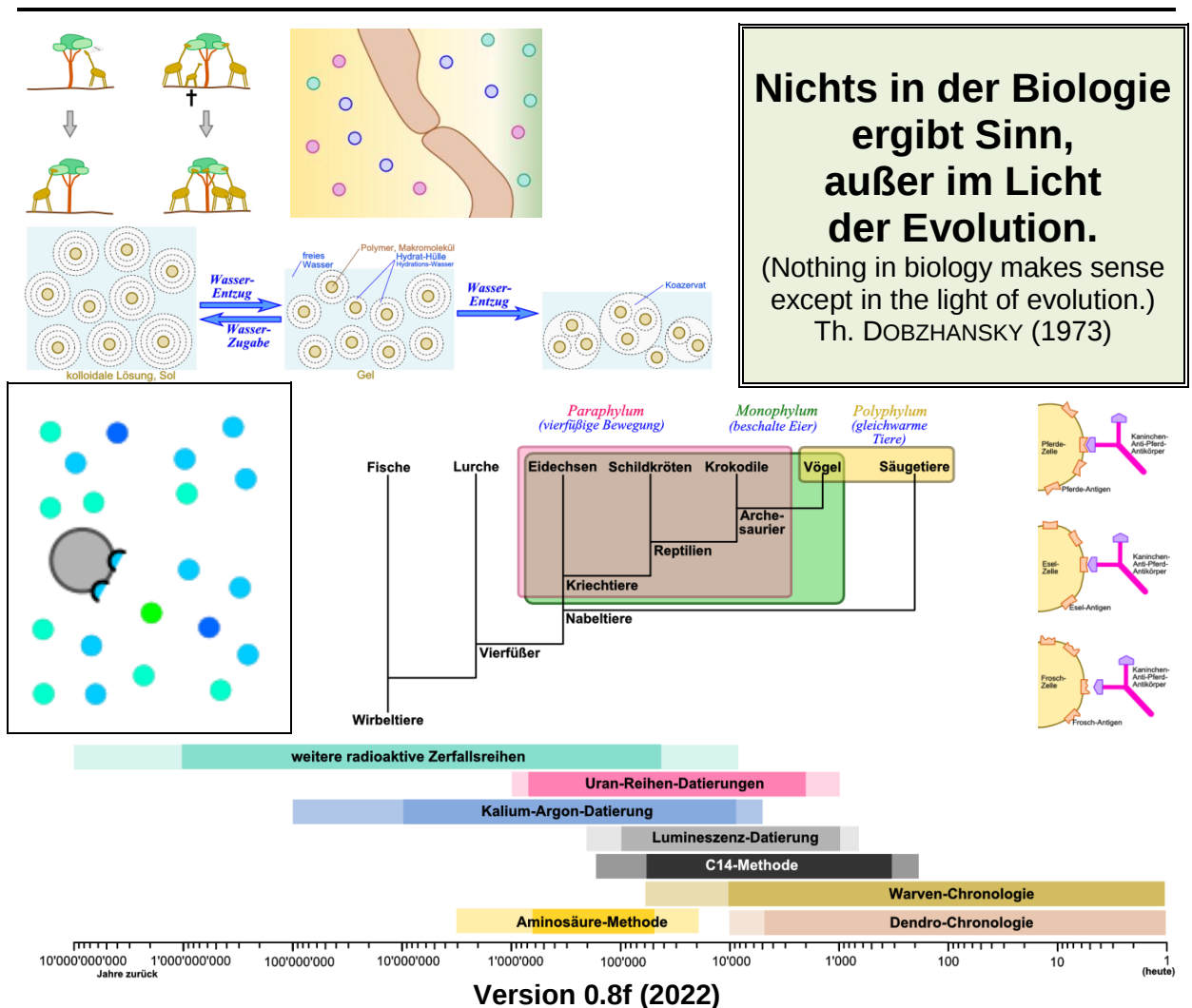


# Biologie

für die Sekundarstufe II

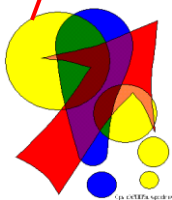
## - Evolution -

Autor: L. Drews



**Legende:**

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

**Nutzungsbestimmungen / Bemerkungen zur Verwendung durch Dritte:**

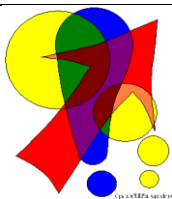
- (1) Dieses Skript (Werk) ist zur freien Nutzung in der angebotenen Form durch den Anbieter (lern-soft-projekt) bereitgestellt. Es kann unter Angabe der Quelle und / oder des Verfassers gedruckt, vervielfältigt oder in elektronischer Form veröffentlicht werden.
- (2) Das Weglassen von Abschnitten oder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

|                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>public domain (pd)</b>                                                                                          | 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.                                                                                                                                                                                         |
| <b>gnu free document licence (GFDL; gnu fdl)</b>                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| <b>creativecommons (cc)</b><br> |  od. neu  ... Namensnennung<br> ... nichtkommerziell<br> ... in der gleichen Form<br> ... 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.

# Inhaltsverzeichnis:

|                                                                            | Seite     |
|----------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>0. Vorworte und Einleitung .....</b>                                    | <b>11</b> |
| <b>0.1. Vorbetrachtungen zum Thema "Evolution" .....</b>                   | <b>14</b> |
| Definition(en): Abstammungslehre .....                                     | 14        |
| <b>0.1.1. Begriff "Evolution" .....</b>                                    | <b>16</b> |
| Definition(en): Phylogenese .....                                          | 16        |
| Definition(en): Phylogenie .....                                           | 17        |
| Definition(en): Evolution .....                                            | 17        |
| Definition(en): Revolution .....                                           | 18        |
| <b>0.1.1.1. Makro- und Mikro-Evolution .....</b>                           | <b>20</b> |
| Definition(en): Mikro-Evolution .....                                      | 20        |
| Definition(en): Makro-Evolution .....                                      | 21        |
| <b>1. wissenschaftliches Arbeiten .....</b>                                | <b>22</b> |
| <b>1.1. allgemeine Grundlagen und Techniken .....</b>                      | <b>22</b> |
| Definition(en): Methodologie .....                                         | 24        |
| <b>1.x.y. Analyse und Synthese .....</b>                                   | <b>26</b> |
| Definition(en): Analyse .....                                              | 26        |
| Definition(en): Synthese .....                                             | 26        |
| <b>1.x.y. Logik .....</b>                                                  | <b>28</b> |
| <b>1.x.y.z. klassische Aussagen-Logik .....</b>                            | <b>28</b> |
| Definition(en): Prämisse .....                                             | 28        |
| Definition(en): Junktoren .....                                            | 29        |
| Definition(en): Konklusion .....                                           | 29        |
| <b>1.x.y.z. klassische Schluss-Figuren: .....</b>                          | <b>32</b> |
| Definition(en): Deduktion .....                                            | 32        |
| Definition(en): Induktion .....                                            | 33        |
| <b>1.x.y.z. Beweise: .....</b>                                             | <b>34</b> |
| Definition(en): Beweis .....                                               | 34        |
| <b>1.x. Wissenschafts-Verständnis / Wissenschafts-Theorie .....</b>        | <b>37</b> |
| <b>1.x.y. die Wissenschafts-Theorie von POPPER .....</b>                   | <b>37</b> |
| Definition(en): Theorie .....                                              | 38        |
| Definition(en): empirische Welt .....                                      | 38        |
| Definition(en): Empirismus .....                                           | 38        |
| Definition(en): Verifikation .....                                         | 39        |
| Definition(en): Falsifikation .....                                        | 39        |
| Definition(en): Falsifizierbarkeit .....                                   | 42        |
| Definition(en): Ontologie .....                                            | 45        |
| Definition(en): Metaphysik .....                                           | 45        |
| Anwendung der POPPERschen Wissenschafts-Theorie auf das Gottes-            |           |
| Existenz-Problem .....                                                     | 50        |
| Definition(en): Zufall .....                                               | 52        |
| Gesetz der großen Zahlen (Goldenes Theorem) (BERNOULLI; 1689) .....        | 52        |
| <b>1.x.y. erkenntnistheoretische Verfahren und Methoden .....</b>          | <b>53</b> |
| Definition(en): Annahme .....                                              | 53        |
| Definition(en): Behauptung .....                                           | 53        |
| Definition(en): Hypothese .....                                            | 53        |
| Definition(en): These .....                                                | 53        |
| Definition(en): notwendige Bedingungen .....                               | 54        |
| Definition(en): hinreichende Bedingungen .....                             | 54        |
| Definition(en): Pragmatismus .....                                         | 54        |
| <b>1.x.y. Modell-Methode(n) .....</b>                                      | <b>56</b> |
| Definition(en): Modell .....                                               | 56        |
| Modell-Bildung .....                                                       | 57        |
| Definition(en): Black-Box-Modell .....                                     | 58        |
| Definition(en): White-Box-Modell .....                                     | 58        |
| Definition(en): Grey-Box-Modell .....                                      | 58        |
| <b>Experimentelle Methode(n) zur Prüfung von Hypothesen .....</b>          | <b>59</b> |
| <b>Simulations-Methode zur Prüfung von Hypothesen .....</b>                | <b>59</b> |
| <b>0.2.2.x. mathematische Hilfsmittel / Modelle .....</b>                  | <b>59</b> |
| <b>1.x. fach-wissenschaftliche Methoden der Evolutions-Forschung .....</b> | <b>61</b> |
| <b>1.x.y. Datierungs-Verfahren - Zeit-Bestimmungen .....</b>               | <b>61</b> |
| <b>1.x.y.1. absolute Datierungs-Methoden .....</b>                         | <b>61</b> |

|                                                                             |            |
|-----------------------------------------------------------------------------|------------|
| Definition(en): absolute Datierung .....                                    | 61         |
| 1.x.y.1.1. radiometrische Datierung / Geochronologie .....                  | 62         |
| 1.x.y.1.2. Dendro-Chronologie .....                                         | 70         |
| 1.x.y.1.3. Warven-Chronologie .....                                         | 70         |
| 1.x.y.1.4. Lumineszenz-Datierung .....                                      | 71         |
| 1.x.y.1.5. Aminosäure-Methode .....                                         | 71         |
| 1.x.y.1.6. Palynologie .....                                                | 72         |
| 1.x.y.1.7. Lichenometrie .....                                              | 72         |
| <b>1.x.y.2. relative Datierungs-Methoden .....</b>                          | <b>73</b>  |
| Definition(en): relative Datierung .....                                    | 73         |
| 1.x.y.2.1. Stratigraphie .....                                              | 73         |
| 1.x.y.2.2. Biostratigraphie .....                                           | 73         |
| 1.x.y.2.3. Typologie .....                                                  | 73         |
| 1.x.y.2.4. Chronologie der Eiszeitalter .....                               | 73         |
| 1.x.y.2.5. Palynologie (Pollen-Analysen) .....                              | 74         |
| 1.x.y.2.6. Tephro-Chronologie .....                                         | 74         |
| 1.x.y.2.7. Magneto-Stratigraphie .....                                      | 74         |
| 1.x.y.2.8. Fluor-Test .....                                                 | 74         |
| 1.x.y.2.9. Tiefsee-Sedimentkern-Proben .....                                | 74         |
| 1.x.y.2.10. Eiskern-Untersuchungen .....                                    | 74         |
| 1.x.y.2.11. Faunen- / Floren-Datierung .....                                | 75         |
| 1.x.y.2.12. Archäologie .....                                               | 75         |
| 1.x.y.2.13. Hemerochorie .....                                              | 75         |
| <b>1.x.y.3. Kombination der Datierungs-Methoden .....</b>                   | <b>76</b>  |
| die molekulare Uhr .....                                                    | 76         |
| <b>1.x.y.4. derzeitige verbreitete Unterteilung der Erdgeschichte .....</b> | <b>77</b>  |
| <b>1.x.y. Untersuchungen von Fossilien .....</b>                            | <b>81</b>  |
| Definition(en): Fossilien .....                                             | 82         |
| <b>1.x.y.1. Arten der Fossilisation .....</b>                               | <b>82</b>  |
| Definition(en): Sediment .....                                              | 82         |
| Definition(en): Einpökelung .....                                           | 83         |
| <b>1.x.y.2. Leit-Fossilien .....</b>                                        | <b>85</b>  |
| Definition(en): Leit Fossilien .....                                        | 85         |
| <b>1.x.y.3. fossile Übergangs-Formen (connecting links) .....</b>           | <b>85</b>  |
| <b>3.x.1. Brücken-Objekte und Missing-Links .....</b>                       | <b>86</b>  |
| Definition(en): Brücken-Objekte / Missing Links .....                       | 86         |
| Definition(en): Übergangs-Fom (Zwischen-Form) .....                         | 87         |
| <b>1.x.y.4. lebende Fossilien .....</b>                                     | <b>87</b>  |
| Definition(en): Lebende Fossilien .....                                     | 88         |
| <b>1.x.y.z. Kugelalge Volvox .....</b>                                      | <b>89</b>  |
| <b>1.x.y.z. ....</b>                                                        | <b>90</b>  |
| <b>1.x.y.z. Tiktaalik .....</b>                                             | <b>91</b>  |
| Exkurs: Quastenflosser Latimeria .....                                      | 91         |
| <b>1.x.y.z. Ichthyostega .....</b>                                          | <b>92</b>  |
| <b>1.x.y.z. Gerobatrachus .....</b>                                         | <b>93</b>  |
| <b>1.x.y.z. ....</b>                                                        | <b>94</b>  |
| <b>1.x.y.z. Seymouria .....</b>                                             | <b>95</b>  |
| <b>1.x.y.z. Urvogel Archaeopteryx .....</b>                                 | <b>96</b>  |
| <b>1.x.y.z. Therapsiden .....</b>                                           | <b>98</b>  |
| <b>1.x.y.z. ....</b>                                                        | <b>100</b> |
| <b>1.x.y.z. Schnabeltier Ornithorhynchus .....</b>                          | <b>100</b> |
| <b>1.x.y.z. weitere Beispiele für Übergangsformen .....</b>                 | <b>101</b> |
| 1.x.y.z.a. Heteronectes chaneti .....                                       | 101        |
| 1.x.y.z.a. ??? .....                                                        | 101        |
| 1.x.y.z.a. ??? .....                                                        | 102        |
| <b>1.x.y. Homologien .....</b>                                              | <b>103</b> |
| Definition(en): Homologie .....                                             | 103        |
| Definition(en): Progression .....                                           | 105        |
| Definition(en): Regression .....                                            | 106        |
| Homologie-Regel (Homologie-Gesetz) ( ; ) .....                              | 106        |
| <b>1.x.y.z. homologes Verhalten .....</b>                                   | <b>108</b> |

|                                                                               |            |
|-------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>1.x.y.z. homologe molekularbiologische Merkmale.....</b>                   | <b>108</b> |
| <b>1.x.y. Analogien.....</b>                                                  | <b>110</b> |
| Definition(en): Analogie.....                                                 | 111        |
| Definition(en): Konvergenz .....                                              | 112        |
| <b>1.x.y. Rudimente und Atavismen .....</b>                                   | <b>114</b> |
| Definition(en): Rudimente .....                                               | 114        |
| Definition(en): Rudimentation .....                                           | 114        |
| Definition(en): Atavismen .....                                               | 115        |
| <b>1.x.y. ausgewählte wissenschaftliche Methoden .....</b>                    | <b>116</b> |
| <b>1.x.y.x. Taxonomie und Kladistik .....</b>                                 | <b>116</b> |
| Definition(en): Taxonomie (Taxionomie) .....                                  | 116        |
| Definition(en): Systematik .....                                              | 116        |
| Definition(en): Taxon (im Sinne der klassischen Taxonomie) .....              | 118        |
| Exkurs: Aussprache wissenschaftlicher Art-Namen .....                         | 121        |
| Definition(en): Kladistik .....                                               | 124        |
| Definition(en): (Abstammungs-)System .....                                    | 124        |
| Definition(en): Kladogramm .....                                              | 125        |
| Definition(en): Monophylum .....                                              | 126        |
| Definition(en): monophyletische Gruppe .....                                  | 126        |
| Definition(en): Paraphylum .....                                              | 126        |
| Definition(en): paraphyletische Gruppe .....                                  | 126        |
| Definition(en): polyphyletische Gruppe .....                                  | 128        |
| Definition(en): Taxon (in der Kladistik nach HENNIG) .....                    | 130        |
| Definition(en): Klade .....                                                   | 130        |
| Definition(en): Kladogenese .....                                             | 130        |
| Definition(en): apomorphes Merkmal .....                                      | 131        |
| <b>1.x.y.x.y. spezielle Betrachtungen in der Kladistik .....</b>              | <b>132</b> |
| Definition(en): autapomorphes Merkmal .....                                   | 132        |
| Definition(en): synapomorphes Merkmal .....                                   | 133        |
| Definition(en): plesiomorphes Merkmal .....                                   | 133        |
| Definition(en): symplesiomorphes Merkmal .....                                | 134        |
| <b>1.x.y.y. Erstellen von Stammbäumen / Dendrogrammen .....</b>               | <b>139</b> |
| Definition(en): Dendrogramm .....                                             | 139        |
| <b>1.x.y.y. DNA-Hybridisierung .....</b>                                      | <b>146</b> |
| <b>1.x.y.y.1. spezielle Details zur DNA-Hybridisierung.....</b>               | <b>147</b> |
| <b>1.x.y. Stammbäume.....</b>                                                 | <b>148</b> |
| <b>1.x.y.1. klassische Stammbäume .....</b>                                   | <b>148</b> |
| <b>1.x.y.2. Kladogramme .....</b>                                             | <b>149</b> |
| <b>1.x.y.3. moderne taxonomische Stammbäume .....</b>                         | <b>150</b> |
| 1.x.y.4.3. immunologische Stammbäume .....                                    | 150        |
| <b>1.x.y.4. molekular-genetische Stammbäume .....</b>                         | <b>158</b> |
| 1.x.y.4.1. Cytochrom c-Stammbäume.....                                        | 158        |
| 1.x.y.4.2. weitere Proteine .....                                             | 164        |
| 1.x.y.4.3. rRNA-Stammbäume .....                                              | 165        |
| 1.x.y.4.4. Methoden zur Ableitung / Ermittlung von Stammbäumen .....          | 166        |
| <b>1.x.y.5. kombinierte naturnahe Stammbäume.....</b>                         | <b>171</b> |
| <b>1.x. Praxis-relevante wissenschaftliche Methoden.....</b>                  | <b>172</b> |
| <b>1.x.y. Interpretation von Daten .....</b>                                  | <b>173</b> |
| <b>2. Evolutions-Theorien .....</b>                                           | <b>175</b> |
| Problem-Fragen für Selbstorganisiertes Lernen .....                           | 175        |
| Definition(en): Ismus .....                                                   | 175        |
| <b>2.1. frühe philosophische Evolutions- bzw. Entwicklungs-Theorien .....</b> | <b>177</b> |
| <b>2.1.1. vorchristliche Epoche .....</b>                                     | <b>177</b> |
| Definition(en): Philosophie .....                                             | 177        |
| Definition(en): Materialismus .....                                           | 177        |
| Definition(en): Naturphilosophie .....                                        | 179        |
| <b>2.1.2. christliche Epoche (0 – ~1400) .....</b>                            | <b>181</b> |
| Definition(en): Idealismus .....                                              | 181        |
| Definition(en): Präformations-Lehre .....                                     | 182        |
| Definition(en): Theologie .....                                               | 182        |
| Definition(en): Teleologie .....                                              | 182        |
| <b>2.1.3. die Neu-Entdeckung der Welt (~1400 – ...) .....</b>                 | <b>182</b> |
| Definition(en): Vitalismus .....                                              | 184        |
| Definition(en): Urzeugungs-Theorie .....                                      | 185        |

|                                                                              |            |
|------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>2.2. die Evolutions-Theorie von LAMARCK .....</b>                         | <b>188</b> |
| Definition(en): LAMARCKismus .....                                           | 189        |
| Definition(en): Naturalismus .....                                           | 189        |
| Definition(en): dichotomische Gliederungs-Methode .....                      | 189        |
| <b>2.2.1. Beiträge und Widerstände zur LAMARCKschen Theorie .....</b>        | <b>191</b> |
| Definition(en): Katastrophen-Theorie .....                                   | 192        |
| Definition(en): Aktualismus .....                                            | 192        |
| Definition(en): BALDWIN- / WADDINGTON-Effekt .....                           | 193        |
| <b>2.3. klassische Evolutions-Theorie nach DARWIN und WALLACE</b>            |            |
| <b>(DARWINismus) .....</b>                                                   | <b>194</b> |
| Problem-Fragen für Selbstorganisiertes Lernen .....                          | 194        |
| Definition(en): DARWINismus .....                                            | 197        |
| <b>2.3.1. gesellschaftliche Wirkungen der DARWINSchen Theorie nach deren</b> |            |
| <b>Veröffentlichung .....</b>                                                | <b>202</b> |
| <b>Rekapitulations-Theorie von Ernst HAECKEL .....</b>                       | <b>203</b> |
| Definition(en): Rekapitulations-Theorie / biogenetische Grundregel .....     | 203        |
| Definition(en): Ontogenese .....                                             | 203        |
| Definition(en): Gasträa-Theorie .....                                        | 204        |
| Definition(en): Metamorphose (indirekte Entwicklung) .....                   | 205        |
| Definition(en): direkte Entwicklung .....                                    | 205        |
| Definition(en): Präformations-Lehre (Einschachtelungs-Lehre) .....           | 205        |
| Definition(en): Epigenese .....                                              | 205        |
| <b>2.4. weiterentwickelte Evolutions-Theorie nach WEISMANN</b>               |            |
| <b>(NeoDARWINismus) .....</b>                                                | <b>206</b> |
| Definition(en): NeoDARWINismus .....                                         | 206        |
| Definition(en): Keimbahn .....                                               | 207        |
| Definition(en): Keimbahn-Theorie .....                                       | 207        |
| <b>2.5. synthetische Evolutions-Theorie .....</b>                            | <b>209</b> |
| Definition(en): synthetische Evolutions-Theorie .....                        | 212        |
| Definition(en): Gradualismus .....                                           | 213        |
| Definition(en): Punktualismus .....                                          | 213        |
| Definition(en): Stasis .....                                                 | 214        |
| <b>2.6. neu-moderne und aktuelle Ergänzungen zur synthetischen</b>           |            |
| <b>Evolutions-Theorie .....</b>                                              | <b>215</b> |
| Definition(en): Altruismus .....                                             | 217        |
| Systemtheorie der Evolution .....                                            | 219        |
| <b>2.7. Epigenetik und das EvoDevo-Konzept .....</b>                         | <b>228</b> |
| <b>2.8. Lücken und Probleme der modernen Evolutions-Theorien .....</b>       | <b>228</b> |
| Definition(en): Aposematismus (Warnfärbung) .....                            | 229        |
| <b>2.9. alternative Evolutions- und Schöpfungs-Theorien .....</b>            | <b>230</b> |
| <b>2.9.y. Kreationismus .....</b>                                            | <b>230</b> |
| Definition(en): Kreationismus .....                                          | 230        |
| Definition(en): Sozial-DARWINismus .....                                     | 233        |
| <b>3. physikalische und chemische Evolution .....</b>                        | <b>234</b> |
| <b>3.1. physikalische Evolution .....</b>                                    | <b>234</b> |
| <b>3.2. chemische Evolution .....</b>                                        | <b>242</b> |
| wissenschaftliches Spiel: Hyper-Zyklus .....                                 | 246        |
| <b>3.2.x. Vorläufer der Zellen .....</b>                                     | <b>247</b> |
| Koazervate .....                                                             | 247        |
| Sulphoben .....                                                              | 248        |
| Mikrospären .....                                                            | 248        |
| Präzellen .....                                                              | 249        |
| Molekular-Hypothese .....                                                    | 249        |
| <b>4. Entstehung des Lebens (Biogenese) .....</b>                            | <b>252</b> |
| Protobioten .....                                                            | 253        |
| Definition(en): Autoreproduktion .....                                       | 255        |
| Definition(en): Autoregulation .....                                         | 255        |
| hypothetischer Minimal-Organismus .....                                      | 257        |
| <b>4.1. Aussterben von Arten .....</b>                                       | <b>258</b> |
| <b>5. biologische Evolution .....</b>                                        | <b>259</b> |

|                                                                        |            |
|------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>5.0. Grundlagen / Grundbegriffe / ...</b>                           | <b>259</b> |
| <b>5.0.1. moderne Diskussionen um den Begriff "Leben"</b>              | <b>260</b> |
| Exkurs: lebende Systeme nach MATURANA und VARELA                       | 261        |
| <b>5.0.2. Systematik und das künstliche System der Organismen</b>      | <b>262</b> |
| <b>5.0.3. der Art-Begriff – die Biospezies</b>                         | <b>263</b> |
| <b>5.0.3.1. (typologisch-)morphologischer Art-Begriff</b>              | <b>264</b> |
| Definition(en): Art (Morphospezies)                                    | 264        |
| Definition(en): Chronospezies                                          | 264        |
| <b>5.0.3.2. (populations-)genetischer / geneologischer Art-Begriff</b> | <b>266</b> |
| Definition(en): Art (Genospezies)                                      | 266        |
| <b>5.0.3.3. phylogenetischer (evolutionärer) Art-Begriff</b>           | <b>266</b> |
| Definition(en): Art (Phylospesies)                                     | 266        |
| <b>5.0.3.4. ökologischer Art-Begriff</b>                               | <b>267</b> |
| Definition(en): Art (Biospezies)                                       | 267        |
| Definition(en): Biospezies (spez.)                                     | 268        |
| Definition(en): Agamospezies                                           | 268        |
| Definition(en): Rasse                                                  | 268        |
| <b>5.0.3.5. pluralistischer Art-Begriff</b>                            | <b>269</b> |
| Definition(en): Art (Ökospezies)                                       | 269        |
| Definition(en): Art (Genospezies)                                      | 269        |
| Exkurs: der Giebel (s ) <i>Carassius gibelio</i> – eine besondere Art? | 270        |
| Exkurs: kleine Historie des Art-Begriff's                              | 271        |
| <b>5.0.4. Population</b>                                               | <b>273</b> |
| Definition(en): Population                                             | 273        |
| <b>5.x. Evolutions-Faktoren</b>                                        | <b>275</b> |
| Definition(en): Evolutions-Faktoren                                    | 275        |
| Definition(en): Anpassung                                              | 275        |
| Definition(en): Biodiversität                                          | 276        |
| Definition(en): Optimon                                                | 276        |
| Definition(en): Biodiversität                                          | 277        |
| <b>5.x.1. allgemeine Faktoren</b>                                      | <b>278</b> |
| <b>5.x.1.1. Kontinuation</b>                                           | <b>278</b> |
| Definition(en): Kontinuation                                           | 278        |
| <b>5.x.1.2. Variation</b>                                              | <b>278</b> |
| Definition(en): Variation                                              | 279        |
| Divergenz-Prinzip (Divergenz-Regel) (DARWIN; 1876)                     | 279        |
| <b>5.x.2. organische Faktoren</b>                                      | <b>280</b> |
| <b>5.x.2.1. Individuation</b>                                          | <b>280</b> |
| Definition(en): Individuation                                          | 280        |
| <b>5.x.2.2. Reproduktion</b>                                           | <b>280</b> |
| Definition(en): Reproduktion                                           | 280        |
| <b>5.x.2.3. Vererbung / Heredität</b>                                  | <b>281</b> |
| Definition(en): Vererbung / Heredität                                  | 281        |
| <b>5.x.3. DARWINSche und genetische Faktoren</b>                       | <b>282</b> |
| <b>5.x.3.1. Selektion (Auslese)</b>                                    | <b>282</b> |
| 5.x.3.1.1. Selektion                                                   | 282        |
| Definition(en): Selektion (= Auslese)                                  | 282        |
| Definition(en): Umwelt                                                 | 283        |
| Definition(en): (biologische) Fitness                                  | 284        |
| wissenschaftliches Spiel: Selektion                                    | 285        |
| Definition(en): assortative Paarung                                    | 287        |
| Definition(en): Arten-Auslese                                          | 289        |
| Definition(en): K-Selektion                                            | 289        |
| Definition(en): r-Selektion                                            | 289        |
| Definition(en): Ortho-Selektion                                        | 290        |
| Definition(en): künstliche Selektion / Züchtung                        | 290        |
| Definition(en): Gruppen-Auslese / Gruppen-Selektion                    | 293        |
| Definition(en): Verwandten-Selektion (Verwandten-Auslese)              | 293        |
| <b>5.x.3.2. Populations-Genetik</b>                                    | <b>300</b> |
| Definition(en): Populations-Genetik                                    | 300        |
| <b>5.x.4. erleichternde Faktoren</b>                                   | <b>301</b> |
| <b>5.x.4.1. Rekombination</b>                                          | <b>301</b> |
| Definition(en): Rekombination                                          | 301        |
| Definition(en): Gen                                                    | 301        |
| Definition(en): Gen-Pool                                               | 301        |
| Definition(en): Allel                                                  | 302        |

|                                                                  |            |
|------------------------------------------------------------------|------------|
| Definition(en): Idiotypus .....                                  | 302        |
| Definition(en): Genotyp .....                                    | 302        |
| Definition(en): Phänotyp .....                                   | 302        |
| Definition(en): Pleiotropie .....                                | 302        |
| <b>5.x.4.1.1. Mutation .....</b>                                 | <b>303</b> |
| Definition(en): Mutation .....                                   | 303        |
| <b>5.x.4.1.2. Modifikation .....</b>                             | <b>304</b> |
| Definition(en): Modifikation .....                               | 304        |
| <b>5.x.4.2. Isolation und Separation .....</b>                   | <b>306</b> |
| Definition(en): Isolation .....                                  | 306        |
| Definition(en): Separation .....                                 | 306        |
| <b>5.x.4.2.1. geographische Isolation .....</b>                  | <b>308</b> |
| Definition(en): Endemiten .....                                  | 308        |
| <b>5.x.4.2.2. ökologische Isolation .....</b>                    | <b>310</b> |
| <b>5.x.4.2.3. circadiane Isolation .....</b>                     | <b>310</b> |
| <b>5.x.4.2.4. ethologische Isolation .....</b>                   | <b>311</b> |
| <b>5.x.4.2.5. anatomische und physiologische Isolation .....</b> | <b>311</b> |
| <b>5.x.4.2.6. mechanische / morphologische Isolation .....</b>   | <b>311</b> |
| <b>5.x.4.2.7. reproduktive Isolation .....</b>                   | <b>312</b> |
| <b>5.x.4.2.8. genetische Isolation .....</b>                     | <b>312</b> |
| <b>5.x.4.3. Drift .....</b>                                      | <b>313</b> |
| <b>5.x.4.3.1. Gen-Drift .....</b>                                | <b>313</b> |
| Definition(en): Gendrift .....                                   | 313        |
| <b>5.x.4.3.2. Gen-Fluss .....</b>                                | <b>315</b> |
| Definition(en): Gen-Fluss .....                                  | 315        |
| <b>5.x.4.3.3. Migration .....</b>                                | <b>315</b> |
| Definition(en): Migration .....                                  | 315        |
| <b>5.x.y.z. Migration i.e.S. ....</b>                            | <b>316</b> |
| <b>5.x.y.z. Ausbreitung / Dispersion .....</b>                   | <b>316</b> |
| <b>5.x.4.4. Konkurrenz - Konkurrenz .....</b>                    | <b>318</b> |
| Definition(en): Konkurrenz .....                                 | 318        |
| <b>5.x.4.5. Annidation - Einnischung .....</b>                   | <b>319</b> |
| Definition(en): ökologische Nische .....                         | 319        |
| Definition(en): Einnischung .....                                | 319        |
| <b>5.x.y. vertikaler Gen-Transfer .....</b>                      | <b>320</b> |
| Definition(en): vertikaler Gen-Transfer .....                    | 320        |
| <b>5.x.y. horizontaler Gen-Transfer .....</b>                    | <b>320</b> |
| Definition(en): Gen-Transfer .....                               | 321        |
| Definition(en): horizontaler Gen-Transfer .....                  | 321        |
| <b>5.x.y. Hybridisierung .....</b>                               | <b>321</b> |
| Definition(en): Hybridisierung .....                             | 321        |
| Definition(en): Auslese .....                                    | 322        |
| Definition(en): Variabilität .....                               | 322        |
| Definition(en): Genom .....                                      | 322        |
| Definition(en): Gen .....                                        | 322        |
| <b>5.x.y. Co-Evolution .....</b>                                 | <b>323</b> |
| Definition(en): Parallel-Entwicklung .....                       | 323        |
| Definition(en): Konvergenz .....                                 | 323        |
| Definition(en): Divergenz .....                                  | 323        |
| Definition(en): Co-Evolution .....                               | 323        |
| Exkurs: Gibt es eine Grenze für Attraktivität? .....             | 331        |
| <b>5.x. Entstehung neuer Arten .....</b>                         | <b>332</b> |
| Definition(en): Speziation .....                                 | 332        |
| <b>5.x.1. adaptive Radiation .....</b>                           | <b>334</b> |
| Definition(en): adaptive Radiation .....                         | 336        |
| <b>5.x.2. Isolations-Mechanismen .....</b>                       | <b>337</b> |
| <b>5.x.3. sympatrische Art-Bildung .....</b>                     | <b>338</b> |
| Definition(en): sympatrische Art-Bildung .....                   | 338        |
| Definition(en): Autopolyploidie .....                            | 339        |
| Definition(en): Allopolyploidie .....                            | 339        |
| <b>5.x.4. allopatrische Art-Bildung .....</b>                    | <b>341</b> |
| Definition(en): allopatrische Art-Bildung .....                  | 341        |
| <b>5.x.5. Art-Umwandlung / parapatrische Art-Bildung .....</b>   | <b>342</b> |
| Definition(en): Art-Umwandlung .....                             | 342        |

|                                                                           |            |
|---------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>5.x. rekonstruierter Ablauf der biologischen Evolution .....</b>       | <b>344</b> |
| Einführungs-Projekt: zeitlicher Ablauf der Evolution .....                | 344        |
| <b>5.x.1. Hadaikum .....</b>                                              | <b>347</b> |
| <b>5.x.2. Archaikum .....</b>                                             | <b>347</b> |
| <b>5.x.3. Proterozoikum .....</b>                                         | <b>348</b> |
| <b>5.x.4. Phanerozoikum .....</b>                                         | <b>349</b> |
| <b>5.x.4.1. Paläozoikum (Erdaltertum) .....</b>                           | <b>351</b> |
| 5.x.4.1.1. Kambrium .....                                                 | 352        |
| 5.x.4.1.2. Ordovizium .....                                               | 354        |
| 5.x.4.1.3. Silur .....                                                    | 355        |
| 5.x.4.1.4. Devon .....                                                    | 356        |
| 5.x.4.1.5. Karbon .....                                                   | 357        |
| 5.x.4.1.6. Perm .....                                                     | 359        |
| <b>5.x.4.2. Mesozoikum (Erdmittelalter) .....</b>                         | <b>360</b> |
| 5.x.4.2.1. Trias .....                                                    | 361        |
| 5.x.4.2.2. Jura .....                                                     | 363        |
| 5.x.4.2.3. Kreide .....                                                   | 364        |
| <b>5.x.4.3. Känozoikum (Erdneuzeit) .....</b>                             | <b>365</b> |
| 5.x.4.3.1. Paläogen .....                                                 | 366        |
| 5.x.4.3.2. Neogen .....                                                   | 367        |
| 5.x.4.3.3. Quartär .....                                                  | 368        |
| <b>5.x.5. Zusammenfassungen und Übersichten .....</b>                     | <b>370</b> |
| Beendigung / Weiterführung Projekt: zeitlicher Ablauf der Evolution ..... | 370        |
| <b>5.x. Evolution der Fortpflanzung .....</b>                             | <b>374</b> |
| Definition(en): Fortpflanzung .....                                       | 374        |
| <b>    Evolution der geschlechtlichen Fortpflanzung .....</b>             | <b>374</b> |
| Definition(en): ungeschlechtliche Fortpflanzung .....                     | 374        |
| Definition(en): geschlechtliche Fortpflanzung .....                       | 375        |
| Definition(en): Befruchtung .....                                         | 375        |
| Definition(en): weiblich .....                                            | 376        |
| Definition(en): männlich .....                                            | 376        |
| Definition(en): Begattung .....                                           | 376        |
| Red-Queen-Hypothese .....                                                 | 377        |
| Sexual-Dimorphismus .....                                                 | 377        |
| <b>    Reproduktions-Strategien .....</b>                                 | <b>379</b> |
| Definition(en): r-Strategie .....                                         | 379        |
| Definition(en): K-Strategie .....                                         | 379        |
| Definition(en): Fitness .....                                             | 380        |
| Sind Weibchen und Männchen gleich? .....                                  | 380        |
| <b>5.x. Evolution des Auges / Lichtsinns .....</b>                        | <b>382</b> |
| <b>5.x. Evolution des Verhaltens .....</b>                                | <b>385</b> |
| Definition(en): Verhalten .....                                           | 385        |
| <b>    3.x.y. Altruismus .....</b>                                        | <b>385</b> |
| <b>5.x. Viren und Evolution .....</b>                                     | <b>387</b> |
| Exkurs: Bestimmung der Mutations-Rate bei Bakterien .....                 | 394        |
| <b>5.x. Der Stand der Dinge .....</b>                                     | <b>399</b> |
| <b>5.x. Tendenzen der biologischen Evolution .....</b>                    | <b>401</b> |
| Definition(en): Allometrie .....                                          | 401        |
| Definition(en): COPEsche Regel .....                                      | 402        |
| Definition(en): Eusozialität .....                                        | 402        |
| Definition(en): Evolutionär stabile Strategie (ESS) .....                 | 402        |
| Definition(en): erweiterter Phänotyp .....                                | 402        |
| <b>6. Evolution des Menschen .....</b>                                    | <b>403</b> |
| Themen-Projekt: zeitlicher Ablauf der Evolution des Menschen .....        | 403        |
| Definition(en): Homonisation .....                                        | 405        |
| Definition(en): Anthropologie .....                                       | 405        |
| <b>6.1. Evolution der Primaten .....</b>                                  | <b>409</b> |
| <b>6.2. Evolution der Menschen-Ähnlichen .....</b>                        | <b>411</b> |
| <b>6.3. Evolution der Gattung Mensch .....</b>                            | <b>418</b> |
| Homo rudolfensis .....                                                    | 418        |
| Homo habilis .....                                                        | 418        |

|                                                                                   |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Homo erectus .....                                                                | 419        |
| Homo heidelbergensis .....                                                        | 419        |
| Homo neanderthalensis; auch: H. sapiens neanderthalensis .....                    | 419        |
| Homo sapiens .....                                                                | 419        |
| Homo sapiens sapiens .....                                                        | 420        |
| Entwicklungs- / Wanderungs- / Ausbreitungs-Theorien .....                         | 421        |
| Belege für Out-of-africa .....                                                    | 427        |
| Belege für andere Evolutionstheorien zur Menschheitsabstammung .....              | 428        |
| Thesen zur Mensch-Werdung / Hominisation / Anthropogenese .....                   | 430        |
| <b>Mythos Neandertaler .....</b>                                                  | <b>431</b> |
| <b>Züchtung von Kulturpflanzen und Haustieren .....</b>                           | <b>434</b> |
| Definition(en): Domestikation .....                                               | 434        |
| Definition(en): Heterosis .....                                                   | 434        |
| Definition(en): Züchtung .....                                                    | 435        |
| Definition(en): Heterosis-Züchtung .....                                          | 437        |
| <b>Menschen-Rassen und Rassismus .....</b>                                        | <b>437</b> |
| überholte! Definition(en): Rassen .....                                           | 437        |
| Definition(en): Unter-Art .....                                                   | 438        |
| <b>6.4. Evolution in der Gegenwart .....</b>                                      | <b>440</b> |
| <b>6.4.1. biologische Evolution in der Gegenwart .....</b>                        | <b>440</b> |
| Warum wirken sich Wohlstands-Krankheiten sowenig auf die Evolution aus? .....     | 441        |
| Warum gibt es nur relativ wenige Pflanzen-Arten im Vergleich zu den Tieren? ..... | 441        |
| Wird es in Zukunft mehr Evolution im Bereich der Pflanzen geben? .....            | 441        |
| aktuelle Problemfelder in der Evolution des Menschen .....                        | 442        |
| <b>6.4.2. gesellschaftliche Evolution des Menschen .....</b>                      | <b>443</b> |
| Definition(en): Mem .....                                                         | 443        |
| <b>6.4.3. technische Evolution des Menschen .....</b>                             | <b>443</b> |
| <b>6.4.4. informatische Evolution des Menschen .....</b>                          | <b>443</b> |
| <b>7. Anwendungen der Evolution? .....</b>                                        | <b>444</b> |
| <b>7.1. genetische Algorithmen in der Programmierung und Technik-</b>             |            |
| <b>Entwicklung .....</b>                                                          | <b>444</b> |
| <b>Literatur und Quellen: .....</b>                                               | <b>450</b> |

# 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
- Möglichkeiten 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 oder 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 modifizierte 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 Transposons "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 ERLÉNMEYER-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 Pariental-Auge)

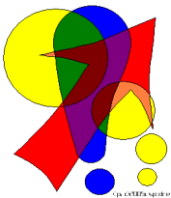
Acetation (? der Vorgang (?) der Acetation oder das Acetat-Ion)

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 Verbesserungsvorschlägen 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 ???

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 nicht zu suchen.

Nachdem man einen großen Berg bestiegen hat,  
stellt man fest,  
das 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 zugehörigen Taxa Familie, Gattung und Unterfamilie extrem schwierig  
deshalb begleitende Vorsätze zur Charakterisierung der Klassifizierungs-Ebene  
ermöglicht dann zumindest eine ungefähre Ahnung von der Größe (nicht Zahlenmäßig!) der besprochenen Gruppe

| <b>Taxon<br/>(deutsch)</b> | <b>interne<br/>Abkürzung</b> |
|----------------------------|------------------------------|
| Domäne                     | (D )                         |
| Reich                      | (R )                         |
| Abteilung                  | (Ab )                        |
| Stamm                      | (S )                         |
| Klasse                     | (K )                         |
| Ordnung                    | (O )                         |
| Familie                    | (F )                         |
| Gattung                    | (G )                         |
| Art                        | (A )                         |

| <b>Taxon<br/>(wissenschaftlich)</b> | <b>interne<br/>Abkürzung</b> |
|-------------------------------------|------------------------------|
| 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. lateinisch-stämmigen – Gattungsnamen und Art-Teil bestehen; heute wird exakterweise immer noch der Art-Beschreiber / Namensgeber und das Erstbeschreibungsjahr dahinter notiert (ev. abgekürzt)

Beispiele:

Siebenpunkt-Marienkäfer → *Coccinella septempunctata* LINNAEUS 1758

Zweipunkt-Marienkäfer → *Coccinella bipunctata* LINNAEUS 1758

Mensch → *Homo sapiens* LINNAEUS 1758

LINNAEUS wird zumeist zu L. abgekürzt

in der populären Literatur wird gemeinlich die Beschreiber-Kennung und das Erstbeschreibungsjahr weggelassen, da diese mehr / nur für Systematiker interessant ist

in der Skript-internen Notierung sieht das dann so aus

(A ) Siebenpunkt-Marienkäfer → (s ) *Coccinella septempunctata*

(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, aus-  
falten

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 DOBZHANSKY

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 Komplizierten (steigende Komplexität, höhere Komplexitäts-Grade)

vom Offenem zum Geschlossenen

Entwicklungs-Prozesse der Biologie werden auf verschiedenen Ebenen und auf verschiede-  
ne 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 Le-  
bens 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

**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 Hierarchie-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

|                                                                                                                           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Definition(en): Revolution</b>                                                                                         |
| 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 Evolutionstrend(s), aber kein(e) Evolutions-Ziel(e))  
 Evolution ist irreversibel (unumkehrbar)  
 Stammes-Geschichte ist unumkehrbar (DOLLO, )

### Aspekte der Evolution

- **Evolution als Tatsache** Behauptung, dass die Organismen sich durch natürliche, lang-andauernde, 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 biologischer Sicht mit dem Beginn des Lebens auf der Erde 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 zwangsläufige Folge von zufallsbehafteten Entwicklungen Ziel-Richtung der Evolution auf Erde und im gesamten Weltall nicht vorhersehbar 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

Erkenntnisse 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](#))).

#### 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 Organismus 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

typische mikro-evolutionäre Vorgänge sollen sein:

- dunkle Variante der (A) Birkenspanner (→ Industrie-Melanismus)
- Resistenz-Bildung 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 Entstehungen 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 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) 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.

Obwohl wissenschaftliches Arbeiten immer Kern der Forschung in der Biologie ist, kommt man bei der wissenschaftlichen Darstellung der Evolution in Erklärungs-Nöte. Mit einem Mal werden vor allem die Arbeits- und Denk-Techniken hinterfragt. Schnell wird eine saubere Abgrenzung von wissenschaftlicher und anderer Arbeit höchst dringend.

Nichtwissen ist besser  
als Falschwissen.  
Jacob VON UEXKÜLL

## **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

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

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 Industrialisierung 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-Wissenschaften** (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 Verer-

bungs-Vorgänge. Bei den Naturwissenschaften gehören also Physik, Astronomie, Chemie, Biologie und Medizin zu dieser Gruppe.

Die zweite Gruppe bilden die **Ursprungs-Wissenschaften** (origin science). Ihr Interesse ist auf einmalige (historische) Ereignisse gerichtet. Solche Ereignisse sind z.B. der Urknall, die Entstehung des Sonnensystems, die Entstehung des Lebens und die Herausbildung von Arten.

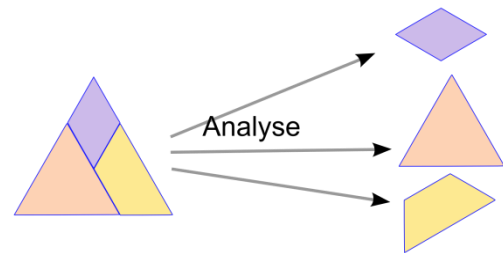
Wenn wir die zutreffenden Wissenschaften für die zweite Gruppe betrachten – also Astronomie, Physik, Biologie – dann treten Doppelungen auf. Die meisten Naturwissenschaften sind also eher breiter aufgestellt bzw. intern in die Gruppen gegliedert. In der Biologie ist die Biochemie deutlich mehr Verfahrens-Wissenschaft 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 Ereignissen, 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)

## 1.x.y. Analyse und Synthese

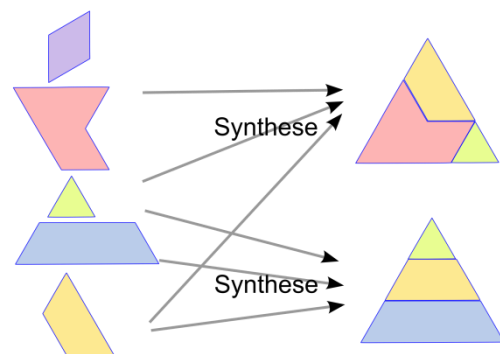


### **Definition(en): Analyse**

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 popu-  
läres Verständnis (oder Unverständnis) für ebendiesen Begriff dazu, dieser wird von der brei-  
ten Bevölkerung bzw. den Nicht-Fach-Kollegen sehr häufig völlig anders verstanden

i.A. gehen wir bei biologischen Zusammenhänge von der deutlichen Mehrzahl der betroffe-  
nen 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 Zusammenhän-  
gen  
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 die-  
ser (Philipp VON JOLLY) gesagt haben soll, dass "in dieser Wissenschaft schon fast alles er-  
forscht 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 Erfahrungs-  
schatz 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. Logik

Logik denkende Kunst, Lehre vom vernünftigen Schließen / Schlussfolgern

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

aus der griechischen Antike

Prämisse (Vordersatz, Voraussetzung, Aussage)

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 ( $\neg$  oder ein Oberstrich über dem Buchstaben) als FALSCH – also:  $\neg A$   
zwei-wertige Logik

|          |          |                          |                                             |
|----------|----------|--------------------------|---------------------------------------------|
| Aussage: | A        | spricht: es gilt A       | bzw.: A ist ; A ist WAHR                    |
| Aussage: | $\neg A$ | spricht: es gilt nicht A | bzw.: A ist nicht; NICHT A;<br>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        | AN   | AUS    |
| Elektrik       | I    | 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  $\neg$ , praktisch ein logisches Minus-Zeichen  
 als Negations-Zeichen werden auch Oberstriche verwendet

| a      | $\neg a$ |
|--------|----------|
| 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**

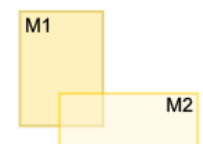
Junktoren sind logische Operatoren.

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**

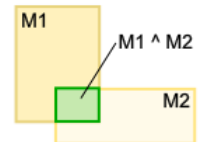
Konjunktion

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      | $a \wedge b$ |
|--------|--------|--------------|
| 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

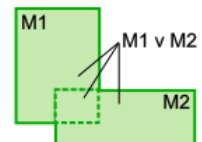
bei UND hat man schnell den Eindruck es handelt sich um eine Vergrößerung, praktisch handelt es sich aber um eine deutliche Eingrenzung

### **ODER / OR**

#### **Disjunktion**

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

| <b>a</b> | <b>b</b> | <b>a V b</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

| <b>a</b> | <b>b</b> | <b>a b</b> |
|----------|----------|------------|
| WAHR     | WAHR     | FALSCH     |
| WAHR     | FALSCH   | WAHR       |
| FALSCH   | WAHR     | WAHR       |
| FALSCH   | FALSCH   | FALSCH     |

## DE MORGANSche Gesetze

| a      | b      | $\neg(a \wedge b)$ | $(\neg a) \vee (\neg b)$ |
|--------|--------|--------------------|--------------------------|
| WAHR   | WAHR   | FALSCH             | FALSCH                   |
| WAHR   | FALSCH | WAHR               | WAHR                     |
| FALSCH | WAHR   | WAHR               | WAHR                     |
| FALSCH | FALSCH | WAHR               | WAHR                     |

| a      | b      | $\neg(a \vee b)$ | $(\neg a) \wedge (\neg b)$ |
|--------|--------|------------------|----------------------------|
| 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:

$$A \rightarrow B$$

spricht: 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:  $A \rightarrow B$

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  $\rightarrow$  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: | $A \rightarrow B$ | aus A folgt B | Regel, Gesetz |

Induktion ist der Schluss von der Bedingung und der Konsequenz auf die / eine Regel

Ursache & Wirkung  $\rightarrow$  Gesetz

Theorie leitet sich aus Beobachtungen ab

aus beobachteten Fakten und mittels logischen Schlüssen eine Theorie über die Wirklichkeit ableiten

Bottom-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:  | $A \rightarrow B$ | 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 Konsequenz auf die Ursache

Gesetz & Wirkung  $\rightarrow$  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 Schluss 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:  $\neg(A \wedge B)$  gesprochen: NICHT in Klammern A UND B  
 Prämisse2: A (es gilt) A  
 -----  
 Konklusion:  $\neg B$

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, das 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. 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

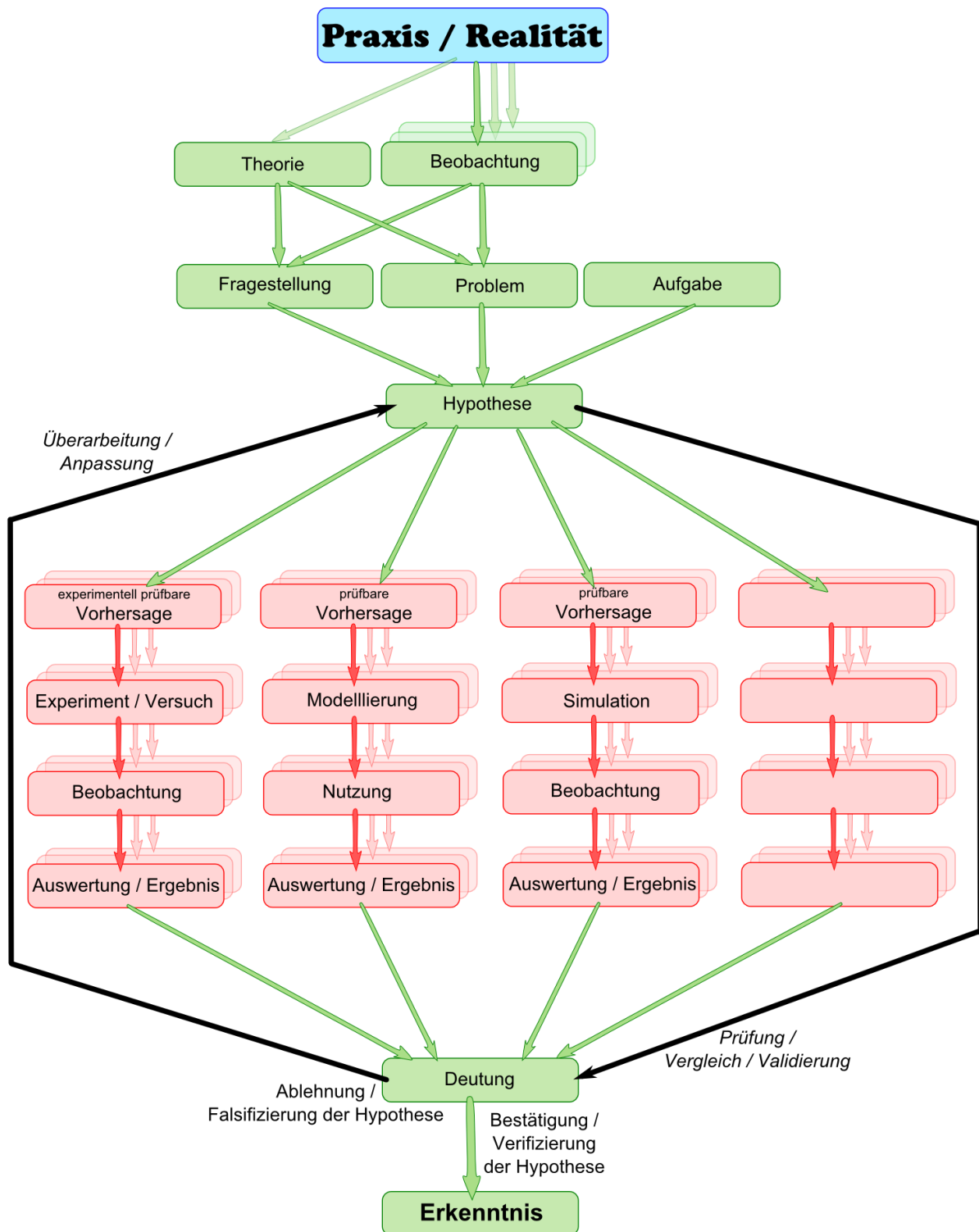
### **Aufgaben:**

⌘.

***⌘. 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) -----

⌘.



## 1.x. Wissenschafts-Verständnis / Wissenschafts-Theorie

In diesem Skript kann und will ich nicht auf alle Wissenschafts-Theorien oder deren Geschichte eingehen. Dazu fehlen mir der Überblick und die Denkweise.

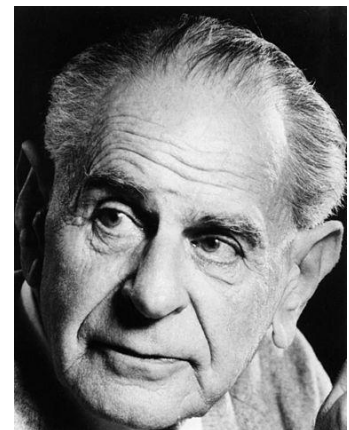
Hier soll auf einige wenige - mehr oder weniger aktuelle und heute bedeutsame - Theorien eingegangen werden. Eine davon ist das Wissenschafts-Verständnis von Karl POPPER.

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 Erkenntnis-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 erklärt, 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** je weniger Einschränkungen und Ausgangs-Bedingungen für eine Theorie notwendig sind, umso besser ist eine Theorie  
(Sparsamkeit)

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 Realität, der durch unsere Erfahrungen zugänglich ist.

### **Definition(en): Empirismus**

Empirismus ist die Ansicht / das Weltbild / Weltverständnis, dass alles Wissen über das real Existierende 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

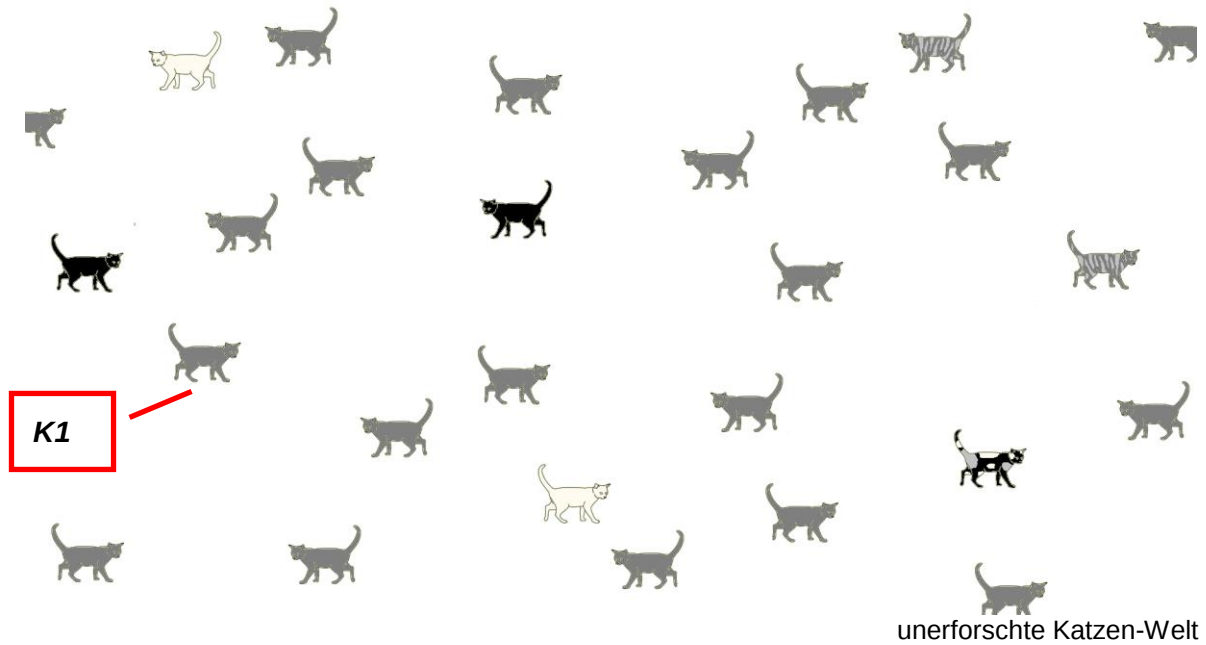
**Definition(en): Verifikation**

Eine Verifikation ist der logische Beweis einer Theorie.

**Definition(en): Falsifikation**

Eine Falsifikation ist ein Verfahren, um eine Theorie als logisch falsch zu identifizieren.

als veranschaulichendes Modell nehmen wir eine noch(!) 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 empirischen Beobachtungen auf eine Theorie folgern

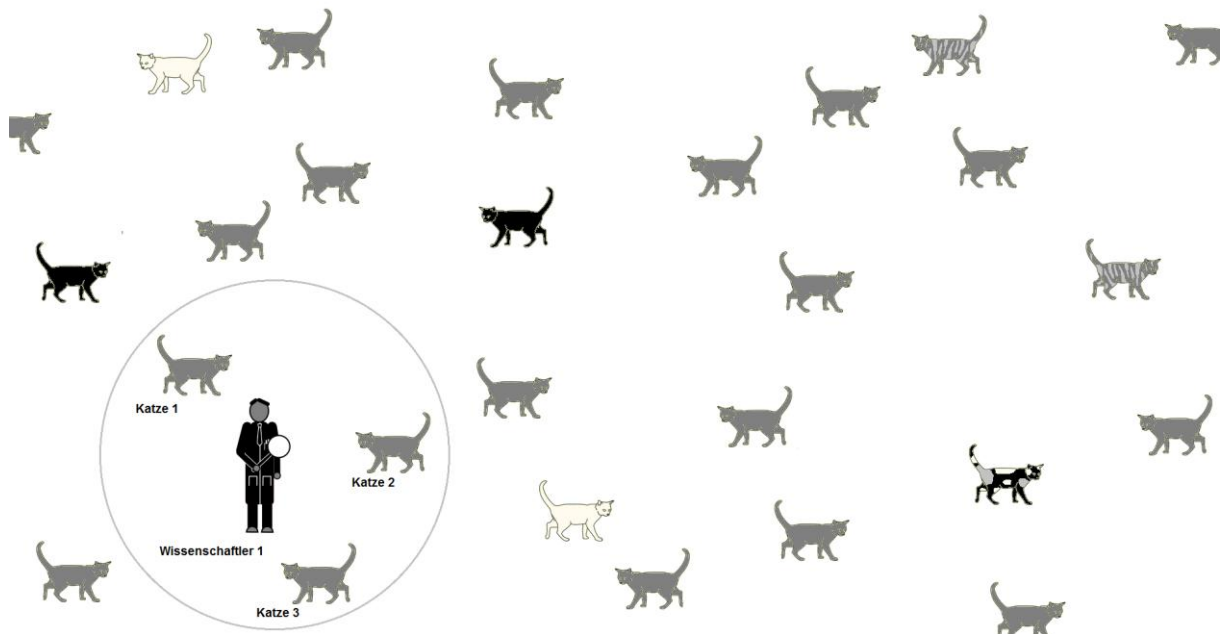
Beispiel:

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 Tests 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).

