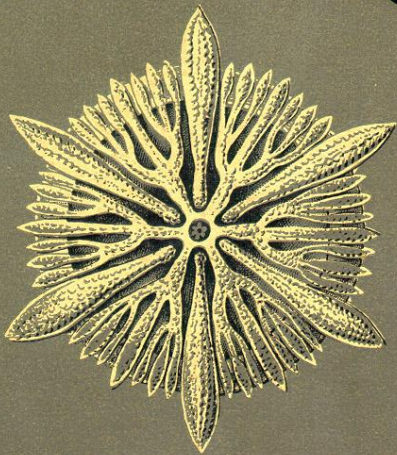




Formen der Kunst Natur

von

ERNST HAECKEL



Leipzig und Wien
Bibliographisches Institut



H. Zimmermann . 23 März 1905

große Kunst

Kunstformen der Natur.

Von

Prof. Dr. Ernst Haeckel.



Erste Sammlung.

Fünfzig Illustrationstafeln mit beschreibendem Text.



Leipzig und Wien.

Verlag des Bibliographischen Instituts.

Vorwort.

Die Natur erzeugt in ihrem Schoße eine unerschöpfliche Fülle von wunderbaren Gestalten, durch deren Schönheit und Mannigfaltigkeit alle vom Menschen geschaffenen Kunstformen weitaus übertroffen werden. Die Naturprodukte, aus deren Nachahmung und Modellierung die bildende Kunst des Menschen hervorgegangen ist, gehören begreiflicherweise solchen höheren Gruppen des Pflanzenreichs und des Tierreichs an, mit denen der Mensch in beständiger Berührung lebte, vor allem den Blütenpflanzen und Wirbeltieren. Dagegen ist den meisten Menschen größtenteils oder ganz unbekannt jenes unermessliche Gebiet der niederen Lebensformen, die versteckt in den Tiefen des Meeres wohnen oder wegen ihrer geringen Größe dem unbewaffneten Auge verschlossen bleiben. Der größte Teil dieser verborgenen Schönheiten der Natur ist erst durch die ausgedehnten Forschungen des 19. Jahrhunderts aufgedeckt worden.

Besonders ergiebig an eigenartigen und wundervollen Gestalten ist das weite Reich der Protisten oder Zelllinge, jener einfachsten Organismen, deren ganzer lebendiger Körper nur aus einer einzigen Zelle besteht: Radiolarien, Thalamophoren und Infusorien unter den Artieren (Protozoen); Diatomeen, Rosmarieen und Peridineen unter den Urpflanzen (Protophyten). Die erstaunliche Fülle von zierlichen und phantastischen Formen, die diese einzelligen Protisten hervorbringen, ist uns erst durch das verbesserte Mikroskop, die verfeinerten Beobachtungsmethoden und die planmäßige Meeresforschung der Neuzeit zugänglich geworden. Diesen verdanken wir aber auch einen überraschenden Reichtum an Entdeckungen auf den benachbarten Gebieten, auf denen größere Organismen niederen Ranges ihre bewundernswürdige Gestaltungskraft entfalten: Algen, Pilze und Moose unter den niederen Pflanzen; Polypen, Korallen und Medusen unter den Nesseltieren.

Die Mehrzahl der vorhandenen Abbildungen dieser formenschönen Organismen ist in teuren und seltenen Werken versteckt und dem Laien schwer erreichbar. Die vorliegenden „Kunstformen der Natur“ dagegen verfolgen den Zweck, jene verborgenen Schätze ans Licht zu ziehen und einem größeren Kreise von Freunden der Kunst und der Natur zugänglich zu machen. Seit frühester Jugend von dem Formenreize der lebendigen Wesen gefesselt und seit einem halben Jahrhundert mit Vorliebe morphologische Studien pflegend, war ich nicht nur bemüht, die Gesetze ihrer Gestaltung und Entwicklung zu erkennen, sondern auch zeichnend und malend tiefer in das Geheimnis ihrer Schönheit einzudringen. Auf zahlreichen Reisen, die sich über einen Zeitraum von fünfundvierzig Jahren erstrecken, habe ich alle Länder und Küsten Europas kennen gelernt und auch an den interessantesten Gestaden des nördlichen Afrika und des südlichen Asien längere Zeit gearbeitet. Tausende von Figuren, die ich auf diesen wissenschaftlichen Reisen nach der Natur gezeichnet habe, sind bereits in meinen größeren Monographien publiziert; einen anderen Teil will ich bei dieser Gelegenheit veröffentlichen. Außerdem werde ich bemüht sein, aus der

Vorwort.

umfangreichen Litteratur die schönsten und ästhetisch wertvollsten Formen auszulesen und zusammenzustellen. Wenn die ersten Hefte beifällig aufgenommen werden, so sollen später auch die selteneren und weniger bekannten Schönheiten aus dem Gebiete der höheren Tier- und Pflanzenwelt eine entsprechende Darstellung finden.

Zunächst werden von den „Kunstformen der Natur“ 50 Tafeln erscheinen (fünf zwanglose Hefte zu je zehn Tafeln), jede Tafel von einem erläuternden Textblatt begleitet. Im Falle einer günstigen Aufnahme ist eine größere Zahl von Heften in Aussicht genommen; ich hoffe dann, nach Vollendung von zehn Heften (100 Tafeln), eine allgemeine Einleitung zu dem Werke geben zu können, welche die systematische Ordnung sämtlicher Formengruppen enthält, ferner eine ästhetische Erörterung ihrer künstlerischen Gestaltung sowie Angaben über die wichtigsten Quellen der betreffenden Litteratur.

Die moderne bildende Kunst und das moderne, mächtig emporgeblühte Kunstgewerbe werden in diesen wahren „Kunstformen der Natur“ eine reiche Fülle neuer und schöner Motive finden. Bei ihrer Zusammenstellung habe ich mich auf die naturgetreue Wiedergabe der wirklich vorhandenen Naturerzeugnisse beschränkt, dagegen von einer stilistischen Modellierung und dekorativen Verwertung abgesehen; diese überlasse ich den bildenden Künstlern selbst.

Für die künstlerische Ausführung der Figuren und ihre naturwahre Lithographie bin ich meinem treuen, bewährten Mitarbeiter, Herrn Adolf Giltich in Jena, zu aufrichtigem Danke verpflichtet. Seinem lebhaften Interesse für die gestellte Aufgabe, seinem morphologischen Verständnis und künstlerischen Talente ist es zu verdanken, daß ich den schon vor langer Zeit entworfenen Plan dieses Werkes endlich in der gewünschten Form ausführen konnte.

Lebhaften Dank schulde ich außerdem für materielle und intellektuelle Förderung meines Unternehmens Herrn Dr. Paul von Ritter in Basel, dem begeisterten Freunde und opferwilligen Gönner der Naturwissenschaft. Als er im Jahre 1886 die „Paul von Ritter'sche Stiftung für phylogenetische Zoologie“ an der Universität Jena gründete, sprach er den Wunsch aus, daß deren Mittel nicht nur zur Förderung akademischer Studien und Forschungsreisen verwendet würden, sondern auch zur Erweckung des Interesses an den Wunderwerken und Schönheiten der Natur in weiteren Volkskreisen. Die Quellen ästhetischen Genusses und veredelnder Erkenntnis, die überall in der Natur verborgen sind, sollen mehr und mehr erschlossen und Gemeingut weitester Bildungskreise werden.

Diesen Anschauungen kam auch das Bibliographische Institut in Leipzig entgegen, das die kostspielige Ausführung und die Veröffentlichung der Tafeln bereitwillig übernahm; auch ihm statte ich für seine Opfer und Mühen meinen besten Dank ab. Möge unsere gemeinsame Absicht erreicht werden, durch die Bekanntschaft mit den „Kunstformen der Natur“ gleichzeitig das künstlerische und das wissenschaftliche Interesse an der herrlichen uns umgebenden Gestaltenwelt zu fördern!

Jena, am 16. Februar 1899.

Ernst Haeckel.

Inhalts-Verzeichnis zum 1. Heft.

Tafel 1. **Circogonia.** Urtiere aus der Klasse der Radiolarien (Region der Phäodarien).

Tafel 2. **Globigerina.** Urtiere aus der Klasse der Thalamophoren (Region der Foraminiferen).

Tafel 3. **Stentor.** Urtiere aus der Hauptklasse der Infusorien (Klasse der Ciliaten).

Tafel 4. **Triceratium.** Urpflanzen aus der Hauptklasse der Algarien (Klasse der Diatomeen).

Tafel 5. **Ascandra.** Niedertiere aus dem Stamm der Spongien (Klasse der Kalkschwämme).

Tafel 6. **Tubuletta.** Nesseltiere aus der Klasse der Hydropolypen (Ordnung der Tubularien).

Tafel 7. **Epibulia.** Nesseltiere aus der Klasse der Siphonophoren (Ordnung der Cystonekten).

Tafel 8. **Desmonema.** Nesseltiere aus der Klasse der Akroaspeden (Ordnung der Discomedusen).

Tafel 9. **Maeandrina.** Nesseltiere aus der Klasse der Korallen (Ordnung der Hexakorallen).

Tafel 10. **Ophiothrix.** Sterntiere aus der Klasse der Ophiodeen (Ordnung der Colophiuren).

Inhalts-Verzeichnis zum 2. Heft.

Tafel 11. **Heliodiscus.** Urtiere aus der Klasse der Radiolarien (Region der Spumellarien).

Tafel 12. **Miliola.** Urtiere aus der Klasse der Thalamophoren (Region der Eforaminien).

Tafel 13. **Dinobryon.** Urtiere aus der Hauptklasse der Infusorien (Klasse der Flagellaten).

Tafel 14. **Peridinium.** Urpflanzen aus der Hauptklasse der Algetten (Klasse der Mastigoten).

Tafel 15. **Zonaria.** Thalluspflanzen aus dem Stamm der Algen (Klasse der Fukoideen).

Tafel 16. **Pegantha.** Nesseltiere aus der Klasse der Kraspedoten (Ordnung der Markomedusen).

Tafel 17. **Porpema.** Nesseltiere aus der Klasse der Siphonophoren (Ordnung der Diskonekten).

Tafel 18. **Linantha.** Nesseltiere aus der Klasse der Akraspeden (Ordnung der Diskomedusen).

Tafel 19. **Pennatula.** Nesseltiere aus der Klasse der Korallen (Ordnung der Oktokorallen).

Tafel 20. **Pentacrinus.** Sterntiere aus der Klasse der Krinoideen (Ordnung der Pentacrineen).

Inhalts-Verzeichnis zum 3. Heft.

Tafel 21. **Xiphacantha.** Urtiere aus der Klasse der Radiolarien (Region der Akantharien).

Tafel 22. **Elaphospyris.** Urtiere aus der Klasse der Radiolarien (Region der Rasselarien).

Tafel 23. **Cristatella.** Wurmtiere aus der Klasse der Moostiere oder Bryozoen (Ordnung der Armwirbler).

Tafel 24. **Staurostrum.** Urpflanzen aus der Hauptklasse der Algarien (Klasse der Desmidiaceen oder Kosmarien).

Tafel 25. **Diphasia.** Nesseltiere aus der Klasse der Sydropolypen (Ordnung der Reihopolypen oder Sertularien).

Tafel 26. **Carmaris.** Nesseltiere aus der Klasse der Schleierquallen oder Kraspedoten (Ordnung der Trachomedusen).

Tafel 27. **Hormiphora.** Nesseltiere aus der Klasse der Kammquallen oder Ktenophoren (Region der Kannoctenien).

Tafel 28. **Toreuma.** Nesseltiere aus der Klasse der Akraspeden (Ordnung der Diskomedusen).

Tafel 29. **Cyathophyllum.** Nesseltiere aus der Klasse der Korallen (Ordnung der Tetraforallen).

Tafel 30. **Clypeaster.** Sterntiere aus der Klasse der Echinideen (Ordnung der Klypeastronien).

Inhalts-Verzeichnis zum 4. Heft.

Tafel 31. **Calocyclus.** Urtiere aus der Klasse der Radiolarien (Region der Rasseellarien, Ordnung der Gyrtoiden).

Tafel 32. **Pedalion.** Wurmtiere aus der Klasse der Rädertiere oder Rotatorien.

Tafel 33. **Flustra.** Wurmtiere aus der Klasse der Moostiere oder Bryozoen (Region der Kranzwirbler oder Stelmatopoden).

Tafel 34. **Pediastrum.** Urpflanzen aus der Hauptklasse der Algetten (Klasse der Melothallien oder Coenobiotica).

Tafel 35. **Farrea.** Niedertiere aus dem Stamm der Spongien oder Schwammtiere (Klasse der Kieselchwämme, Silicispongiae; Ordnung der Glasschwämme, Hexactinellae).

Tafel 36. **Aequorea.** Nesseltiere aus der Klasse der Schleierquallen oder Kraspedoten (Ordnung der Leptomedusen).

Tafel 37. **Discolabe.** Nesseltiere aus der Klasse der Staatsquallen oder Siphonophoren (Ordnung der Physonekten).

Tafel 38. **Periphylla.** Nesseltiere aus der Klasse der Kraspedoten (Ordnung der Peromedusen).

Tafel 39. **Gorgonia.** Nesseltiere aus der Klasse der Korallen (Ordnung der Oktokorallen, Familie der Rindenkorallen oder Gorgoniden).

Tafel 40. **Asterias.** Sterntiere aus der Klasse der Seeesterne oder Asterideen (Ordnung der Colasteriden).

Inhalts-Verzeichnis zum 5. Heft.

Tafel 41. **Dorataspis.** Urtiere aus der Klasse der Radiolarien (Region der Akantharien, Ordnung der Akanthophrakten).

Tafel 42. **Ostracion.** Wirbeltiere aus der Klasse der Fische (Unterklasse der Knochenfische, Teleostei; Ordnung der Schnabelfische, Plectognathi; Unterfamilie der Kofferfische, Ostraciontes).

Tafel 43. **Aeolis.** Weichtiere aus der Klasse der Schnecken oder Gasteropoden (Ordnung der Nacktkiemer, Nudibranchia).

Tafel 44. **Ammonites.** Weichtiere aus der Klasse der Kraken oder Cephalopoden (Familie der Ammonshörner, Ammonitida).

Tafel 45. **Campanulina.** Nesseltiere aus der Klasse der Hydropolypen (Ordnung der Glockenpolypen oder Campanarien).

Tafel 46. **Gemmaria.** Nesseltiere aus der Klasse der Schleierquallen oder Kraspedoten (Ordnung der Blumenquallen, Anthomedusae).

Tafel 47. **Limulus.** Gliedertiere aus der Hauptklasse der Krustentiere, Crustacea (Klasse der Schildtiere, Aspidonia).

Tafel 48. **Lucernaria.** Nesseltiere aus der Klasse der Lappenquallen oder Akraspeden (Ordnung der Becherquallen, Stauromedusae).

Tafel 49. **Heliactis.** Nesseltiere aus der Klasse der Korallen, Anthozoa (Ordnung der Hexakorallen, Unterordnung der Aktinien oder Seeanemonen).

Tafel 50. **Sporadipus.** Sterntiere aus der Klasse der Seegurken (Thuroidea oder Holothuriae).

Inhalts-Verzeichnis zum 6. Heft.

Tafel 51. **Collosphaera**. Urthiere aus der Klasse der Radiolarien, Ordnung der Vereinsstrahlige (Polycyttaria).

Tafel 52. **Platycerium**. Farnpflanzen aus der Klasse der Laubfarne (Filicinae), Familie der Tüpfelfarne (Polypodiaceae).

Tafel 53. **Murex**. Weichtiere aus der Klasse der Schnecken oder Gasteropoden, Ordnung der Kammkiemer (Ctenobranchia).

Tafel 54. **Octopus**. Weichtiere aus der Klasse der Kraken oder Cephalopoden, Region der Trichter-Kraken (Gamochochia).

Tafel 55. **Cytherea**. Weichtiere aus der Klasse der Muscheln oder Acephalen (Zweiflap-pige Mollusken oder Bivalva).

Tafel 56. **Calanus**. Gliedertiere aus der Hauptklasse der Krustentiere (Crustacea), Ordnung der Ruderkrebs (Copepoda).

Tafel 57. **Lepas**. Gliedertiere aus der Hauptklasse der Krustentiere (Crustacea), Ordnung der Rankenkrebs (Cirripedia).

Tafel 58. **Alucita**. Gliedertiere aus der Klasse der Kerbtiere (Insecta), Ordnung der Schmetterlinge (Lepidoptera).

Tafel 59. **Strobalia**. Nesseltiere aus der Klasse der Staatsquallen oder Siphonophoren, Ordnung der Physonecten.

Tafel 60. **Cidaris**. Sterntiere aus der Klasse der Seeigel oder Echinideen, Ordnung der Cidariden.

Inhalts-Verzeichnis zum 7. Heft.

Tafel 61. **Aulographis.** Urtiere aus der Klasse der Radiolarien (Region der Phäodarien).

Tafel 62. **Nepenthes.** Blumenpflanze aus der Hauptklasse der Angiospermen (Klasse der Dikotylen).

Tafel 63. **Dictyophora.** Pilze aus der Klasse der Schwammpilze (Basimycetes), Region der Autobasidier.

Tafel 64. **Caulerpa.** Urpflanzen aus der Hauptklasse der Algetten (Klasse der Siphoneen).

Tafel 65. **Delesseria.** Algen aus der Klasse der Rotalgen (Florideen oder Rhodophyceen).

Tafel 66. **Epeira.** Gliedertiere aus der Klasse der Spinnentiere (Arachnida).

Tafel 67. **Vampyrus.** Wirbeltiere aus der Klasse der Säugetiere, Unterklasse der Plazentalien (Ordnung der Fledertiere, Chiroptera).

Tafel 68. **Hyla.** Wirbeltiere aus der Klasse der Amphibien, Region der Frösche (Batrachia oder Anura).

Tafel 69. **Turbinaria.** Nesseltiere aus der Klasse der Korallen (Ordnung der Hexakorallen).

Tafel 70. **Astrophyton.** Sterntiere aus der Klasse der Ophiodeen, Ordnung der Cynarlonien (Cladophiura).

Inhalts-Verzeichnis zum 8. Heft.

