Systematische Phylogenie.

Entwurf eines

Natürlichen Systems der Organismen

auf Grund ihrer Stammesgeschichte

von

Ernst Haeckel
(Jena).

Erster Theil:

Systematische Phylogenie

der

Protisten und Pflanzen.

Berlin
Verlag von Georg Reimer.
1894.

Systematische Phylogenie

der

Protisten und Pflanzen.

Erster Theil

des Entwurfs einer systematischen

Stammesgeschichte.

Von

Ernst Haeckel

(Jena).

Berlin

Verlag von Georg Reimer.

1894.

Vorwort.

Der erste Entwurf zu der vorliegenden Systematischen Phylogenie wurde vor dreissig Jahren niedergeschrieben und lieferte die Grundlage zu der »Systematischen Einleitung in die allgemeine Entwickelungsgeschichte«, welche bald darauf (1866) im zweiten Bande meiner Generellen Morphologie erschien (»Genealogische Uebersicht des natürlichen Systems der Organismen«). Da dieser erste Versuch, die neu begründete Descendenz-Theorie auf das gesammte Gebiet der organischen Formenlehre und Systematik anzuwenden, unter den Fachgenossen sehr wenig Anklang fand, versuchte ich, die wichtigsten Theile derselben in mehr populärer Form einem grösseren Leserkreise in meiner »Natürlichen Schöpfungsgeschichte« vorzulegen (1868). Der Erfolg dieses populären Buches, welches in acht Auflagen und zwölf verschiedenen Uebersetzungen erschien, bewies das lebhafte Interesse weiterer Kreise an unserer neuen Entwickelungslehre. Ein Vergleich der beträchtlichen Veränderungen, welche das phylogenetische System in jeder der acht Auflagen erfuhr, kann zugleich als Zeugniss für das schnelle Wachsthum unserer Erkenntnisse angesehen werden.

Indessen musste sich die dort gegebene Uebersicht des natürlichen Systems auf die kurze Darstellung der wichtigsten Verhältnisse beschränken; nur für die Hauptgruppen der organischen Formen (die Classen und Ordnungen) konnte der vermuthliche historische Zusammenhang angedeutet werden. Dagegen musste ich auf die nähere Begründung der zahlreichen, dabei aufgestellten phylogenetischen Hypothesen verzichten. Diese Begründung versucht nun das vorliegende Werk zu geben; ich habe darin die bedeutendsten Resultate der stammesgeschichtlichen Forschungen zusammengefasst, welche inzwischen an der

Hand ihrer drei wichtigsten empirischen Urkunden, der Palaeontologie, Ontogenie und Morphologie, in grosser Ausdehnung angestellt worden sind.

Selbstverständlich ist und bleibt unsere Stammesgeschichte ein Hypothesen-Gebäude, gerade so wie ihre Schwester, die historische Geologie. Denn sie sucht eine zusammenhängende Einsicht in den Gang und die Ursachen von längst verflossenen Ereignissen zu gewinnen, deren unmittelbare Erforschung uns unmöglich ist. Weder Beobachtung noch Experiment vermögen uns directe Aufschlüsse über die zahllosen Umbildungs-Processe zu gewähren, durch welche die heutigen Thier- und Pflanzen-Formen aus langen Ahnen-Reihen hervorgegangen sind. Nur ein kleiner Theil der Erzeugnisse, welche jene phylogenetischen Transformationen hervorgebracht haben, liegt uns in greifbarer Form vor Augen; der weitaus grössere Theil bleibt uns für immer verschlossen. Denn die empirischen Urkunden unserer Stammesgeschichte werden immer in hohem Maasse lückenhaft bleiben, wie sehr sich auch im Einzelnen ihr Erkenntniss-Gebiet durch fortgesetzte Entdeckungen erweitern mag.

Aber die denkende Benutzung und kritische Vergleichung jener drei Stammes-Urkunden ist dennoch im Stande, uns schon jetzt einen klaren Einblick in den allgemeinen Gang jenes historischen Entwickelungs-Processes und in die Wirksamkeit seiner wichtigsten Factoren, der Vererbung und Anpassung, zu gewähren. Auf ihrer Wechselwirkung im Kampf um's Dasein beruht der phyletische Zusammenhang der mannichfaltigen organischen Formen. Den einfachsten und klarsten Ausdruck desselben liefert uns die Aufstellung ihres hypothetischen Stammbaums. Als ich 1866 in der Generellen Morphologie den ersten Entwurf der organischen Stammbäume unternahm, und als ich dieselben in den verschiedenen Auflagen der Natürlichen Schöpfungsgeschichte beständig zu verbessern mich bemühte, stiessen diese schwierigen ersten Versuche ein Decennium hindurch fast allgemein auf lebhaften Widerspruch. Erst allmählig brach sich das Verständniss ihrer Bedeutung als heuristischer Hypothesen langsam Bahn. Im Laufe der letzten beiden Decennien sind fast in allen Gebieten des zoologischen und botanischen Systems so werthvolle Versuche zu einer genaueren Erforschung des phylogenetischen Zusammenhangs der ver-

wandten Formen-Gruppen gemacht worden, dass ich unter kritischer Benutzung derselben die neuen, in dieser Systematischen Phylogenie aufgestellten Stammbäume für wesentlich verbessert halten darf. Natürlich bleiben aber auch diese Schemata, ebenso wie die neuen, Hand in Hand damit vervollkommneten systematischen Tabellen, immer nur Versuche, tiefer in die Geheimnisse der Stammesgeschichte einzudringen; sie sollen nur den Weg andeuten, auf welchem — nach dem jetzigen beschränkten Zustande unserer empirischen Kenntnisse — die weitere phylogenetische Forschung wahrscheinlich am besten vorzudringen hat. Ich brauche daher hier wohl kaum die Versicherung zu wiederholen, dass ich meinen Entwürfen von Stammbäumen und System-Tabellen keinen dogmatischen Werth beimesse; jeder einzelne Zweig des Stammbaums bedeutet nur eine bestimmte Frage nach dem vermuthlichen genealogischen Zusammenhang der verknüpften Formengruppen. Wo dieser Zusammenhang heute noch unsicher oder ganz zweifelhaft erscheint, habe ich häufig zwei concurirrenden Hypothesen gleichzeitig einen neutralen Ausdruck gegeben; dadurch erklären sich die Widersprüche, welche der aufmerksame Leser öfter bei Vergleichung verschiedener Tabellen und Stammbäume einer und derselben Formengruppe antreffen wird.

Wie weit es möglich ist, für einen einzelnen Organismus die ganze Reihe seiner Vorfahren im historischen Zusammenhang zu erkennen, habe ich vor zwanzig Jahren in meiner Anthropogenie zu zeigen mich bemüht. Die thierische Ahnenkette des Menschen, welche ich dort aufstellte, versuchte ich durch die Bildungsgeschichte der einzelnen Organe an der Hand des biogenetischen Grundgesetzes zu erläutern. Dadurch glaubte ich am besten die vielbestrittene Berechtigung zur Aufstellung meiner Stammbäume begründen zu können. Der Leser, welcher die unvollkommene Darstellung der ersten Auflage der Anthropogenie (1874) mit der ausgeführten Umarbeitung der letzten Auflage (1891) vergleicht, wird sich leicht überzeugen, wie sehr sich gerade in diesem wichtigen Special-Gebiete der Phylogenie unsere Erkenntnisse geklärt und gefestigt haben.

Dass der vorliegende Entwurf einer systematischen Phylogenie kein Lehrbuch sein kann und will, braucht wohl kaum hervorgehoben zu werden. Ich habe daher auch auf alle Litteratur-Hinweise und

Abbildungen verzichtet; um so mehr, als jetzt an guten und reich illustrirten Lehrbüchern der Zoologie und Botanik kein Mangel ist. Zur Zeit sind die einzelnen Theile unserer Stammesgeschichte doch noch zu ungleichmässig bearbeitet, und die Hypothesen der einzelnen Geschichtsforscher noch zu widerspruchsvoll, um eine ausgeführte und einigermaassen abgerundete Darstellung derselben in Form eines Lehrbuchs geben zu können. Vielmehr trägt mein »Entwurf« noch durchweg den Character eines subjectiven Geschichts-Bildes, welches in knappem Rahmen einen Ueberblick über das Gesammtgebiet der organischen Stammesgeschichte nach meiner persönlichen Auffassung geben soll. Dass die einzelnen Theile desselben sehr ungleich ausgeführt sind, bald kaum angedeutet, bald im Einzelnen weiter ausgearbeitet, erklärt sich aus zwei Gründen: objectiv durch den sehr ungleichen Grad des Interesses und der Reife, welchen die bereits gewonnenen Resultate der phylogenetischen Forschung in den verschiedenen Abtheilungen des Thier- und Pflanzen-Reichs darbieten; subjectiv durch das sehr ungleiche Maass der Kenntnisse, welche ich selbst in den verschiedenen Abtheilungen dieses endlos ausgedehnten Gebiets besitze. Trotz dieser empfindlichen, mir wohl bewussten Mängel hoffe ich dennoch, dass dieser neue Entwurf zur Förderung und Ausbreitung jener wahren »Natur-Geschichte« beitragen wird, die nach meiner Ueberzeugung zur Lösung der höchsten wissenschaftlichen Aufgaben berufen ist.

Jena, den 18. October 1894.

Ernst Haeckel.

Inhaltsverzeichniss.

Seite

Vorwort V

Erstes Kapitel.

Generelle Principien der Phylogenie.

§ 1. **Begriff und Aufgabe der Phylogenie** 1
§ 2. **Urkunden der Phylogenie** 2
§ 3. Palaeontologische Urkunden 2
§ 4. Positive Daten der Palaeontologie 3
§ 5. Negative Lücken der Palaeontologie 4
§ 6. Ontogenetische Urkunden 5
§ 7. Palingenetische Processe 7
§ 8. Cenogenetische Processe 8
§ 9. Morphologische Urkunden 9
§ 10. Homologien und Analogien 10
§ 11. Fortbildung und Rückbildung 11
§ 12. **Methoden der Phylogenie** 12
§ 13. Empirische Phylogenie 12
§ 14. Philosophische Phylogenie 13
§ 15. Monistische Principien der Phylogenie 14
§ 16. Ursachen der Phylogenesis 15
§ 17. Continuität der Phylogenesis 16
§ 18. **Zeitrechnung der Stammesgeschichte** 17
§ 19. System der geologischen Formationen 18
§ 20. System der phylogenetischen Perioden 19
§ 21. Archozoisches Zeitalter 20
§ 22. Palaeozoisches Zeitalter 22
§ 23. Mesozoisches Zeitalter 24
§ 24. Caenozoisches Zeitalter 26
§ 25. Kategorien des phylogenetischen Systems 27
§ 26. Relativismus der Kategorien 28
§ 27. Stufenreihe der Kategorien 29

Seite
§ 28. Construction der Stammbäume 30
§ 29. Monophyletische und polyphyletische Hypothesen 31
§ 30. Ergebnisse der phylogenetischen Classification 32

Zweites Kapitel.

Generelle Phylogenie der Protisten.

§ 31. **Beginn der Phylogenie** 34
§ 32. Archigonie oder Urzeugung 35
§ 33. Moneren und Micellen 37
§ 34. Plasson und Plasma 38
§ 35. **Begriff des Protistenreiches** 40
§ 36. Pflanzenreich und Thierreich 41
§ 37. Plasmodomen und Plasmophagen 43
§ 38. Metasitismus. Ernährungswechsel 44
§ 39. Protophyten und Protozoen 46
§ 40. Asemische Protisten-Stämme 47
§ 41. Typische Protophyten-Stämme 49
§ 42. Typische Protozoen-Stämme 50
§ 43. System des Protistenreiches 52
§ 44. Stammbaum des Protistenreiches 53
§ 45. Urkunden der Protisten-Phylogenie 51
§ 46. Palaeontologie der Protisten 55
§ 47. Ontogenie der Protisten 55
§ 48. Morphologie der Protisten 57
§ 49. Monobien und Coenobien 58
§ 50. Grundformen der Protisten 60
§ 51. Centrostigmen (*Sphaerotypische Grundformen*) 61
§ 52. Centraxonien (*Grammotypische Grundformen*) 61
§ 53. Centroplanen (*Zygotypische Grundformen*) 63
§ 54. Acentronien (*Anaxone Grundformen*) 64
§ 55. Synopsis der Grundformen 65
§ 56. **Plastiden** (*Cytoden und Zellen*) 64
§ 57. Synopsis der Zellbestandtheile 68
§ 58. Nucleus (*Karyon*), Zellkern 67
§ 59. Celleus (*Cytosoma*), Zellenleib 71
§ 60. Phylogenie der Organellen 72
§ 61. Cythecium, Zellhülle 74
§ 62. Phylogenie der Zellseele 75
§ 63. Phylogenie der Bewegungs-Organellen 76
§ 64. Phylogenie der Empfindungs-Organellen 79
§ 65. Phylogenie der Ernährungs-Organellen 81
§ 66. Fortpflanzung der Protisten 83
§ 67. Monogonie und Amphigonie 85
§ 68. Paulose und Kinese 87
§ 69. **Einheit der organischen Welt** 88
§ 70. System der Stämme und Hauptclassen 90
§ 71. Stammbaum der organischen Welt 91
§ 72. Historische Autonomie des Protistenreiches 89

Seite

Drittes Kapitel.