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 die 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                       |
|        | <b>zu prüfende These</b>  | <b>Beobachtung</b>  | <b>Schlussfolgerung / Ergebnis</b> |

## Definition(en): Falsifizierbarkeit

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

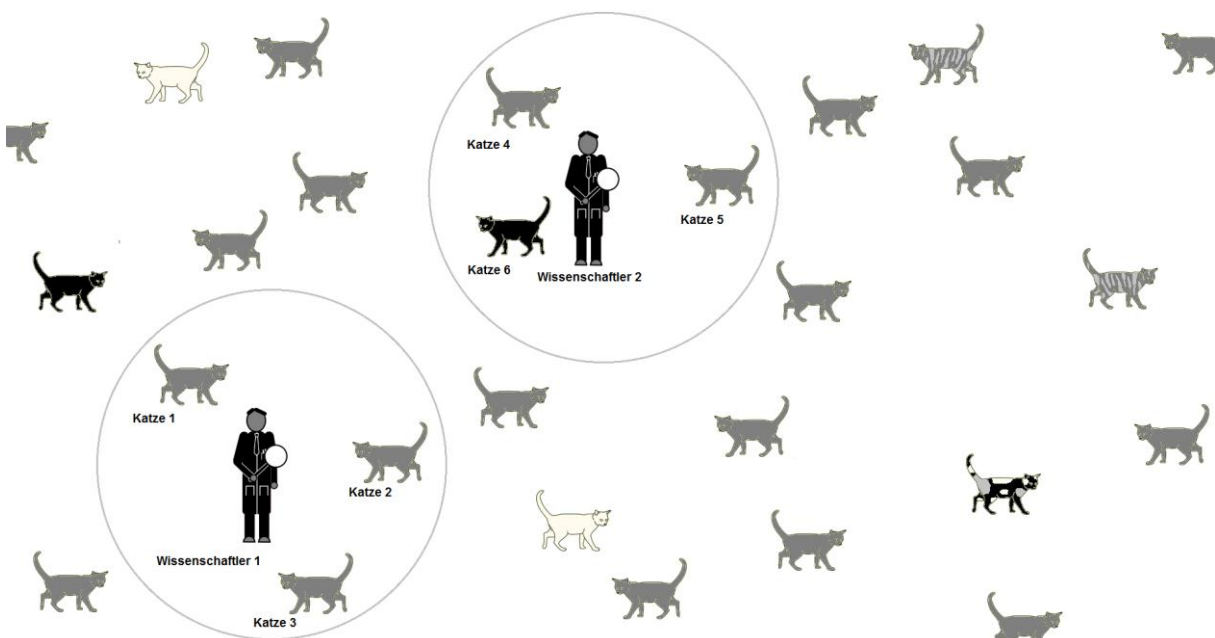
Die aktuell anerkannte Theorie ist immer noch:

*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::

- Test1: Katze K4 sollte grau sein
- 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:

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 1 kann er nicht ignorieren. 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 wiederum 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) da steht. 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 Entstehungsgeschichte 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 bewiesen werden  
Theorien über diese Ereignisse können also nicht direkt widerlegt werden (sie sind also Metaphysik)

Theorien können nur mittels indirekter Tests 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 wissenschaftlicher 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
- These darf nicht anderen Thesen widersprechen

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

*prüfen / einbeziehen??*

es gibt lt. POPPER keine einzelne Theorie, die gleichzeitig für die Beurteilung von wissenschaftliche Aussagen dient als auch für Glaubenssätze 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 Ausschnitt aus dem Ganzen (/ 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) radikalieren 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 wortwörtlich 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

natürlich sprachliche Aussagen können immer verschieden interpretiert werden, für Außenstehende ist es kaum möglich genau zu erkennen / wissen, was der Aussagende genau 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 Dasein" 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 Arbeitens werden sich nach und nach Ergebnisse anhäufen, die den gelehrten Thesen / Theorien widersprechen. Irgendwann kommt es zur Krise.

(Im umgangssprachliche 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:

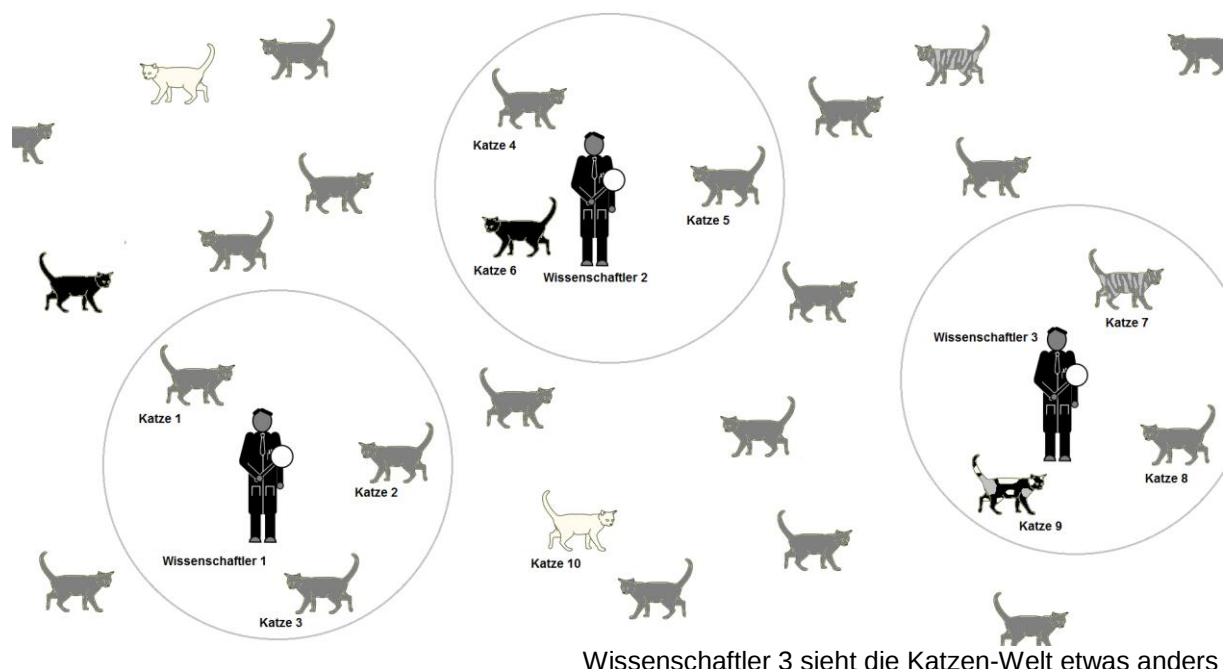
- Kopernikanische Revolution (Ersatz des ptolemäischen Weltbildes durch das kopernikanische)
- Chemie des LAVOISIER (Ablösung der Phlogeston-Theorie durch die Oxydation/Reduktion)
- Relativitäts-Theorie von EINSTEIN (neuartiges Raum-Zeit-Modell, löst NEWTONSche Mechanik ab)
- Quanten-Mechanik (HEISENBERG, 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. Fehlerfindungs-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 Forschungsergebnissen und Theorien kommen.



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 verdienstermaßen 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

## **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 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 weitere 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 Falsifizierung 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 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. erkenntnistheoretische 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 abgelehnt (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.

Wahrheitsgehalt einer Hypothese ist also vor der Prüfung unbestimmt, während er bei einer These schon vorher klar (üblicherweise wahr) ist

### **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)
- **Falsifizierbarkeit** 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 unandringbare 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 eine 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. 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 (/ Originalem / 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

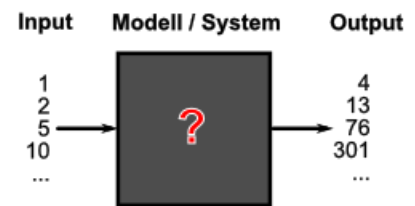
| Modell-Art            | Umschreibung / Beschreibung | Bemerkungen / Beispiele |
|-----------------------|-----------------------------|-------------------------|
| Text                  |                             |                         |
| mathematische Modelle |                             |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

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

## Modell-Bildung

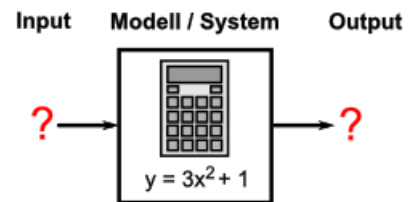
### pragmatische Modell-Bildung

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

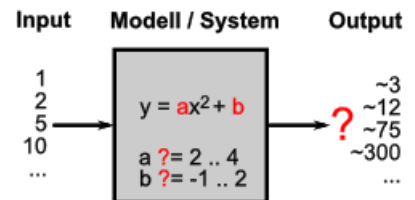


### strukturelle Modell-Bildung

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-Modelle**, 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.

## **Experimentelle Methode(n) zur Prüfung von Hypothesen**

## **Simulations-Methode zur Prüfung von Hypothesen**

### **0.2.2.x. mathematische Hilfsmittel / Modelle**

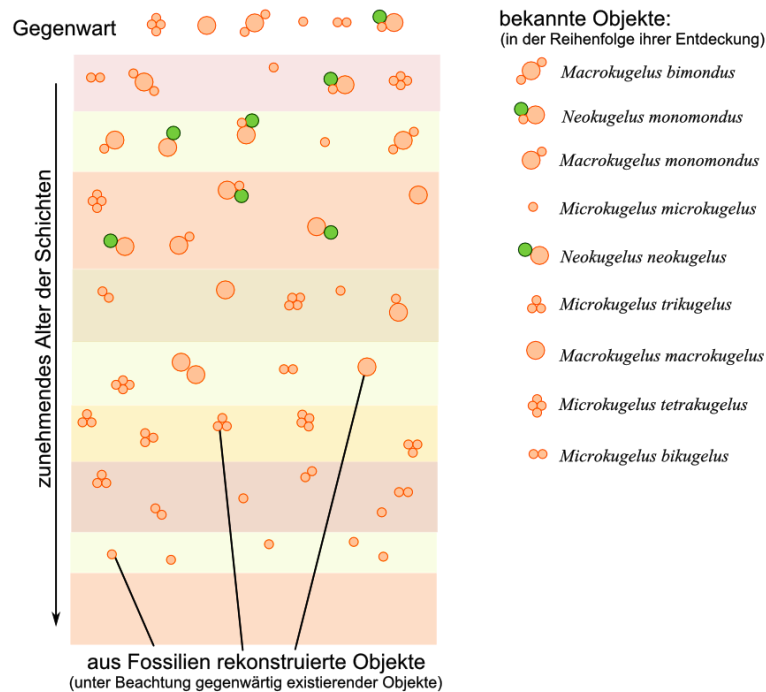
D'ARCY THOMPSON

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!))

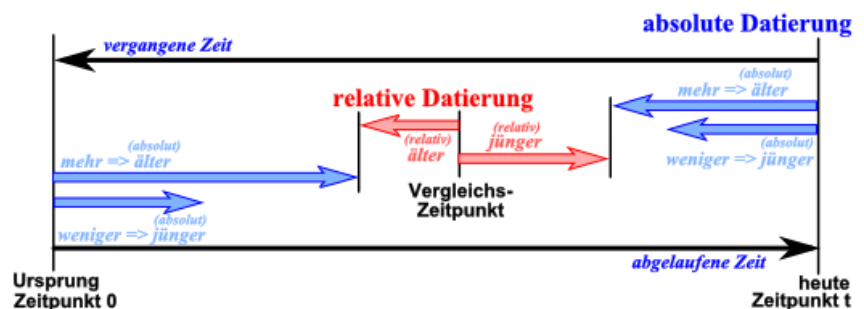
## 1.x.y. Datierungs-Verfahren - Zeit-Bestimmungen

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

absolute Datierung  
relative Datierung



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

Für eine genaue Bestimmung von Zeitdauern bzw. die rückwärtige Lage eines Zeitpunktes benutzt man vorrangig physikalischen oder chemischen 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 voneinander 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 radioaktiver Zerfall eine Halbwertszeit 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 Kohlenstoff-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 Ordnungszahl wird gegebenenfalls rechts unten an das Symbol eines Elementes (aus dem Periodensystem der Elemente) notiert

für unsere genannten Beispiele wären das also:  ${}^1\text{H}$ ,  ${}^8\text{O}$  und  ${}^6\text{C}$

Die Kernladungs-Zahl für ein Element ist immer gleich und damit ist eigentlich die obige Notierung doppelt gemoppelt. Es gibt kein anderes Element X mit der Kernladungs-Zahl 6 – also ist  ${}_6\text{X}$  auch immer  ${}_6\text{C}$  und dementsprechend ist bei  ${}_X\text{C}$  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 ( ${}_7\text{N}$ ) 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  ${}^{14}\text{N}$  und  ${}^{15}\text{N}$  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  ${}^{14}\text{N}$  ist auch die Schreibung N14 oder 14N nicht unüblich.

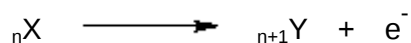
Isotope sind Atome eines Elementes mit unterschiedlichen Massenzahlen.

Manche der Isotope sind nun radioaktiv, d.h. sie geben radiative Strahlung ab. Wir unterscheiden dabei drei wesentliche Arten der radioaktiven Strahlung:

- **$\alpha$ -Strahlung** besteht aus  $\alpha$ -Teilchen (besteht aus 2 Protonen und 2 Neutronen) → praktisch ein He-Atom
- **$\beta$ -Strahlung** sind Elektronen oder deren Anti-Teilchen
- **$\gamma$ -Strahlung** ist (Teilchen-freie) Energie

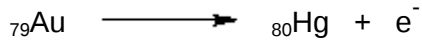
Die Gamma-Strahlung ist quasi nur die Abgabe überschüssiger Energie eines Atom-Kerns. Es handelt sich elektromagnetische Strahlung eines sehr hohen Frequenz-Bereiches. Gamma-Strahlung ist in der Lage biologische Moleküle zu zerstören und z.B. Mutationen (durch Veränderungen an der DNS) hervorzurufen.

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:

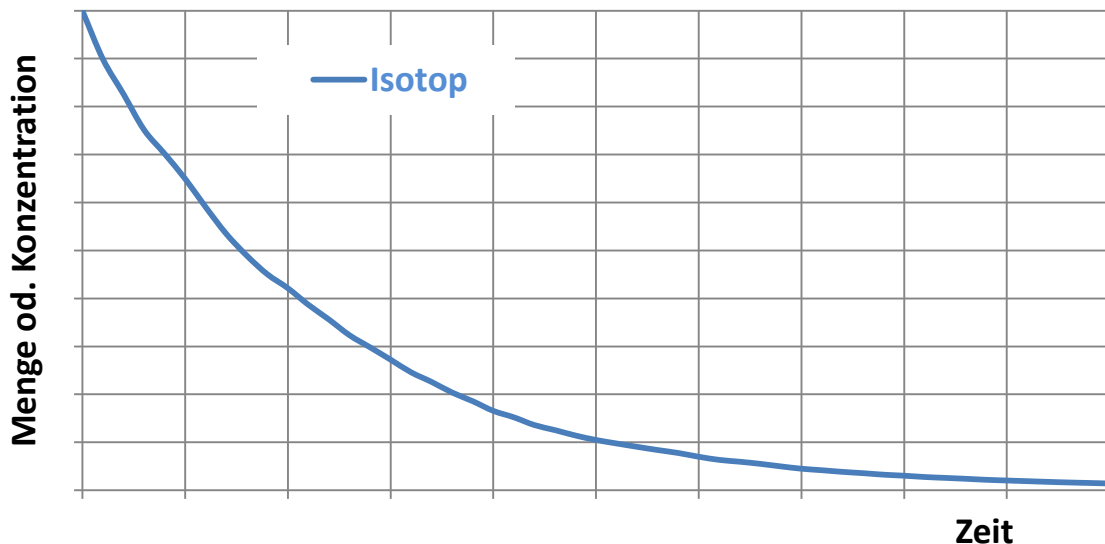


Damit ändert sich beim  $\beta$ -Zerfall auch die Element-Art. Es entsteht das Element mit der nächsthöheren Ordnungs-Zahl.

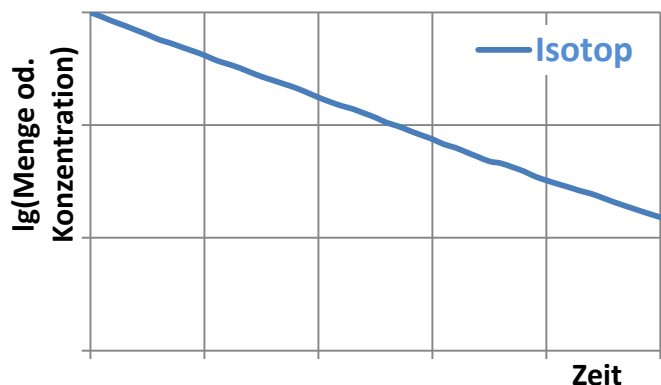
Beim  $\alpha$ -Zerfall passieren die größten Veränderungen im Atom-Kern. Es wird ein Helium-Atom abgespalten. Dieser besteht aus zwei Protonen und zwei Neutronen. Die Abspaltung eines  $\alpha$ -Teilchen ist somit immer mit der Umwandlung in ein anderes Element verbunden und zwar in das mit einer um 2 reduzierten Ordnungs-Zahl.

Radioaktive Zerfälle sind dadurch gekennzeichnet, dass sie völlig zufällig ablaufen. Jedes Isotop zerfällt mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit. Gibt es unterschiedliche Zerfälle, dann sind für jeden dieser Zerfälle 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:

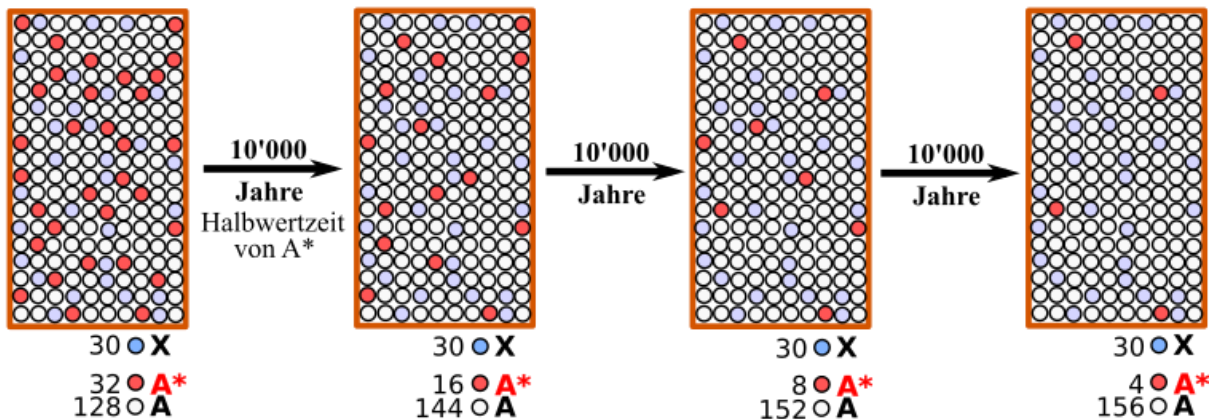


Die Physik hat als die charakteristische Konstante bei radioaktiven Zerfalls-Prozessen die Halbwert-Zeit erkannt. Diese Konstante sagt aus, dass nach genau dieser Zeit, die Hälfte der Zerfalls-fähigen Atome auch umgewandelt sind. Nach jeweils einer weiteren – gleichen – Zeit-Periode ist dann wiederum die Hälfte umgesetzt, so dass 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.

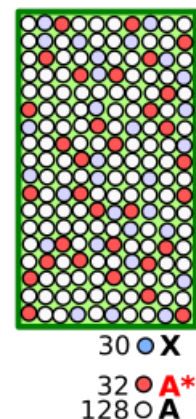


Die roten Kreise sind die radioaktiven Isotope A\*, die nun zukzessive zerfallen. Da das Präparat (z.B. in Sediment) eingeschlossen ist, verbleiben die gebildeten – nicht-radioaktiven – Isotope A neben den normal vorkommenden im Objekt. Diese sind durch leere Kreise gekennzeichnet. Irgendwelche anderen Atome / Isotope (bläuliche Kreise) werden ignoriert. Deren Zahl bleibt i.A. relativ gleich. Änderungen haben auch keinen Einfluß auf das betrachtete Isotopen-Verhältnis 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 Isotopen-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 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!**
- 3.

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. 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 – extrem stabilen Isotopen-Uhren (Datierungs-Systemen) bleiben.

Derzeit wird aber darüber diskutiert, ob die Ausgangs-Verhältnisse der Isotope immer konstant gewesen ist. 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 Bestimmungsgrenzen 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 ist, als die Kurven-Veränderung, dann können keine Zeit-Angaben mehr abgeleitet werden.

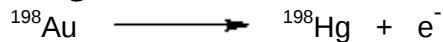
Mit statistischen Prüf-Verfahren wird dann getestet, ob das Gesamt-Ergebnis (quasi der Mittelwert) noch wissenschaftlich vertretbar ist.

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.

### 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  $\beta$ -Zerfalls akzeptabel? Begründen Sie Ihre Meinung!



4. Erstellen Sie eine Tabelle in einem Tabellenkalkulations-Programm, in der Sie die Zerfalls-Zahlen für ein Isotop berechnen lassen, dass eine Halbwertszeit 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!
5. Erstellen Sie aus den Daten von Aufgabe 4 ein geeignetes Diagramm!
6. Simulieren Sie den Zerfall eines Elementes von dem wir eine Schicht von  $10 \times 10$  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!
7. Ermitteln Sie, nach wievielen Simulationen-Takten Sie die Hälfte der Atome umgewandelt haben! Vergleichen Sie Ihre Ergebnisse mit denen anderer Kurs-Teilnehmer!
8. 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?
9. 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!

### für die gehobene Anspruchsebene:

10. 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.)
11. Erstellen Sie ein geeignetes Diagramm aus den Daten von Aufgabe 10!
12. 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 Halbwertszeit 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!

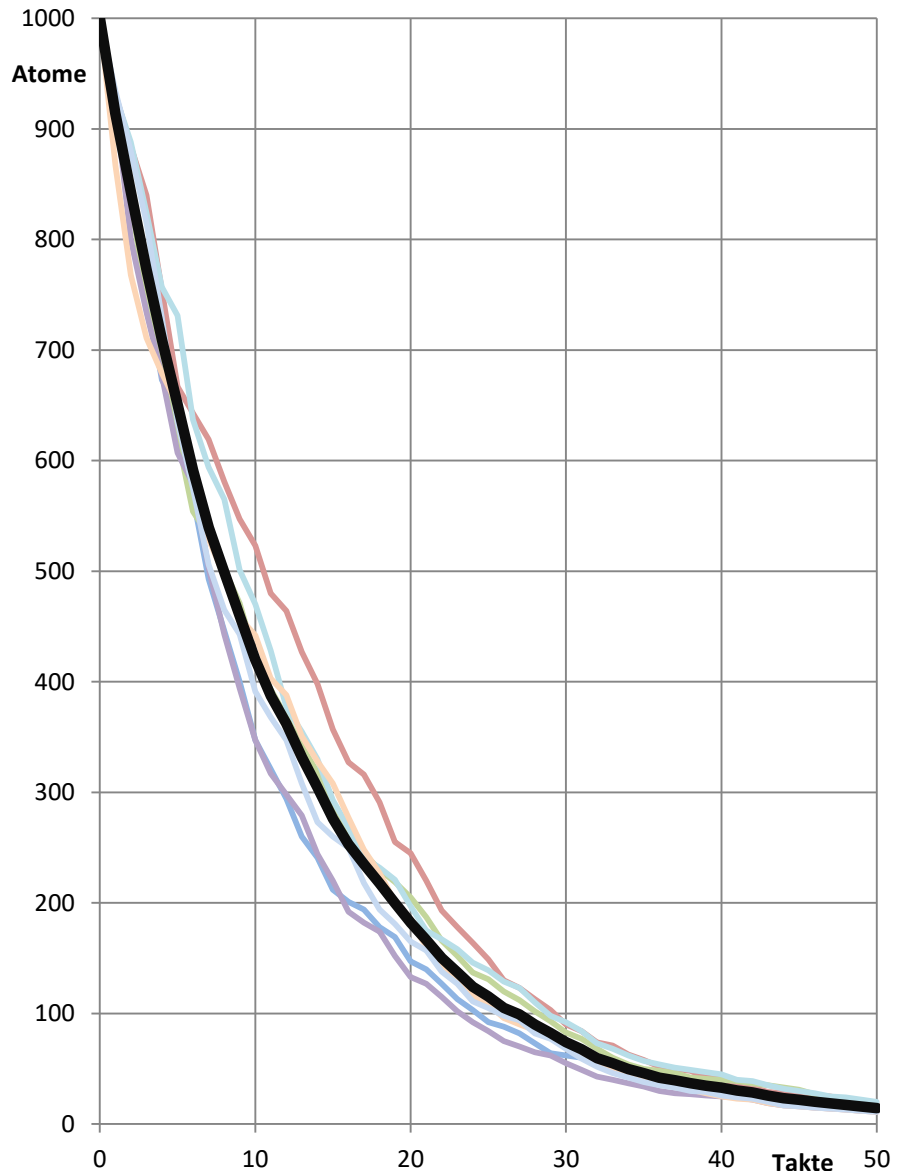
4. Wie genau ist eigentlich eine Zeit-Bestimmung, wenn man von verschieden alten Proben weiss,

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:

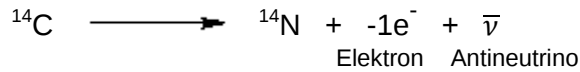
6. Können Sie Aussagen zur Wahrscheinlichkeit des Zerfalls für einen Takt angeben? Wenn JA, dann erläutern Sie Ihr Vorgehen! Wenn NEIN, dann geben Sie an, warum das nicht geht!



### 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 Isotops  $^{14}\text{C}$  vom Kohlenstoff



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. Kohlendioxid aus der Atmosphäre wird zu festem organischem Material (zuerst Glucose). Wir sprechen in diesem Zusammenhang von einer Kohlenstoff-Fixierung. Diese Kohlenstoff-Verbindungen haben wieder das "normale" Isotopen-Verhältnis.

Heute ist das Verhältnis von  $^{12}\text{C}$ - zu  $^{14}\text{C}$ -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.

Kohlenstoff wird bei den Abbau-Vorgängen hin zur Mumie, zum Torf, zur Kohle usw. usf. nicht ausgetauscht. Ein geringer Teil abgebauter Kohlenstoff verschwindet z.B. als  $\text{CO}_2$  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  $^{14}\text{C}$  zerfällt radioaktiv zu  $^{12}\text{C}$

damit steigt der Anteil von  $^{12}\text{C}$

Halbwert-Zeit  $^{14}\text{C}$  zu  $^{12}\text{C}$ : 5'730 a

also nach rund 6'000 Jahren ist die Hälfte des ursprünglichen  $^{14}\text{C}$  zerfallen, wiederum nach rund 6'000 Jahren ist der verbleibende Rest wiederum zur Hälfte zerfallen usw.usf.

ermittelt wird letztendlich das exakte Verhältnis von  $^{14}\text{C}$  und  $^{12}\text{C}$  in der Probe

meist Messung die radioaktive Aktivität A in Bq / kg (BECQUEREL pro kg [C])

betrug die angenommene 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-Kohlenstoff-Menge der Probe angesetzt (Aktualismus-Ansatz)

nach dem Ablauf einer Halbwertszeit-Periode ist die Aktivität auch nur noch halb so groß, und nach einer weiteren Halbwertszeit-Periode schon nur noch ein Viertel usw. usf.

über das (allgemeine) Zerfalls-Diagramm lässt sich die Zeit in Halbwertszeit-Einheiten ablesen in unserem Beispiel rund 1,3 I-Einheiten

mit der Halbwertszeit von 5'730 Jahren umgerechnet ergibt sich ein Alter von rund 7'450 Jahren

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

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

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](#))  
dort Nachgewiesenes und in Abhängigkeit zur geologischen Sediment-Bildung gebrachte Isotopen-Verhältniss führt zur Fein-Korrektur der Zerfallskurve

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

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



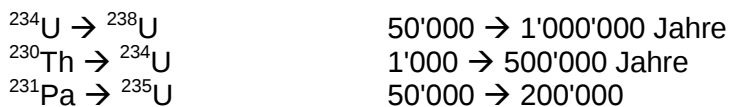
Halbwertszeit (K-40) 1,3 Mrd. Jahre; da das gebildete Ar-40 in den Gesteinen praktisch gefangen ist, eignet es sich gut als Datierungs-System (in der ursprünglichen warmen Schmelze entweicht das Argon praktisch vollständig vor der Erstarrung)

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



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. Altersbestimmung der Erde auf 4,5 Mrd. Jahre

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



### 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)

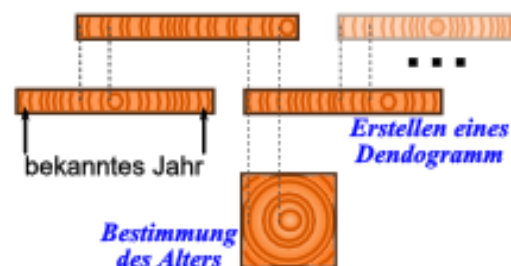
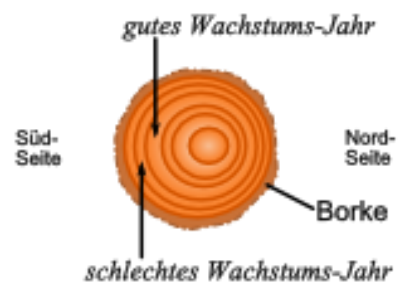
Feuer / Meteoriten-Einschläge / bestimmte Stoff-Freisetzungen hinterlassen weitere charakteristische Spuren

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 hundert 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-Schmelze 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

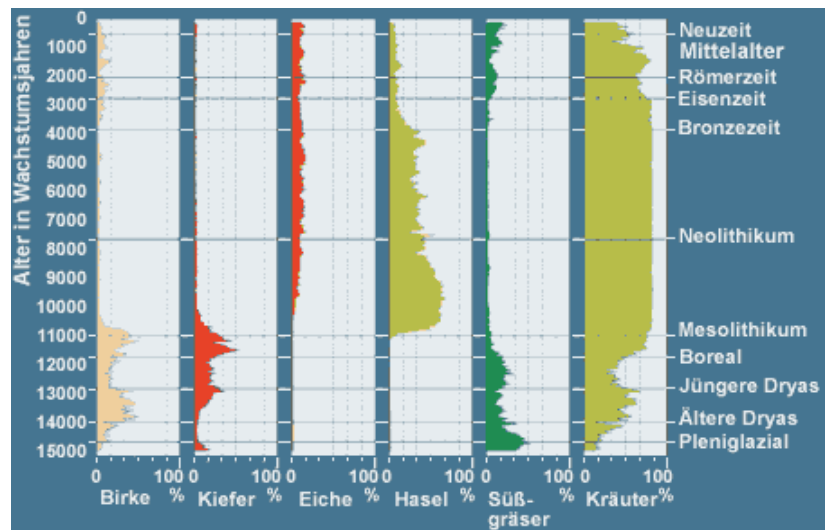
weiter Synchronisierungen über eingelagerte Kohlenstoff-Träger (→ C14-Methode)

interessant 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](http://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, dass 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-Niveau als die eingestrahlte Anregungs-Energie)

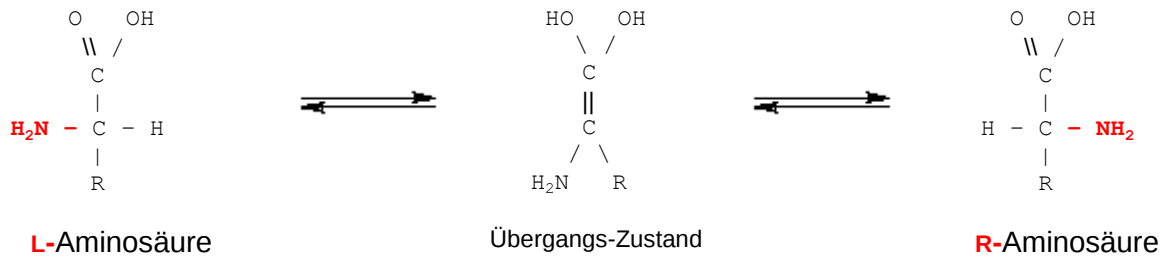
bei der Infrarot-Radiolumineszenz wird z.B. als radioaktive Strahlungs-Quelle  $^{137}\text{Cs}$  zur Anregung eingesetzt

#### **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)



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 für deutlich längere 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 Lcker-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

#### **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.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 auftreten können – müssen in ihrer Entstehungs- bzw. Bildungs-Geschichte überprüft werden

einzelne Ausnahmen sind nicht automatisch ein Gottes-Beweis, müssen aber von der Wissenschaft 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.2.3. 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 / Eistrückzüge (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

#### **1.x.y.2.6. Tephro-Chronologie**

Tephren sind Asche-Ablagerungen von Vulkan-Ausbrüchen

#### **1.x.y.2.7. Magneto-Stratigraphie**

Bestimmungen von Magnetfeld-Umpolungen

das Magnetfeld der Erde polt sich in größeren Zeitabschnitten um  
beim Erstarren der Gesteins-Schmelzen (Lava) wird magnetische Ausrichtung konserviert

#### **1.x.y.2.8. Fluor-Test**

für Knochen und Zähne geeignet, die aus Calciumphosphat bestehen  
in Fluor-haltigen Umgebungen (Sedimenten, ...) wird  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  in Fluorapatit (Fluor-Apatit;  $\text{Ca}_5[\text{F}(\text{PO}_4)_3]$ ) 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 unterschiedliche 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**

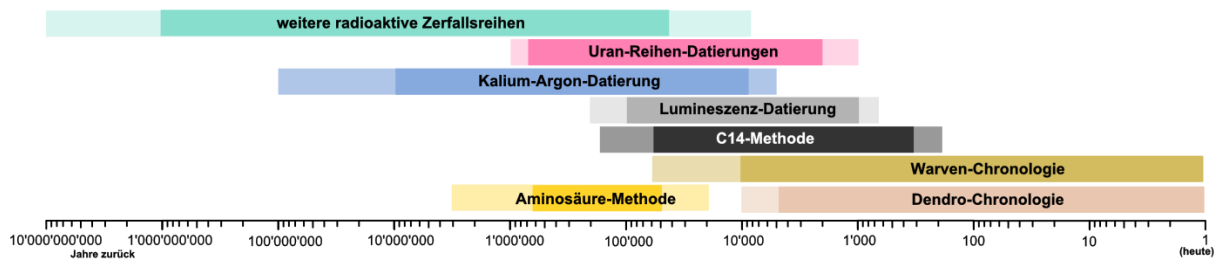
besonders in der Untersuchung der menschlichen Evolution benutzt  
Einordnung archäologischer Funde  
benutzt auch Handwerk- und Kultur-Techniken zur Datierung

#### **1.x.y.2.13. Hemerochorie**

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

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

#### **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  $t[\text{Mio.a}]$  (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  $AR = x[X] * t[\text{Mio.a}]$

#### **Fehlerbetrachtung:**

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

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

## 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 erdgeschichtlichen Phasen.

In der Praxis werden zwei verschiedene Konzepte zur Abgrenzung von erdgeschichtlichen Phasen benutzt, die aber beide zur gleichen Zeit-Skala führen.

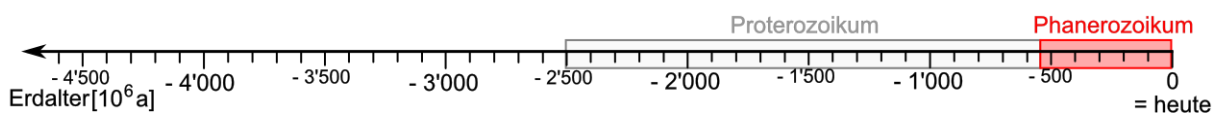
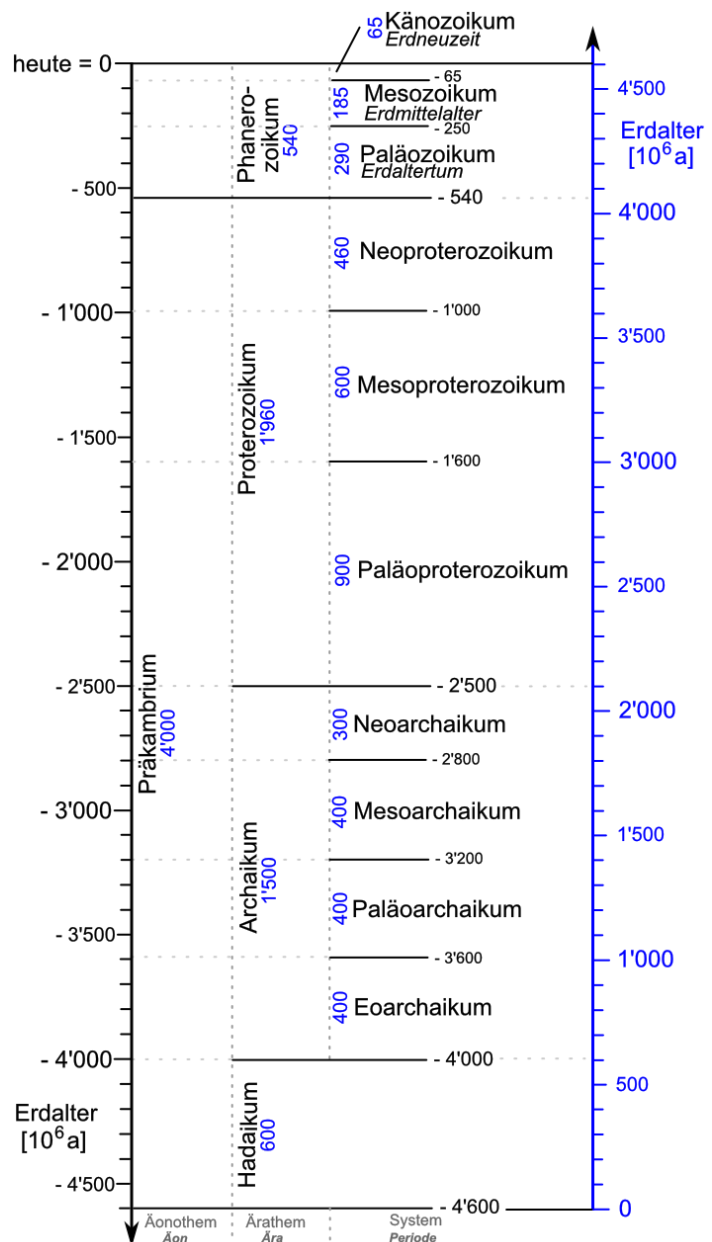
Das **geo-chronologische** Konzept benutzt die absolute Datierung (hauptsächlich Isotopen-Messungen) der Gesteine und Erdschichten. Es werden die einzelnen Proben betrachtet - ihr Isotopen-Alter bestimmt - und dann eine passende (chronologische) Reihe gebildet.

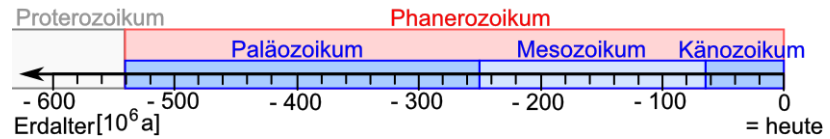
Bei der **chronostatischen** Herangehensweise werden die beobachteten Aufeinanderfolgen (Welche Schicht liegt über / unter welcher anderen?). Hier wird also eine relative Datierung als Basis benutzt.

Die Darstellung erfolgt üblicherweise von unten (älteste Zeiten / Schichten / Gesteine / Formationen) nach oben (heute).

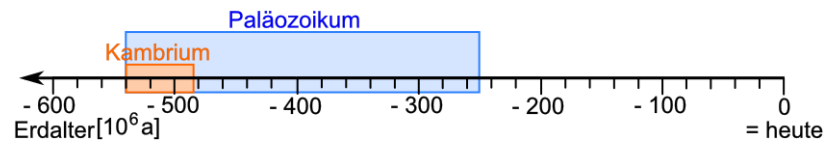
Bei waagerechter Präsentation wird von links (alt) nach rechts (jung) skaliert. Es wird fast immer eine lineare Skalierung benutzt, damit die Relationen erhalten bleiben. Nur im fachwissenschaftlichen Umfeld und bei Vergleichen über sehr große Zeiträume hinweg wird auch mal eine logarithmische Zeit-Skala benutzt.

In diesem Skript verwende ich fast ausschließlich lineare Skalen. Die Skalierung ändert sich u.U. um Unterabschnitte genauer zu definieren.



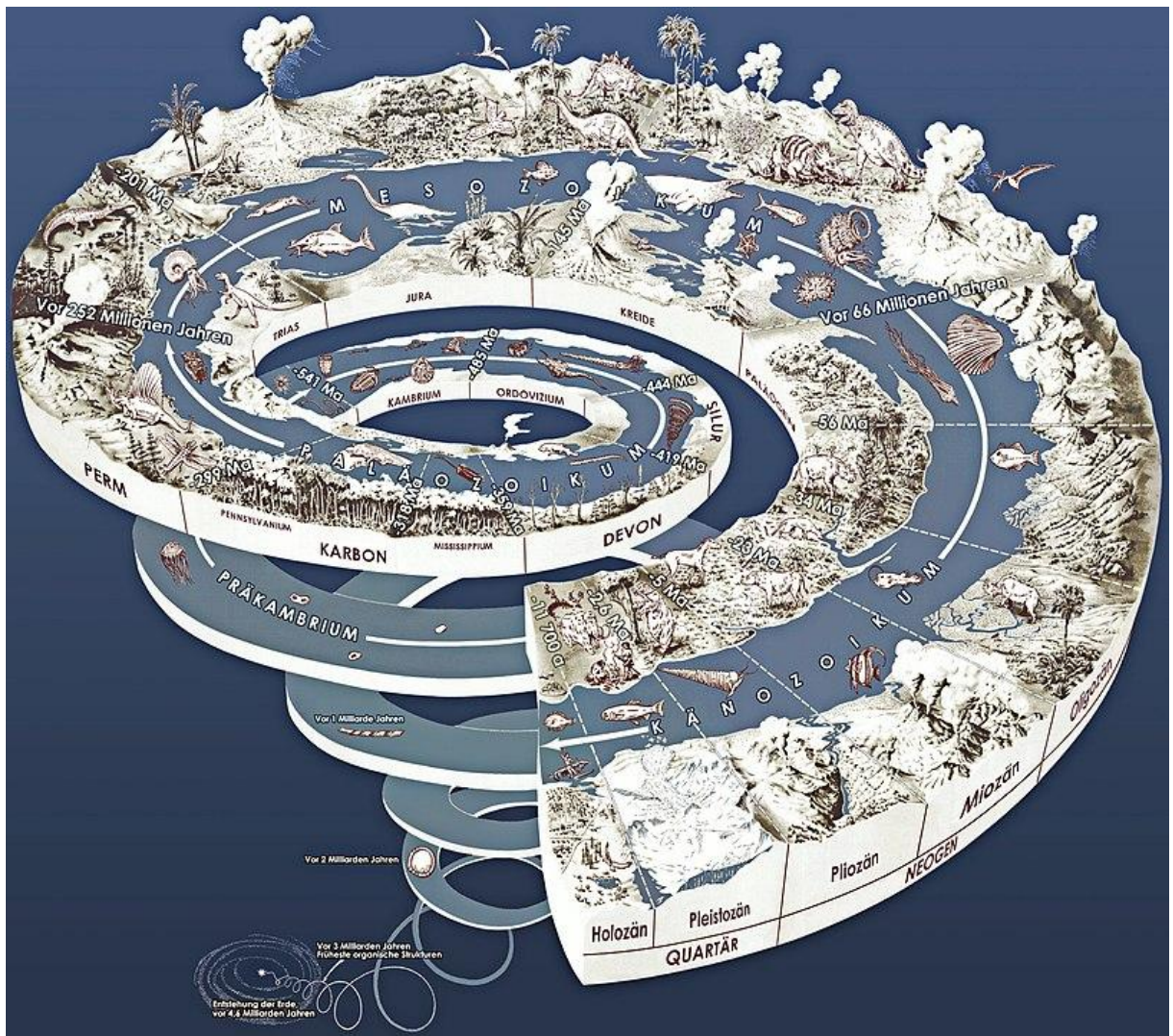


ein Erdzeitalter ist bläulich charakterisiert und gegebenenfalls eine Periode orange



Man sollte aber beachten, dass nicht immer gehen alle Skalen bis zum Null-Punkt (also heute) zurückgehen. Vor allem bei feinen Aufspaltungen einer erd-geschichtlichen Phase können nur deren Grenze die Skalen-Enden bestimmen.

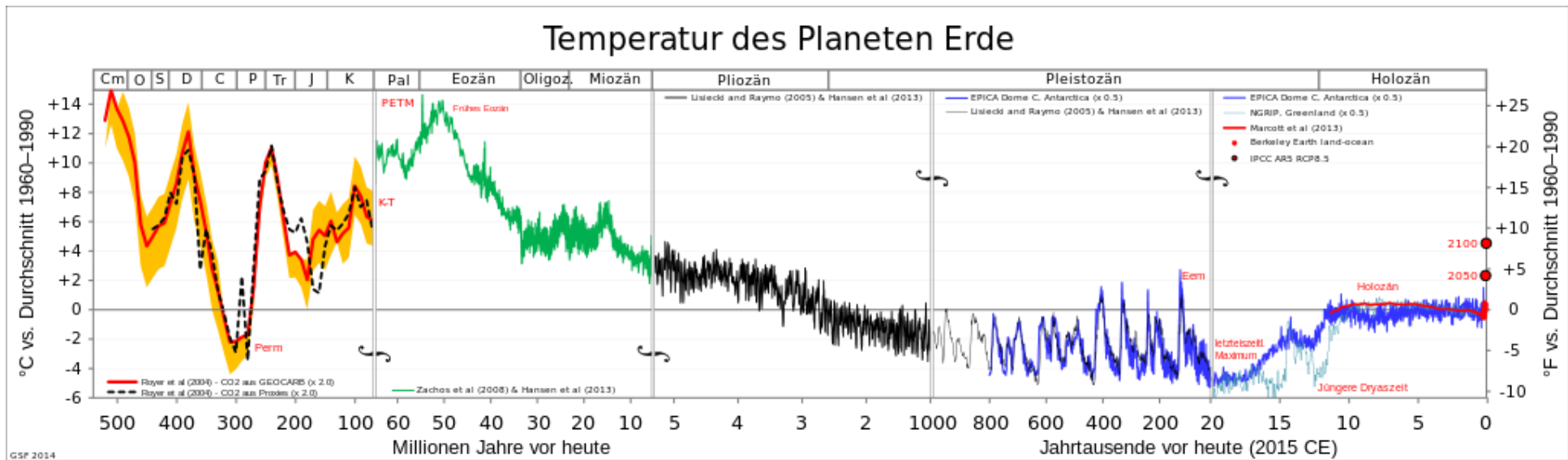
Einige Darstellungen nutzen auch das absolute Alter. Da dieses aber immer wieder diskutiert wird, ändern sich bei einer solchen Skalierung dann auch die Zeiten. Für einfache (gröbere) Darstellungen sind solche Präsentationen aber ohne weiteres geeignet.



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 gelungssüchtigen Wissenschaftlern. Nie war die Temperatur solange so konstant wie heute." Setzen Sie sich mit dieser Aussage auseinander!*

## 1.x.y. Untersuchungen von Fossilien

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, ...)

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 / Salzschieben
- durch Huminsäuren (z.B. im Torf / Moor)

##### Hartteile

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

---

## Versteinierung

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

## Einpökung

|                                                                                                                                                                              |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Definition(en): Einpökung</b>                                                                                                                                             |
| Einpökung 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 zurückbleibenden 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

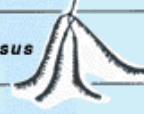
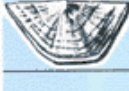
bei Offenlegung besteht wieder Gefahr für Erosion  
zuerst gehen dann die feineren Strukturen verloren

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

## 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.

|                                        |                      |                                    |                                                                                      |                                   |                                                                                       |
|----------------------------------------|----------------------|------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| CENOZOIC ERA<br>(Age of Recent Life)   | Quaternary Period    | <i>Pecten gibbus</i>               |     | <i>Neptunea tabulata</i>          |    |
|                                        | Tertiary Period      | <i>Calyptraphorus velatus</i>      |     | <i>Venericardia planicosta</i>    |    |
| MESOZOIC ERA<br>(Age of Medieval Life) | Cretaceous Period    | <i>Scaphites hippocrepis</i>       |     | <i>Inoceramus labiatus</i>        |    |
|                                        | Jurassic Period      | <i>Perisphinctes tiziani</i>       |     | <i>Nerinea trinodosa</i>          |    |
|                                        | Triassic Period      | <i>Trophites subbullatus</i>       |     | <i>Monotis subcircularis</i>      |    |
|                                        | Permian Period       | <i>Leptodus americanus</i>         |    | <i>Parafusulina bosei</i>         |   |
| PALEOZOIC ERA<br>(Age of Ancient Life) | Pennsylvanian Period | <i>Dictyoclostus americanus</i>    |   | <i>Lophophyllidium proliferum</i> |   |
|                                        | Mississippian Period | <i>Cactocrinus multibrachiatus</i> |   | <i>Prolecanites gurleyi</i>       |  |
|                                        | Devonian Period      | <i>Mucrospirifer mucronatus</i>    |  | <i>Palmatolepus unicornis</i>     |  |
|                                        | Silurian Period      | <i>Cystiphyllum niagarense</i>     |   | <i>Hexamoceras hertzeri</i>       |  |
|                                        | Ordovician Period    | <i>Bathyrurus extans</i>           |   | <i>Tetraraptus fruticosus</i>     |  |
|                                        | Cambrian Period      | <i>Paradoxides pinus</i>           |   | <i>Billingsella corrugata</i>     |  |
|                                        | PRECAMBRIAN          |                                    |                                                                                      |                                   |                                                                                       |

Leitfossilien (Beispiele)

Q: de.wikipedia.org (US Geological Survey (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.

Besonders gehäuft könnten diese Übergangs-Formen in den Grenzsichten geologischen Formationen auftauchen. Dem Formations-Wechsel wird i.A. eine tiefgreifende Veränderung der Umwelt-Bedingungen zugeschrieben, was die evolutionären 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 spezielle 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 vorausgesetzten Thesen.

### 3.x.1. 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, die derzeit noch als (fossiler) Nachweis fehlen

bekanntgewordene und als Brücken-Objekte 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.

|                                                                                                                                       |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Definition(en): Brücken-Objekte / Missing Links</b>                                                                                |
| Brücken-Objekte / "Missing Links" sind Arten, die Merkmale zwei weiter entfernt verwandter taxonomischer Gruppen in sich beherbergen. |
|                                                                                                                                       |

---

**Definition(en): Übergangs-Form (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.

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

rezente Übergangs-Formen z.B.:  
Schnabeltier

**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 Verwandtschaften für das Schnabeltier in einem Stammbaum auf!*

**1.x.y.4. 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

Quastenflosser

---

**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.

siehe dazu auch → [3.x.1. Brücken-Objekte und Missing-Links](#)

## 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 Augenfleck. Die Osmo-Regulation wird über zwei kontraktile Vakuolen durchgeführt. Volvox stellt eine Übergangsform zwischen einer 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 Phosphat-Gehalt.

Die Informations-Weiterleitung erfolgt ausschließlich 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 |
| <b>größte Verwandtschaft</b> | Chlamydomonas      |                                 |                     |
|                              |                    |                                 |                     |
|                              |                    |                                 |                     |
|                              |                    |                                 |                     |
|                              |                    |                                 |                     |

---

**1.x.y.z.**

Q: de.wikipedia.org ()

|  | ???        |                                      |            |
|--|------------|--------------------------------------|------------|
|  | ?-Merkmale | gemeinsame Merk-<br>male von ? und ? | ?-Merkmale |
|  |            |                                      |            |
|  |            |                                      |            |
|  |            |                                      |            |
|  |            |                                      |            |
|  |            |                                      |            |

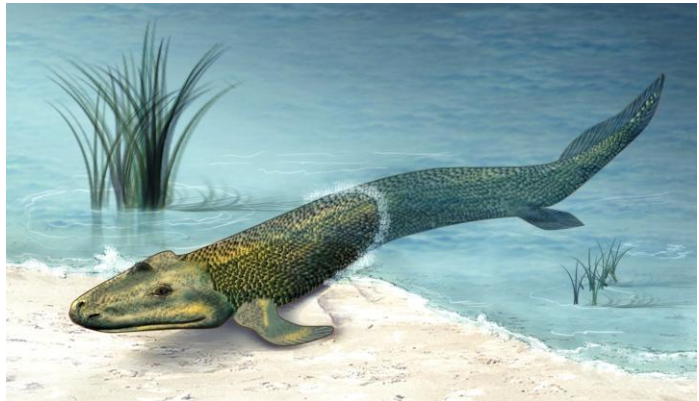
## 1.x.y.z. Tiktaalik

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 (National Science Foundation))

|                       | Tiktaalik      |                                 |                         |
|-----------------------|----------------|---------------------------------|-------------------------|
|                       | Fisch-Merkmale | gemeinsame Merkmale von ? und ? | Amphibien-Merkmale      |
| größte Verwandtschaft | 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 betrachtet, 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          |
| <b>größte Verwandtschaft</b> | Quastenflosser<br>Knochenfische |                                             |                             |
|                              | Schuppen                        |                                             |                             |
|                              | Flossensaum                     |                                             |                             |
|                              |                                 |                                             | Schädel-Form                |
|                              | Flossen                         |                                             | Extremitäten                |
|                              |                                 |                                             | Schulter- und Becken-Gürtel |
|                              | Kiemen                          |                                             | Lunge                       |
|                              |                                 |                                             |                             |

---

## 1.x.y.z. Gerobatrachus

Übergangsform zwischen Schwanzlurch und Froschlurch



Gerobatrachus; Lebensbild / Rekonstruktion  
Q: de.wikipedia.org (Nobu Tamura)

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

---

**1.x.y.z.**

Q: de.wikipedia.org ()

|  | ???        |                                      |            |
|--|------------|--------------------------------------|------------|
|  | ?-Merkmale | gemeinsame Merk-<br>male von ? und ? | ?-Merkmale |
|  |            |                                      |            |
|  |            |                                      |            |
|  |            |                                      |            |
|  |            |                                      |            |
|  |            |                                      |            |

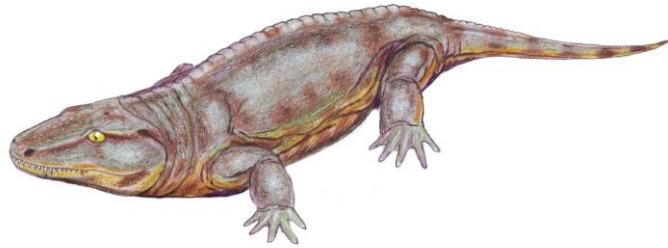
## 1.x.y.z. Seymouria

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



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

wahrscheinlich unbeschuppt

|                       | Seymouria          |                                                 |                    |
|-----------------------|--------------------|-------------------------------------------------|--------------------|
|                       | Amphibien-Merkmale | gemeinsame Merkmale von Amphibien und Reptilien | Reptilien-Merkmale |
| größte Verwandtschaft |                    |                                                 |                    |
|                       |                    |                                                 |                    |
|                       |                    |                                                 |                    |
|                       |                    |                                                 |                    |
|                       |                    |                                                 |                    |

---

**1.x.y.z. Urvogel Archaeopteryx**



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



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

|                              | <b>Archaeopteryx</b>                               |                                                     |                                                                   |
|------------------------------|----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
|                              | <b>Reptilien-Merkmale</b>                          | <b>gemeinsame Merkmale von Reptilien und Vögeln</b> | <b>Vogel-Merkmale</b>                                             |
| <b>größte Verwandtschaft</b> |                                                    |                                                     |                                                                   |
|                              | 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<br>Fisch-Merkmale | gemeinsame Merkmale von Wasser- und Landtier | Landtier-Merkmale                              |
| <b>Morphologie, allg.</b> |                                       |                                              |                                                |
|                           | Fisch-ähnliche Grundform              |                                              |                                                |
| <b>Körper-bedeckung</b>   | Schuppen                              |                                              |                                                |
| <b>Details</b>            | schwerer abgeflachter Schädel         |                                              |                                                |
|                           | Fisch-ähnliche Zähne                  |                                              |                                                |
|                           |                                       |                                              | seitwärts abgespreizte Beine                   |
|                           |                                       |                                              | fünf Zehen                                     |
|                           |                                       |                                              | Sack-artige Lunge (keine Kiemen)<br>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 |
| <b>größte Verwandtschaft</b> |                 |                                 | (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.z.a. ???**

Q: de.wikipedia.org ()

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

## 1.x.y. Homologien

### **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

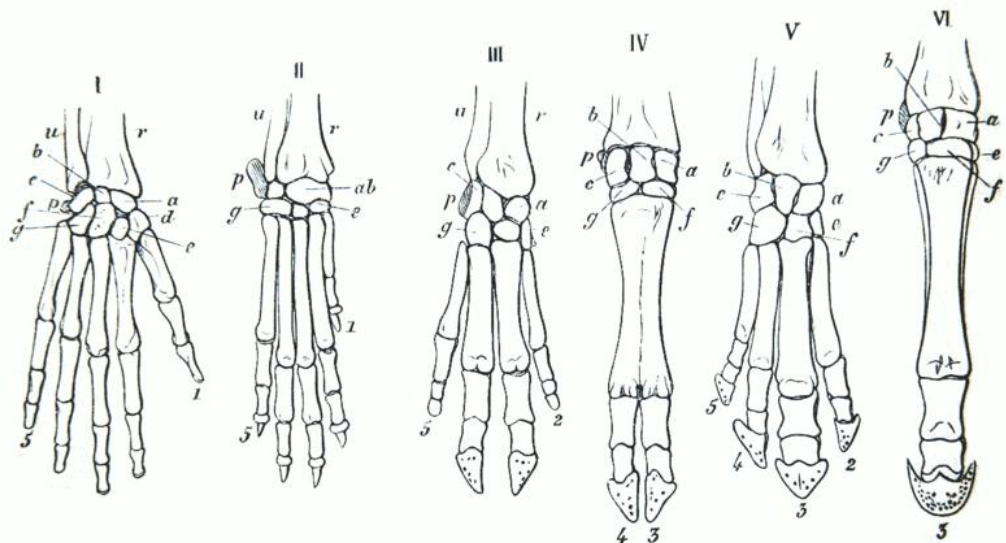
Schädel-Knochen der Vertebraten (Schädeltiere)

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

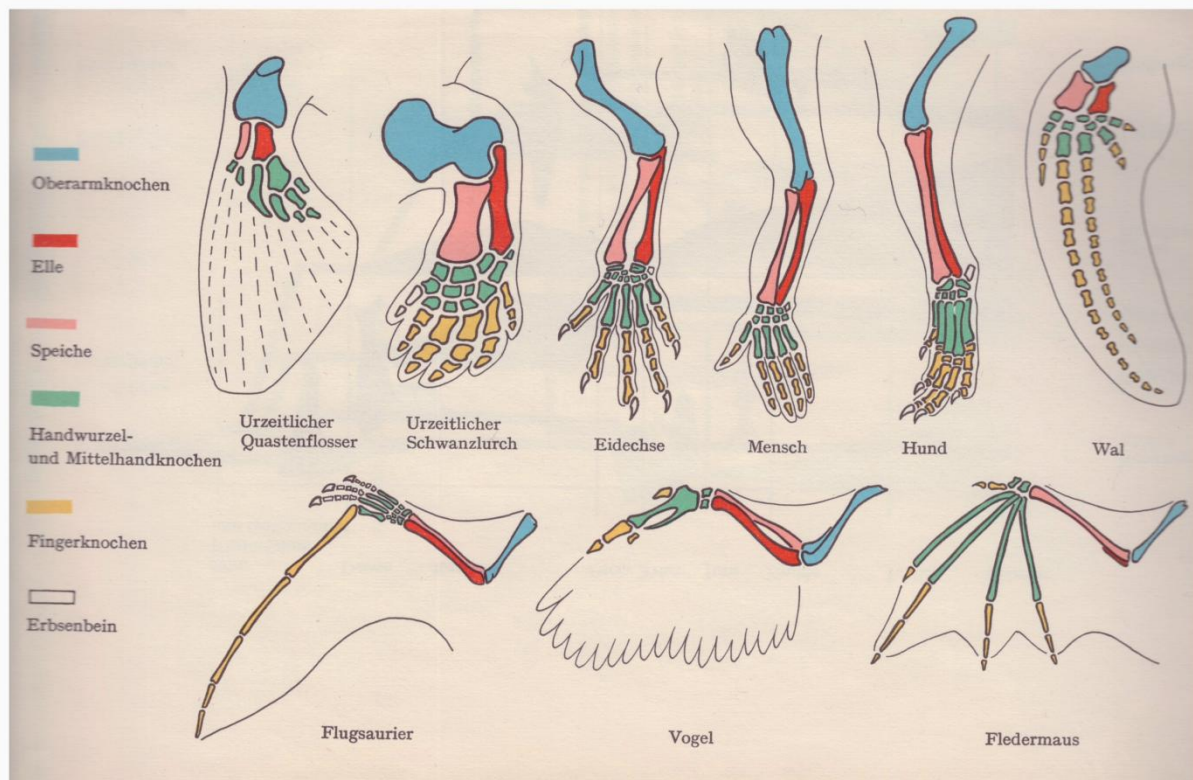
mittels Homologien kann man die Kleinschrittigkeit und das Anpassungs-Prinzip in der Evolution sehr gut belegen

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 (→ ). 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.