- Tafel 71. **Tympanidium.** Insekten aus der Klasse der Radiolarien (Region der Radiolarien).
- Tafel 72. **Polytrichum.** Moospflanzen aus der Klasse der Laubmoose (Muscinae).
- Tafel 73. **Erysiphe.** Pilze aus der Klasse der Schlauchpilze (Ascomycetes), Region der Carposcodii.
- Tafel 74. **Cypripedium.** Blumenpflanzen aus der Familie der Orchideen (Hauptklasse der Angiospermen, Klasse der Monokotylen).
- Tafel 75. **Diplozoon.** Plattentiere (Platodes) aus den Klassen der Saugwürmer (Trematodes) und der Bandwürmer (Cestodes).
- Tafel 76. **Alima.** Gliedertiere aus der Hauptklasse der Krustentiere (Crustacea), Region der Panzerkrebse (Thoracostraca).
- Tafel 77. **Bassia.** Nesseltiere aus der Klasse der Staatsquallen oder Siphonophoren, Ordnung der Kelchquallen (Calyconectae).
- Tafel 78. **Charybdea.** Nesseltiere aus der Klasse der Nemaspeden, Ordnung der Würfelquallen (Cubomedusae).
- Tafel 79. **Basiliscus.** Wirbeltiere aus der Klasse der Reptilien, Ordnung der Eidechsen (Lacertilia).
- Tafel 80. **Pentremites.** Sterntiere aus der Klasse der Knospensterne (Blastoidea).
-

Inhalts-Verzeichnis zum 9. Heft.

Tafel 81. **Lagena.** Urtiere aus der Klasse der Kammerlinge (Thalamophora), Region der Siebwandigen (Foraminifera).

Tafel 82. **Marchantia.** Moospflanzen aus der Klasse der Lebermoose (Hepaticae).

Tafel 83. **Cladonia.** Thalluspflanzen aus der Klasse der Flechten (Lichenes).

Tafel 84. **Navicula.** Urpflanzen aus der Hauptklasse der Algarien, Klasse der Diatomeen.

Tafel 85. **Cynthia.** Manteltiere (Tunicata) aus der Klasse der Seescheiden (Ascidiae).

Tafel 86. **Parthenope.** Gliedertiere aus der Hauptklasse der Krustentiere (Crustacea), Ordnung der Zehnfüßkrebse (Decapoda).

Tafel 87. **Pegasus.** Wirbeltiere aus der Klasse der Fische (Pisces), Unterklasse der Knochenfische (Teleostei).

Tafel 88. **Pilema.** Nesseltiere aus der Klasse der Lappenquallen (Acraspedae), Ordnung der Scheibenquallen (Discomedusae).

Tafel 89. **Testudo.** Wirbeltiere aus der Klasse der Schleicher (Reptilia), Region der Schildkröten (Chelonia).

Tafel 90. **Callocystis.** Sterntiere aus der Klasse der Beutelsterne (Cystoidea).

Inhalts-Verzeichnis zum 10. Heft.

Tafel 91. **Astrosphaera.** Urtiere aus der Hauptklasse der Wurzelfüßer (Rhizopoda), Klasse der Radiolarien (Region der Spumellarien).

Tafel 92. **Alsophila.** Farnpflanzen (Pteridophyta) aus der Klasse der Laubfarne (Filicinae).

Tafel 93. **Arcyria.** Urtiere aus der Hauptklasse der Wurzelfüßer (Rhizopoda), Klasse der Pilztiere (Mycetozoa).

Tafel 94. **Araucaria.** Blumenpflanzen aus der Hauptklasse der Nacktfamigen (Gymnospermae), Klasse der Zapfenbäume (Coniferae).

Tafel 95. **Placocystis.** Sterntiere aus der Hauptklasse der Monorchonien (Noncincta), Klasse der Urnensterne (Amphoridea).

Tafel 96. **Sabella.** Gliedertiere aus der Hauptklasse der Ringeltiere (Annelida), Klasse der Borstenwürmer (Chaetopoda).

Tafel 97. **Terebratula.** Wurmtiere aus der Hauptklasse der Buschwürmer (Prosopygia), Klasse der Spiralkiemer (Spirobranchia).

Tafel 98. **Aurelia.** Nesseltiere aus der Klasse der Acraspeden, Ordnung der Scheibenquallen (Discomedusae).

Tafel 99. **Trochilus.** Wirbeltiere aus der Klasse der Vögel (Aves), Unterklasse der Kiehvögel (Carinatae), Familie der Kolibris (Trochilidae).

Tafel 100. **Antilope.** Wirbeltiere aus der Klasse der Säugetiere (Mammalia), Region der Huftiere (Ungulata), Familie der Antilopen (Antilopina).

Nachwort.

Die „Kunstformen der Natur“ liegen jetzt mit dem zehnten Heft abgeschlossen vor; daraus erwächst mir die Pflicht, ihnen die im „Vorwort“ versprochene „allgemeine Einleitung“ mitzugeben. Diese enthält im ersten Abschnitt einige Erläuterungen über das Verhältnis von Kunstformen und Naturformen, insbesondere über ihre Entwicklung. Im zweiten Abschnitt habe ich eine allgemeine Übersicht über die Grundformen der Organismen gegeben, ihre geometrische Bestimmung und ästhetische Bedeutung, sowie die Ursachen der Symmetriegesetze. Diese schwierigen und wichtigen, aber im ganzen wenig berücksichtigten Bildungsverhältnisse habe ich ausführlich behandelt im vierten Buche meiner „Generellen Morphologie“ (1866): „Promorphologie oder Grundformenlehre“ (Band 1, S. 375—552).

Der dritte Abschnitt gibt eine systematische Übersicht über die Kunstformen der einzelnen Klassen der organischen Welt, die Entwicklung der Grundformen in ihnen und ihre ästhetische Bedeutung. Darin sind zunächst die Protisten oder Zelllinge, die einzelligen Organismen, für sich allein behandelt, weil hier die plastische Tätigkeit der einzelnen Zelle unmittelbar die Grundform und deren ästhetische Ornamentik bedingt; das gilt ebenso von den Urpflanzen (Protophyta) wie von den Urtieren (Protozoa). Beide Protistengruppen enthalten einen viel größeren Reichtum an schönen und interessanten Formen, als allgemein angenommen wird; es sind ihnen daher 22 Tafeln gewidmet. Insbesondere ist die Zahl ihrer geometrischen Grundformen viel größer als bei den Histonen oder Webingen, den vielzelligen und gewebebildenden Organismen. In beiden Gruppen der letzteren, sowohl bei den Gewebepflanzen (Metaphyta) als bei den Gewebetieren (Metazoa), wird die Grundform und deren ornamentaler Schmuck nicht durch die einzelne Zelle bestimmt, sondern durch die gemeinsame bildende Tätigkeit der Zellvereine, die sich in Gewebe und Organe sondern. Die zahlreichen Klassen der Histonen sind in meinem Werk absichtlich sehr ungleichmäßig behandelt. Die unendlich mannigfaltigen Schönheiten, welche die ansehnlichen und allgemein bekannten Formen der höheren Pflanzen und Tiere schmücken, sind seit Jahrtausenden dem Menschen vertraut und für die bildende Kunst verwertet worden. Dagegen sind die nicht weniger reichen und zum Teil ganz eigenartigen Formen der niederen Metaphyten und Metazoen weiteren gebildeten Kreisen noch größtenteils unbekannt, und doch verdienen sie unser ästhetisches Interesse und Studium in höchstem Maße. Ganz besonders gilt dies von den beiden Tierstämmen der Nesseltiere (Cnidaria) und der Sterntiere (Echinoderma); daher sind den ersteren 27, den letzteren 10 Tafeln eingeräumt worden. Im ganzen verteilt sich die Zahl der hundert Tafeln auf die Hauptgruppen der Organismenwelt folgendermaßen: Urpflanzen 6, Gewebepflanzen 12, Urtiere 16, Niedertiere 30, Wurmtiere 5, Sterntiere 10, Weichtiere 5, Gliedertiere 8, Wirbeltiere 8.

Der Hauptzweck meiner „Kunstformen der Natur“ war ein ästhetischer: ich wollte weiteren gebildeten Kreisen den Zugang zu den wunderbaren Schätzen der Schönheit öffnen, die in den Tiefen des Meeres verborgen oder wegen ihrer geringen Größe nur durch das Mikroskop erkennbar sind. Damit verknüpfte ich aber zugleich den wissenschaftlichen Zweck, den Einblick in den Wunderbau der eigentümlichen Organisation dieser Formen zu erschließen. Da uns diese niederen Kreise des organischen Lebens größtenteils erst in neuester Zeit zugänglich geworden und selbst in vielen Lehrbüchern noch sehr vernachlässigt sind, habe ich gerade ihnen besondere Sorgfalt gewidmet. Vor allen anderen Klassen habe ich hier die Radiolarien, Medusen, Siphonophoren und Korallen berücksichtigt, mit deren speziellem Studium ich mich seit fünfzig Jahren eingehend beschäftigt, und über die ich im ganzen mehr als 400 Tafeln publiziert habe. Die vorliegenden Proben sind zum größten Teile meinen bezüglichlichen Monographien entnommen („Radiolarien“, Berlin 1862—87; „Calciſpongien“, Berlin 1872; „Medusen“, Jena 1864 bis 1881; „Siphonophoren“, Edinburgh 1888; „Korallen“, Berlin 1875). Indessen habe ich, um die systematische Übersicht vollständig zu machen, auch den bekannten höheren Klassen wenigstens je eine Tafel gewidmet. Die vorliegenden hundert Tafeln stellen somit zugleich einen populären biologischen Atlas dar, der zur Illustration meiner „Natürlichen Schöpfungsgeschichte“ dienen kann (10. Auflage, Berlin 1902). Eine allgemeine systematische Übersicht geben dazu die angehängten vier Tabellen.

Ursprünglich hatte ich die Absicht — die auch im „Vorwort“ zum ersten Hefte vor fünf Jahren angekündigt wurde —, dieser allgemeinen Erläuterung Angaben über die wichtigsten Quellen der betreffenden Literatur beizugeben. Indessen erwies sich jene Absicht unausführbar wegen der unübersehbaren Ausdehnung wie Zersplitterung dieser Literatur und der zerstreuten Publikation einzelner Figuren in zahlreichen Zeitschriften. Die wichtigsten Quellenwerke sind überdies leicht in den allgemein verbreiteten Handbüchern der systematischen Zoologie und Botanik aufzufinden.

Bei der Wiedergabe der Figuren wurde stets im Auge behalten, die ausgesuchte Schönheit mit der größtmöglichen Naturwahrheit zu verbinden. Alle hier dargestellten „Kunstformen“ sind demnach in Wahrheit reale Naturformen; von jeder Idealisierung und Stilisierung wurde abgesehen. Für ihre vollendete technische Ausführung und künstlerische Auffassung muß ich meinem treuen und unermüdeten Mitarbeiter, Herrn Adolf Giltſch in Jena, nochmals meinen herzlichsten Dank abstatten, ebenso der technischen Abteilung des Bibliographischen Instituts in Leipzig.

Jena, im Frühjahr 1904.

Ernst Haeckel.

Inhalt des Supplement-Bestes

zu den „Kunstformen der Natur“.

I. Die Naturformen.

Das Plasma (die bildende „lebendige Substanz“). — Die Natur des Plasma. — Die Seele des Plasma. — Die Zweckmäßigkeit der Naturformen.

II. Die Grundformen der Organismen.

Anorganische Grundformen. — Organische Grundformen. — Die Grundformen der Moneren, der Zellen, der Cönobien, der Histonen. — Die Geometrie der Grundformen.

III. Die Kunstformen der einzelnen Klassen.

A. Die Kunstformen der Zelllinge (Protista).

Chromaceen — Paulotomeen — Diatomeen — Desmidiaceen — Peridineen — Melethallien — Siphonaceen — Bakterien — Sporozoen — Lobosen — Mycetozoen — Radiolarien — Thalamophoren — Flagellaten — Ciliaten.

B. Die Kunstformen der Gewebpflanzen (Metaphyta).

Tange (Algae) — Pilze (Fungi) — Moose (Bryophyta) — Farne (Pteridophyta) —

Nacktsamer (Gymnospermae) — Decktsamer (Angiospermae).

C. Die Kunstformen der Niedertiere (Coelenteria).

Urdarmtiere (Gastreaeadae) — Schwammtiere (Spongiae) — Nesseltiere (Cnidaria) — Plattentiere (Platodes).

D. Die Kunstformen der Obertiere (Coelomaria).

Wurmtiere (Vermalia) — Sterntiere (Echinodermata) — Weichtiere (Mollusca) — Gliedertiere (Articulata) — Wirbeltiere (Vertebrata).

Erste Tabelle: Ordnung der hundert Tafeln der „Kunstformen der Natur“ nach der systematischen Reihenfolge der Klassen.

Zweite Tabelle: Übersicht über die Hauptgruppen der geometrischen Grundformen (Promorphologisches System).

Dritte Tabelle: Morphologisches System der Protisten und Gewebpflanzen.

Vierte Tabelle: Morphologisches System der Gewebtiere.

Bemerkung über die Größenverhältnisse der Figuren in den „Kunstformen der Natur“.

Die große Mehrzahl der organischen Formen, die auf den hundert Tafeln unseres biologischen Atlas dargestellt sind, sind für das bloße Auge unsichtbar oder unscheinbar; sie sind mehr oder weniger stark vergrößert worden. Da nicht auf allen Tafeln die Größenverhältnisse angegeben sind, mögen sie hier übersichtlich im Zusammenhang angeführt werden, und zwar verteilt auf fünf Größenklassen: *I* = Starke Vergrößerung (50—500 und darüber); *II* = Schwache Vergrößerung (zwischen 2 und 50); *III* = Natürliche Größe; *IV* = Schwache Verkleinerung (zwischen 2 und 10); *V* = Starke Verkleinerung.

1. <i>Circogonia I</i>	26. <i>Carmaris II, III</i>	51. <i>Collosphaera I</i>	76. <i>Alima II</i>
2. <i>Globigerina I</i>	27. <i>Hormiphora II</i>	52. <i>Platycerium V</i>	77. <i>Bassia III, II</i>
3. <i>Stentor I</i>	28. <i>Toreuma III</i>	53. <i>Murex III</i>	78. <i>Charybdea III</i>
4. <i>Triceratium I</i>	29. <i>Cyathophyllum II, III</i>	54. <i>Octopus IV</i>	79. <i>Basiliscus IV</i>
5. <i>Ascandra I, II</i>	30. <i>Clypeaster III</i>	55. <i>Cytherea III</i>	80. <i>Pentremites II</i>
6. <i>Tubuleta II</i>	31. <i>Calocyclus I</i>	56. <i>Calanus I</i>	81. <i>Lagena I</i>
7. <i>Epibulia II</i>	32. <i>Pedalion I</i>	57. <i>Lepas III</i>	82. <i>Marchantia II</i>
8. <i>Desmonema III</i>	33. <i>Flustra I</i>	58. <i>Alucita II</i>	83. <i>Cladonia III, II</i>
9. <i>Maeandrina II, III</i>	34. <i>Pediastrum I</i>	59. <i>Strobalia III, II</i>	84. <i>Navicula I</i>
10. <i>Ophiothrix II</i>	35. <i>Farrea I—IV</i>	60. <i>Cidaris III, II</i>	85. <i>Cynthia II</i>
11. <i>Heliodiscus I</i>	36. <i>Aequorea III</i>	61. <i>Aulographis I</i>	86. <i>Parthenope III, II</i>
12. <i>Miliola I</i>	37. <i>Discolabe II</i>	62. <i>Nepenthes III</i>	87. <i>Pegasus III, II</i>
13. <i>Dinobryon I</i>	38. <i>Periphylla III</i>	63. <i>Dictyophora III, IV</i>	88. <i>Pilema III</i>
14. <i>Peridinium I</i>	39. <i>Gorgonia II, I</i>	64. <i>Caulerpa II</i>	89. <i>Testudo V</i>
15. <i>Zonaria III—V</i>	40. <i>Asterias II</i>	65. <i>Delesseria III</i>	90. <i>Callocystis III, II</i>
16. <i>Pegantha II</i>	41. <i>Dorataspis I</i>	66. <i>Epeira III</i>	91. <i>Astrosphaera I</i>
17. <i>Porpema II</i>	42. <i>Ostracion III</i>	67. <i>Vampyrus II</i>	92. <i>Alsophila V</i>
18. <i>Linantha II</i>	43. <i>Aeolis II</i>	68. <i>Hyla III</i>	93. <i>Arcyria I</i>
19. <i>Pennatula II</i>	44. <i>Ammonites III</i>	69. <i>Turbinaria III</i>	94. <i>Araucaria III, IV</i>
20. <i>Pentacrinus III</i>	45. <i>Campanulina II</i>	70. <i>Astrophyton III, II</i>	95. <i>Placocystis III, II</i>
21. <i>Xiphacantha I</i>	46. <i>Gemmaria II</i>	71. <i>Tympanidium I</i>	96. <i>Sabella III, II</i>
22. <i>Elaphospyris I</i>	47. <i>Limulus III</i>	72. <i>Polytrichum II</i>	97. <i>Terebratula III, II</i>
23. <i>Cristatella II</i>	48. <i>Lucernaria II</i>	73. <i>Erysiphe I</i>	98. <i>Aurelia III, II</i>
24. <i>Staurostrum I</i>	49. <i>Heliactis III</i>	74. <i>Cypripedium III</i>	99. <i>Trochilus III</i>
25. <i>Diphasia II</i>	50. <i>Sporadipus I, II</i>	75. <i>Diplozoon II</i>	100. <i>Antilope V</i>