Systematische Phylogenie der Protophyten.

§ 73. **Begriff der Protophyten** 93
§ 74. Classification der Protophyten 94
§ 75. Stämme der Protophyten 95
§ 76. System der Protophyten 96
§ 77. Stammbaum der Protophyten 97
§ 78. **Archephyta** (*Progonella*) 98
§ 79. Probiontes (= *Phytomonera*) 99
§ 80. Chromacea (= *Cyanophyta*) 101
§ 81. **Algariae** (*Paulosporatae*) 103
§ 82. Paulotomeae (*Palmellariae*) 105
§ 83. Palmellaceae (*Pleurococcales*) 106
§ 84. Xanthellaceae (*Xanthideae*) 107
§ 85. Murracyteae (*Pyrocystales*) 109
§ 86. Calcocyteae (*Coccosphaerales*) 110
§ 87. Conjugatae (*Cosmariae*) 111
§ 88. Diatomeae (*Bacillariae*) 113
§ 89. Schachtelpanzer der Diatomeen 114
§ 90. Fortpflanzung der Diatomeen 115
§ 91. Phylogenie der Diatomeen 116
§ 92. Fossile Diatomeen 117
§ 93. **Algettae** (*Zoosporatae*) 118
§ 94. Mastigota (*Phytomastigia*) 121
§ 95. Phytomonades (*Protococcales*) 123
§ 96. Volvocina (*Volvocades*) 125
§ 97. Dictyochea (*Lithomastigia*) 126
§ 98. Peridinea (*Dinomastigia*) 127
§ 99. Melethallia (*Coenobiotica*) 129
§ 100. Siphoneae (= *Ascalgettae*) 130

Viertes Kapitel.

Systematische Phylogenie der Protozoen.

§ 101. **Begriff der Protozoen** 133
§ 102. Classification der Protozoen 134
§ 103. Stämme der Protozoen 135
§ 104. System der Protozoen 138
§ 105. Stammbaum der Protozoen 139
§ 106. **Archezoa** (*Zoarchega*) 137
§ 107. Bacteria (*Bactromonera*) 140
§ 108. Zoomonera (*Monera s. str.*) 144
§ 109. **Fungilli** (= *Sporozoa*) 146
§ 110. Classification der Fungillen 147
§ 111. System der Fungillen 149
§ 112. Fungillaria (*Sporozoa cystomorpha*) 150
§ 113. Chytridina (*Chytridiales*) 152
§ 114. Gregarinae (*Sporozoa s. str.*) 154

Seite
§ 115. Fungilletta (*Sporozoa mycetomorpha*) 156
§ 116. Zygomycaria (*Zygomycetes*) 157
§ 117. Siphomycaria (*Ovomycetes*) 158
§ 118. **Rhizopoda** (*Sarcodina*) 160
§ 119. Classification der Rhizopoden 162
§ 120. System der Rhizopoden 164
§ 121. Stammbaum der Rhizopoden 165
§ 122. Lobosa (*Amoebaria*) 163
§ 123. Amoebina (*Gymnolobosa*) 168
§ 124. Arcellina (*Thecolobosa*) 170
§ 125. Mycetozoa (*Myxomycetes*) 172
§ 126. Heliozoa (*Sonnenthierchen*) 174
§ 127. Thalamophora (*Reticularia*) 177
§ 128. Monobionte und coenobionte Thalamophoren 178
§ 129. Schalen-Material der Thalamophoren 180
§ 130. Catenation der Thalamophoren 182
§ 131. Species der Thalamophoren 183
§ 132. Palaeontologie der Thalamophoren 185
§ 133. Classification der Thalamophoren 187
§ 134. System der Thalamophoren 190
§ 135. Stammbaum der Thalamophoren 191
§ 136. Monostegia (*Imperforata unicellaria*) 188
§ 137. Polystegia (*Imperforata pluricellaria*) 189
§ 138. Monothalamia (*Perforata unicellaria*) 192
§ 139. Polythalamia (*Perforata pluricellaria*) 193
§ 140. Radiolaria (*Strahlinge*) 195
§ 141. Porulosa und Osculosa 197
§ 142. Vier Legionen der Radiolarien 198
§ 143. Monobionte und coenobionte Radiolarien 200
§ 144. Skeletbildung der Radiolarien 202
§ 145. Phylogenetische Urkunden der Radiolarien 203
§ 146. System der Radiolarien 206
§ 147. Stammbaum der Radiolarien 207
§ 148. Spumellaria (*Peripylea*) 208
§ 149. Acantharia (*Actipylea*) 210
§ 150. Nassellaria (*Monopylea*) 212
§ 151. Phaeodaria (*Cannopylea*) 215
§ 152. **Infusoria** (*Infusionsthierchen*) 218
§ 153. System der Infusorien 222
§ 154. Stammbaum der Infusorien 223
§ 155. Flagellata (*Geissel-Infusorien*) 224
§ 156. Zoomonades (*Euflagellata*) 226
§ 157. Blastomonades (*Catallacta*) 228
§ 158. Conomonades (*Choanophora*) 230
§ 159. Cystomonades (*Cystoflagellata*) 231
§ 160. Ciliata (*Wimper-Infusorien*) 232
§ 161. Motorische Organellen der Ciliaten 233
§ 162. Sensible Organellen der Ciliaten 235
§ 163. Protective Organellen der Ciliaten 236
§ 164. Nutritive Organellen der Ciliaten 237

Seite
§ 165. Fortpflanzung der Ciliaten 239
§ 166. Classification der Ciliaten 242
§ 167. Acineta (*Suctoria*) 244
§ 168. Suctellen der Acineten 246
§ 169. Fortpflanzung der Acineten 247
§ 170. Ciliaten und Acineten 248

Fünftes Kapitel.

Generelle Phylogenie der Metaphyten.

§ 171. **Begriff der Metaphyten** 252
§ 172. Classification der Metaphyten 253
§ 173. Stämme der Metaphyten 253
§ 174. System der Metaphyten 256
§ 175. Stammbaum der Metaphyten 257
§ 176. **Phylogenetische Urkunden der Metaphyten** 255
§ 177. Palaeontologie der Metaphyten 258
§ 178. Positive Daten der Palaeophytologie 259
§ 179. Negative Lücken der Palaeophytologie 261
§ 180. Ontogenie der Metaphyten 262
§ 181. Generation der Metaphyten 263
§ 182. Phylogenetische Bedeutung der Generations-Stufen 265
§ 183. Palingenie und Cenogenie der Metaphyten 266
§ 184. Morphologie der Metaphyten 268
§ 185. Individualität der Pflanzen 269
§ 186. Thallus und Culmus 270
§ 187. Thallom und Cormus 273
§ 188. Grundformen der Pflanzen 274
§ 189. Centrostigmen (*Sphaerotypische Grundformen*) 276
§ 190. Centraxonien (*Grammotypische Grundformen*) 277
§ 191. Centroplanen (*Symmetrische Grundformen*) 278
§ 192. Anaxonien (*Irreguläre Grundformen*) 280
§ 193. Phylogenie der Pflanzen-Gewebe 280
§ 194. Phylogenie der Pflanzen-Organe 283
§ 195. Phylogenie der Pflanzen-Seele 285
§ 196. Instincte der Pflanzen 288
§ 197. Phylogenetische Scala der Empfindungen 289
§ 198. Phylogenetische Scala der Bewegungen 291
§ 199. Teleose in der Pflanzen-Geschichte 292

Sechstes Kapitel.

Systematische Phylogenie der Thallophyten.

§ 200. **Begriff der Thallophyten** 294
§ 201. Thallus der Thallophyten 295
§ 202. Generation der Thallophyten 296
§ 203. **Algae** (*Tange*) 298
§ 204. Classen und Chromatellen der Algen 298
§ 205. Thallus der Algen 300

Seite
§ 206. Generation der Algen 300
§ 207. System der Algen 302
§ 208. Stammbaum der Algen 303
§ 209. Chlorophyceae (*Grünalgen*) 304
§ 210. Generation der Chlorophyceen 305
§ 211. Charaphyceae (*Mosalgen*) 306
§ 212. Phaeophyceae (*Braunalgen*) 308
§ 213. Rhodophyceae (*Rothalgen*) 310
§ 214. **Mycetes** (*Fungi*) **Pilze** 311
§ 215. Thallus der Pilze 312
§ 216. Generation der Pilze 313
§ 217. System der Pilze 316
§ 218. Stammbaum der Pilze 317
§ 219. Ascomycetes (*Ascodiomycetes*) 315
§ 220. Basimycetes (*Basidiomycetes*) 319
§ 221. **Lichenes** (*Flechten*) 321
§ 222. Thallus der Flechten 323
§ 223. Generation der Flechten 324
§ 224. System der Flechten 325
§ 225. Ascolichenes (*Ascodiolichenes*) 325
§ 226. Basilichenes (*Basidiolichenes*) 326

Siebentes Kapitel.

Systematische Phylogenie der Diaphyten.

§ 227. **Begriff der Diaphyten** 327
§ 228. System der Diaphyten 330
§ 229. Stammbaum der Diaphyten 331
§ 230. **Bryophyta** (*Muscinae*). **Mose** 328
§ 231. Lebermose und Laubmose 329
§ 232. Thallobryen, Phyllobryen und Cormobryen 332
§ 233. Metagenesis der Muscinen 333
§ 234. Bryogonium (*Sexualmos*) 334
§ 235. Sporogonium (*Sporenmos*) 335
§ 236. Phylogenetisches System der Bryophyten 336
§ 237. Thallobrya (*Lagermose*) 337
§ 238. Ricciadinae (*Marchantiales*) 338
§ 239. Pelliadinae (*Anthocerales*) 339
§ 240. Phyllobrya (*Blattmose*) 340
§ 241. Radulinae (*Autopodiatae*) 341
§ 242. Sphagnodinae (*Phaenopodiatae*) 343
§ 243. Cormobrya (*Laubmose*) 344
§ 244. Phascodinae (*Clistocarpae*) 345
§ 245. Hypnodinae (*Stegocarpae*) 345
§ 246. **Pteridophyta** (*Filicinae*). **Farne** 346
§ 247. Filicarien, Calamarien und Lycodarien 347
§ 248. Metagenesis der Pteridophyten 348
§ 249. Isospore und heterospore Pteridophyten 349
§ 250. Filicariae (*Filicales*) 350

Seite
§ 251. Phyllopterides (*Filicinae*) 351
§ 252. Hydropterides (*Rhizocarpeae*) 352
§ 253. Calamariae (*Equisetales*) 353
§ 254. Equisetinae (*Verticillatae*) 354
§ 255. Calamitinae (*Astrophyllatae*) 354
§ 256. Lycodariae (*Lycopodiales*) 355
§ 257. Lycopodinae (*Lycopodieae*) 356
§ 258. Selagineae (*Selaginelleae*) 357
§ 259. Stammbaum der Cormophyten 358

Achtes Kapitel.

Systematische Phylogenie der Anthophyten.