Q: commons.wikimedia.org (Carl Gegenbaur)



Vordergliedmaßen der Wirbeltiere  
aus: /11, Anhang 1/

weitere Beispiele:

Mundwerkzeuge bei den Insekten

Gehirne der Wirbeltiere

Schwimmlase der Fische und Lungen der Land-Wirbeltiere (beides Ausstülpung des Vorderdarms) (Übergangs-Glied sind die Lungenfische)(gelten als lebende Fossilien)

Lunge stammesgeschichtlich älter als Schwimmlase!

urprüngliche, einfache Organe werden im Laufe der Evolution komplexer und spezieller, behalten aber ihren grundsätzlichen Aufbau bei (ursprüngliche Elemente werden angepasst) 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 gebraucht 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 wahr

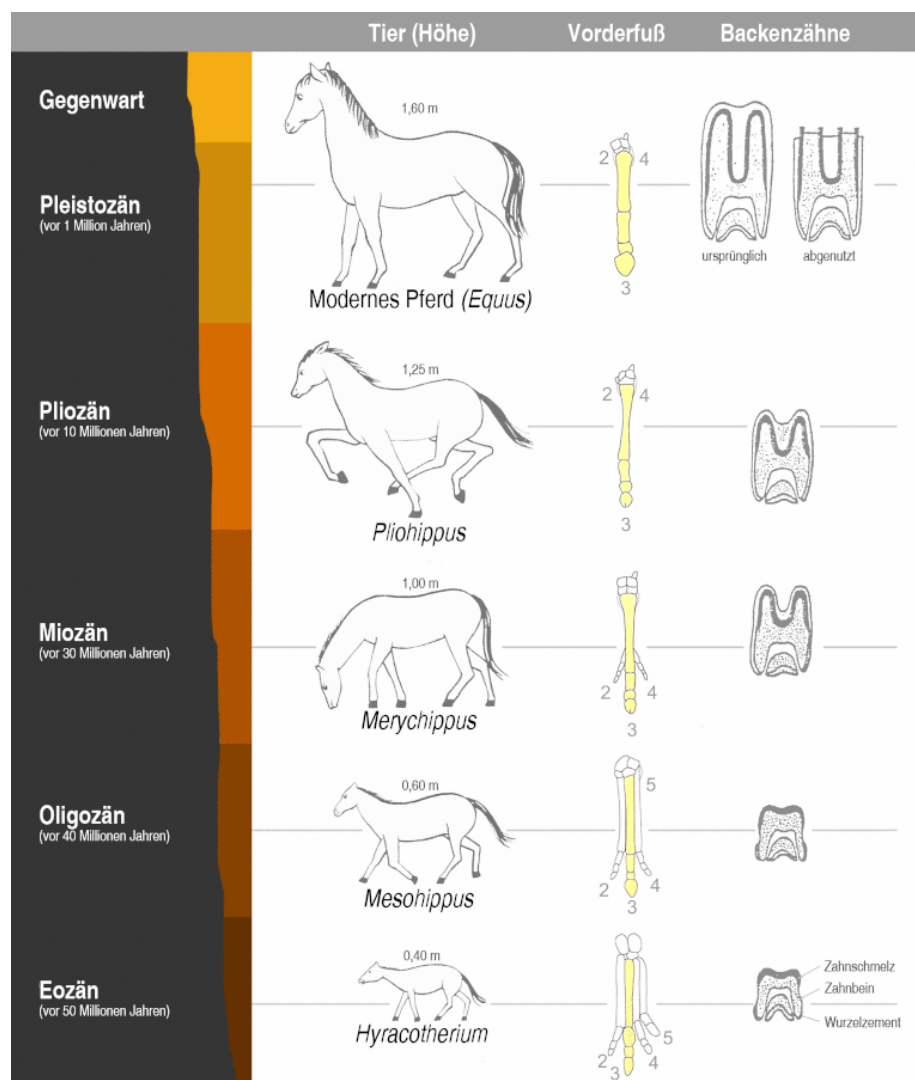
### Definition(en): Progression

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



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

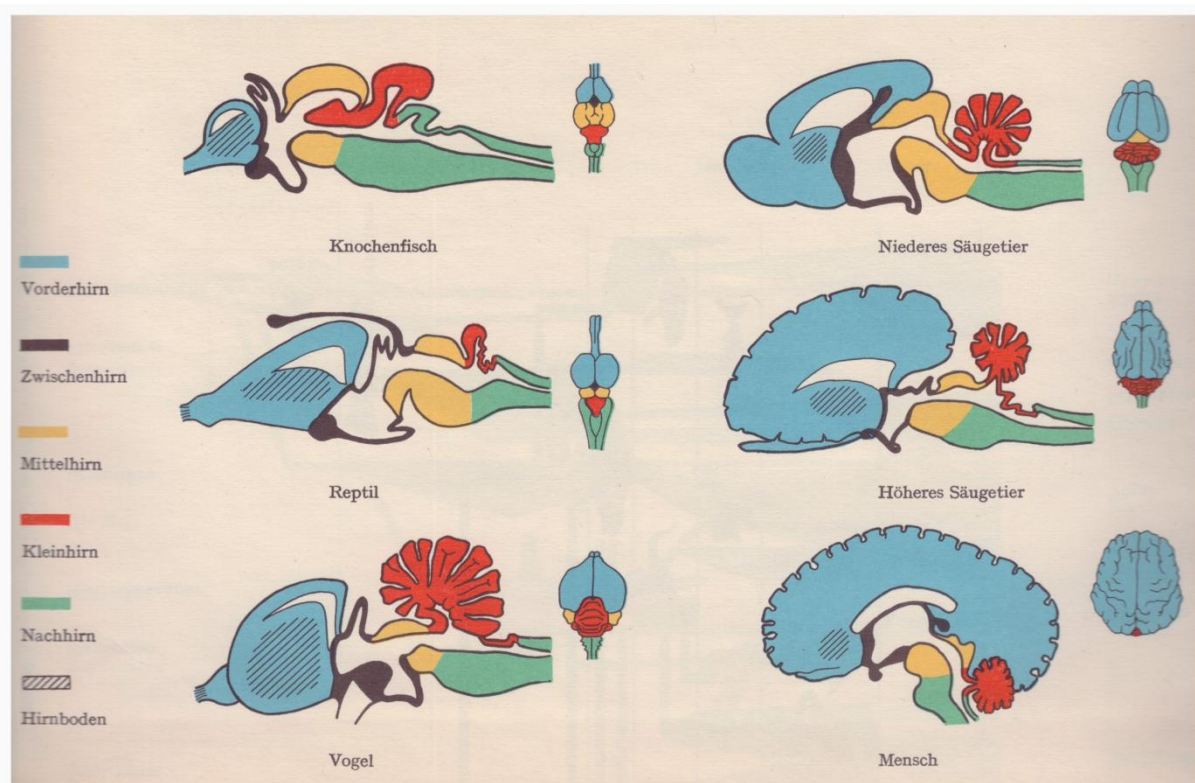
### Definition(en): Regression

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

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**

- |                                                                                              |                                                                                                                           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Kriterium der Lage</b></li></ul>                  | Homologie liegt dann vor, wenn vergleichbare Systeme im Gesamtsystem / Organismus an vergleichbarer Stelle liegen         |
| <ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Kriterium der Stetigkeit</b></li></ul>            | Homologie liegt dann vor, wenn zwischen vergleichbaren System stetige / kleinschrittige Übergangsformen auftreten         |
| <ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Kriterium der spezifischen Qualität</b></li></ul> | Homologie liegt dann vor, wenn bei komplexen System deren charakteristischen / bestimmende Elemente im Bau übereinstimmen |

### **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/bei:

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

bei Homologien sind i.A. zwei verschiedene Entwicklungsreihen möglich:

- Progressions-Reihen
- Regressions-Reihen

bei Progresions-Reihen beobachtet man eine Verfeinerung der Strukturen / Spezialisierung / Neuausrichtung der Funktion

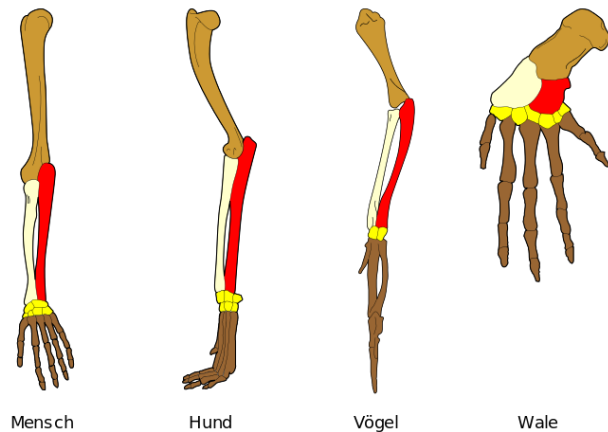
z.B. einfache Sack-Lunge (Lurche) → gekammerte Lunge (Reptilien) → Lunge mit Lungenbläschen (Säugetiere) → Vogel-Lunge

---

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 aus 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 (so weit 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

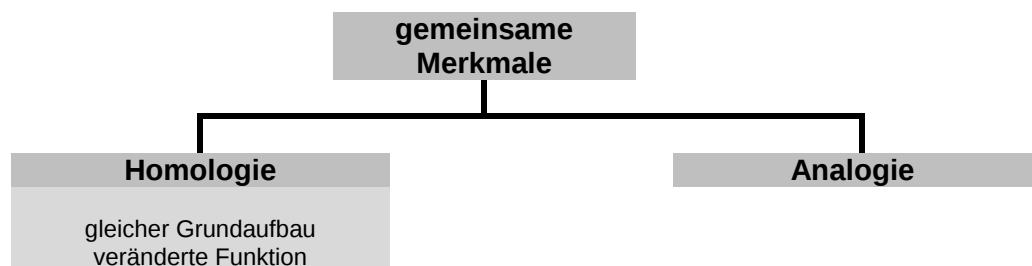
---

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



---

## 1.x.y. Analogien

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)

durch gleichgerichteten Selektionsdruck verursacht

bestimmte Funktionen erfordern konkrete Merkmale

so werden z.B. zum Fliegen leichte Knochen und große Auftriebs-Flächen gebraucht

bei den Flugsauriern 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 Flugfähigkeit in entfernt verwandten Gruppen  
(1 ... Flugsaurier; 2 ... Fledermaus; 3 ... Vogel)  
Q: de.wikipedia.org (John Romanes)

als weitere Beispiele für Analogien kommen infrage:

- Spindelform der Fische, Fische und vieler Wassersäuger
- flossige Bewegungs-Organen bei Fischen, Fischen und Wassersäufern
- Kaktus-Bautyp bei Echten Kakteen, Wolfsmilch-Gewächsen und einzelnen Korbblütlern ()
- Dornen / Stacheln: Spross-Dornen (Stachelbeere), Blatt-Dornen (Berberitze) und Stachel (Rose)
- Rank-Organen: 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 vergleichbare / 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.

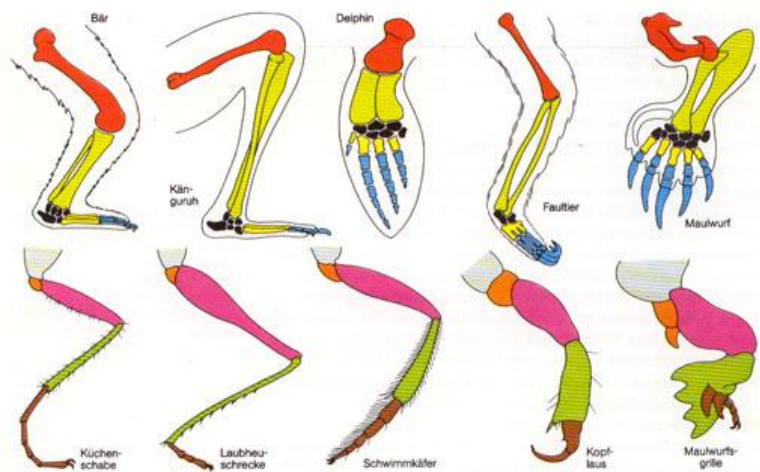
Manche Bildungen, Merkmale und / oder Funktionen in der Biologie machen den Eindruck einer Homologie, obwohl in stammesgeschichtlich frühzeitig getrennten Gruppen auftreten und auch anatomisch od.ä. nichts miteinander zu tun haben.

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.

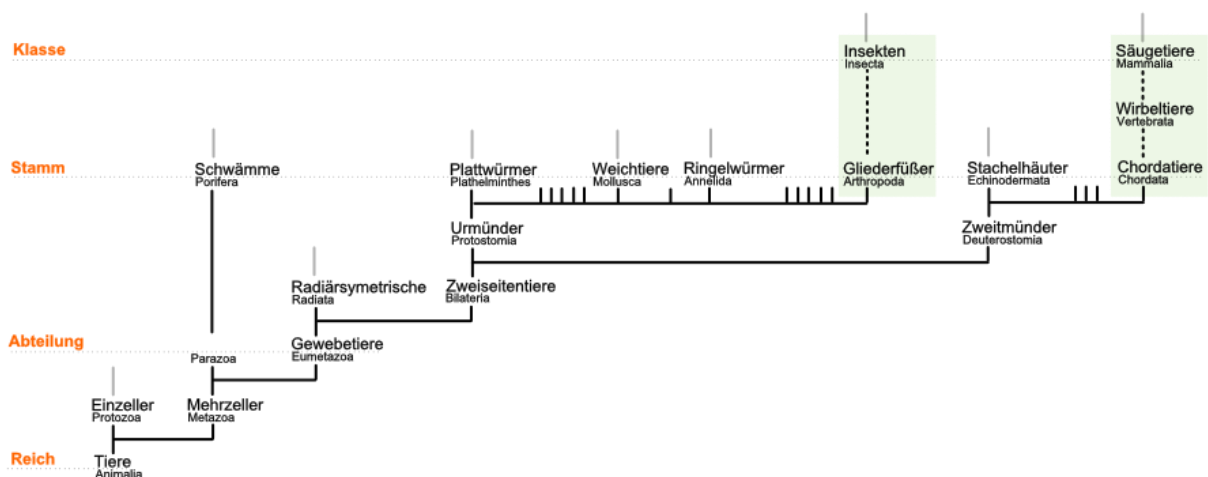
Scheinbar sind aber die Gliedmaßen in Oberschenkel, Unterschenkel, ev. Hand-ähnliche Strukturen und Finger gegliedert.

Diese Strukturierung ist aber wohl nur aus der hohen Praxis-Tauglichkeit (sprich: Anpasstheit) 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.



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



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.

### Definition(en): Konvergenz

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.

### Konvergenz bei Säugetieren

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

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

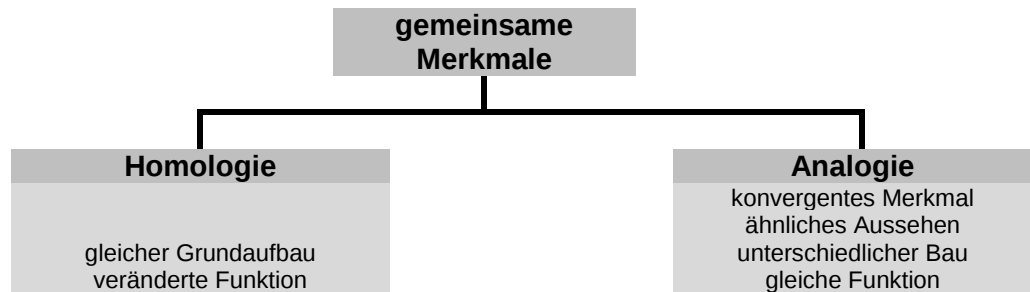
Kriterien für die Identifizierung von Homologien

- Lage im Organismus
- Feinbau / innere Struktur
- fossile Belege für gleiche Stammesgeschichte
- embryonale Struktur / Lage / ... des Merkmals
-

---

Identifikation der Polarität eines Merkmals notwendig (Evolution-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)



---

## 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.

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 passieren. 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.

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

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.

|                                                                                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Definition(en): Taxonomie (Taxionomie)</b>                                                                                                       |
| Taxonomie ist die Lehre / das Verfahren der Klassifizierung (→ Benennung) und Einordnung von Organismen in Gruppen (→ Systematisierung, Bestimmung) |
|                                                                                                                                                     |

|                                                                                                                                                      |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Definition(en): Systematik</b>                                                                                                                    |
| Systematik ist die Lehre / das Verfahren der Aufklärung von Verwandtschaft 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

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 *Mammillaria 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 kleingeschriebenen 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 *Escherichia 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.

| <b>Taxon (deutsch)</b> | <b>interne Abkürzung</b> |
|------------------------|--------------------------|
| Domäne                 | (D )                     |
| Reich                  | (R )                     |
| Abteilung              | (Ab )                    |
| Stamm                  | (S )                     |
| Klasse                 | (K )                     |
| Ordnung                | (O )                     |
| Familie                | (F )                     |
| Gattung                | (G )                     |
| Art                    | (A )                     |

| <b>Taxon (wissenschaftlich)</b> | <b>interne Abkürzung</b> |
|---------------------------------|--------------------------|
| 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 Systematiken 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

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 – verdeutlicht werden.

### Definition(en): Taxon (im Sinne der klassischen Taxonomie)

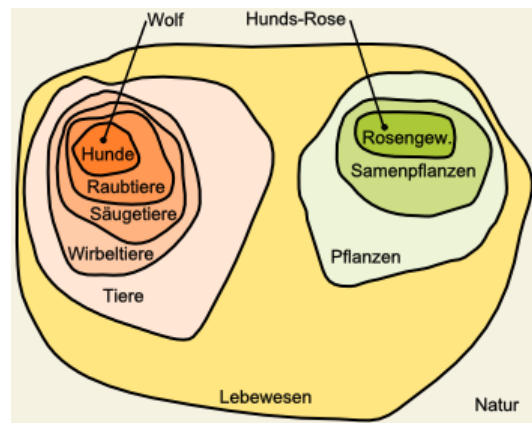
Ein Taxon – besser ein Formtaxon – ist eine aufgrund bestimmter Merkmale definierte Gruppe von Organismen, der ein Name und eine Niveau-Stufe zugeordnet wurde.  
Meist sind die Formtaxa nicht aufgrund stammesgeschichtlicher Merkmale oder Zusammenhänge gebildet.

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 Mengenbezogene Betrachtung der existierenden und ausgestorbenen Organismen / Arten ohne einen erdgeschichtlichen / evolutionären Entstehungs-Bezug



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

### 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, ungefedert .....                                                               | 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).                                                                                                                                                                              | <b>Ginkgo</b> - <i>Ginkgo</i> S. 107            |
| 1* | Bl nadel- od. schuppenfg. ....                                                                                                                                                                                                           | 2                                               |
| 2  | Bl (wenigstens z.T.) schuppenfg. (Abb 112/1). Bl gegenständig od. quirlig.                                                                                                                                                               |                                                 |
|    | <b>Zypressengewächse</b> - <i>Cupressaceae</i> S. 111                                                                                                                                                                                    |                                                 |
| 2* | Alle Bl nadelfg. ("Nadel") .....                                                                                                                                                                                                         | 3                                               |
| 3  | Nadeln weich, sommergrün, deutlich 2reihig. Im Herbst die benadelten Kurztriebe als Ganzes abfallend.                                                                                                                                    | <b>Sumpfyypresse</b> - <i>Taxodium</i> S. 111   |
| 3* | Nadeln derb, wintergrün, wenn sommergrün, 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). |                                                 |
|    | <b>Eibe</b> - <i>Táxus</i> 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                                                                                                                                    | <b>Wacholder</b> - <i>Juniperus</i> S. 112      |
| 5* | Nadel wechselständig od. 2- büschelig, oberseits nicht mit weißen Streifen. Zapfen holzig. Pfl 1häusig                                                                                                                                   | <b>Kieferngewächse</b> - <i>Pináceae</i> 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 .....           | <b>Schöllkraut</b> , <i>Chelidónium május</i> |
| -- b | Milchsaft weiß, Frucht eine kugelige oder keulenförmige Kapsel, die sich mit Löchern öffnet ..... | <b>Mohn</b> , <i>Papáver</i> 2                |
| 2 a  | Kapsel kahl; Abb. 40 .....                                                                        | 3                                             |
| -- b | Kapsel borstig behaart .....                                                                      | <b>Sand-Mohn</b> , <i>Papáver argemóne</i>    |
| 3 a  | Pflanze kahl; Gartenpflanze .....                                                                 | <b>Schlaf-Mohn</b> , <i>P. somniferum</i>     |
| -- b | Stängel und Blätter behaart .....                                                                 | <b>Klatsch-Mohn</b> , <i>P. rhoeas</i>        |

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

1" KfTs tief schwarz<sup>1)</sup> 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 gelbbrot, 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 äusserst schmal u. gleichmässig abgesetzten SRKante, Grundfarbe gelbbrot.

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 *Quark*  
s ... immer stimmlos  
v ... wie ein *w*

#### Vokal-Folgen:

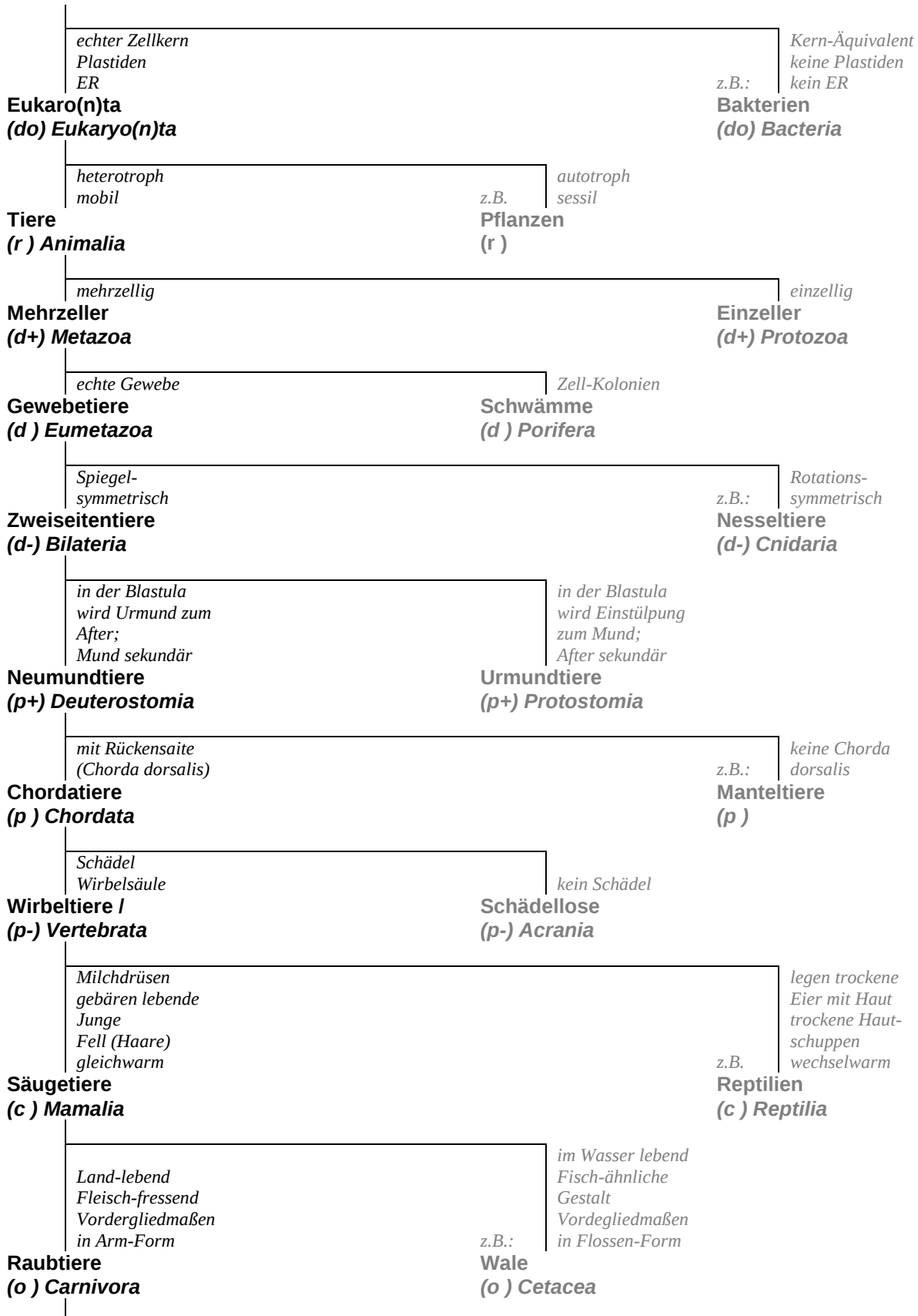
ae ... als *ei* (selten als *ä* )  
au ... wie in *Haus*

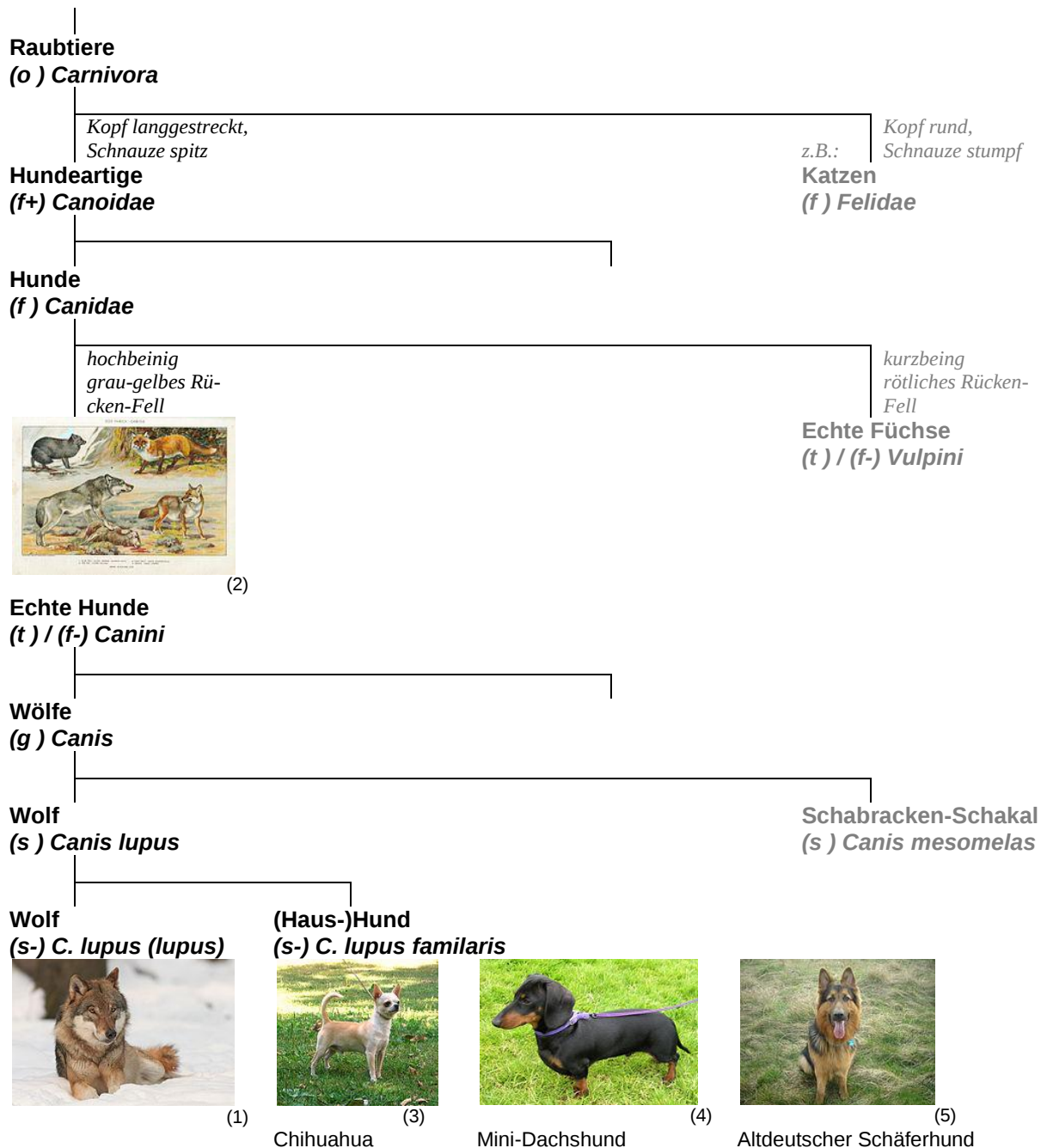
ei ... getrent als *e i* (selten *ej / eh*)  
eu ... kurzes *e* und kurzes *u* als eine Silbe  
oe ... wie *eu* in *Europa*

#### 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





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 Systematik

|                                                                                                                                                                                                      |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Definition(en): Kladistik</b>                                                                                                                                                                     |
| 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 vererbte Merkmale, später dann die resultierenden Proteine und dann die DNS-Rohdaten auch von nichtcodierenden Bereichen der DNS

|                                                                                                                                                         |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Definition(en): (Abstammungs-)System</b>                                                                                                             |
| 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 verschiedenen 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 jeweils immer nur einmal vorkommen

stellt eine historische (Abstammungs-bezogene) Abfolge der Organismen in der Zeit dar  
allerdings ohne eine Zeit-Skala

## Definition(en): Kladogramm

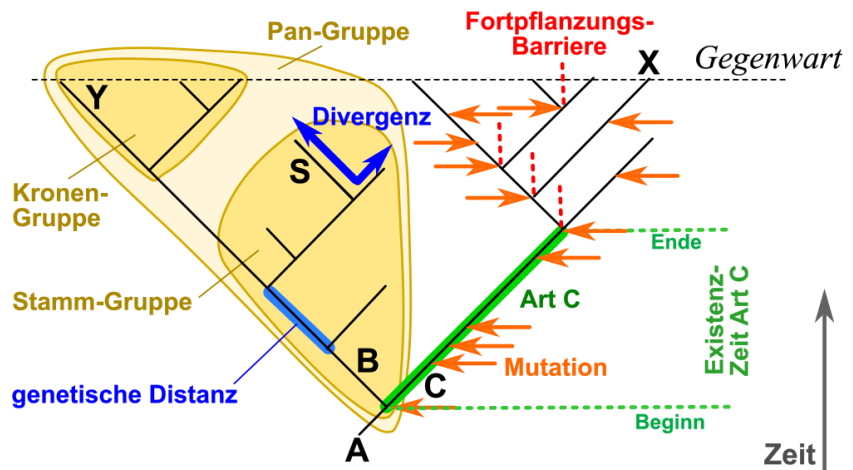
Ein Kladogramm ist ein Merkmals- und Reihenfolge-orientiertes Verzweigungs-Bild.

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.

Kronen-Gruppe und Stamm-Gruppe bilden zusammen die Pan-Gruppe.

monophyletische Gruppen beinhalten alle und ausschließlich die Arten, die einen gemeinsamen Vorfahren haben



Gruppen-Benennung und Begriffe in einem Kladogrammen

zur monophyletischen Gruppe (→ Monophyllum) gehören also eine Stammform und **alle** ihre Untergruppen alle tragen – ev. mehr oder weniger ausgeprägt – das gleiche taxonomische Merkmal

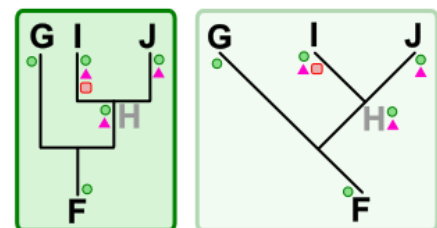
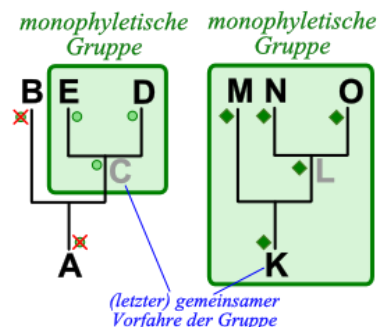
Sie werden auch geschlossene Abstammungs-Gemeinschaft genannt.

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 gar nicht eingezeichnet. Nicht bekannte oder noch nicht gefundene Arten (Zwischenformen usw.) sind grau notiert.

Ein vollständiges Kladogramm müsste natürlich auch die Merkmale in den Verzweigungs-Gruppen dokumentieren. Diese wurden im linken Beispiel-Kladogramm ergänzt. Für das Monophyllum sind sie aber ohne Bedeutung.

Rechts daneben die klassische Ast-Darstellung der gleichen monophyletischen Gruppe.



**Definition(en): Monophylum**

Ein Monophyllum 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.

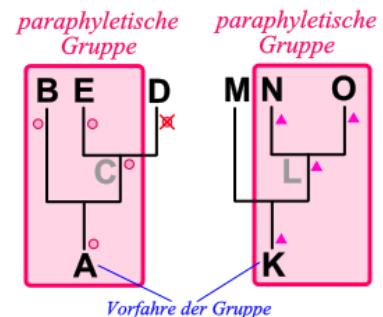
Die Stammform gehört ebenfalls mit in die monophyletische Gruppe hinein.

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)

paraphyletische Gruppen beinhalten einige – aber nicht alle Arten – die von einem gemeinsamen Vorfahren abstammen

die paraphyletische Gruppe (→ Paraphyllum) 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 Paraphyllum besteht aus einer Stamm-Art und einigen (nicht allen!) Nachkommen dieser Stamm-Art.

Ein Paraphyllum besteht niemals nur aus einer terminalen Gruppe.

**Definition(en): paraphyletische Gruppe**

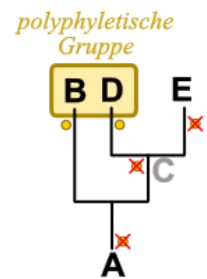
Eine paraphyletische Gruppe ist eine offene Gruppe von Organismen und stammesgeschichtlich zusammengehörenden Gruppen, die alle von einer Stammform abstammen, es aber einzelne Gruppen gibt, die nicht (mehr) das Charakteristikum der Gruppe tragen.

polyphyletische Gruppen enthalten Arten oder Untergruppen, die kei-

---

nen gemeinsamen Vorfahren mit dem betrachteten Merkmal besitzen

Eine solche – fast immer künstliche – Gruppe wird Polyphyllum 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.

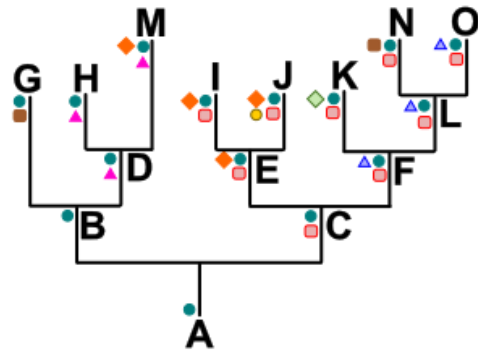
Eine polyphyletische Gruppe hat keine gemeinsame Stammform.

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 Kladogramms 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:

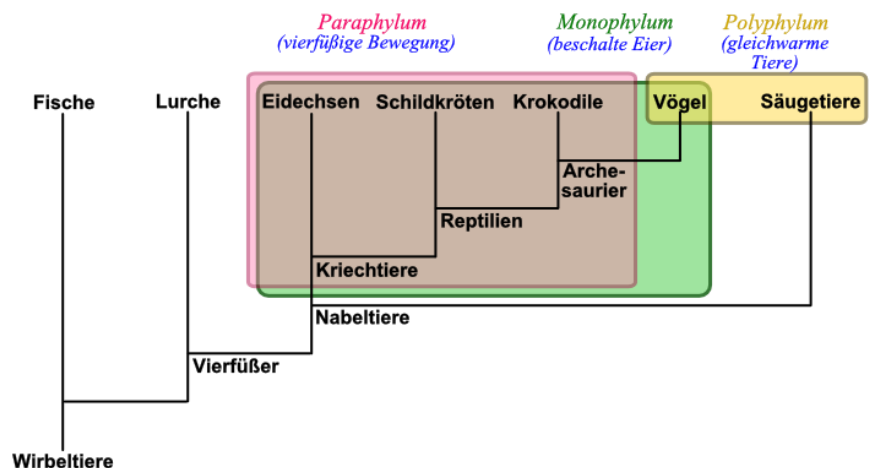
1. Ist der Zweig ab **B** eigentlich eine paraphyletische Gruppe hinsichtlich des Merkmals "lila Dreieck"? Erläutern Sie Ihren Standpunkt!
2. Finden Sie weitere paraphyletische Gruppen? Begründen Sie!

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 Ihnen 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!

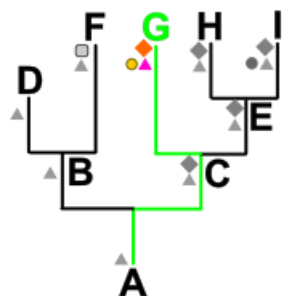
In der biologischen Praxis sieht ein Stammbaum (ausgewählter Wirbeltiere) mit beispielhaften Mono-, Para- und Poly-Phylum dann wie nebenstehend aus:  
Die klassifizierenden merkmale sind in blauer Schrift angegeben.



### Aufgaben:

1. Finden Sie im Stammbaum der Wirbeltiere weitere monophyletische Gruppen? Geben Sie das / ein charakterisierende 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



Taxon betrachtet die Entwicklung quasi zurück von der Organsimengruppe 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**

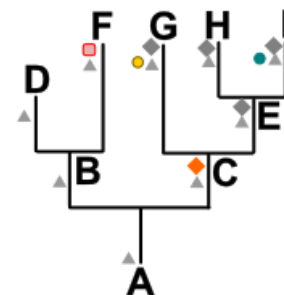
Eine Klade ist eine monophyletische Gruppe.

Eine Klade ist der gesamte Zweig eines natürlichen Stammbaums.

**Definition(en): Kladogenese**

Kladogenese (Cladogenese) ist die Merkmals-Verzweigungs-Geschichte (Entwicklungsgeschichte) 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-Organen (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)

|                                                                                                                      |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Definition(en): apomorphes Merkmal</b>                                                                            |
| 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

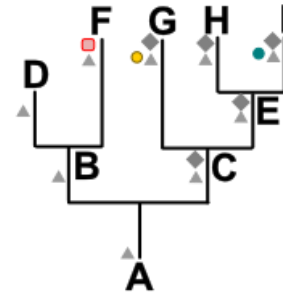
im Speziellen werden Merkmale, die bei einer einzelnen Art (terminales Taxon) neu vorkommen als autapomorph charakterisiert

Die Apomorphien werden in die Autapomorphien 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



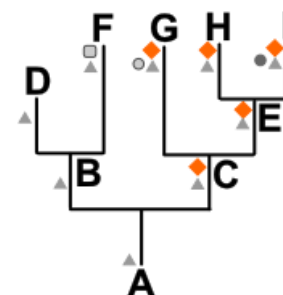
### **Definition(en): autapomorphes Merkmal**

Ein autapomorphes Merkmal ist ein apomorphes Merkmal, was nur für eine einzelne Art / ein End-Taxon charakteristisch ist.

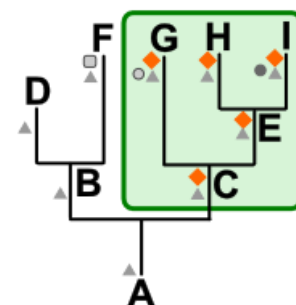
synapomorphe Merkmale sind neu hinzugekommene (= apomorphe) Merkmale, die für mehrere Schwestern-Taxa zutreffen

Beispiele (für Synapomorphien):

- Nichtvorhandensein von Milchdrüsen an Brust oder Bauch bei Fischen, Lurchen, Kriechtieren und Vögeln (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.

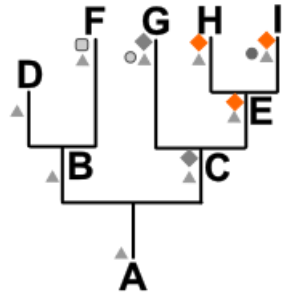
Ein synapomorphes Merkmal ist das Charakteristikum einer monophyletischen Gruppe.

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 Schwestern-Taxonen vorkommt.

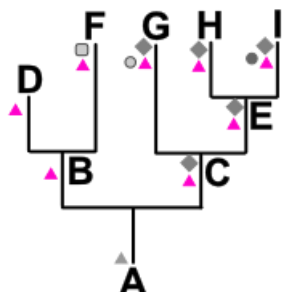
Plesiomorphe Merkmale sind ursprüngliche Merkmale, die in bestimmten (älteren) Kladen vorhanden, in anderen (neueren) dagegen nicht (mehr).

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



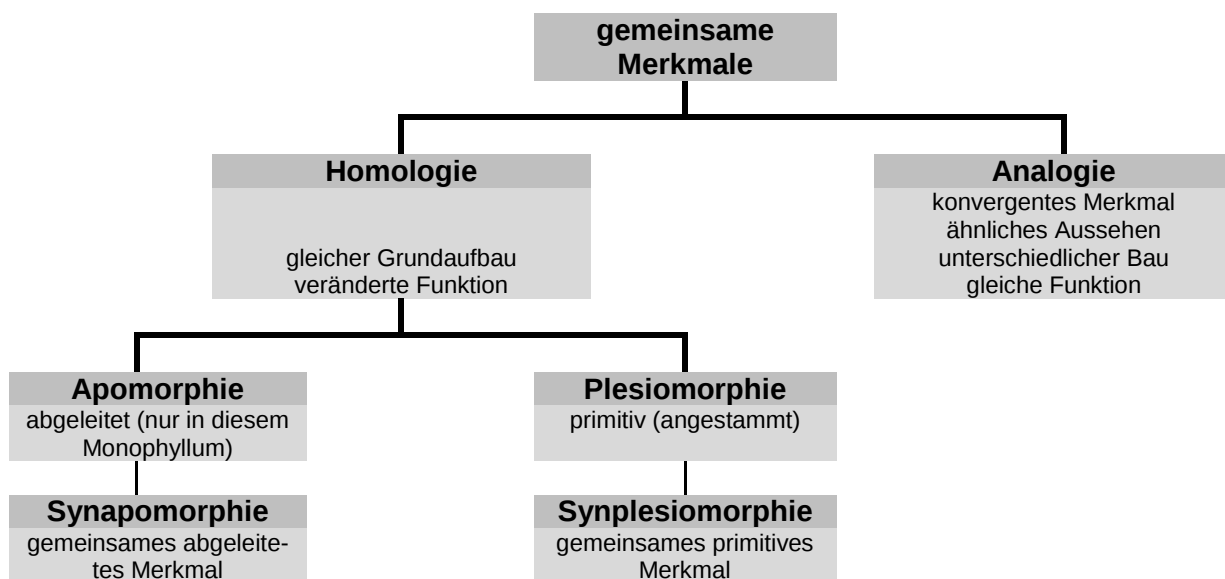
---

**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.

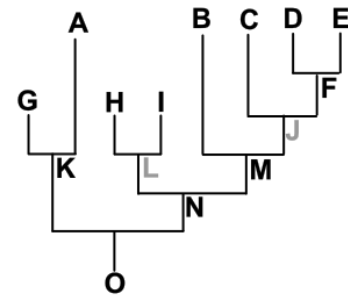
durch Zusammenfassung von Taxa, die sich durch symplesiomorphe Merkmale charakterisieren lassen, erhalten wir paraphyletische Gruppen (also eine Gruppe, die einzelne Untergruppen aber nicht beinhaltet)



|                            | <b>klassische Form-Taxonomie</b>                                          | <b>Kladistik</b>                                                                                                    |  |
|----------------------------|---------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| <b>Gemeinsamkeiten</b>     | Form der Systematik                                                       |                                                                                                                     |  |
|                            | Merkmals-basierte Unterscheidung der Taxa                                 |                                                                                                                     |  |
|                            | Ordnungs-Systeme (für die Vielfalt der Organismen)                        |                                                                                                                     |  |
|                            | Benennung von Gruppen                                                     |                                                                                                                     |  |
|                            | ähnliche / gleiche Gruppen / Gruppierungen                                |                                                                                                                     |  |
|                            |                                                                           |                                                                                                                     |  |
| <b>Unterschiede</b>        |                                                                           | zeitliche Reihenfolge                                                                                               |  |
|                            | Taxa ausschließlich Merkmals-basierte Zuordnung                           | Taxa sind Merkmals-Gruppe (Monophyllum) mit ihrer Entwicklungs-Geschichte (Verzweigungs-Geschichte (Cladogenese))   |  |
|                            | vorrangig morphologische Merkmale zur Unterscheidung der Gruppen          | vorrangig genetische Merkmale (Allele) zur Unterscheidung der Gruppen<br>++ 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<br>Verwandschaft nur bedingt abgebildet | bildet Evolution sehr genau ab<br>Verwandschaft bildet wesentliche Basis                                            |  |
|                            | Homologien und Analogien                                                  | Monophyllie und Polyphyllie                                                                                         |  |
|                            | Art-Benennung<br>binäre Nomenklatur                                       |                                                                                                                     |  |
|                            | Mehrfach-Verzweigungen 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                                                                                                        |  |
| <b>Begründer Vertreter</b> | LINNE                                                                     | HENNIG                                                                                                              |  |

## Aufgaben:

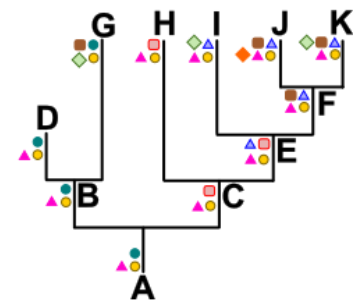
- 1.
- 2.
3. Durch langjährige Forschung konnte der nebenstehende Stammbaum abgeleitet werden. (Grau notierte Arten sind noch nicht nachgewiesen worden, existieren aber als theoretische Übergangsform.) Beurteilen Sie, ob es sich bei den nachfolgenden Gruppen jeweils um mono-, para- und / oder poly-phyletische Gruppen bzw. keine phyletische Gruppe handelt!



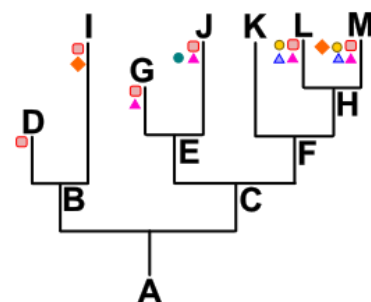
- |                  |                        |
|------------------|------------------------|
| a) A, G, K       | b) C, D, E             |
| d) L, M, N       | e) B, C, D, E, F, J, M |
| g) O, M          | h) A, B, C, ..., O     |
| j) B, C, E, F, M |                        |

- c) H, I, L  
f) A, E, I  
i) M

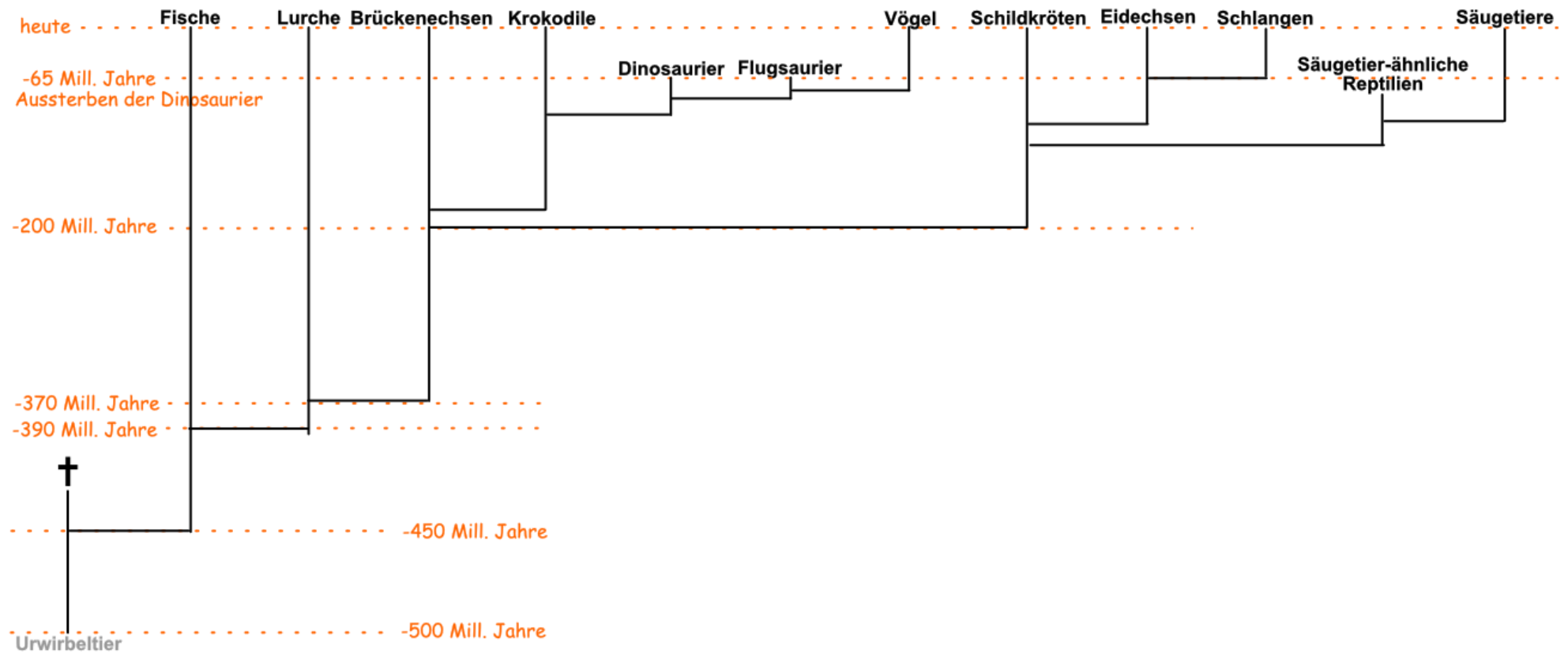
4. Nebenstehender Stammbaum stellt die Merkmals- und Verwandtschafts-Beziehungen einer Organismen-Gruppe dar. Suchen Sie mindestens drei monophyletische, eine paraphyletische und eine polyphyletische Gruppe heraus!
5. Könnte der Stammbaum auch als Kladogramm durchgehen? Begründen Sie Ihre Meinung!
6. Wer findet die meisten phyletischen Gruppen? für die gehobene Anspruchsebene:



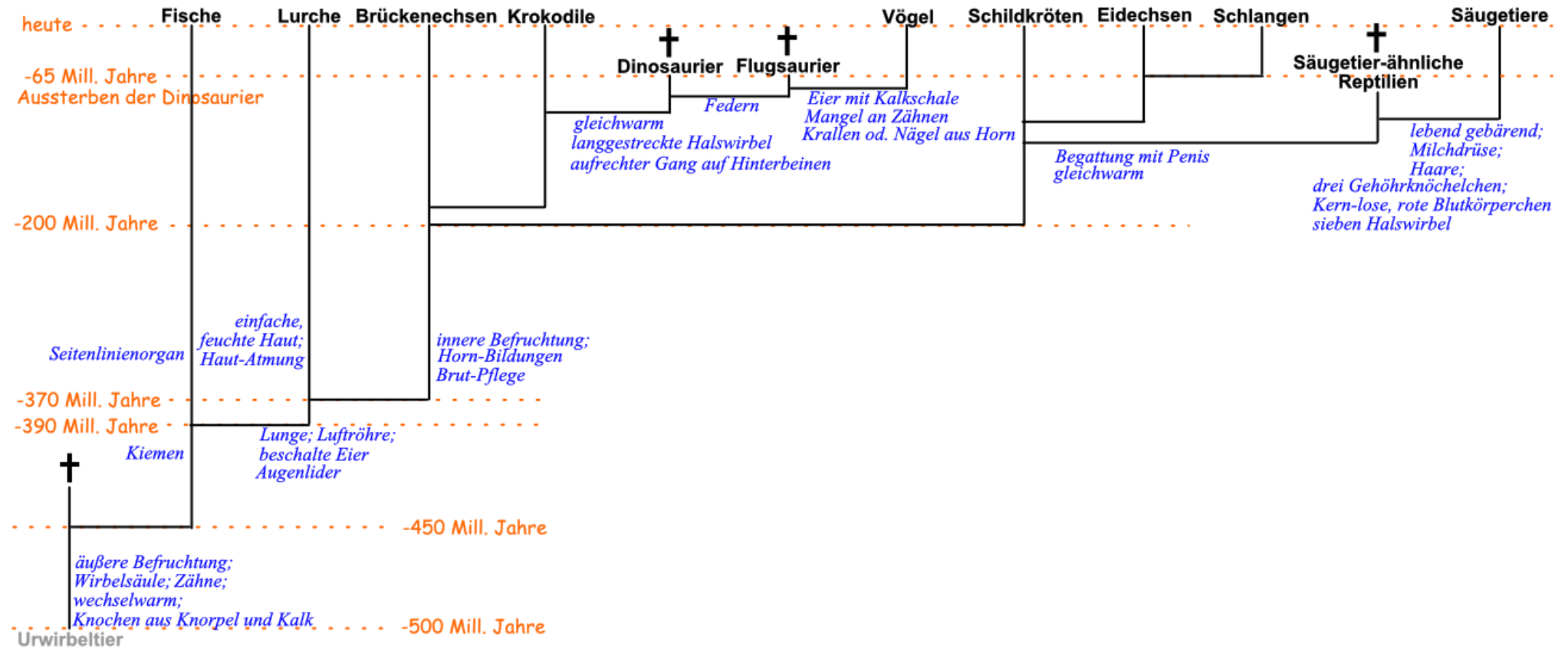
7. Zeigen Sie Apo-, Synapo-, Autapo-, Plesio- und Symplesio-Morphien auf! Begründen Sie das Vorhandensein bzw. Nichtvorhandensein der entsprechenden Merkmale für die gefragten Morphien!
8. Ein Forscher hat nebenstehendes Kladogramm veröffentlicht! Handelt es dabei wirklich um ein Kladogramm? Rekonstruieren 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!



## Beispiel-Kladogramm (Welche Merkmale dienen der Unterscheidung / Einteilung / Verzweigung)



## Beispiel-Kladogramm (mit ausgewählten Merkmalen)



## 1.x.y.y. Erstellen von Stammbäumen / Dendrogrammen

Verzweigungen stehen für Vorfahren bzw. die nächsten gemeinsamen Vorfahren

Pfadlänge steht für die (geschätzte) Zeit

Abstimmung / Eichung über verschiedene (möglichst unabhängige) Dateierungs-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)

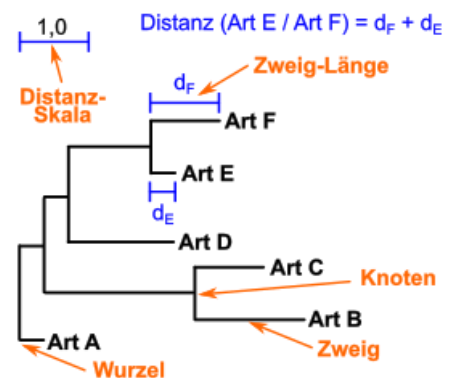
die Kantenlänge steht die Zeit oder für die Anzahl von Veränderungen (die dann wieder in Zeit uminterpretiert werden)

### **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 |

man bildet den Mittelwert (hier ) und ordnet sie einem gemeinsamen Cluster / einer gemeinsamen Gruppe / einem gemeinsamen Zweig zu

| Distanz | 11 | 9 | 9 | 11 |
|---------|----|---|---|----|
|---------|----|---|---|----|

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

| Methode                                                              | Daten-Art         | Vorteile Plus-Punkte                  | Nachteile Minus-Punkte |
|----------------------------------------------------------------------|-------------------|---------------------------------------|------------------------|
| <b>Clustering</b>                                                    |                   |                                       |                        |
| NJ .. Neighbor Joining<br>(Nachbarn-Zusammenfügung)                  | Distanzen         | schnell<br>auch für große Datenmengen | nur 1 Baum             |
| <b>Baumsuch-Verfahren</b>                                            |                   |                                       |                        |
| Prinzip der einfachsten Erklärung<br>(MP .. Maximum Parsimony)       | diskrete Merkmale | schnell<br>auch für morpholog. Daten  | nicht für DNA          |
| Prinzip der größten Wahrscheinlichkeit<br>(ML .. Maximum Likelihood) |                   | Modelle für Sequenz-Evolution         | großer Rechenaufwand   |
|                                                                      |                   | schnell                               | Verlässlichkeit        |

|                            |  |                        |             |
|----------------------------|--|------------------------|-------------|
| (BI .. BAYESian Inference) |  | auch für Sequenz-Evol. | überschätzt |
|                            |  |                        |             |

nach Q: [http://www.eco.ethz.ch/education/lectures/701-0245-00/hs10/701-0245-00\\_S13.pdf](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" Mutationen 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

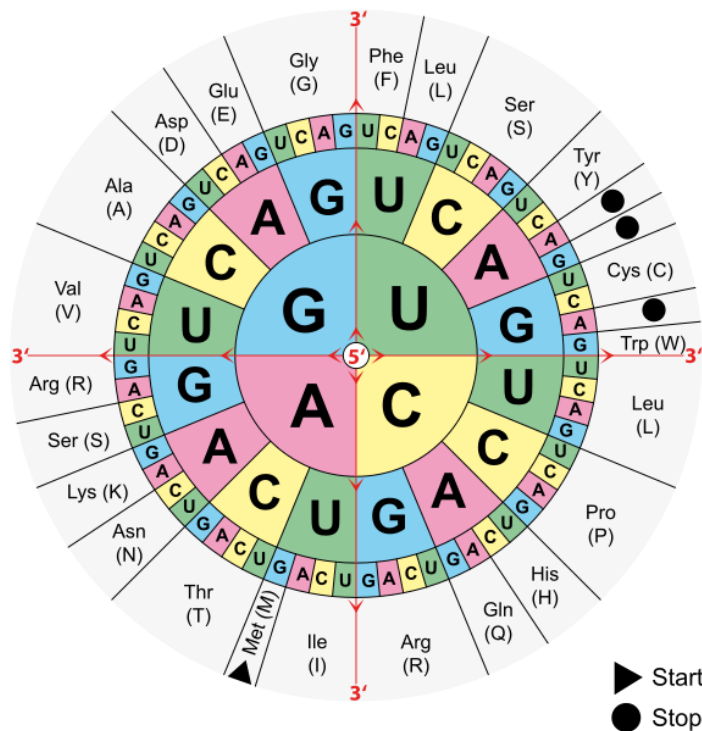
zum Berechnen wird eine Wahrscheinlichkeits-Funktion (likelihood function) benutzt.

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 (→ Wobble-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 Nukleotide 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- ; 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 zur 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 – Wahrscheinlichkeits-Verfahren

## **NJ .. Neighbor Joining**

Zusammenführung / Vereinigung von Nachbarn

mathematisches Verfahren, um aus dem Vergleich von Datensätzen eine bifurcale (zweigablige) Hierarchie zu entwickeln

basiert auf dem "Minimum Evolution"-Kriterium

Algorithmus

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 eingearbeitet sind

### Schritt 0: Distanz-Tabelle aufstellen

Berechnung der durchschnittlichen Distanzen über die Netto-Divergenz

N = 5

|   |    |    |    |    |    |  |
|---|----|----|----|----|----|--|
|   |    | j  |    |    |    |  |
| d | A  | B  | C  | D  | E  |  |
| 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

- **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 2: 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

$$v_{i,u} = \frac{d_{i,j} + r_i - r_j}{2} \quad v_{j,u} = \frac{d_{i,j} + r_j - r_i}{2} = d_{i,j} - v_{i,u}$$

für die Beziehung B und D zum neuen Knoten

$$v_{B,BD} = \frac{1 + 15,56 - 11,11}{2} = 2,725 \quad v_{D,BD} = \frac{1 + 11,11 - 15,56}{2} = 1 - 2,725 = -1,725$$

Hinzufügen der neuen Gruppe BD in die Distanz-Matrix (hier: grünlich hinterlegt)

| 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  |

Entfernen der bearbeiteten Objekte (hier: B und D) aus der ursprünglichen Distanz-Matrix (hier: rötlich hinterlegt)

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 |    |

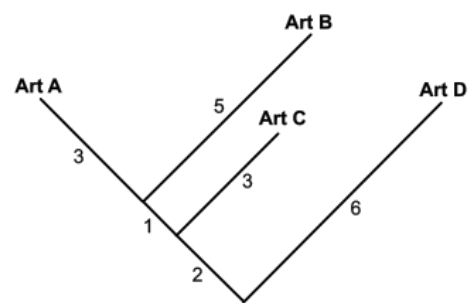
---

|    |    |    |    |   |
|----|----|----|----|---|
| 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, umso weniger Abschnitte können sich komplementär anordnen.

Zum Bestimmen des Hybridisierungs-Grades nutzt man aus, dass die Anzahl der Wasserstoff-Brücken zwischen den Nukleotiden die Schmelz-Temperatur (Trennungstemperatur (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.

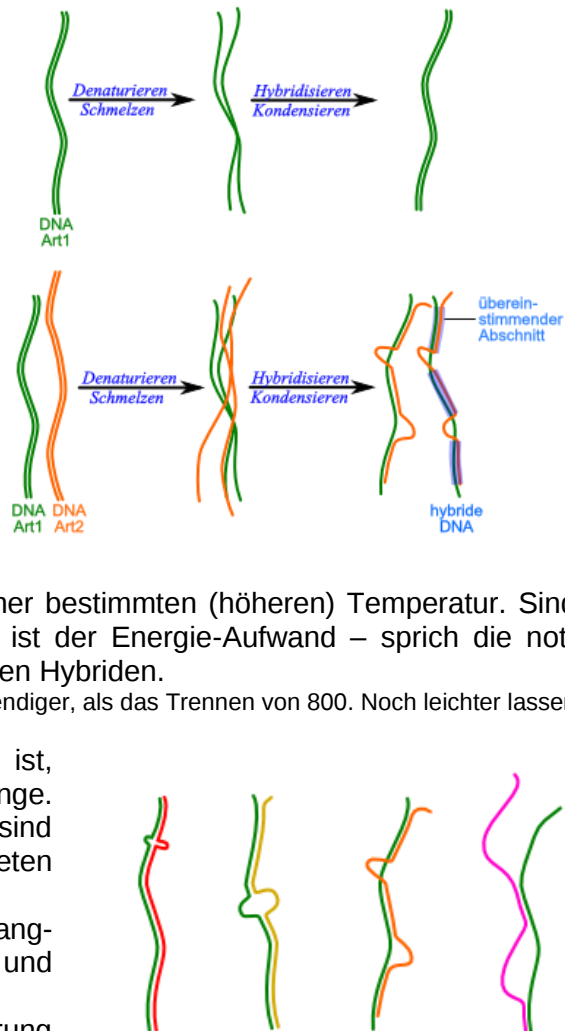
Die Trennung von z.B. 1'000 Wasserstoff-Brücken ist aufwendiger, als das Trennen von 800. Noch leichter lassen sich dann 300 Wasserstoff-Brücken auflösen.

Je größer also der Temperatur-Unterschied ist, desto 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 DNA-Hybridisierung immer mehr in den Hintergrund.

Sie ist aber als historische und sehr einfache Prinzip-Methode immer noch von Interesse.

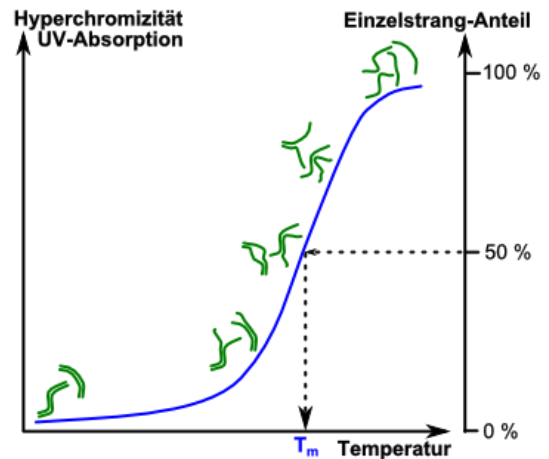


### 1.x.y.y.1. spezielle Details zur DNA-Hybridisierung

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 % dehydr.) 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 wurden die Schmelztemperaturen ( $T_m$ ) von 66,7 °C und 73,9 °C festgestellt. Welche Aussagen können Sie aus diesen Messwerten ableiten? Erklären Sie ausführlich!
- 3.