I. Die Naturformen.

Das Plasma (die bildende „lebendige Substanz“). Die wichtigsten Fortschritte, die wir in der Erkenntnis der Naturformen und ihrer Entstehung gemacht haben, beruhen auf der Feststellung folgender vier Theorien: I. Die Zellentheorie (1838) wies nach, daß dem Aufbau aller organischen Körper ein und dasselbe einheitliche Formelement zugrunde liege, die Zelle. II. Die Plasmatheorie (1858) zeigte, daß die beiden einzigen wesentlichen Bestandteile dieser Zelle oder des „Elementarorganismus“ zwei eiweißartige, verwandte und zugleich verschiedene Substanzen seien, die festere Substanz des inneren Zellkerns (Karyon, Nucleus) und die weichere Substanz des äußeren Zellenleibes (Protoplasma, Cytosoma); alle anderen organischen Gebilde sind direkt oder indirekt durch die Lebenstätigkeit dieser beiden aktiven Plasmakörper entstanden, sind also passive Plasmaprodukte. III. Die Deszendenztheorie (1859) erklärte die Entstehung der unzähligen organischen Formen, die wir als Arten (Species) von Tieren und Pflanzen unterscheiden, durch gemeinsame Abstammung von einfachsten Stammformen; indem deren Plasma einerseits durch Anpassung den mannigfachsten Umbildungen unterlag, andererseits durch Vererbung die erworbenen Eigenschaften von Generation zu Generation übertrug, schuf die Naturzüchtung im Kampfe ums Dasein immer neue Spezies. IV. Die Protisten-theorie (1866) lehrte, daß alle älteren Organismen, ebenso die Urpflanzen, Protophyta, wie die Urtiere, Protozoa, ursprünglich einzellig waren, wie es die vielzelligen Tiere und Pflanzen, die gewebebildenden Metazoen, vorübergehend in der ersten Jugend sind; sie zeigte aber zugleich, daß die ältesten und einfachsten von allen Organismen, die Moneren, noch nicht einmal den Formwert einer echten (kernhaltigen) Zelle besitzen, sondern homogene, strukturlose und kernlose Plasmakörperchen

sind (z. B. die Chromaceen unter den Protophyten, die Protamoeben und Bakterien unter den Protozoen). Damit war zugleich die unentbehrliche Hypothese der Archigonie (oder der „Urzeugung“ in einem bestimmten Sinne) fest begründet, die Annahme, daß die Entstehung des organischen Lebens auf unserer Erde durch Bildung solcher Moneren aus anorganischen Verbindungen (Wasser, Kohlensäure, Salpetersäure, Ammoniak) zu erklären sei. Aus solchen einfachen, primären Moneren konnten die ältesten echten Zellen erst sekundär entstanden sein, indem ihre ursprünglich homogene Plasmasubstanz (Plasson) sich in zwei verschiedene Substanzen sonderte oder „differenzierte“, in das festere Karyoplasma des inneren Zellkerns und das weichere Cytoplasma des äußeren Zellenleibes. Von diesen beiden wesentlichen Bestandteilen der Zelle oder des „Elementarorganismus“ besorgt das äußere Cytoplasma die Tätigkeit der Ernährung und Anpassung, das innere Karyoplasma die Funktion der Fortpflanzung und Vererbung. Da die moderne Entwicklungslehre die ganze Mannigfaltigkeit der organischen Formen und ihrer Lebenstätigkeiten auf die physikalischen und chemischen Veränderungen dieser beiden aktiven Plasmakörper zurückführt, ist deren genaue Kenntnis von höchster Bedeutung.

Die Natur des Plasma. In auffälligem Gegensatz zu der unendlichen Mannigfaltigkeit der Formen, welche das Plasma durch seine plastische Aktion hervorbringt, steht die scheinbare Einfachheit und Gleichartigkeit dieser aktiven lebendigen Substanz. Leider ist uns seine chemische Beschaffenheit trotz aller darauf verwendeten Mühe immer noch sehr wenig bekannt. Die meisten Biologen halten es für ein Gemenge von eiweißartigen Körpern und nehmen eine bestimmte Elementarstruktur in ihm an (eine Zusammensetzung aus

Körnchen, Bläschen, Waben, Fäden, Fasernetzen u. s. w.). Indessen sind die verschiedenen Ansichten darüber, die sich noch bekämpfen, sämtlich Hypothesen; weder die Zusammenfügung des „Gemenges“ noch die Form seiner elementaren Bestandteile ist durch Beobachtung allgemein im Plasma nachgewiesen. Vielmehr lehren uns die niedersten Organismen, die Chromaceen und Rhizopoden, daß jene Struktur und Zusammenfügung nicht überall vorhanden ist, und daß sie als eine sekundäre, nicht eine primäre Eigenschaft des Plasma anzusehen ist — das Produkt der Lebenstätigkeit, nicht ihre Ursache! Besonders lehrreich sind in dieser Beziehung die Radiolarien, deren einfacher Zellenleib, ursprünglich eine nackte Plasmakugel (*Actissa*), an der ganzen Oberfläche Tausende von feinen Schleimfäden ausstrahlt; diese Pseudopodien sind zähflüssig (ohne sich in Wasser zu lösen), wechseln beständig ihre Zahl, Größe, Form und Verbindung und bilden durch Zusammenfließen veränderliche Plasmazüge. Trotzdem erzeugen die vielgestaltigen Arten der Radiolarien, deren man über 4000 unterscheidet, die zierlichsten und regelmäßigsten aller organischen Skelettformen. Dasselbe lehrt uns auf der anderen Seite die Keimengeschichte der höheren Tiere und Pflanzen; die einfache Eizelle, aus der sich ihr vielzelliger Organismus entwickelt, zeigt in ihrem Plasmakörper keine Spur einer bestimmten Struktur, welche den zusammengesetzten Aufbau des späteren Gewebekörpers erklärt. Mithin muß die vielgesuchte Elementarstruktur des Plasma, die alles erklären soll, eine molekulare sein und weit jenseits der Grenzen der Sichtbarkeit, auch bei stärkster Vergrößerung, liegen. In chemischer Beziehung scheint die Annahme gerechtfertigt, daß der wesentlichste Bestandteil des Plasma ein Eiweißkörper ist, und daß dieses Albuminat (oder Protein) sich auszeichnet durch die Riesengröße und labile Konstitution seiner Moleküle, die aus mehr als tausend Atomen zusammengesetzt sind. In physikalischer Beziehung ist die wichtigste Eigenschaft des Plasma seine weiche, plastische Ton oder warmem Wachs ähnliche Beschaffenheit, sein „festflüssiger Aggregatzustand“; dieser ist durch den wechselnden Wassergehalt der „gequollenen“ Substanz bedingt.

Die Seele des Plasma. Aufmerksame und unbefangene Betrachtung des bildenden Plasma überzeugt uns, daß diese formlose „lebendige Substanz“ bei der Erzeugung ihrer festen Naturformen in vieler Beziehung ähnlich verfährt wie der Mensch bei der Produktion seiner Kunstformen. Ähnlich ist in beiden Fällen sowohl die Zweckmäßigkeit als die Schönheit der erzeugten Gebilde; ähnlich sind auch in beiden Fällen die physiologischen Grundtätigkeiten der Empfindung (Gefühl) und der Bewegung (Wille), die dabei zusammenwirken. Wir müssen daher allem lebendigen Plasma eine Art niederer psychischer Tätigkeit zuschreiben, die wir mit einem Worte als „Seele“ bezeichnen. Die Annahme einer solchen Plasmaseele (*Plasmo-psyche*) ist schon deshalb gerechtfertigt, weil alle lebendige Substanz Gedächtnis besitzt; ohne dieses Vermögen der Erinnerung würden die unzähligen einzelnen Arten (*Species*) der Organismen nicht imstande sein, bei ihrer Fortpflanzung immer wieder dieselbe spezifische Form durch Vererbung hervorzubringen. Aber der wesentliche Unterschied beider ähnlicher Vorgänge liegt darin, daß die allgemeine Plasmaseele der niederen Organismen unbewußt, an sich zwecklos wirkt, dagegen die kunsttätige Seele der höheren Tiere und des Menschen bewußt und zweckmäßig.

Die Zweckmäßigkeit der Naturformen. Bei der üblichen Einteilung der Natur in die beiden großen Reiche der organischen und der anorganischen Natur wird gewöhnlich als Hauptunterschied hervorgehoben, daß die Organismen zweckmäßig gebaut und für eine bestimmte Tätigkeit aus verschiedenen Organen zusammengesetzt seien, die Anorgane hingegen nicht. Bei den einzelligen Protisten bleibt die Zweckmäßigkeit der Organisation noch oft auf einer sehr tiefen Stufe stehen und erhebt sich erst allmählich zu höherer Vollkommenheit, indem einzelne Teile der Zelle sich besonderen Tätigkeiten anpassen und als „Organelle“ sondern. Hingegen erreicht die zweckmäßige Zusammenfügung des Körpers aus verschiedenen Organen und die daraus sich ergebende Grundform bei den meisten Histonen, den vielzelligen und gewebebildenden Organismen, die verschiedensten Stufen der Vollendung.

II. Die Grundformen der Organismen.

Die große Mehrzahl aller Naturkörper läßt bei sorgfältiger Untersuchung, bei Ausmessung ihrer Größendimensionen, bei Beschreibung ihrer Gestalt und Zusammensetzung bestimmte mathematische Verhältnisse erkennen. Diese finden ihren Ausdruck in einer gewissen Symmetrie der Körperteile und können auf eine geometrische Grundform zurückgeführt werden, wenn man die Größenverhältnisse ihrer idealen Achsen und der Winkel, unter denen sich diese schneiden, mathematisch bestimmt. Die beiden Hauptgruppen der Anorgane und der Organismen, der leblosen und belebten Naturkörper, bieten in dieser Beziehung teils ähnliche, teils verschiedene Verhältnisse.

Anorganische Grundformen. Die große Mehrzahl der Anorgane, der leblosen Naturkörper, tritt uns in individueller Form als Kristall entgegen, als ein homogener, in sich gleichartiger Körper, der von ebenen Flächen und geraden Linien (Kanten) begrenzt wird, die sich unter bestimmten Winkeln schneiden. Die Wissenschaft, die sich mit deren Beschreibung beschäftigt, die Kristallographie, unterscheidet nur wenige (4—6) Hauptgruppen von Kristallformen. Sie stützt sich dabei vorzugsweise auf das verschiedene Verhalten der „Symmetrieebenen“, d. h. der idealen Ebenen, die man durch den Mittelpunkt des Kristalls legen, und durch die man denselben in je zwei symmetrische Hälften zerlegen kann (spiegelbildlich gleiche Teile, wenn man die Teilungsebene als Spiegel denkt). Sieht man die Zahl und die Lage dieser Symmetrieebenen (oder Symplanen) als maßgebend an, so kann man sechs Kristallsysteme unterscheiden: 1) das asymmetrische System (ohne Symplane); 2) das monosymmetrische System (mit einer einzigen Symplane); 3) das rhombische System (mit drei aufeinander senkrechten Symplanen); 4) das tetragonale System (mit fünf Symplanen, von denen die Hauptebene senkrecht steht auf den vier, unter Winkeln von 45° sich schneidenden Nebenebenen); 5) das hexagonale System (mit sieben Symplanen, nämlich sechs Nebenebenen, die sich in der Hauptachse unter Winkeln von 30° schneiden und auf der Haupt-

ebene senkrecht stehen); 6) das reguläre System (mit neun Symplanen, nämlich drei aufeinander senkrechten Hauptschnittebenen und sechs Nebenschnittebenen, welche die Winkel zwischen jenen halbieren).

Organische Grundformen. In ähnlicher Weise, wie die Kristallographie die mannigfaltigen Gestalten der Kristalle auf die einfachen Grundformen dieser sechs Kristallsysteme zurückführt und diese geometrischen Grundformen der einfachen Anorgane mathematisch definiert, lassen sich auch in der unendlich mannigfaltigen Formenwelt der Organismen einige wenige Gruppen von Grundformen erkennen und mathematisch bestimmen. Die junge, noch wenig bearbeitete Wissenschaft, die diese schwierige Aufgabe verfolgt, ist die Grundformenlehre (Promorphologie). Auch in den meisten organischen Gestalten sind, ähnlich wie in den Kristallen, gewisse Symmetrieverhältnisse vorhanden, Achsen und Symmetrieebenen (Schnittebenen oder Symplanen); die Zahlen- und Größenverhältnisse dieser Achsen und ihrer Pole sowie die Zahl der durch sie gelegten Schnittebenen und die Größe der Winkel, unter denen sie sich schneiden, sind mathematisch zu bestimmen. Aber die Aufgabe dieser jungen organischen Promorphologie ist unendlich verwickelter als diejenige ihrer älteren Schwester, der anorganischen Kristallographie; denn nur sehr wenige Organismen (nur die primitiven Moneren) sind so einfache und homogene Körper wie die Kristalle; alle anderen lebendigen Naturkörper sind entweder einzellige Protisten oder vielzellige, aus Geweben zusammengesetzte Histonen.

Die Grundformen der Moneren. Unter den einfachsten Organismen, die heute noch leben, und die wir unter dem Begriffe der Moneren zusammenfassen, sind wahrscheinlich die ältesten und primitivsten die Chromaceen (oder Phycchromaceen) und unter ihnen die Gattungen *Chroococcus*, *Aphanocapsa* und verwandte. Der ganze Organismus (ohne Organe!) ist hier ein homogenes grünes Plasmaform mit lediglich molekularer, jenseit der Grenzen der Sichtbarkeit liegender Struktur. Seine Form ist meistens kugelig; seine ganze Lebenstätigkeit besteht

im Wachstum durch Plasmadomie (Kohlenstoffaffimilation) und in Vermehrung durch Teilung. Will man diese vegetalen Moneren (die unlogischerweise noch meistens als „einzellige Algen“ beschrieben werden) mit anderen Organismen vergleichen, so kann man sie nicht mit gewöhnlichen grünen Pflanzenzellen zusammenstellen, sondern nur mit den Chromatellen oder Chromatophoren, den grünen „Chlorophyllkörnern“, die im Plasma der letzteren eingeschlossen sind. Auch diese Chromatellen vermehren sich selbständig durch Teilung, nachdem sie durch plasmodomies Wachstum eine gewisse Größe erreicht haben. Die Grundform der Chromaceen ist sehr einfach, ursprünglich die reine Kugel; später nimmt sie davon abgeleitete sphäroidale Formen an (ellipsoide, sphäroide, linsenförmige, spindelförmige, scheibenförmige Körperchen u. s. w.). Die hohe prinzipielle Bedeutung dieser Moneren beruht darin, daß sie als „strukturlose Organismen“ auf der Grenze zwischen organischer und anorganischer Natur stehen, und daß hier die einfache Kugel als das unmittelbare Resultat der Molekularstruktur des homogenen Plasma erscheint. Bei anderen Moneren (z. B. den plasmophagen Protamöben) hat der nackte, frei bewegliche Körper überhaupt keine bestimmte Form, nimmt aber ebenfalls die Kugelform an, wenn er in den Ruhezustand übergeht.

Die Grundformen der Zellen. Die einfachen Moneren, mit deren Entstehung durch Urzeugung (Archigonie) das organische Leben auf unserem Planeten begann, können noch nicht als echte Zellen bezeichnet werden. Denn auch bei den einfachsten Zellen besteht der lebendige Plasmakörper wenigstens aus zwei verschiedenen Substanzen, dem inneren festeren Karyoplasma, das den Zellkern bildet (Nucleus, Karyon), und dem äußeren weichen Cytoplasma oder Protoplasma, das den eigentlichen Zellenleib (Cytosoma, Celleus) darstellt. Auch diese einfachsten Formen der echten Zelle haben oft die primitive Gestalt der Plasmakugel behalten, so unter den Protophyten *Palmella*, *Xanthella*, *Coccosphaera*, unter den Protozoen *Actinosphaerium*, *Actissa*, *Thalassicolla* und andere Radiolarien. Die große Mehrzahl der Protisten nimmt jedoch andere, höchst mannigfaltige Grundformen an, indem der selbständig lebende einzellige Organismus sich Schutzorgane, Schalen und andere

Organelle der verschiedensten Form bildet. Als besonders wichtig aber müssen wir hervorheben, daß auch die Eizelle, der einzellige Urzustand der Histonen, aus dem diese gewebebildenden Organismen sich durch fortgesetzte Teilung entwickeln, ursprünglich meistens die Kugelform annimmt. Das Ei des Menschen wie aller anderen Säugetiere ist eine einfache kugelige Zelle; ihr Plasmakörper schließt einen einfachen kugeligen Kern ein. Wir dürfen demnach sowohl ontogenetisch als phylogenetisch die Kugel, den wichtigsten und regelmäßigsten unter allen mathematisch definierbaren Körpern, als die ursprüngliche Grundform des einfachen, einzelligen Organismus betrachten.

Die Grundformen der Cönobien. Den Übergang von den einzelligen Organismen zu den vielzelligen, von den gewebelosen Protisten zu den vielzelligen Histonen bilden jene interessanten Zellvereine oder Zellkolonien, die wir als Cönobien bezeichnen. Auch diese permanenten Zellgesellschaften nehmen noch häufig die reine Form der Kugel an, wenn sie sich frei schwimmend im Wasser entwickeln, unter den Bedingungen des stabilen Gleichgewichtes. Die gleichartigen einfachen Zellen, welche das Cönobium zusammensetzen, bilden eine einfache zusammenhängende Schicht an der Oberfläche einer strukturlosen Gallertkugel; so unter den Protophyten *Volvox* und *Halosphaera*, unter den Protozoen *Synura* und *Magosphaera*. Aber ganz dieselbe charakteristische Bildung zeigen vorübergehend viele Metazoen in den ersten Stadien ihrer Keimesgeschichte. Der einzellige kugelige Urzustand, die befruchtete Eizelle, zerfällt durch wiederholte Teilung in einen kugelförmigen Haufen von gleichartigen Zellen: Maulbeerkeim, *Morula*; indem in der Mitte derselben Flüssigkeit oder Gallerte abgeschieden wird und alle Zellen an der Oberfläche zur Bildung einer einfachen Schicht zusammentreten, entsteht die bedeutungsvolle kugelförmige Keimblase (*Blastula*); die Zellschicht ist die Keimhaut (*Blastoderma*), aus der sich alle verschiedenen Gewebe und Organe der Metazoen entwickeln. Nach dem biogenetischen Grundgesetze dürfen wir schließen, daß diese bedeutungsvolle Embryonalform die individuelle Wiederholung einer gemeinsamen uralten Stammform darstellt, der *Blastaea*.