§ 260. **Begriff der Anthophyten** 359
§ 261. Hypogenesis der Anthophyten 360
§ 262. Generationsfolge der Cormophyten 362
§ 263. Männliche Blüthe der Anthophyten 363
§ 264. Weibliche Blüthe der Anthophyten 363
§ 265. Semen, Puppe der Anthophyten 365
§ 266. Sporamente und Blüthen 366
§ 267. Acyclische, hemicyclische und cyclische Blüthen 369
§ 268. Chalazogamen und Acrogamen 371
§ 269. Monocotylen und Dicotylen 372
§ 270. **Gymnospermae** (*Archispermae*) 374
§ 271. Cycadeae (*Farnpalmen*) 376
§ 272. Coniferae (*Nadelhölzer*) 377
§ 273. Gnetaceae (*Meningos*) 379
§ 274. **Angiospermae** (*Metaspermae*) 380
§ 275. Palacotylae (*Chalazogomae*) 381
§ 276. Monocotylae (*Endogenae*) 382
§ 277. Dicotylae (*Exogenae*) 384
§ 278. Bionomie und Chorologie der Anthophyten 386
§ 279. Epigenesis oder Praeformation 388
§ 280. Epigenesis und Transformation 391
Register 394
Verzeichniss der systematischen Tabellen 400

Erstes Kapitel.

Generelle Principien der Phylogenie.

§ 1. Begriff und Aufgabe der Phylogenie.

Phylogenesis oder Stammesentwickelung nennen wir den organischen Natur-Process, durch welchen im Laufe von Jahrmillionen, vom Beginn des organischen Erdenlebens bis zur Gegenwart, unzählige Formen von Organismen sich entwickelt haben. Die Wissenschaft, welche die empirische Kenntniss dieser historischen Thatsachen und die philosophische Erkenntniss ihrer Ursachen zur Aufgabe hat, nennen wir Stammesgeschichte oder Phylogenie. Der Natur der Sache nach gehört dieselbe zu den historischen Naturwissenschaften, denn sie untersucht Vorgänge, deren unmittelbare Beobachtung uns zum weitaus grössten Theile unmöglich ist. Die morphologischen Veränderungen der Lebewesen, welche wir unmittelbar empirisch wahrnehmen und direct (durch Beobachtung und Versuch) feststellen können, bilden nur einen winzigen Bruchtheil von den zahllosen Umbildungen der organischen Formen, welche sich auf unserem Planeten im Laufe unübersehbarer Zeiträume vollzogen haben. Es lassen sich daher über den weitaus grössten Theil jener historischen Ereignisse nur indirect wissenschaftliche Vorstellungen gewinnen; auf Grund von unvollständigen historischen Urkunden können wir uns wissenschaftliche Hypothesen über dieselben bilden, und durch philosophische Verstandes-Operationen (Induction und Deduction) philosophische Theorien über ihren Verlauf und ihre Ursachen aufstellen. Dieser »morphologisch-historische« Character der phylogenetischen Forschung schliesst nicht aus, dass jeder einzelne Theil ihrer verwickelten Aufgabe möglichst exact zu behandeln ist, wie sich dies ja für jede wahre Naturwissenschaft von selbst versteht.

§ 2. Urkunden der Phylogenie.

Die Thatsachen, auf welche wir das umfangreiche Hypothesen-Gebäude der Stammesgeschichte gründen, und welche wir als empirische Urkunden derselben allen theoretischen Speculationen zu Grunde legen, gehören zum grössten Theile drei verschiedenen Gebieten der biologischen Forschung an, der *Palaeontologie, Ontogenie* und *Morphologie.* Jede von diesen drei grossen historischen Urkunden ist in hohem Maasse unvollständig und lückenhaft; aber trotzdem kann im einzelnen Falle jede für sich allein zu phylogenetischen Erkenntnissen von höchstem Werthe führen. In ihrer vollen Bedeutung werden dieselben allerdings erst dann erkannt, wenn sie im Zusammenhang gewürdigt und benutzt werden. Sehr häufig werden empfindliche Lücken der einen Urkunde in glücklichster Weise durch positive Daten der anderen ergänzt. In jenen Fällen, wo alle drei Urkunden auf breiter empirischer Basis ruhen und ihre Ergebnisse in harmonischer Weise zu derselben theoretischen Auffassung der phylogenetischen Processe führen, darf der Hypothesen-Bau der Stammesgeschichte am meisten als gesichert gelten. Oft wird es dann möglich, auch im Einzelnen den historischen Zusammenhang der stammverwandten Formen-Gruppen Schritt für Schritt zu verfolgen, und demselben im schematischen Bilde eines Stammbaums einen concreten Ausdruck zu geben. Indessen darf nie vergessen werden, dass auch im günstigsten Falle die so gewonnene phylogenetische Erkenntniss immer nur einen annähernden Werth besitzt, und dass eine neue Entdeckung sie mehr oder weniger berichtigen und vervollständigen kann. Das gilt ja von der Phylogenie ebenso wie von der Geologie, der Culturgeschichte, der Völkergeschichte, der Sprachengeschichte und allen anderen historischen Wissenschaften. In vielen einzelnen Fragen der Phylogenie können übrigens ausser jenen drei Haupturkunden auch noch andere biologische Forschungszweige mit Vortheil benutzt werden, so z. B. die Chorologie (die Lehre von der geographischen und topographischen Verbreitung), die Bionomie oder Oekologie (die Wissenschaft von den Lebensbedingungen) u. s. w.

§ 3. Palaeontologische Urkunden.

Die erste und in mancher Beziehung wichtigste von den drei grossen empirischen Urkunden der Phylogenie ist die Palaeontologie, die Wissenschaft von den versteinerten Ueberresten jener organischen Formen, welche in früheren Perioden der Erdgeschichte auf unserem Planeten gelebt haben. Diese »Versteinerungen«

oder *„Petrefacten“* sind die wahren Denkmünzen der Stammesgeschichte, die handgreiflichen Documente, welche uns unmittelbar über die Thatsachen der historischen Existenz der ausgestorbenen Organismen unterrichten; sie geben uns directe Auskunft über die Reihenfolge, in welcher die organischen Formengruppen nach einander auftraten, über die Umbildungen, welche sie in den auf einander folgenden Perioden erlitten, über die fortschreitende Entwickelung, welche sich in der Differenzirung und Vervollkommnung der organischen Arten, ihrer Zunahme an Zahl, Mannichfaltigkeit und Vollkommenheit ausspricht.

Wenn die palaeontologische Urkunde vollständig wäre, wenn alle ausgestorbenen Organismen und alle ihre Entwickelungszustände in versteinertem Zustande uns erhalten wären, so würde die Aufgabe der Phylogenie verhältnissmässig leicht und ihre Methode einfach sein. Wir würden dann bloss alle zusammengehörigen fossilen Ueberreste jeder Formengruppe zu sammeln und in ihrem natürlichen Zusammenhange zu ordnen haben, um in lückenloser Reihenfolge ihre Abstammungs-Verhältnisse festzustellen, und den Stammbaum darauf zu gründen. Leider ist das aber nur sehr selten und theilweise der Fall; in den allermeisten Fällen erweist sich die palaeontologische Urkunde überaus unvollständig und lückenhaft (§ 5). Nicht selten wird ihr desshalb jeder positive Werth abgesprochen oder doch für äusserst gering erklärt. Indessen ist diese einseitige Unterschätzung derselben ebenso wenig berechtigt, als die anderseits namentlich von empirischen Palaeontologen oft geübte Ueberschätzung ihrer positiven Daten (§ 4). Es kommt daher bei Benutzung der palaeontologischen Thatsachen für die Phylogenie vor Allem darauf an, kritisch zu verfahren, und ihre Bedeutung im Zusammenhange mit den ontogenetischen und morphologischen Urkunden zu würdigen.

§ 4. Positive Daten der Palaeontologie.

Als positive Resultate von höchstem phylogenetischen Werthe ergeben sich aus der kritischen und denkenden Vergleichung der palaeontologischen Thatsachen folgende allgemeine Schlüsse: 1) Die organische Erdgeschichte, oder die Biogenesis, welche vom Beginn des organischen Lebens auf unserem Planeten bis zur Gegenwart verflossen ist, kann vernünftiger Weise nur als ein ununterbrochener Entwickelungs-Process gedacht werden. 2) Diese continuirliche Entwickelung der organischen Welt offenbart sich in einem langsamen Wechsel der Lebensformen, welcher auf einer allmähligen (zeitweise oft beschleunigten) Umbildung oder Transformation der organischen Arten beruht (Transformismus). 3) Diese Arten oder Species, als Formengruppen

von relativer Constanz, haben daher eine beschränkte Existenz-Dauer; ihre Abarten, Varietäten oder Mutationen werden selbst wieder zu neuen Arten. 4) In gleicher Weise sind auch die Arten, welche in jeder Periode der Erdgeschichte lebten, aus älteren Arten der vorhergehenden Perioden durch Umbildung entstanden, und dasselbe gilt von den umfassenderen Artengruppen, welche wir als Gattungen, Familien, Ordnungen u. s. w. künstlich unterscheiden. 5) Somit kann in vielen Fällen, wenn die fossilen Reste verwandter Artengruppen in den übereinander liegenden Sediment-Schichten wohl erhalten sind, einfach durch kritische Verknüpfung ihrer Verwandschaftslinien die gemeinsame Abstammung der Formengruppen erkannt und ihr Stammbaum construirt werden (z. B. bei palaeozoischen Echinodermen, mesozoischen Mollusken, tertiären Säugethieren). 6) Auch für die historische Succession der Hauptgruppen (im Pflanzenreiche ebenso wie im Thierreiche) liefert die Palaeontologie höchst wichtige positive Daten; daher können wir das palaeozoische Zeitalter als das der Farne und Fische bezeichnen, das mesozoische Zeitalter als das der Gymnospermen und Reptilien, das caenozoische als das der Angiospermen und Säugethiere u. s. w. 7) Die Zahl der Thier- und Pflanzen-Arten, deren fossile Reste in den übereinander liegenden Sediment-Schichten erhalten sind, nimmt in den entsprechenden, aufeinander folgenden Zeit-Abschnitten der Erdgeschichte beständig zu, ebenso ihre Mannigfaltigkeit und die Vollkommenheit ihrer Organisation; die palaeontologischen Thatsachen bestätigen somit empirisch die beiden grossen Gesetze der progressiven Differenzirung und Vervollkommnung der organischen Welt, die sich theoretisch aus der Descendenz- und Selections-Theorie ergeben.

§ 5. Negative Lücken der Palaeontologie.

So werthvoll für die Phylogenie die allgemeinen grossen Gesichtspunkte sind, welche sich aus einer kritischen und unbefangenen Würdigung der positiven Daten der Palaeontologie ergeben, so empfindlich und nachtheilig sind anderseits die grossen negativen Lücken derselben. Diese auffällige und höchst bedauerliche »Unvollständigkeit der palaeontologischen Urkunde« ist theils in der Natur der Organismen selbst begründet, in ihrer Körperbeschaffenheit und Lebensweise, theils in den Bedingungen, unter welchen sich versteinerte Reste oder Abdrücke derselben erhalten können.

Biologische Ursachen jener Unvollständigkeit ergeben sich aus folgenden Erwägungen: 1) In der Regel können sich nur Skelette, feste und unverwesliche Körpertheile in fossilem Zustande erhalten;

Abdrücke von Weichtheilen sind seltene Ausnahmen. 2) Daher fehlt uns fast alle Kunde von den skeletlosen, weichen Pflanzen und Thieren, die früher gelebt haben, ebenso von ihren zarten Embryonen und Jugendzuständen. Aber auch von jenen Organismen, die Skelette besassen, kennen wir meistens nur diese Hartgebilde selbst, dagegen nicht die Form und Structur ihrer Weichtheile. 3) Die Lebensweise der Pflanzen und Thiere bedingt unmittelbar die Möglichkeit, dass ihre fossilen Reste in kenntlicher Form conservirt bleiben; die grosse Mehrzahl aller Versteinerungen gehört meerbewohnenden Organismen an; viel geringer ist die Zahl von fossilen Resten der Bewohner des süssen Wassers, und noch mehr des Festlandes.