## 1.x.y. Stammbäume

### 1.x.y.1. klassische Stammbäume

Darstellung der Verwandtschafts-Beziehungen, klassisches Baum-Diagramm mit verschiedenen Verzweigungsmöglichkeiten (dichotom, trichotom, ...); können / sind frei gemischt

Verzweigungen bilden oft reale Verwandtschaften / Abhängigkeiten / Vorgeschichten ab typisch hierfür sind die Familien-Stammbäume (→ [Genetik](#))

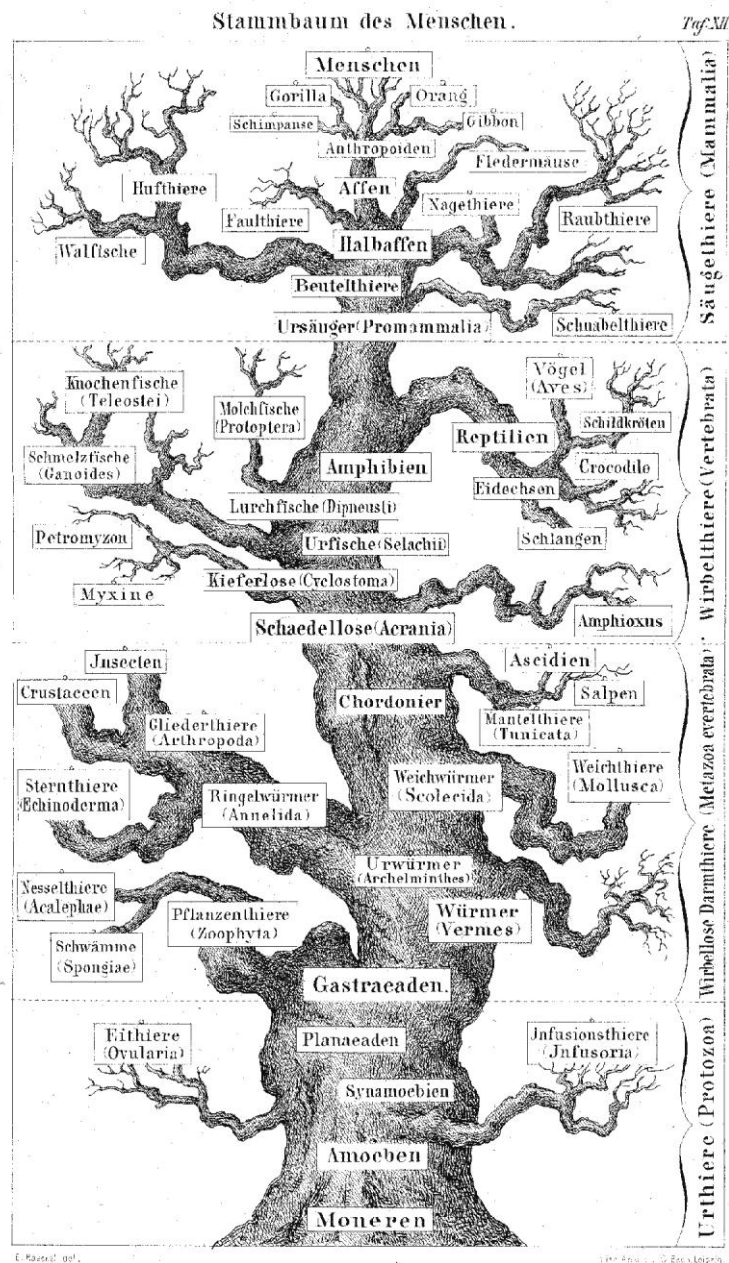
es lassen sich aber auch Stammbäume aufgrund theoretischer oder angenommener Beziehungen aufstellen

klassischer Stammbaum von HAECKEL basiert vorrangig auf morphologischen Merkmalen

verwendet wurden die von LINNÉ definierten Organismen-Gruppen

Später kamen dann anatomische und immer weitere Merkmale hinzu. Dadurch kam es mehrfach zu Umorganisationen des Baum's, da nun die Verwandtschafts-Beziehungen genauer erkannt werden konnten.

Diese unvermeidliche Dynamik ist ein Grund sich nach einem noch besser geeigneten Klassifizierungs-Verfahren umzusehen. Dabei sollen die wahren Abstammungs-Verhältnisse möglichst gut dargestellt werden.

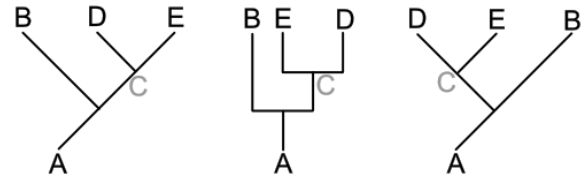


Stammbaum des Menschen nach HAECKEL (1874)  
Q: de.wikipedia.org

### 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 sind dichotom, d.h. es gibt immer (nur) zwei Äste bzw. Blätter (am Ende der Verästelung). Die Zweige werden wissenschaftlich als Kladen bezeichnet.



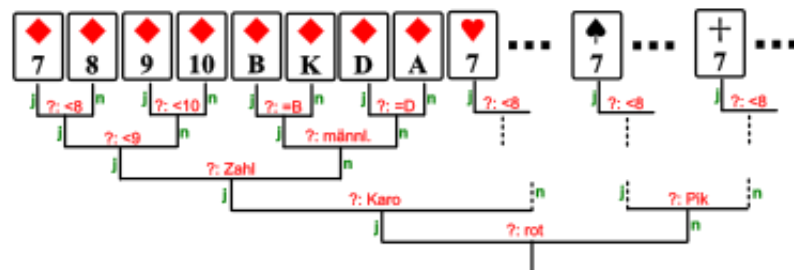
verschiedene Kladogramm-Darstellungen

In der Grundform sind die Verzweigungen nicht gewichtet, d.h. man kann aus dem Fakt der Verzweigung nicht auf die Stärke des Unterschieds 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.

### 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. *Gegeben ist das nachfolgende Kladogramm rezenter Wirbeltier-Gruppen. Ordnen Sie die nachfolgenden Merkmale bestimmten Zweigen zu!*
4. *Kann man eigentlich von einem klassischen deutschen Spielblatt ein Kladogramm erstellen? Wenn JA, dann stellen Sie es auf, wenn NEIN, dann begründen Sie, warum dies nicht möglich ist!*

---

### **1.x.y.3. moderne taxonomische Stammbäume**

### **1.x.y.4.3. immunologische Stammbäume**

Präzipitine sind lösliche Antikörper gegen Art-fremde Eiweiße, in Lösungen kommt es sofort zu Ausfällungs-Reaktionen (Denaturierungen); geht man davon aus, dass nahe verwandte Arten relativ ähnliche Antikörper haben, dann kann man besonders starke Fällungen erwarten

Stärke der Fällung wird als Maß für die Verwandtschaft interpretiert und aus den Daten mehrerer Antigen-Antikörper-Reaktionen dann Stammbäume (Cladogramme) abgeleitet

### 1.x.y.4.3.1. Serum-Präzipitin-Test

Der (Serum-)Präzipitin-Test ist historischer Test. Er gehört zu den immunologischen Tests (Antikörper-Tests) 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 Antigenen und Antikörper – 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 letztendlich 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.

Die unterschiedliche Bindungs-Stärke ergibt sich aus der unterschiedlichen Passung der Antikörper zu verschiedenen (vergleichbaren) Antigenen.

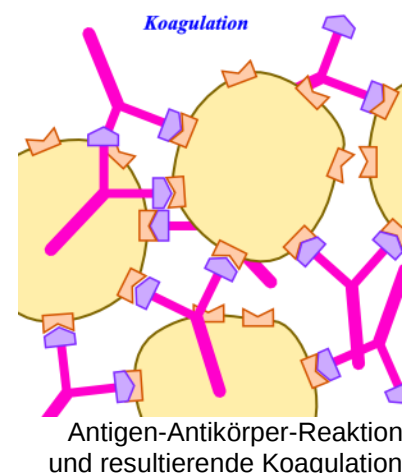
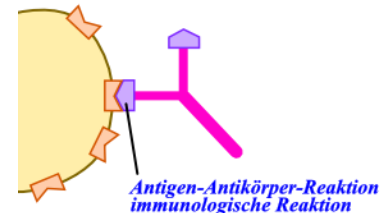
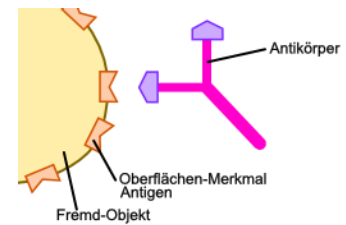
Die Antikörper bestehen aus zwei Domänen. Das ist zum Ersten die Y-förmige Träger-Domäne. Sie ist Art-spezifisch. Kaninchen bilden z.B. ein bestimmtes Träger-Protein, Mäuse ein etwas anderes. Das Träger-Protein ist auf der Art-eigenen DNA kodiert. Alle Träger-Domänen sind also für eine Art immer gleich. In der nebenstehenden Abbildung soll das durch die verschiedenfarbigen Y-Strukturen gezeigt werden.

An den Verzweigungs-Enden befinden sich die Wirk-spezifischen Anteile.

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.



|              |        | Wirt / Träger |      |
|--------------|--------|---------------|------|
|              |        | Kaninchen     | Maus |
| Fremd-Körper | Pferd  |               |      |
|              | Frosch |               |      |

Art- und Wirk-spezifische Anteile von Antikörpern

### Aufgaben:

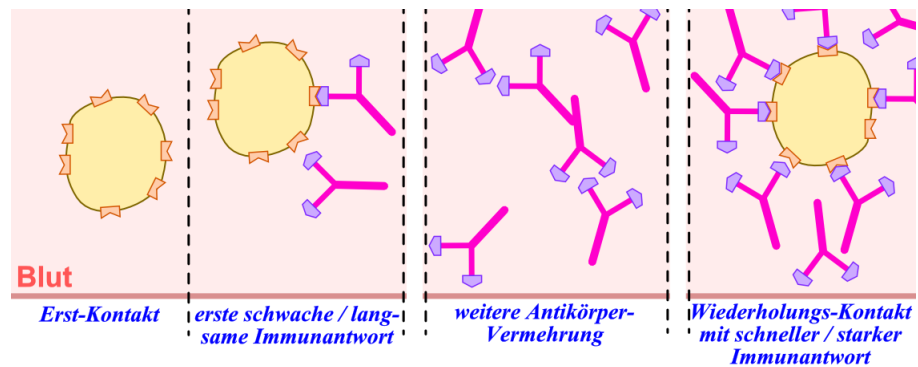
1. *Skizzieren Sie jeweils eine mögliche Formen für die Pferd- und Frosch-Antigene!*
2. *Erweitern Sie die Tabelle bei den Wirten / Trägern um die Art Esel und bei den Fremd-Körpern um die Art Sperling (Spatz)! Überlegen Sie sich die fehlenden Modell-Bilder für die Anti-Körper!*

### 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 Immunantwort ist meist relativ langsam / schwach.

Nachdem die Antikörper andockt 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 Kaninchenblut 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 werden 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 Verwandtschaft 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 Verwandtschafts-Test wird Serum von Tieren, deren Verwandtschaft 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.

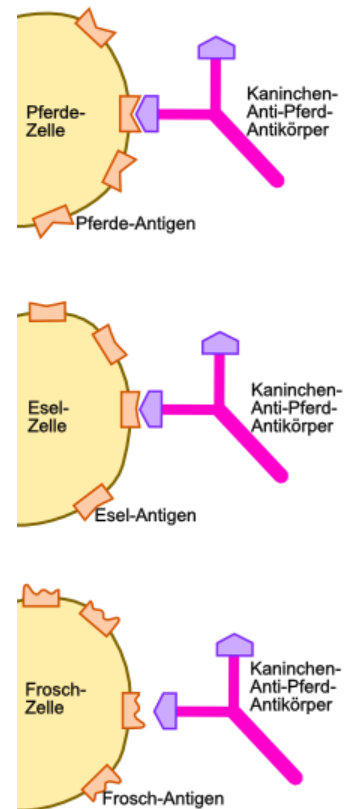
Dadurch fällt die Bindung und Ausfällung auch nicht so stark aus. Sind Antigen und Antikörper wegen starker Abweichung (völlig fehlender oder geringer Verwandtschaft) kaum passend zueinander, erfolgt auch nur eine schwächere Koagulation.

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 Verwandtschaft-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.

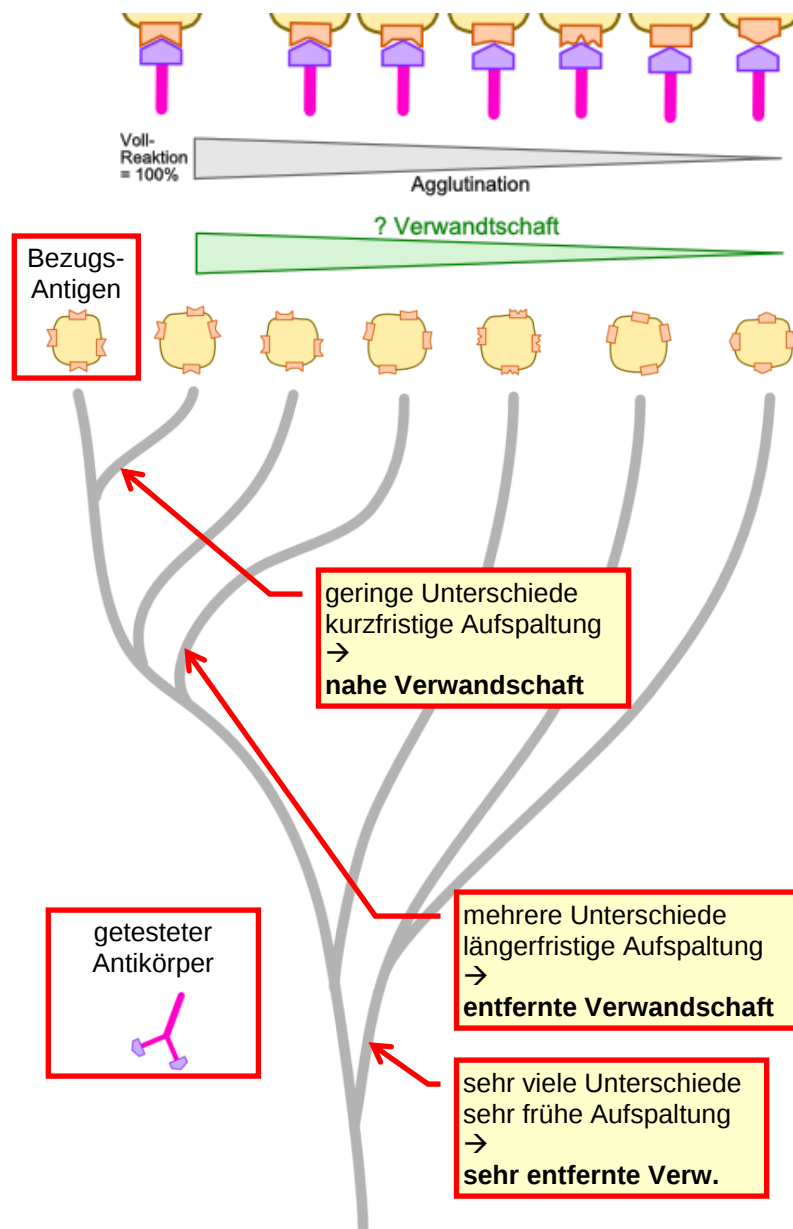
Das Test-Ergebnis ist immer nur eine Aussage zum Verwandtschafts-Verhältnis der zwei untersuchten Arten – bzw. deren prozentualer Passung von Antigen und Antikörper.



| 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 (Quartär-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 Agglutination 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 Verwandtschaft, 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.

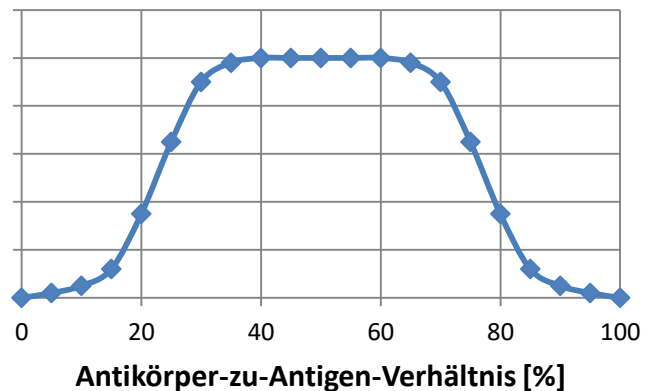
Dadurch kommt es ebenfalls nicht zur erwünschten sichtbaren Ausfällung.

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 Lasagne (Lebensmittelskandal im Jahr 2013)).

**Ausfällung**



### Aufgabe:

1. Skizzieren Sie sich obiges Diagramm ab und zeichnen Sie die Ausfällungskurve 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 Erbmateriale)

angenommene / ermittelte Mutations-Häufigkeit  
1 AS nach 21 bis 25 Mio. Jahre geändert (neutrale oder positive Mutation)

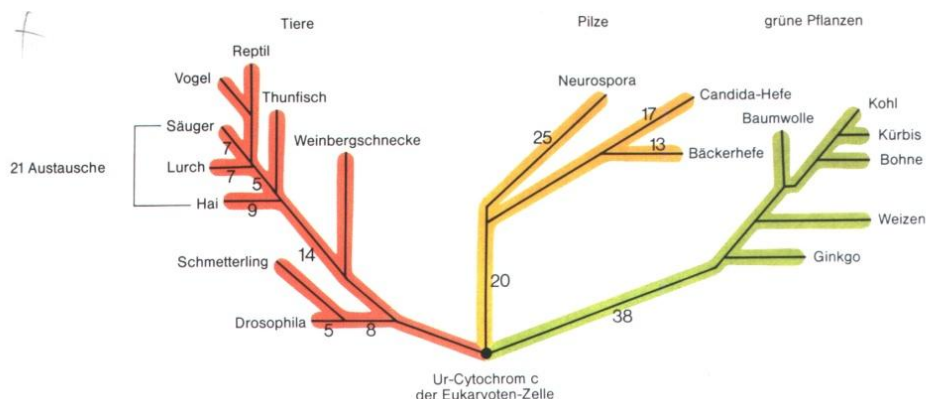
Rück-Mutations-Möglichkeit muss einkalkuliert werden

| 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 ()

Mensch – Schnappschildkröte 15  
Mensch – Klapperschlange 14  
Schnappschildkröte – Klapperschlange 22

---

→ Mensch mit Schildkröte und Klapperschlange näher verwandt, als die beiden Reptilien untereinander  
mögliche Erklärung – zumindestens teilweise – sind Rück-Mutationen  
wahrscheinlich in diesem Bereichen auch neutrale Mutationen häufiger als an anderen Stellen (die z.B. für das aktive Zentrum codieren)

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:

Klapperschlange – Rhesusaffe 15

-- Hund 21

-- Pinguin 30

Mensch – Pekin-Ente 11

Mensch – Sonnenblume 42

Mensch – Brotschimmel 47

Sonnenblume – Brotschimmel 55

→ Mensch mit Sonnenblume und Brotschimmel verwandt als der Pilz und die Pflanze

## 1.x.y.4. molekular-genetische Stammbäume

### 1.x.y.4.1. Cytochrom c-Stammbäume

besteht aus 104 Aminosäuren

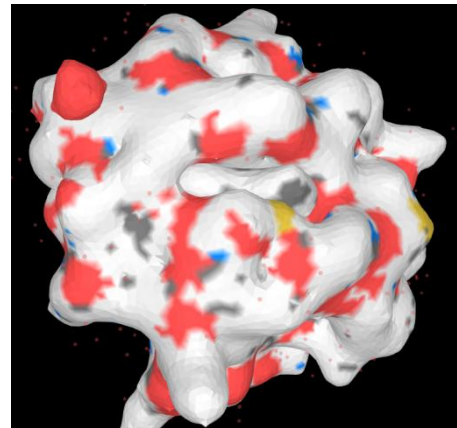
Cytochrom c ist der Redox-Komplex III in der Atmungskette.

Änderungen in der Redox-Kaskade nicht so ohne weiteres möglich.

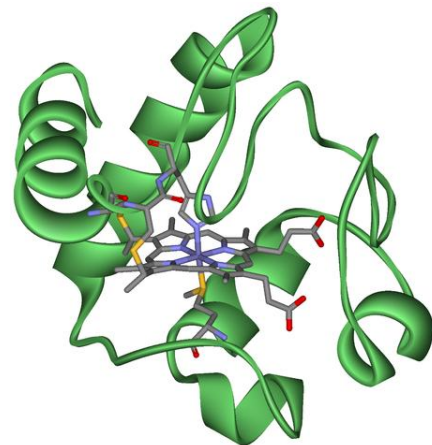
evolutionär relativ stabiles Protein

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.



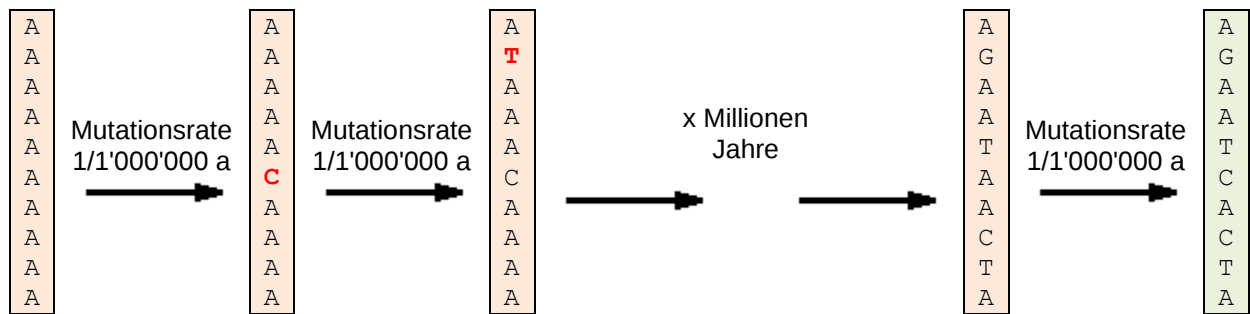
Cytochrom c  
Q: [www.ebi.ac.uk](http://www.ebi.ac.uk) (PDBe) – LiteMOL



Bänder-Modell vom Cytochrom c  
(aktives Zentrum als Atom-Stäbe)  
Q: [de.wikipedia.org](http://de.wikipedia.org) (Klaus Hoffmeier)

Der "Kampf ums Dasein" ist im Grunde  
ein Kampf um die besseren Enzyme.  
Gerhard WEGENER

## Modell

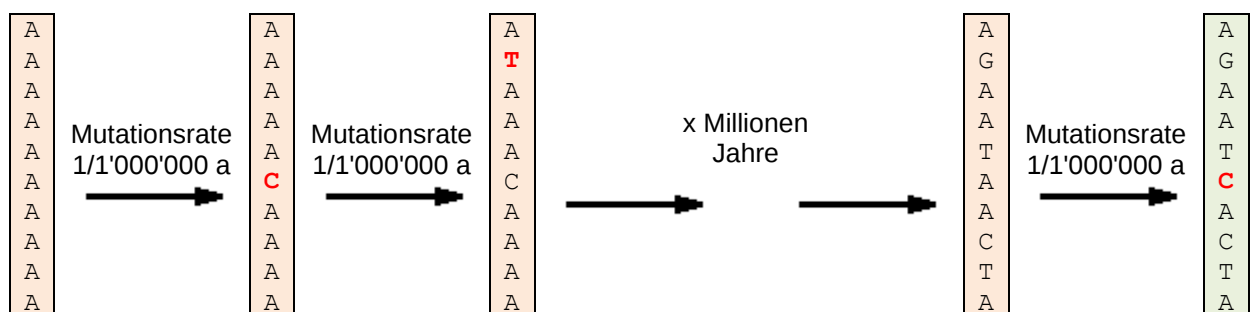


Irgendwann hat sich die ursprüngliche Sequenz relativ stark geändert und wir beobachten die heute vorzufindene Buchstaben-Sequenz (grünlicher Streifen). Die Zwischenstufen können ebenfalls "überleben" und in rezenten Lebewesen präsent sein.

## 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!

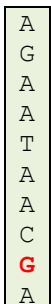
Für Stammbaum-Rekonstruktionen benutzt man nun die Sequenzen und ordnet so, dass immer nur Veränderungen von einem Buchstaben an einer Verzweigungsstelle (Verästelung) zugelassen sind.



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



z.B. eine 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 Nukleotide ( 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]        | 10                                                                                                              | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 | 110 |
|----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|
| Art                  | ..... ..... ..... ..... ..... ..... ..... ..... ..... ..... ..... .....                                         |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |
| Mensch               | -----GDVEKGKKIFIMKCSQCHTVEKGGKHKTGPNLHGLFGRKTGQAPGYSYTAANKNKGITWGEDTLMEYLENPKKYIPGTMIFVGIKKKEERADLIAYLKATNE     |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |
| Rhesusaffe           | -----GDVEKGKKIFIMKCSQCHTVEKGGKHKTGPNLHGLFGRKTGQAPGYSYTAANKNKGITWGEDTLMEYLENPKKYIPGTMIFVGIKKKEERADLIAYLKATNE     |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |
| Pferd                | -----GDVEKGKKIFVQKCAQCHTVEKGGKHKTGPNLHGLFGRKTGQAPGFTYTDANKNKGITWKEETLMEYLENPKKYIPGTMIFAGIKKKTEREDLIAYLKATNE     |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |
| Schwein, Schaf, Rind | -----GDVEKGKKIFVQKCAQCHTVEKGGKHKTGPNLHGLFGRKTGQAPGFSYTDANKNKGITWGEETLMEYLENPKKYIPGTMIFAGIKKKGEREDLIAYLKATNE     |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |
| Hund                 | -----GDVEKGKKIFVQKCAQCHTVEKGGKHKTGPNLHGLFGRKTGQAPGFSYTDANKNKGITWGEETLMEYLENPKKYIPGTMIFAGIKKTGERADLIAYLKATKE     |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |
| Grauwal              | -----GDVEKGKKIFVQKCAQCHTVEKGGKHKTGPNLHGLFGRKTGQAVGFSYTDANKNKGITWGEETLMEYLENPKKYIPGTMIFAGIKKKGERADLIAYLKATNE     |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |
| Kaninchen            | -----GDVEKGKKIFVQKCAQCHTVEKGGKHKTGPNLHGLFGRKTGQAVGFSYTDANKNKGITWGEDTLMEYLENPKKYIPGTMIFAGIKKKDERADLIAYLKATNE     |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |
| Känguruh             | -----GDVEKGKKIFVQKCAQCHTVEKGGKHKTGPNLHGLFGRKTGQAPGFTYTDANKNKGITWGEDTLMEYLENPKKYIPGTMIFAGIKKKGERADLIAYLKATNE     |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |
| Huhn, Truthahn       | -----GDIEKGKKIFVQKCSQCHTVEKGGKHKTGPNLHGLFGRKTGQAEGFSYTDANKNKGITWGEDTLMEYLENPKKYIPGTMIFAGIKKKSERVDLIAYLKDATSK    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |
| Pinguin              | -----GDIEKGKKIFVQKCSQCHTVEKGGKHKTGPNLHGLFGRKTGQAEGFSYTDANKNKGITWGEDTLMEYLENPKKYIPGTMIFAGIKKKSERADLIAYLKDATSK    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |
| Peking-Ente          | -----GDVEKGKKIFVQKCSQCHTVEKGGKHKTGPNLHGLFGRKTGQAEGFSYTDANKNKGITWGEDTLMEYLENPKKYIPGTMIFAGIKKKSERADLIAYLKDATAK    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |
| Schnappschildkröte   | -----GDVEKGKKIFVQKCAQCHTVEKGGKHKTGPNLHGLFGRKTGQAEGFSYTEANKNKGITWGEETLMEYLENPKKYIPGTMIFAGIKKKKAERADLIAYLKDATSK   |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |
| Goliathfrosch        | -----GDVEKGKKIFVQKCAQCHTCEKGGKHKVGNLYGLFGRKTGQAGGFSYTDANKNKGITWGEDTLMEYLENPKKYIPGTMIFAGIKKKGERQDLIAYLKSACSK     |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |
| Thunfisch            | -----GDVAKGKTFVQKCAQCHTVEAGGKHKVGNLHGLFGRKTGQAEGFSYTDANKSKGIVWNNDTLMEYLENPKKYIPGTMIFAGIKKKGERQDLIAYLKSATS-      |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |
| Fliege (Chrysomya)   | ----GVPAGDVEKGKKIFVQKCAQCHTVEAGGKHKVGNLHGLFGRKTGQAGFAYTNANKAKGITWQDDTLFEYLENPKKYIPGTMIFAGLKKPNERGDLIAYLKSATK-   |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |
| Seidenspinner        | ----GVPAGNAENGKKIFVQKCAQCHTVEAGGKHKVGNLHGLFGRKTGQAPGFSYSNANKAKGITWGDSDLFEYLENPKKYIPGTMIFAGLKKANERADLIAYLKESTK-  |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |
| Weizen               | ASFSEAPPGNPDAGAKIFKTKCAQCHTVDAAGHKGPNLHGLFGRQSGTTAGYSYSAANKKAVEWEENTLYDYLLENPKKYIPGTMIFPGLKKPQDRADLIAYLKATSS    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |
| Pilz (Neurospora)    | ----GFSAGDSKKGANLFKTRCAECHGEGGNLTQKIGPALHGLFGRKTGSVDGYAYTDANKQKGITWDENTLFEYLENPKKYIPGTMIFAGLKKDKDRADIITFMKEATA- |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |
| Bäcker-Hefe          | ---TEFKAGSAKKGATLFKTRCELCHTVEKGGPHKVGNLHGLFGRHSGQAQGYSTANIKKNVLWDENNMSYLTNPKKYIPGTMIFAGLKKEDRNDLITYLKACE-       |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |
| Pilz (Candida)       | --PAPFEQGSAEKGATLFKTRCAECHTIEAGGPHKVGNLHGLFGRHSGQAQGYSTANKRAGVEWAEPMSDYLENPKKYIPGTMIFAGLKKAKDRNDLVTYMLEASK-     |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |
| Pos. [Mensch]        | ..... ..... ..... ..... ..... ..... ..... ..... ..... ..... ..... .....                                         |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |
|                      | 10                                                                                                              | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 |     |

Q: /1, S. 874f/ (nach DOBZHANSKY)

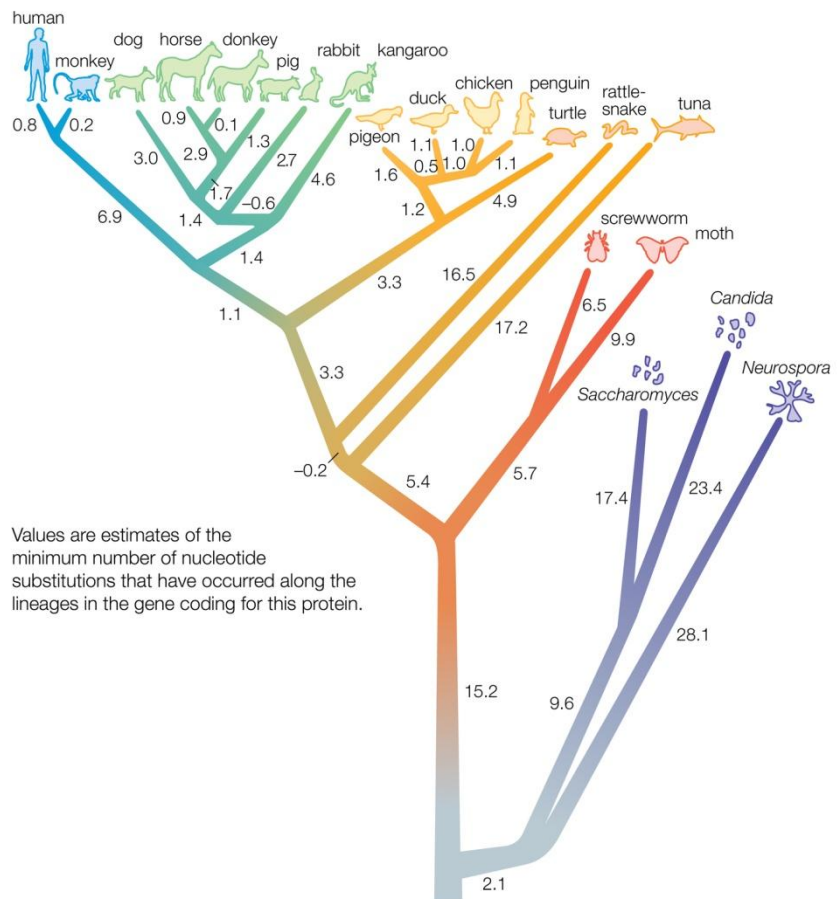
|              |              |                   |                  |                 |           |             |              |               |            |
|--------------|--------------|-------------------|------------------|-----------------|-----------|-------------|--------------|---------------|------------|
| 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. ... | .EAE LKPLAQSHA...TK.. |
| Mensch  | Adult-Hämoglobin Aα | V...LSPADKTNVKAAWGKV. ... | .PNALSALSDLHA...HK..  |
| Mensch  | Adult-Hämoglobin Aβ | VHILTPEEKSAVTALWGKV. ...  | .KGTFAPLSELHC...DK..  |
| Pferd   | Adult-Hämoglobin Aβ | VQLSGEEKAAVLAALWDKV. ...  | .KGTFAALSELHC...DK..  |
| Rind    | Cytochrom c5        | .....                     | .SATF IIGELHDDPD..    |

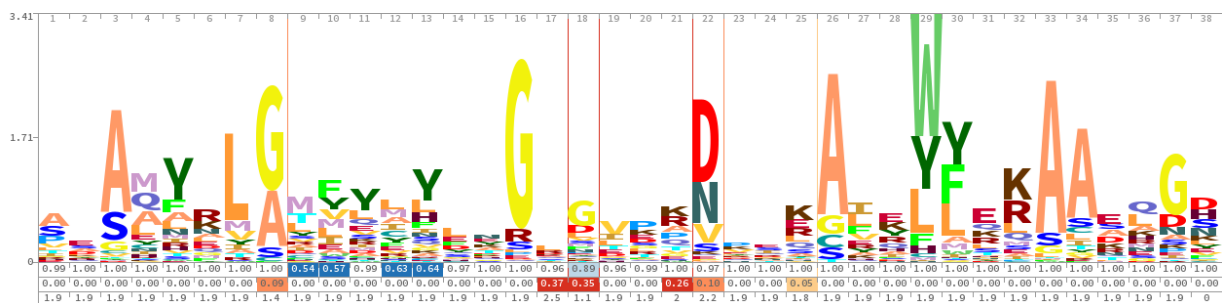
Q: /1, S. 876/ (geändert: dre)

### Phylogeny based on nucleotide differences in the gene for cytochrome c



Q: <https://www.britannica.com/media/full/262934/1654>  
Encyclopaedia Britannica Online (2. Feb. 2017)

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](http://de.wikipedia.org) ()

Konservative Aminosäure-Positionen sind an wenigen, großen Buchstaben zu erkennen. Hier sind Veränderungen evolutionär nicht oder nur schwer möglich gewesen. Aminosäure-



---

#### **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. Methoden zur Ableitung / Ermittlung von Stammbäumen

##### **Probleme / Nachteile / Schwächen / ...**

- Verfahren weisen nur Ähnlichkeiten bzw. prüfen diese – echte Verwandtschaft 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)

|                                |                               | <b>Daten-Typ</b>                     |                                                              |
|--------------------------------|-------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
|                                |                               | <b>Distanzen, Unterschiede</b>       | <b>Merkmale</b>                                              |
| <b>Rekonstruktions-Methode</b> | <b>Clustering-Algorithmus</b> | UPGMA<br><br>Neighbor joining (NJ)   |                                                              |
|                                | <b>Such-Strategie</b>         | Minimum Evolution                    | Maximum Parsimony ()<br>Maximum Likelihood (ML)<br><br>Bayes |
|                                |                               | <b>Matrizen-orientierte Methoden</b> | <b>Charakter-orientierte Methoden</b>                        |
| <b>basiert auf ...</b>         |                               | <b>Clustering-Verfahren</b>          | <b>einem Optimalitäts-Kriterium</b>                          |

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**

- $d(a,b) \geq 0$                       alle Matrizen-Werte (Distanzen) müssen größer oder gleich Null sein (negative Distanzen sind nicht zulässig)
- $d(a,b) = 0 \rightarrow a = b$               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
- $d(a,c) \leq d(a,b) + d(b,c)$               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. dass 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 man 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 Topologien (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 nächsten (kleinsten) Objekte (Distanzen), sondern alle  
Ergebnis ist auch hier eine Hierarchie der zusammengefassten Objekte

Das Arbeits-Prinzip ist 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

## **Parsimony (Sparsamkeit)**

Geiz-Prinzip, Sparsamkeits-Prinzip

---

Parsimony () 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
- berücksichtigt auch Rückschritte oder Wiederholungen von Schritten
- gute, konsistente Schätzung der evolutionären 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://mobyli.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

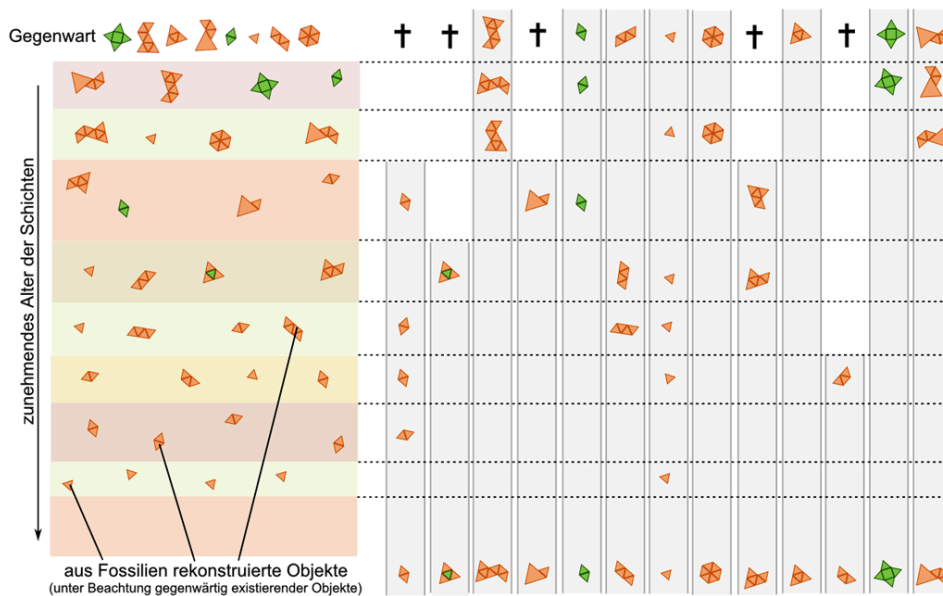
---

## **1.x. Praxis-relevante wissenschaftliche Methoden**

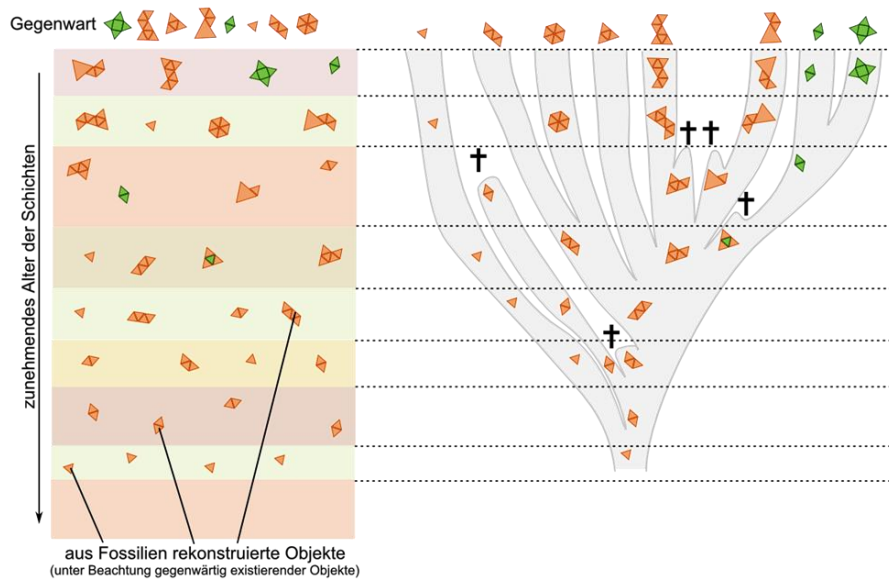
## 1.x.y. Interpretation von Daten

immer von Grund-Annahmen / Prämissen / abhängig  
gegenteilige Prämissen / müssen sachlogisch richtig sein und den anderen (bekannten)  
wissenschaftlichen Tatsachen nicht widersprechen

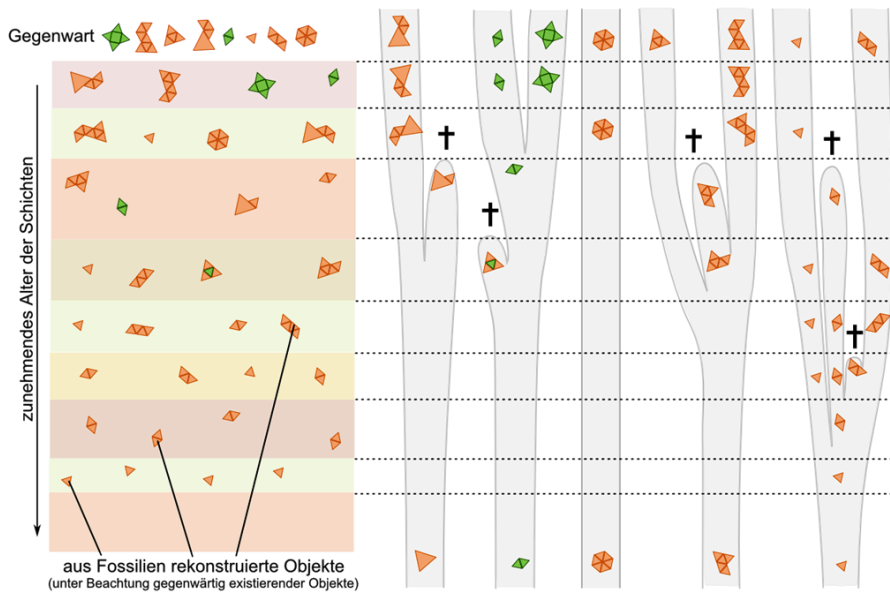
Interpretation der "Fossilien"-Daten unter der Prämisse eines schöpferischen Ereignisses  
und der Kontinuität der Arten



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 zu-meist aus dem Nichts erschufen

Gottheiten trugen i.A. menschliche Züge

alle bekannten Beobachten, 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 Christum natum*))

THALES (640 – 584 v.u.Z.)

THALES von Milet 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 gesterischen 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 zunächst "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 wurde aus der mehr kosmologisch orientierten Philosophie ausgegrenzt

#### **Definition(en): Materialismus**

Der Materialismus ist die Weltanschauung / Weltansicht, die als Grund für alles Seiende materielle, natürliche / naturwissenschaftliche Sachverhalte ansieht.

Widersprüche von materiellen Erklärungen zu den vorhandenen Verständnis von "Sein" und "Werden" forderten im Parmenides (502 v.u.Z. (ein Werk in Dialog-Form; imaginäres Gespräch zwischen PLATON und dem Philosophen PARMENIDES); Werk nach dem Gesprächspartner benannt) den logischen Schluß heraus, dass das Grund-Prinzip der Welt etwas Seiendes sein muss Von Sein

---

(griech. = on) entwickelte eine sogenannte Ontologie, in ihr war nur das Seiende zugelassen, etwas werdendes gab es nicht  
die nächsten Philosophen ersannen nun mehrere Formen des Seins, 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 Details 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 Erkenntnissen 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 solange wahr, solange ein Mensch dies als wahr empfindet (→ "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 Unveränderlichen, 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 aus einer stofflichen Welt (Körper, Materie, ...) und einer unstofflichen Welt (Seele, Geist, Lebenskraft (→ "vis vitalis"), ...)  
(bestimmte) Organismen können aus dem Schlamm entstehen ((spontane) Urzeugung)

SOKRATES Ideen-Lehre (PLATONScher Idealismus) mit ihrer Unvereinbarkeit von Wesen und Ding stellte sich später als einer der größten Hemmschule für die DARWINsche Lehre heraus; Art-Wandel war praktisch nicht möglich, es wurde nur die Möglichkeiten von Super-Mutationen gesehen, die aber wiederum 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

#### 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 entwickelte 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 Verwandtschaft 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

|                                                                                                                                                                                       |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Definition(en): Naturphilosophie</b>                                                                                                                                               |
| Die Naturphilosophie ist die philosophische Richtung, die versucht die Natur in ihrer Gesamtheit sowie in ihren allgemeinen wie auch speziellen Strukturen 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 Systematik aufgrund 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 (pantheistisches Weltbild)

EPIKUR (342 – 271 v.u.Z.)

lenten sich an DEMOKRITS atomistisches und mechanistisches Weltbild an, bildete Denkbasis 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

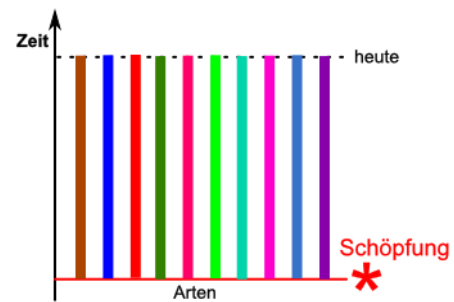
---

erste Gedanken an evolutionäre Prozesse (Auslese ungeeigneter Arten, Veränderung der Arten-Zusammensetzung)

jüdische Schöpfungs-Geschichte(n) des alten Testaments

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 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-Intellektuellen angezweifelt und vor einer solchen gewarnt

wahrscheinlich auch, weil sie sich schon damals der Nichtigkeit 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!*

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 zusammantun

diese – eigentlich fortschrittlichere – Denkweise spielt von der Antike bis ins Mittelalter eine eher geringere Rolle

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, wie 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 Testaments durch die Geschichten / Predigten 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 Testaments

#### **Definition(en): Idealismus**

Der Idealismus ist die Weltanschauung / Weltsicht, die etwas Immaterialistisches für den Grund des Seins 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 empirische 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 Universalien 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 Philosophen 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 korrelieren 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

**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 allgemein und Pflanzen und Tieren im Speziellen;

Entdeckung neuer Erdteile (Amerika, )

Versteinerungen wurden nun als Relikte 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. Insgesamt 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 pantheistisches 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): Urzeugungstheorie**

Die Urzeugungstheorie 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. lateinisch-stämmigen – Gattungsnamen und Art-Teil bestehen; heute wird exakterweise immer noch der Art-Beschreiber / Namensgeber dahinter notiert (ev. abgekürzt)

Beispiele:

Siebenpunkt-Marienkäfer → *Coccinella septempunctata* 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 Naturalienkabinetts 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 ebendiesem Weg schloss er aber aus

Peter CAMPER (1722 – 1789)

fand den fehlenden Zwischenkiefer-Knochen beim Menschen bei der Sektion eines Orang-Utan als einzigen morphologischen Unterschied zwischen beiden Arten

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 Naturwissenschaften

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 zentrales 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-HILAIRE (1772 – 1844)

Veränderungen im Körperbau usw. vollziehen sich langsam 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 sein 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-Einschläge, ... 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 bildet 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 Angepaßteins 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 abgeleiteten, unbewiesenen These in die Wissenschafts-Geschichte eingegangen

grundsätzlich stand LAMARCK für die Konstanz und für eine ewige Existenz der Arten

Vererbung erworbener Merkmale

|                                     |
|-------------------------------------|
| <b>Definition(en): LAMARCKismus</b> |
|-------------------------------------|

|                                                                                                                                                                  |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 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 bei den 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)

|                                     |
|-------------------------------------|
| <b>Definition(en): Naturalismus</b> |
|-------------------------------------|

|                                                                                                                                                                                                                        |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Naturalismus ist die Weltsicht / Weltanschauung, die davon ausgeht, dass sich die Wirklichkeit / Realität / (umgebende) Welt ohne Zuhilfenahme von eines Außerweltlichen / Übersinnlichen 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.

|                                                          |
|----------------------------------------------------------|
| <b>Definition(en): dichotomische Gliederungs-Methode</b> |
|----------------------------------------------------------|

|                                                                                                                                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 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 zwangsläufig LAMARCK Unrecht haben. Viele Jahre waren LAMARCKisten die "bösen" Biologen / Evolutions-Forscher. Mit den Erkenntnissen der Epigenetik (→  **Genetik**) und des EvoDevo-Konzeptes (→ ) 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!*

## 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) und stellte die Wirbel-Theorie des Schädels auf

suchte nach Urtyp von Pflanze und Tier

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 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

**Kataklysmen-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 Untersuchung der Fossilien in solchen Gesteinsschichtungen fand er dramatische Formen- und Arten-Veränderungen

unterschiedliche Fossilien (unterschiedliche Arten und Entwicklungssufen) weisen auf eine Entwicklungsgeschichte hin

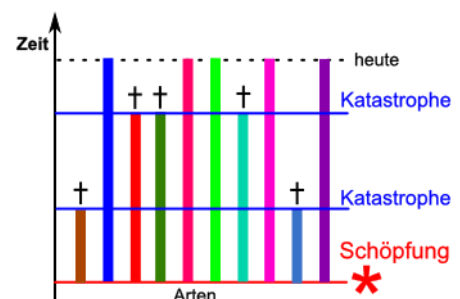
die Betonung auf Überschwemmungen kam aus der von ihm gemachten Beobachtung, dass in den Grenzschichten sehr häufig Schnecken und Muscheln gefunden wurden.

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 auftraten.

CUVIER war auch ein Gegner 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 GEOFFROY'S 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 Ausgangsmaterial 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 Aktualitäts-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 DARWIN'Sche 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

erstmalig 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

|                                                                                                                                             |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Definition(en): BALDWIN- / WADDINGTON-Effekt</b>                                                                                         |
| 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 war 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 Vererbungs-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

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 erlesenen 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) voneinander unterscheiden, es gibt normalerweise eine Überzahl von Nachkommen, die über die Möglichkeiten der Umwelt (des Lebensraum, ökologische Kapazität) liegt  
Ursache konnte er nicht erklären (Mutationen wurden erst nach 1900 von DE VRIES entdeckt)



Charles DARWIN  
Q: de.wikipedia.org (John van Wyhe)

---

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 Varietäten / Angepasstere besetzt, haben eine höhere bessere Chance zur Fortpflanzung

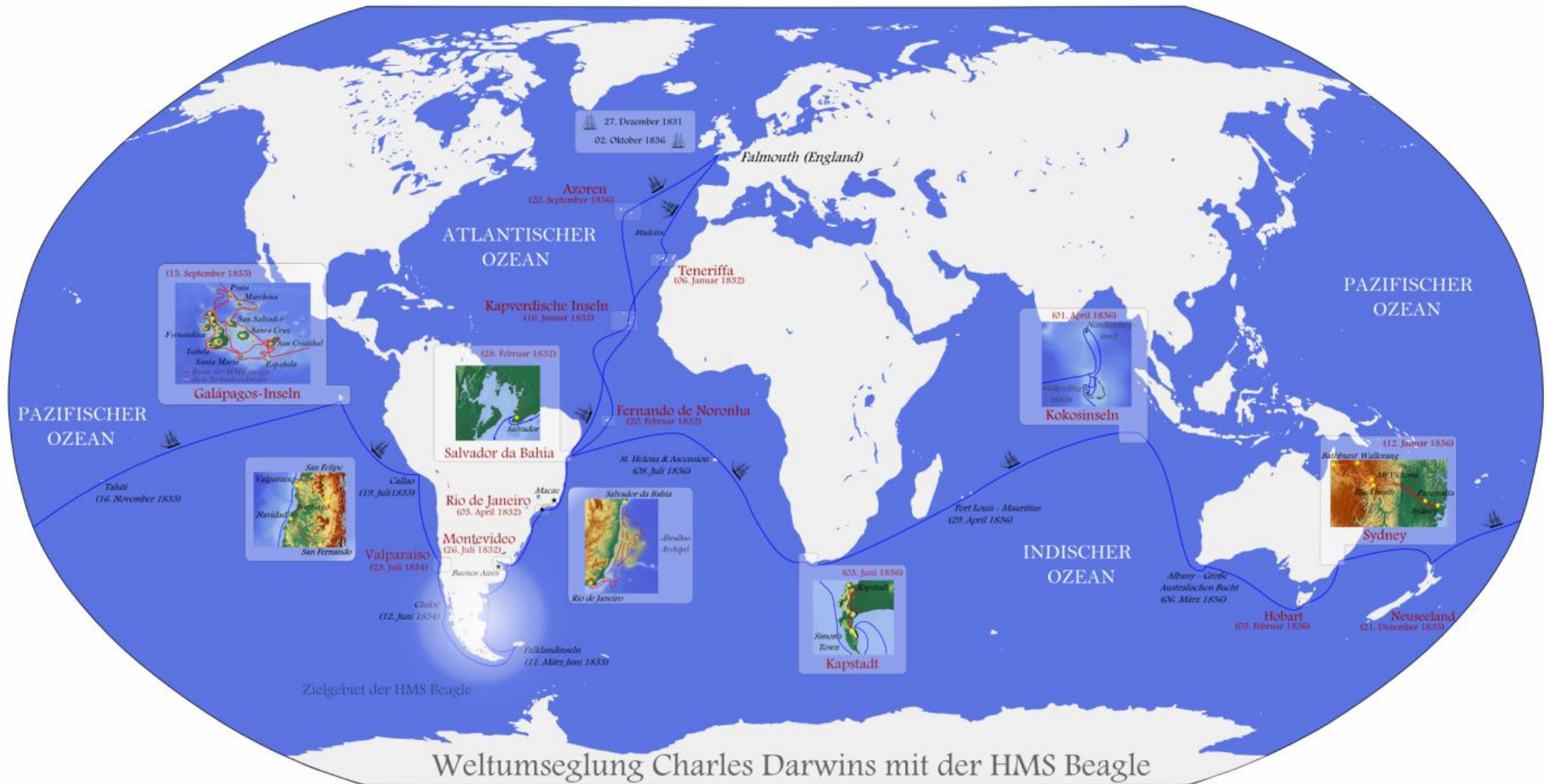
nach und nach vergrößern sich die Unterschiede und es können neue Arten entstehen

in der zeitlichen Nachfolge sind Varietäten (mögliche) werdende Arten

seine "natürliche Zuchtwahl" begründet sich aus den Notwendigkeiten des MALTHUSSchen Gesetzes

Ursachen und Mechanismen der Veränderlichkeit und der Vererbung kann DARWIN nicht anbringen  
bleiben die entscheidenden Markel seiner Theorie

## Welt-Reise mit der "Beagle" 1831 bis 1836



Q: de.wikipedia.org (Devil\_m25)

arbeitet nach der Reise an mehreren Büchern u.a. auch an seinem späteren Hauptwerk "Die Entstehung der Arten durch natürliche Zuchtwahl"

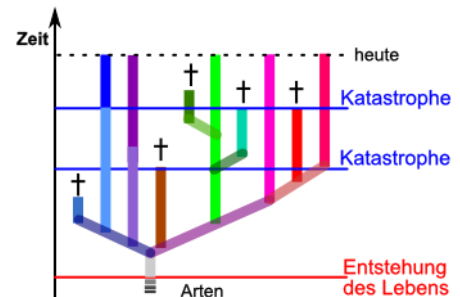
1855 erkennt er bei Gesprächen mit WALLACE dessen gleiche Betrachtungsweise und Erkenntnisse

1856 beginnt DARWIN (auf Anraten LYELLS) an seiner Evolutions-Theorie zu arbeiten; DARWIN fand durch seine Beobachtungen das Aktualitäts-Prinzip (von LYELL) bestätigt

scheut sich aber in der stark religiös geprägten – – 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-wissenschaftlichen Verständnis gibt es noch eine soziale bzw. kulturellen Nutzung des Begriffs

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 besteht 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 ja die DARWINisten auch LAMARCK so entschieden ablehnen. Nichts desto 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".

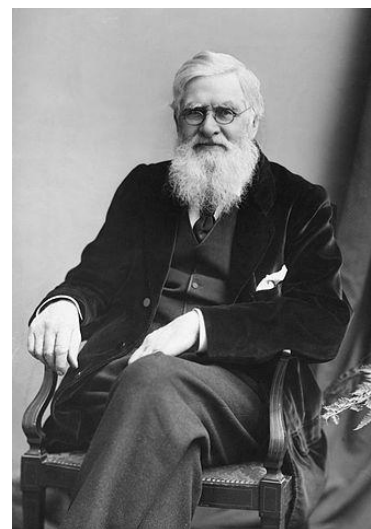
DARWIN dachte auch schon an weitere Aspekte der Evolution. Zum Einen sah er die sexuelle Selektion als einen wichtigen Faktor an. Bei der sexuellen Selektion geht es um die Auswahl des einen Geschlechts durch das andere anhand bestimmter (auffälliger) Merkmale. Solche Merkmale sind z.B. das Geweih, Stoß-Zähne, 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 Handicap 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 veröffentlichte 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 sammelte und studierte viele Pflanzen und Tiere und hielt nach den Reisen viele Vorlesungen.

WALLACE achtete 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)

---

viele – damals sehr anerkannte Biologen – lehnten die Thesen DARWINS ganz entschieden ab. Dazu gehörten Louis AGASSIZ (), 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 Erbmateriale 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) Mutationen ablehnten. Sie bestanden auf der Notwendigkeit von Groß-Mutationen mit neuartigen Phänotypen. In ihrem wissenschaftlichen Mittelpunkt standen Gene und Merkmale. Ein großer Vertreter dieser 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 Naturalisten standen Populationen und vielgestaltige Individuen im Vordergrund der Forschung.

heutige Evolutions-Faktoren nach DARWIN:

- 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 unglaublich gewesen sein.

DARWIN konnte auch die Variabilität von Merkmalen – die ja das Auslese-Kriterium darstellen – 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.

BRONN ( - 1862)

war der erste Übersetzer von DARWINS Werk ins Deutsche

postulierte Vervollkommnungs-Richtungen (1858):

- zunehmende Arbeitsteilung und Differenzierung zwischen den Strukturen
- Reduktion der Zahl homologer Organe und Strukturen
- Konzentration wichtiger Körper-Funktionen
- Zentralisierung der homonymen Organe
- Internierung (Nicht-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 Irrtümern. So beschrieb er (in seiner pangenetische Theorie) ein Konzept zur Vererbung von erworbenen Merkmalen über sogenannte Gemmula. Diese sollte aus allen Teilen des Körpers Informationen in die Keimzelle zusammentragen.

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 () 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, das 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":**

- Mutation
- 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) Formulieren Sie einen passenden Text-Abschnitt, der Mimikry aus der Sichtweise der DARWIN'schen Evolutions-Theorie widerspiegelt!***

---

### 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.)

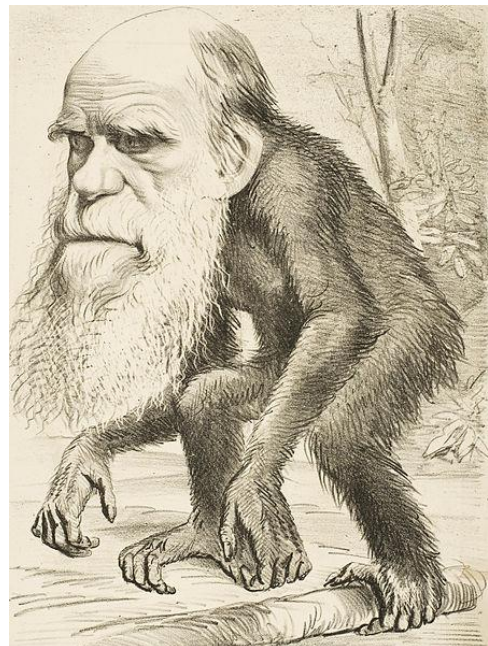
wenn DARWIN von einem Affen abstammen möchte, dann könne er das gerne

Ungläubigkeit, Unverständnis bis Dogmatismus

die oft DARWIN zugeschriebene 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



Karikatur 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 besitzen 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 Ontogenese 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.)

## 2.4. weiterentwickelte Evolutions-Theorie nach WEISMANN (NeoDARWINismus)

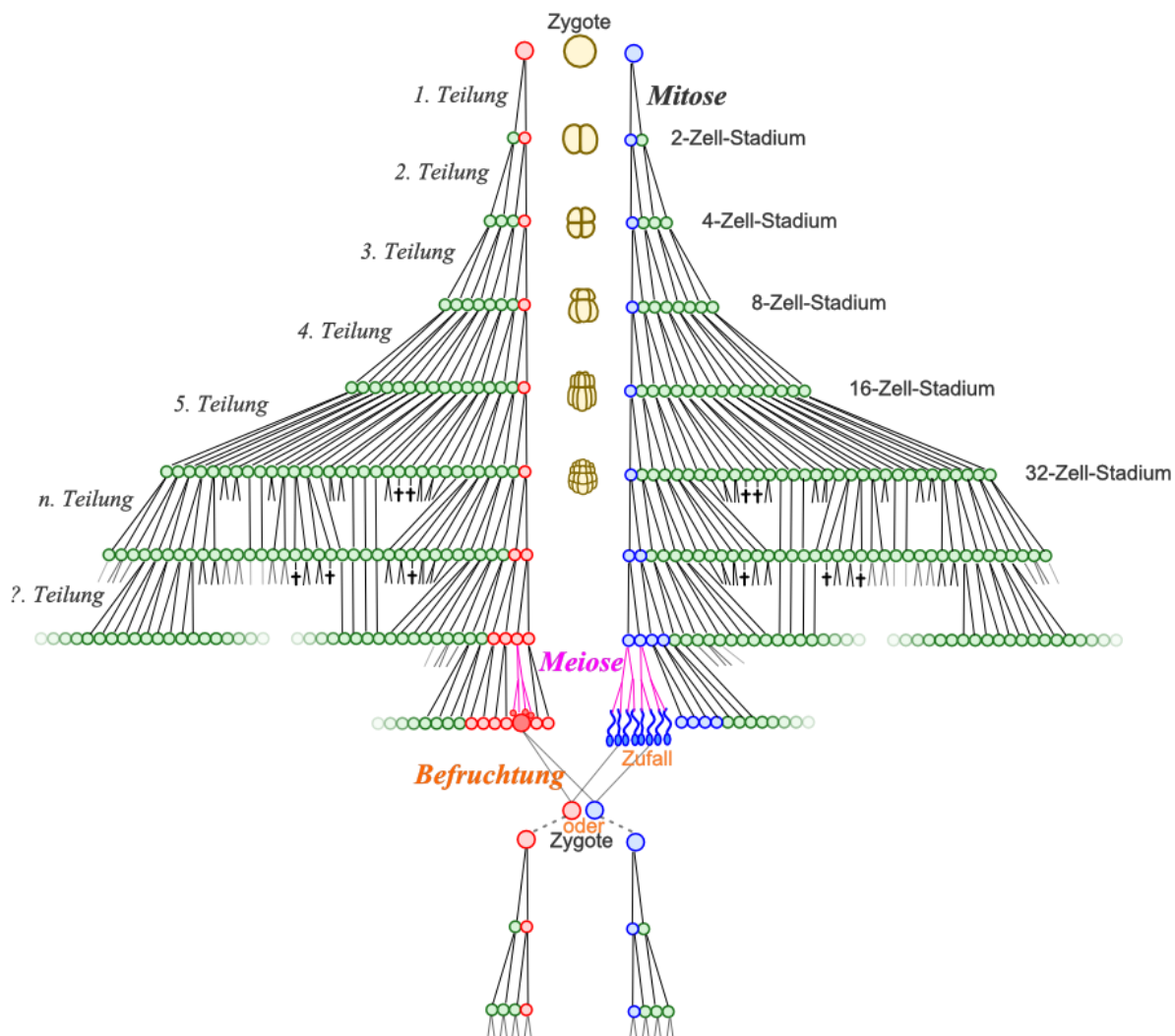
ab 1880 bis in die 1930er Jahre  
große Naturwissenschaftler und Biologen leiteten weitere Beiträge / Konkretisierungen und Erweiterungen zu den DARWINSchen Thesen und der MENDELSchen Genetik hinzu.  
Es kam aber nicht grundlegenden Umwälzungen, so dass die grundlegenden Theorien von DARWIN und MENDEL bis heute Bestand haben.