Die Grundformen der Histonen. Die vielzelligen gewebebildenden Organismen, die wir als Webinge

oder Histonen zusammenfassen — einerseits die plasmoiden Gewebepflanzen (Metaphyta), andererseits die plasmophagen Gewebtiere (Metazoa) — gehen im Aufbau ihres zusammengesetzten Körpers sehr weit auseinander. Namentlich in den höheren Klassen des Pflanzenreiches und des Tierreiches ist sowohl die äußere Körperform als die innere Struktur und Organisation sehr verschieden. Dennoch haben beide Reiche sehr vieles gemeinsam, nicht nur die Gesetze der Zellenbildung und den Aufbau aus einfachen Zellen als Elementarorganen, sondern auch die Gesetze der Grundformen, welche in der Gestaltung des ganzen Körpers und seiner einzelnen Organe die charakteristische Form bedingen. Diese Grundformen und ihre Symmetriegesetze sind aber hier nicht, wie bei den Protisten, das unmittelbare Produkt der Zellen, sondern der Gewebe und Organe, denen sich die sozialen Zellen unterordnen. Von nun an ist es der sogenannte „Bauplan“ des zusammengesetzten Individuums, des Zellenstaates, der als „Thallus“ oder „Sproß“ bei den Metaphyten, als „Person“ bei den Metazoen die Grundformen bestimmt. Dieser „Bauplan“ selbst ist aber nichts anderes als die Summe der Entwicklungsgesetze, welche von den Zellgesellschaften (Cönobien) durch Anpassung im Kampfe ums Dasein erworben und durch Vererbung auf die einzelnen Stämme übertragen wurden. Obgleich nun hier durch die unendliche Verschiedenheit der Existenzbedingungen und der entsprechenden Selektionsprozesse eine unbeschränkte Mannigfaltigkeit der Formbildung möglich erscheint, ist dennoch die Zahl der Grundformen, die durch die gesetzmäßige Lagerung und Verbindung der Organe bestimmt wird, nicht groß, sogar geringer als bei den Protisten. Man begnügt sich hier gewöhnlich mit der Unterscheidung von drei Hauptgruppen der Grundformen: irreguläre (unregelmäßige), reguläre oder strahlige (radiale) und bilaterale oder zweiseitige (dorsiventrals). Indessen führt uns eine schärfere geometrische Analyse der Symmetrieverhältnisse zu der Unterscheidung von vier Klassen und neun Ordnungen von Grundformen, deren Übersicht unsere zweite Tabelle gibt.

Die Geometrie der Grundformen. Die mathematische Bestimmung der Grundformen oder Promorphen wird in der organischen Promorphologie ebenso wie in der anorganischen Kristallographie durch Lö-

sung folgender Aufgaben erreicht: 1) Bestimmung der festen idealen Achsen, die durch die gegenseitige Lagerung der Organe und ihre Beziehung zur Oberfläche gegeben sind; 2) Unterscheidung der beiden Pole jeder Achse; 3) Bestimmung der Symplanen oder Schnittebenen, welche sich durch die Achsen legen lassen, entsprechend den „Symmetrieebenen“ der Kristalle; 4) Unterscheidung der geometrischen Mitte des Körpers, die sich aus den Verhältnissen der Achsen und Symplanen ergibt. Hierauf gründet sich das vierklassige promorphologische System, welches in der zweiten Tabelle übersichtlich zusammengestellt ist; in die vier Klassen und neun Ordnungen desselben lassen sich alle denkbaren Grundformen leicht einordnen. I. Centrostigma (Kugeln): die geometrische Mitte ist ein Punkt (Stigma); durch diesen Mittelpunkt lassen sich bei den Glattkugeln unendlich viele, bei den Tafelkugeln eine bestimmte Anzahl von gleichen Achsen und Schnittebenen legen. Während die Glattkugel (Holosphaera) die reine Kugelform in geometrischem Sinne darstellt, ist die Tafelkugel (Phatnosphaera) — oder das „endosphärische Polyeder“ — ein vielfächiger oder facetierter Körper, dessen Ecken sämtlich in eine Kugeloberfläche fallen. II. Centraxonon: die geometrische Mitte ist eine gerade Linie, die Hauptachse (Protaxonon); durch diese vertikale Achse lassen sich bei den Einachsigen (Monaxonon) unendlich viele gleiche Schnittebenen legen, weil Kreuzachsen fehlen (sphäroidale und conoidale Grundformen); dagegen sind bei den Kreuzachsigen (Stauraxonon) zwei oder mehrere horizontale Querachsen ausgeprägt, und nur die Symplanen, die durch diese „Kreuzachsen“ gelegt werden, teilen den Körper in kongruente oder symmetrische Hälften (dipyramidale und pyramidale Grundformen). III. Centroplana: die geometrische Mitte ist eine Ebene; diese „Medianebene“ oder „Sagittalebene“ ist die einzige Schnittebene, durch welche der Körper in zwei symmetrisch gleiche Hälften zerlegt werden kann. Man kann diese dritte, höchstentwickelte Klasse der Grundformen auch als Dreiachsigen (Triaxonon) bezeichnen, weil sie durch drei aufeinander senkrecht Achsen bestimmt wird; von diesen drei Richtachsen (Euthynon) sind zwei ungleichpolig, die Hauptachse oder Längsachse (mit Mundpol und Gegenmundpol) und die Pfeilachse oder Dorsioventralachse (mit Rückenpol und Bauchpol); die dritte

Richtachse, die transversale oder laterale, ist gleichpolig, rechte und linke Hälfte symmetrisch gleich. Diese zentropplanen Grundformen werden daher oft auch als zweiseitige (Bilateralia) bezeichnet oder als monosymmetrische (Dorsiventralia); bei ihnen allein ist der Unterschied von rechts und links, von Rücken und Bauch ausgebildet. Als zwei Ordnungen dieser Klasse sind die Schienigen (Amphi-

pleura) und die Jochpaarigen (Zygopleura) zu unterscheiden; die ersteren (z. B. die Blumen der Orchideen und Beilchen) sind „bilateral-radial“, die letzteren (Wirbeltiere, Gliedertiere) „bilateral-symmetrisch“. IV. Centraporia. Die geometrische Mitte des Körpers fehlt, weil an der ganz unregelmäßigen Form überhaupt keine Achsen und Schnittebenen zu bestimmen sind (Irreguläre, Anaxonia).

III. Die Kunstformen der einzelnen Klassen.

A. Die Kunstformen der Zelllinge (Protista).

Als Protisten oder „Zelllinge“ fassen wir unter einem Begriff alle einzelligen Organismen zusammen und schließen ihnen einerseits jene einfachsten und niedersten Lebewesen an, deren kernloser Plasmakörper noch nicht einmal den Formwert einer echten (kernhaltigen) Zelle erreicht hat (Cytoden), andererseits jene einfachsten vielzelligen Körper, die eine lockere Gesellschaft von gleichartigen Zellen, aber noch keine Gewebe bilden (Zellenvereine oder Cönobien). Gemeinsam ist allen diesen Protisten (im weitesten Sinne) der Mangel der Gewebebildung und der damit verknüpfte Mangel eigentlicher Organe (in morphologischem Sinne); diese finden sich nur bei den Histonen oder „Webingen“, den gewebebildenden Tieren und Pflanzen. Zwar kann man bei den meisten Protisten im Zellkörper auch verschiedene Körperteile finden, die bestimmten Zwecken dienen (also „Organe“ in physiologischem Sinne), z. B. Zellkern (Nucleus) und Zellleib (Cytosoma); diese voneinander unterschiedenen Teile des einzelligen Organismus werden aber besser als Organelle bezeichnet, zum Unterschiede von den komplizierteren, meistens aus vielen Zellen zusammengesetzten Organen der Histonen.

Mit Bezug auf die Lebenstätigkeit kann man das vielgestaltige Reich der Protisten in zwei Unterreiche teilen: die Urpflanzen (Protophyta) und die Urtiere (Protozoa); erstere sind die primären, älteren, letztere die sekundären, jüngeren Formen der Zelllinge. Die Urpflanzen besitzen die Fähigkeit der Plasmodomie oder „Kohlenstoffassimila-

tion“, d. h. ihr lebendiger Plasmakörper (Protoplast) vermag unter dem Einflusse des Sonnenlichtes aus einfachen anorganischen Verbindungen (Wasser, Kohlensäure, Salpetersäure, Ammoniak) neues Plasma, neue „lebendige Substanz“ herzustellen. Diese chemische Fähigkeit fehlt den Urtieren, deren Stoffwechsel auf Plasmophagie angewiesen ist, d. h. sie müssen zu ihrer Selbsterhaltung Plasma „fressen“, von Prophyten oder anderen Organismen bereits gebildetes Plasma aufnehmen. Geht man auf die ältesten Zeiten in der Entwicklung des organischen Lebens auf der Erde zurück, so muß man annehmen, daß anfänglich nur Urpflanzen existierten (die ältesten durch Urzeugung, Archigonie, aus anorganischen Verbindungen entstanden); erst später sind aus ihnen durch Metasitismus (Umkehr des Stoffwechsels) Urtiere hervorgegangen. Will man in herkömmlicher Weise die ganze Welt der Organismen auf die beiden großen Reiche, Pflanzenreich und Tierreich, verteilen, so muß man die Protophyten zum ersteren, die Protozoen zum letzteren stellen. Jedoch ist zu bemerken, daß eine scharfe Grenze zwischen beiden Gruppen in keiner Weise zu ziehen ist. Für unsere vorliegende, rein morphologische Betrachtung ist jene physiologische Unterscheidung überflüssig, da in bezug auf die allgemeinen Gesetze der Formbildung keinerlei Unterschied zwischen Urpflanzen und Urtieren besteht; viele Formen beider Gruppen sind zum Verwechseln ähnlich. Wir werden daher hier beide gemeinsam betrachten.

Von unseren „Kunstformen der Natur“ sind den Protisten 22 Tafeln gewidmet; davon kommen 6 auf die Protophyten, 16 auf die Protozoen.

Von Urpflanzen (Protophyta) sind dargestellt: Diatomeen (4, 84), Desmidiaceen (24), Peridineen (14), Melethallien (34), Siphonaceen (64). Auf Urtiere (Protozoa) beziehen sich 16 Tafeln, und zwar 2 auf Infusorien (Flagellaten 13 und Ciliaten 3), 14 auf Rhizopoden (oder Sarcodinen); unter letzteren befinden sich 1 Tafel Mycetozoen (93), 3 Tafeln Thalamophoren (2, 12, 81) und 10 Tafeln Radiolarien; davon 3 Spumellarien (11, 51, 91), 2 Meartharien (21, 41), 3 Kieselarien (22, 31, 71), 2 Phäodarien (1, 61).

Die Kunstformen der Protisten unterscheiden sich zum größten Teile von denjenigen der Histonien durch eigentümliche Bildungsverhältnisse und viel größere Mannigfaltigkeit der geometrischen Grundform. Allein schon in der einen Klasse der Radiolarien zeigen die zierlichen Skelettbildungen eine größere Zahl von Grundformen verkörpert, als in allen übrigen Klassen der organischen Welt zusammen genommen zu finden ist; ja es sind hier sogar sämtliche stereometrischen Formen in Kiesel skeletten plastisch dargestellt, welche die theoretische Geometrie überhaupt unterscheiden kann. Die unendliche Mannigfaltigkeit in der Gestaltung und Zusammensetzung dieser Hartgebilde oder Skelette (Schalen, Gehäuse, Stützen u. s. w.) ist um so merkwürdiger, als die sie bildende Künstlerin meistens eine ganz einfach gestaltete weiche Zelle ist. Wir müssen daher bei ihrer Betrachtung vor allem unterscheiden zwischen dem weichen, lebendigen aktiven Zellenleibe (Cytosoma oder Protoplast) und den festen, starren, passiven Zellhüllen (Cytoscheide), die von ersterem gebildet werden. Das Material der letzteren ist bei den Urpflanzen meistens stickstofflose Zellulose, bei den Tieren stickstoffhaltiges Chitin; in beiden Gruppen wird es oft durch mineralische Einlagerungen (Kiesel oder Kalk) verstärkt. Die Mineralsubstanz nimmt oft so zu, daß man von reinen „Kiesel schalen“ oder „Kalkschalen“ spricht.

A. 1) **Chromacea** (Phycocchromaceen oder Cyanophyceen). Diese einfachsten Zelllinge sind als die ältesten von allen Organismen zu betrachten und bilden wahrscheinlich die gemeinsame Stammgruppe aller übrigen. Im einfachsten Falle (Chroococcus) bildet der Körper ein homogenes kugeliges Plasmaform von grüner (meistens blaugrüner) Farbe. Verschiedene Organelle und innere Struktur-

verhältnisse sind an den kleinen Kügelchen nicht zu erkennen. Da ein innerer Zellkern noch fehlt, ist der Elementarorganismus (oder die „Bildnerin“, die Plastide) eigentlich noch nicht als „Zelle“ zu bezeichnen, sondern als „Cytode“. Ihre ganze Lebenstätigkeit besteht in dem chemischen Prozeß der Plasmodomie; hat das Wachstum dadurch eine bestimmte Grenze erreicht, so zerfällt das Kügelchen durch einfache Teilung in zwei gleiche Hälften. Oft legen sich diese Teilprodukte reihenweise aneinander und bilden Ketten (catenale Cönobien, z. B. Oscillaria und Nostoc); die Kugelgestalt der Cytode geht dann oft in die scheibenförmige, zylindrische oder ellipsoide über. Dasselbe gilt für die Bakterien, die durch Metastitismus (oder Umkehr des Stoffwechsels) aus Chromaceen abgeleitet werden können.

A. 2) **Paulotomea**. Als echte einzellige Organismen sind diese einfachen Protophyten von den Chromaceen dadurch verschieden, daß das homogene und strukturlose Moner sich in einen äußeren Zellenleib (Cytosoma) und einen inneren Zellkern (Nucleus) gesondert hat. Die Grundform beider ist ursprünglich kugelig. Hierher gehören die gelben Xanthellen, welche im Kalyptus der Radiolarien als Symbionten leben (Tafel 51, Fig. 2, 10, 11, 12; Tafel 71, Fig. 1, 10); ferner die grünen, nahe verwandten Palmellaceen sowie die pelagischen Calcoocyten (Coccosphären, Rhabdosphären); bei letzteren ist der kugelige Zellenleib von einer Kalkschale umhüllt, die aus einzelnen Kalkplatten (oft mit zierlichen radialen Fortsätzen) zusammengesetzt ist.

A. 3) **Diatomea** (Schachtellinge oder Bacillarien; Tafel 4, 84). Allgemein verbreitet im Süßwasser und Meere, teils frei schwimmend, teils auf dem Boden festsetzend, bilden sie die formenreichste von allen Klassen der Protophyten (über 2000 Arten), ausgezeichnet durch die Bildung einer höchst charakteristischen Kiesel schale von zierlichster Form und Struktur. Die Schale dieser Algen (oder „einzelligen Algen“) ist zweiflappig und gleicht einer Schachtel mit Deckel (vgl. die Textblätter von Tafel 4 und 84). Die ursprüngliche Kugelform der Zelle ist selten erhalten; meistens geht sie durch Abplattung in die Form einer freisrunden Scheibe oder eines kurzen Zylinders über

(Tafel 4, Fig. 13, 16; Tafel 84, Fig. 3, 6, 9). Indem vom Mittelpunkt der Schale aus Strahlen in bestimmten Richtungen sich sonder, entstehen radiale oder stauragonie Formen (zweistrahlig Tafel 4, Fig. 10, 14, 18; dreistrahlig Tafel 4, Fig. 1, 4, 22; vierstrahlige Tafel 4, Fig. 7; fünfstrahlige Tafel 4, Fig. 5; achtstrahlige Tafel 84, Fig. 8; zehnstrahlige Tafel 4, Fig. 13). Die Oberfläche der dünnen Kieselchale ist von unzähligen sehr feinen Poren durchbrochen, die sehr regelmäßig in Reihen und Gruppen gestellt, oft von feinen Ornamenten umgeben sind. Viele Diatomeen leben gesellig, teils in Ketten aneinander gereiht (Catenal-Cönobien, Tafel 84, Fig. 7, 9), teils auf verzweigten Gallertstielen befestigt, zierliche Bäumchen bildend (Arboral-Cönobien, Tafel 84, Fig. 4, 14).

A. 4) **Desmidiea** (Tafel 24, Zierdinge, Conjugata oder Cosmaria). Die Schale dieser Süßwasser-Algarien (sogenannter „einzelliger Algen“) ist aus Zellulose gebildet, oft mit regelmäßig gestellten Stacheln, Strahlen verziert und häufig am Rande in Lappen gespalten (auf Tafel 24 stark vergrößert). Die Grundform der Schale ist selten einachsig (Fig. 9), meistens kreuzachsig, und zwar eine Doppelpyramide. Die radiale Scheibe ist bald zweistrahlig (Fig. 6, 11) oder dreistrahlig (Fig. 1, 2), bald vierstrahlige (Fig. 3, 4) oder sechsstrahlige (Fig. 7, 8). Das grüne Chromotell (der Farbstoffkörper, der im Cytosoma eingeschlossen ist) erscheint meistens in strahlige Lappen gespalten und schließt glänzende Eiweißkristalle ein (Pyrenoide).

A. 5) **Peridinea** (Tafel 14, Geißelhütchen, auf Tafel 14 sämtlich stark vergrößert). Diese Protophyten des Plankton sind sowohl im Meere als im Süßwasser massenhaft entwickelt und die Hauptnahrung vieler schwimmender Organismen. Da die Zellen zwei schwingende Geißeln besitzten und sich mittels derselben schwimmend umherbewegen, sind diese Algetten (sogenannte „einzellige Algen“ mit Geißelbewegung) früher für Infusorien gehalten worden. Ihre zellulose Schale zeichnet sich durch sehr sonderbare, meistens asymmetrische Gestalt aus und ist gewöhnlich mit stachel- oder flügelartigen Fortsätzen versehen, die als Schwebeapparate dienen.

A. 6) **Melethallia** (Pediastrum; Tafel 34). Diese geselligen Algetten, im Süßwasser schwimmend, bilden regelmäßig Cönobien oder Zell-

vereine von eigentümlicher Form. Die grünen Zellen, die das scheibenförmige Cönobium von Pediastrum bilden, sind in einer einzigen Schicht regelmäßig geordnet; die Zellen der Randzone bilden oft strahlenförmige Fortsätze. Die geometrische Grundform des Cönobiums ist daher eigentlich eine Doppelpyramide mit sehr verkürzter Hauptachse (vgl. den Text zu Tafel 34, deren Figuren sämtlich vergrößert sind).