Geologische Ursachen, welche die palaeontologischen Urkunden in hohem Maasse unvollständig erscheinen lassen, sind folgende: 1) Die Bedingungen, unter welchen der Einschluss einer organischen Form in eine Schlammschicht und ihre gute Erhaltung in dem daraus entstehenden Sediment-Gestein möglich ist, sind an und für sich schon so verwickelt, dass die vollkommene Conservation eines guten Petrefactes relativ selten ist. 2) An vielen Localitäten ist diese Conservation unmöglich, weil entweder der grobkörnige Schlamm (z. B. im Sandstein) dazu untauglich ist, oder die Bewegung des Wassers (z. B. die Brandung an einer sich erhebenden Küste) die kaum gebildeten Sedimente sofort wieder zerstört. 3) In vielen und wichtigen Sedimenten (z. B. allen archozoischen Ablagerungen unter dem Cambrium) sind nachträglich durch Metamorphismus des Gesteins und durch andere Ursachen alle darin enthaltenen Versteinerungen zerstört worden. Aus diesen und anderen Gründen ergiebt sich klar, dass die grosse Mehrzahl der Organismen, die auf unserer Erde gelebt haben, uns gar keine fossilen Spuren hinterlassen konnte; die Zahl der versteinerten Arten, die wir kennen, beträgt sicher viel weniger als ein Procent von der Zahl aller Species, die wirklich einst gelebt haben.

§ 6. Ontogenetische Urkunden.

Wenn die palaeontologische Urkunde von einer »exacten Kritik« als der einzige directe Beweis für die thatsächliche Existenz der Phylogenesis zugelassen wird, so müssen alle übrigen Urkunden derselben als indirecte Argumente für dieselbe, oder als »Wahrscheinlichkeits-Beweise« betrachtet werden. Einseitige skeptische Betrachtung dieser einzelnen indirecten Urkunden wird geneigt sein, jeder für sich nur eine sehr geringe Beweiskraft zuzuerkennen. Umfassende Vergleichung dagegen und combinirte Verwendung derselben zu gegenseitiger Ergänzung wird diesen Wahrscheinlichkeits-Beweisen den höchsten Werth

beimessen; sie wird daraus so weitreichende und sichere Schlüsse über Existenz und Verlauf der phyletischen Entwickelung ziehen, dass die Bedeutung der palaeontologischen Argumente dagegen zurücktritt.

Unter diesen indirecten Urkunden der Phylogenie sind nach unserer Ansicht von höchstem und allgemeinem Werthe zunächst die Ontogenie und die Morphologie; und zwar Beide als synthetische Wissenschaften so aufgefasst, dass sie als vergleichende Keimesgeschichte und vergleichende Anatomie combinirt die Entstehung der ähnlichen Formen und das »geheime Gesetz« ihrer Verwandtschaft erklären sollen. Natürlich müssen die analytische Ontogenie und Anatomie jeder einzelnen Form bereits möglichst »exact« erforscht und beschrieben sein, bevor durch deren Vergleichung und philosophische Verwerthung die Phylogenie morphologisch begründet werden kann. Diese allgemeinen Erwägungen gelten für beide Theile der Ontogenie, sowohl die Embryologie (die eigentliche »Keimesgeschichte«) als die Metamorphologie (die »Verwandlungsgeschichte«).

Die Ontogenie besitzt für die Phylogenie desshalb die höchste Bedeutung (— und ebenso umgekehrt! —), weil zwischen diesen beiden Hauptzweigen der Biogenie oder der organischen Entwickelungsgeschichte ein unmittelbarer enger Causal-Nexus existirt, begründet durch die physiologischen Functionen der Vererbung und Anpassung. Seinen kürzesten Ausdruck findet derselbe in unserem biogenetischen Grundgesetze: »Die Ontogenie ist eine Recapitulation der Phylogenie« (oder: »Die Keimesgeschichte ist ein Auszug der Stammesgeschichte«). Nun besteht aber die *Ontogenesis* (oder die individuelle Entwickelung jedes Organismus) selbst wieder aus zwei verschiedenen Erscheinungsreihen: aus der *Palingenesis* und *Cenogenesis*; die erstere beruht vorzugsweise auf Vererbung, die letztere auf Anpassung. Mit Rücksicht auf die verwickelten Wechsel-Beziehungen dieser beiden Zweige der Biogenie müssen wir unserem biogenetischen Grundgesetze (oder der »Recapitulations-Theorie«) folgende schärfere Fassung geben: Die Keimesentwickelung (die individuelle oder ontetische Bildungsreihe, *Ontogenesis*) ist eine gedrängte und abgekürzte Wiederholung der Stammesentwickelung (der phyletischen oder palaeontologischen Bildungsreihe, *Phylogenesis*); diese Wiederholung ist um so vollständiger, je mehr durch beständige Vererbung die ursprüngliche Auszugs-Entwickelung (*Palingenesis*) beibehalten wird; hingegen ist die Wiederholung um so unvollständiger, je mehr durch wechselnde Anpassung die spätere Störungs-Entwickelung (*Cenogenesis*) eingeführt wird.

§ 7. Palingenetische Processe.

Die allgemeine Geltung, welche unser biogenetisches Gesetz als das wahre Grundgesetz der organischen Entwickelung beansprucht, beruht zunächst darauf, dass bei der individuellen Entwickelung jedes Organismus (ohne Ausnahme!) palingenetische Processe auftreten, welche nur durch Vererbung von seinen Stammeltern und Vorfahren erklärt werden können. Das gilt ganz ebenso im Pflanzenreiche wie im Thierreiche, obwohl die Botaniker bisher nur wenig den hohen Werth jenes »Grundgesetzes« begriffen, und nur in geringem Maasse die ontogenetischen Thatsachen zur phylogenetischen Erkenntniss benutzt haben; viel weniger, als dies von den Zoologen schon lange geschehen ist. Die fundamentale Thatsache, dass jedes *Metaphyton*, jede höhere vielzellige Pflanze (— ebenso wie jedes *Metazoon*, jedes vielzellige Thier —) im Beginne der individuellen Existenz nur durch eine einfache Zelle dargestellt wird, ist eine palingenetische Thatsache ersten Ranges; sie ist nur durch die Annahme erklärbar, dass dieser einzellige Keimzustand die erbliche Wiederholung einer entsprechenden einzelligen Ahnenform ist. Wir schliessen daraus, — auf Grund der bekannten Vererbungs-Gesetze, — dass die ältesten Ahnen jener hochentwickelten Metaphyten einfache einzellige *Protophyten* waren; ebenso wie die ältesten Vorfahren aller Metazoen ursprünglich als einfache *Protozoen* lebten.

Aber auch in der Reihe von Formen, welche zwischen dem einzelligen Keimzustand und dem entwickelten geschlechtsreifen Zustande des vielzelligen Organismus liegt, treten allgemein bedeutungsvolle Bildungen vorübergehend auf, welche nur durch Beziehung zu einer entsprechenden Ahnenform, als erbliche Wiederholung derselben verständlich sind. So schliessen wir aus dem Prothallium der Gefäss-Kryptogamen, dass diese reich differenzirten Cormophyten von einfachen (Lebermos-ähnlichen) Thallophyten abstammen. Aus der Keimbildung der Angiospermen ziehen wir den Schluss, dass sie aus Gymnospermen, und diese von Pteridophyten abzuleiten sind. Da bei sämmtlichen Metazoen der Keim ursprünglich aus zwei primären Keimblättern besteht, müssen wir annehmen, dass dieser *Gastrula*-Zustand die erbliche Wiederholung einer entsprechenden zweiblättrigen Ahnenform, der *Gastraea* ist. Die stabförmige ungegliederte Chorda, welche nur bei den niedersten Wirbelthieren permanent das Axenskelet bildet, bei allen übrigen vorübergehend als Vorläufer der gegliederten Wirbelsäule auftritt, ist ein palingenetischer Beweis dafür, dass die letzteren von den ersteren abstammen. Und so lassen sich in der Keimes-

geschichte aller Organismen bald mehr, bald minder deutliche Spuren ihrer Stammesgeschichte mittelst dieser palingenetischen Reminiscenzen deutlich nachweisen.

§ 8. Cenogenetische Processe.

Die überaus wichtigen Schlüsse, welche wir mittelst des biogenetischen Grundgesetzes aus der vergleichenden Ontogenie auf einen entsprechenden Verlauf der Phylogenie ziehen, beruhen auf der Annahme der progressiven Vererbung: Die Umbildungen, welche der Organismus theils durch Anpassung an die äusseren Existenz-Bedingungen, theils durch Gebrauch oder Nichtgebrauch seiner Organe erwirbt, können durch Vererbung auf die Nachkommen übertragen werden. So werden immer neue Glieder an die lange Kette der Formzustände angesetzt, welche der Organismus von der einfachen Keimzelle bis zum Reifezustande durchläuft. Man würde nun aus der genauen Kenntniss dieser ontogenetischen Bildungsreihe und ihrer stufenweisen Umänderung unmittelbar auf die phylogenetische Umbildung einer entsprechenden Ahnenreihe schliessen können, wenn nur die Gesetze der Palingenesis den individuellen Bildungsgang ausschliesslich beherrschten. Dies ist aber nur sehr selten (— streng genommen: niemals! —) der Fall. Denn immer treten, durch Anpassung an die Bedingungen der individuellen Entwickelung selbst, Störungen (oder Fälschungen) der ursprünglichen Palingenese auf, welche das erbliche Bild derselben trüben, und welche wir als Cenogenesis zusammenfassen. Wenn für die *Palingenesis* vorzugsweise die Gesetze der constituirten, homotopen und homochronen Vererbung wichtig sind, so besitzen dagegen für die *Cenogenesis* hauptsächlich Bedeutung die Gesetze der abgekürzten, modificirten, heterotopen und heterochronen Vererbung. Die secundären Abänderungen des ursprünglichen Bildungsganges, welche die »embryonale Anpassung« dadurch bewirkt, sind von sehr verschiedener Art: Verschiebung der örtlichen und zeitlichen Verhältnisse in der Ausbildung der Organe (Heterotopien und Heterochronien); Zusammenziehung, Abkürzung und Ausfall einzelner Bildungsstufen (abgekürzte Recapitulation) u. s. w. Der ontogenetische Process erscheint in Folge dessen gewöhnlich bedeutend einfacher, kürzer und schneller als sein phylogenetisches Vorbild; er kann aber von letzterem sich auch dadurch noch weiter entfernen, dass im Laufe der Zeit neue Processe (Metamorphosen, Larvenreihen, Bildung von Embryonal-Hüllen, provisorischen Organen etc.) eingeschoben werden; diese cenogenetischen Neubildungen haben bald gar keinen phylogenetischen Werth, bald nur sehr beschränkte Bedeutung; ihre Verwerthung verlangt scharfe Kritik.

§ 9. Morphologische Urkunden.

Während die vergleichende Ontogenie erst in neuerer Zeit (besonders in den letzten beiden Decennien) in ihrer hohen Bedeutung für die Phylogenie erkannt und erfolgreich verwerthet wurde, ist dies dagegen bei der vergleichenden Anatomie schon ein halbes Jahrhundert früher der Fall gewesen. Keine andere Wissenschaft hat der erst später zur Geltung gelangten Descendenz-Theorie so sehr vorgearbeitet wie die vergleichende Anatomie oder Morphologie (im engeren Sinne). Indem sie die ähnlichen Bildungs-Verhältnisse in den einzelnen »verwandten« Formengruppen — ebenso im Pflanzenreiche wie im Thierreiche — verglich, gelangte sie schon frühzeitig zu der Erkenntniss, dass die unendliche Mannichfaltigkeit der Gestalten in beiden organischen Reichen sich auf eine verhältnissmässig geringe Zahl von typischen Urformen oder von »Bildungsplänen« zurückführen lässt. Die zusammengesetzten höheren Formen lassen sich von einfachen niederen ableiten, die vollkommene und verwickelte Organisation der ersteren von der unvollkommenen und primitiven der letzteren; schliesslich glaubte man alle Pflanzen-Arten auf eine »Urpflanze«, alle Thier-Arten auf ein »Urthier« zurückführen zu können. Zwar gleicht keine Art der anderen, aber doch sind alle ähnlich, »und so deutet der Chor auf ein geheimes Gesetz«. Erst die Descendenz-Theorie vermochte dieses geheime Gesetz zu erkennen; sie wies nach, dass die schon längst erkannte, wahre »Formenverwandtschaft« nichts anderes sei, als reale »Stammverwandtschaft«; der gemeinsame Bildungs-Typus erklärt sich durch Vererbung, der verschiedene Ausbildungsgrad der ähnlichen Organe durch Anpassung. Durch diese Erkenntniss gestaltet sich die vergleichende Anatomie oder Morphologie zu einer phylogenetischen Urkunde von höchster Bedeutung. Denn sie ist im Stande, bloss durch kritische Vergleichung der entwickelten Formen-Reihen eine grosse Anzahl von wichtigen Fragen der Stammesgeschichte zu lösen, für deren Beantwortung weder die vergleichende Ontogenie, noch die Palaeontologie ausreichend ist; so ergänzt sie die Mängel dieser beiden letzteren Urkunden in glücklichster Weise. Freilich erfordert aber die vergleichende Anatomie umfassendere allgemeine Kenntnisse und schärferes kritisches Urtheil, als die letzteren, und dies ist hauptsächlich die Ursache, dass ihr Werth neuerdings oft unterschätzt worden ist. Zur vollen Würdigung ihrer phylogenetischen Bedeutung erinnern wir an die Morphologie der Phanerogamen-Blüthe, an die vergleichende Skeletlehre der Wirbelthiere.