### **Definition(en): NeoDARWINismus**

Neodarwinismus ist eine Strömung von evolutionären Theorien, die der – als zu populärwissenschaftlich betrachteten – DARWINSchen Theorie den Anstrich moderner Fachwissenschaft(en) geben sollte.

August WEISMANN (1834 - )

WEISMANNsche Keimbahn-Theorie



Rote (weibliche) bzw. blaue (männliche) Zell-Linien sind quasi unsterblich und bilden die Keimbahn. Die genetischen Informationen dieser Zellen können weiter vererbt 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 Merkmale 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. Da kann sogar rhythmisch erfolgen. Man geht bei einigen dieser Vorgänge davon aus, dass dadurch Parasiten und Feinde ausgetrickst werden (sollen).

#### **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 potentiell 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. Die somatischen Zellen sollten aber bei der Abzweigung (von der Keimbahn) immer nur den Teil mitbekommen, den sie für ihre Funktion und ihren Bau 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 Umwelteinflüssen 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'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 aus somatischen Zellen. Die Knospen-Bildung bei Samen-Pflanzen ist hierfür ein Beispiel. Einzelne Zellen, die aus die Bildungs-Zentren (hier Sproß-Spitze) stammen, differenzieren sich auf Grund ihrer Lage zu Knospen, Blüten, Keimzellen.

---

## **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 Erkenntnisse 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 über die Abkühlung der Erde in rund 1 Millionen Jahre konnte widerlegt werden, Lord 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 hinein-zudenken

eine Überarbeitung – mehr Konkretisierung – der DARWINSchen Evolutions-Theorie war also dringend notwendig

Lösung durch Verbindung aller Standpunkte durch Julian HUXLEY () 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 Weltkriegen und Aus- und Einwanderungs-Bewegungen nachhaltig gestört

JOHANNSEN () erforscht und züchtet reine Pflanzen-Stämme; trennt Geno- und Phäno-Typ sauber voneinander ()

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 () 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 heraus, eine mathematisch-genetisch und theoretisch orientierte Gruppe und die mehr praktisch orientierte ökologische Gruppe

Evolution als Fakt weitestgehend 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 Mutationen 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 Proteinen (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 "MENDELlisten" 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 Isolations-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

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 fortlaufenden 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)

Fitness ist aus der Sicht DARWINS das Maß für den Reproduktions-Erfolg, also sich fortpflanzen und einen 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 Zustands der Eizelle / Zygote (Metabolismus-Situation) moderne europäische Forschung wurde durch die stark amerikanische Denkweise des Kern-Monopol's um MORGAN übertönt

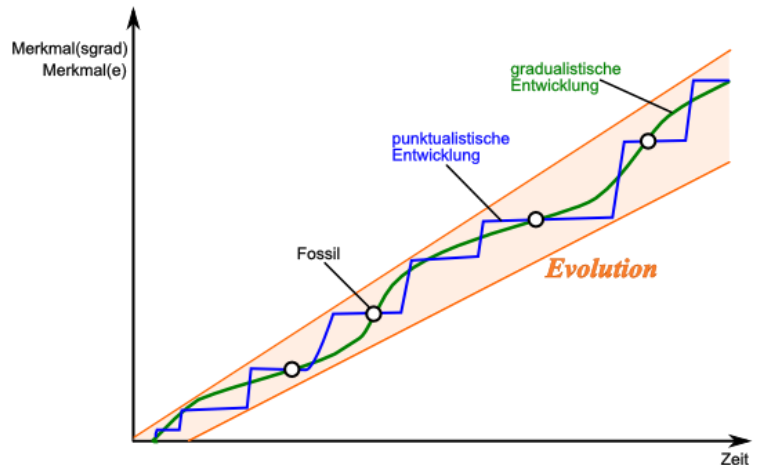
auch die aufkommende Eugenik (Verbesserung des Menschen durch Züchtung) trug zur ungleichen Betrachtung (Mainstream) von Erkenntnissen bei

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 größerschnittige 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.

|                                                                                                                                                                                                                                                  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Definition(en): Stasis</b>                                                                                                                                                                                                                    |
| Als Stasis (auch Stase) bezeichnet man evolutionäre Zeiträume / Phasen, in denen es (scheinbar) keine oder nur geringfügige Veränderungen gibt.<br>(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 **Rekombination** 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 Ressourcen (**Konkurrenz**). Es herrscht der Grundsatz "Survival oft the fittest" ("Überleben der Besten."). Die Erfolgreichen / Überlebenden können ihre (vererbaren) 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 Struktur sowie der Funktion der Proteine

Endosymbionten-Theorie von Lynn MARGULIS ()

Untersuchungen ergaben, dass häufig mehrere Allele in einer Population auftreten und auch langfristig halten  
bisher gingen die Selektionisten davon aus, dass 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

Fragestellung offen, an welchem biologischen Objekt oder in welcher Struktur-Ebene Selektion eigentlich wirkt

---

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 HAMILTON ()

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 / maximierten Reproduktion

Einbeziehung von Rekombination als Misch-System von Genen (eigenes Gen immer noch zu 50% enthalten (in F1)) Vorteil hinsichtlich 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 Ressource (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 / Ressourcen zu fördern.

(Altruismus wird als Gegensatz zum Egoismus gesehen.)

bei Untersuchungen von Rettungs-Aktionen aus brennenden Häusern, bei denen Retter aus der eigenen Familie keine Chance zum überleben 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-Allel ist zwar egoistisch, denn 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

Organismen 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 mehrerer Tiere (Pelikane, Wölfe, Löwen, ...) bringt deutlich höheren Jagd-Erfolg als Einzel-Jagd; dadurch mehr Nahrungs-Ressourcen

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 revidierten 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 entstehen 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.

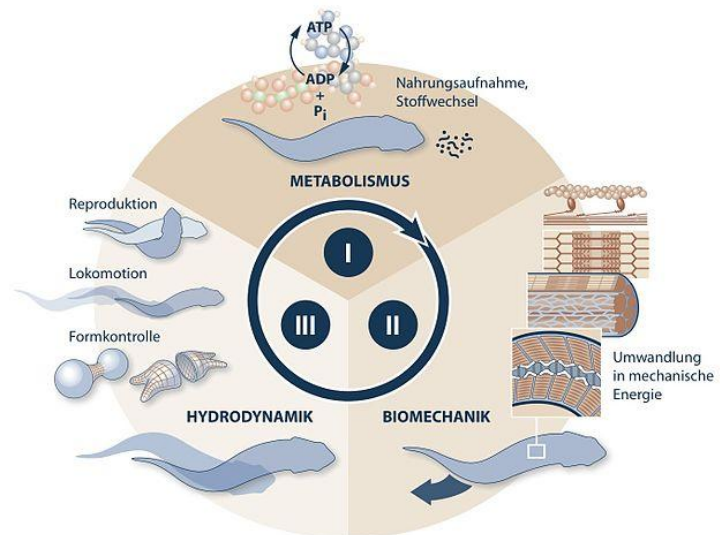
(veränderte) Organismen haben bestimmte Möglichkeiten

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)

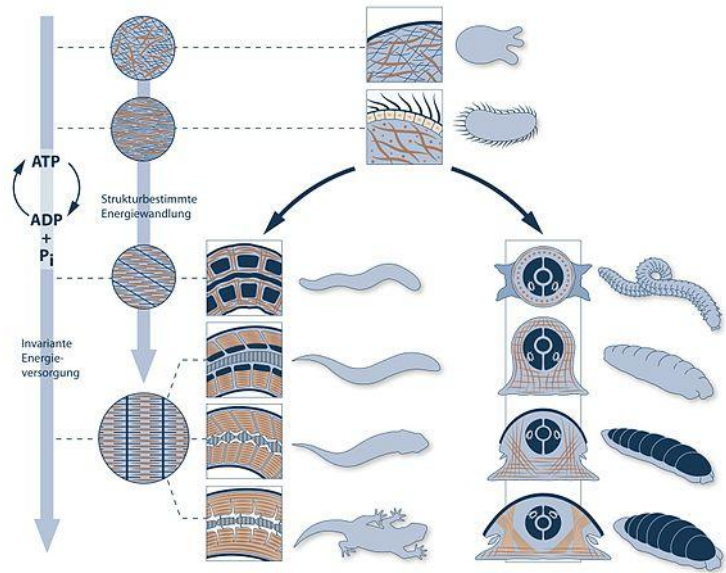


Bionomie-Kreislauf der Organismen

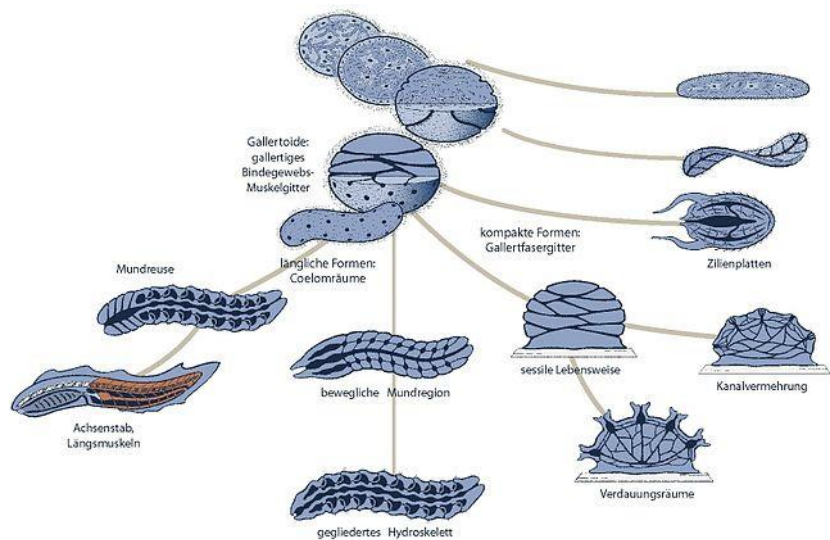
Q: de.wikipedia.org (M. Grasshoff, M. Gudo, T. Syed, A. Siebel-Stelzner)

zunehmende Strukturierung, Spezialisierung und Ordnung z.B. von kontraktilen Fasern

begleitet von Steigerung der Effizienz (Verringerung des ATP-Verbrauchs bei gleicher Leistung bzw. Leistungs-Steigerung bei gleichbleibenden ATP-Verbrauch)

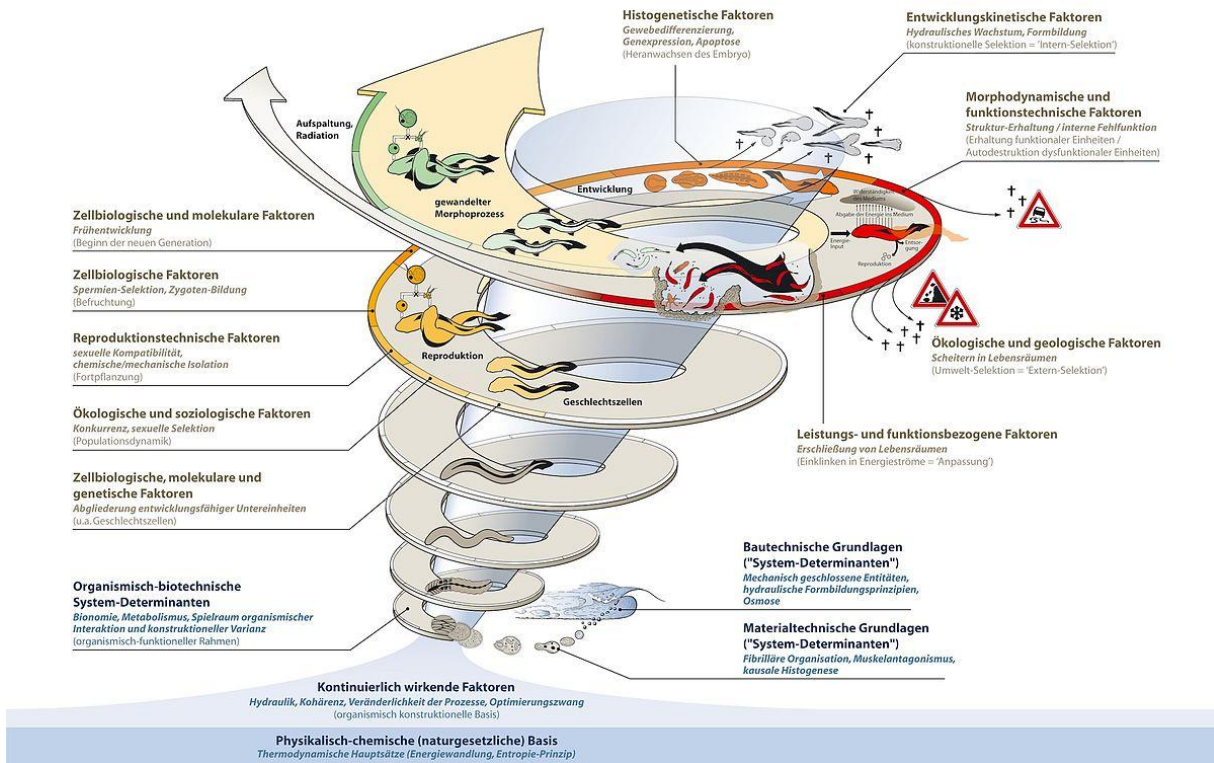


Optimierung und Differenzierung hydraulischer Körperkonstruktionen  
Q: de.wikipedia.org (M. Grasshoff, M. Gudo, T. Syed, A. Siebel-Stelzner)



Haupt-Evolutions-Linien des Tierreiches  
Q: de.wikipedia.org (M. Grasshoff, M. Gudo, T. Syed, A. Siebel-Stelzner)

# Morphoprozess-Theorie der Evolution



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                                                                                            |
|---------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Katastrophismus</b>                | erdgeschichtliche Katastrophen (Überschwemmungen,                                                                                                                                                                                                                        |                             |                                                                                                                   |
|                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                          |                             |                                                                                                                   |
| <b>LAMARCKsche Evolutionstheorie</b>  | Bedürfnisse als Ursache für Veränderungen<br>Anpassung durch Gebrauch und Nichtgebrauch von Organen / Funktionen                                                                                                                                                         | LAMARCK                     |                                                                                                                   |
| <b>DARWINS Evolutionstheorie</b>      | Mutation zur Schaffungen von Varianten<br>natürliche (äußere) Selektion der Varianten durch Umwelt                                                                                                                                                                       | DARWIN                      |                                                                                                                   |
|                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                          |                             |                                                                                                                   |
| <b>Synthetische Evolutionstheorie</b> |                                                                                                                                                                                                                                                                          | MAYR                        | basiert auf DARWINS-Evol.-Th.                                                                                     |
| <b>Systemtheorie der Evolution</b>    | Organsimen als offene Systeme (i.S.d. Thermodynamik)<br>stehen im Fließgleichgewicht mit Umwelt<br>versucht tiefgreifende Veränderungen von Grundbauplänen zu erklären<br>grundlegender Prozess ist auch Koevolution<br>erweitert (äußere) Selektion um innere Selektion | 1970er Jahre<br>BERTALANFFY | basiert auf DARWINS-Evol.-Th. (wiss. Diskussions-Konzept) und Weiterentw. der Synthetischen Th.                   |
| <b>Kritische Evolutionstheorie</b>    |                                                                                                                                                                                                                                                                          | 1970/80er Jahre<br>GUTMANN  |                                                                                                                   |
| <b>Hydroskelett-Theorie</b>           |                                                                                                                                                                                                                                                                          |                             |                                                                                                                   |
| <b>Frankfurter Evolutionstheorie</b>  | Organismen dringen in Umwelten ein und gestalten diese weiter<br>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 Mio. Jahren

### **die vier Dimensionen der Evolution**

Vertreter und Protagonisten Eva JABLONKA und Marion J. LAMB

sehen vier große Bereiche für Vererbung

- chromosomale Vererbung nach MENDEL und MORGAN
- 

Diskussions-Standpunkte:

- Biologische Vererbung umfasst mehr als nur Gene
- Einige erbliche Variationen entstehen nicht rein zufällig
- Einige Formen erworbener Informationen sind erblich
- Der Artenwandel ist nicht nur das Ergebnis von Selektion, sondern auch von Instruktion

Q: /19, S. 13/

## Gegenüberstellung ausgewählter DARWINistischer Evolutions-Theorien

|                                                               | <b>DARWINSche Theorie</b>                                             | <b>WEISMANNs<br/>Neodarwinismus</b>                               | <b>Neodarwinismus<br/>in Form der<br/>Modernen Synthese</b> | <b>Molekular-biologisch<br/>begründeter<br/>Neodarwinismus</b>                            | <b>Neodarwinsimus<br/>auf der Basis von<br/>"egoistischen" Genen</b> | <b>derzeit diskutiert</b> |
|---------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|---------------------------|
| <b>ab Zeitpunkt /<br/>Bereich</b>                             | 1859 -                                                                | ab 1880 bis in die<br>1930er Jahre                                | 1937 -                                                      |                                                                                           | 1976 -                                                               |                           |
| <b>Entwickler,<br/>Haupt-<br/>Vertreter,<br/>Unterstützer</b> | <b>DARWIN</b><br>WALLACE                                              | <b>WEISMANN</b><br>HAECKEL                                        | <b>DOBZHANSKY</b><br>MAYR<br>HUXLEY                         |                                                                                           | <b>DAWKINS</b>                                                       |                           |
| <b>basiert auf ...</b>                                        |                                                                       | <b>DARWIN</b><br>MENDEL                                           | <b>DARWIN</b><br>LAMARCK<br>MORGAN                          | <b>DARWIN</b>                                                                             | <b>DARWIN</b>                                                        |                           |
| <b>Ablehnung<br/>von ...</b>                                  |                                                                       |                                                                   | Mutalismus (DE VRIES)                                       |                                                                                           |                                                                      |                           |
| <b>Vererbungs-<br/>Weg</b>                                    | Gemmulae<br>wandern von den Kör-<br>perzellen zu den<br>Keimzellen    | Weitergabe von De-<br>terminanten über die<br>Keimbahn            | Weitergabe von Ge-<br>nen über die Keim-<br>bahn            | DNA-Replikation                                                                           | DNA-Replikation                                                      |                           |
| <b>Variations-<br/>Einheit</b>                                | Gemmulae                                                              | Determinanten<br>( )                                              | Gene der Keimbahn                                           | DNA-Sequenz                                                                               | DNA-Sequenz<br>("egoistisches" Gen)                                  |                           |
| <b>Herkunft<br/>erblicher<br/>Variabilität</b>                | zufällige und umwelt-<br>induzierte Änderungen<br>in den Körperzellen | zufällige und umwelt-<br>induzierte Änderungen<br>in der Keimbahn | zufällige Mutationen                                        | zufällige DNA-<br>Sequenz-Änderung<br>(ev. auch gerichtete<br>Abänderung)                 | zufällige DNA-Sequenz-<br>Änderung                                   |                           |
| <b>Haupt-<br/>Triebkraft</b>                                  |                                                                       |                                                                   |                                                             |                                                                                           |                                                                      | Selektion<br>Instruktion  |
| <b>Selektions-Ziel</b>                                        | Individuen, ev. auch<br>Gruppe von Individuen                         | hauptsächlich Indivi-<br>duen, Determinaten,<br>Zellen und Organe | Individuum                                                  | vorrangig Individuum<br>(aber auch Gene, die<br>Gruppe, Abstam-<br>mungslinie und die Art | das Gen, Individuum<br>und / oder die Gruppe                         |                           |
| <b>Evolutions-<br/>Einheit</b>                                | Population (von Indivi-<br>duen)                                      | Population von Indivi-<br>duen, Zellen und /<br>oder Determinaten | Population (von Indivi-<br>duen)                            | vorrangig die Populati-<br>on (von Individuen)                                            | Populationen von allelen<br>eines Gen's                              |                           |
| <b>Kritik-Punkte<br/>Probleme</b>                             |                                                                       |                                                                   |                                                             |                                                                                           |                                                                      |                           |

nach Q: /19, S. 54/, geändert und erweitert



|  | DARWIN                                                                | WEISMANN                                                                                                                                                             |
|--|-----------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  |                                                                       | natürliche Selektion ist einziger Richtungsgebender Evolutions-Faktor                                                                                                |
|  |                                                                       | Ablehnung der Vererbung von erworbenen Merkmalen                                                                                                                     |
|  |                                                                       | keine evolutionäre Wirkung von Gebrauch und Nicht-Gebrauch von Organen<br>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<br>sie verändern die Quantität und Qualität der Determinanten in der Keimbahn |
|  |                                                                       | Voraussetzung für Evolution durch natürliche Selektion sind sexuelle Vorgänge                                                                                        |

---

## **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 vielleicht ablösen oder neu beleben.

### ***offene Fragen zur (morphologischen) Evolution (MÜLLER + NEWMAN (2003):***

- |                                        |                                                                                |
|----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| <b>1. Burgess shale Effekt</b>         | explosionsartige Entstehung der Baupläne der Vielzeller                        |
| <b>2. Homoplasie</b>                   | unabhängige, wiederholte Entstehung ähnlicher Gestalten                        |
| <b>3. Konvergenz</b>                   | ähnliche Entwicklungen / Designs in entfernt verwandten Gruppen                |
| <b>4. Homologie</b>                    | verschiedene Bauelemente treten als fixierte Baupläne auf                      |
| <b>5. Neuheit</b>                      | Einpassung von Neuentwicklungen in quasi-optimierte Strukturen                 |
| <b>6. Modularität</b>                  | wiederholte Verwendung gleicher oder leicht variierten Strukturen              |
| <b>7. Constraint</b><br>(Beschränkung) | nicht alle Optionen / vorhandenen Möglichkeiten werden phänotypisch ausgeprägt |
| <b>8. Atavismen</b>                    | Neuerscheinung von scheinbar schon verlorenen Merkmalen                        |
| <b>9. Geschwindigkeit</b>              | 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 Herauf-Differenzierung in prähistorischen Zeiten  
super-stabile Konzepte (z.B. Bärtierchen)

|                                                                                                                                                                                                   |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Definition(en): Aposematismus (Warnfärbung)</b>                                                                                                                                                |
| 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)  
LYSENKO-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".

|                                                                                                                                                                                                             |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Definition(en): Kreationismus</b>                                                                                                                                                                        |
| 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 Kreationismus ist derzeit sehr breit. Es gibt viele Strömungen und Richtungen. Vielfach wird versucht den Kreationismus als "alternative" wissenschaftliche Theorie zu etablieren, 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, Semiprofessionellen 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 einer bis hin zum Verfolgungswahn

alle natur-wissenschaftlichen Erkenntnisse usw. könnten von Gott (bzw. einem anderen nicht spezifizierten Schöpfer) manipuliert sein

sehen ähnlich wie die MENDEL'schen 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

### **Design-Indizien (aus der Sicht des Kreationismus)**

|                                         |                                                                                                                                                                                                                 |
|-----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| • <b>nicht-reduzierbare Komplexität</b> | Systeme funktionieren nur, wenn mehrere Bestandteile vorhanden und passgenau ineinandergreifen                                                                                                                  |
| • <b>spielerische Komplexität</b>       | Systeme sind ausgefallener / leistungsfähiger, als es für den typischen Verwendungszweck / die Hauptfunktion notwendig ist<br>es steckt so was wie (weiterdenkende) Phantasie darin                             |
| • <b>Baukasten-System</b>               | bestimmte Elemente sind in verschiedenen Systemen immer wieder enthalten<br>sie wirken, wie immer wieder neu kombiniert                                                                                         |
| • <b>Robustheit</b>                     | System kann äußeren Einwirkungen in großem Umfang ausweichen                                                                                                                                                    |
| • <b>Fehler-Toleranz</b>                | System kann viele eigene Unzulänglichkeiten / Arbeitsfehler überstehen ohne dass es zu einem Zusammenbruch kommt                                                                                                |
| • <b>Redundanz</b>                      | System besitzt sich ergänzende und doppelt angelegte Funktions-Elemente<br>der Ausfall oder schwere Beeinträchtigung des einen Funktions-Elementes kann durch das andere Funktions-Elemente ausgeglichen werden |
| • <b>Modularität</b>                    | System besteht aus Elementen / Subsystemen mit einer ausgeprägten Eigenstabilität                                                                                                                               |
| • <b>Code-Systeme</b>                   | Codes basieren auf Vereinbarungen von Personen(-Gruppen)<br>Codes sind keine Eigenschaft der Materie                                                                                                            |
| • <b>Optimalität</b>                    | System ist besonders gut für die Aufgabe / Funktion ausgelegt                                                                                                                                                   |
| • <b>Schönheit</b>                      | System ist ästhetisch / angenehm / wohlgefällig<br>so etwas kann nur von Personen / dem Schöpfer empfunden werden                                                                                               |
| • <b>Plastizität</b>                    | 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-Beweis).

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 realisiert (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 Gegenargumentationen 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 Glaubenssätze handelt.

Problem-Feld: Sozial-DARWINismus

|                                           |
|-------------------------------------------|
| <b>Definition(en): Sozial-DARWINismus</b> |
|                                           |
|                                           |

**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! 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.*

---

### **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 entstanden 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 gruppieren sich zu Atom-Kern-Bausteinen (Hadronen). In  $10^{-4}$  s (= 0,1 ms) entstanden 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 Universums  $10^{10}$  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 ( $^1\text{H}$ ) mit 75 % vorherrschend, gefolgt von fast 25 % Helium-4 ( $^4\text{He}$ ). Kerne der Elemente bzw. Isotope Deuterium, Lithium, Helium-3 und Beryllium 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.

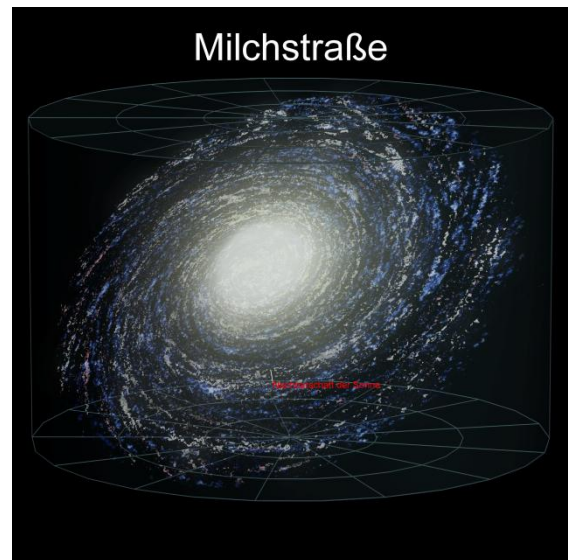
Durch geringfügige Dichte-Unterschiede und den daraus folgenden Gravitations-Kräfte-Unterschieden kam es dann zur Zusammenballung der ersten Materie zu Sternen und Galaxien.

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 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

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



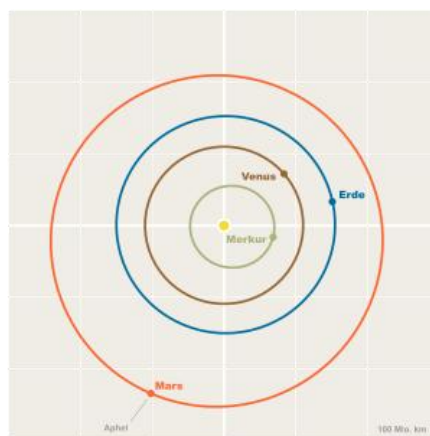
Q: de.wikipedia.org (Andre Z. Colvin)

dazu gehörte auch Uerde

→ Meteoriten-Schauer, Meteoriten-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 Meteoriten 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 Staubbülle 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 starke 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 Atmosphäre zu halten, kaum Wasser nachgewiesen (wahrscheinlich vollständig verdampft)

Oberflächen-Gestalt von Meteoriten-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.

---

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 Atmosphäre (→ 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  
wiedervereinigte Ur-Kontinente Rodina vor 1 Mrd. Jahren und dann vor 280 Mio. Jahren Pangaea

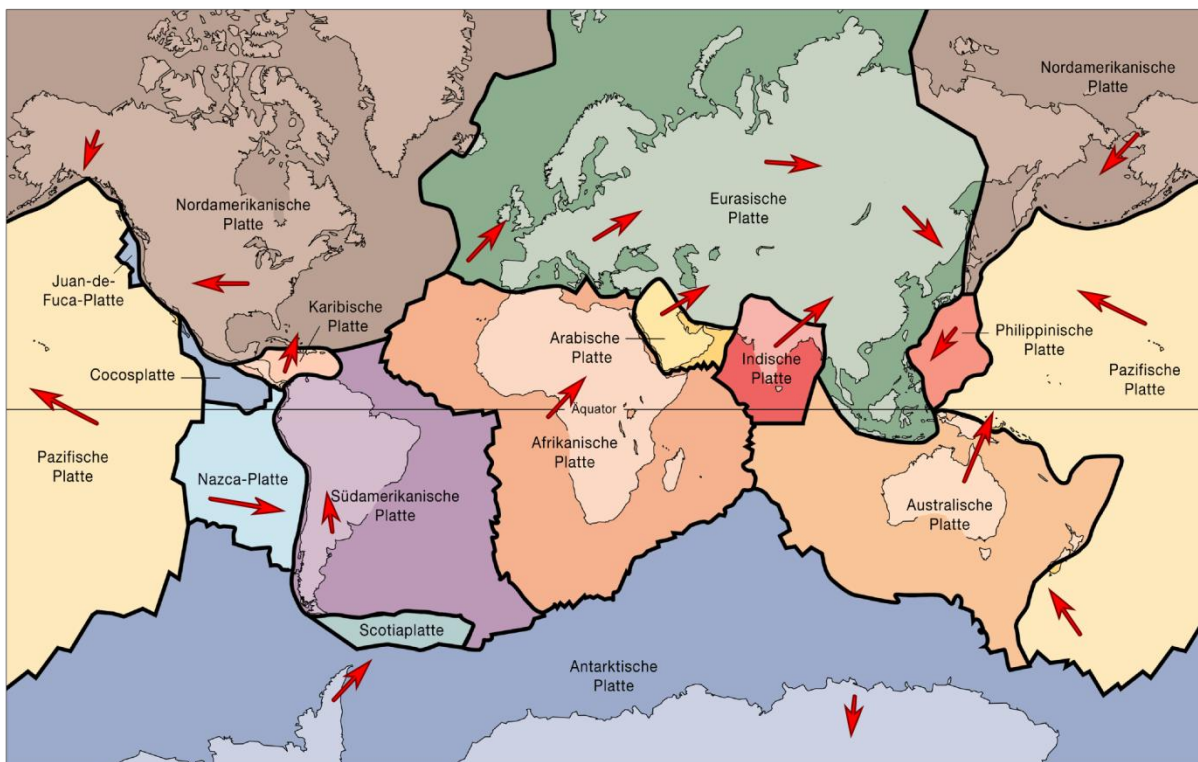
zwischendurch große Kontinente (Gondwana und Landmassen der späteren Kontinente Europa, Asien, Sibirien, Nordamerika) schwimmen auf dem flüssigen Erdkern  
im Devon drei große – voneinander getrennte – Landmassen (Asien, Euramerika, Gondwana)

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 Auseinanderdriften und Zusammendriften der Platten zur aktuellen Lage

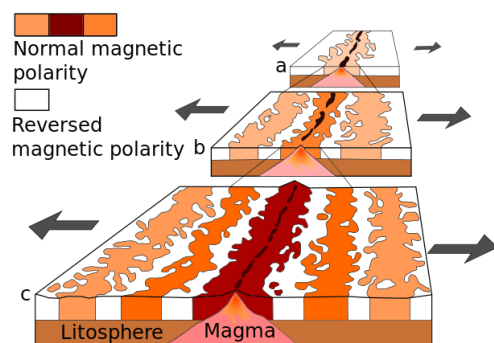
z.B. Bildung der großen Gebirgsketten (Alpen, Himalaya, Anden, Rocky Mountains)

## 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)

---

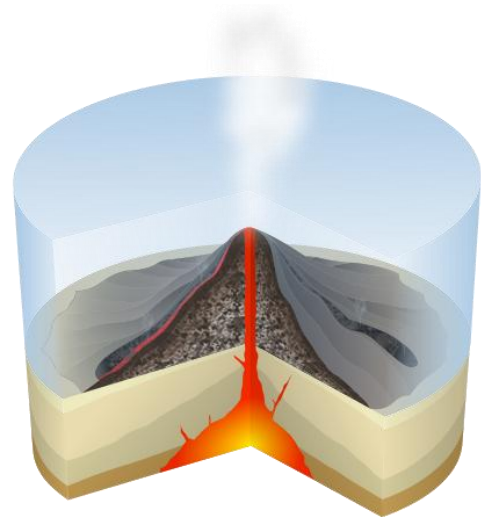
## Vulkanismus

nach der Entstehung der festen Erd-Kruste  
sehr ausgeprägt  
bis heute deutlich an Intensität abgenommen

ab und zu von erhöhter Gesamt-Aktivität 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.

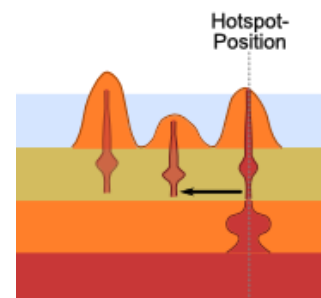
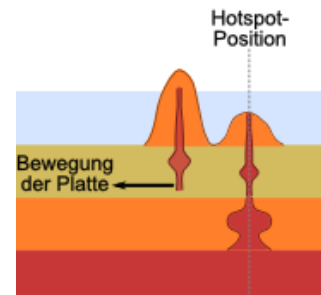
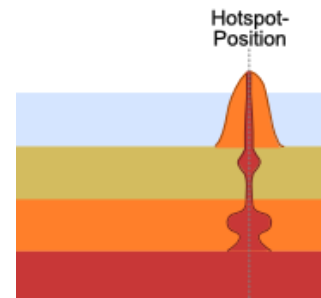
periodisch schwangende Intensität von Hotspot's bewirkt an Land Bildung von gebirgigen Strukturen, Lebewesen-freie Lava-Landschaften, verbunden mit großflächigen Vegetationsbränden Schlamm-Lawinen / pyroklastische Wolken und Asche-Ausbrüche

im Meer u.U. Bildung von Insel(-Gruppe)n  
z.B. Hawaii-Archipel

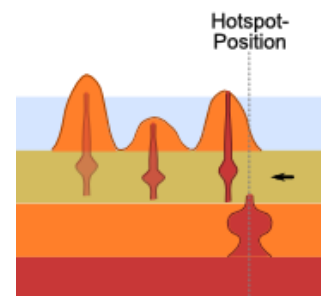
Bildung einer Ur-Atmosphäre  
aus verschiedenen Gasen z.B. auch durch Vulkanismus freigesetzt

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                                                  |
|----------------------------------|------------------------------|---------------------------------------------|---------------------|-----------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| <b>Polar-Zone<br/>Kalte Zone</b> | Pol → Polarkreis (67° N / S) | 0 °C<br>(-40 – 0 °C)<br>schwacher Tagesgang | 0 – 24 h            | geringe Niederschläge<br>Permafrostboden                        | Jahreszeiten-Klima<br>homogen                                  |
| <b>Gemäßigte Zone</b>            | Polarkreis → 40° N / S       | 8 °C<br>starker Tagesgang                   | 8 – 16 h            | Jahreszeiten-abhängige Niederschläge                            | Jahreszeiten-Klima (→ Tageszeiten-Klima)<br>sehr vielgestaltig |
| <b>Suptropen</b>                 | 40° → Wendekreis (23° N / S) | 16 °C<br>starker Tagesgang                  | 10 – 14 h           | geringe Niederschläge                                           | Tageszeiten-Klima (→ Jahreszeiten-Klima)<br>sehr vielgestaltig |
| <b>Tropen</b>                    | Wendekreis → Äquator         | 24 °C<br>schwacher Tagesgang                | ~ 12 h<br>(11 – 13) | Passat-Winde<br>Regen-Zeiten mit relativ starken Niederschlägen | Tageszeiten-klima<br>relativ homogen                           |

---

## **3.2. chemische Evolution**

Gestein-Bildung  
Kristallisation / Umkristallisation

starke Erosion durch heiße Ur-Athmosphäre 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, Kohlenmonoxid, Kohlendioxid 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 Atmosphäre

zweite Atmosphäre  
reduzierende Atmosphäre

hauptsächlich: CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O  
wenig: H<sub>2</sub>, CO, CH<sub>4</sub>, NH<sub>3</sub>

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 Atmosphäre zu CH<sub>4</sub> und CO<sub>2</sub> um

das Fehlen von freiem O<sub>2</sub> muss als Biogenese-fördernd 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

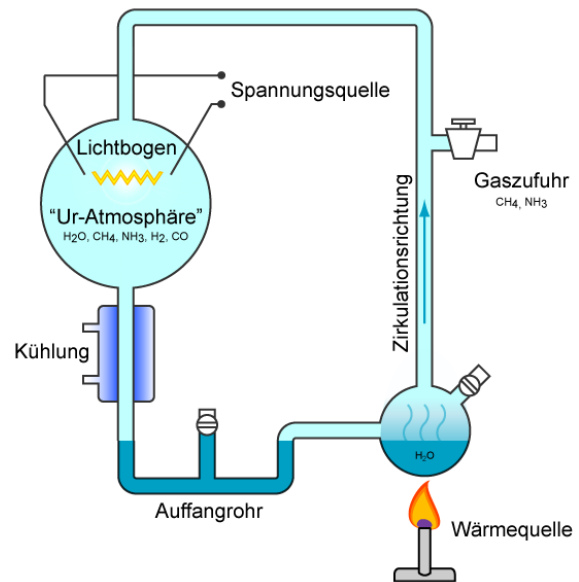
Stanley MILLER (1930 – 2007)

sehr idealistisches Bild der Ausgangs-Bedingungen

Die Modell-Atmosphäre bestand aus Wasser, Methan, Ammoniak, Wasserstoff und Kohlen(stoff)monoxid.

Kombination der verschiedenen vermuteten Bedingungen in einem geschlossenen System  
verschiedene typische anorganische Grundstoffe, die sich von alleine bilden  
dazu 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 Stoffe gezeigt wurde. Es entstanden niemals Organismen oder Organismen-ähnliche Strukturen

heute weitere Entstehungs-Möglichkeiten diskutiert

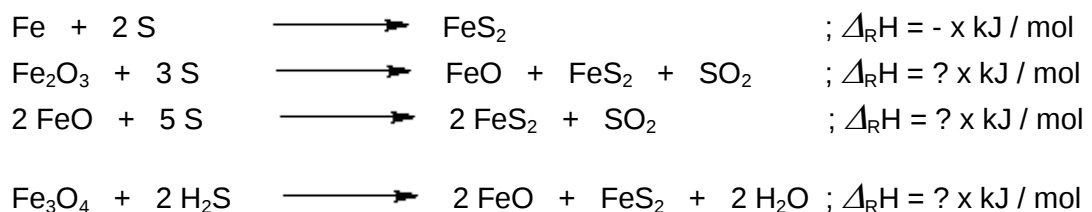
## Reaktionen an Ton-Mineralien

### Reaktionen an Pyrit

Pyrit als Katalysator

Pyrit als Energie-Quelle

Pyrit entsteht unter Sauerstoff-freien Bedingungen aus Eisen, Eisenoxiden und Schwefel oder Schwefelwasserstoff



weiße Schmocker / Tiefsee  
Hyperthermophilie



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 spiralförmig 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 Temperaturen 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

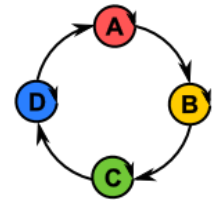
nur wenige Proteine (Polypeptide) und Polynucleotide besaßen Reaktions-fördernde Eigenschaften

#### Hyper-Zyklen

Theorie von Manfred EIGEN und Ruthild WINKLER entwickelt und publiziert (1976)

---

spezielle, zufällige Kombinationen von Reaktions-fördernden 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 sie hier auch wirken – sondern die Beeinflussungen / Steuerungen anderer Prozesse

es entstehen 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

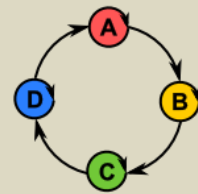
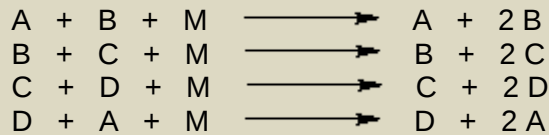
selbst-reproduzierendes Stoffwechsel-System → probiotisch

## 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 zurück zu A führt. Jeder Stoff (A, B, C und D) erhält eine eigene Farbe.

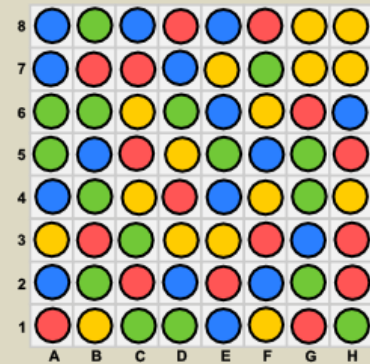
Es gelten die folgenden Prozesse, wobei das Material M nur der Form halber enthalten ist:



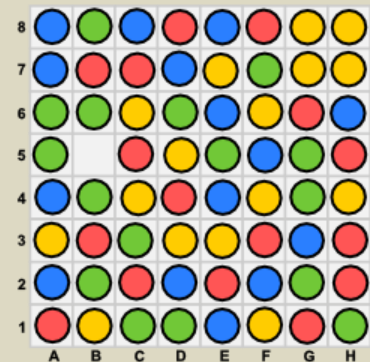
Die Spielfläche ist ein 8x8-Brett – das könnte z.B. ein Schachbrett sein.

auf dem Brett werden jeweils 16 Plättchen / Spiel-Figuren von jeder Art (A bis D, vier Farben) gesetzt.

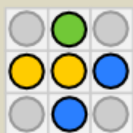
1. die aktuelle Spiel-Stelle wird mit zwei Oktaeder-Würfeln ermittelt
2. die Spiel-Figur an der Spielstelle ("Opfer") wird entfernt
3. jetzt wird eine weitere Spielstelle ("Entwickler") erwürfelt
4. WENN in der direkten (orthogonalen) Umgebung der "Entwickler"-Stelle eine Spiel-Figur mit der Vorgänger-Farbe 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 Entwickler kopiert), ANSONSTEN wird die Opfer-Stelle wieder zurückbesetzt
5. Abbruch bei vollständiger Besetzung mit nur einer Farbe SONST Fortsetzung mit 1.



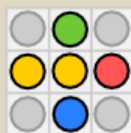
zufällig besetztes Spielfeld



"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 Dimensionen 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.

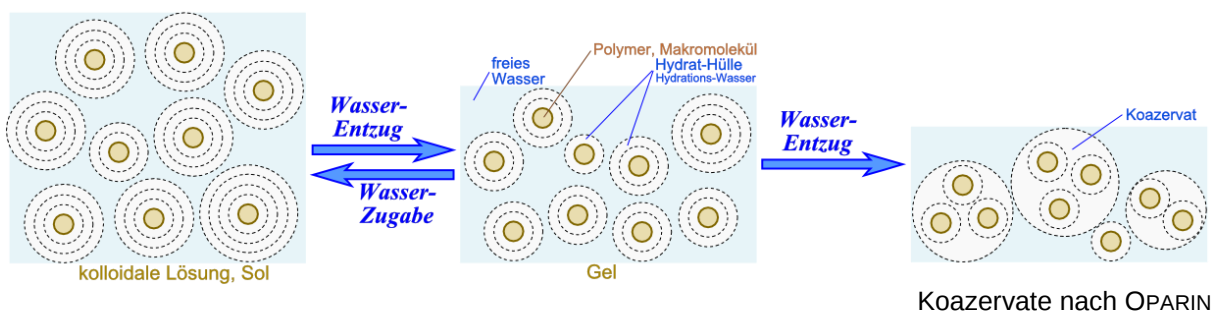
Vielleicht sind auch andere "(pro-)biotische" Strukturen entstanden. Die Wahrscheinlichkeit spricht dafür. Die heutige Lebens-Form als Kombination von Nukleinsäure- und Protein-Welt in einer Lipid-Hülle hat sich aber letztendlich durchgesetzt.

### 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



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 stattfinden 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 ( $\text{CH}_4$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NH}_3$  u.  $\text{H}_2\text{S}$ ) 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  $\mu\text{m}$ )

## **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  $\mu\text{m}$

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-Apparat (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 / Ummantelung von Reaktions-Räumen durch Lipide / Phospholipide od.ä. Stoffe. Dies könnte 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 | <p>anorganische C-Verbindungen</p> <p>↓</p> <p>Kohlenwasserstoffe</p> <p>↓</p> <p>Bildung komplexer, organischer und z.T. hoch-molekularer Stoffe (u.a. Nucleotide, Polypeptide, Polynucleotide, ...)</p> <p>↓</p> <p>poly-molekulare Systeme → Koazervate</p> <p>↓</p> <p>Herausbildung von vernetzten Reaktions-Systemen; ständige Selbst-Erneuerung und Verbesserung der System durch Auslese-Effekte</p> <p>↓</p> <p>Ur-Organismen</p> | <p>↓</p> <p>Autoreproduktion der Polynucleotide u. Polypeptide; gegenseitige katalytische Effekte; zyklische Reaktions-Folgen; Polynucleotide dienen als Matrize für Polypeptide</p> <p>↓</p> <p>Autoreproduktions-System wird durch Auslese ständig verbessert; Bildung von Nukleinsäuren; Auftreten von Enzymen</p> <p>↓</p> <p>poly-molekulare, lebende Systeme</p> |
|                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |

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 anfang, 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.

---

## 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 bisschen nach einem konkreten Ereignis 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 Ozeans oder der Ozean 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
- Selbstregulation
- 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 Metaphysik 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 Versuchsanordnung zur "Herstellung von Mäusen": In einen Krug wird zuerst schmutzige Wäsche (einer menstruierenden Frau) locker eingefüllt. Darüber gibt man reichlich feuchten Weizen, bis der 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 komplexes 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 sogartete 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 Original-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 ihren Modell beschäftigt, 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 als mögliche katalytische Moleküle und als mögliche Informations-Träger

wahrscheinlich waren zuerst nur selbst-katalytische Effekte da; ein RNA-Molekül katalysiert 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)

angenommener Neben-Effekt Produktion von Proteinen

bevorteilt sind die RNA-Moleküle, die Proteine bilden, die irgendwie die eigene Reproduktion fördern

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 stärker 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"

dagegen gibt es Metabolismus- bzw. Stoffwechsel-basierte Theorien

sie sehen die Herausbildung von Stoffwechsel-Systemen (Metabolismen) als Ausgangspunkt zuerst anorganische Katalysatoren, dann später durch organische Stoffe (gemeint letztendlich dann Proteine) abgelöst

einfache Reproduktion durch (mechanische) Teilung

Reproduktion über Informations-tragende bzw. -codierende Stoffe dann erst später

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

|                                                                                                                                    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Definition(en): Autoreproduktion</b>                                                                                            |
| Autoreproduktion ist die Fähigkeit eines Lebewesens / eines Systems von sich selbst eine funktionierende Kopie erzeugen zu können. |
|                                                                                                                                    |

|                                                                                                                                                                                                                                         |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Definition(en): Autoregulation</b>                                                                                                                                                                                                   |
| 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<br>Kriterium                    | Nukleinsäuren                                                                                                                      | Proteine                                                                                                              | Phospholipide                                                                                                          |
|---------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Funktions-<br/>Bezeichnung</b>           | genetische / Informations-Moleküle                                                                                                 | katalytische / Funktions-Moleküle                                                                                     | Abgrenzungs-Moleküle                                                                                                   |
| <b>Bau / Struktur</b>                       | wenige Bausteine<br>hohe Anzahl von Kombinationen<br>einsträngig oder doppelsträngig ohne zusätzliche intramolekulare Verbindungen | relativ viele Bausteine<br>hohe Anzahl von Kombinationen<br>einsträngig mit zusätzlichen intramolekulare Verbindungen | sehr wenige Bausteine<br>kombinieren Wasserabweisende und – anziehende Eigenschaften<br>bilden stabile Doppelschichten |
| <b>höhere Strukturierung</b>                | mehrfache Helikalisierung bei der DNA → Chromosomen                                                                                | unterschiedliche Faltung und Kombination der Peptid-Ketten möglich                                                    | Doppelschicht                                                                                                          |
| <b>Eigenschaften des Makro-Molekül's</b>    | Sequenz-unabhängig                                                                                                                 | Sequenz-abhängig                                                                                                      |                                                                                                                        |
| <b>Eigenschaften der höheren Strukturen</b> | nur Informations-Träger<br>z.T. regulierender Einfluß                                                                              | ermöglicht die Arbeits- und Baufunktionen 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 Experiment 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 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

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)

---

## **4.1. Aussterben von Arten**

Das Aussterben von Arten – vor allem die großen Massensterben – scheinen einer Evolution zu widersprechen. Praktisch sind sie aber die Quelle großer Entwicklungen. Scheinbar stabile – über viele Tausende oder 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 so etwas nicht hergeben, dann sind sie aus der "Sicht" der Evolution nicht hoch genug entwickelt und werden letztendlich von anderen Arten oder den Umwelt-Bedingungen eliminiert (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-Ressourcen
- Veränderung der abiotischen Lebensbedingungen  
typische Beispiele:
  - Umwelt-Katastrophen
  - Aussterben einer anderen Art
  - Kälte- oder Hitze-Zeiten
  - Trocken-Zeiten / Überschwemmungen
- Veränderungen der langfristigen Lebensbedingungen  
typische Beispiele
  - Vulkanismus
  - Gebirgsbildungen
  - Platten-Absenkungen (mit langfristigen Überschwemmungen)
- Krankheiten  
vor allem in hoch-spezialisierten Populationen und durch Immigration
- Parasiten
- Räuber  
Überentwicklung eines Räubers, vollständige Dezimierung der Beute
- astronomische Katastrophen  
von Strahlungs-Explosionen bis Supernovae-Ausbrüchen alles möglich
- Verdrängung / Invasion (Immigration) fremder Arten  
durch fehlende Feinde haben die Immigranten meist einen großen Vorteil

---

## **5. biologische Evolution**

### **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."

Definition 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 stammt 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; individuelles 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 so viele 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.

| <b>Taxon<br/>(deutsch)</b> | <b>interne<br/>Abkürzung</b> |
|----------------------------|------------------------------|
| Domäne                     | (D )                         |
| Reich                      | (R )                         |
| Abteilung                  | (Ab )                        |
| Stamm                      | (S )                         |
| Klasse                     | (K )                         |
| Ordnung                    | (O )                         |
| Familie                    | (F )                         |
| Gattung                    | (G )                         |
| Art                        | (A )                         |

| <b>Taxon<br/>(wissenschaftlich)</b> | <b>interne<br/>Abkürzung</b> |
|-------------------------------------|------------------------------|
| 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. wirt 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-Begriffe 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 Wahrscheinlichkeit 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 ein 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 (Jungferzeugung).

in der Natur scheint es mit der Art-Grenze bezüglich der Kreuzbarkeit gar nicht 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 bisschen 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 Kreationisten wird das Problem nicht gelöst, sondern nur weiter gefasst und die Fruchtbarkeitsgrenze etwas weiter gezogen

Grund-Typen sind Gruppen von Lebewesen-Formen, die sich teilweise 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 morphologischen 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 gleichen Kombination.)

#### **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 wird als Gruppe von Organismen aufgefasst, die einen gleichen (einzigen) genetischen und entwicklungsgeschichtlichen Hintergrund haben  
bringt Position der Organismen im Stammbaum sowohl hinsichtlich der Verwandtschaft 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 (Phylospesies)**

Eine biologische Art (Phylospesies) 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 / praktisch 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

| <b>Definition(en): Art (Biospezies)</b>                                                                                                                                                                                          |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 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.<br>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, wird 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 Populationen 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 potentielle 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 Quintessenz / Zusammenfassung der anderen Art-Konzepte verstanden werden

besonders stark durch die Definitionen der Ökospezies (ökologischer Art-Begriff) und der Genospezies (genealogischen / genetischen Art-Begriff) geprägt

|                                         |
|-----------------------------------------|
| <b>Definition(en): Art (Ökospezies)</b> |
|                                         |
|                                         |

|                                          |
|------------------------------------------|
| <b>Definition(en): Art (Genospezies)</b> |
|                                          |
|                                          |

## Exkurs: der Giebel (s ) *Carassius gibelio* – eine besondere Art?

auch Silber-Karassche 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 Süßwasser 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 gedrunken

Masse bis 2 kg üblich (maximal bis 3 kg)

ernährt sich von Boden-Tieren (Muscheln, Schnecken, Insekten, verschiedenste Larven); verschmäht aber auch Pflanzenteile nicht

Vorkommen:

ursprünglich Zentral- und Ost-Asien

seit dem Mittelalter auch in Europa

Mitteleuropa ev. erst nach dem II. Weltkrieg erobert



Giebel (s ) *Carassius gibelio*

Q: [www.fischlexikon.info](http://www.fischlexikon.info) (George Chernilevsky)

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. Karassche, 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 ploidie 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 Gruppen 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 Speziationereignis 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 Schicksal aufweist. → praktisch Evospezies  
evolutionäres Art-Konzept, allerdings kann eine Gruppe von Raum-Zeit-Gefügen nicht evolvieren; unklarer Beginn der Linie  
Phänomen 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 denselben 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 Phylopecies

aus/nach Q: WÄGELE: Grundlagen der Phylogeneitschen Systematik.-München: Verl. Dr. F. Pfeil.-2. Aufl.; S. 57 ff

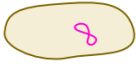
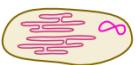
---

#### 5.0.4. Population

von lat.: populatio = menschliche Bevölkerung, Volk (aber auch: Raubzug, Plünderung)

| <b>Definition(en): Population</b>                                                                                                                                       |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 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 |
|----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|
| <b>anaerobe Archäe ohne Zellwand</b>               |    | bis 5 (- 10) µm groß<br>keine Zellwand; Zellmembran aus Tetraetherlipiden (Mono-Layer)              |                                                                                                                                                                                              | Phagocytose möglich; Hitzeschutz-Proteine für DNA; optimale Temperaturen bei 40 – 60 °C; bis pH=2;                              | (g) <i>Thermoplasma</i>        |
| <b>(Luft-)Stickstoff-assimilierendes Bakterium</b> |    | GRAM-negativ; bis 4 µm groß;                                                                        | Stickstoff-Fixierung:<br>$3 \text{ H}_2 + \text{N}_2 \longrightarrow 2 \text{ NH}_3$                                                                                                         | Zysten sind Austrocknungs- und UV-beständig; rel. Hitze-empfindlich; O <sub>2</sub> -unempfindlich                              | (g) <i>Azetobacter</i>         |
| <b>blaugrünes Bakterium</b>                        |    | Chlorophyll-haltige Membranen; intrazelluläres Membransystem; GRAM-negativ                          | Cohlenstoff-Assimilation:<br>$6 \text{ CO}_2 + 6 \text{ H}_2\text{O} \xrightarrow{h \cdot \nu} \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6 \text{ O}_2$                                            | H <sub>2</sub> S als Elektronen-Donator; ein- bis vierzellig;                                                                   | (g) <i>Crococcus</i>           |
| <b>aerobes Bakterium</b>                           |    | intrazelluläres Membran-System; GRAM-positiv; selten bis 5 µm groß                                  | Zellatmung:<br>$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6 \text{ O}_2 \longrightarrow 6 \text{ CO}_2 + 6 \text{ H}_2\text{O}$<br>$36 \text{ ADP} + 36 \text{ Ph} \longrightarrow 36 \text{ ATP}$ | Membran-gebundene Enzym zur Oxidation von Kohlenhydraten                                                                        | (g) <i>Bacillus</i>            |
| <b>Eisen-Bakterium</b>                             |    | GRAM-negativ;                                                                                       | Oxidation von Fe <sup>2+</sup> mit Sauerstoff:<br>$\text{Fe}^{2+} \longrightarrow \text{Fe}^{3+} + \text{e}^-$<br>$\text{ADP} + \text{Ph} \longrightarrow \text{ATP}$                        | Schwefel-Oxidierer; nicht-phototroph;                                                                                           | (g) <i>Thiobacillus</i>        |
| <b>Purpur-Bakterium</b>                            |  | intrazelluläres Membran-System; Bakterien-Chlorophyll(e); 3 – 4 µm groß (spiralige Arten bis 20 µm) | Cohlenstoff-Assimilation:<br>$6 \text{ CO}_2 + 12 \text{ H}_2\text{S} \xrightarrow{h \cdot \nu} \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6 \text{ H}_2\text{O} + 12 \text{ S}$                    | H <sub>2</sub> S als Elektronen-Donator                                                                                         | (g) <i>Thiorhodospira</i>      |
| <b>bewegliches Bakterium</b>                       |  | langgestreckte spirali-ge Form; GRAM-negativ                                                        |                                                                                                                                                                                              | durch kontraktile Filamente schlängelnde Fortbewegung; optimale Bedingungen 30 – 37 °C, pH=7,2 – 7,4; anaerob bis mikroaerophil | (g) <i>Treponema</i>           |

## **5.x. Evolutions-Faktoren**

Die Entwicklungsgeschichte der Organismen – also das was wir allgemein 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.

|                                                                                                            |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Definition(en): Evolutions-Faktoren</b>                                                                 |
| 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.

|                                                                                                                                                                              |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Definition(en): Anpassung</b>                                                                                                                                             |
| 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 |
|-------------------------------|
|                               |
|                               |

| Definition(en): Optimon                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ein Optimon ist eine / die Einheit der natürlichen Auslese hinsichtlich der (möglichen) Nutznießer von Anpassungen (einer Art).<br>(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                                                         |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Kontinuation</b><br>Zeitlich kontinuierliche Existenz eines Gegenstandes, auch bei beständigem Wechsel seiner materiellen Teile (als "offenes System")                        | <b>Individuation</b><br>Räumlich und zeitlich begrenzte Existenz eines Kontinuanten                                     | <b>Selektion (= Konstitutions-Kontinuations-Korrelation)</b>                                                                                         | <b>Rekombination</b><br>Mischung verschiedener Individuen                      |
| <b>Variation</b><br>Graduelle Veränderung eines Gegenstandes, die sich akkumulieren kann und damit auch wesentliche seiner Eigenschaften, d.h. seine Konstitution betreffen kann | <b>Reproduktion</b><br>Erzeugung eines neuen Individuums durch ein anderes oder mehrere andere zusammen                 | Korrelation zwischen Konstitution und Dauer der Existenz (gemessen an der Lebensdauer und Reproduktionshäufigkeit)                                   | <b>Isolation</b><br>Räumliche Trennung von Populationen                        |
|                                                                                                                                                                                  | <b>Vererbung / Heredität</b><br>Weitergabe von Eigenschaften an die Nachkommen über einzelnen Materiellen Teil ("Gene") | <b>Populationsgenetik</b><br>Kontinuation nicht der Individuen, sondern ihre Reproduktion ausschlaggebend; Fitness entspricht dem reproduktiven Wert | <b>Drift (Aleation)</b><br>Zufällige Veränderung von Populationen              |
|                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                         |                                                                                                                                                      | <b>Kompetition</b><br>Wettbewerb um knappe Ressourcen                          |
|                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                         |                                                                                                                                                      | <b>Annidation / Einnischung</b><br>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?!

---

**Definition(en): Biodiversität**

Unter Biodiversität (biologische Vielfalt) wird die Vielgestaltigkeit der Organismen verstanden.

Biodiversität ist die Vielfältigkeit des Lebens / der Lebensformen, die sich in der Vielfalt der Ökosysteme, Arten und Gene sowie deren Wechselwirkungen untereinander ausdrückt.

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. Sie liegen 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 Organismen 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

|                                                                                                                                                                                                                              |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Definition(en): Kontinuation</b>                                                                                                                                                                                          |
| 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, ...)

| <b>Definition(en): Individuation</b>                                                                                                                                |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 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

| <b>Definition(en): Reproduktion</b>                                                           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| 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))

|                                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Definition(en): Vererbung / Heredität</b>                                                        |
| 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 Sachverhalt ausdrückt und i.A. auch geläufiger ist

#### 5.x.3.1.1. Selektion

lat.: selectio = Auswahl / Auslese

|                                                                                                             |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Definition(en): Selektion (= Auslese)</b>                                                                |
| Selektion ist die Prüfung / Bewertung eines (vererbten) Merkmals durch die herrschenden Umwelt-Bedingungen. |
|                                                                                                             |

Selektion setzt beim einzelnen 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:**

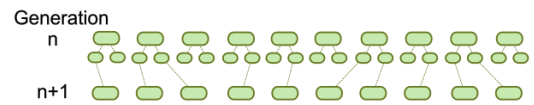
1. Es gibt eine Population / Gruppe von Objekten, die sich selbst reproduzieren
2. Der Reproduktions-Prozess läuft nicht perfekt, sondern mit kleinen Fehlern ab. (Es gibt Varietäten.)
3. Die Variationen / Unterschiede sind dazu geeignet unterschiedlich gut zu überleben (/ zu existieren) und sich zu reproduzieren.