A. 7) **Siphoneae** (Tafel 64). Riesenalgetten, die größten von allen Protophyten; auf Tafel 64 teils in natürlicher Größe, teils schwach vergrößert dargestellt. Obwohl der grüne, vielverzweigte Pflanzenkörper meistens einer höheren Pflanze mit Stengel und Wurzel, Blättern und Früchten ähnlich sieht, besteht er dennoch nur aus einer einzigen Zelle. Zahlreiche kleine Zellkerne und grüne Chlorophyllkörner liegen in der Wandschicht des Protoplasma, die der Innenfläche der festen Zellwand anliegt; der einfache Hohlraum ist mit wässrigem Zellsaft erfüllt.

A. 8) **Bakterien**. Die bisher betrachteten Protistenklassen (1—7) sind als Urpflanzen (Protophyta) zu betrachten, wenn man von dem üblichen physiologischen Standpunkte aus die vegetalen (plasmodomen) Protisten von den animalen (plasmophagen) scharf trennen will. Dann muß man zu den letzteren die nun folgenden Klassen (8—15) stellen, denen die Fähigkeit der Plasmodomie (oder der „Kohlenstoffassimilation“) abgeht. Zu diesen echten, auf Plasmophagie angewiesenen Tieren (Protozoa) gehören als vier Hauptgruppen die Bakterien, Sporozoen, Rhizopoden und Infusorien. Die einfachsten und niedersten von ihnen sind die Bakterien oder „animalen Moneren“. Ihr sehr kleiner, kugelig oder stäbchenförmiger (meistens zylindrischer) Körper besitzt noch keinen echten Zellkern und ist daher nicht als „Zelle“, sondern als „Cytode“ zu beurteilen. Die Bakterien gleichen darin den „vegetalen Moneren“, den Chromaceen (S. 13), aus denen sie wahrscheinlich durch Metastitismus entstanden sind. Da die individuelle Form ihres homogenen Plasmaleibes stets ganz einfach bleibt (Kugel, Zylinder, Komma u. s. w.), ist ihr morphologisches Interesse sehr gering, im Gegensatz zu ihrer hohen physiologischen Bedeutung.

A. 9) **Sporozoa** (Fungillen, Sporentiere). Auch diese zweite Klasse von Protozoen zeichnet sich

durch große Einfachheit der Grundform aus; der Körper bildet meistens eine ganz einfache, kugelige oder länglichrunde, monaxone Zelle. Der Zellkern, der im Inneren des Zellenleibes eingeschlossen liegt, ist ebenfalls meistens ganz einfach, kugelig oder monaxon (spindelförmig, eiförmig). Der Zellenleib ist (gewöhnlich während des größten Teiles des Zellenlebens) von einer Membran eingeschlossen, durch welche die ernährende Flüssigkeit mittels Diostomose aufgesaugt wird. Selten sind an dieser Zellohülle strahlenförmige oder andere Fortsätze entwickelt, die eine polyaxone Grundform bedingen.

A. 10) **Lobosa** (Lappinge). Mit dieser niederen Protistenklasse beginnt der große Stamm der Wurzelfüßer (Rhizopoda), jener Urtiere, die sich durch die Bildung von Scheinfüßchen (Pseudopodia) auszeichnen, d. h. von veränderlichen Fortsätzen des Plasmakörpers, die den verschiedensten Lebenstätigkeiten dienen. Die einfachsten Rhizopoden sind die nackten Amöben (Amoeba, Dinamoeba u. s. w.), deren nackter Zellkörper kurze Lappen oder fingerförmige Fortsätze von wechselnder Zahl und Größe ausstreckt und gar keine bestimmte Form besitzt (im Ruhezustand oft kugelig zusammengezogen). Die beschalteten Arcellinen unterscheiden sich von ihnen durch Bildung einer Schale von einfacher monaxoner Form (eiförmig, halbkugelig). Aus der einfachen Mündung der Schale treten die Lappenfüßchen vor.

A. 11) **Mycetozoa** (Tafel 93). Diese Protisten, auf verwesenden Pflanzenteilen lebend, wurden früher als Schleimpilze (Myxomycetes) zu den Pilzen gestellt; jetzt gelten sie als „Pilztiere“ und bilden eine besondere Klasse der Rhizopoden. Sie treten in zwei ganz verschiedenen Zuständen auf; der freie, bewegliche Jugendzustand ist ein formloser nackter Plasmakörper (Plasmodium); dieser kriecht gleich einem riesigen Rhizopoden umher und bildet unregelmäßige Plasmanetze (Tafel 93, Fig. 3). Später zieht er sich zusammen und bildet eine Sporenblase (Sporangium), die manchen Pilzen (Gastromyces) sehr ähnlich und meistens monaxon ist.

A. 12) **Radiolaria** (Strahlinge). Diese Protozoenklasse ist sowohl in morphologischer als auch in ästhetischer Hinsicht die formenreichste und interessanteste unter allen Protistengruppen, ja so-

gar in bezug auf die Grundformen die merkwürdigste unter allen Klassen organischer Wesen. Denn alle denkbaren geometrischen Grundformen, welche man in der Promorphologie unterscheiden kann, finden sich hier in Wirklichkeit verkörpert vor; und zwar sind es die festen, charakteristisch geformten Skelette, welche diese mannigfaltigen Formen in mathematischer Vollkommenheit ausgeprägt zeigen. Die Zahl der bekannten Arten beläuft sich bereits auf mehr als viertausend, obgleich die ganze Klasse im ersten Drittel des 19. Jahrhunderts noch völlig unbekannt war. Die meisten Arten sind dem bloßen Auge nicht sichtbar und können erst bei starker Vergrößerung unterschieden werden; und da sie sämtlich an der Oberfläche des Meeres oder in verschiedenen Tiefen schwebend leben, entgingen sie früher der Aufmerksamkeit. Milliarden derselben bevölkern die Tiefenzonen, und nach dem Tode des einzelligen Weichkörpers sinken die unverweslichen, von ihm gebildeten Kieselenskelette auf den Boden des Ozeans. Hier können sie sich zu dicken Schichten anhäufen; namentlich in größeren Tiefen (zwischen 4000 und 9000 m) bildet dieser „Radiolarienschlamm“ ein feinkörniges weißes Pulver, ähnlich der Schlemmkreide. Jedes Körnchen desselben erweist sich als ein zierliches Kieselgebilde von ähnlicher Form, wie sie auf unseren zehn Tafeln dargestellt sind.

Die unendlich mannigfaltige, regelmäßige und zierliche Gestalt dieser zarten Hartgebilde ist um so merkwürdiger, als der lebendige Körper, der sie erzeugt, eine ganz einfache, ursprünglich kugelige Zelle ist. Von anderen verwandten Rhizopoden (oder Sarcodinen) unterscheidet sie sich dadurch, daß der lebendige Zellenkörper in zwei Teile gesondert ist, eine innere Zentralkapsel, die den Zellkern einschließt, und eine äußere Gallerthülle (Kalymma), welche die erstere schützend umgibt. Die Zentralkapsel ist auf Tafel 11 und 71 rot, auf 21 dunkelgelb, auf 51 blau gefärbt, das Kalymma hellgelb. Das lebendige Plasma des Zellkörpers (der zähflüssige „Urschleim“, der die Zentralkapsel erfüllt) tritt durch Öffnungen der Kapselmembran nach außen, durchsetzt strahlenförmig das Kalymma und strahlt über dessen Außenfläche in das Seewasser aus. Diese strahlenden Schleimfäden (Scheinfüßchen oder Pseudopodien) sind sehr empfindlich und beweglich, dabei veränderlich und rückziehbar; feine Körnchen

strömen in ihnen auf und ab (Tafel 11, Fig. 5, 6, 8, 9; Tafel 21, Fig. 1—4); sie besorgen die verschiedensten Lebenstätigkeiten des Organismus und bauen auch die kunstvoll zusammengesetzte Schale auf. Die besondere Form derselben ist innerhalb der einzelnen Spezies ebenso erblich wie bei den höheren Organismen.

Die Radiolarienklasse zerfällt in zwei Unterklassen: Porulosa und Osculosa, und diese wieder in je zwei Legionen. Bei den Porulosa ist die Kapselmembran von unzähligen feinen Poren durchbrochen, durch welche die Pseudopodien austreten; diese Poren sind gleichmäßig verteilt bei den Spumellarien oder Schaumstrahlungen (Tafel 11, 51, 91); dagegen sind sie in bestimmte, netzförmig verbundene Reihen verteilt bei den Acantharien oder Stachelstrahlungen (Tafel 21, 41). Bei letzteren gehen die stacheligen Strahlen des Skeletts vom Mittelpunkt der Zentralkapsel aus, bei ersteren von der Peripherie. In der Unterklasse der Osculosa besitzt die Kapselmembran eine einzige größere Öffnung, durch welche die Pseudopodien austreten; dieses Osculum ist bei den Nassellarien durch einen kegelförmigen, zentripetal nach innen vorspringenden Deckel verschlossen (Podoconus, Tafel 22, 31, 71); dagegen bei den Phäodarien durch einen scheibenförmigen Strahlendeckel, von dem eine Röhre zentrifugal nach außen abgeht (Astropyle, Tafel 1, 61).

A. 12, a) **Spumellaria** (Radiolaria peripylea; Tafel 11, 51, 91). Die KieselSchale dieser „Schaumsternchen“ ist, ebenso wie die von ihr umschlossene Zentralkapsel und das umgebende Kalymma, ursprünglich eine Kugel: Sphaeroidea, Kugelstrahlunge (Tafel 91, Fig. 1, 2). Durch Verkürzung einer Achse entstehen daraus Scheiben und bikonvexe Linsen, oft mit armartigen Fortsätzen (Discoidea, Scheibenstrahlunge, Tafel 11). Durch Verlängerung einer Achse entwickeln sich Pfäulenstrahlunge (Prunoidea, Tafel 91, Fig. 3—10); durch Sonderung von drei verschiedenen, gleichpoligen und aufeinander senkrecht Achsen Körbchenstrahlunge (Larcoidea, Tafel 91, Fig. 15). Die Spumellarien sind die einzigen Radiolarien, die in einzelnen Familien Zellvereine (Coenobia) bilden (die Polycyttaria, Tafel 51).

A. 12, b) **Acantharia** (Radiolaria actipylea; Tafel 21, 41). Das Skelett dieser „Nadel-

sternchen“ ist aus 20 radialen Stacheln zusammengesetzt, die vom Mittelpunkt der Zentralkapsel aus sich entwickeln; ihre Substanz besteht entweder aus einer eigentümlichen organischen Masse (Akanthin) oder aus kiesel-saurem Kalk. Diese radialen Stäbe sind nach einer bestimmten, sehr merkwürdigen mathematischen Ordnung so verteilt, daß ihre äußeren Enden in fünf Parallelkreise fallen (vgl. über dieses „Icosakantengesetz“ die Erklärung zu Tafel 21). Bei den älteren „Stachelstrahlungen“ (Acanthometra, Tafel 21) bleiben die Radialstäbe einfach oder bilden freie Fortsätze. Bei den jüngeren „Wunderstrahlungen“ (Acanthophracta, Tafel 41) treten diese Fortsätze zur Bildung einer zierlichen Gitterschale zusammen.

A. 12, c) **Nassellaria** (Radiolaria monopylea; Tafel 22, 31, 71). Die KieselSchale dieser „Korbstrahlunge“ ist ursprünglich ein einfacher vertikaler Ring, welcher das Kalymma umfaßt und am Dralpol der monaxonen Zentralkapsel mit deren Osculum zusammenhängt (Tafel 71, Fig. 1); von diesem Sagittalringe wachsen Fortsätze aus, die sich äußerst mannigfaltig verästeln; indem die Äste sich an der Außenfläche des Kalymma verbinden, entstehen zierliche Gitterschalen in Gestalt von Kronen (Tafel 71, Fig. 3, 9, 12), Helmen (Tafel 22, Fig. 6—8), Körbchen (Tafel 71, Fig. 10—13), Röschchen (Tafel 31) u. s. w. Gewöhnlich wachsen vom Ring drei oder vier divergente Stacheln aus, von denen einer (der akrale) oben nach dem Scheitel gerichtet ist, die zwei oder drei anderen (basalen) nach unten divergieren (Tafel 22, 31). Die Grundform wird in dieser Legion meistens pyramidal.

A. 12, d) **Phaeodaria** (Radiolaria canopylea; Tafel 1, 61). Die Skelette dieser „Rohrsternchen“ bestehen meistens aus hohlen Kieselröhren, die in mannigfaltiger Weise zu einem kunstvollen, oft sehr verwickelten Bau zusammengefügt sind. Da das Osculum der Zentralkapsel hier (ebenso wie bei den Nassellarien) am unteren Pole der vertikalen Achse liegt, ist auch die Grundform der Schale meistens monaxon oder pyramidal (Tafel 1, Fig. 4, 5); sie geht aber auch oft sekundär in die Kugel-form über (endosphärisches Polyeder; Tafel 1, Fig. 1—3); viele von diesen Gitterfugeln haben eine sehr komplizierte und merkwürdige Zusammensetzung (Tafel 61, Fig. 9).

A. 13) **Thalamophora** (Kammerlinge; Tafel 2, 12, 81). Diese Rhizopoden sind den Radiolarien nahe verwandt und benutzen für ihre verschiedenen Lebenstätigkeiten die feinen veränderlichen Scheinfüßchen (Pseudopodia), die von dem einzelligen Körper ausstrahlen (Tafel 12, Fig. 8). Während aber bei allen Radiolarien der innere, den Zellkern umschließende Körperteil (Zentralkapsel) durch eine Membran von dem äußeren Teile (Kalymma) getrennt wird und die Pseudopodien diese Kapselmembran durchsetzen müssen, ist dies bei den Thalamophoren nicht der Fall. Die Scheinfüßchen strahlen hier unmittelbar von dem lebendigen Zellkörper nach außen in das Seewasser aus. Die Schale, die den Zellkörper schützend umgibt, ist auch hier sehr mannigfaltig und zierlich geformt, wie bei den Radiolarien. Allein die Kieselerde, welche letzteren das Schalenmaterial liefert, ist viel plastischer und viel mehr geeignet für Produktion feiner Kunstformen als die Kalkerde, das gröbere Material der größeren Thalamophoren. Diese Klasse zerfällt wieder in zwei Unterklassen; bei den Foraminifera (oder Perforata; Tafel 2, 81) ist die Schalenwand porös, von Tausenden feiner Poren durchbrochen (wie bei den Porulosa); dagegen ist sie solid und ohne Poren bei den Eforaminia (oder Imperforata; Tafel 12); hier treten die Pseudopodien nur durch eine größere Öffnung der Schale aus (wie bei den Osculosa).

Die Kalkschale ist in beiden Unterklassen der Thalamophora anfänglich einfach, einkammerig (Monothalamia; Tafel 2, Fig. 17—20; Tafel 81, Fig. 1—10; Monostegia; Tafel 12, Fig. 4); später wächst die Schale zu einem Rohr aus, das durch quere Scheidewände in Kammern abgeteilt wird (Polythalamia; Tafel 2, Fig. 1—15; Tafel 81, Fig. 11—20; Polystegia; Tafel 12, Fig. 1—3, 5—17). Der Ansatß dieser Kammern geschieht seltener in einer geraden, meistens in einer gebogenen Achse, so daß mehr oder weniger vollständige Spiralen entstehen. Die Spiralkwindungen liegen bald in einer Ebene (Planospirale, Nautiloidschalen), bald steigen sie schraubenförmig empor gleich einer Wendeltreppe (Turbospirale, Turbinoidschalen). Die Kalkschalen der Thalamophoren bilden auch Stacheln und andere Anhänge (als Schutz- und Schwebeapparate); diese sind aber bei den benthono-

nischen (meist auf dem Meeresgrunde kriechenden) Kammerlingen bei weitem nicht so zierlich und mannigfaltig entwickelt wie bei den planktonischen (im Meere schwebenden) Radiolarien.

A. 14) **Flagellata** (Tafel 13). Die Geißelinfusorien oder „Geißlinge“ gehören zu jenen neutralen Protisten, welche auf der Grenze von Tierreich und Pflanzenreich stehen und eine scharfe Trennung beider Reiche unmöglich machen. Ihr einzelliger Organismus ist mit einer oder mehreren schwingenden Geißeln ausgestattet; er wird zu den Urpflanzen (Protophyta) gestellt, wenn er grüne oder gelbe, Kohlenstoff assimilierende Körner enthält und plasmodom ist; dagegen zu den Tieren (Protozoa), wenn jene plasmodomen Körner im Plasma fehlen und dieses zu seiner Ernährung Plasma von anderen Organismen aufnehmen, sie „fressen“ muß (plasmophag). In beiden Gruppen der Flagellaten gibt es isoliert lebende einzellige Formen (die grüne plasmodome Euglena, die farblose plasmophage Trichomonas; Tafel 13, Fig. 4, 5) und Zellvereine (Coenobia), in denen viele gleichartige Zellen vereinigt leben (die grüne Volvox, die farblosen Conocladiceen u. a.; Tafel 13, Fig. 1—3, 6—10). Die Verzweigung dieser baumförmigen Stöckchen ergibt oft zierliche Formen, während die Gestalt der einzelnen Zellen meist sehr einfach ist (monaxon-allopol, eiförmig, kegelförmig u. f. w.). Die Schutzhüllen, die die einzelnen Zellen umschließen und in dem gemeinsamen Coenobium zusammenhalten, sind bald gallertig weich, bald hornartig fest.

A. 15) **Ciliata** (Tafel 3). Die Wimperinfusorien oder „Wimperlinge“ unterscheiden sich von den vorhergehenden Flagellaten dadurch, daß die Bewegungsorganellen des einzelligen Organismus nicht wenige lange Geißeln, sondern zahlreiche kurze Wimpern sind. Die meisten Ciliaten schwimmen mittels derselben frei umher (Fig. 1—6); andere dagegen heften sich zeitweilig an (Fig. 7, 8) oder sitzen dauernd fest (Fig. 9—15). Letztere haben oft verzweigte Stiele und bilden baumförmige Coenobien (Fig. 11 bis 15). Selten ist der einzellige weiche Ciliatenkörper in einer bestimmt geformten Schale eingeschlossen (Fig. 1—6). Die Grundform ist meistens einfach, monaxon-allopol, oft bilateral, aber gewöhnlich unsymmetrisch.