§ 10. Homologien und Analogien.

Die Verwandtschafts-Beziehungen, welche die ähnlichen organischen Formen mit einander verknüpfen, wurden schon von der älteren, grossentheils noch in teleologischer Beurtheilung befangenen »vergleichenden Anatomie« in zwei verschiedene Gruppen getheilt, in Homologien und Analogien. Unter Homologie verstand man die *morphologische*, unter Analogie die *physiologische* Aehnlichkeit der verglichenen Organe; für erstere bildete die Form, für letztere die Function den Ausgangspunkt der Vergleichung. Die teleologische Morphologie glaubte in der ersteren den Ausdruck eines typischen »Bauplans«, in der letzteren die zweckmässige Einrichtung für die besondere Lebensthätigkeit zu erkennen.

Die wahre Erklärung der Erscheinungen, die naturgemässe Erkenntniss ihrer bewirkenden Ursachen wurde auch hier erst von der reformirten Descendenz-Theorie gewonnen; sie zeigte, dass die Homologie die Folge der Vererbung von gemeinsamen Stammformen ist, die Analogie hingegen die Wirkung der Anpassung an gleiche Lebensbedingungen. So sind die Schwimmblasen der Fische homolog den Lungen der Amphibien; dagegen besteht zwischen den Schwimmblasen der Fische und der Siphonophoren nur Analogie, und ebenso zwischen den Lungen der Amphibien und der Lungenschnecken. Die Kiemen der Fische und der Amphibien sind gleichzeitig homologe und analoge Organe; und dasselbe gilt von den Lungen der Amphibien und der Säugethiere. Die wirklich homologen Organe (im engeren Sinne) sind zugleich homophyletisch, auf gleichen Ursprung zurückzuführen; sie allein sind daher unmittelbar von phylogenetischem Werthe. Dagegen lassen sich aus den Analogien der Organe keine oder nur sehr beschränkte Schlüsse auf die Abstammung der betreffenden verglichenen Formen thun.

Es wird daher die erste Aufgabe der vergleichenden Morphologie sein, bei Vergleichung der ähnlichen Formen die homologen von den analogen zu sondern. Diese wichtige und oft sehr schwierige Aufgabe wird der vergleichende Anatom um so besser lösen, je ausgedehnter seine empirische Kenntniss der morphologischen Thatsachen, je schärfer zugleich sein kritisches Unterscheidungsvermögen ist, und je klarer er seine phylogenetische Aufgabe im Auge behält. Die vergleichende Anatomie stellt in dieser Beziehung viel höhere Anforderungen an die phylogenetische Forschung, als die Ontogenie und die Palaeontologie. Bei diesen letzteren Urkunden genügt schon zur Erlangung brauchbarer Resultate die einseitige Vertiefung in den beschränkten Gebietstheil einer speciellen Aufgabe. Bei der vergleichenden Morphologie

hingegen ist ebenso umfassende Kenntniss des ganzen Gebietes, als klares philosophisches Urtheil unerlässlich. Da nun die ungeheure Erweiterung unseres Forschungsgebietes in den letzten Decennien eine entsprechende Zersplitterung der Aufgaben und eine weitgehende Arbeitstheilung hervorgerufen hat, fand die vergleichende Anatomie neuerdings vielfach nicht diejenige Pflege und Fortbildung, wie die Ontogenie und Palaeontologie; und doch ist zur wahren Förderung der Phylogenie die gleichzeitige Benutzung und gegenseitige Ergänzung aller drei Archive unerlässlich.

§ 11. Fortbildung und Rückbildung.

Der phylogenetische Naturprocess ist im Grossen und Ganzen ein Process der fortschreitenden Entwickelung. In der Geschichte der organischen Welt nimmt von Periode zu Periode die Zahl, Mannichfaltigkeit und Vollkommenheit der organischen Formen zu; dieser historische Fortschritt wird in der Palaeontologie um so auffallender, je mehr wir uns der Gegenwart nähern. Die grosse Thatsache dieser progressiven Entwickelung findet ihre Erklärung durch die Selections-Theorie; denn die natürliche Zuchtwahl durch den Kampf um's Dasein, welche jederzeit und unaufhörlich mittelst der Anpassung und Vererbung wirksam ist, hat zur nothwendigen Folge eine beständige Vermehrung, Differenzirung und Vervollkommnung der Organismen. Mit Nothwendigkeit ergeben sich aus der Natural-Selection die bedeutungsvollen Erscheinungen der physiologischen Arbeitstheilung (*Ergonomie*) und der damit verknüpften Formspaltung (*Polymorphismus*); oft ist damit verbunden auch der Arbeitswechsel (oder Functionswechsel, *Metergie*). Alle diese Erscheinungen erklären sich aus dem Princip der Differenzirung oder der »Divergenz des Characters«; sie betreffen ebenso die einzelnen Zellen und die daraus zusammengesetzten Gewebe (*Cellular-Selection*), als die einzelnen Organe und den ganzen Organismus (*Personal-Selection*); sie gelten ebenso für den Gruppenbegriff der Art (Divergenz der Species), als für die umfassenderen Kategorien des Systems (Divergenz der Genera, Ordnungen, Classen u. s. w.). Es ist eine der wichtigsten und lohnendsten Aufgaben unserer Phylogenie, diesen grossen Process der Differenzirung und Vervollkommnung durch alle Gruppen des Thierreichs und Pflanzenreichs zu verfolgen. Wenn sie sich dabei vor Allem auf die vergleichende Anatomie stützt, so erfahren die phylogenetischen Resultate derselben die erfreulichste Bestätigung durch die Palaeontologie; und anderseits finden sie die werthvollste Ergänzung durch die vergleichende Ontogenie, als die Recapitulation der Phylogenie.

Wenn nun auch im Grossen und Ganzen uns die Geschichte der Pflanzen- und Thierwelt, ebenso wie der Menschenwelt, das erfreuliche Bild einer ununterbrochenen Fortbildung (*Teleosis*) zeigt, so sind doch im Einzelnen damit auch vielfach Erscheinungen der Rückbildung (*Degeneration*) verknüpft. Anpassungen der verschiedensten Art, vor Allem Parasitismus, demnächst Anpassung an festsitzende, an unterirdische Lebensweise u. s. w. bewirken vielfach ein bedeutendes, oft ein erstaunliches Herabsinken von der Höhe der schon erreichten vollkommenen Organisation. Die interessantesten einzelnen Producte dieser rückschreitenden Phylogenese sind die rudimentären Organe; ihre theoretische Bedeutung ist in doppelter Beziehung sehr gross: erstens widerlegen sie in schlagendster Weise die althergebrachte Zweckmässigkeitslehre (Teleologie), sie sind geradezu »dysteleologische« Thatsachen; zweitens liefern sie vorzügliche Beweise für die progressive Vererbung.

§ 12. Methoden der Phylogenie.

Wie bei jeder Naturwissenschaft (— und bei jeder echten Wissenschaft überhaupt —) müssen zur Lösung ihrer Aufgabe zwei verschiedene Methoden in Anwendung kommen, die empirische und die philosophische. Mit Hülfe der empirischen Methode haben wir zunächst in möglichst ausgedehntem Umfang die Kenntniss der phylogenetischen Thatsachen zu gewinnen; mit Hülfe der philosophischen Methode können wir dann auf Grund der gesammelten Erfahrungen zur Erkenntniss der phylogenetischen Ursachen fortschreiten. Indessen darf keine der beiden Methoden nur für sich allein angewendet werden; vielmehr müssen beide stets sich gegenseitig im Auge behalten. Zur Gewinnung wirklich werthvoller Ergebnisse ist es nothwendig, dass »Beobachtung und Reflexion« stets Hand in Hand gehen. Erst dadurch wird uns auch der hohe wissenschaftliche Werth unserer Stammesgeschichte klar bewusst. Wie unser Geist einerseits in der Beobachtung der wundervollen phylogenetischen Thatsachen eine unerschöpfliche Quelle des höchsten Genusses und der vielseitigsten Anregung findet, so schöpft er anderseits aus der Erkenntniss ihrer bewirkenden Ursachen die höchste Befriedigung für seine Vernunft.

§ 13. Empirische Phylogenie.

Die empirische Phylogenie hat zunächst die Aufgabe, eine möglichst extensive Kenntniss der Thatsachen zu gewinnen, welche uns die drei grossen Urkunden der Stammesgeschichte, die Archive der

Palaeontologie, Ontogenie und Morphologie, in unerschöpflicher Fülle darbieten. Je grösser die Zahl der guten Beobachtungen auf diesen drei Forschungsgebieten, je eindringender ihre Analyse, je schärfer und unzweideutiger alle Einzelheiten der Thatsachen festgestellt sind, desto werthvoller sind die gewonnenen Erfahrungen. Durch die grossen Fortschritte, welche die Sammlung der Materialien und die technischen Methoden ihrer Untersuchung in den letzten Decennien gemacht haben, ist unser empirischer Horizont ausserordentlich erweitert worden. Freilich ist uns dadurch anderseits um so klarer zum Bewusstsein gekommen, dass unser empirisches Wissen auf diesem unendlichen Erfahrungsgebiete immer Stückwerk bleiben und die empfindlichsten Lücken behalten wird. Mögen wir auch in Zukunft noch so viel Petrefacten sammeln, mögen wir die Keimesgeschichte von noch so vielen Embryonen, den entwickelten Körperbau von noch so vielen Thier- und Pflanzen-Arten kennen lernen, immer werden diese »phylogenetischen Thatsachen der Gegenwart« nur einen winzigen Bruchtheil gegenüber den spurlos verschwundenen Gestaltungen bilden, welche die historische Entwickelung der organischen Formenwelt in den verflossenen Jahrmillionen der organischen Erdgeschichte dereinst ins Dasein gerufen hatte. Wenn daher ängstliche und beschränkte Naturforscher die Forderung stellen, man dürfe erst dann zur Aufstellung phylogenetischer Hypothesen und Theorien schreiten, wenn alle bezüglichen Thatsachen genügend bekannt wären, so ist damit der definitive Verzicht auf phylogenetische Forschung überhaupt ausgesprochen. Glücklicher Weise reden aber unsere phylogenetischen Urkunden für jeden denkenden und einsichtigen Naturforscher eine beredtere Sprache, als von jener Seite angenommen wird. Es bedarf nur des tieferen Nachdenkens und der kritischen Vergleichung der empirischen Materialien, um durch deren Combination zu erfreulichen phylogenetischen Erkenntnissen zu gelangen.

§ 14. Philosophische Phylogenie.