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!*)

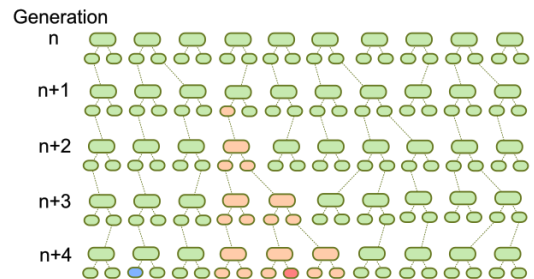
Evolutions-Theorie betrachtet die Veränderungen / Entwicklungen der Arten, nicht aber wie das passiert

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).



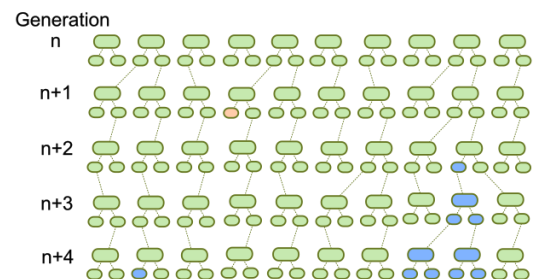
Hat nun ein Nachkommen ein neues - für die Selektion relevantes - Merkmal (hier orange), dann hat dies eine andere Wahrscheinlichkeit für das Überleben und Fortpflanzen. Es selbst und seine Nachkommen haben hier eine höhere Chance zu Überleben und sich Fortzupflanzen. Mit dieser höheren Chance verbreitet 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

|                                                                                                                                                                                                                             |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Definition(en): (biologische) Fitness</b>                                                                                                                                                                                |
| Unter biologischer Fitness wird i.A. das Maß für die Fortpflanzungs-Fähigkeit eines Organismus verstanden.<br>(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:

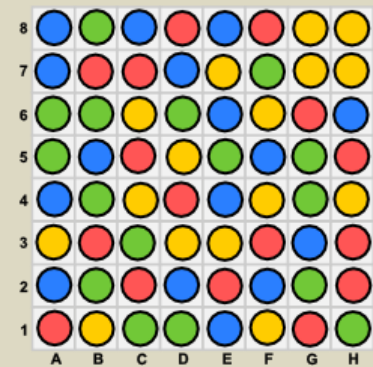
Die Spielfläche ist ein 8x8-Brett – das könnte z.B. ein Schachbrett sein.

auf dem Brett werden jeweils 16 Plättchen / Spiel-Figuren von jeder Art (A bis D, vier Farben) gesetzt.

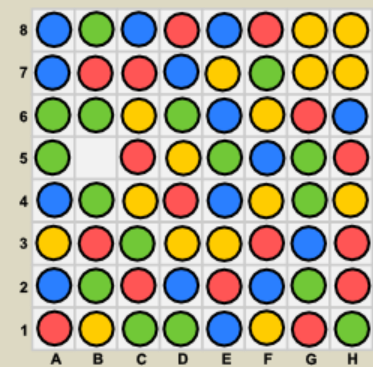
1. die aktuelle Spiel-Stelle wird mit zwei Oktaeder-Würfeln ermittelt
2. die Spiel-Figur an der Spielstelle ("Opfer") wird entfernt
3. eine neue Spiel-Stelle "Verdoppler" wird erwürfelt
4. auf die "Opfer"-Stelle wird eine Spiel-Figur der Sorte auf der Verdoppler-Position gelegt
5. Abbruch bei vollständiger Besetzung mit nur einer Farbe SONST Fortsetzung mit 1.

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.



zufällig besetztes Spielfeld



"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 zugeordnet. 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 Selektions-Faktoren und Auslese der am besten Angepassten (/ die mit der höchsten Fitness "survival of the fittest")  
in der Natur sind die Überlebensfähigsten 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

|                                                                                                                               |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Definition(en): assortative Paarung</b>                                                                                    |
| 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

#### **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 (**Handicap-Hypothese**); Handicap's sind gut für die einfache Auswahl durch 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 Aussterben 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 Geschlechts

### **Revier-Bildung / Komment-Kämpfe**

dominate Organismen bilden Revier / Herden / Rudel / ...

verteidigen diese gegen Konkurrenten

### **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

### **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.

r-Strategen sind eher klein, häufig, kurzlebiger, kommen schneller zur Fortpflanzung, benutzen vermehrt auch ungeschlechtliche Fortpflanzungs-Möglichkeiten und betreiben kaum Brutpflege.

| <b>Definition(en): Ortho-Selektion</b>                                                                                                                   |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Unter Ortho-Selektion versteht man die langfristige, fortgesetzte Evolution aufgrund eines anhaltenden / dominierenden / einseitigen Selektions-Druckes. |
|                                                                                                                                                          |

### **künstliche Selektion**

→ Züchtung, Domestizierung

| <b>Definition(en): künstliche Selektion / Züchtung</b> |
|--------------------------------------------------------|
|                                                        |
|                                                        |

### **Züchtungs-Methoden**

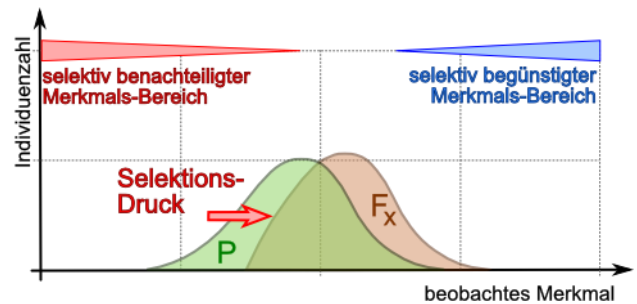
- |                                          |                                                                                                                                                  |
|------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| • <b>Auslese-Züchtung</b>                | Züchter wählt nach Merkmalen aus und kreuzt diese                                                                                                |
| • <b>Kombinations-Züchtung</b>           | gezielte Kombination von verschiedenen Merkmalen nach der 3. MENDELSchen Regel (auch mehr als 2 Merkmale)                                        |
| • <b>Hybrid- bzw. Heterosis-Züchtung</b> | Ausnutzung des effektes, dass bei bestimmten Merkmals-Kombinationen die F1-Nachkommen besonders auffällige / Leistungs-starke merkmale aufweisen |
| • <b>Mutations-Züchtung</b>              | 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

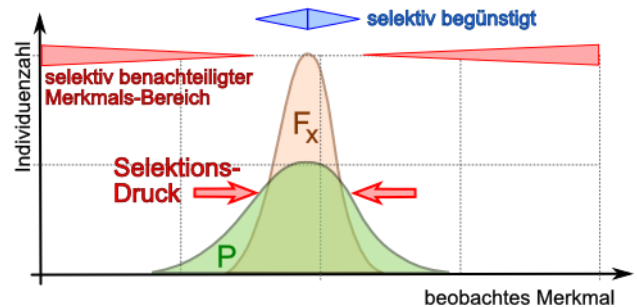


gerichtete (transformierende) Selektion

#### 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

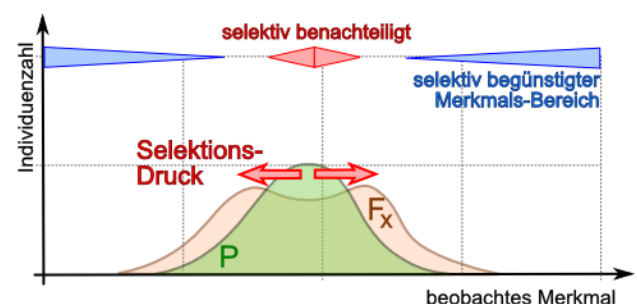
#### disruptive Selektion

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  |        |        | 1600 Aa |        |        | 0                    | 100  | 0      |
|    |        | ↙      | ↓       | ↘      |        |                      |      |        |
| F1 |        | 400 AA | 800 Aa  | 400 aa |        | 25                   | 50   | 25     |
|    | ↙      | ↙      | ↓       | ↘      | ↘      |                      |      |        |
| F2 | 400 AA | 200 AA | 400 Aa  | 200 aa | 400 aa | 37,5                 | 25   | 37,5   |
|    | ↙      | ↙      | ↓       | ↘      | ↘      |                      |      |        |
| F3 | 600 AA | 100 AA | 200 Aa  | 100 aa | 600 aa | 43,75                | 12,5 | 43,75  |
|    | ↙      | ↙      | ↓       | ↘      | ↘      |                      |      |        |
| F4 | 700 AA | 50 AA  | 100 Aa  | 50 aa  | 700 aa | 46,875               | 6,25 | 46,875 |
|    | ↙      | ↙      | ↓       | ↘      | ↘      |                      |      |        |

nach: SRBU (aus /1, S. 890/

Veränderung der Homozygoten- und Heterozygoten-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 macht eine Aufopferung nur Sinn, wenn durch das Opfer eigene Gene indirekt überleben können.

Altruismus – auch über Familien-Mitglieder hinweg – setzt immer die Kenntnis von Individualität 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 gleichgesetzt.)

---

#### 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*

Mimese

Nachahmung bestimmter Umwelt-Bedingungen

Mimikry

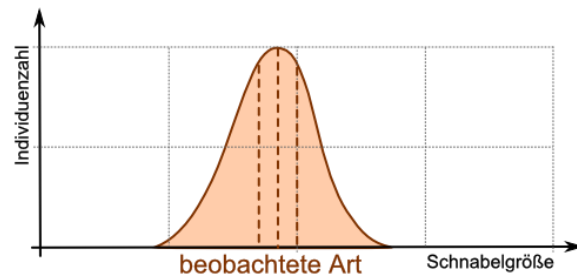
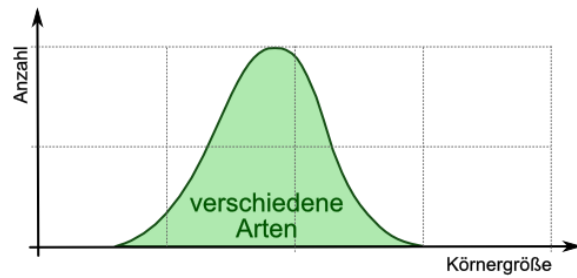
Nachahmung einer anderen Art

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 kleinem Schnabel bevorzugen die kleineren Körner, während die groß-schnäbligen vor allem die größeren Körner fressen.

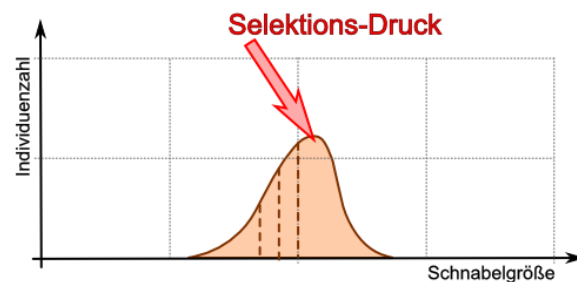
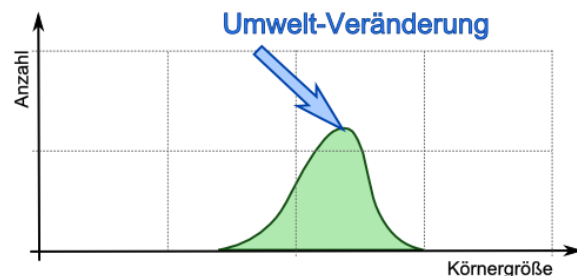
Die Individuen mit den kleineren Schnäbeln könnten die größeren Körner nicht knacken. Die größeren könnten teilweise auch mit kleineren Körnern zurechtkommen, aber effektiv ist dies nicht. Zum Anderen stellen die kleineren Individuen eine ernstzunehmende Konkurrenz um die begrenzte Nahrungs-Ressource 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 vornehmlich 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 trockene Jahreszeiten sein, die nur Körner mit harten Schalen eine Chance lassen.

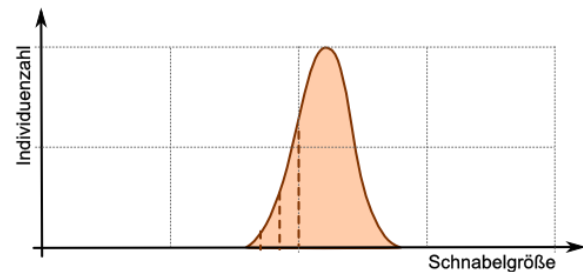
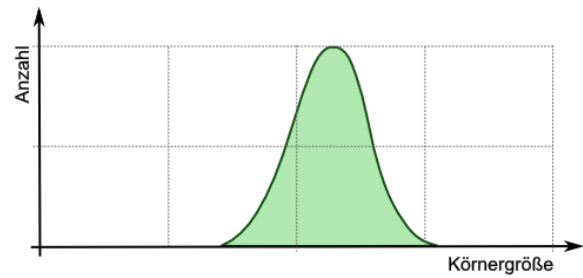
Auf die Vögel wirkt nun ein gewaltiger Selektions-Druck. Mit kleinen Schnäbeln können sie die großen – vielleicht härteren – Körner nicht mehr so eingach knacken. Die Exemplare mit größeren und kräftigeren Schnäbeln haben da bessere Überlebens-Möglichkeiten.

Die Vögel, die relativ gut mit den vorrangigen Körnern klar kommen, können sich nun erfolgreicher fortpflanzen, als die anderen.

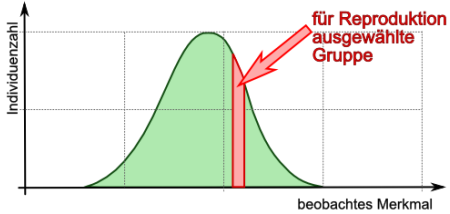
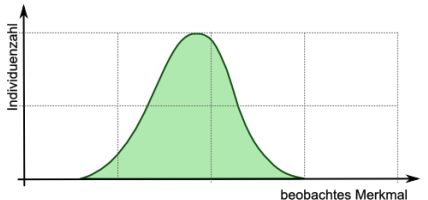
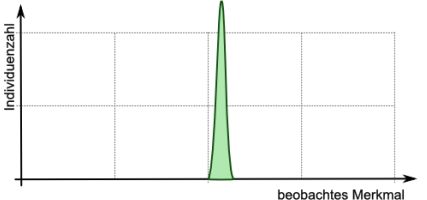
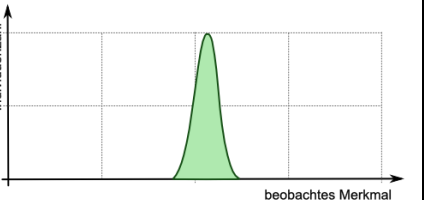
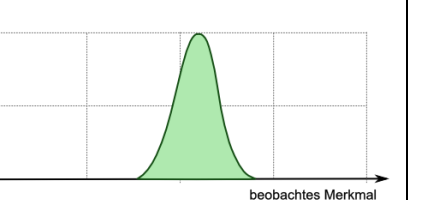
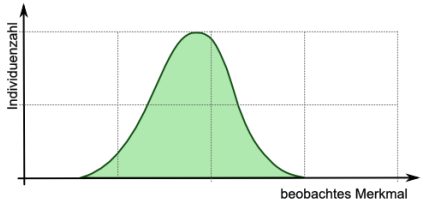
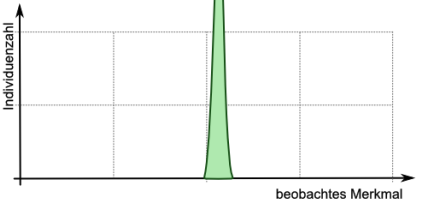
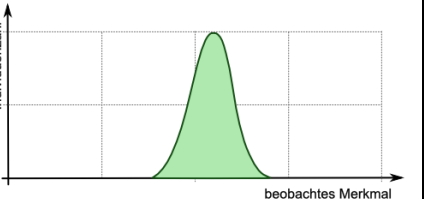
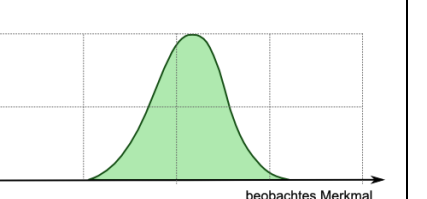


Selbst wenn sich nun die Nahrungs-Situation wieder entspannt, wahrscheinlich sind einige kleinsamige Pflanzen nicht mehr im Lebensraum vorhanden. Die anderen Pflanzen werden die freiwerdenden Ressourcen (Boden, Wasser, Sonne) optimal ausnutzen und so wieder ein zumindestens Mengen-mäßig umfangreiches Nahrungs-Angebot darstellen.

Die Vogel-Population wird nun vorrangig aus solchen Exemplaren bestehen, die optimale Schnabel-Größen besitzen.



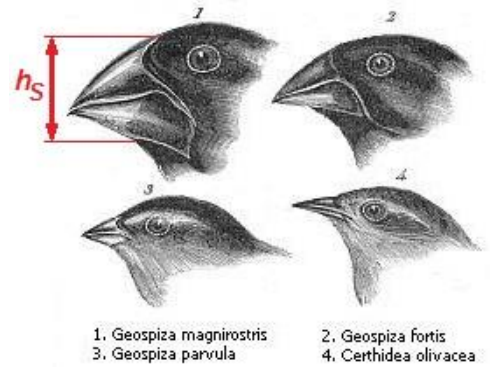
Zwischen selektierten Merkmalen und den ursächlichen Umwelt-Bedingungen entstehen schnell Abhängigkeiten. Bei einigen Tier-Arten sind selektive Veränderungen schon bei jahresbezogenen Wetter-Schwankungen (trockne oder feuchte Jahre → harte oder weiche Körner → große oder kleine Schnäbel) beobachtet worden.

|                                                                       |                                                                                    |                                                                                    |                                                                                     |                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Ausgangs-<br/>Population<br/>P-<br/>Generation</b><br><br><b>P</b> |  |                                                                                    |                                                                                     |                                                                                     |
|                                                                       | <b>Versuch 1</b><br>(Art A <sub>1</sub> od. Merkmal M <sub>1</sub> )               | <b>Versuch 2</b><br>(Art A od. Merkmal M)                                          | <b>Versuch 3</b><br>(Art A <sub>3</sub> od. Merkmal M <sub>3</sub> )                | <b>Versuch 4</b><br>(Art A <sub>4</sub> od. Merkmal M <sub>4</sub> )                |
| <b>1. Folge-<br/>Generation</b><br><br><b>F1</b>                      |   |  |  |  |
| <b>2. Folge-<br/>Generation</b><br><br><b>F2</b>                      |   |  |  |  |
|                                                                       | keine Vererbung des beobachteten Merkmals                                          | 100 %ig Vererbung (z.B. monoklonaler Vermehrung)                                   | dominant-rezessiver Erbgang                                                         | intermediärer Erbgang                                                               |

nach: /1, S. 884/

### 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.

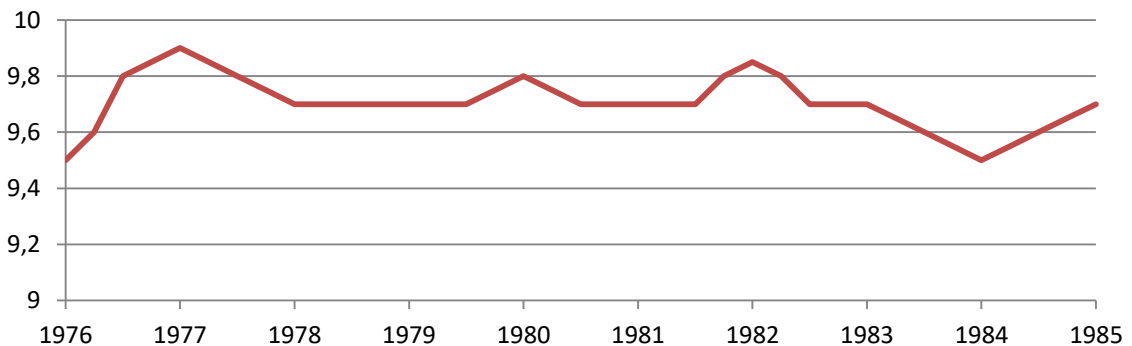


Q: de.wikipedia.org (John Gould)

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.

Schnabelhöhe



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!

---

### 5.x.3.2. Populations-Genetik

siehe auch Skript ( [Genetik – Teil2](#) (Abschnitt 9.2.))

|                                                                                                                                                                                    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Definition(en): Populations-Genetik</b>                                                                                                                                         |
| Die Populations-Genetik ist ein Forschungsgebiet, das auf Teilen der Genetik und der Ökologie (Demökologie) basiert und sich mit genetischen Abläufen in Populationen beschäftigt. |
|                                                                                                                                                                                    |

---

## 5.x.4. erleichternde Faktoren

### 5.x.4.1. Rekombination

siehe auch Skript (📖 [Genetik – Teile 1 + 2](#))

| <b>Definition(en): Rekombination</b>                                                                                                                                                                        |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 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). |

| <b>Definition(en): Gen</b>                                                                                                                                                                  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ein Gen ist der Teil des genetischen Materials (RNS od. DNS), der für die Entstehung / Herausbildung einer Funktion / eines Merkmals / häufig eines bestimmten Proteins verantwortlich ist. |
|                                                                                                                                                                                             |

| <b>Definition(en): Gen-Pool</b>                                                                                                                                                 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 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

|                                                                                                                                                                                                                                     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Definition(en): Allel</b>                                                                                                                                                                                                        |
| 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

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Definition(en): Idiotypus</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 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 ,...)). |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |

|                                                                                                                                                             |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Definition(en): Genotyp</b>                                                                                                                              |
| 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). |

|                                                                                                                                                                                       |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Definition(en): Phänotyp</b>                                                                                                                                                       |
| 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). |

|                                                                    |
|--------------------------------------------------------------------|
| <b>Definition(en): Pleiotropie</b>                                 |
| Pleiotropie sind mehrere (verschiedenartige) Wirkungen eines Gens. |
|                                                                    |

---

#### **5.x.4.1.1. Mutation**

siehe auch Skript ( **Genetik – Teil2** (Abschnitt 8.2.))

|                                                             |
|-------------------------------------------------------------|
| <b>Definition(en): Mutation</b>                             |
| Mutationen sind zufällige Änderungen der Erb-Informationen. |
|                                                             |

Mutationen in der Keimbahn

Mutationen in Körper-Zellen

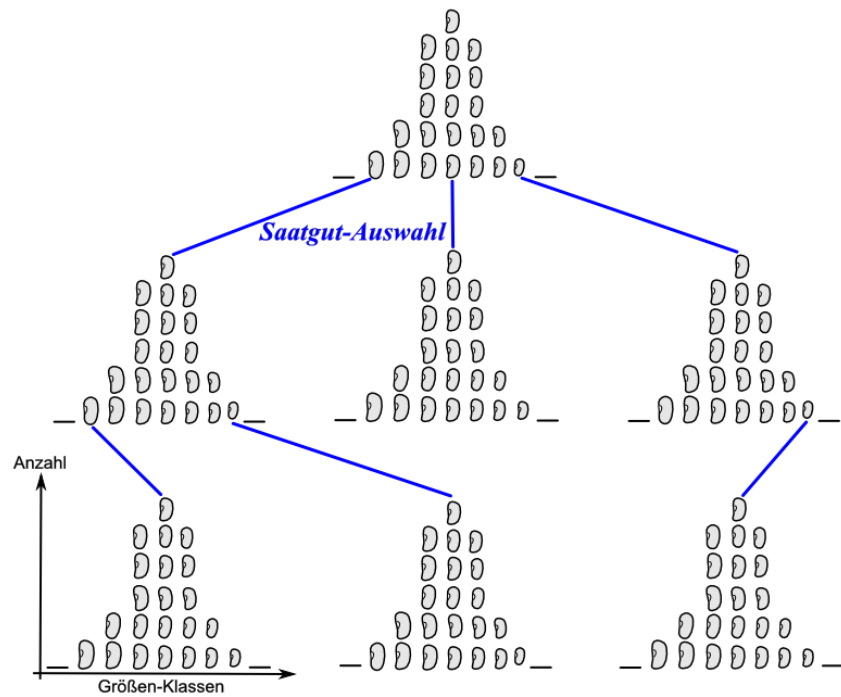
grob geschätzt sind bei rund 1'000'000 Mutationen nur 3 mit positivem Effekt und 3 mit neutralem, die anderen Mutationen sind Nachteils-behaftet

### 5.x.4.1.2. Modifikation

siehe auch Skript (📖 [Genetik – Teil2](#) (Abschnitt 8.1.))

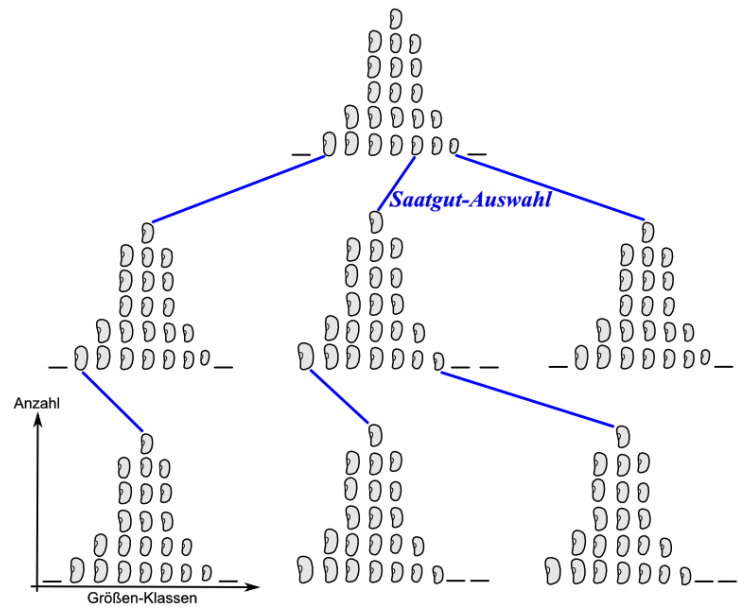
#### Definition(en): Modifikation

.



### Aufgaben:

1. Vergleichen Sie Modifikation und Mutation in einer geeigneten Tabelle!
2. Bei Aussaat-Versuchen zu Modifikationen bei Bohnen kamen die nebenstehenden 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**

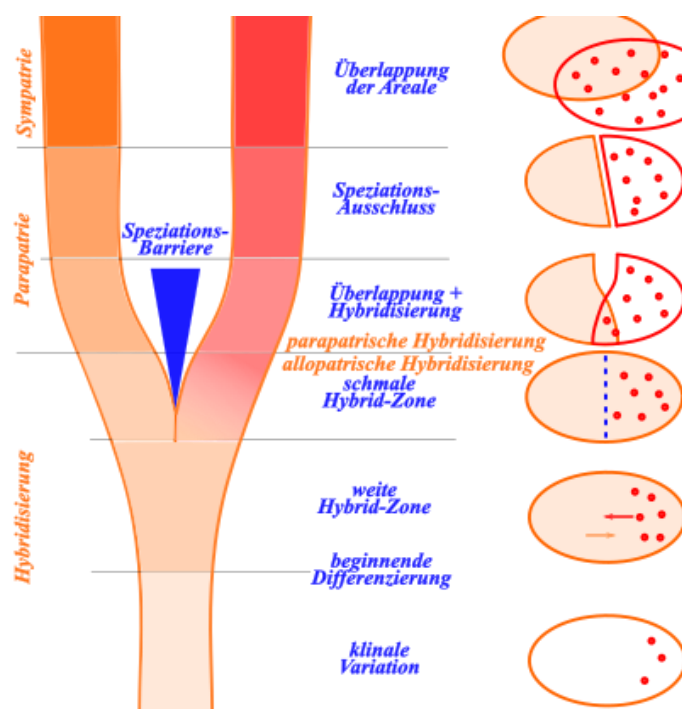
Isolation ist die Absonderung von Populations-Teilen aufgrund des eigenen Verhaltens oder vorhandener Merkmale.

#### **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. → Separation → Divergenz → sek. Kontakt



Q: nach GLAUBRECHT (Paper A2); geändert: dre  
aus GLAUBRECHT: Evolutionssystematik limnischer Gastropoden

---

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-Organ  
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 Bastarde 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 Organismen 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.

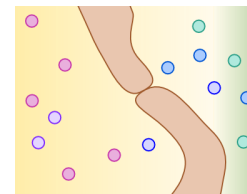
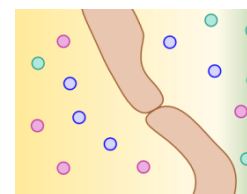
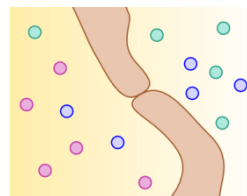
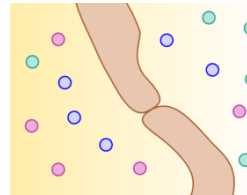
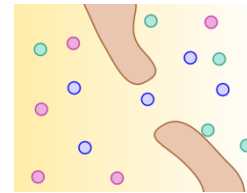
Für jede Art kann die geographische Hürde ganz unterschiedlich groß sein. Für die eine Art, müssen es auseinanderbrechende Kontinente sein, für andere reicht schon eine "unüberwindliche" Asphaltstraße als Hürde.

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 häufen 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

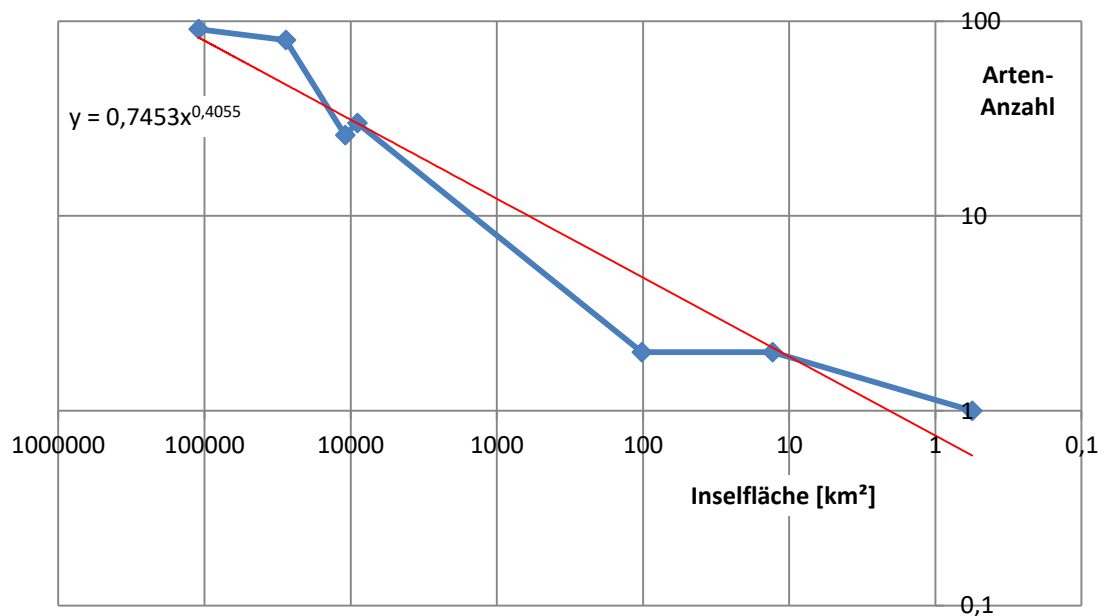
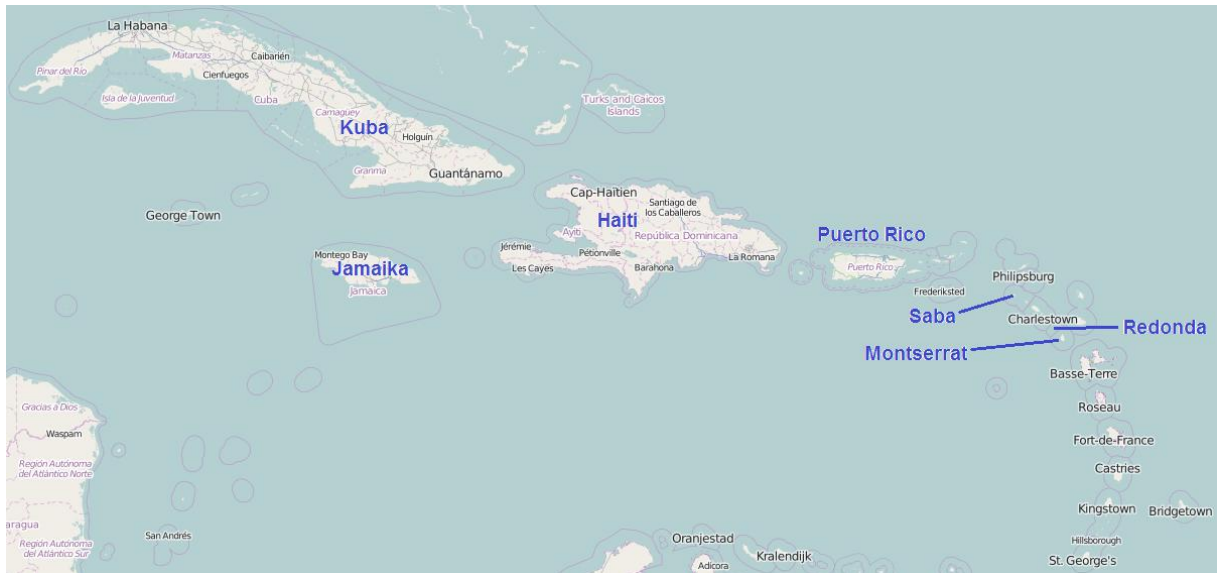


#### Definition(en): Endemiten

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](http://www.caribherp.org) (Arten); [de.wikipedia.org](http://de.wikipedia.org) (Flächen))

#### 5.x.4.2.2. ökologische Isolation

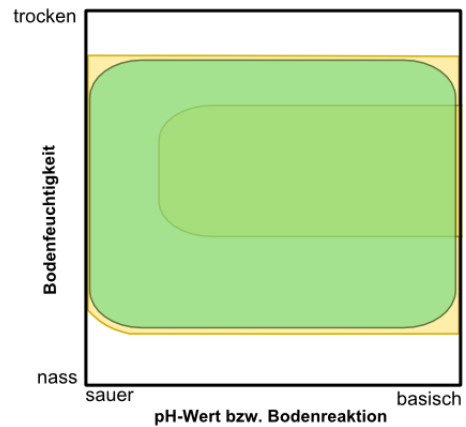
Da auf einen Organismus bzw. eine Population nicht nur ein einzelner Umwelt-Faktor einwirkt, sondern eine Vielzahl, kann eine Art nicht immer den optimalen Lebensraum bezüglich eines Faktors einnehmen. Die "Wahl" des Lebensraums ist ein Kompromiss, der auch von anderen Arten – z.B. Konkurrenten – beeinflusst 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.

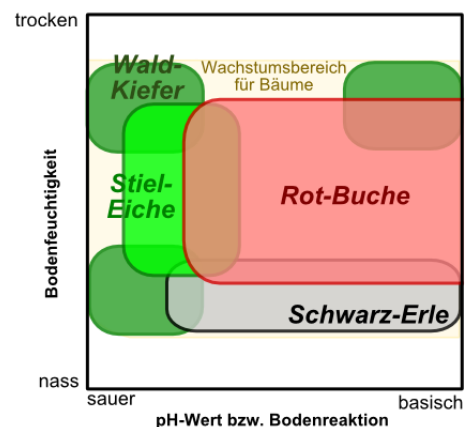
Nach und nach werden sich die Teil-Gruppen zuerst zu Unterarten und dann letztendlich zu eigenständigen Arten entwickeln.

siehe auch Skript (📖 **Ökologie** (synökologisches Optimum))



**Wald-Kiefer**  
***Pinus sylvestris***

Ökogramm der Wald-Kiefer  
(s) *Pinus sylvestris*



#### 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 flansen-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

praktisch 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 Fortpflanzungs-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.4.3. 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

|                                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Definition(en): Gendrift</b>                                                                     |
| 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 Emigration 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 (rapiat) 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 eine 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 Fehlern oder Abwandlungen, die er macht, werden wieder neue Untervarianten der Schuh-Typen entstehen. Bestimmte Schuhe werden nur einmal getragen und werden irgendwann 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 Schuh-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

#### **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**

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 Organismen. |
|                                                                                                                       |

---

Migrations-Bewegungen sind es nur dann, wenn sie über den Aktions-Raum (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!***

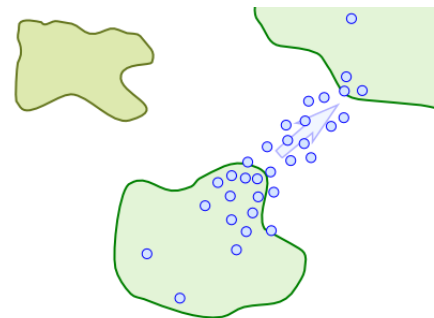
Unterscheidung:

**5.x.y.z. Migration i.e.S.**

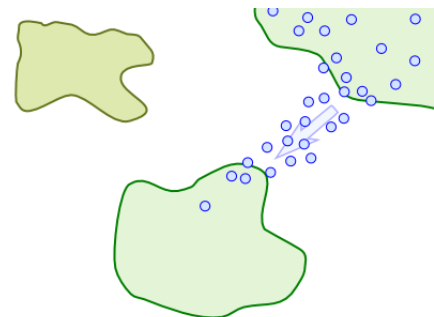
gerichtete Wanderungs-Bewegung einer Population von ihrem angestammten Lebensraum weg und meist anschließend wieder zu ihm zurück  
meint: z.B. jährliche Tierwanderungen (Huftiere der Savanne), Vogelzug, Laich-Wanderungen

Auswanderung, wird auch Emigration genannt  
bezogen immer auf einen / den aktuellen Lebens-Raum

Einwanderung, auch Immigration  
gemeint



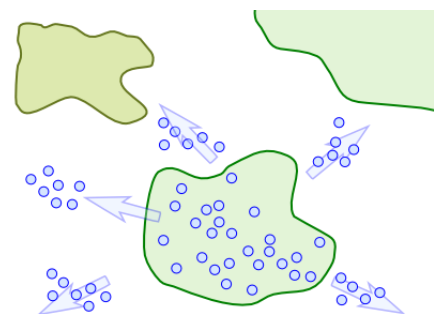
Auswanderungs-Bewegung



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

---

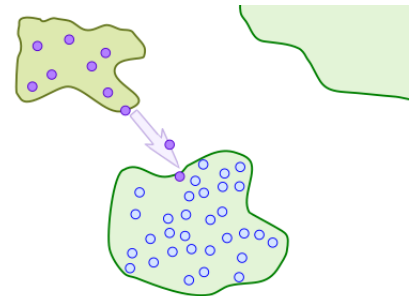
Arten, die nicht zur Ausbreitung in der Lage sind, unterliegen dem Risiko, dass im Falle von Umwelt-Veränderungen ein Überleben im angestammten Lebensraum unmöglich macht für viele Arten gibt es neben den direkten aktiven Bewegungs-Möglichkeiten indirekte: Transport im Gefieder, treiben mit Flut und 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 Weibchen streiten. Säugetier-Männchen kämpfen seltener um Territorien als um Weibchen.

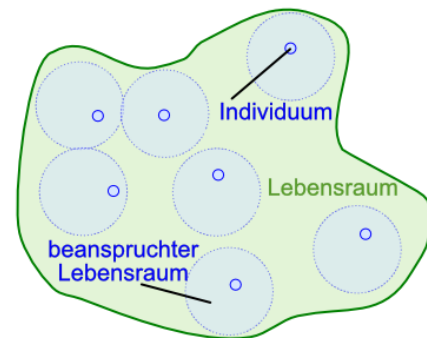
Bei den mehr monogamen Vögeln haben die Männchen einen deutlich höheren Anteil an der Aufzucht der Nachkommen, als die Säugetier-Männchen.

Bei den Insekten sind ebenfalls eher die Männchen, die auswandern. Hier sind die Weibchen oft Flug-unfähig (zu groß und fett oder Flügel-los).

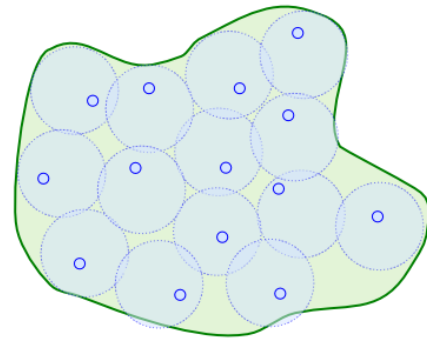
#### 5.x.4.4. *Kompetition - Konkurrenz*

##### **Definition(en): Konkurrenz**

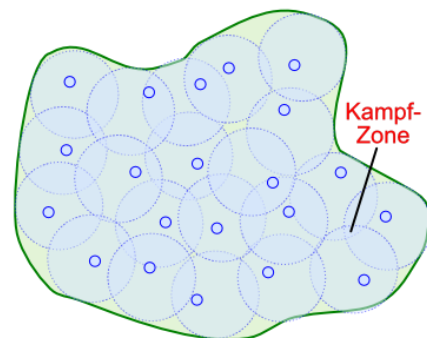
Konkurrenz ist die Auseinandersetzung von Individuen / Populationen / Arten um die gleiche (begrenzte) Ressource.



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**

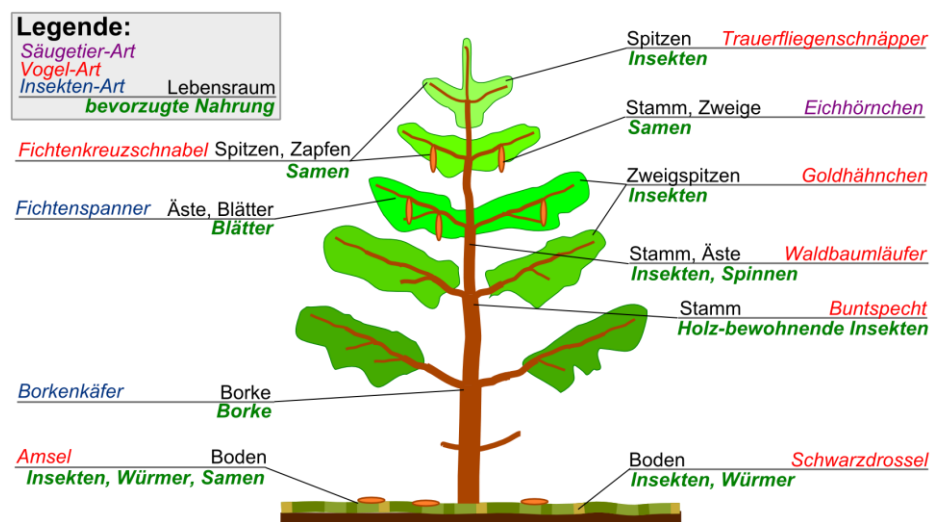
Die ökologische Nische ist eine Funktionsstelle innerhalb eines Ökosystems.

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 Konkurrenz(-Ausweichung).



Lebensraum Fichte (Auswahl)

!!! noch zuordnen!!!

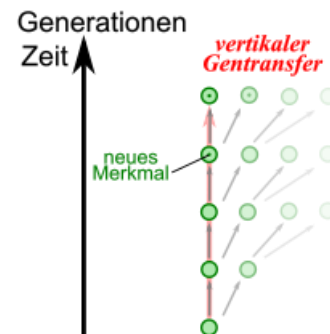
## 5.x.y. vertikaler Gen-Transfer

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

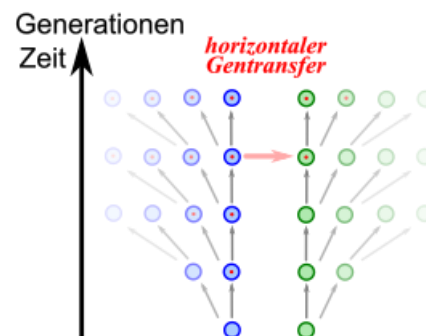
auch: horizontaler Gen-Austausch, lateraler Gen-Transfer (LGT)

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 Photosynthese (aus ev. 5 Genomen von Bakterien) und bei der Evolution des Mensch diskutiert  
schwerlich nachweisbar (Problem der Übergangs-Formen)

---

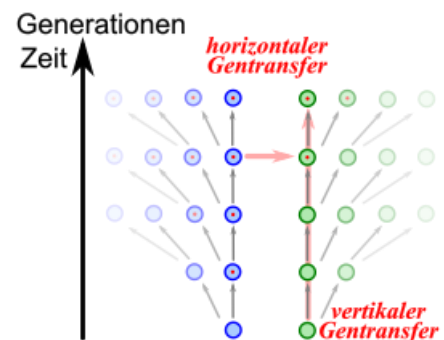
**Definition(en): Gen-Transfer**

Ein Gen-Transfer ist die Übertragung von genetischen Material (/ Erbinformationen) zwischen Organismen.

**Definition(en): horizontaler Gen-Transfer**

Der horizontale Gen-Transfer ist die Übertragung / der Austausch von Genen über Art-Grenzen hinweg.

für die Gesamt-Sicht müssen 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

---

| <b>Definition(en): Auslese</b> |
|--------------------------------|
|                                |
|                                |

Variabilität

| <b>Definition(en): Variabilität</b> |
|-------------------------------------|
|                                     |
|                                     |

Spezialisierung

DARWIN-Finken auf den Galapagos-Inseln

Radiation

| <b>Definition(en): Genom</b>                                                                 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| Das Genom ist die Gesamtzahl der Gene / genetischen Informationen eines Organismus.          |
| Das Genom ist das organisierte System aller Gene eines Organismus.<br>(nach JABLONKA + LAMB) |
|                                                                                              |

| <b>Definition(en): Gen</b>                                                                                                                                                           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 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 phylogenetisch 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-Evolution 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.

---

## Mimikry

Vortäuschung bestimmter Merkmale  
Prinzip Signal-Fälschung

## Räuber-Beute-Beziehung

## 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 Blüten-Formen, um nur ausgewählten 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 beständigen 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* imitieren 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 unserer Zeit - Resistenz der Krankheits-Erreger gegen Antibiotika  
Bakterien sind i.A. gegen bestimmte Stoffe – die wir Antibiotika nennen – empfindlich  
das bekannteste und historisch das erste bekanntgewordene Antibiotika war das Penizillin  
es wird von bestimmten Schimmelpilzen gebildet

#### Anekdote von der Entdeckung des Penicillin durch FLEMMING

in genügend großen Bakterien-Kulturen sind immer mal wieder einzelne Individuen enthalten, die durch Mutationen unempfindlichen (resistent) gegen das einwirkende Penizillin sind  
das resistente Bakterium kann sich nun erfolgreich vermehren und ab sofort ist der Krankheits-Erreger resistent

neben der Vermehrungs-Reihe besteht 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 entstehen 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 zumindestens gegen eines der Antibiotika resistent ist

als nächstes kommt hinzu, dass selbst dann Antibiotika verschrieben werden, wenn sie gar offensichtlich gar nicht helfen können. Gegen Viren (z.B. Grippe oder Schnupfen) können Antibiotika gar nichts ausrichten. Aber der Patient erwartet ein Medikament gegen seine Erkrankung und der Arzt will die an ihn gestellte 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. Zuguterletzt ist aber auch der Patient 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: )

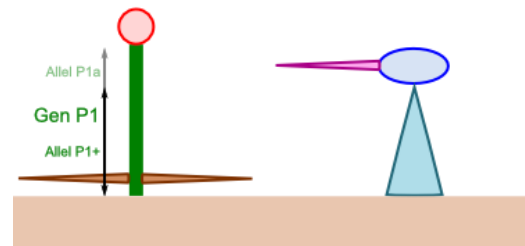
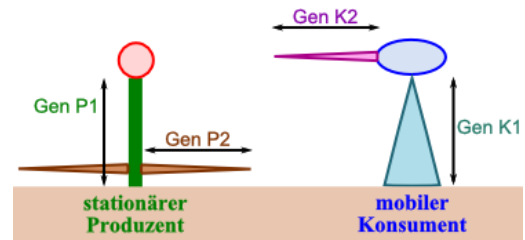
Eine Pflanze (stationärer Produzent) produziert eine leckere Frucht, die ein Fressfeind (mobiler Konsument) nutzen möchte. Der Produzent "versucht" seine Früchte (mit den Samen für die eigene Verbreitung) durch größeres Wachstum und seitlichen Dornen zu schützen.

Neben vielen anderen Genen, sind zwei Gene hierfür verantwortlich. Gen P1 codiert die Größe und Gen P2 die Länge der Dornen.

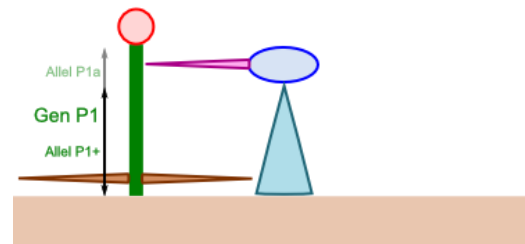
Auch der Phänotyp des Konsumenten wird von vielen Genen bestimmt. U.a. von Gen K1 für die Körper-Höhe und Gen K2 für die Schnabel- / Maul-Länge.

Bei auftretenden Mutationen wird die Selektion die Varianten bevorzugen, 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.



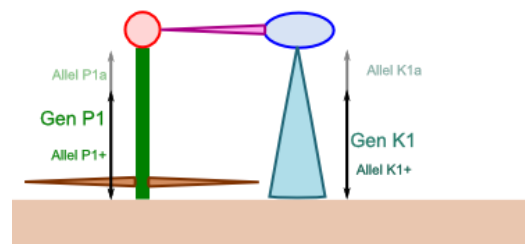
Für den Fressfeind bildet sich ein neuer Selektions-Druck heraus. Der ursprüngliche Konsument kann die höheren Früchte nicht erreichen, was letztendlich die Verbreitung des Gen's P1a im Gen-Pool fördert.



In der weiteren Entwicklung werden nun K1-Gene beim Konsumenten bevorzugt, die für eine größere Länge stehen. Sie könnten z.B. durch Mutation entstehen.

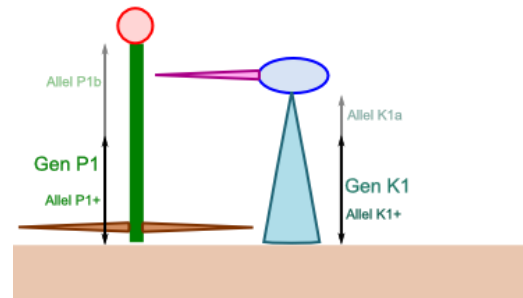
Vielleicht gibt es das Gen K1a schon lange im Gen-Pool der Konsumenten. Bisher war er aber eher nachteilig. Größere Körper benötigen mehr Stoff und Energie. In der ursprünglichen Situation sind sie vielleicht auch auffälliger für Fressfeinde.

In der neuen Situation mit höheren Früchten ist nun das Allel K1a die bevorzugte Version.



Für die Pflanze entsteht nach einiger Zeit / einigen Generationen wieder der alte Selektionsdruck.

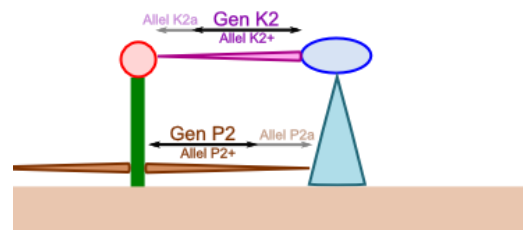
Dieser Prozess wiederholt sich nun mehrfach. Beide Gene bilden eine in der Selektion verbundene Paar. Ihre Evolution ist aneinander gebunden. So etwas wird Co-Evolution genannt.



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".

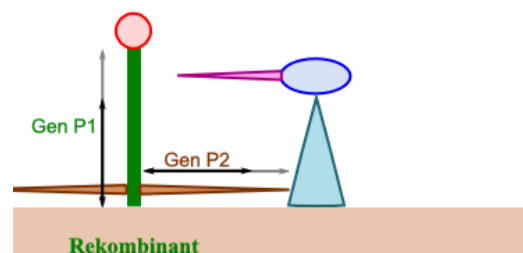
Das Wechsel-Spiel der jeweiligen Verlängerung wird sich auch hier solange wiederholen, bis irgendwelche Grenzen (Probleme, ...) auftreten, die einen weiteren Prozess behindern. So könnten die Dornen zu dünn für die Länge werden und abbrechen. Oder der Schnabel / das Maul wird zu lang, als dass man sich 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.

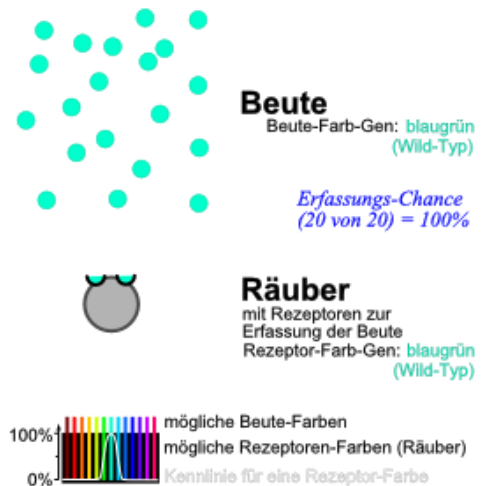
Co-Evolution ist also ein unendliches Spiel.



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.

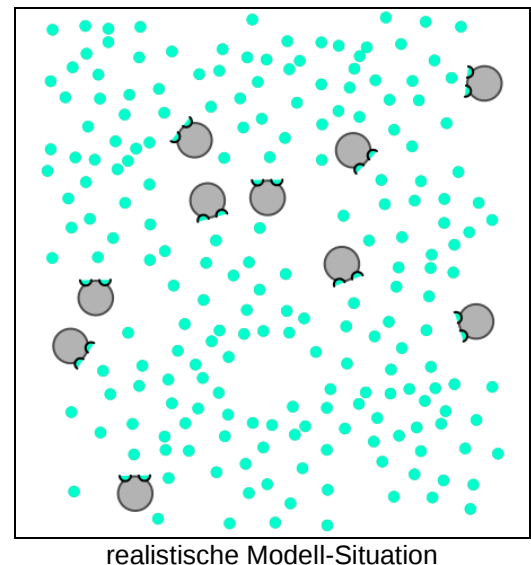


Da seine Rezeptoren zu Anfang optimal auf die Beute-Farbe eingestellt sind, ist eine Reproduktion kein Problem.

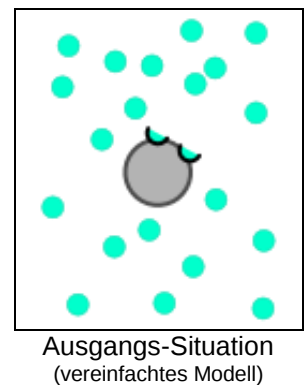
Die Rezeptoren können die benachbarte Farbe nur begrenzt erfassen. Letztendlich kommt es nur zu 50% zum Jagd-Erfolg.

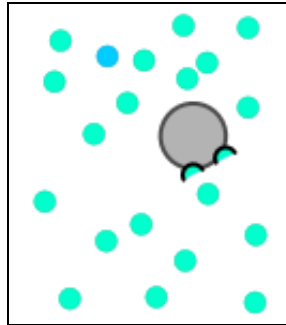
Bei der Beute kommt es nun bei einem Objekt zur Mutation des Farb-Gens.

Realistischer – 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.

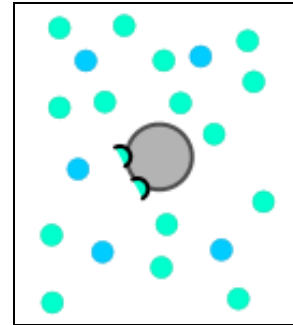


Wir beschränken uns bei unseren – quasi semiquantitativen - Modell-Betrachtungen nur auf eine einzelne Räuber-Beute-Einheit.

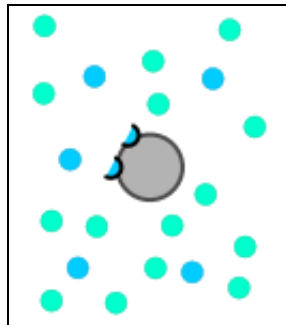




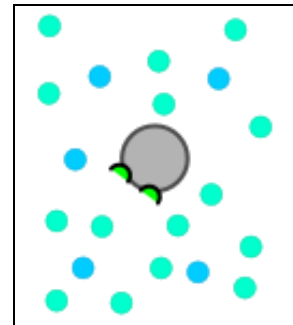
Mutation bei Beute



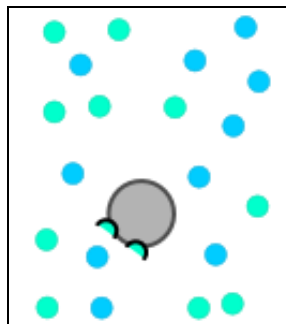
Verbreitung der Mutation



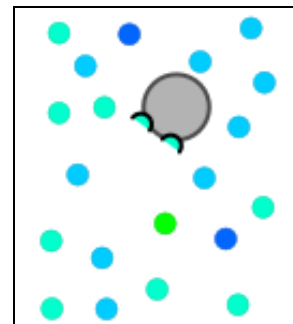
mitlaufende Mutation



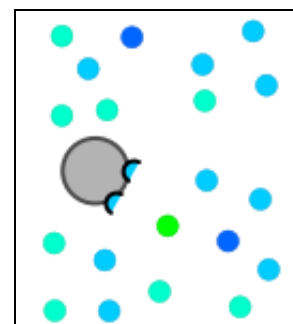
gegenlaufende Mutation



Bevorteilung der Mutation



Auftreten weiterer Mutationen



zwingende Anpassung des Räubers

---

→ "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 Erwartungen bei den Weibchen nicht (mehr) befriedigen.

Q: [http://www.deutschlandfunk.de/natur-stoppt-schoenheit.676.de.html?dram:article\\_id=28332](http://www.deutschlandfunk.de/natur-stoppt-schoenheit.676.de.html?dram:article_id=28332)

### **interessante Links:**

[www.evolution-of-life.com](http://www.evolution-of-life.com) (verschiedene Filme plus Zusatzmaterial zur Evolution)

## 5.x. Entstehung neuer Arten

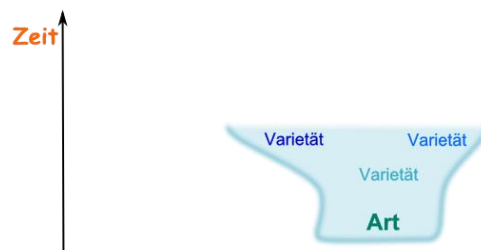
### **Definition(en): Speziation**

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

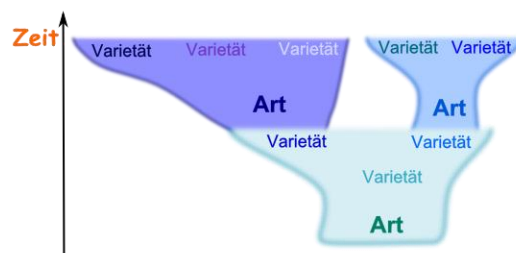
was heute eine Art ist, waren früher die Varietäten einer anderen Art, die sich abgesondert / isoliert / spezialisiert / weiter verändert haben



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 vielen 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 eigentlichen 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



Gattungen sind also Gruppen von Arten, die sich aus den Varietäten einer älteren – ev. auch schon ausgestorbenen – Art entwickelt haben

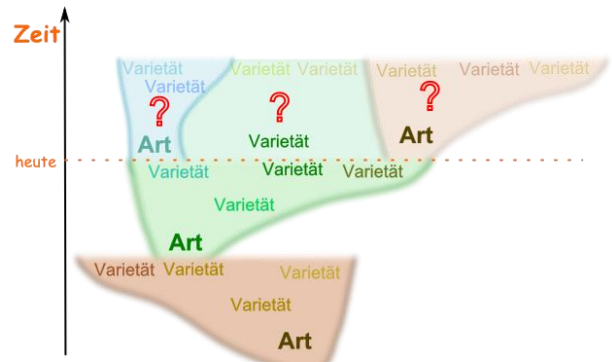
analog lässt sich das Prinzip auf größere taxonomische Gruppen und noch ältere Arten / Gattungen usw. usf anwenden

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.

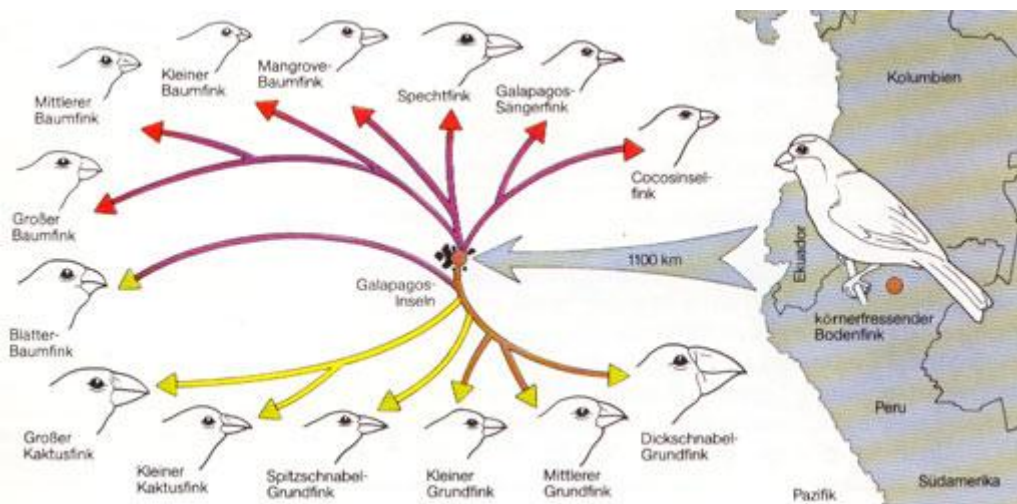


### 5.x.1. adaptive Radiation

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 Bedingungen zurückführen könnte.