B. Die Kunstformen der Gewebepflanzen (Metaphyta).

Dem einzelligen Organismus der Urpflanzen (Protophyta) stellen wir den vielzelligen Körper der Gewebepflanzen (Metaphyta) gegenüber; dort war es die einfache Zelle, die unmittelbar die charakteristische Form der geweblosen Pflanze erzeugte; hier dagegen ist es das Gewebe, in dem die gesellig verbundenen Zellen als untergeordnete Individuen erscheinen und den vielzelligen Gewebekörper hervorbringen. Drei große Prinzipien bedingen von nun an die höhere Entwicklung des Metaphytenkörpers: erstens die zunehmende Zahl und Abhängigkeit der vereinigten Zellen, zweitens deren fortschreitende Arbeitsteilung und drittens die steigende Integration oder Zentralisation des organisierten Zellverbandes: je verschiedener die Lebensaufgaben in diesem republikanischen Zellenstaate sich durch Arbeitsteilung gestalten, je abhängiger dadurch die verschiedenen Gewebe und Organe voneinander werden, desto mehr wird der Staat zentralisiert und zu höheren Leistungen als einheitliches Ganzes befähigt.

Bei allen höheren Metaphyten sondert sich der gewebebildende Körper in drei Grundorgane: Stengel (Caulom), Wurzel (Rhizom) und Blatt (Phyllo). Der einfache, unverzweigte Körper der so zusammengesetzten Gewebepflanze wird als Sproßbau (Culmus) bezeichnet; bei der großen Mehrzahl verzweigt er sich aber und heißt dann Stock (Cormus). Bei den niederen Klassen der Metaphyten (bei den Algen und Pilzen) sind diese drei Grundorgane entweder noch gar nicht oder erst unvollständig gesondert, und man bezeichnet dann den ganzen unverzweigten Körper als Lagerbau (Thallus); wenn er sich verzweigt, als Thallusstock (Thalloma). Darauf gründet sich die Einteilung des ganzen Metaphytenreiches in zwei große Unterreiche, die niederen Thalluspflanzen oder Lagerpflanzen (Thallophyta) und die höheren Stockpflanzen (Cormophyta). Unter den Thallophyten unterscheiden wir als zwei Hauptklassen die wasserbewohnenden Tange (Algae) und Pilze (Fungi), nebst den Flechten (Lichenes). Die Cormophyten zerfallen in zwei divergente Stämme, die kryptogamen Vorkeimpflanzen (Diaphyten oder Archegoniata) — die beiden Hauptklassen der Moose (Mus-

cinae) und Farne (Filicinae) — und die phanerogamen Blumenpflanzen (Anthophyten oder Spermaphyten) — die beiden Hauptklassen der Nacktsamer (Gymnospermae) und Decktsamer (Angiospermae).

B. 1) **Tange** (Algae; Tafel 15, 65). Die niederste und älteste Klasse der Metaphyten sind die Algen oder Tange, welche den ursprünglichen Aufenthalt im Wasser bis heute beibehalten haben. Nachdem wir die sogenannten „einzelligen Algen“ (Diatomeen, Desmidiaceen, Peridineen u. f. w.) aus dieser Klasse ausgeschieden und zu den Protophyten gestellt haben (S. 12), bleiben als echte Algen die vielzelligen und gewebebildenden Tange übrig. Man kann unter ihnen vier Klassen unterscheiden, die Grüntange (Chlorophyceae), die Rottange (Rhodophyceae), die Brauntange (Phaeophyceae) und die Moostange (Charaphyceae). Die formenreichsten und morphologisch interessantesten von diesen sind die Rottange (Florideae oder Rhodophyceae; Tafel 65), die größten und ansehnlichsten die Brauntange (Fucoideae oder Phaeophyceae; Tafel 15); die ersteren zeichnen sich durch rote, die letzteren durch braune Färbung des Thallus (in mannigfaltigen Abstammungen und Mischungen) aus; die Farbe wird dort durch einen besonderen roten Farbstoff (Phycorhodin), hier durch ein eigentümliches braunes Pigment (Phycophäin) hervorgebracht; die grüne Farbe der Chlorophyllkörner wird dadurch verdeckt. Die Verzweigung des Thallus sowie die verschiedene Gestaltung der sterilen und fertilen Äste unterliegt in beiden Klassen vielen Variationen und erzeugt zum Teil sehr zierliche und schöne „Kunstformen“.

B. 2) **Pilze** (Fungi oder Mycetes; Tafel 63, 73, 83). Aus den Algen sind durch Metasitismus (Umkehrung des Stoffwechsels; S. 12) die Pilze hervorgegangen; sie haben den Aufenthalt im Wasser und die Plasmodomie völlig aufgegeben und nähren sich gleich den Tieren vom Plasma anderer Organismen (Plasmophagie). Auch unter den Pilzen wie unter den Algen sind die einzelligen Formen — als nicht gewebebildend — auszuschneiden und zu den Urpflanzen (Protophyta) zu stellen. Wir sehen daher von den sogenannten „einzelligen Pilzen“ (Bakterien, Myxomyceten; Tafel 93) und Phycomyceten hier ganz ab und beschränken uns auf die echten, vielzelligen Pilze. Der gewebebildende Thallus setzt

sich hier allgemein aus zwei ganz verschiedenen Hauptbestandteilen zusammen, dem Mycelium als Organ der Ernährung und dem Sporelium als Organ der Fortpflanzung. Das Mycelium, das vegetative Pilzgewebe, verhält sich bei allen Pilzen höchst einfach und einförmig; es bildet ein lockeres oder dichteres Flechtwerk von dünnen, verzweigten Fäden, die aus Reihen von langen, schlauchförmigen, sehr dünnen Zellen zusammengesetzt sind. Dagegen zeigt das Sporelium oder Sporogonium, der Fruchtkörper, in dem die Sporen oder Keimzellen entstehen, eine außerordentliche Mannigfaltigkeit der Form und Zusammensetzung. Bei den Schlauchpilzen (Ascomycetes; Tafel 73) entstehen die Sporen im Inneren von Schläuchen (Ascodien) durch Teilung einer Sporenmutterzelle (Sporometra). Die Schwammpilze hingegen (Basimycetes; Tafel 63) pflanzen sich durch Sporen fort, die äußerlich am Gipfel einer Sporenmutterzelle (Basidium) durch Knospung entstehen. In beiden Klassen der Pilze bilden die Sporelien oft sehr zierliche und blumenähnlich zusammengesetzte Fruchtkörper. Dasselbe gilt auch von den Flechten (Lichenes; Tafel 83), die im System häufig unter die Pilze gestellt, von anderen als besondere Klasse abgetrennt werden. Die Flechten sind im wesentlichen Pilze; sie enthalten aber stets in ihrem Pilzgewebe eine Masse von grünen plasmoiden Zellen (Zoochlorellen), die zu den Protophyten (Paulotomeen) oder „einzelligen Algen“ gehören. Infolge dieser innigen Symbiose hat der Flechtenthallus ganz eigentümliche Formen des Wachstums angenommen; er bildet ein permanentes Konfortium, dessen beide Symbionten aufeinander angewiesen sind. (Vgl. die Erklärung von Tafel 83.)

B. 3) **Moose** (Bryophyta; Tafel 72, 82). Mit dieser dritten Stufe der Metaphyten-Organisation beginnt die Bildung des Sproßbaues (Calmus) und der zusammengesetzten Stockpflanze (Cormus). In dessen bleibt ein Teil der niederen Lebermoose noch bei der Thallusbildung der Algen stehen (Thallobrya); die Ricciadinen gleichen noch den Ulvaceen. Bei den meisten Moosen sind aber Stengel, Wurzel und Blätter deutlich gesondert. Der dünne, schlanke Stengel ist gewöhnlich mit zierlichen Blättchen dicht besetzt. Am Gipfel des Stengels entwickelt sich eine kleine Blüte mit männlichen Organen (Antheridien) und weiblichen Organen (Archegonien). Aus dem

befruchteten Ei entwickelt sich die zierliche „Moosfrucht“ oder Sporenkapsel (Sporogonium); sie stellt eine zweite, ungeschlechtliche Generation dar, in deren Innerem sich Sporen bilden. Die Hauptklasse der Moose wird gewöhnlich in zwei Klassen eingeteilt, in Lebermoose und Laubmoose. Bei den älteren und niederen Lebermoosen (Hepaticae; Tafel 82) hat der Stock gewöhnlich eine bilaterale (oder dorsoventrale) Grundform, indem die Blätter auf seiner (oberen) Rückenseite zweizeilig geordnet sind, eine rechte und eine linke Reihe bilden; die Bauchseite des Stengels liegt dem Boden auf. Bei den Laubmoosen dagegen (Muscinæ; Tafel 72) stehen die Blätter gewöhnlich in Spiralen oder mehrzeilig rings um den Stengel herum. Hier entwickelt sich meistens aus der Spore ein besonderer Vorkeim (Protonema), der bei den Lebermoosen schwach oder gar nicht entwickelt ist. Sowohl die Lebermoose (Tafel 82) als die Laubmoose (Tafel 72) zeigen im Wachstum des Stockes, in der Form und Anordnung der Blätter und Früchte eine Fülle der zierlichsten Gestalten; es bedarf nur einer schwachen Vergrößerung mit der Lupe, um in diesen unscheinbaren kleinen Gewächsen einen überraschenden Reichtum an schönen und ornamental interessanten Bildungen zu entdecken.

B. 4) **Farne** (Pteridophyta; Tafel 52, 92). Bei diesen höher entwickelten „Gefäßkryptogamen“ erreicht der Sproßbau sowohl in der äußeren Gestaltung als in der inneren Struktur eine weit größere Vollendung als bei den Moosen, von denen sie abstammen. Hier erscheinen zuerst im inneren Gewebe des Pflanzenkörpers jene charakteristischen Zellenstränge, die man als „Gefäße und Gefäßbündel“ bezeichnet, und die sich von den Farnen auf die Blumenpflanzen vererbt haben; sie fehlen noch den Moosen sowie sämtlichen Thallophyten. Die Farne teilen mit den Moosen den Generationswechsel; jedoch ist hier die erste, geschlechtliche Generation sehr einfach gebildet, ein Prothallium oder Vorkeim, welcher dem Thallus eines niederen Lebermooses gleicht. Aus dem befruchteten Ei dieses Vorkeims entwickelt sich die zweite, ungeschlechtliche Generation der Farne; diese entspricht zwar ontogenetisch dem Sporogonium der Moose, entwickelt sich aber zu einem hoch differenzierten Sproßbau mit Wurzeln, Stengel und Blättern. Auf den Blättern dieser formophytischen Generation entstehen ungeschlechtlich

die Sporen, die in besondere Sporenbehälter eingeschlossen sind. Die vielteiligen, meist doppelt gefiederten Blätter der Farne gewähren eine Fülle schöner Motive für Ornamente. Besonders gilt dies für die Klasse der Laubfarne (*Filicinae*) und unter diesen für die palmenähnlichen Farnbäume, deren schlanker Stamm eine herrliche Krone von großen, schön geschwungenen Fiederblättern trägt (Tafel 92). Aber auch die niederen Farnkräuter zeigen eine große Mannigfaltigkeit von zierlichen und anmutigen Blattbildungen (Tafel 52). Andere für die Kunst verwertbare Formen finden sich im Sproßbau der übrigen Farnklassen. Bei den Schachtfarne (*Calamariae* oder *Equisetales*) gleicht der schlanke, gerade Stamm einer kannelierten Säule, an deren Gliedern in regelmäßigen Abständen Quirle von Blättern und Ästen stehen. Bei den Schuppenfarne (*Selagineae* oder *Lycopodales*) bedeckt sich der Stamm mit schuppenförmigen Blättern, ähnlich manchen Zapfenbäumen (*Koniferen*). Die Schuppenfarne führen hinüber zu den Blumenpflanzen.

B. 5) **Nacktfamer** (*Gymnospermae*; Tafel 94). Die kleine, aber bedeutungsvolle Hauptklasse der nacktfamigen Blumenpflanzen (*Phanerogamae gymnospermae*) wird hauptsächlich durch die Ordnung der Zapfenbäume oder Nadelhölzer (*Coniferae*) vertreten; an sie schließen sich noch einige kleinere Gruppen an, unter denen die Palmfarne (*Cycadeae*) als die phyletisch ältesten wichtig sind, die Ginkobäume (*Ginconeae*) zwischen letzteren und ersteren stehen. Jüngerer Alters sind die Meninges (*Gnetaceae*), die schon in mehrfachen Beziehungen zu den Decksamern hinüberführen. Das Prothallium, das die Gymnospermen von ihren Selagineen-Ahnen geerbt haben, ist in ihrer Blüte noch deutlich nachweisbar und trägt mehrere weibliche Archegonien; in den beiden ältesten Ordnungen (*Cycadeen* und *Ginconeen*) entwickeln sich noch aus dem männlichen Antheridium bewegliche Samenzellen (*Zoospermien*), wie bei den Farnen und Moosen; in den beiden jüngeren Ordnungen (*Koniferen* und *Gnetaceen*) sind die Samenzellen glatt, ohne Fliemerhaare, wie bei den Angiospermen. Bei den meisten *Koniferen* entwickelt sich aus den weiblichen Blütenständen der charakteristische Zapfen (*Conus*), der in seiner zierlichen und mannigfaltigen Schuppen-

bedeckung viele ornamentale Motive liefert. Die Fruchtschuppen sind harte, flache Blätter, die in dichten Spiralen um die Achse des Zapfens schraubenförmig geordnet sind und an ihrer oberen Seite die nackten Samenknochen tragen.

B. 6) **Deckfamer** (*Angiospermae*; Tafel 62, 74). In der großen Hauptklasse der deckfamigen Blumenpflanzen (*Phanerogamae angiospermae*), der jüngsten von allen Pflanzenklassen, erreicht der Pflanzenorganismus seine höchste, vielseitigste und vollkommenste Entwicklung. Das Prothallium der Pteridophyten ahnen, das bei den älteren Gymnospermen in der Blüte noch deutlich erkennbar war, ist hier fast ganz rückgebildet; der Rest des weiblichen Vorkeimes enthält keine Archegonien und bildet vor der Befruchtung kein Gewebe, nach derselben das Endosperm; der Rest des männlichen Prothalliums ist das Pollenkorn, aus welchem der befruchtende Pollenschlauch auswächst. Die Fruchtblätter sind nicht flach ausgebreitet wie bei den Nacktsamern, sondern bilden um die Samenknochen herum eine geschlossene Decke, den Fruchtknoten. In der Ausbildung der einzelnen Blütenteile und der daraus entstehenden Früchte entwickeln die Angiospermen den größten Reichtum an mannigfaltigen und schönen Formen, ebenso auch in der Gestaltung der vegetativen grünen Laubblätter und des Stammes, der sie trägt. Vor allem ist das reizvolle Gebilde, das wir „Blume“ (*Anthos*) nennen, in dieser höchstentwickelten Hauptklasse in allen möglichen Formen ausgebildet und liefert seit Jahrtausenden für den Kulturmenschen das wichtigste und beliebteste Ornament. Gewöhnlich ist die Blume der Angiospermen aus fünf konzentrischen Kreisen von Blättern zusammengesetzt, deren jeder ursprünglich bei den Monokotylen aus drei, bei den Dikotylen aus vier oder fünf Blättern besteht; der erste (äußerste) Kreis bildet den Kelch, der zweite die Krone, der dritte und vierte den äußeren und inneren Kranz der männlichen Staubblätter, der fünfte (innerste) die weiblichen Fruchtblätter (Fruchtknoten). Indessen ist in den meisten Blumen die Gliederzahl einzelner Kreise (besonders des innersten) nicht vollständig. Da bei der Mehrzahl der Blumen der strahlige Bau (mit gleicher Größe der Glieder jedes Kreises) regelmäßig entwickelt ist, müssen wir als Grundform die re-

guläre Pyramide betrachten (dreiseitig bei den Monokotylen, fünffseitig bei den Dikotylen); diesen regulär-pyramidalen (aktinomorphen) Blumen stehen gegenüber die amphipleuren (oder zygomorphen) Blüten (z. B. Orchideen, Tafel 74, unter den Monokotylen, Labiaten und Schmetterlingsblumen unter den Dikotylen); hier ist die radiale Symmetrie mit der bilateralen verknüpft (S. 12).

C. Die Kunstformen der Niederfiere (Coelenteria).

Die vielzelligen und gewebebildenden Tiere, die wir als Gewebtiere (Metazoa) zusammenfassen, unterscheiden sich von den einzelligen Artieren (Protozoa) wesentlich und durchgreifend dadurch, daß nicht die einzelne Zelle den Charakter und die Form des tierischen Organismus bedingt, sondern das Gewebe, d. h. der feste Verband von vielen geselligen Zellen, die zu einer höheren Einheit verbunden sind. Die verschiedenen Lebenstätigkeiten der Metazoen werden daher nicht durch Organelle vermittelt, d. h. durch Teile einer einzelnen Zelle; sondern vielmehr durch Organe, d. h. durch bestimmt geformte und geordnete, vielzellige Körperteile, die aus verschiedenen Geweben bestehen. Im Organismus der höheren Gewebtiere ist die Zahl und Verschiedenheit dieser Organe sehr groß, da hier infolge weitgediehener Arbeitsteilung zahlreiche verschiedene Körperteile sehr mannigfaltige Funktionen und Formen ausgebildet haben. Auf den älteren und niederen Entwicklungsstufen finden wir dagegen noch sehr einfache Verhältnisse in der Differenzierung der Gewebe und Organe; die einfachsten bei den Gasträaden.