Die philosophische Phylogenie oder die »speculative Stammesgeschichte« hat demgemäss die weitere Aufgabe, auf Grund jener empirisch gewonnenen Kenntnisse ihr gewaltiges Hypothesen-Gebäude zu errichten, die einzelnen Thatsachen in causalen Zusammenhang zu bringen, und durch Erkenntniss ihrer bewirkenden Ursachen zum Aufbau einer umfassenden Theorie der Stammes-Entwickelung fortzuschreiten. Die allgemeinen Principien, die sie hierbei zur Anwendung bringt, sind dieselben wie in allen anderen echten Wissenschaften. Sie hat zunächst durch ausgedehnte kritische Vergleichung und Combination verwandter Erfahrungen induc-

tive Erkenntnisse zu gewinnen; da diese aber, in Folge der Unvollständigkeit der empirischen Materialien, immer höchst beschränkt bleiben, muss sie weiterhin auch die deductive Methode in ausgedehntester Weise zur Anwendung bringen. Indem die phylogenetische Speculation dabei stets das grosse Ganze ihrer Aufgabe im Auge behält, indem sie durch naturgemässe Synthese die analytisch ergründeten Einzelheiten wieder zu einem natürlichen Ganzen verknüpft, gelingt es ihr, einen befriedigenden Einblick in die grossen Naturgesetze vom »Werden und Vergehen« der organischen Formen zu gewinnen. Selbstverständlich darf man an sie nicht den thörichten Anspruch einer »exacten« Naturwissenschaft stellen; denn der Natur der Sache nach ist und bleibt sie eine »historische« Naturwissenschaft. Wer aber überhaupt Verständniss für historische Forschung besitzt, wer überhaupt Erkenntniss der Geschichte als Wissenschaft gelten lässt, der wird sich bei tieferem Eindringen bald von dem hohen wissenschaftlichen Werthe der philosophischen Phylogenie überzeugen. Es genügt dafür, auf die wichtigste von allen phylogenetisch gewonnenen Erkenntnissen hinzuweisen, auf die Beantwortung der »Frage aller Fragen«, der Frage von der »Stellung des Menschen in der Natur« und seiner Herkunft. Durch Induction haben wir die sichere Ueberzeugung von der Einheit des Wirbelthier-Stammes gewonnen; durch Deduction schliessen wir daraus mit derselben Sicherheit, dass auch der Mensch als echtes Wirbelthier demselben Stamme entsprungen ist.

§ 15. Monistische Principien der Phylogenie.

Die allgemeinen leitenden Grundsätze für die Beurtheilung der Erscheinungen und die Erkenntniss ihrer Ursachen sind in der Phylogenie dieselben, wie in allen anderen Naturwissenschaften. Ein besonderer Hinweis auf den monistischen Character derselben könnte daher wohl überflüssig erscheinen. Er ist jedoch desshalb hier nöthig, weil bei einem Theile der hier zu untersuchenden Erscheinungen noch grossentheils dogmatische und dualistische Vorurtheile, oder selbst ganz mystische Gesichtspunkte festgehalten werden. Das gilt z. B. von dem Problem der Urzeugung, der Entstehung zweckmässiger Organisation, dem Ursprung des Seelenlebens, der Schöpfung des Menschen u. s. w. Diese und ähnliche schwierige Fragen der Phylogenie gelten noch heute vielen Naturforschern für unlösbar, oder sie nehmen dafür supranaturalistische und dualistische Dogmen an, welche mit einer wahren monistischen Erkenntniss ganz unverträglich sind. Insbesondere zählt auch heute noch jene teleologische Weltanschauung zahlreiche Anhänger, welche den Gang der Phylogenesis

durch eine praemeditirte »Zielstrebigkeit« erklären will, oder durch einen »zweckmässigen Schöpfungsplan« eine »phyletische Lebenskraft« u. dergl. mehr. Alle diese dualistischen und vitalistischen Anschauungen führen consequenter Weise entweder zu völlig unklaren mystischen Dogmen, oder zu der anthropomorphen Vorstellung eines persönlichen Schöpfers; eines Demiurgen, der nach Art eines geistreichen Architecten »Baupläne« für seine organischen Schöpfungen entwirft und diese dann im Style verschiedener »Arten« ausführt. An sich schon sind alle diese teleologischen Dogmen völlig unverträglich mit den anerkannten mechanischen Principien einer gesunden Naturwissenschaft; sie sind aber auch völlig überflüssig geworden und überwunden durch die Selections-Theorie; denn diese hat endgültig das grosse Räthsel gelöst, wie durch zwecklos wirkende mechanische Naturprocesse die zweckmässigen Einrichtungen der Organisation entstehen können. Hier hat die teleologische Mechanik die unaufhörliche Selbstregulirung in der historischen Entwickelung jedes einzelnen Organismus wie der ganzen organischen Natur nachgewiesen; dieses rein monistische Princip ist die philosophische Richtschnur unserer Phylogenie.

§ 16. Ursachen der Phylogenesis.

Der gewaltige Fortschritt unserer Naturauffassung, welchen wir durch die Begründung der monistisch-mechanischen, die Widerlegung der mystisch-teleologischen Principien erzielt haben, offenbart seine Bedeutung vor Allem in der Erkenntniss der phylogenetischen Ursachen. Als solche erkennen wir heute nur noch die wahren »mechanischen oder werkthätigen Ursachen« an (*causae efficientes*); wir verwerfen alle sogenannten »zielstrebigen oder zweckthätigen Ursachen« (*causae finales*). Vor Entdeckung des Selections-Princips glaubte man der letzteren nicht entbehren zu können; heute erscheinen sie uns nicht nur nutzlos und entbehrlich, sondern auch irreführend. Ebenso wie die unbefangene Betrachtung der Völker-Geschichte uns gezwungen hat, die leitende Idee der »sittlichen Weltordnung« in derselben aufzugeben, ebenso nöthigt uns das vorurtheilsfreie Studium der Stammesgeschichte, in der gesammten organischen Welt die herrschende Idee eines »weisen Schöpfungsplanes« zu verlassen. Die Selections-Theorie hat den »Kampf um's Dasein« als den grossen, unbewusst wirkenden Regulator der Stammesentwickelung nachgewiesen, und zwar in doppeltem Sinne: erstens als Concurrenz-Kampf (Mitbewerbung um die nothwendigen Lebensbedürfnisse), und

zweitens als Existenz-Kampf (Vertheidigung gegen Feinde und Schutz gegen Gefahren aller Art). Die Natural-Selection selbst entfaltet ihre schöpferische Thätigkeit im Kampf um's Dasein mittelst zweier physiologischer Functionen der Organismen, der Vererbung (als Theilerscheinung der Fortpflanzung) und der Anpassung (als Aenderung im Stoffwechsel und in der Ernährung). Diese beiden »formbildenden Functionen« (jede mit zahlreichen Modificationen ihrer Thätigkeit arbeitend) befinden sich allenthalben in ununterbrochener Wechselwirkung, die Vererbung als *conservativer*, die Anpassung als *progressiver* Factor. Als wichtigstes Product jener Wechselwirkung betrachten wir die progressive Vererbung oder die »Vererbung erworbener Eigenschaften«. Gebrauch und Nichtgebrauch der Organe, Wechsel-Beziehung zu der organischen Aussenwelt, directer Einfluss der anorganischen Medien, Kreuzung bei geschlechtlicher Fortpflanzung und andere mechanische Ursachen sind dabei im Selections-Process unaufhörlich wirksam.

§ 17. Continuität der Phylogenesis.

Ebenso wie die historische Entwickelung unseres anorganischen Erdkörpers, so ist auch diejenige seiner organischen Formenwelt ein ununterbrochener einheitlicher Process. Der Gang dieses Processes ist ein rein mechanischer, frei von allen bewussten, teleologischen Einflüssen, und die mechanischen Ursachen dieses continuirlichen Processes sind zu allen Zeiten dieselben gewesen wie heute; nur die Bedingungen und Verhältnisse, unter denen diese Ursachen zusammenwirken, sind einem beständigen langsamen Wechsel unterworfen, und dieser Wechsel selbst ist eine Folge der mechanischen Kosmogenesis, des grossen unbewussten Entwickelungs-Processes im ganzen Weltall. Diese grossen monistischen Principien der Continuität und des Actualismus, der mechanischen Causalität und der Natur-Einheit, gelten ebenso für die gesammte Phylogenie, wie für die Geologie.

Scheinbar in Widerspruch zu diesen »ewigen, ehernen, grossen Gesetzen« zeigt sowohl der geologische Process in der Schichtenfolge der Sedimente unserer Erdrinde, als auch der gleichzeitige phylogenetische Process in der Artenfolge ihrer organischen Bewohner, zahlreiche Lücken, Sprünge und Unterbrechungen. Indessen beruht ebenso hier wie dort diese scheinbare Discontinuität der historischen Umbildungen entweder auf der Unvollständigkeit unserer empirischen Kenntnisse, oder auf secundären Veränderungen, welche die primären Verhältnisse zerstört oder verdeckt haben.

§ 18. Zeitrechnung der Stammesgeschichte.

Die Umbildung der organischen Formen, welche von Beginn des organischen Lebens bis auf den heutigen Tag ununterbrochen fortdauert, ist zwar ein historischer Process von endlicher, aber von sehr langer Dauer. Wenn auch die natürliche Zuchtwahl überall und unaufhörlich seit Anbeginn des Lebens thätig war, wenn auch die gewaltigen Mächte der Vererbung und Anpassung ihre umbildende Wechselwirkung ununterbrochen im beständigen Kampf ums Dasein mit grösstem Erfolge ausübten, so mussten doch jedenfalls viele Millionen von Jahren (vielleicht von Jahrhunderten oder selbst Jahrtausenden!) verfliessen, ehe die organische Bevölkerung unseres Erdballs sich zu ihrer heutigen Höhe, Mannichfaltigkeit und Vollkommenheit erheben konnte. Dass in der That der endliche Zeitraum der organischen Erdgeschichte nach so ungeheuren (— unserer Vorstellung fast endlos erscheinenden —) Maassen nothwendig gemessen werden muss, ergiebt sich aus den festgestellten Thatsachen nicht allein der Biologie, sondern auch der Geologie. Den handgreiflichen Beweis dafür liefert die ungeheure Mächtigkeit der neptunischen Gebirgsmassen, welche während jenes Zeitraumes als Schlamm auf dem Meeresboden abgesetzt und später langsam zu festem Gestein verdichtet wurden. Die gesammte Dicke dieser neptunischen Sedimente wurde schon vor längerer Zeit ungefähr auf 24—30 Tausend Meter geschätzt, nach neueren Berechnungen sogar auf 40—60 Kilometer und mehr. Wenn man nun bedenkt, dass gewöhnlich im Laufe eines Jahrhunderts nur wenige Millimeter (oder unter günstigen Umständen einige Centimeter) Sediment auf dem Grunde des Oceans gebildet werden kann, und dass diese Bildung sehr oft unterbrochen werden kann, so lässt sich daraus eine allgemeine Vorstellung von der unermesslichen Länge der phylogenetischen Zeiträume gewinnen.

Vergeblich hat man viele Versuche gemacht, auf Grund von ungenügenden derartigen Annahmen die Zahl der Jahrhunderte oder Jahrtausende jener Zeiträume annähernd zu berechnen. Nach einer Berechnung aus neuester Zeit soll allein eine einzige Stufe der Tertiär-Sedimente (etwa ein Viertel dieser jüngsten Formation) wenigstens eine Million Jahre zu ihrer Bildung erfordert haben. Indessen je mehr wir uns in solche Versuche kritisch vertiefen, desto länger werden die einzelnen Zeitperioden, desto klarer die Unmöglichkeit, sie in Zahlen zu fassen und irgendwie anschaulich vorzustellen. Wenn wir nun auch definitiv auf eine solche absolute Zeitbestimmung der Stammesgeschichte verzichtet haben, so ist es doch trotzdem möglich, die relative Länge ihrer grösseren Perioden zu vergleichen.

§ 19. System der geologischen Formationen.

Geosystem	Formationen	Subformationen	Formations-Stufen
IV. Caenolithisches Geosystem. (Sedimente des caenozoischen Zeitalters.) *Mächtigkeit* 1000—1200 *Meter*.	**11. Quartär-Formation**	Alluviale	Cultur-Stufe
		Diluviale	Postglaciale Stufe Glaciale Stufe
	10. Tertiär-Formation.	Neogene	Pliocaen-Stufe Miocaen-Stufe
		Eogene	Oligocaen-Stufe Eocaen-Stufe
III. Mesolithisches Geosystem. (Sedimente des mesozoischen Zeitalters.) *Mächtigkeit* 3000—5000 *Meter*.	**9. Kreide-Formation**	Epicretassisch (Obere Kreide).	Turonenon-Stufe
		Mesocretassisch (Mittlere Kreide)	Cenoman-Stufe
		Hypocretassisch (Untere Kreide)	Neocom-Stufe
	8. Jura-Formation	Epijurassisch (Oberer, weisser Jura)	Portland, Oxford — Malm-Stufe
		Mesojurassisch (Mittlerer, brauner Jura)	Bath, Oolith — Dogger-Stufe
		Hypojurassisch (Unterer, schwarzer Jura)	Lias-Stufe Rhaeticon-Stufe
	7. Trias-Formation	Epitriassisch	Keuper
		Mesotriassisch	Muschelkalk
		Hypotriassisch	Buntsand
II. Palaeolithisches Geosystem. (Sedimente des palaeozoischen Zeitalters.) *Mächtigkeit* 15 000—20 000 *Meter*.	**6. Permische Formation**	Epipermisch	Zechstein
		Hypopermisch	Neurothsand
	5. Carbonische Formation	Epicarbonisch	Kohlensand
		Hypocarbonisch	Kohlenkalk
	4. Devonische Formation	Epidevonisch	Cypridin-Stufe
		Mesodevonisch	Eifel-Stufe
		Hypodevonisch	Coblenz-Stufe
	3. Silurische Formation	Episilurisch	Ludlow-Stufe
		Hyposilurisch	Landeilo-Stufe
I. Archolithisches Geosystem. (Sedimente des archozoischen Zeitalters.) *Mächtigkeit* 20 000—30 000 *Meter*.	**2. Cambrische Formation**	Epicambrisch	Tremadoc-Stufe
		Mesocambrisch	Potsdam-Stufe
		Hypocambrisch	Longmynd-Stufe
	1. Laurentische Formation.	Epilaurentisch	Labrador-Stufe
		Hypolaurentisch	Ottawa-Stufe

§ 20. System der phylogenetischen Perioden.