Eine der Probleme 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](http://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-Archipels 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 seiner 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 Vorgänge 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 Südamerikas)

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 Strukturierung 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 Ursäugetern vor rund 70 Mio. Jahren oder für die Saurier von über 100 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 eingemischt 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

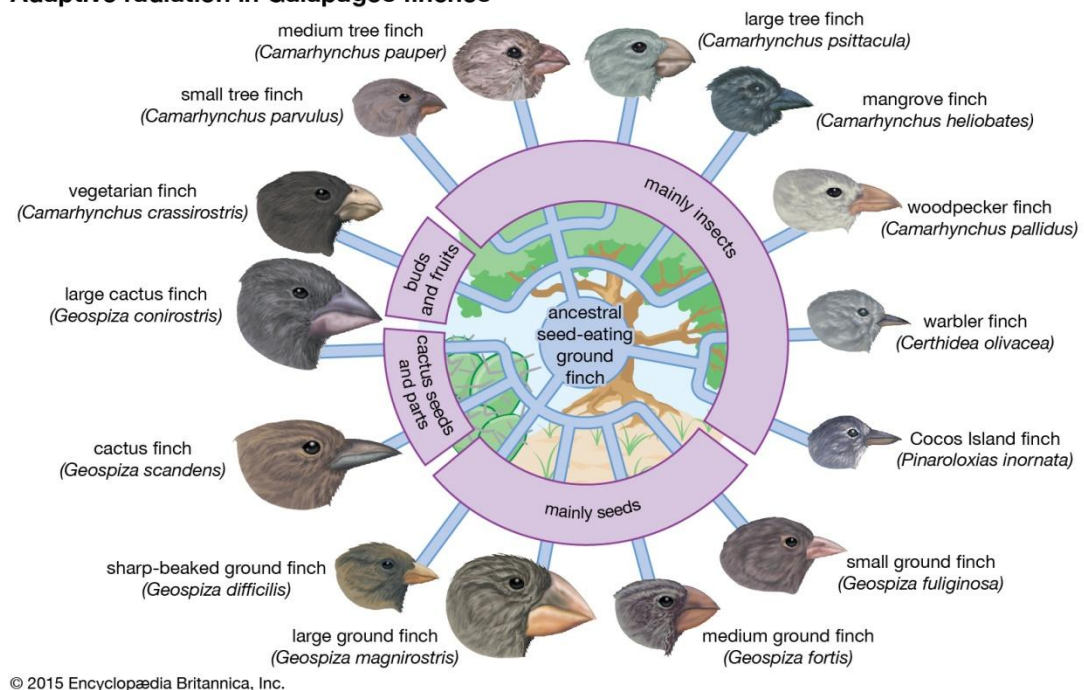
Adaptive Radiation ist die Auffächerung einer wenig spezialisierten Art in mehrere stärker spezialisierte Arten.

Unter adaptiver Radiation versteht man in der Biologie die vielfache Abwandlung eines eher einfachen (Grund-)Bauplan's in mehrere spezialisiere.

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 in Galapagos finches



### Adaptive Radiation

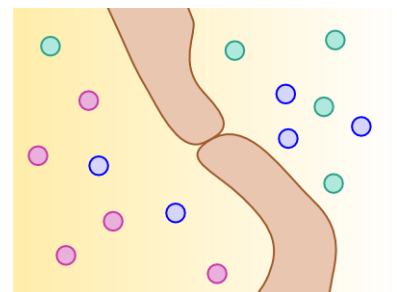
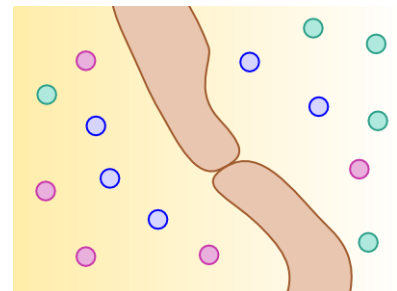
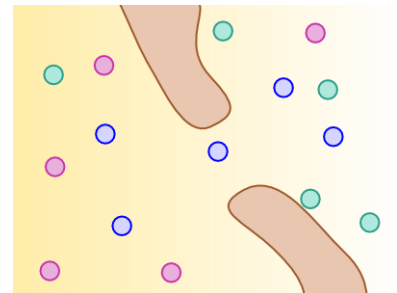
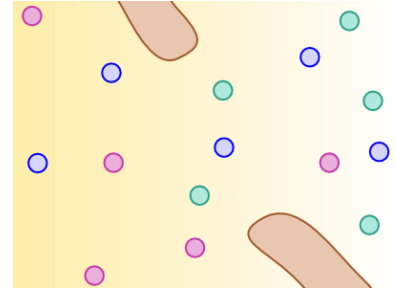
Q: <https://www.britannica.com/media/full/262934/74641>  
Encyclopaedia Britannica Online (02. Feb. 2017)

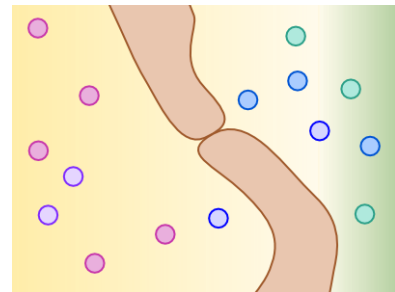
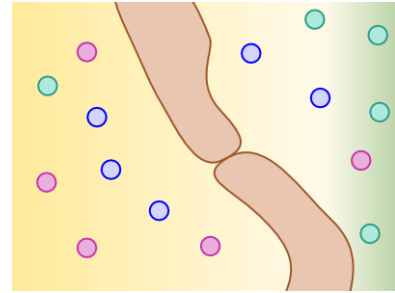
---

## 5.x.2. Isolations-Mechanismen

Spaltung der Populationen / Arten → durch Isolation

typisch geographische Isolation z.B. durch sich verbreiternde Flüsse, längerdauernde Überschwemmungen, Gebirgs-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.

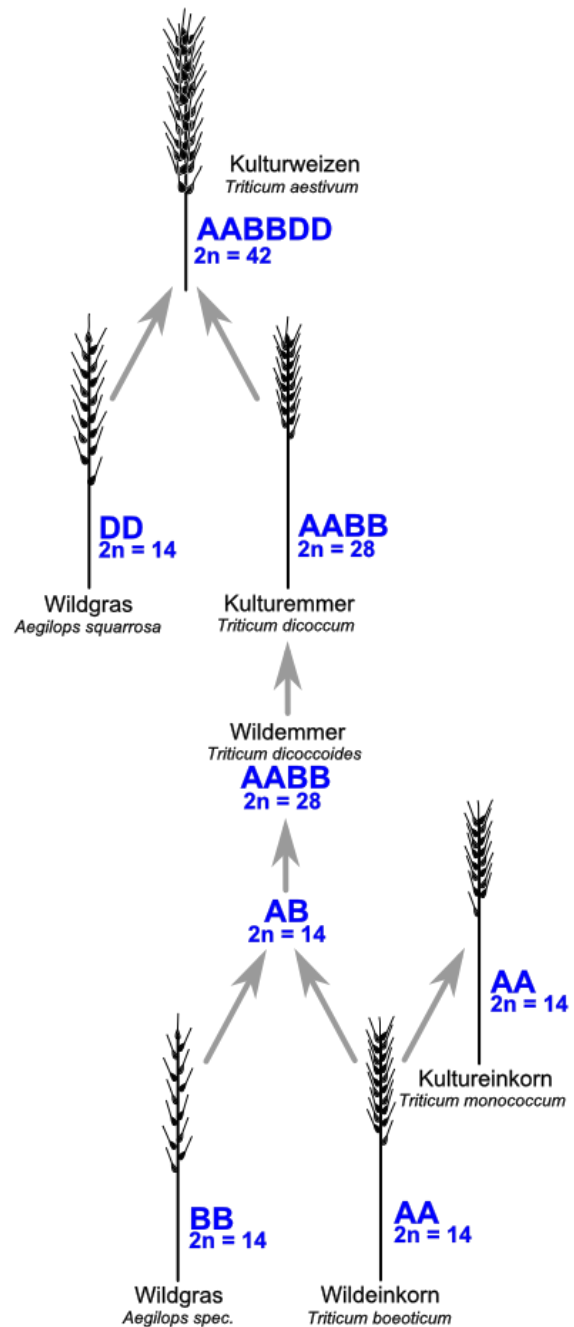
| geogr. Region      | Breiten-Grade | Anzahl Pflanzen-Arten | proz. Anteil polyploider Arten |
|--------------------|---------------|-----------------------|--------------------------------|
| Nordsahara         |               | 300                   | 38                             |
| Cykladen           |               | 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 Chromosomensatzes.



Abstammung des Kulturweizen  
nach: /1, S. 916/

---

#### 5.x.4. allopatrische Art-Bildung

Allopatrie ist die Nicht-Überschneidung von Verbreitungs-Gebieten

|                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Definition(en): allopatrische Art-Bildung</b>                                                                                                                                                                                                                            |
| 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*)

weitere 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. → Separation → 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 verhin-  
dern  
weitere Merkmale (z.B. eigener Gesang, zeitliche Verschiebung von Paarungen usw.) ver-  
stärken den Effekt  
lange Zeit bleiben die Unter-Arten noch vollständig Kreuzungs-fähig

irgendwann verliert sich die Kreuzungs-Fähigkeit und es bilden sich unterschiedliche Arten

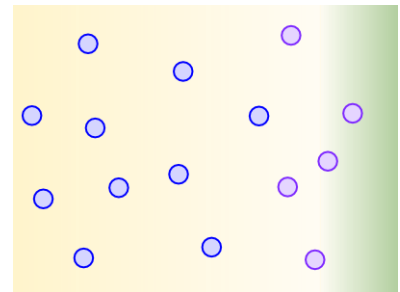
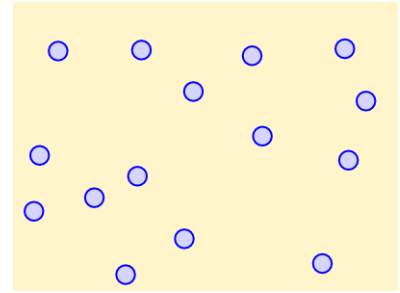
| Definition(en): Art-Umwandlung |
|--------------------------------|
|                                |
|                                |

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

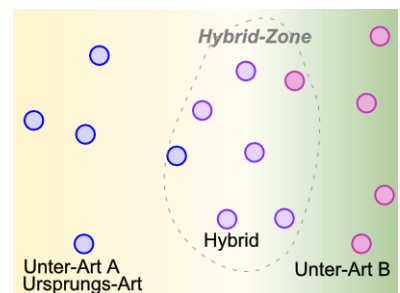
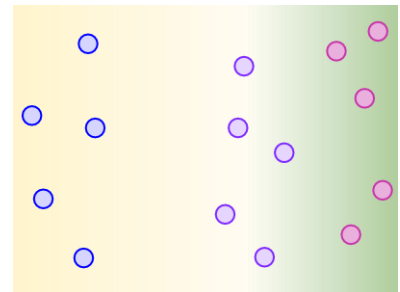
Rassenkreis der Silbermöwen um den Nordpol herum  
in begünstigter Bewegungs- / Ausbreitungs-Richtung (Großbritannien/Island → Grönland →  
Canada → Russland → Nordeuropa → Großbritannien/Island sind die Silbermöwen unterei-  
nander kreuzungsfähig; nicht aber am Ringschluss auf Island

für die Silbermöwen-Arten ergibt sich ein Ring aus:  
Britische Silbermöwe → Amerikanische Silbermöwe → Sibirische Silbermöwe → Skandina-  
vische 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!*



---

## **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. Vulkan-Ausbruch, Übergang zum Landleben, Meteoriten-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; hauptsächlich 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

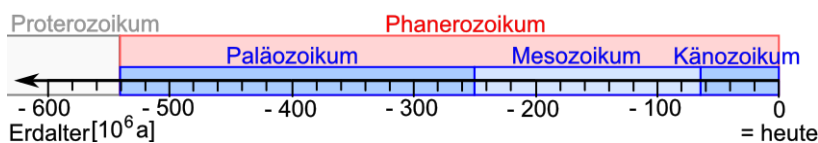
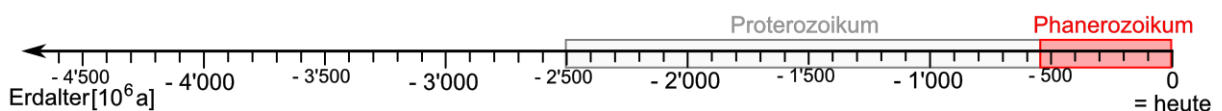
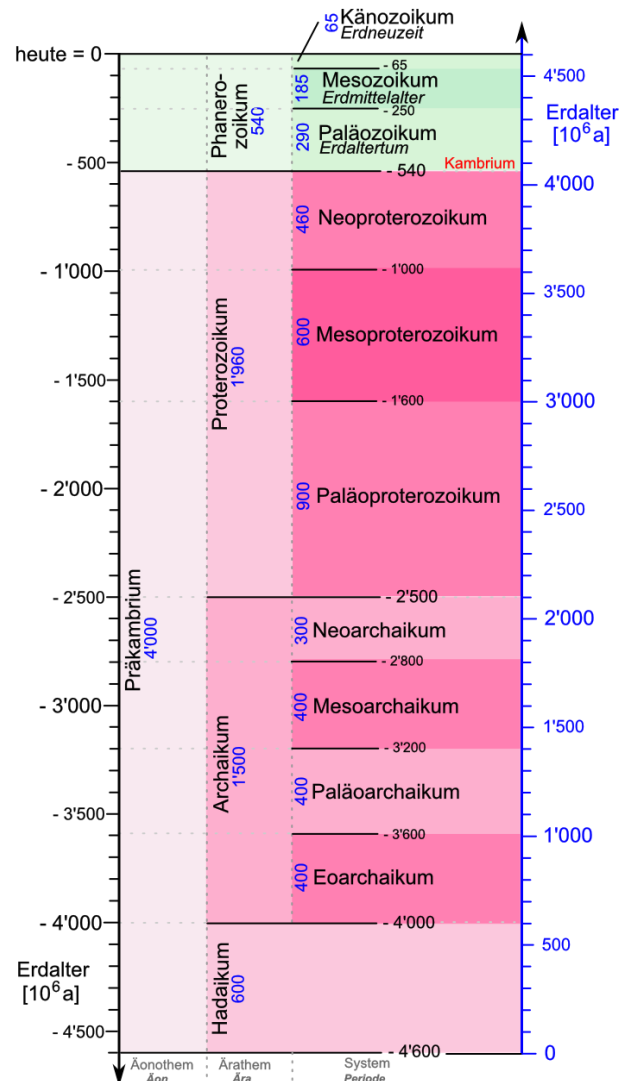
Begriff nicht ganz optimal, weil es suggeriert, dass das Präkambrium eine dem Kambrium äquivalente Epoche sei, die nur vorgelagert war

beim Präkambrium handelt es sich aber um eine 4 Mrd. dauernde Phase mit vielen Äonen, Ären und Epochen

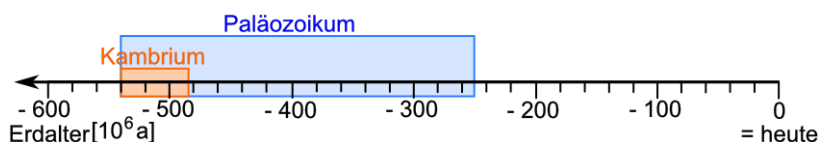
für die Evolutions-Forschung sind besonders die letzten 550 Mio. Jahre interessant

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



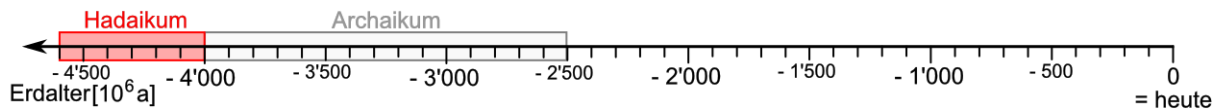
ein Erdzeitalter ist bläulich charakterisiert und gegebenenfalls eine Periode einzelnes orange



---

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



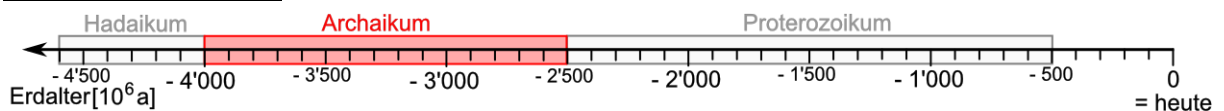
von vor 4,6 bis 4,0 Mrd. Jahren

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 beherrschenden Dissimilations-Vorgänge

Neu-Aufbau von Zellen und Körper-eigener Biomasse durch heterotrophe Assimilation

nur mittels bereitgestellter 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

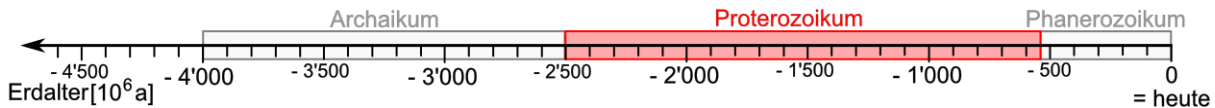
der damals als Gift für die Organismen wirkende Sauerstoff wurde so auf anorganischen, natürlichem Weg entsorgt

erst nach dem Verbrauch der  $\text{Fe}^{2+}$ -Ionen konnte sich der Sauerstoff langsam in der Atmosphäre aufkonzentrieren

## Entstehung der klonalen 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)

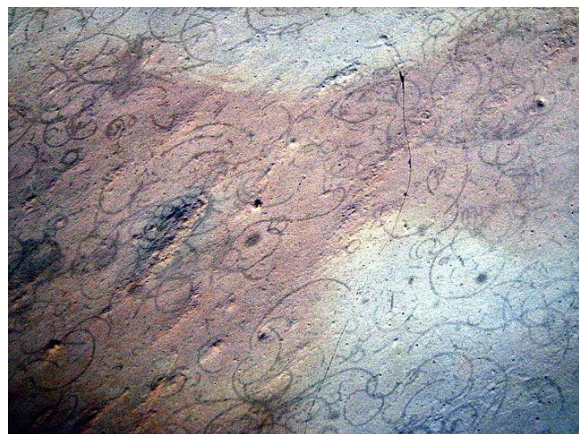
vor 1,5 Mrd. Jahre entstanden die ersten Eucyten (→ Endosymbionten-Theorie)

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)

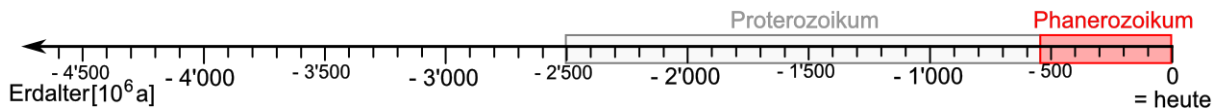
Fossilien-Lage zwar breit verteilt, aber wenig Aussage-kräftig, da die Lebewesen damals kaum feste Hüllen oder Skelette besaßen



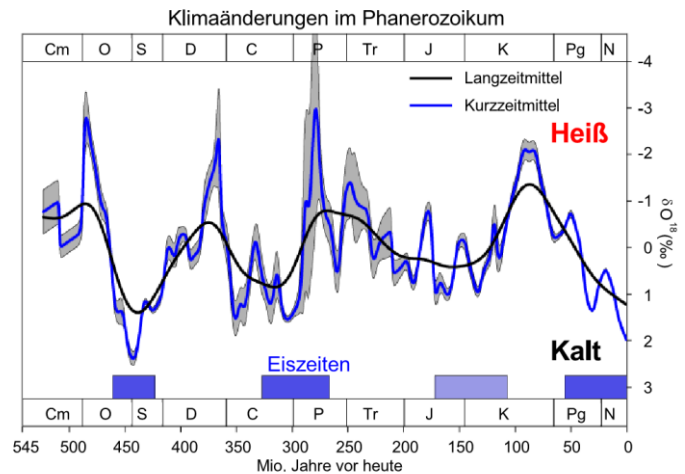
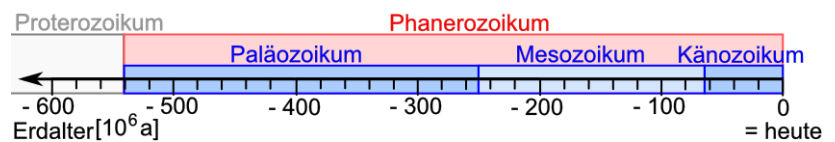
Fossil der eucytischen Grünalge  
(s) *Grypania spiralis*  
Q: de.wikipedia.org (Xvazquez)

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

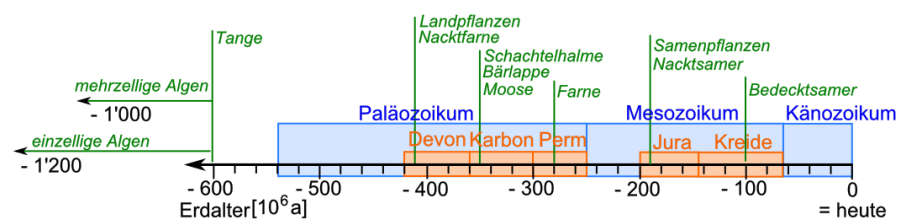
## 5.x.4. Phanerozoikum



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)



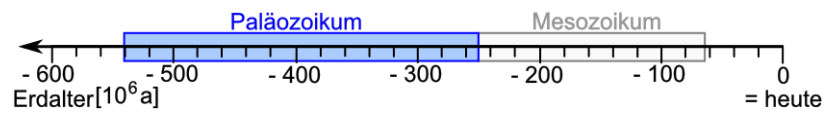
gezeichnet von 5 großen Aussterbe-Ereignissen – die "big five" genannt werden.

| vor ...<br>Mio. Jah-<br>ren | Erdzeitalter<br>Übergang       | bzw. | Beschreibung / Ausmaße                                                                                                                                                                                                                  |  |
|-----------------------------|--------------------------------|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| 450                         | Ende Ordovizium (→<br>Silur)   |      |                                                                                                                                                                                                                                         |  |
| 360                         | Devon → Karbon                 |      |                                                                                                                                                                                                                                         |  |
| 250                         | Perm → Trias                   |      | Bildung Pangea<br>90 % der marinen Arten<br>O <sub>2</sub> -Mangel in den Ozeanen                                                                                                                                                       |  |
| 200                         | Trias → Jura                   |      |                                                                                                                                                                                                                                         |  |
| 65                          | Kreide → Paläogen<br>(Tertiär) |      | Klima-Abkühlung (Kontinental-<br>Drift); starker Vulkanismus<br>ev. Einschlag gr. Asteroid od.<br>Komet im Golf von Mexiko<br>mehr als 50 % marine Arten;<br>diverse Familien der Landbe-<br>wohner einschließlich der Dino-<br>saurier |  |

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

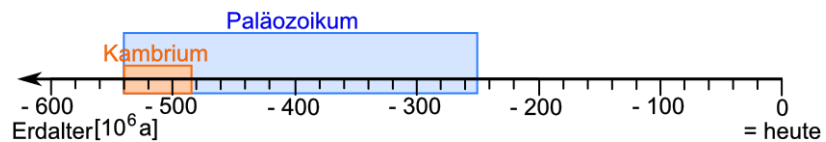
gegliedert in Kambrium, Ordovizium, Silur, Devon, Karbon und Perm

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

viele Arten

es gibt schon alle Reiche und alle Stämme der Wirbellosen

heute vorkommende 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 Bautypen bis ins Kambrium zurückführen

??? danach kamen keine neuen Tier-Stämme mehr dazu

auch als kambrische Explosion bezeichnet

viele Typen am Ende des Kambrium ausgestorben

betroffen rund 2/3 der Arten

aber auch viele Bauformen, deren Zuordnung / Einordnung ist aus heutiger noch nicht möglich, weil es keine vergleichbare rezenten Vertreter gibt

Ursache wahrscheinlich längere Serien von Meteoriten-Einschlägen, die zu Klima-Veränderungen führten



Leben im Kambrium (Diorama aus dem Museum Mensch und Natur, München)

Q: de.wikipedia.org (Ghedoghedo)

typische Tiere:

Trilobiten (Dreilappkrebse)

Brachiopoden (sessile Muschel-artige Armfüßer)

Wirbellose bestimmen die Tierwelt

Gliederfüßer, Anneliden, ...

Korallen

Würmer

Schnecken

typische Pflanzen:

plantische Algen

Leit-Fossilien: Trilobiten, Archaeocyathiden (Schwämme), Brachiopoden (Armfüßer)

Land ist noch unbesiedelt!

nur wenige Algen, Flechten und Moose im feuchten Ufer-Bereich



Fossil von (s) *Platystrophia ponderosa* - einem Brachiopoden

Q: de.wikipedia.org (Wilson44691)

---

Klima allgemein feucht und warm

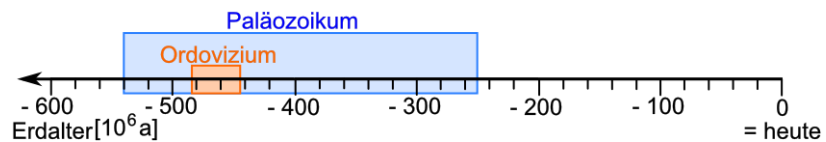
Lage der Landmassen

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 Äquatorial-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)

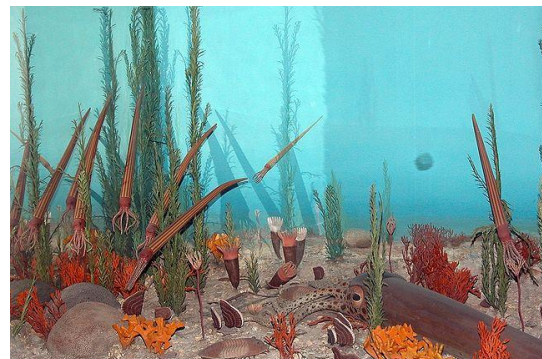
steigende Verbreitung der Gleiderfüßer

Moostierchen (Bryozoa)

Stachelhäuter (Echinodermata)  
Seesterne (Asteroidea); Seeigel (Echinoidea)  
primitive Korallen (Graptolithen)

erste Wirbeltiere: Kiefer-lose, gepanzerte Fische

das Ende des Ordoviziums wurde von einem Massensterben begleitet, bei dem rund 100 Familien ausstarben



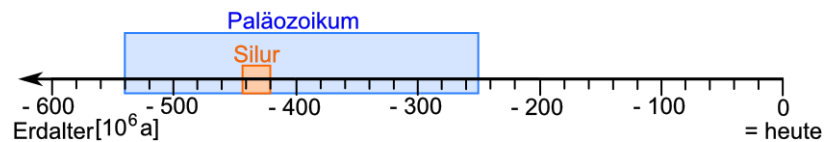
Leben im Ordovizium (Diorama aus dem National Museum of Natural History, Washington D.C.)  
Q: de.wikipedia.org (Fritz Geller-Grimm)



Fossilien aus dem Ordovizium  
Q: de.wikipedia.org (Wilson44691)

Südkontinente bilden Gondwana(-Land)  
es gibt Klimazonen

### 5.x.4.1.3. Silur



von vor 443 bis 419 Mio. Jahren

Dauer 24 Mio. Jahre

erste Landpflanzen

hin zu ausgedehnten Sumpflandschaften

Kollision der Kontinente Laurentia (heutiges Nordamerika) und Baltica (heutiges Nordeuropa und Russland) zu Laurussia

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))



Leben im Silur (Diorama aus dem Museum Mensch und Natur, München)  
Q: de.wikipedia.org (Ghedoghedo)

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  
(bekanntestes Fossil: Donnerkeil), Stachelhäuter, Muscheln, Schnecken, Panzerfischer

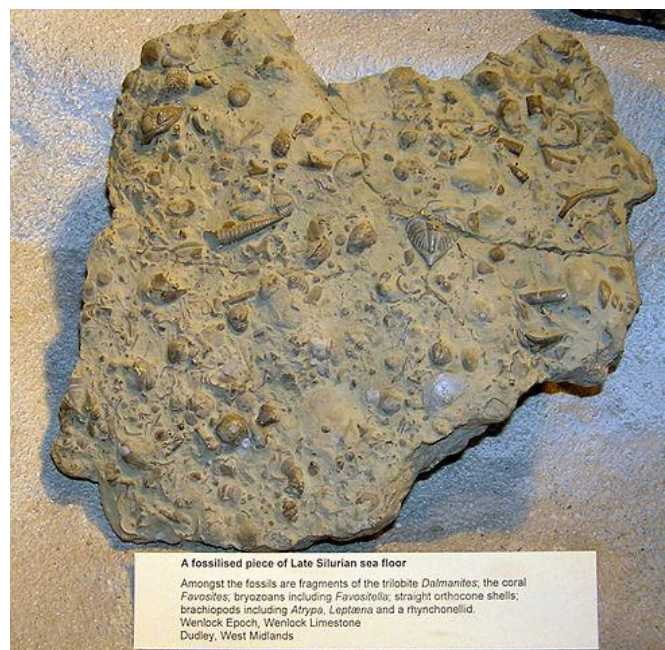
Korallen bilden ausgedehnte Riffe

Panzerfische mit Ober- und Unterkiefer

bei den Brachiopoden entwickeln sich Riesenformen

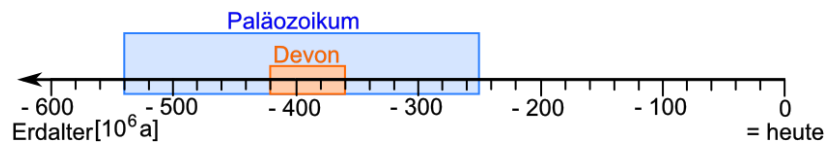
Kontinente und Landmassen auf Äqua-tor-Region und Südhalbkugel konzentriert

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 Abhängigkeit 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

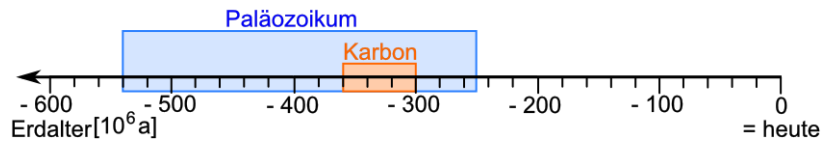
erste Vierfüßer (Tetrapoden)

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 Wälder aus riesigen Bärlappen, Far-  
nen 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:

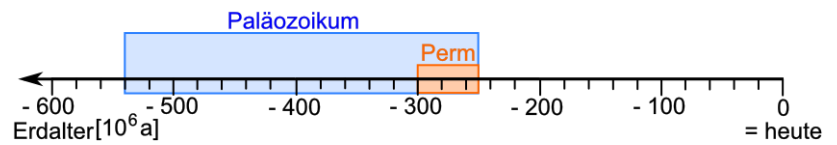
Entstehung der Stein-Kohle (→<https://www.youtube.com/watch?v=au0mC2Cgcz8>)  
ausgedehnte Wälder

---

Land senkte sich in regelmäßigen Abständen ab und wurde überschwemmt, die Bäume starben ab und bildeten 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

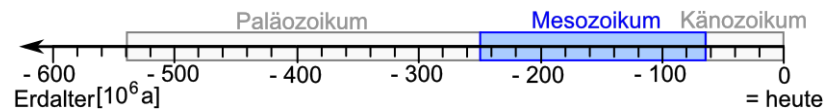
selten und klein, vereinzelte Säugetiere



Leben im Mittel-Perm  
(Ocher-Fauna, Russland)  
Q: de.wikipedia.org (DiBgd)

Aussterben der Trilobiten, Panzerfische, ..

### 5.x.4.2. Mesozoikum (Erdmittelalter)



von vor 252 bis 66 Mio. Jahren

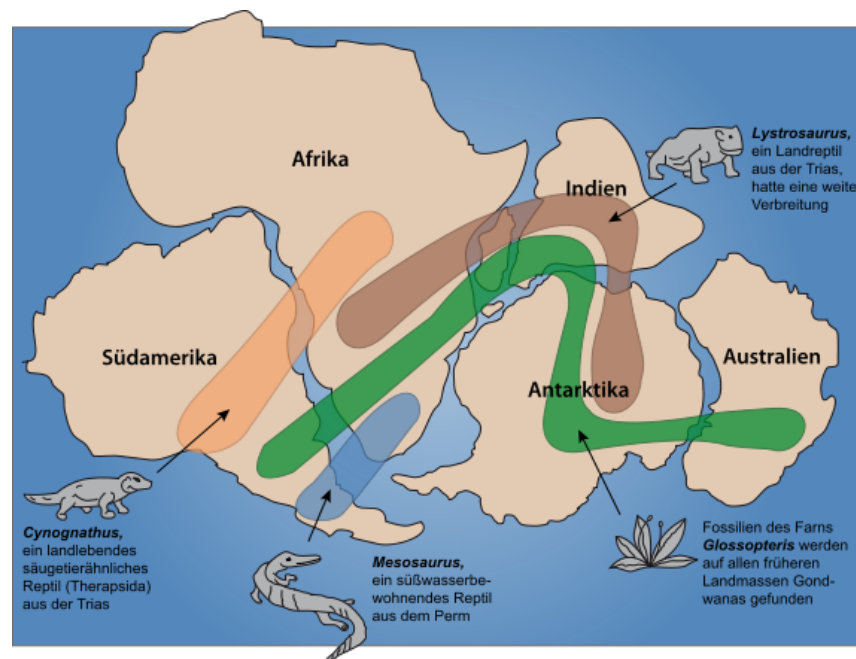
Dauer 186 Mio. Jahre

gegliedert in Trias, Jura und Kreide(zeit)

zu Beginn des Mesozoikum

Urkontinent "" zerbricht und driftet auseinander – quasi die Geburt der heutigen Kontinente

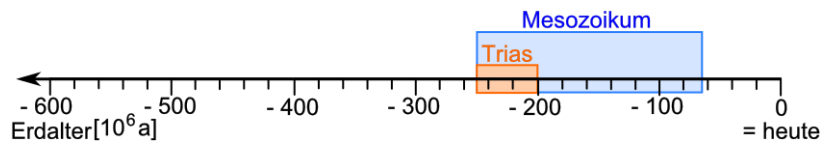
Beleg für die Kontinental-Platten-Theorie von Alfred WEGENER (1915)



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

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<sub>2</sub>S) an. es folgt dann Zeit-verzögert der Tiefen-Tod durch Sauerstoff-Mangel aus absteigendem Tiefenwasser

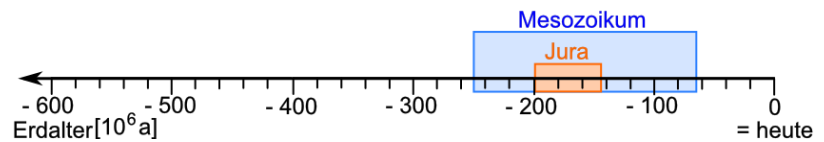


Trias-Leben (Keuper-Zeit)  
Q: de.wikipedia.org (Meyers Konversations-Lexikon)

---

begleitet von Veränderungen der großen Meeresströmungen und globaler Erwärmung (Super-Terribhaus-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

"Greenhouse"-Ära, subtropische Hitze  
vielgestaltige Pflanzen (aber noch keine Blüten-Pflanzen)

Korniferen, Samenfarne, Ginkgos, Palmfarne



Leben in der Ober-Jura (Norddeutschland)

Q: de.wikipedia.org (Gerhard Boeggemann)

Zeitalter der Nadelhölzer

Leit-Fossilien sind Ammoniten und andere Tintenfische  
Urvogel Archeopteryx  
erste Vögel

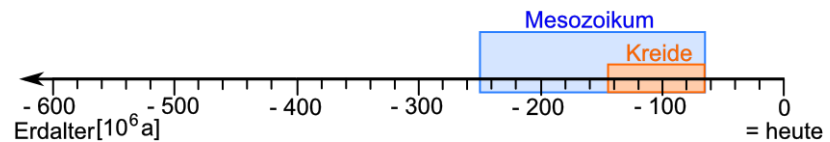
diverse Säugetier-Arten (ungefähr bis Igel-Größe)

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

---

### 5.x.4.2.3. Kreide



von vor 145 bis 66 Mio. Jahren

Dauer 79 Mio. Jahre

erste Bedecktsamer

Aussterben der Saurier und Ammoniten

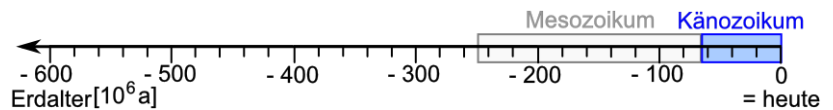
letzte Große Katastrophe der "big five" vor gut 65 Mio. Jahren  
charakteristische Iridium-haltige Sediment-Schichten genau an der Grenze von der Kreide zum Paläogen

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

Entstehungsbeginn des Erdöls

---

### 5.x.4.3. Känozoikum (Erdneuzeit)



von vor 66 Jahren bis heute

Dauer 66 Mio. Jahre

gegliedert in: Paläogen, Neogen und Quartär

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 Quartär, aber eben wissenschaftlich überholt

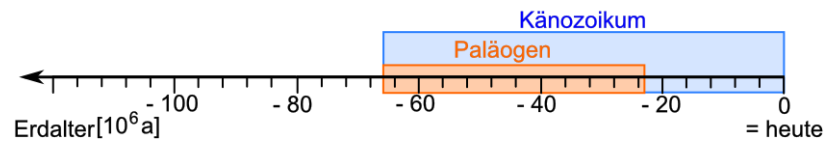
wahrscheinlich eingeleitet von KT-Impakt (Kreide-Tertiär-Einschlag) – dem großen Meteoriten-Einschlags – der zum heutigen Golf von Mexiko führte

Massen-Aussterben am Ende der Kreidezeit, dem auch die Dinosaurier zum Opfer fielen

Gondwana brach auseinander und kam zu den großen Kontinental-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

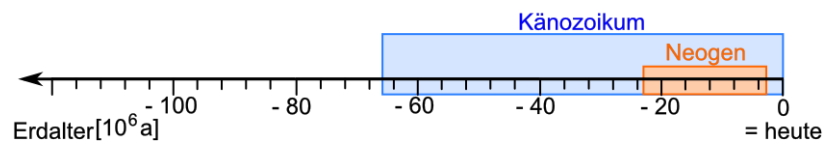
unterteilt in Paläozän (bis vor 56 Mio. a), dem Eozän (bis vor rund 34 Mio. a) und dem Oligozän

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

---

#### 5.x.4.3.2. Neogen



von vor 23 bis 2,6 Mio. Jahren

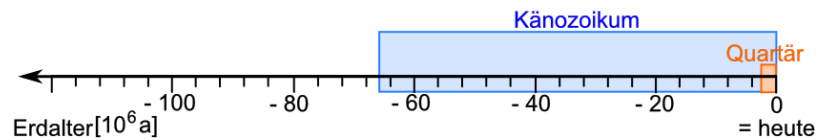
Dauer rund 20 Mio. Jahre

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

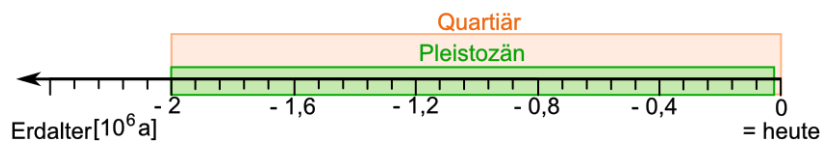


von vor 2,6 Mio. Jahren bis heute

Dauer 2,6 Mio. Jahre

weitere starke Entwicklung der Säugetiere und Vögel

#### 5.x.4.3.3.1. Pleistozän

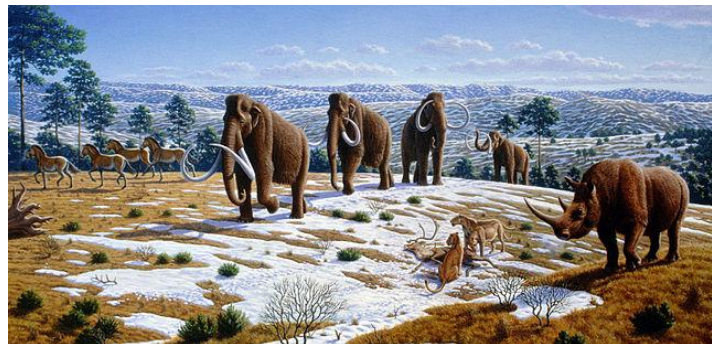


Eiszeiten im Wechsel mit Warmzeiten

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

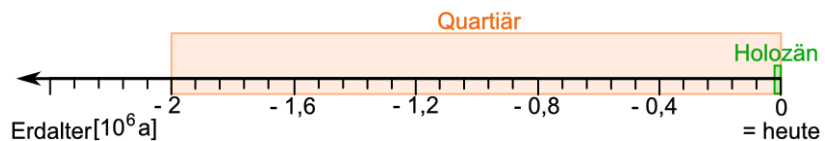
relativ gut gesicherter Ablauf über die Entwicklung des Urmenschen



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 heutigen 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 wider besseren Wissens  
scheinbar auch nicht mehr korrigierbar oder umkehrbar  
immer stärker steigendes - anthropogen verursachtes - Artensterben  
Konsequenzen 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)
- ...

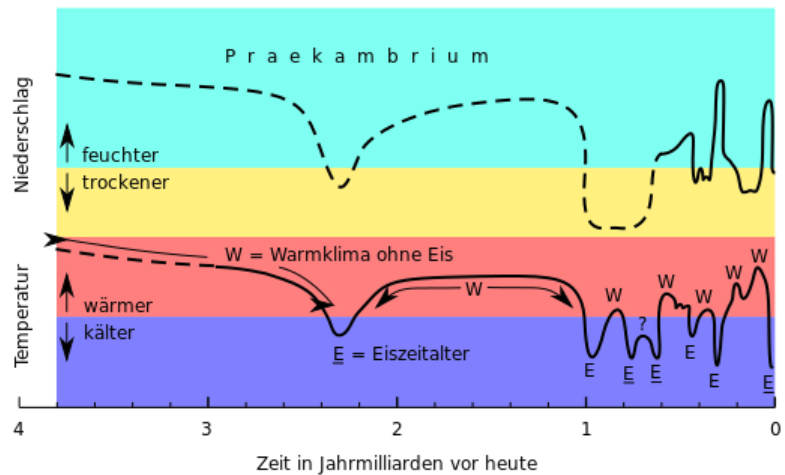
---

**Präsentation und Diskussion:**

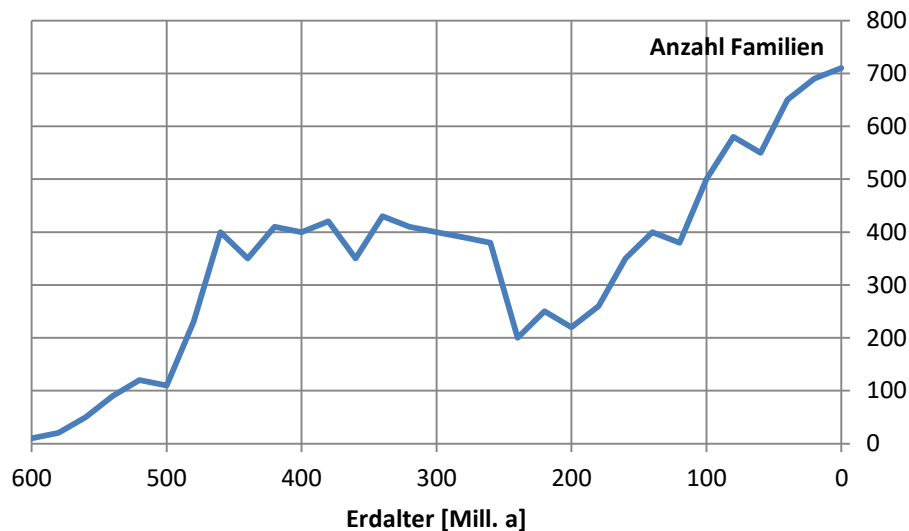
- jedes Team stellt seine gesamte "Evolutions-Zeitleiste" vor, beantwortet Fragen und diskutiert mit den anderen Team's die / deren Zeitleisten
- mögliche Problem- und Frage-Stellungen:
  - Sind die beiden Zeit-Leisten synchron zueinander? Gibt es Skalierungs-Effekte z.B. dadurch, dass die (obere) vorangenommene 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, dass 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**

| <b>Definition(en): Fortpflanzung</b> |
|--------------------------------------|
|                                      |
|                                      |

### **Evolution der geschlechtlichen Fortpflanzung**

| <b>Definition(en): ungeschlechtliche Fortpflanzung</b> |
|--------------------------------------------------------|
|                                                        |
|                                                        |

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-<br>raten            |                                                            |
| schnelle Ausnutzung<br>von Ressourcen |                                                            |
| nur Mitose notwen-<br>dig             |                                                            |
|                                       |                                                            |
|                                       | keine Anpassung an<br>veränderliche Um-<br>weltbedingungen |
|                                       | genetisch anfällig                                         |
|                                       |                                                            |

### Definition(en): geschlechtliche Fortpflanzung

|  |
|--|
|  |
|  |

| Vorteile                                                      | Nachteile                                          |
|---------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
|                                                               | relativ geringe Ver-<br>mehrungsraten              |
|                                                               | Ausnutzung von res-<br>ourcen zeitaufwän-<br>diger |
|                                                               | Mitose und Meiose<br>notwendig                     |
|                                                               |                                                    |
| durch Rekombination<br>kontinuierliche An-<br>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.

|                                                                                                                        |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Definition(en): weiblich</b>                                                                                        |
| Es sind die Organismen weiblich, die (relativ) wenige, größere, und geringer bewegliche Gameten (→ Eizelle(n)) bilden. |
|                                                                                                                        |

|                                                                                                                        |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Definition(en): männlich</b>                                                                                        |
| 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.

|                                  |
|----------------------------------|
| <b>Definition(en): Begattung</b> |
|                                  |
|                                  |

---

## **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)

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 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)

## **Sexual-Dimorphismus**

Beispiele:

Geweih beim Hirsch

Schwanz(federn) beim Pfauen-Männchen

"Signale der Verständigung"

Die auffälligen und eher unpraktischen Schwanzfedern des Pfauens-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 irgendeine 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 ausgestattete Männchen – quasi als Hochstapler – höchst auffällige Schwanzfedern bilden. Sie müsten doch auch fortpflanzungstechnisch erfolgreich sein. Und hier liegt genau der Knackpunkt, die Hochstapler haben eben nicht die notwendige genaue Ausstattung für ein gefährdetes 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. unwahrscheinlichen Fortpflanzungserfolg 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 Aufwendungen 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 Ressource 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" ihnen ihre Gene: "Zieh los 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 Anthropologen 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 olle Freizugigkeit ist nur bei einem kleinen Stamm / Völkchen in ??? beobachtet worden  
vielleicht auch deshalb die scheinbare oder zumindestens teilweise reziproke Sexual-Selektion beim Menschen mit attraktiven und sich attraktiv machenden Weibchen

Die Pille und das Sexual-Verhalten

ohne Pille finden sich weibliche Frauen und die männlichen Männer  
weil es aber – wegen Karriere, ewiegen Prüfen,. vielleicht was verpassen und so – noch kein Nachwuchs gewünscht wird, wird die Pille als Verhütungsmittel eingesetzt.

Wirkung der Pille → Schwangerschaft

nun wirken die Gene, die Männer mit eher weiblichen Attributen bevorzugen

### **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.)

|                                        | <b>r-Strategie</b>                     | <b>K-Strategie</b>                                          |
|----------------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| <b>Beispiele</b>                       | Bakterien, Parasiten, Insekten, Fische | viele Vögel; viele Säugetiere, (Primaten, Wale, Elephanten) |
| <b>(Geschlechter-Zuordnung)</b>        | Männchen                               | Weibchen                                                    |
| <b>Reproduktions-Rate</b>              | hoch                                   | gering                                                      |
| <b>Anzahl der Nachkommen</b>           | hoch                                   | gering                                                      |
| <b>Brutpflege</b>                      | gering                                 | hoch, ausgeprägt                                            |
| <b>Populations-Größe</b>               | hoch, meist schwankend                 | gering, meist konstant                                      |
| <b>Zeit bis Geschlechtsreife</b>       | kurz                                   | lang                                                        |
| <b>Eigenständigkeit der Nachkommen</b> | 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-Organen
- 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                                | nein              |
| Weibchen an Brut-Pflege beteiligt? | ja   | $GA[M]$<br>$GA[W]$                | $I[M]$<br>$GA[W]$ |
|                                    | nein | $GA[M]$<br>$I[W]$                 | $I[M]$<br>$I[W]$  |

Ertrags-Matrix

ZE ist der Zusatz-Ertrag, welcher dem anderen Geschlecht über den Aufwand hinaus zukommt

|                                    |      | Männchen an Brutpflege beteiligt? |                  |
|------------------------------------|------|-----------------------------------|------------------|
|                                    |      | ja                                | nein             |
| Weibchen an Brut-Pflege beteiligt? | ja   | 1<br>1                            | $1 + ZE[M]$<br>1 |
|                                    | nein | 1<br>$1 + ZE[W]$                  | 0<br>0           |

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.

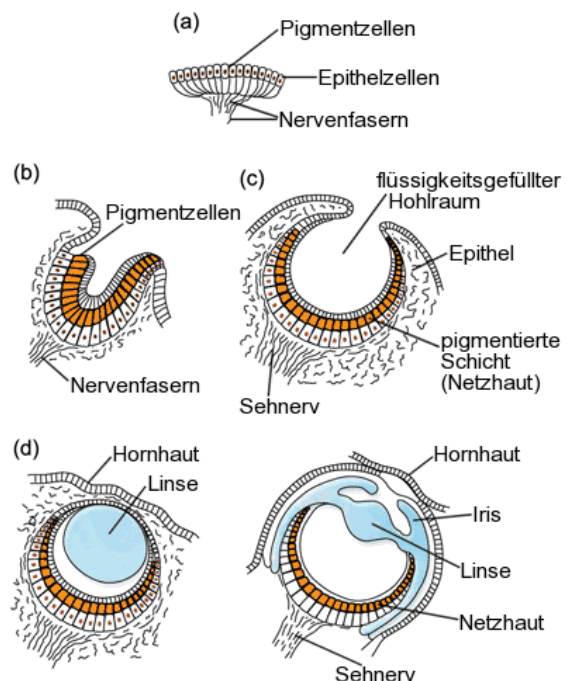


menschliches Auge  
Q: de.wikipedia.org (che (Petr Novák))

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-Organ sind evolutionär wahrscheinlich ungefähr 40 mal weitgehend unabhängig entstanden.

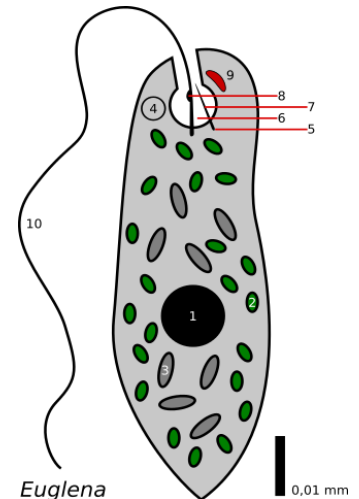


Progressionsreihe zur Evolution des Auges  
(a) Pigment-Fleck (b) pigmentierte Vertiefung  
(c) Augen-Becher (Seeohren)  
(d) Linsen-Auge (Meeresschnecken)  
Q: de.wikipedia.org (Trockennasenne)

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-umhüllte Einstülpungen (→ Pigmentbecher-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-bedürftiger 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

|                                  |
|----------------------------------|
| <b>Definition(en): Verhalten</b> |
|                                  |
|                                  |

## **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

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 Pärchen immer wieder auf Raubzug gehen und damit in die gleiche Situation gelangen 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       | 0 / 5        |
| deflektieren  | 5 / 0       | 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 wenigstens 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 Mikroorganismen "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 Entstehung der Viren zu den Zeiten der Entwicklung der ersten Lebewesen aus. Kleine selbstständige Reproduktions-Einheiten - ev. aus wenigen Proteinen 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 Microorganismen 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 Ausnutzung 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 realisieren 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 ungewöhnlicher ist der Riesen-Bestand an Genen und genetischem Material. Während das genetische Material eines "normalen" Virus zwischen 10'000 und 200'000 Basen-Paaren liegt, besitzen die Riesen-Viren 1'200'000 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. aggressive 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 Proteine 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.

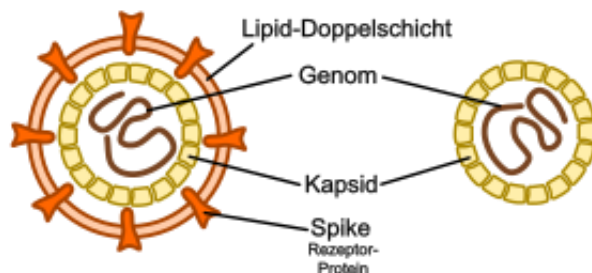
**zusätzliche Quellen:**

QUAMMEN, David: Wie Viren unsere Welt prägen.-IN:National Geographic; Februar 2021.-S. 56 ff

Viren werden oft mit anderen prokaryotischen Strukturen - wie Prionen, Rickettien, ... - sowie mit Bakterien über einen Haufen geworfen. Sachlich sind alle deutlich voneinander abgegrenzt. Nebenstehende Gegenüberstellung gibt einen vereinfachten Überblick.

|                                | Prion                                        | Virus                                                 | Bakterium                                                            |
|--------------------------------|----------------------------------------------|-------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| <b>zellulärer Grund-Aufbau</b> | nein                                         | nein                                                  | ja                                                                   |
| <b>Lebewesen</b>               | nein                                         | nein                                                  | ja                                                                   |
| <b>Größe</b>                   | 0,01 - 0,015 µm<br>10 - 15 nm<br>20 - 50 kDa | 0,02 - 0,3 µm<br>20 - 300 nm                          | 0,1 - 700 µm                                                         |
| <b>Bau, stoffl.</b>            | Protein                                      | Proteine<br>Nukleinsäure<br>(Lipide)<br>((Glycoside)) | Wasser<br>Proteine<br>Nukleinsäure<br>Lipide<br>Kohlenhydrate<br>... |
| <b>Stoffwechsel</b>            | beeinflusst Wirt                             | fremder (vom Wirt)                                    | eigener                                                              |
| <b>Vermehrung</b>              | nur in Wirtszelle                            | nur in Wirtszelle abhängig                            | Spaltung<br>Sprossung<br>eigenständig                                |
| <b>Medikamente dagegen</b>     |                                              | 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.