Als Gasträaden bezeichnen wir diejenigen niedersten und einfachsten Metazoen, die wir auf Grund der vergleichenden Anatomie und Ontogenie als die gemeinsame Stammgruppe sämtlicher Gewebtiere ansehen dürfen. Denn alle ohne Ausnahme durchlaufen noch heute in frühester Jugend das Stadium der Gastrula, eine höchst charakteristische Keimform, die im wesentlichen der Gastraea gleichgebildet ist. Sie besitzt trotz vieler Formvariationen immer denselben wesentlichen Bau; in einfachster Form zeigt ihn die Gastrula eines Krebses, die auf Tafel 76, Fig. 1, abgebildet ist. Der kugelige, eiförmige oder länglichrunde, einachsige Körper

stellt ein Bläschen oder Säckchen dar, dessen einfache Höhle zur Ernährung dient: Urdarm (Pro-gaster oder Archenteron); seine Öffnung (am einen Pole der Hauptachse) ist der Urmund (Prostoma oder Blastoporus). Die Wand des kleinen Säckchens bilden zwei einfache Zellschichten oder Epithelien, die sogenannten „primären Keimblätter“ (Blastophylla); das äußere Keimblatt, Hautblatt oder Ektoderm, dient den animalen Tätigkeiten der Empfindung und Bewegung; das innere Keimblatt, Darmblatt oder Entoderm, besorgt die vegetalen Funktionen der Ernährung und Fortpflanzung. Moderne Gasträaden, die noch heute zeit lebens auf dieser niedersten Stufe der Metazoenorganisation stehen bleiben, sind die Gastremarien (Pemmatodiscus, Kunstleria) und die Cyemarien (Rhopalura, Dicyema). Aber auch die einfachsten und ältesten Formen der Schwämme (Olynthus), der Polypen (Hydra) und der Plattentiere (Aphanostomum) besitzen noch im wesentlichen denselben einfachen Bau und unterscheiden sich von jenen „Gasträaden der Gegenwart“ nur durch unwesentliche Zutaten.

Die neuere Zoologie unterscheidet im Reiche der Metazoen zehn verschiedene Hauptgruppen (Stämme oder Phylen) und verteilt diese auf zwei große Unterreiche, Niedertiere (Coelenteria) von einfacherer Körperbildung und Obertiere (Coelomaria) von höherer Organisation; die ersteren haben nur eine Öffnung der verdauenden Höhle, den Urmund; die letzteren besitzen zwei Öffnungen der Darmhöhle: Mund und After. Ferner fehlt den Niedertieren (Coelenteria oder Coelenterata) noch eine gesonderte Leibeshöhle; alle Hohlräume ihres Körpers sind direkte Fortsetzungen der Darmhöhle, auch wenn durch weite Verästelungen derselben ein kompliziertes Röhrensystem entsteht (Gastrokanalsystem). Dagegen hat sich bei den Obertieren (Coelomaria oder Bilateria) eine besondere Leibeshöhle (Coeloma) entwickelt, ein Hohlraum, der vom Darmkanal ganz getrennt ist, und in dem dieser eingeschlossen liegt. Ferner bildet sich bei den meisten Obertieren ein besonderes Blutgefäßsystem, das eine vollkommenere Einrichtung der Ernährung (besonders für größere Tiere) darstellt; den Niedertieren fehlt es noch ganz. Unter den Coelenterien unterscheiden wir vier verschiedene

Stämme, die Gasträaden, Spongien, Cnidarien und Platen; unter den Cölomarien sechs Stämme, die Vermalien, Echinodermen, Mollusken, Articulaten, Tunikaten und Vertebraten.

C. 1) **Urdarmtiere** (Gastraeades), die gemeinsame Stammgruppe aller Metazoen. Von dieser ältesten Abteilung der Gewebtiere, aus der alle übrigen durch fortschreitende Entwicklung hervorgegangen sind, leben heute nur noch wenige Reste, die Gastremarien (Pemmatodiscus, Kunstleria), die Cyemarien (Dicyemida, Orthonectida) und die Physemarien (Prophysema, Gastrophysema). Bei allen diesen kleinen, höchst einfach gebildeten Metazoen ist der Körper einachsig (monaxon), meistens eiförmig, länglichrund oder fast kugelig. Die einfache Höhle des schlauchförmigen Körpers öffnet sich an einem Pole der Hauptachse durch den Armund; Nebenachsen und besondere Organe fehlen. Die „Person“ (einfachster Art!) bleibt also auf derjenigen niedersten Bildungsstufe stehen, welche die übrigen Metazoen in früher Jugend als Gastrula (Tafel 76, Fig. 1) vorübergehend durchlaufen. Die allgemeine Übereinstimmung der Gastrula-Bildung bei sämtlichen Gewebtieren beweist, daß sie alle von ein und derselben Gastraea-Stammform phyletisch abzuleiten sind. Aus dieser haben sich drei divergente Stämme von Niedertieren entwickelt: die Schwammtiere (Spongiae), die Nesseltiere (Cnidaria) und die Plattentiere (Platodes).

C. 2) **Schwammtiere** (Spongiae; Tafel 5, 35). Dieser Stamm der Niedertiere, dessen bekanntester Vertreter der gemeine Badeschwamm ist, wurde noch im Anfang des 19. Jahrhunderts allgemein in das Pflanzenreich gestellt und erst um die Mitte desselben Jahrhunderts als eine selbstständige Hauptgruppe des Tierreiches erkannt. Die meisten Schwämme (nicht zu verwechseln mit den Pilzen, Fungi, Tafel 63, 73) sitzen auf dem Boden des Meeres fest und bilden unregelmäßige Klumpen von unbestimmter Gestalt und von sehr verschiedener Größe (von einem oder wenigen Millimetern bis über 1 m). Das eigentliche Individuum der Spongie ist ein kugeliges oder länglich-rundes, mikroskopisches Bläschen, das den Formwert einer Gastraea besitzt. Selten lebt diese gastrulagleiche Person isoliert (Olynthus); gewöhn-

lich sind viele in großer Zahl zu einem Stocke (Cormus) vereinigt. Die sozialen Personen, die sogenannten Geißelkammern, stehen dann mit einem Kanalsystem in Verbindung, das die ganze Masse des Stockes durchzieht. Durch zahlreiche mikroskopische Poren (Tafel 5, Fig. 10) tritt von außen Wasser in die Darmhöhle der Geißelkammer ein, deren Innenfläche von einer Schicht Geißelzellen ausgekleidet ist; jede Entodermzelle trägt eine lange schwingende Geißel (Tafel 5, Fig. 11, 12). Das Wasser wird entleert durch eine größere Öffnung (Osculum), die sich gewöhnlich am oberen Pole der Körperachse findet (Tafel 5, Fig. 6, 8). Das Bindegewebe des Ektoderm, welches die Geißelkammern umgibt und verbindet, erzeugt verschiedene Skeletteile, die zur Stütze dienen. Bei den Korfschwämmen (Malthospongiae), zu denen der Badeschwamm gehört, sind es meist elastische, zu einem Netzwerke verbundene Hornfasern, die das feste Gerüst bilden. Bei den Kalkschwämmen (Calcispongiae) ist dieses aus zierlich geformten Kalknadeln zusammengesetzt, die bald einfach, bald dreistrahlig oder vielstrahlig sind (Tafel 5, Fig. 10 bis 12). Bei den Kieselchwämmen (Silicispongiae) bestehen die Skeletteile aus Kieselgerstein; bald sind sie hier einachsig (Monactinella), bald dreistrahlig oder vierstrahlig (Tetractinella), bald aus sechs Strahlen zusammengesetzt, die in drei aufeinander senkrechten Achsen liegen (Hexactinella, Tafel 35). Besonders bei diesen „Glaschwämmen“ zeichnen sich die sechsstrahligen Nadeln (Spicula) oft durch höchst zierliche Form und Verästelung aus (Tafel 35, Fig. 9—17); viele solche Kieselgebilde zeigen so regelmäßige Grundformen wie Kristalle (z. B. Oktaeder, Tafel 35, Fig. 12—16). Auch die Anordnung dieser mikroskopischen Hartgebilde im Gewebe des Schwammes ist oft sehr zierlich und regelmäßig (Tafel 5, Fig. 10—12; Tafel 35, Fig. 2, 4, 8). Dagegen ist die Gesamtform des ganzen Schwammkörpers, der bei den meisten Spongien als ein Gasträaden-Cormus aufzufassen ist, selten so regelmäßig wie bei manchen baumförmigen Stöcken (Tafel 5, Fig. 1, 3, 7); gewöhnlich ist sie irregulär, wie auch bei den meisten Stöcken der Nesseltiere.

C. 3) **Nesseltiere** (Cnidaria). Dieser formenreiche Stamm bildet die Hauptgruppe der Coe-

lenterata im engeren Sinne; er ist sowohl in morphologischer und phylogenetischer als auch in physiologischer und ästhetischer Beziehung von höchstem Interesse. Fast alle Nesseltiere, nur sehr wenige Süßwasserformen ausgenommen, bewohnen das Meer und bevölkern es in großen Massen und in einer Fülle der schönsten und mannigfaltigsten Gestalten. Diese lassen sich, äußerlich betrachtet, auf zwei Hauptgruppen verteilen, auf den feststehenden Polypen und die freischwimmende Meduse. Der Polyp ist die niedere und ältere Form, viel einfacher organisiert als die Meduse, die durch Ausbildung von Nerven, Muskeln und Sinnesorganen sich auf eine viel höhere Stufe vollkommener Organisation erhoben hat. Dennoch stehen beide Hauptformen vielfach durch Generationswechsel (Metagenesis) in unmittelbarem ontogenetischen Zusammenhang; aus dem befruchteten Ei der Meduse entwickelt sich eine Gastrula, die sich festsetzt und in den Polypen verwandelt; und aus diesem sprossen Knospen hervor, die sich ablösen und zu frei schwimmenden Medusen entwickeln. Nach dem biogenetischen Grundgesetze müssen wir schließen, daß dieser ontogenetische Prozeß die abgekürzte Wiederholung oder „Rekapitulation“ eines entsprechenden phylogenetischen Vorganges ist: ursprünglich existierten von den Nesseltieren nur feststehende Polypen; erst später haben sich abgelöste Knospen derselben durch Anpassung an die schwimmende Lebensweise zu Medusen entwickelt.

C. 3, a) **Hydratiere** (Hydrozoa) und **Becher-tiere** (Scyphozoa). Die genauere Erforschung des inneren Körperbaues und der Entwicklung hat ergeben, daß der mächtige Stamm der Nesseltiere zwar ein großes einheitliches Ganzes darstellt, und daß alle verschiedenen Glieder desselben sich von einer einzigen, einfachen, hydraähnlichen Stammform ableiten lassen, zugleich aber, daß dieser Stamm sich schon unten an der Wurzel in zwei divergierende, vielfach parallel aufstrebende Unterstämme gespalten hat. Die älteren, kleineren und niederen von diesen sind die Hydratiere (Hydrozoa) mit einfacher Magenöhle, ohne Gastralfilamente; die jüngeren, größeren und höheren Cnidarien sind die Becher-tiere (Scyphozoa); ihre Magenöhle ist in vier oder mehr periphere Taschen geteilt, durch radiale Leisten, die sich aus der Magenwand entwickeln

(Taeniola); aus diesen Leisten sprossen bewegliche, drüsenreiche Fäden hervor, innere Magententakeln (Gastralfilamente). In jedem der beiden Unterstämme haben sich aus Polypen später Medusen entwickelt, so daß wir vier Hauptklassen von Nesseltieren unterscheiden können. Die Polypen der Hydratiere werden als Hydroiden oder Hydropolypen bezeichnet (Tafel 6, 25, 45); die davon abgeleiteten Medusen als Hydromedusae oder Craspedotae (Tafel 16, 26, 36, 46). Die Polypen der Becher-tiere sind die Korallen (Anthozoa; Tafel 9, 19, 29, 39, 49, 69); ihre Medusen heißen Scyphomedusae oder Acraspedae (Tafel 8, 18, 28, 38, 48, 78, 88, 98).

C. 3, b) **Hydroiden** (Hydropolypi; Tafel 6, 25, 45). Die Urform des einfachen Polypen, die uns noch heute ein getreues Abbild von der uralten, gemeinsamen Stammform aller Nesseltiere vor Augen führt, ist der gemeine Süßwasserpolypp (Hydra); sowohl seine grüne Art (*H. viridis*) als auch die graue Art (*H. grisea*) sind über die ganze Erde verbreitet. Wenig davon verschieden sind die einfachsten Personen der Reihopolypen (Sertulariae; Tafel 25, Fig. 1) und der Röhrenpolypen (Tubulariae; Tafel 6, Fig. 6, 7). Der einfache, eiförmige oder becherförmige Körper stellt im wesentlichen noch eine primitive Gastraea dar; die dünne Wand des Bechers bilden zwei Zellschichten, die beiden primären Keimblätter (das äußere, animale Ektoderm und das innere, vegetale Entoderm); die einfache Höhle des Bechers ist der verdauende Urdarm, seine Öffnung, am Oralpol der Hauptachse gelegen, der Urmund. Am entgegengesetzten, aboralen Pole sitzt der Polyp mit der Basis („Fuß“) angeheftet. Während aber bei den Gasträiden der Mund meistens einfach bleibt, umgibt er sich bei den Polypen mit einem Kranz von empfindlichen und beweglichen Fortsätzen, ursprünglich vier kreuzständigen Mundfäden, später mehr. Diese Tentakeln, die gleichzeitig als Fühlfäden und Fangarme dienen, sind mit den kleinen mikroskopischen Giftbläschen bewaffnet, die man als Nesseltorgane (Cnido-cysta) bezeichnet, und die dem ganzen Stamm den Namen gegeben haben. Die Tentakeln sind nicht nur physiologisch von Bedeutung, weil von ihnen die höhere Entfaltung der animalen Lebenstätigkeiten ausgeht, sondern auch morphologisch, weil durch ihre

radiale Verteilung (ursprünglich ein reguläres Kreuz) die erste Andeutung von Kreuzachsen bestimmt wird und damit die einachsige Grundform der Gastraea (Monaxonia) sich in die kreuzachsige der Hydra (Stauroxonia) verwandelt. Die meisten Hydropolypen leben nicht als Einsiedler, wie die Hydra und einige Tubularien (Tafel 6, Fig. 8—12), sondern sie treiben Knospen und bilden Stöcke. Diese zierlichen „Polypenstöcke“ (Cormi) sind oft reichverzweigt, baumförmig; sie werden bei den Röhrenpolypen (Tubulariae; Tafel 6) durch feste zylindrische Chitindröhren gestützt, die von den langen Stielen der sozialen Personen ausgeschieden werden. Bei den Glockenpolypen (Campanariae; Tafel 45) verlängert sich jedes Röhrrchen am äußeren Ende in eine glockenförmige Kapsel (Theca), in deren Schutz sich der zarte, weiche Polypenleib zurückziehen kann. Bei den Reihopolypen (Sertulariae; Tafel 25) sitzen diese Kapseln ungestielt, meistens in zwei Reihen dicht gedrängt, auf den Ästen des vielverzweigten Stammes auf. Indem die sozialen Personen des Polypenstockes infolge von Arbeitsteilung verschiedene Formen annehmen, entstehen polymorphe Stöcke, die viel Ähnlichkeit mit Blumenstöcken haben. Die Sertularien bilden keine Medusen, während sich bei den Campanularien und Tubularien aus Knospen des Polypenbeckers Medusen in mannigfaltiger Form entwickeln.

C. 3, c) **Schleierquallen** (Hydromedusae oder Craspedotae; Tafel 16, 26, 36, 46). Diese niederen, kleineren und einfacher gebauten Medusen stammen sämtlich von Hydropolypen ab und sind noch heute mit ihnen durch Generationswechsel verbunden. Die zierlichen Blumenquallen (Anthomedusae; Tafel 46) entwickeln sich aus den Knospen von Röhrenpolypen (Tubulariae; Tafel 6); hingegen die zarten Faltenquallen (Leptomedusae; Tafel 36) aus den Knospen von Glockenpolypen (Campanariae; Tafel 45). Diese beiden Ordnungen der Craspedoten sind Küstenbewohner. Bei zwei anderen Ordnungen ist dieser palingenetische Generationswechsel verloren gegangen durch Anpassung an pelagische Lebensweise auf hoher See; hier entwickeln sich (cenogenetisch) direkt aus den Eiern der Medusen wieder dieselben Formen; das ist der Fall bei den Kolbenquallen (Trachomedusae; Tafel 26) und den Spangenquallen

(Narcomedusae; Tafel 16). Die Medusen haben von den Polypenahnen den glockenförmigen Körper mit Magenöhle und Mundöffnung sowie den Tentakelkranz durch Vererbung erhalten. Dagegen haben sie durch Anpassung neu erworben den Gallertschirm (Umbrella) als Schwimmorgan, die Sinnesorgane an dessen Rande sowie radiale Kanäle oder Magentafchen, die vom zentralen Magen zum peripheren Schirmrande laufen. Besondere Geschlechtsdrüsen (Gonaden) entwickeln sich bei den Anthomedusen (Tafel 46) und den Narcomedusen (Tafel 16) in der äußeren Magenwand, bei den Leptomedusen (Tafel 36) und den Trachomedusen (Tafel 26) im Verlaufe der Radialkanäle. Ihre Zahl beträgt meistens vier (Tafel 46, Fig. 2, 5), seltener sechs (Tafel 26, Fig. 1), acht (Tafel 16, Fig. 4, 9) oder mehr (Tafel 36, Fig. 3, 5). Ebenso wie diese Gonaden zeichnen sich auch die vier gekrümmten Mundlappen oft durch sehr zierliche Form aus; ebenso die beweglichen Tentakeln, die mit Nesselknöpfen, gleich einer Perlenschnur, besetzt sind (Tafel 26, 46). Da bei fast allen Craspedoten die 4, 6 oder 8 Strahlteile (Parameren) gleich entwickelt sind, so ist die Grundform die reguläre Pyramide (meistens die Quadratpyramide); der Mund liegt im Mittelpunkt ihrer Basis.