Zeitalter	Pflanzen	Evertebraten	Vertebraten
IV. Caenozoisches Zeitalter. Biogenetische Neuzeit. Aera der Angiospermen und Mammalien. 11. Quartäre Periode, 10. Tertiäre Periode	Flora terrestris überwiegend aus Angiospermen gebildet (Monocotylen und Dicotylen). Gymnospermen und Pteridophyten treten zurück.	Fauna marina überwiegend durch jüngere und höhere Formen aller Stämme gebildet. Fauna terrestris hauptsächlich durch Insecten-Massen characterisirt, auch Spinnen und Landschnecken.	Vertebraten überwiegend durch Mammalien aller Ordnungen vertreten, auch viele Vögel. Reptilien treten zurück. Im Meere Cetaceen und Knochenfische. (Ganoiden fast verschwunden.)
III. Mesozoisches Zeitalter. Biogenetisches Mittelalter. Aera der Gymnospermen und Reptilien. 9. Kreide-Periode, 8. Jura-Periode, 7. Trias-Periode	Flora terrestris grösstentheils aus Gymnospermen und Pteridophyten gebildet; erstere an Masse überwiegend, letztere an Artenzahl. In der Kreide treten die ersten Angiospermen auf (Monocotylen und Dicotylen).	Fauna marina characterisirt durch Massen von Ammoniten und Belemniten; höhere Crustaceen, Metechiniden, Hexacorallen. Fauna terrestris mit fast allen Ordnungen der Gliederthiere (Arachniden, Insecten) schon im Jura.	Vertebraten überwiegend durch Reptilien vertreten: Dinosaurier, Pterosaurier und viele andere. Im Meere Halisaurier, im Jura die ersten Knochenfische. Im Jura älteste Vögel, in der Trias älteste Säugethiere und Labyrinthodonten.
II. Palaeozoisches Zeitalter. Biogenetisches Alterthum. Aera der Farne und Fische. 6. Permische Periode, 5. Carbonische Periode, 4. Devonische Periode, 3. Silurische Periode	Flora marina mit vielen Algen. Flora terrestris sehr reich, fast nur aus Pteridophyten gebildet; einzelne Gymnospermen. Acme im Carbon.	Fauna marina reich entwickelt in Coelenterien, Helminthen (Brachiopoden), Echinodermen und Mollusken. Von Articulaten anfangs nur Anneliden und Trilobiten. Fauna terrestris beginnt im Devon mit Tracheaten.	Vertebraten beginnen mit ältesten Fischen im Silur; bald reiche Entwickelung von Selachiern und Ganoiden. Terrestrische Wirbelthiere erst später: Amphibien im Carbon, Reptilien im Perm.
I. Archozoisches Zeitalter. Biogenetische Urzeit. Aera der Algen und Wirbellosen. 2. Cambrische Periode, 1. Laurentische Periode	Flora marina nur aus Protophyten u. Algen gebildet. Flora terrestris noch nicht vorhanden, oder nur in Anfängen.	Protozoen anfangs allein; später niedere Metazoen (Coelenterien, Brachiopoden, Echinodermen), Trilobiten. Fauna terrestris fehlt.	Vertebraten fehlen (vielleicht schon durch skeletlose Acranier vertreten in dem Oberen Cambrium).

Um dieselbe annähernd zu schätzen, vergleichen wir die ungefähre Mächtigkeit ihrer Sedimente und schliessen daraus auf entsprechende Unterschiede in der Länge der Zeiträume, in denen sie entstanden.

Die Geologie hat auf Grund dieser Schätzungen, und auf Grund des verschiedenen palaeontologischen Characters der über einander liegenden Sedimente, schon lange ein System der Geologischen Formationen aufgestellt (§ 19), und diesem entsprechen die verschiedenen Zeitalter und Perioden unserer Stammesgeschichte (§ 20). Wir unterscheiden danach zunächst vier verschiedene Zeitalter: 1) die archizoische Aera (oder die biogenetische Urzeit); 2) die palaeozoische Aera (oder das biogenetische Alterthum); 3) die mesozoische Aera (oder das biogenetische Mittelalter); und 4) die caenozoische Aera (oder die biogenetische Neuzeit). Während dieser vier Haupt-Perioden wurden vier entsprechende Geosysteme abgelagert, die vier grossen »Formations-Gruppen« des geologischen Schichten-Complexes: das archolithische, palaeolithische, mesolithische und caenolithische System. Die Mächtigkeit dieser vier Systeme wird nach neueren Schätzungen ungefähr innerhalb folgender Grenzen (im Durchschnitt) schwanken:

IV.	Caenolith. System:	1000— 1200 Meter,
III.	Mesolith. System:	3000— 5000 Meter,
II.	Palaeolith. System:	15000—20000 Meter,
I.	Archolith. System:	20000—33000 Meter.
	Runde Summe ungefähr:	40000—60000 Meter.

§ 21. Archozoisches Zeitalter.

(*Aera der archolithischen Sedimente.*)

Herrschaft der Algen und Wirbellosen.

Der erste von den vier grossen Hauptabschnitten der organischen Erdgeschichte umfasst den ungeheuren Zeitraum vom Beginn des organischen Lebens bis zum Abschluss der cambrischen Ablagerungen; wir bezeichnen denselben als das archozoische Zeitalter oder die biogenetische Urzeit. Häufig wird dieser Zeitraum auch heute noch als *„azoische Periode“* den folgenden gegenübergestellt; hauptsächlich weil die mächtigen Sedimente desselben überaus arm an Versteinerungen sind; nur die oberen Abtheilungen, die cambrischen Schichten, enthalten eine geringe Anzahl gut erhaltener Petrefacten. Wenn aber hieraus gefolgert wird, dass während der Bildung der unteren, versteinerungslosen Schichten, der gewaltigen laurentischen Formationen, noch kein organisches Leben existirte, so ist dieser Schluss

völlig irrthümlich. Der Mangel von Petrefacten erklärt sich sehr einfach durch den metamorphischen (oder besser: metalithischen) Zustand, in welchem sich der grösste Theil der archolithischen Gesteine befindet. Die zahlreichen versteinerten Reste von Protophyten und Protozoen, Algen und Wirbellosen, welche diese krystallinischen Schiefer- und Gneissbildungen ursprünglich einschlossen, sind durch die spätere Metalithose (oder *„lithoplastische Metamorphose"*) derselben völlig zerstört worden. Aber schon aus dem phylogenetischen Character der ältesten bekannten Petrefacten (— aus dem untersten Cambrium —) ergiebt sich, dass diesen relativ hochorganisirten Brachiopoden, Mollusken, Trilobiten u. s. w. lange Reihen von niederen Ahnen vorausgegangen sein müssen: Ahnen-Reihen, die zu ihrer phyletischen Ausbildung viele Millionen von Jahren bedurften. Die unfassbare Länge dieser Primordial-Zeit lässt sich ermessen aus der erstaunlichen Dicke der archolithischen (— oder »archaeischen« —) Sedimente; Einige schätzen sie auf 10000, Andere auf 20 und sogar 30 Tausend Meter und darüber.

Wir unterscheiden in der archozoischen Aera zwei grosse Perioden: die ältere, *laurentische*, und die jüngere, *cambrische*; jede für sich allein wird viele Millionen von Jahren umfasst haben. Die Laurentische Formation kann wegen ihres Mangels an Petrefacten nicht weiter palaeontologisch eingetheilt werden; nach geologischen Verhältnissen kann man in derselben zwei Hauptstufen unterscheiden, die untere Ottawa-Stufe (Hypolaurentisch) und die obere Labrador-Stufe (Epilaurentisch). Dagegen lassen sich in der Cambrischen Formation auch auf Grund von palaeontologischen Documenten zwei oder selbst drei Stufen trennen: Die unterste von diesen, die Longmynd-Stufe oder das Hypocambrium, enthält die ältesten uns bis jetzt bekannten fossilen Reste: einzelne Algen (*Eophyton*), Radiolarien (*Sphaeroideen*), Echinodermen (*Crinoiden*-Fragmente), Brachiopoden (*Obolus, Lingula*), Mollusken (eine Patella-ähnliche *Scenella*) und Trilobiten (*Olenellus*). Zahlreicher werden die fossilen Reste dieser Gruppen (dazu noch Corallen u. A.) in der Potsdam-Stufe (Mesocambrium) und in der oberen Tremadoc-Stufe (Epicambrium).

So ausserordentlich unvollständig nun auch die palaeontologische Urkunde sich für das archozoische Zeitalter erweist, so können wir uns doch über dessen Lebens-Verhältnisse und seine hohe phylogenetische Bedeutung ganz bestimmte Vorstellungen auf Grund der beiden anderen grossen Urkunden bilden, der vergleichenden Anatomie und Ontogenie. Wir dürfen uns auf Grund derselben folgende Hypothesen bilden: 1) Das organische Leben begann im Anfang der Laurentischen Periode mit der Archigonie von Moneren (§ 32, 33). 2) Aus diesen entstanden durch Differenzirung von Karyoplasma und Cytoplasma

die ersten Zellen (§ 34). 3) Diese ältesten Protisten sonderten sich frühzeitig in Protophyten (mit vegetalem Stoffwechsel) und in Protozoen (mit animaler Ernährungsweise; § 39). 4) Durch Ausbildung von mannichfaltig geformten Schutz-Vorrichtungen (Zellmembranen, Kalkschalen, Kieselschalen etc.) entwickelten diese einzelligen Protisten schon frühzeitig zahlreiche Arten und Gattungen. 5) Aus einem Theile der einzelligen *Protophyten* entwickelten sich späterhin die ältesten, echten *Metaphyten* (zunächst vielzellige Algen). 6) Aus einem Theile der einzelligen *Protozoen* entwickelten sich ebenfalls später die ältesten, echten *Metazoen* (Gastraeaden). 7) Aus diesen gingen schon während der laurentischen Periode die Stammformen der wirbellosen Thierstämme hervor, deren älteste Vertreter wir versteinert im Cambrium finden (Cnidarien, Mollusken, Echinodermen, Brachiopoden, Crustaceen). Wirbelthiere und Cormophyten fehlten im Cambrium vermuthlich noch ganz. Wir können daher die archozoische Aera als das Zeitalter der Algen und Evertebraten bezeichnen.

§ 22. Palaeozoisches Zeitalter.

(*Aera der palaeolithischen Sedimente.*)

Herrschaft der Farne und Fische.

Der zweite Hauptabschnitt der organischen Erdgeschichte umfasst das palaeozoische Zeitalter oder das biogenetische Alterthum; sein Anfang wird bezeichnet durch die Bildung der untersten silurischen, sein Ende durch die der obersten permischen Schichten. Obgleich wahrscheinlich die Länge dieser palaeolithischen Aera bedeutend geringer war, als diejenige des vorhergehenden archolithischen Zeitraums, umfasste sie doch jedenfalls mehrere Millionen Jahre, und war viel bedeutender als diejenige der beiden folgenden Aeren (mesozoische und caenozoische Zeit) zusammengenommen. Die Mächkeit der palaeolithischen Sedimente wird auf 15000—20000 Meter geschätzt.