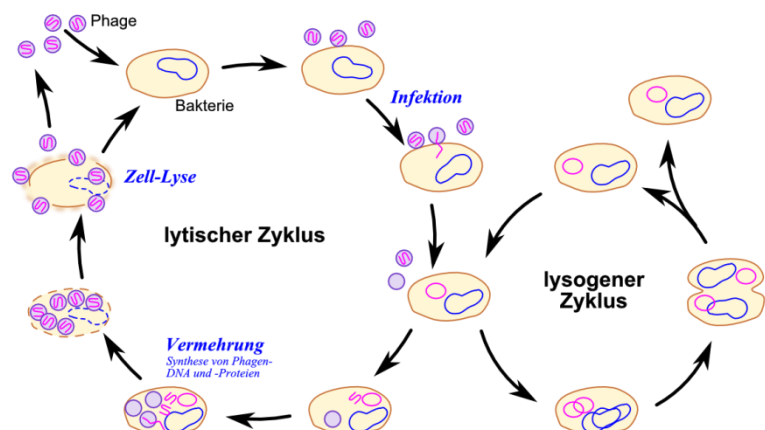
Genom enthält u.U. Gene für:

- |                                   |                                                                            |
|-----------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| • <b>RNA-Polymerase</b>           | Umwandlung des Viren-RNA in Wirts-gebräuchliche mRNA                       |
| • <b>Reverse Transkriptase</b>    |                                                                            |
| • <b>Integrase (I)</b>            | Einbau der Viren_gene in das Wirts-Genom                                   |
| • <b>Protease(n)</b>              | Zerlegen des Vorläufer-Protein's in die Funktions-Proteine (s.a. folgende) |
| • <b>Helicase</b>                 | Entwirren des genetischen Material's                                       |
| • <b>Spike-Protein (S)</b>        | Oberflächen-Rezeptor zur Erkennung der Oberflächen-Proteine des Wirt's     |
| • <b>Envelope-Protein (E)</b>     | Protein, welches das Eindringen des Virus in den Wirt steuert              |
| • <b>Membran-Protein (M)</b>      | realisiert bestimmte Bau-Strukturen der Viren-Umhüllung                    |
| • <b>Nukleocapsid-Protein (N)</b> | umhüllt z.B. das genetische Material                                       |

## Vermehrung

zwei Möglichkeiten  
im lytischen Zyklus kommt es  
zur direkten und massenhaften  
Vermehrung mit Freisetzung

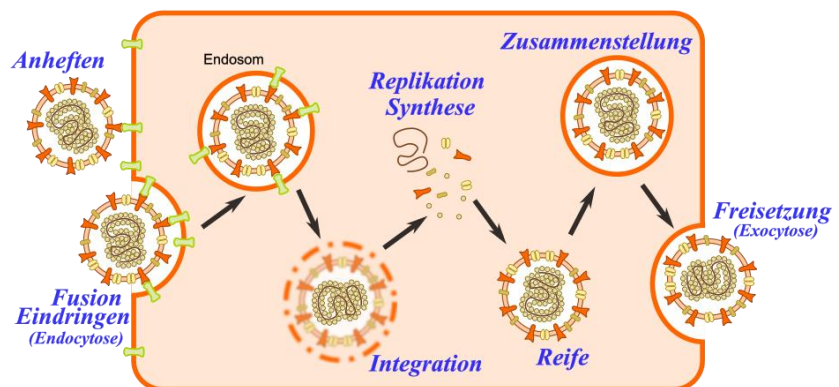
der lysogenen Zyklus ist durch  
eine geringe und verdeckte  
Reproduktion zusammen mit  
dem Wirts-Genom gekenn-  
zeichnet



der Virus ist nicht - zumindestens in Bezug auf seine Vermehrung - nicht aktiv  
innerhalb der Zelle kann der Virus aber ohne weiteres Wirkungen haben

## Ablauf / Phasen:

1. Infektions-Phase
2. Latenz-Phase
3. Synthese-Phase
4. Reifungs-Phase
5. Freisetzungs-Phase



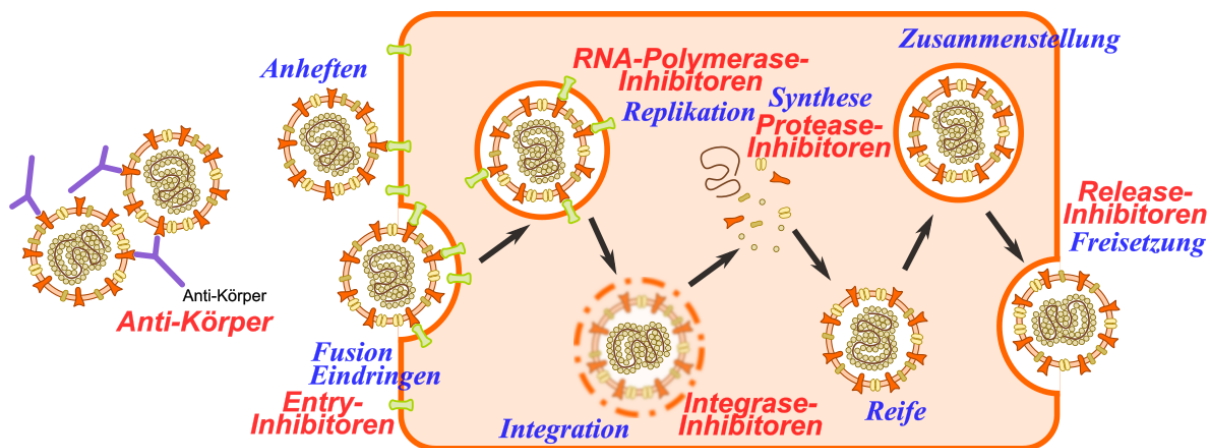
die Menge des genetischen Material's ist durch Größe der Kapside meist begrenzt  
dadurch Gene recht dicht auf genetischem Material

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 genetischen 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 Infektiosität (z.B. veränderte Spike's) ist für die Verbreitung des Virus  
negativ, für den Wirt eher positiv

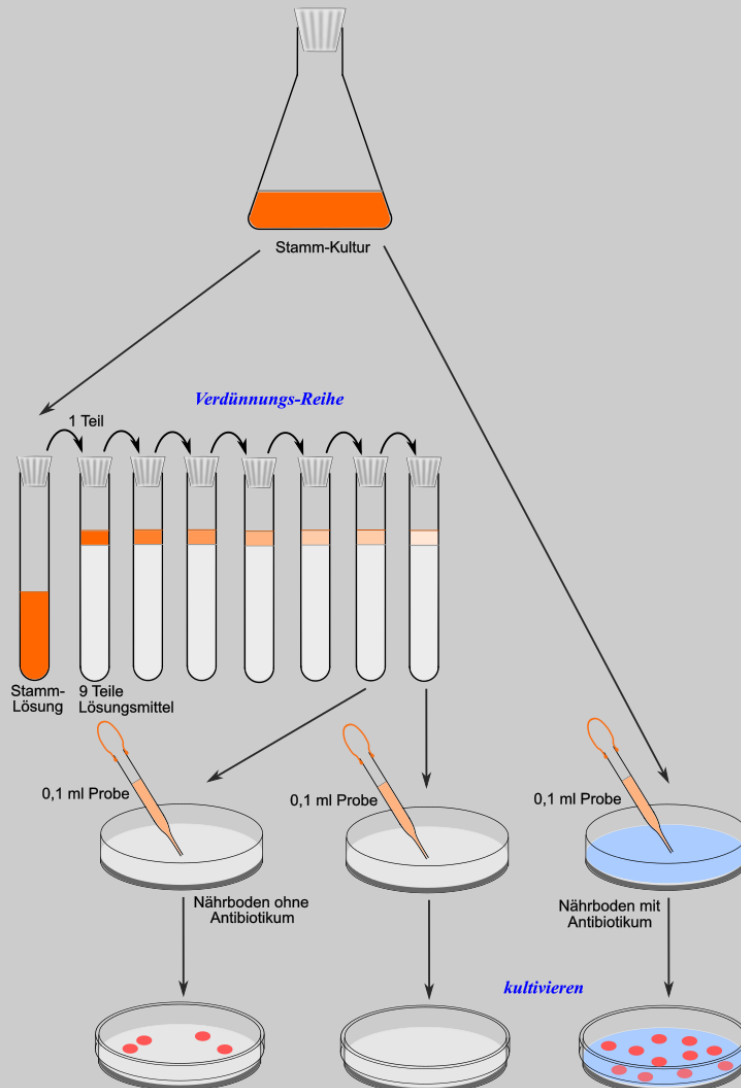
## Exkurs: Bestimmung der Mutations-Rate bei Bakterien

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 Antibiotika 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 Wirtszellmembran)

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 Populationen 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

Ressourcen-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 Population, 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 verschlechtern 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 Konkurrenz

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 explosionsartigen Verbreitung der Kaninchen in Australien. So starke Verbreitung, dass sie Population große landwirtschaftliche Schäden anrichteten. Natürliche Feinde - 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 waren immun und begannen die Erfolgs-Geschichte innerhalb von nur 4 Jahren zu wiederholen. Versuche mit neuen - noch aggressiveren - 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 weitestgehend 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 Schlüpfen 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 Wirtes; verändern den Stoffwechsel der Wirtes hin zur Produktion von bestimmten Zucker-Verbindungen, die wiederum 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 Dinosaurier) zurückführen lässt, und wahrscheinlich 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-Ausstattung "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 Reverse Transkriptase, dass es einigen Viren ermöglicht ihre eigene RNA in DNA zurückzutranskribieren, damit es dann mittels weiterer Enzyme in das Wirts-Genom integriert 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 starken 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 Syncytin 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 Syncytium - 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 höherer 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 Protein 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<br>(D) od. (R+)     | Reich<br>(R)                  | Unterreiche<br>(R-) |
|----------------------------|-------------------------------|---------------------|
| domain<br>(do) od. (r+)    | regnum<br>(r)                 | subrenum<br>(r-)    |
| Archäen<br>(Archaea)       |                               |                     |
| Prokaryonten<br>(Bacteria) |                               |                     |
| Eukaryoten                 | Protozoen                     |                     |
|                            |                               |                     |
|                            | Stramenophile<br>(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:**

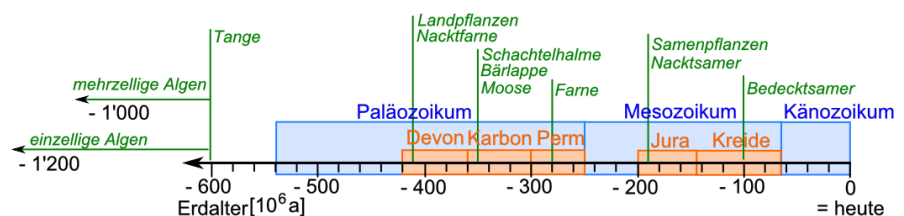
- 1. Welche neuen Arten sind in den nächsten Jahren, Jahrzehnten, Jahrhunderten und Jahrtausenden zu erwarten! Stellen Sie eine oder mehrere – ausführlich begründete - Hypothesen auf! Präsentieren Sie diese (professionell) vor den anderen Kurs.Mitgliedern!***
- 2. Könnte die Menschheit eigentlich aussterben? 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
- stärkere 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 stärkere Verbreitung der eigenen Gene / des eigenen genetischen Materials
- von der Konfrontation / Konkurrenz zur Kooperation
- vom solitären Dasein zu komplexen sozialen Strukturen (mit Aufgabe der Individualität)

Dabei darf nicht von allgemeinen, immergültigen Entwicklungen ausgegangen 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 Hauptrichtungen 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

|                                                                                                                                  |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Definition(en): Copesche Regel</b>                                                                                            |
| Die Copesche Regel ist eine Verallgemeinerung zur evolutionären Entwicklung, die eine Tendenz zu größeren Körpergestalten sieht. |
|                                                                                                                                  |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Definition(en): Eusozialität</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 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.<br>(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"  
mathematisch begründet Maynard J. SMITH (1974)

|                                                                                                                                                            |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Definition(en): Evolutionär stabile Strategie (ESS)</b>                                                                                                 |
| 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

|                                                                                                                                                                                                                            |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Definition(en): erweiterter Phänotyp</b>                                                                                                                                                                                |
| Der erweiterte Phänotyp betrachtet alle Auswirkungen / Wirkungen eines Gen's / Allel's auf die Welt.<br>(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

---

## 6. Evolution des Menschen

"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 biologischen 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 Anfang an da.  
John NAPIER

da beim Menschen sowohl die klassische biologische Evolution als auch eine kulturelle stattgefunden 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 schwieriger nachzuvollziehen

biologische Aspekte

Werkzeug-Nutzung und -Herstellung (technologische Aspekte)

soziale Aspekte

Mensch als sehr junge Art

Wenn die gesamte Erdgeschichte auf ein Jahr skaliert wird, dann ist der Mensch erst am 31. Dezember – einige Minuten vor Mitternacht – aufgetaucht.

interessantes 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 so viele Gene, wie ein Bakterium

bezogen auf Drosophila nur rund 1,3x mehr und ungefähr soviel, wie ein Fadenwurm

entscheidender Unterschied: beim Menschen entstehen deutlich mehr Proteine aus den wenigen Genen

mit Drosophila haben wir rund 2'800 Gene gemeinsam, mit dem Fadenwurm rund 2'000

1'500 Gene haben Mensch, Taufeliege und Fadenwurm gemeinsam

### **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    |

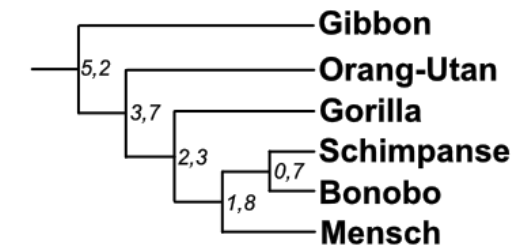
***2.***

**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 Gehirns sowie die kulturelle und soziale Entwicklung.

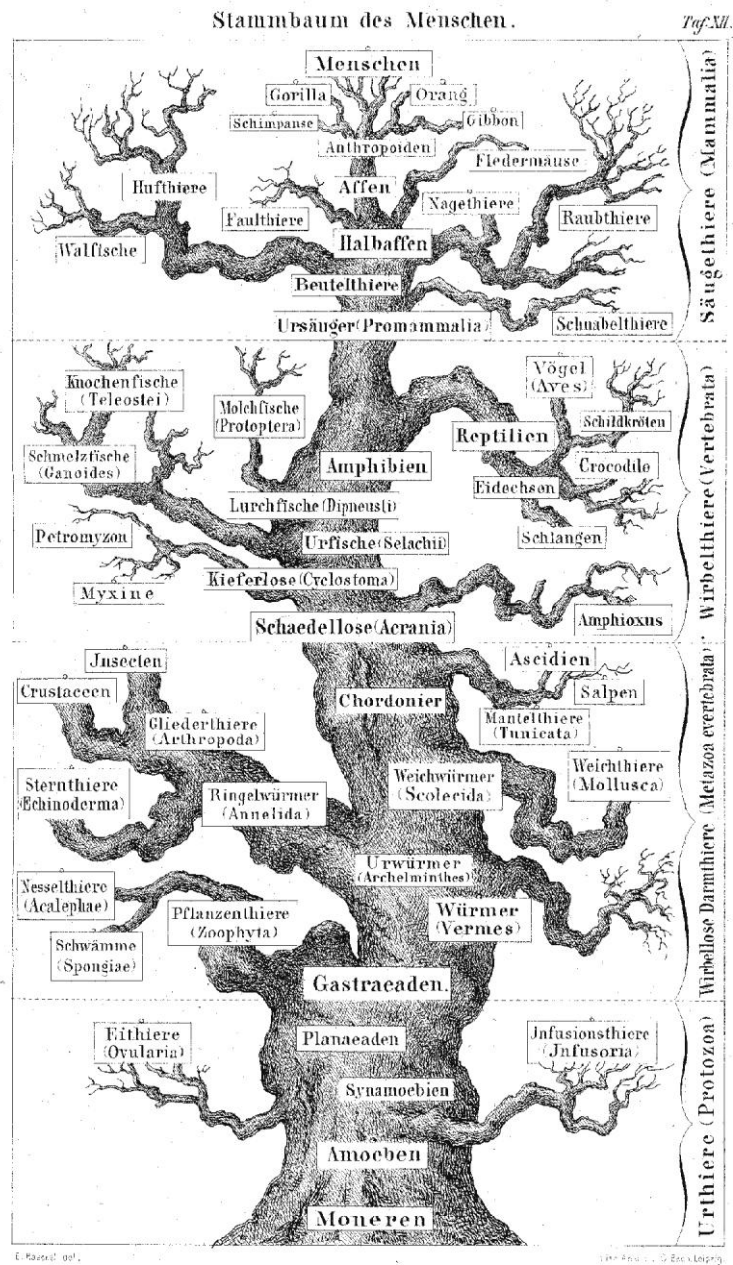
### Definition(en): Anthropologie

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:

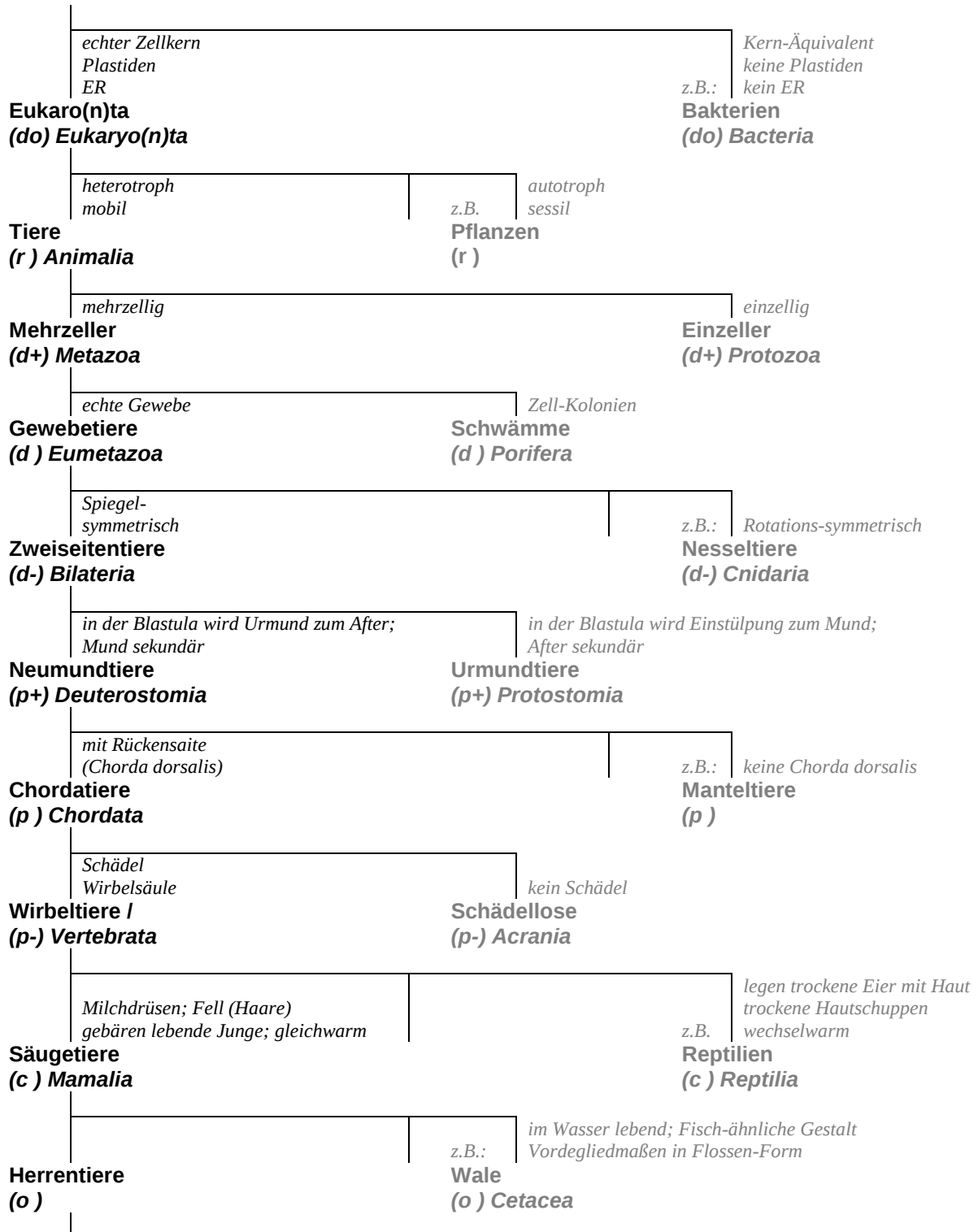
- Übergang zum aufrechten Gang und Freiwerdung der Vordergliedmaßen
- Greif-Hand-Bildung und Werkzeug-Gebrauch
- Gehirn-Differenzierung (Cerebralisation)
- Differenzierung der Sprache
- Ausbildung verschiedener sozialer Kontakte / Kontaktformen
- Entwicklung einer Weitergabe-Kultur (von Information; gesellschaftliches Gedächtnis / Geschichte (Überlieferungen))
- Nutzung und Beherrschung des Feuer
- Landwirtschaft
- ganzjährige Fruchtbarkeit und Säuglinge als Pflegling
- Lernen durch Nachahmen

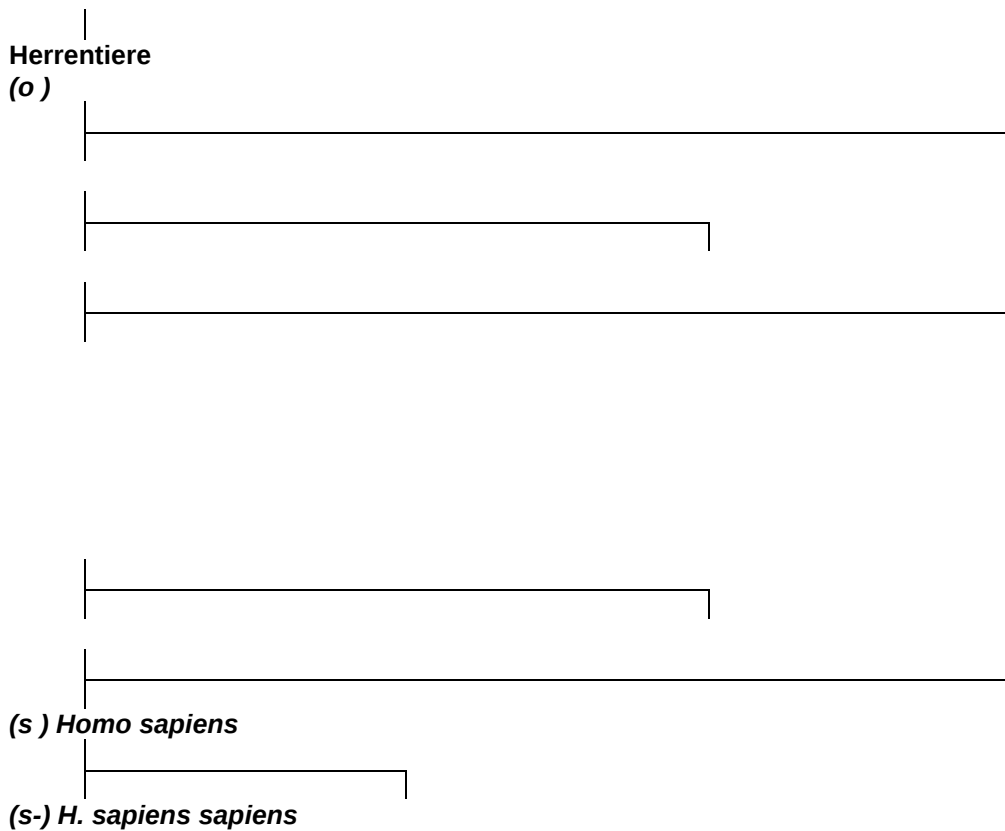


Stammbaum (des Menschen) nach Ernst HAECKEL  
Q: de.wikipedia.org (Ernst Haeckel)

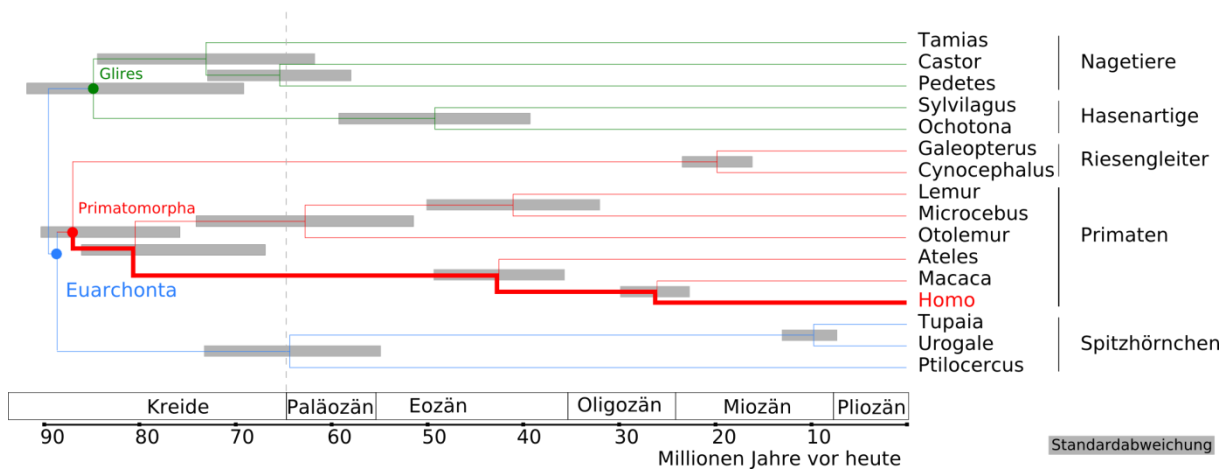
klassische taxonomische Einordnung des Menschen:

# Lebewesen





Bilder-Quellen und Autoren:  
de.wikipedia.org:



**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)

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-Amerika

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

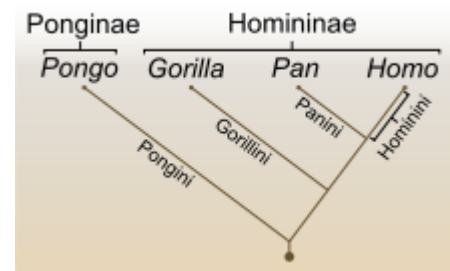
Mensaffen und Mensch genetisch sehr nahe verwandt

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



Kladogramm der ???  
Q: de.wikipedia.org (Marius\_Gancher)

---

## 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***

- |                                                                    |                                                                                                                                     |
|--------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| • <b>Wirbelsäule wird doppelt S-förmig</b>                         | weg von der Bogen-förmigen, Brücken-artigen Wirbelsäule<br>trägt Kopf und Rumpf federnd<br>begleitet von Entlastung der Wirbelsäule |
| • <b>Verlagerung des Rumpf-Schwerpunktes in Richtung</b>           |                                                                                                                                     |
| • <b>Kopf sitzt zentraler auf Wirbelsäule</b>                      | Reduktion der Nacken-Muskulatur<br>größeres Gehirn-Volumen tragbar                                                                  |
| • <b>Brustkorb wird breiter</b>                                    | statt vorher tiefer<br>leichte Atmung möglich                                                                                       |
| • <b>Schüssel-förmiges Becken</b>                                  | trägt die Eingeweide und den Embryo                                                                                                 |
| • <b>Oberschenkel-Knochen sind optimaler ins Becken eingehängt</b> | Kniee liegen so unter dem Masse-Schwerpunkt der Becken-Oberschenkel-Struktur und Rumpf-Gewicht                                      |
| • <b>aufgewölbte Fußsohle</b>                                      | zur Abfederung des Ganges<br>aus Greif-Fuß wurde Stand-Fuß                                                                          |
| • <b>frei gewordene Hand wird zur Greihand</b>                     | möglicher Gebrauch zum Jagen, Sammeln, Tragen (auch der Säuglinge)<br>Herstellung von Werkzeugen möglich                            |
| • <b>(möglicher) größerer Schädel</b>                              | bietet Platz für größeres Gehirn                                                                                                    |
| • <b>Verkleinerung des Gesichts-Schädels</b>                       | geschlossene Zahn-Reihen<br>Mundraum besser für Laut-Differenzierung geeignet                                                       |

---

## **6.2. Evolution der Menschen-Ähnlichen**

Homoniden

Phase von vor 29 bis 9 Mio. Jahren sind durch mehr Affen-artige 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-Rekonstruktion  
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

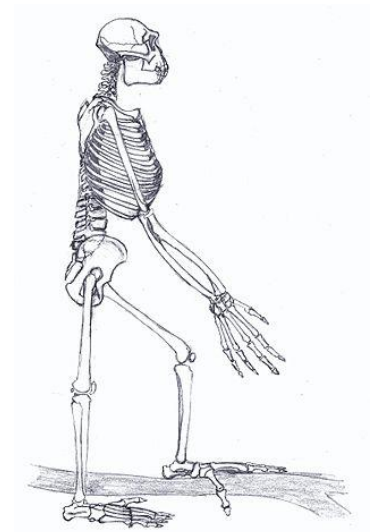
Ramapithecus  
sehr kleine aufrecht-laufende Vorform

ev. ist die geringe Größe dadurch bedingt, dass es sich um eine kleiner-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

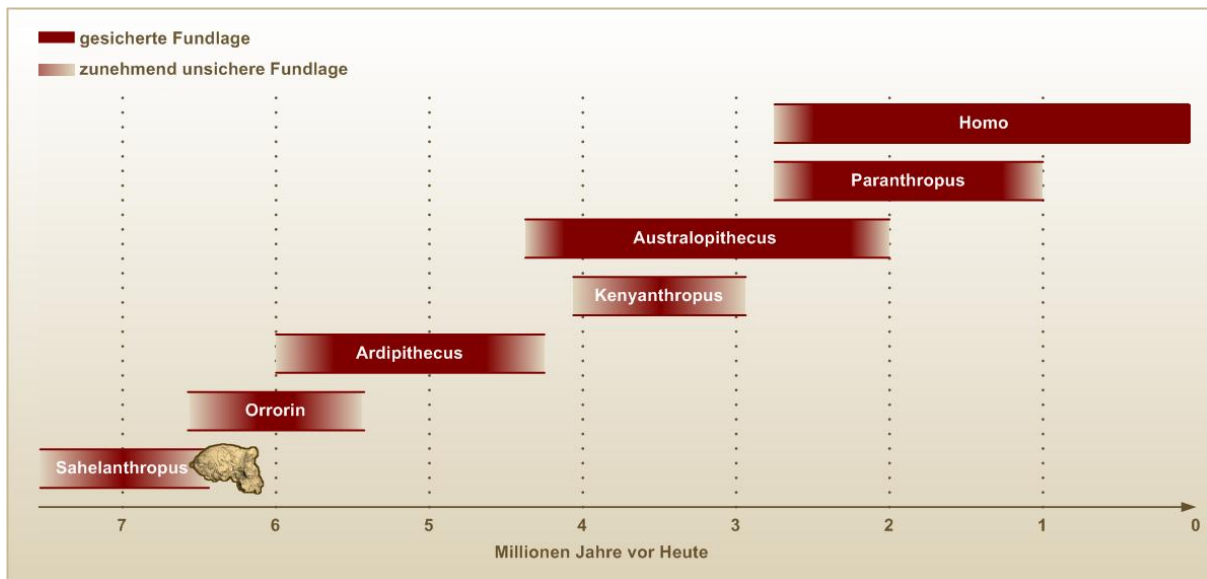


Skelett-Rekonstruktion eines  
*Ardipithecus ramidus*  
Q: de.wikipedia.org (Ori~)

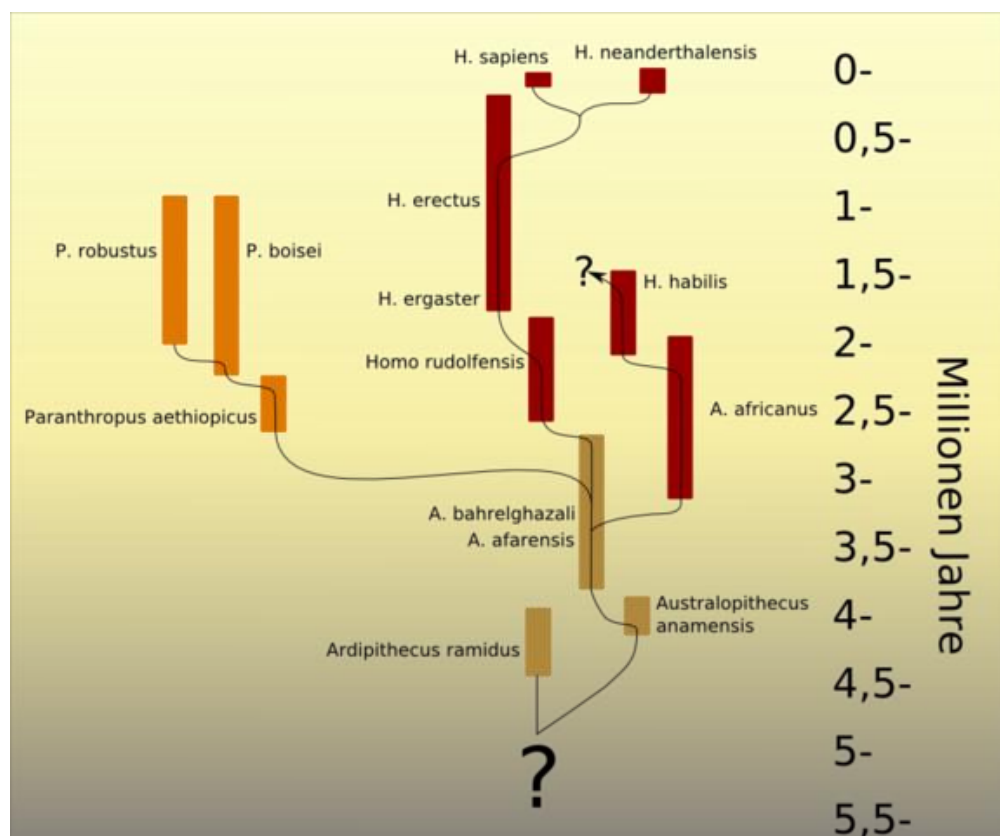
leider große Fossilien-Lücke zwischen 10 bis 5 Mio. Jahre

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 Verwandtschafts-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 Skelett (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 wurden 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)

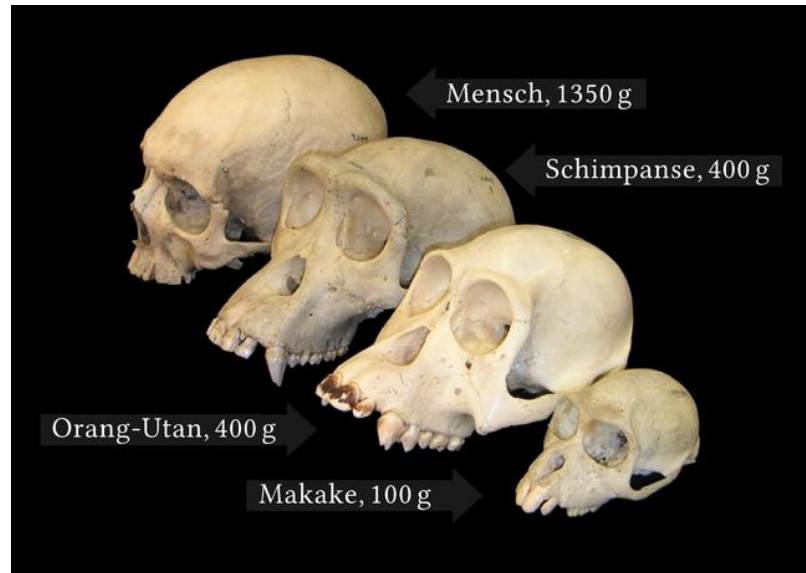
die Phase der Pflege- und Betreuungs-Bedürftigkeit der Jungtiere verlängert sich  
ausgeprägte Kindes- und Jugend-Phase; spielen mit Objekten, soziale Spiele, Abschauen von Handlungen und Verhaltens-Mustern

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

|                               |                     | Menschenaffe                                                                               | Mensch                                                                       |
|-------------------------------|---------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Art(en)</b><br>(Beispiele) |                     |                                                                                            | Homo sapiens sapiens                                                         |
| <b>Unterschiede</b>           | Chromosomen-Anzahl  | 48                                                                                         | 46                                                                           |
|                               | Gehirn-Volumen      | 400 – 500 cm <sup>3</sup>                                                                  | 1'300 cm <sup>3</sup>                                                        |
|                               | 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<br>Grobmotorik            | frei beweglicher Daumen → Präzisions-Griff möglich<br><br>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<br>Arme länger als die Beine und der Rumpf                       | langgestreckt, dünn<br><br>Arme kürzer als Beine; wenig länger als Rumpf     |
|                               | Gang / Fortbewegung | vierfüßig                                                                                  | zweifüßig                                                                    |
|                               | Becken              | schmal<br>kaum Trage-Funktion für innere Organe                                            | breit<br>Geburtskanal recht groß                                             |
|                               |                     |                                                                                            |                                                                              |
|                               |                     |                                                                                            |                                                                              |
|                               |                     |                                                                                            |                                                                              |
| <b>Gemeinsamkeiten</b>        |                     | 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, hauptsächlich 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**

(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 zurückzuführen 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 Autoritäts-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 verschiedenartigen Werkzeugen 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<sup>3</sup>) wie *Australopithecus*

wahrscheinlich war Fleisch-Nahrung eine wesentliche Bedingung für die Zunahme des Gehirns (tierische Eiweiße sind den Menschen-Eiweißen ähnlicher (in der Aminosäure-Zusammensetzung) als pflanzliche Eiweiße)

ob sie intelligenter als *Australopithecus* 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. Auswanderungswelle)

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 stämmiger

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

## **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 der Höhle von Cro-Magnon im Gebiet des heutigen Frankreich

gute Fossilien-Lage

kleinere Zähne, grazieller Knochenbau

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-Chromosoms (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

mitochondriale Eva

führt derzeit zu 7 Urmüttern

Alter der so nachgewiesenen 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)

---

## **Entwicklungs- / Wanderungs- / Ausbreitungs-Theorien**

### **multiregionaler Ursprung**

Entwicklung des Homo sapiens aus vielen Gruppen von Homo erectus (aus verschiedenen Teilen der Welt) durch Mischung

Entstehung vor rund 1,2 bis 1,0 Mio. Jahren

Auftrennung in die heutigen Rassen-Gruppen

auch später immer noch starker Gen-Austausch zwischen regionalen Gruppen / Rassen

### **Out-of-africa-Theorie (Recent African Origin; afrikanischer Ursprung)**

hauptsächlich durch Fossilien und deren Datierung gestützt

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)

### **Out-of-africa II**

### **Out-of-africa III**

#### *Diffusions-Theorie???*

allgemeine Voraussetzung aller hart-biologischen Thesen ist die Annahme der genetisch eigenständigen Art

läßt man dagegen auch Art-übergreifende Kontakte und Vermischungen zu – und die sehr heterogenen und diffusen Daten-Bestände suggerieren das sehr stark – dann ist der Stammbaum des Menschen eher ein Stammbaum einzelner Familien 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 (Art-übergreifende Bastardisierung mit Erhalt der Fortpflanzungsfähigkeit)

dafür spricht auch, dass die genetischen Abweichungen zwischen den klassischen Menschen-Rassen bzw. – lokalen Gruppen deutlich größer sind, als Abweichungen zu verwandten Arten

---

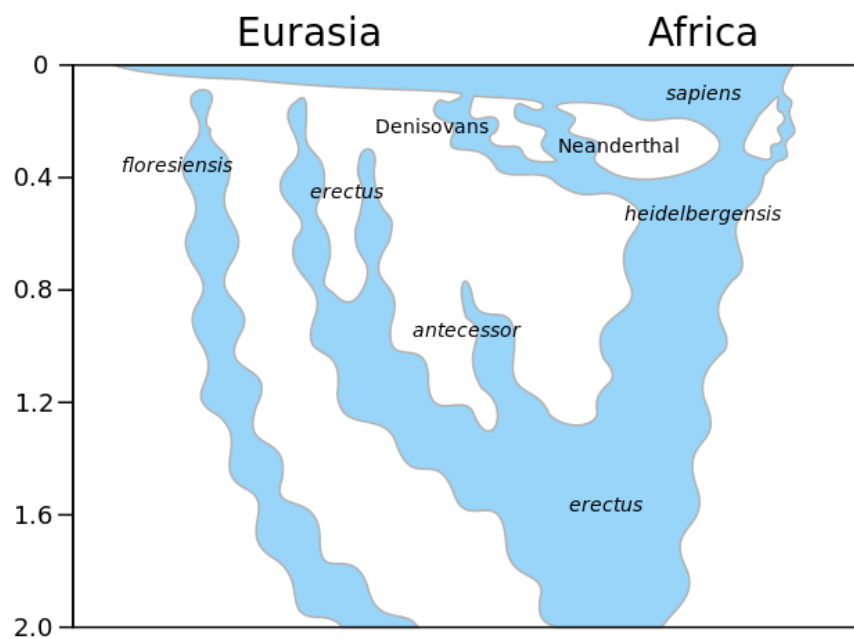
trotzalledem ist die menschliche Art – im Sinne die biologischen Definition einer Art (Bio-Spezies) – recht stabil und nicht mischungsfähig (nach derzeitigem Forschungsstand)

Auswanderungs-Theorien

???Kandelara-Hypothese (vor 1-2 Mio Jahren) → heute als falsch

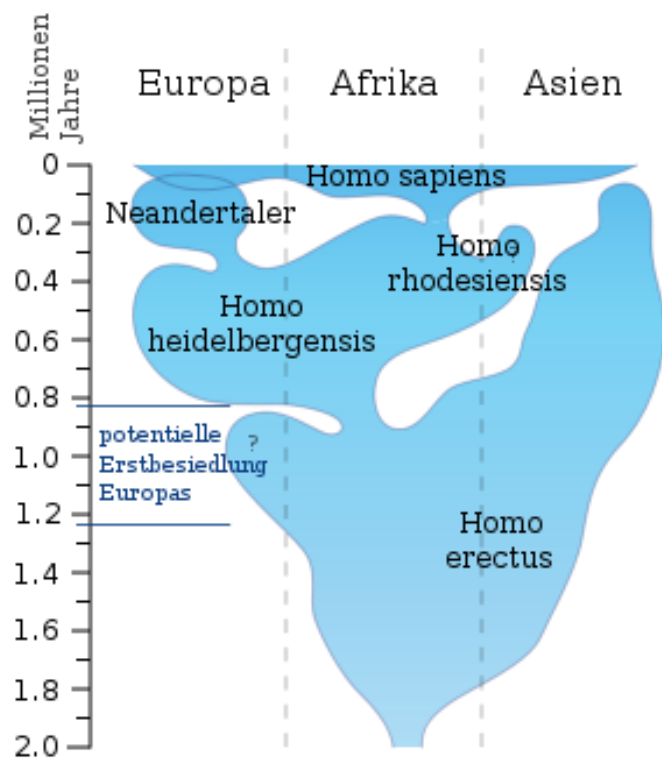
neue These Auswanderung wohl vor spätestens 100'000 und frühestens 300,000 Jahren  
vor 500'000 Abtrennung Neandertaler  
nicht Afrikaner von 55'000 abgetrennt

2012 Chris(topher  
Brian) STRINGER (1947  
- )

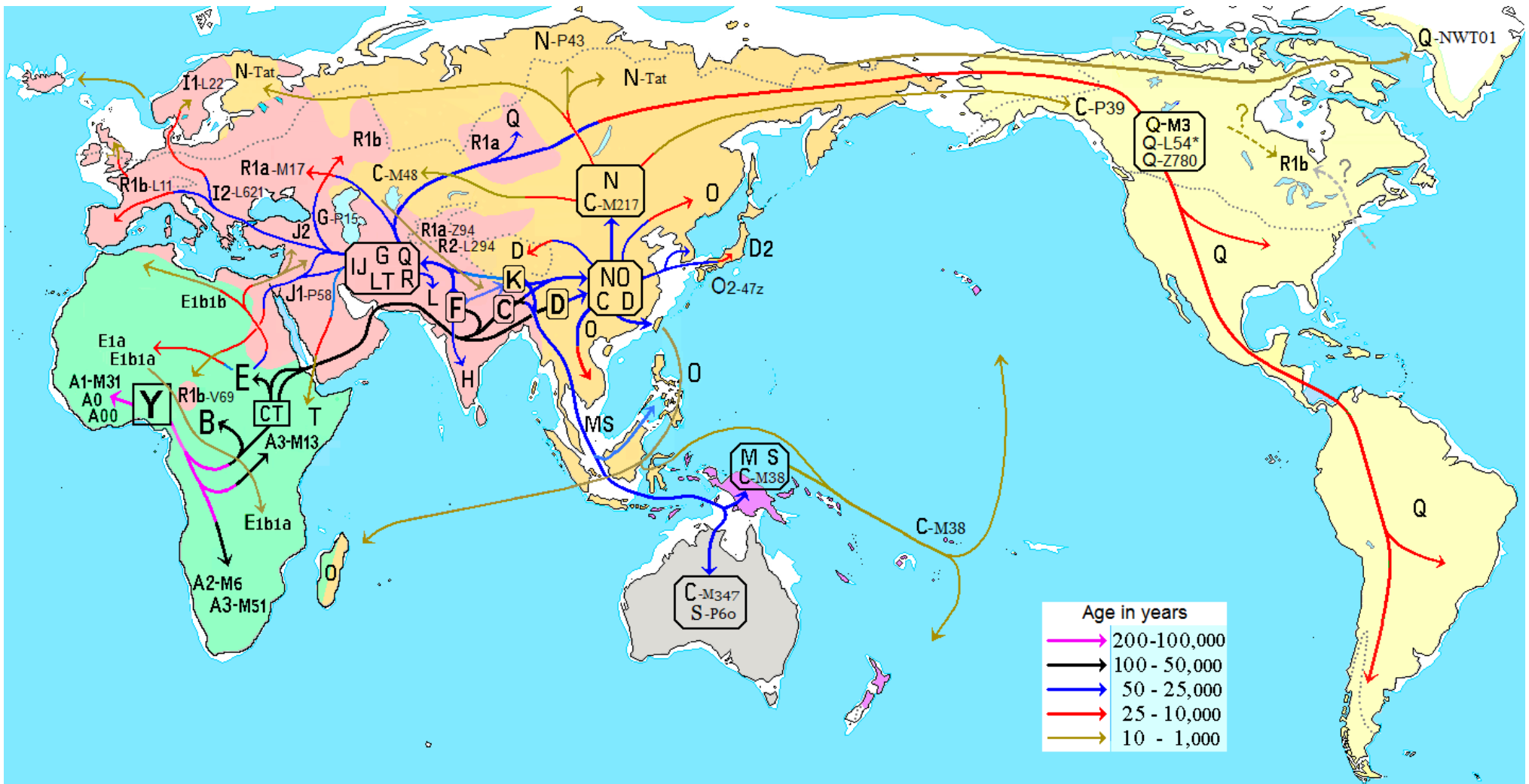


Abstammung der Mensch-Arten nach STRINGER  
Q: de.wikipedia.org (Chris Stringer, Conquistador)

andere These / Rekonstruktion



Q: de.wikipedia.org (Leonie49, myself)



erste Auswanderungswelle (Out-of-Africa) – Rekonstruktion nach genetischen Markern auf dem Y-Chromosom (heute lebender Menschen (Männer))  
 Q: de.wikipedia.org (Maulocioni)



häufig formulierte und auch weit verbreitete Vorurteile gegenüber Menschen-Rassen sind nicht beweisbar

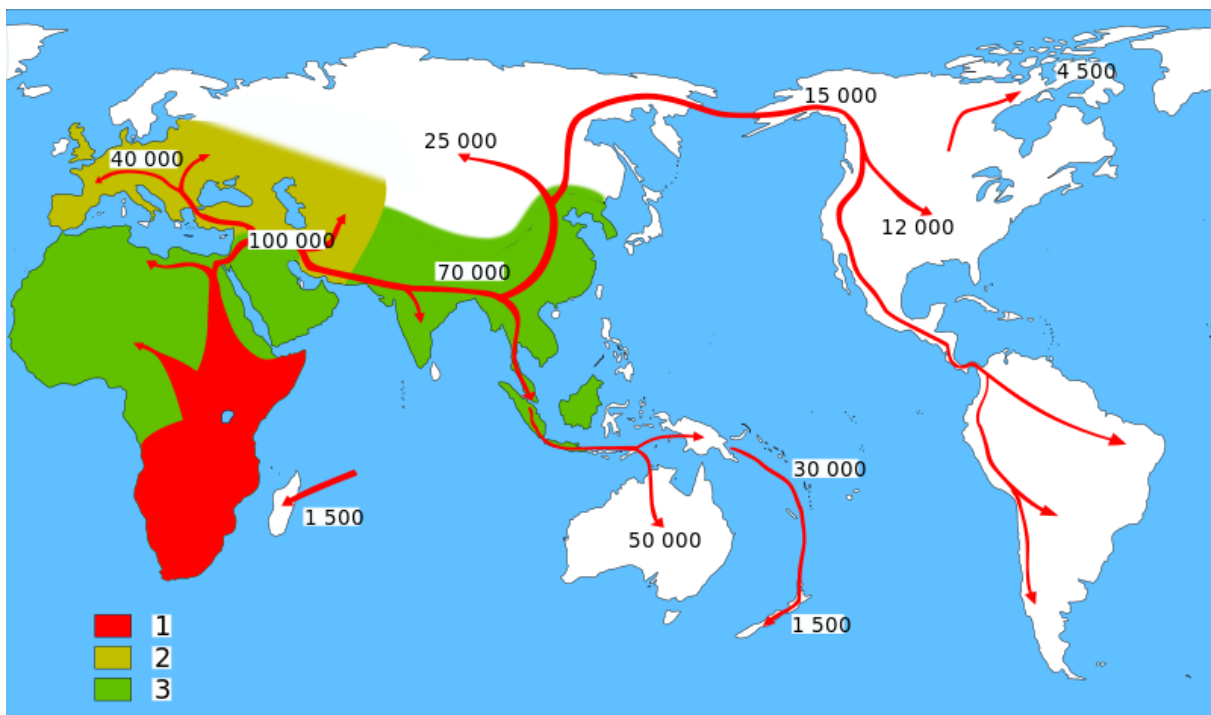
vielmehr sind kulturelle, religiöse und andere Lebens-Bedingungen für kleine Unterschiede verantwortlich

gehören alle zur gleichen (Unter-)Art (s) Homo sapiens (sapiens)  
keine genetischen Hürden (Mischungen eher vorteilhaft)  
gleiche Intelligenz  
gleiche Verhaltensweisen

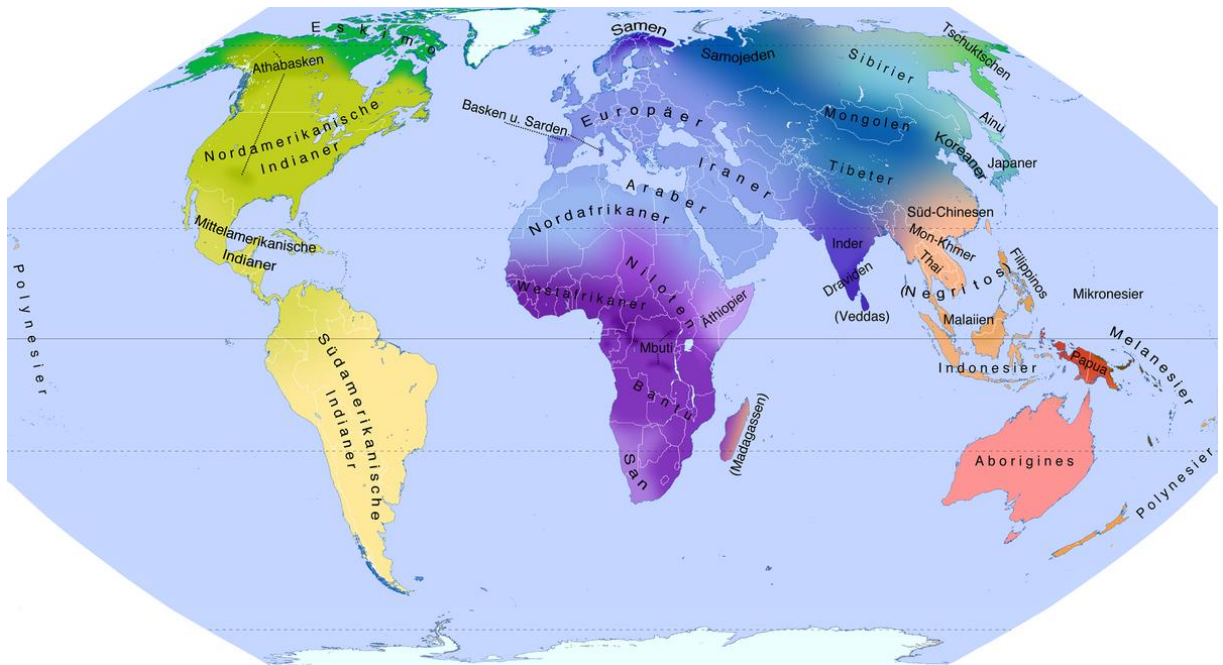
Rassen sind ein soziales Konstrukt, keine biologisch-basierte Gruppe  
(→ [Menschen-Rassen und Rassismus](#))



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 Barnett, 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-Rassen(-Gruppen / -Kreise)  
Q: commons.wikimedia.org (Ökologix)

## Belege für Out-of-africa

genetische Stammbäume

→ *Helicobacter 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 -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-Organen  
 Abdeckung verschiedener Bedürfnisse: (Pascal BOYER, )

dazu gehören:

- **Kommunikation mit einer Person, die genau so fühlt und denkt, 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**
- **Verhaltens-Hypothese**
- **Wat-Hypothese**  
(Wasseraffen-Hypothese)

### **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 Fossilien ((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 Fossilien deuten 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 ) *Sahelanthropus 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

## **Mythos Neandertaler**

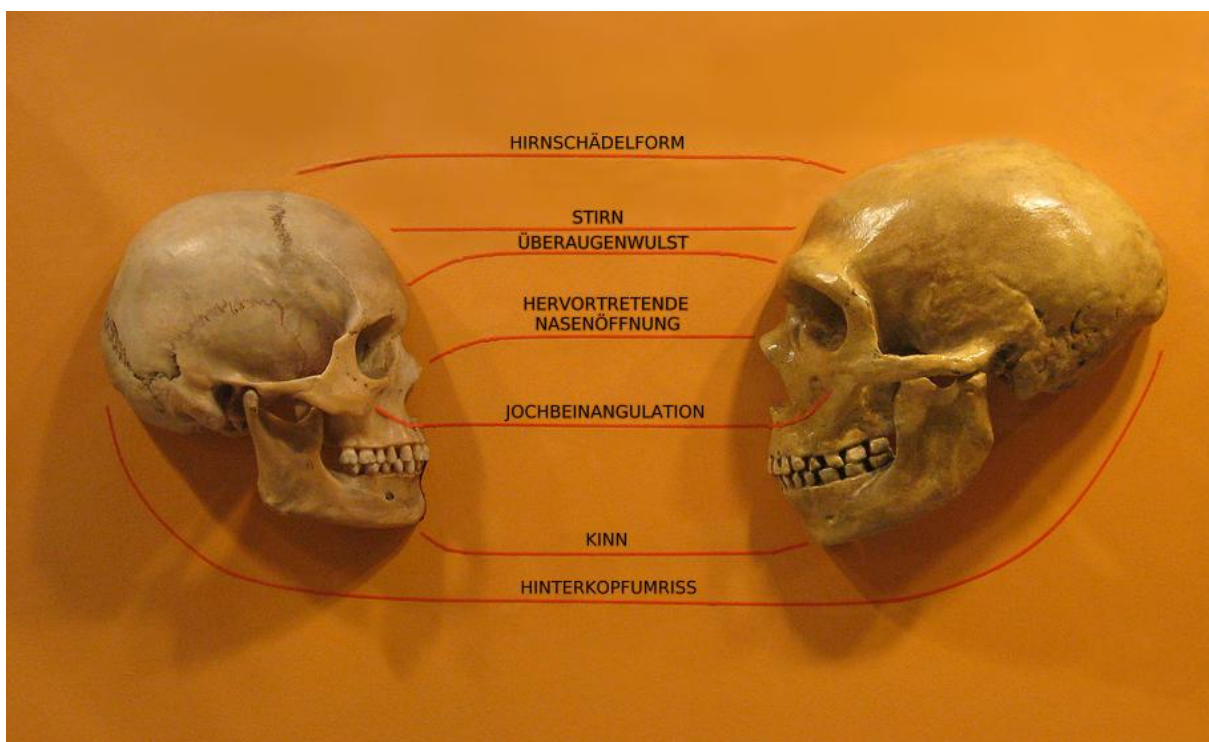
Neanderthaler sind eine eigenständige Unter-Art in der Art Homo sapiens → (s-) Homo sapiens neanderthalensis  
von einigen Forschern aber auch als eigenständige Art in der Gattung Homo betrachtet → (s) Homo neanderthalensis  
wahrscheinlich liegt die Wahrheit irgendwo dazwischen in einem Nebelfeld von 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 neanderthalensis

Neandertaler 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)

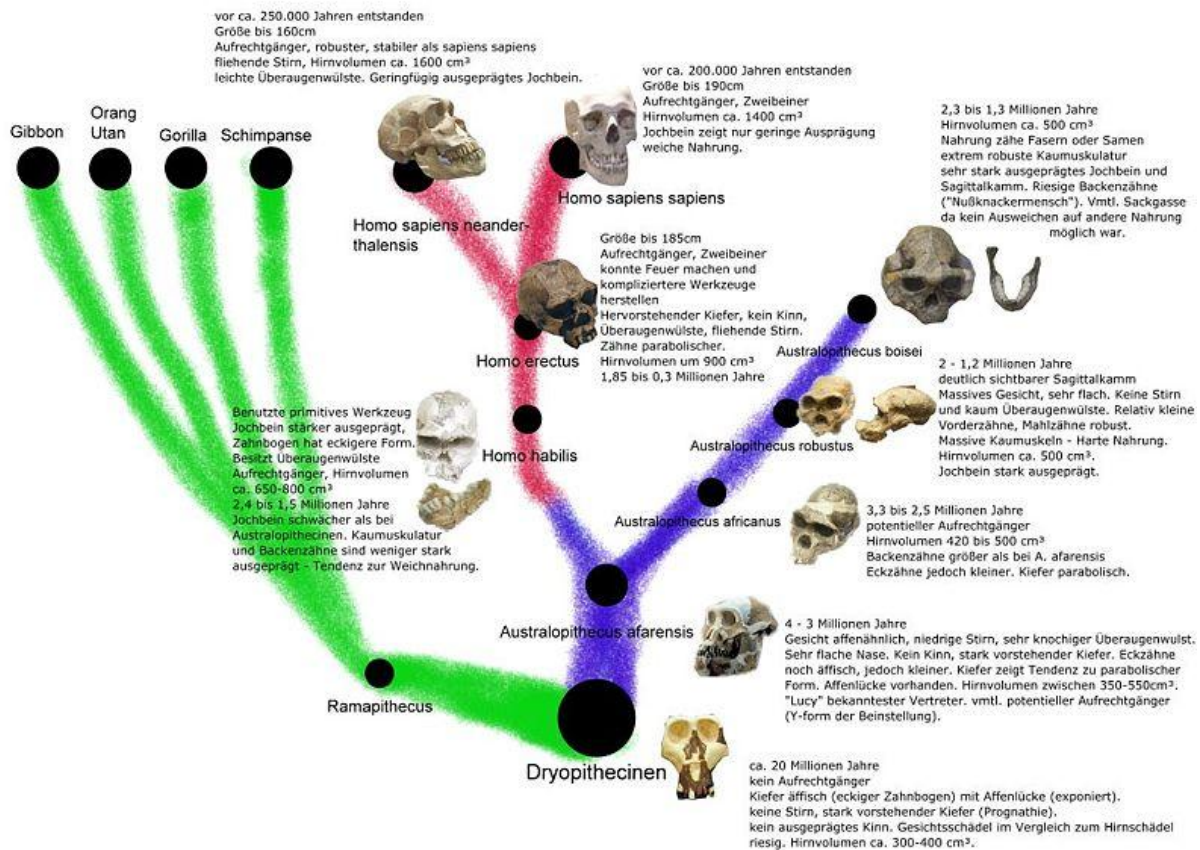
eine weitreichende Vermischung / Hybridisierung mit den einwandernden Homo sapiens aus Afrika ist aber in unserem heutigen Genom nicht nachgewiesen worden  
nur Einmischung einzelner Gene

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)

## Züchtung von Kulturpflanzen und Haustieren

### Domestikation

#### **Definition(en): Domestikation**

Domestikation 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-<br>Beginn vor ...<br>Jahren | geschätzte<br>Anzahl<br>bekannter<br>Rassen |  |
|-------------------------------|-------------------|--------------------------|------------|-------------------|----------------------------------------|---------------------------------------------|--|
| Europäische Wild-<br>ziege    |                   | ausgerottet              |            |                   | 11'000                                 |                                             |  |
| Wolf                          |                   |                          |            |                   | 10'000                                 |                                             |  |
| Wildschwein                   |                   |                          |            |                   | 9'000                                  |                                             |  |
| Nordafrikanische<br>Falbkatze |                   |                          |            |                   | 8'000                                  |                                             |  |
| Auerochse                     |                   | seit 1627<br>ausgerottet |            |                   | 6'000                                  |                                             |  |
| Wildpferd                     |                   | fast ausge-<br>rottet    |            |                   | 6'000                                  |                                             |  |
| Graugans                      |                   |                          |            |                   | 6'000                                  |                                             |  |
| Meerschwein                   |                   |                          |            |                   | 6'000                                  |                                             |  |
| Bankivahuhn                   |                   |                          |            |                   | 4'000                                  |                                             |  |
| Wildkaninchen                 |                   |                          |            |                   | 2'000                                  |                                             |  |
| Wellensittich                 |                   |                          |            |                   | 100                                    |                                             |  |
| Goldhamster                   |                   |                          |            |                   | 50                                     |                                             |  |

**Definition(en): Heterosis-Züchtung**

Heterosis-Züchtung ist eine spezielle Form der Züchtung, bei der spezielle Leistungsschwäche Eltern(-Rassen) zu Leistungsfähigeren 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](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 ( $\geq 75\%$ ), 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<sub>3</sub>-Hypothese)
- Kraushaar (Wärme-Isolation)
- Lid-Falte ()
- Lactose-Verträglichkeit (Nutzung von zusätzlichen Nahrungs-Quellen in Gebieten 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 bestimmten 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 Sinn macht

|                                                                                                                                              |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Definition(en): Unter-Art</b>                                                                                                             |
| Die Individuen einer Art, die sich in eine taxonomisch 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, weil 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 dysfunktionalem Allel (ähnliche, aber weniger ausgeprägte Akkumulation und Nebenwirkung)

die Variante EM (extensive metabolizer)) arbeitet normal schnell, Genotyp ist homozygot Wild-Gen (hierauf 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)

### Polymorphismus von CYP2D6 in verschiedenen ethnischen Gruppen

| Phäno-Typ |  | Bevölkerungs-Gruppe [%]                           |                                                     |                                                 |         |                    |
|-----------|--|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|-------------------------------------------------|---------|--------------------|
|           |  | Europa<br>Nordamerika<br>(europ. Ab-<br>stammung) | Afrika<br>Nordamerika<br>(afrikan. Ab-<br>stammung) | Nordamerika<br>(Hispanic)<br>Lateiname-<br>rika | Asien   | Mittlerer<br>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 vorausseilende 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 sowenig 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

## **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 weitestgehend 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

Pille → hervorragendes Schwangerschafts-Verhütungsmittel mit großer feministischen und soziologischen Bedeutung

aber auch bei jeder 10. Frau Probleme nach dem Absetzen, Rückkehr zur normalen Ovulation problematisch

bei wiederum ungefähr 10 % dieser Frauen kommt es trotz intensiver Behandlung mit Hormonen nicht wieder zur normalen Ovulation (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 Karriere, Selbstfindung und so 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

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 biologischen Bedarf – keine Resistenzen / Immunisierungen oder andere Abwehr-Mechanismen gibt

Zunahme viraler Erkrankungen, da kaum Bekämpfungs-Möglichkeiten bestehen, nur vorläufige Immunisierung effektiv, wird wiederum 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

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

Zwang zum individuellen Hervorstechen aus der Masse  
Hubschrauber-Eltern, die ihre Kinder mit Förderungen überstreßen, um ihre – von allen anderen unterschätzten – "versteckten 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  
dazu kommt, dass die Helikopter-Eltern die Kontrolle ungern an die Verwöhnenden und weniger fordernden Großeltern abgeben wollen

#### 6.4.2. gesellschaftliche Evolution des Menschen

|                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Definition(en): Mem</b>                                                                                                                                                                                                                                              |
| Ein Mem ist die / eine Einheit der gesellschaftlichen Vererbung.<br>(Unter einem Mem kann man sich eine von Generation zu Generation bzw. von Gruppe zu Gruppe weitergegebene 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

---

## **7. Anwendungen der Evolution?**

### **7.1. genetische Algorithmen in der Programmierung und Technik-Entwicklung**

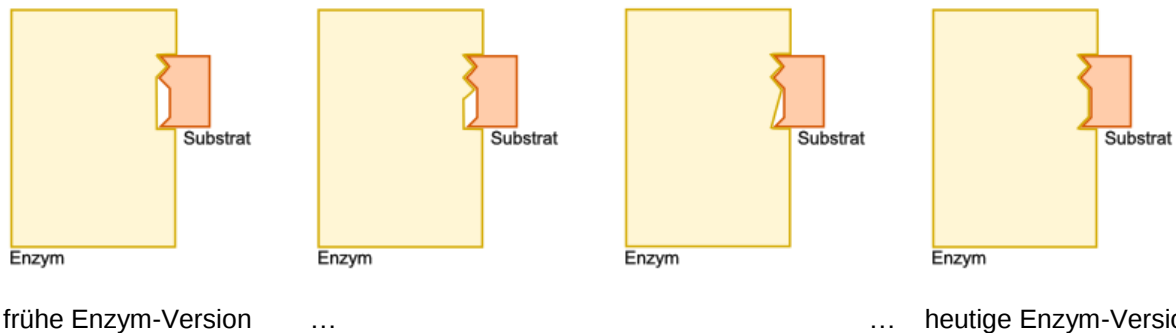
eigentlich müsste es evolutionäre Algorithmen heißen

meist hinsichtlich der Kreativität eingeschränkt, sie erfinden selten etwas Neues, es werden mehr Optimierungen durchgeführt, wichtiger Unterschied zur echten Evolution

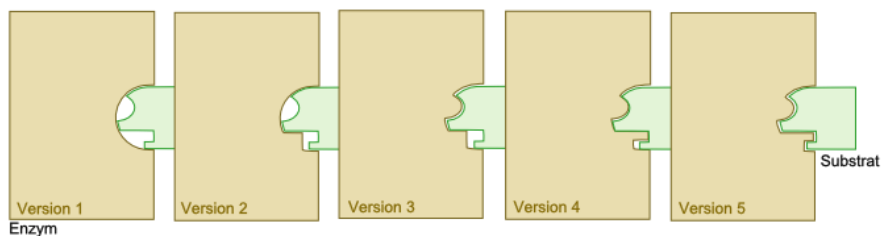
## **komplexe Aufgaben z.B. für die Vorbereitung auf Klausuren und Prüfungen)**

### **A. Evolution von Enzymen**

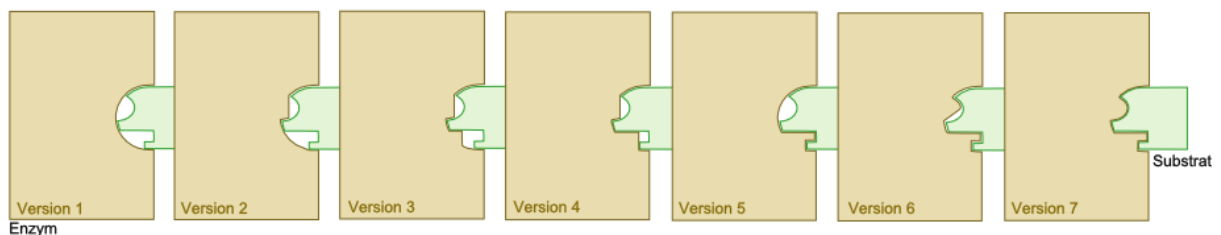
Man weiss seit längerem, dass sich Enzyme langsam an ihre Substrate angepasst haben. Die wesentlichen Veränderungen finden dabei am aktiven Zentrum statt. Zuerst war die Passung des Enzyms zum Substrat noch sehr grob. Das Enzym konnte die spezifische Reaktion nur relativ langsam ausführen. Durch Mutationen 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.



- 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 Professoren unterschiedliche Modelle für die Evolution eines bestimmten Enzyms in den Vorlesungen kennen gelernt.**



Modell Professor FERMENT



Modell Professor BOKAT

***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 Student 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!*

*zu A: gehobene Anspruchsebene*

- 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!*

---

## **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 homozygoten 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

*Der Kalifornische Ziesel (Otospermophilus beechey) gehört zu den Erdhörnchen.*

*Sie leben in trocknen Gebieten an der Westküste Nordamerika'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 Raubvögel und Klapperschlangen.*



Kalifornischer Ziesel  
Q: de.wikipedia.org (Howcheng)

*Bei einem Angriff einer Klapperschlange auf ein Jungtier gehen häufig*

*die erwachsenen Tiere 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-Organen der Klapperschlangen besser "sichtbar". Die Ziesel signalisieren damit u.a. eine Wachsamkeit gegenüber den Klapperschlangen.*

*Jüngere Klapperschlangen werden von den erwachsenen Zieseln attackiert 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 Zieseln gekaut und durch Lecken des Fells 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 Acetylcholin-ergen Synapse und gehen Sie dabei auch auf die Störung durch das Crotoxin ein!*
- e) *Ein Student behauptet: "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!*

---

## 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 interdisziplinäres Handbuch.-Stuttgart: J. B. Metler'sche Verlags-  
buchhandlung 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/ Violution  
ISBN
- /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

/2/

ISBN

/A/

Wikipedia

<http://de.wikipedia.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:

// lern-soft-projekt: drews (c,p) 1997 - 2022 lsp: dre  
für die Verwendung außerhalb dieses Skriptes gilt für sie die Lizenz:



**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](http://www.inkscape.org))
- **CmapTools** von: Institute for Human and Maschine Cognition ([www.ihmc.us](http://www.ihmc.us))

|    |                                                                               |    |
|----|-------------------------------------------------------------------------------|----|
| ⌘- | (c,p)2014 - 2022 lern-soft-projekt: drews                                     | -⌘ |
| ⌘- | <a href="mailto:drews@lern-soft-projekt.de">drews@lern-soft-projekt.de</a>    | -⌘ |
| ⌘- | <a href="http://www.lern-soft-projekt.de">http://www.lern-soft-projekt.de</a> | -⌘ |
| ⌘- | 18069 Rostock; Luise-Otto-Peters-Ring 25                                      | -⌘ |
| ⌘- | Tel/AB (0381) 760 12 18 FAX 760 12 11                                         | -⌘ |