Der Reichthum an wohl erhaltenen Versteinerungen ist in den palaeolithischen Sedimenten viel grösser, als in den archolithischen, und gestattet uns, vier verschiedene Formationen zu unterscheiden, die silurische, devonische, carbonische und permische; jede von ihnen bezeichnet eine besondere, biogenetisch wohl characterisirte Periode der palaeozoischen Aera. Die älteste von diesen ist die Silurische Periode, ausgezeichnet durch einen grossen Reichthum an wirbellosen Seethieren aus den Stämmen der Cnidarien (Graptolithen, Tetracorallen), Echinodermen (Cystideen, Crinoiden), Helminthen (Bryozoen,

Brachiopoden), Mollusken und Trilobiten. Auch erscheinen in den jüngeren silurischen Sedimenten die ältesten fossilen Reste von Wirbelthieren (Urfischen und Ganoiden). Viel zahlreicher und mannichfaltiger treten diese letzteren in der folgenden Devonischen Periode auf, deren Evertebraten im Ganzen noch den silurischen Character beibehalten. Doch nehmen viele ältere Typen jetzt schon ab, während ansehnliche Ammoniten und Riesenkrebse (Eurypteriden) neu erscheinen. Auch treten im Devon die ersten landbewohnenden Gliederthiere (einzelne Scorpione und Insecten), sowie die ersten Landpflanzen auf (Pteridophyten); die silurischen Organismen waren fast ausschliesslich Meeresbewohner.

Die zweite Hälfte der palaeozoischen Bildungen, die *carbonischen* und *permischen* Formationen, zeigen einen ganz anderen Character, als die *silurischen* und *devonischen* Bildungen der ersten Hälfte. In der Carbonischen Periode oder der »Steinkohlenzeit« begegnen wir einer überraschenden Fülle von Landpflanzen, grösstentheils Pteridophyten (Filicinen, Calamiten und Lepidophyten); die mächtigen Steinkohlenflötze dieser Zeit legen Zeugniss ab von der massenhaften Entwickelung dieser eigenthümlichen und zum Theil colossalen Farnpflanzen, die durch eine kohlensäurereiche Atmosphäre und ein feucht-heisses Tropenklima auf den neugebildeten Continenten ausserordentlich begünstigt wurde. Auch erscheinen auf den letzteren zum ersten Male landbewohnende und luftathmende Thiere in grösserer Zahl, und zwar aus den beiden Stämmen der Gliederthiere (Myriapoden, Arachniden, Insecten), — und der Wirbelthiere (Amphibien aus der gepanzerten Gruppe der Stegocephalen — zugleich die ältesten fünfzehigen Vertebraten!). In der folgenden Permischen Periode (oder der »Dyas-Zeit«) gesellen sich zu diesen letzteren die ältesten Reptilien (Proterosaurus, Palaehatteria u. A.); es sind dies die Stammformen der Amnioten-Gruppe, jener höchstentwickelten Vertebraten-Abtheilung, welche die Reptilien, Drachen, Vögel und Säugethiere umfasst. Im Uebrigen unterscheidet sich die permische Fauna und Flora noch wenig von der carbonischen; nur ist sie im Ganzen viel ärmer. Schon in dem jüngeren Abschnitt der Steinkohlenzeit, ebenso wie in der damit eng verknüpften permischen Zeit, verschwinden zahlreiche Typen, welche für die ältere Palaeolith-Aera characteristisch waren. An deren Stelle treten andere neue Typen, neue Formen der Tetracorallen, Crinoiden, Brachiopoden, Crustaceen, und unter den Fischen die kleinschuppigen Ganoiden.

Im Grossen und Ganzen betrachtet, bietet uns die phyletische Entwickelung der palaeozoischen Thier- und Pflanzenwelt ein grossartiges Characterbild, dessen einzelne Züge ganz den theoretischen

Anforderungen des Transformismus entsprechen, Das gilt sowohl von der älteren Hälfte (dem *silurisch-devonischen Bios*), welche aus dem Cambrium hervorging, als von der jüngeren Hälfte (dem *carbonisch-permischen Bios*), in welcher zum ersten Male die terrestrische Fauna und Flora sich reich entwickelt. Mit Hinsicht auf die herrschenden Hauptgruppen bezeichnen wir die palaeozoische Aera als das Zeitalter der Pteridophyten und Fische.

§ 23. Mesozoisches Zeitalter.

(*Aera der mesolithischen Sedimente.*)

Herrschaft der Gymnospermen und Reptilien.

Der dritte von den vier grossen Hauptabschnitten der organischen Erdgeschichte umfasst das mesozoische Zeitalter oder das biogenetische Mittelalter; seinen Anfang bezeichnet die Bildung der untersten triassischen Sedimente (des Buntsandsteins), sein Ende die Ablagerung der obersten Kreide-Schichten (der Weisskreide). Die Mächtigkeit der mesolithischen Sedimente ist weit geringer, als diejenige der darunter liegenden palaeolithischen; sie wird auf 2000 bis 5000 Meter geschätzt; immerhin sind zu ihrer Bildung mehrere Millionen Jahre erforderlich gewesen. Sie sind äusserst reich an vielgestaltigen und characteristischen Versteinerungen, und diese geben uns ein hoch interessantes Bild von der eigenthümlichen Flora und Fauna, welche während der mesozoischen Aera unsere Erde bevölkerte. Im Grossen und Ganzen von phylogenetischem Standpunkte betrachtet, ist die mesozoische Lebewelt ein vollkommenes Mittelglied zwischen der älteren palaeozoischen und der jüngeren caenozoischen Formenwelt.

Das biogenetische Mittelalter wird in drei grosse Perioden eingetheilt, deren jede wieder durch ihre eigenthümliche Flora und Fauna characterisirt ist: die Trias, Jura und Kreide. In der Trias-Formation folgen drei Stufen auf einander, unten Buntsandstein, mitten Muschelkalk, oben Keuper. Ebenso wird die Jura-Formation in drei Stufen eingetheilt, unten der schwarze Jura (Lias), mitten der braune Jura (Dogger), oben der weisse Jura (Malmstufe). Entsprechend lassen sich auch in der Kreide-Formation abermals drei Stufen unterscheiden, unten die Neocom-Stufe (Unterkreide), mitten die Cenoman-Stufe (Mittelkreide), oben die Turosenon-Stufe (Oberkreide). Ebenso scharf wie die letzte gegen die darüber liegenden ältesten Tertiär-Bildungen, ist unten den Buntsandstein gegen die darunter gelegenen jüngsten permischen Sedimente abgegrenzt. Diese scheinbaren phylogenetischen Klüfte sind zum Theil durch bedeutende geologische Ver-

änderungen, zum Theil nur durch locale Verhältnisse der Sediment-Bildung und ihres Materials veranlasst, besonders durch die Petrefacten-Armuth der angrenzenden Schichten. In der That ist unten die epipermische Fauna und Flora mit der ältesten hypotriassischen ebenso durch unmittelbare Uebergangsformen verknüpft, wie oben die epicretassische Lebewelt mit der ältesten eocaenen.

Die grossen phylogenetischen Gesetze der fortschreitenden Entwickelung, der stetigen Zunahme an Zahl, Mannichfaltigkeit und Vollkommenheit der Arten, werden durch die Flora und Fauna der mesozoischen Aera in glänzender Weise bestätigt. Dabei existiren zwischen den unzähligen einzelnen Arten und Arten-Gruppen so zahlreiche Uebergangsformen, dass wir grossentheils die Transformation derselben Schritt für Schritt historisch verfolgen können. Insbesondere gilt das von den Bildungen der Jura-Formation, die äusserst reich an interessanten Versteinerungen sind, und in denen der Character des biogenetischen Mittelalters seine höchste Blüthe und eigenthümlichste Ausbildung erreicht. Die ältere Trias-Formation ist bedeutend ärmer; und in der jüngeren Kreide-Formation sterben bereits viele typische Formen aus.

Die mesolithische Flora ist vor Allem characterisirt durch die mächtige Entwickelung der Gymnospermen-Classe (*Cycadeen* und *Coniferen*); diese Nadelhölzer bilden überwiegend die mesozoischen Wälder, während die palaeozoischen durch Massen von grossen Pteridophyten gebildet waren. Ebenso characteristisch ist im Thierreich die erstaunliche Entwickelung der Reptilien-Classe, von der im Perm nur die ersten Spuren erschienen. Ausser den noch jetzt zahlreich lebenden Eidechsen, Crocodilen und Schildkröten erschienen in der Mesolith-Aera sehr zahlreiche, ganz eigenthümliche und zum Theil colossale Formen dieser ältesten Amnioten-Classe, die Seedrachen (Halisaurier), Landdrachen (Dinosaurier), Flugdrachen (Pterosaurier) u. s. w. Daneben treten aber auch schon die ältesten Vertreter der beiden höchsten Vertebraten-Classen auf, Vögel und Säugethiere. Auch von den Gliederthieren sind im Jura bereits fast alle Ordnungen vertreten, namentlich von den Malacostraken und Insecten. Im Stamme der Weichthiere ist bemerkenswerth die mächtige Entwickelung der Ammoniten und Belemniten; im Stamme der Sternthiere treten die Metechiniden an die Stelle der Palechiniden, unter den Anthozoen die Hexacorallen an die Stelle der Tetracorallen. Mit diesen letzteren sind auch viele andere marine Evertebraten des palaeozoischen Zeitalters verschwunden, oder (wie die Brachiopoden) sehr reducirt. Mithin zeigt auch die marine Fauna und Flora im Mesozoicum einen ganz anderen Character, als im Palaeozoicum. Am meisten characteristisch bleibt jedoch die Herrschaft der Gymnospermen und Reptilien.

§ 24. Caenozoisches Zeitalter.

(*Aera der caenolithischen Sedimente.*)

Herrschaft der Angiospermen und Mammalien.

Der vierte und letzte Hauptabschnitt der organischen Erdgeschichte umfasst das caenozoische Zeitalter oder die biogenetische Neuzeit; diese beginnt mit der Bildung der ältesten tertiären (eocaenen) Schichten und dauert bis zur Gegenwart. Obgleich dieser caenolithische Zeitraum jedenfalls mehr als eine Million Jahre umfasst, ist derselbe doch jedenfalls viel kürzer gewesen, als jeder der drei grossen älteren Zeiträume. Das ergiebt sich schon aus der viel geringeren Mächtigkeit der caenolithischen Sedimente, die in der Regel auf wenig mehr als 1000 Meter geschätzt wird (gegen 5000 Meter der mesozoischen und 15000 der palaeozoischen Ablagerungen).

Als zwei Hauptabschnitte der Caenolith-Aera unterscheidet man die ältere Tertiär-Zeit und die jüngere Quartär-Zeit. Die Sedimente der Tertiär-Formation werden wieder eingetheilt in ältere Eogen-Bildungen (*eocaene* und *oligocaene* Stufe), und in jüngere Neogen-Bildungen (*miocaene* und *pliocaene* Stufe). In der Quartär-Formation folgt dann zunächst die wichtige Diluvial-Bildung (mit der älteren *glacialen* und der jüngeren *postglacialen* Stufe); an letztere schliessen sich ohne scharfe Grenze die alluvialen Ablagerungen der Gegenwart an. In die Quartär-Zeit fällt die Entwickelung des Menschengeschlechts, dessen Ursprung (aus anthropoiden Affen) schon in der jüngeren Tertiär-Zeit (Pliocaen-Periode) stattfand. Der Mensch hat in weit höherem Grade als alle anderen Organismen umbildend auf die gesammte organische und anorganische Natur der Erde eingewirkt. Durch seine Cultur hat er zahlreiche Arten von Thieren und Pflanzen vernichtet, aber auch viele neue Formen (durch künstliche Zuchtwahl) in's Dasein gerufen. Man kann daher auch die Quartär-Zeit — trotz ihrer verhältnissmässigen Kürze — als einen fünften Hauptabschnitt der organischen Erdgeschichte unterscheiden, als Anthropozoisches Zeitalter. Die wenigen Jahrtausende der Culturgeschichte und der Völkergeschichte (— früher in seltsamer Ueberhebung als »Weltgeschichte« bezeichnet —) bilden nur den letzten kurzen Abschnitt dieser Anthropolith-Aera.

Der Character der Caenozoischen Fauna und Flora ist im Ganzen sehr verschieden von dem der vorhergehenden Mesozoischen Aera; er nähert sich um so mehr demjenigen der Gegenwart, je höher wir von den älteren zu den jüngeren Tertiär-Schichten emporsteigen. Die Zahl,