C. 3, d) **Staatsquallen** (Siphonophorae; Tafel 7, 17, 37, 59, 77). Diese merkwürdige Klasse von Nesseltieren, die alle an der Oberfläche des Meeres schwimmend leben, ist aus Stöcken von Hydromedusen hervorgegangen. Der bewegliche Körper gleicht einem Blumenstock, an dessen Stamme viele verschieden geformte und gefärbte Blätter, Blüten und Früchte verteilt sind; alle Teile sind durchsichtig. Jedes einzelne, selbständig bewegliche Stück ist eine umgebildete Meduse. Indem die zahlreichen sozialen Personen, durch Sprossung aus dem Schirm oder dem Magen einer Muttermeduse entstanden, sich in die Arbeiten des Lebens teilten, die einen jene, die anderen diese Funktionen übernahmen, haben sie durch Arbeitsteilung (Ergonomie) eine sehr verschiedene Form und Zusammensetzung angenommen. Diese weitgehende Formspaltung (Polymorphismus) gibt dem ganzen Stocke (Cormus) ein so fremdartiges Aussehen, daß man ihn früher für eine einfache Medusenperson, für ein Individuum mit multiplizierten Organen ansah. Die Klasse der Siphono-

nophoren zerfällt in zwei Regionen, Diskonanthen und Siphonanthen. Bei den scheibenartigen Diskonanthen (Tafel 17) entstehen die zahlreichen polymorphen Personen durch Sprossung in konzentrischen Kreisen an der Unterseite des Schirmes (Subumbrella) des Muttertieres, dagegen bei den Siphonanthen durch Sprossung aus dem verlängerten zentralen Magenrohr des Muttertieres. An diesem langen, beweglichen Stamme sitzen die Personen bald dicht gedrängt (Tafel 37), bald in langen Spiralkreihen (Tafel 59), bald auf viele Gruppen, Stöckchen oder Cormidien verteilt (Tafel 7, 77). Die Schwimmorgane der Siphonophoren sind teils luftgefüllte Schwimmblasen (Pneumatophoren; Tafel 7, Fig. 4, 5; Tafel 17, Fig. 3; Tafel 59, Fig. 2), teils kontraktile Schwimmglocken (Tafel 37, Fig. 2, 3; Tafel 59, Fig. 1; Tafel 77, Fig. 4—6). Die Nahrungsaufnahme geschieht durch die „Fresspolypen“ oder Siphonen, muskulöse Röhren, deren Mund sehr erweiterungsfähig ist (Tafel 7, Fig. 2; Tafel 59, Fig. 3; Tafel 77, Fig. 2, 7); lange Gangfäden, die von ihrer Basis abgehen, sind mit komplizierten Giftwaffen, den „Nesselbatterien“, besetzt (Tafel 17, Fig. 8; Tafel 37, Fig. 1; Tafel 59, Fig. 3, 6). Als Tastorgane dienen die sehr beweglichen Palponen, spindelförmige Schläuche mit langen Tastfäden (Tafel 37, Fig. 1; Tafel 59, Fig. 4). Die Fortpflanzung wird durch zweierlei verschiedene Medusenglocken (Gonophoren) bewirkt: männliche Androphoren mit Spermatarien (Tafel 59, Fig. 4 u. 5 rechts) und weibliche Gynophoren mit Ovarien (Tafel 59, Fig. 4 u. 5 links). Bei diesen Geschlechtspersonen (Gonophoren) und ebenso bei den Schwimmglocken (Nektophoren) ist der vierstrahlige Schirm der Meduse und seine pyramidale Grundform meistens noch erhalten, dagegen bei den Fresspersonen (Siphonen) und Gefühlspersonen (Palponen) meistens rückgebildet. Von den drei Ordnungen der Siphonanthen besitzen die Calyconecken (Tafel 77) bloß Schwimmglocken, die Cystonecken (Tafel 7) bloß Schwimmblasen, die Physonecken (Tafel 37, 59) beiderlei Schwimmorgane kombiniert. Der außerordentliche und fremdartige Reiz, den die Betrachtung der lebenden Siphonophoren gewährt, beruht teils auf der eigentümlichen Gestalt des ganzen glasartigen Stöckes, teils auf der schönen und mannigfaltigen Form seiner

einzelnen Teile, teils auf den lebhaften Bewegungen, die sowohl der ganze Cormus als auch die einzelnen Personen und deren Organe ausführen.

C. 3, e) **Kammquallen** (Ctenophorae; Tafel 27). Durch mehrere morphologische und physiologische Eigentümlichkeiten entfernt sich diese Klasse pelagischer Nesseltiere ziemlich weit von den übrigen; doch ist sie wahrscheinlich von einer Gruppe der Anthomedusen phyletisch abzuleiten. Die zarten, gallertigen, äußerst wasserreichen und vergänglichen Tiere schwimmen nicht, wie die Medusen, durch Ausstoßen von Wasser aus der Schirmhöhle, sondern durch die Ruderbewegungen von sehr zahlreichen, willkürlich beweglichen Wimperblättchen, die auf acht abradiale Kämme verteilt sind. Diese „Wimperkämme“ oder „Flimmerrippen“ ziehen in flachen Meridianbogen vom oberen Scheitelpole der Hauptachse (wo der Gehirnknoten liegt) zum unteren Mundpole mit der weiten Mundöffnung. Letztere führt in einen langen Magenraum, der sich oben in eine kurze Trichterhöhle fortsetzt. Aus dieser entspringen zwei Trichterkanäle, die sich zweimal gabelförmig spalten und so die acht „Rippenkanäle“ liefern, die unter den acht Wimperrippen verlaufen. Alle Organe sind so verteilt, daß als die reine geometrische Grundform der Person die Rhombenpyramide erscheint, d. h. eine zweischneidige, vierseitige Pyramide, deren Basis ein Rhombus ist. Sie wird bestimmt durch drei aufeinander senkrechte Achsen, von denen die Hauptachse ungleichpolig ist (oben Trichter, unten Mund), während die beiden anderen gleichpolig, aber unter sich ungleich sind. In der kürzeren, sagittalen Achse liegt der Mund (in Fig. 1, Scheitelansicht, senkrecht); in der längeren, transversalen Achse liegen die beiden seitlichen Gangfäden (rechts und links).

C. 3, f) **Lappenquallen** (Scyphomedusae oder Acraspedae). Diese schönen und großen Medusen sind den kleineren und niederen Schleierquallen (Craspedotae) äußerlich so ähnlich und auch im inneren Bau so verwandt, daß man beide Gruppen früher in einer einzigen Klasse von Medusen (Acalephae) zusammenfaßte; mehrere Familien beider Gruppen wurden sogar verwechselt, die Narcomedusen z. B. zu den Acraspeden gestellt, dagegen die Cubomedusen zu den Craspedoten. Erst später ergab genauere Untersuchung, daß sie zwei selbständige, voneinander unabhängige Klassen darstellen; die Cras-

pedoten sind durch laterale Knospung aus Hydro-
 polypen entstanden, dagegen die Akraspeden durch
 terminale Knospung aus Scyphopolypen, die die
 Organisation der einfachsten Korallen besitzen. Die
 beiden letzteren Klassen sind Scyphozoen; ihr vier-
 teiliger Magen enthält vier kreuzständige Magen-
 leisten, aus denen sich „Gastralfilamente“ entwickeln.
 Diese fehlen den beiden ersteren Klassen (Hydrozoen).
 Im übrigen stimmt der Körperbau der niederen, klei-
 neren Hydromedusen mit demjenigen der höheren, grö-
 ßeren Scyphomedusen in allen wesentlichen Verhält-
 nissen überein; nur entwickelt er sich bei den letzteren
 zu viel größerer Mannigfaltigkeit und Vollkommen-
 heit als bei den ersteren. Die geometrische Grund-
 form ist beständig die reguläre Pyramide und zwar
 gewöhnlich die Quadratpyramide, seltener die sechs-
 seitige oder achtsseitige Pyramide. Am unteren
 (oralen) Pole der senkrechten Hauptachse liegt der
 kreuzförmige Mund (Tafel 38, Fig. 4; Tafel 48,
 Fig. 2, 5); seine vier gekräuselten Lippen, oft zu
 großen Mundarmen ausgewachsen, bestimmen die
 Perradien oder Strahlen erster Ordnung. In der
 Mitte zwischen diesen, in den Interradien oder
 Strahlen zweiter Ordnung, liegen die Gonaden oder
 Geschlechtsdrüsen (Tafel 18, Fig. 1; Tafel 28, Fig. 4;
 Tafel 48, Fig. 2). Zwischen den vier Perradien und
 den vier Interradien liegen die 8 Adradien oder
 Strahlen dritter Ordnung, mit bestimmten Organen,
 z. B. 8 Tentakeln (Tafel 8, Fig. 3; Tafel 18,
 Fig. 1—8) oder 8 Randarmen mit Tentakelbüscheln
 (Tafel 48, Fig. 3—7). Oft kann man auch noch
 16 Subradien oder Strahlen vierter Ordnung
 unterscheiden, in denen bestimmte Organe zwischen
 den Strahlen I., II. und III. Ordnung liegen, z. B.
 16 Randlappen (Tafel 8, Fig. 3; Tafel 18, Fig.
 1—8; Tafel 38, Fig. 1—3). Mit der größten
 Regelmäßigkeit wird diese vierstrahlige Struktur (mit
 der Grundform der Quadratpyramide) durch Ver-
 erbung von der gemeinsamen Stammform der Klasse
 (Tessera) auf alle Glieder derselben übertragen.
 Da diese Grundform sich ganz besonders für ge-
 wisse ornamentale Zwecke eignet, so wird sie all-
 gemein zu den verschiedensten Dekorationen verwen-
 det, z. B. in der Mittelfigur der Zimmerdecken, der
 Fußböden u. s. w.

Wir unterscheiden in der formenreichen Klasse
 der Akraspeden vier Ordnungen. Die älteste und

einfachst gebaute ist die Ordnung der Kreuzquallen
 (Stauromedusae; Tafel 48); hier trägt der
 Schirmrand noch keine Sinneskolben, sondern ur-
 sprünglich nur acht einfache Primärtentakeln, vier
 perradiale und vier interradiale. Bei den Lucer-
 narien verwandeln sich diese Primärtentakeln in
 „Randanker“ (Tafel 48, Fig. 3—5), während da-
 zwischen acht adradiale Randarme verwachsen, die
 Büschel von geknüpften Tentakeln tragen. In den
 drei übrigen Ordnungen verwandeln sich entweder
 alle acht oder nur vier Primärtentakeln in eigen-
 tümliche Sinneskolben (Rhopalia); jeder der-
 selben trägt gewöhnlich ein Auge, ein Gehörorgan
 (Statocyst) und ein Geruchsorgan (eine faltige
 Riechgrube; Tafel 38, Fig. 6; Tafel 98, Fig. 7).
 Bei den Taschenquallen (Peromedusae; Ta-
 fel 38) verwandeln sich nur die vier interradialen
 Primärtentakeln in Rhopalien; bei den Würfel-
 quallen (Cubomedusae; Tafel 78) umgekehrt die vier
 perradialen; bei den Scheibenquallen
 endlich (Discomedusae) sind alle acht Primär-
 tentakeln zu Sinneskolben geworden (Tafel 18).
 In dieser größten und formenreichsten Ordnung kann
 man wieder drei Unterordnungen unterscheiden. Die
 älteste von ihnen sind die Rohrmündigen (Can-
 nostomae), bei denen sich der Mund in ein vier-
 kantig-prismatisches Rohr verlängert und die vier
 gekräuselten Lippen an dessen Ende klein und einfach
 bleiben (Tafel 18). Dagegen entwickeln sich die
 Lippen zu vier großen, faltenreichen „Mundfahnen“
 bei den stattlichen Fahnenmündigen (Semosto-
 mae; Tafel 8, 98). Bei den Wurzelmündigen
 (Rhizostomae; Tafel 28, 88) entstehen daraus
 vier Paar mächtige, blumenföhlähnlich wuchernde,
 vielteilige Mundwurzeln (vgl. über das Nähere die
 Erklärung der Akraspeden-Tafeln).

C. 3, g) **Korallen** (Anthozoa; Tafel 9, 19,
 29, 39, 49, 69). Mit den frei schwimmenden
 Akraspeden wetteifern an Schönheit und Mannig-
 faltigkeit ihre nächsten Verwandten, die feststehenden
 Korallen, wegen ihrer Blumenähnlichkeit auch oft
 Blumentiere (= Anthozoa) genannt. Viele
 Korallentiere leben dauernd als einzelne Personen,
 so die schönen Seeanemonen (Actiniae; Tafel 49),
 viele Tetraforallen (Tafel 29, Fig. 1, 6—8) und
 Hexaforallen (Tafel 9, Fig. 2—7). Die große
 Mehrzahl der Blumentiere jedoch bildet durch Knos-

pung Stöcke (Cormi), die aus vielen gefellig verbundenen und gemeinsam sich ernährenden Personen zusammengesetzt sind; und wenn diese Mitglieder des Stockes durch Arbeitsteilung verschiedene Formen annehmen, so entstehen Kormen, die Blumenstöcken sehr ähnlich sind. Viele Korallentiere bleiben weich und entwickeln keine Hartgebilde, so die Aktinien (Tafel 49). Bei der großen Mehrzahl aber bildet sich der Körper zum Schutze und zur Stütze feste Skeletteile, bald aus einer hornähnlichen organischen Substanz (Chitin), bald aus Kalkerde. Bei den großen, stockbildenden Korallen entwickeln sich dann jene gewaltigen Kalkmassen, die als „Korallenriffe“ unzählige Inseln im tropischen Ozean aufbauen, und die später versteinert große Gebirgsmassen zusammensetzen können (Korallenriff des Jura).

Von den einfachen Hydropolyphen (S. 23), aus denen die Korallen als Scyphopolyphen ursprünglich entstanden sind, unterscheiden sie sich wesentlich durch die Ausbildung der inneren Magenleisten (Täniolen) und durch eine Einstülpung der Mundfläche nach innen in die Magenöhle; dadurch entsteht ein besonderer (ektodermaler) Schlund (Pharynx), dessen zylindrische Wand mit der äußeren Körperwand durch eine Anzahl strahlenförmiger Scheidewände (Septa radialia) verbunden bleibt. Die perradialen (entodermalen) Magenammern, welche zwischen den interradialen Septen liegen und den Schlund umgeben, setzen sich nach oben fort in die Höhlen der beweglichen Fangarme, die einen Kranz um den Mund bilden (Tafel 19, Fig. 3, 5; Tafel 49).

Die Zahl der Strahlteile (Parameren), die durch diese radialen Kammern und Septen bestimmt wird, beträgt ursprünglich, wie bei den anderen Nesseltieren, vier, so permanent bei den Viererkorallen (Tetracoralla; Tafel 29); durch Verdoppelung der Kammern wächst sie auf acht, bei den Achterkorallen (Octocoralla; Tafel 19, 39). Indem von den acht strahligen Septen zwei gegenüberstehende eingehen, entsteht die Form der Sechseckkorallen (Hexacoralla; Tafel 9, 49, 69). Zwischen den Primärsepten (4, 6 oder 8) können nachträglich sehr zahlreiche sekundäre Scheidewände eingeschaltet werden, und diese können auch verfallen; so entstehen die vielstrahligen Personen,

die sowohl bei den lebenden Hexakorallen (Tafel 9, 69) als auch bei den ausgestorbenen Tetrakorallen (Tafel 29) äußerst zierliche und mannigfaltige Formen erzeugen. Diese jüngeren Blumentiere mit multiplizierten Septen werden als Sternkorallen (Zoantharia) bezeichnet, im Gegensatz zu den älteren Formen mit konstanter Primärzahl der Septen, den Kranzkorallen (Alcyonaria).

C. 4) **Plattentiere** (Platodes; Tafel 75). Dieser selbständige Stamm des Tierreiches wird gewöhnlich noch zu der buntgemischten Gruppe der Würmer (Vermes) gerechnet und als Plattwürmer (Platyhelminthes) den Rundwürmern (Nemathelminthes) gegenübergestellt. Allein er steht in wichtigen Beziehungen diesen ferner als den Nesseltieren (Cnidaria) und muß mit ihnen zu der Hauptgruppe der Niedertiere (Coelenteria) gezogen werden. Denn es fehlt den Platoden ebenso wie den übrigen Cölenterien die gesonderte Leibeshöhle (Coeloma) und die zweite Darmöffnung, der After. Allerdings ist die Grundform der Person bei den Plattentieren bilateral, wie bei Obertieren, und nicht radial, wie bei den meisten Niedertieren; aber auch unter diesen kommt schon vielfach die zweiseitige Form zur Ausbildung. Sämtliche Hohlräume im Körper der Plattentiere gehören einem einheitlichen Gastrokanalsystem an, wie bei den übrigen Cölenterien, und auch wenn die ernährenden Kanäle sich vielfach im Körper verzweigen und Blutgefäßen ähnlich erscheinen (Tafel 75, Fig. 4, 7—9), bleiben sie doch stets mit dem zentralen Magen in direktem Zusammenhange. Andererseits nähern sich die Platoden den echten Wurmtieren (Vermalia), die von ihnen abstammen, nicht allein durch die bilaterale Symmetrie, sondern auch durch die Ausbildung von ein paar lateralen Hautdrüsen, die sich zu Nierenkanälen oder Wassergefäßen entwickeln (Nephridia; Tafel 75, Fig. 1, 2).

Im Stamme der Plattentiere werden drei Klassen unterschieden. Die älteste und ursprünglichste von ihnen ist die Klasse der Strudelwürmer (Turbellaria); sie leben frei kriechend auf dem Boden des Wassers und schließen sich durch ihren einfachsten Vertreter (Cryptocoela und Rhabdocoela) unmittelbar an die Gasträaden an. Wie die einfachste Form der radialen Nesseltiere (Hydra) durch Anpassung an feststehende Lebensweise, so ist die

einfachste Form der bilateralen Plattentiere (Cryptocoela) durch Angewöhnung an kriechende Ortsbewegung aus der monaxonen Stammform der Gasträaden hervorgegangen. Aus den Turbellarien haben sich durch Anpassung an schmarokende Lebensweise die Saugwürmer (Trematoda; Tafel 75, Fig. 1—9) entwickelt; sie haben das äußere Fliemerkleid der Turbellarien-Ahnen verloren, dafür aber Haftapparate in Form von Safrankränzen und Saugnapfen erworben (Tafel 75, Fig. 4—9). Durch weitere Ausbildung des Parasitismus sind aus den Saugwürmern die degenerierten Bandwürmer (Cestoda; Tafel 75, Fig. 10—14) entstanden; sie haben den Darmkanal der ersteren rückgebildet und ernähren sich endosmotisch, indem sie durch die Hautoberfläche den flüssigen Darminhalt der Wohntiere aufsaugen, in denen sie leben. Für die ästhetische Betrachtung liefern die meisten Plattentiere wenig Bemerkenswertes; die äußere Form des blattförmigen, stark plattgedrückten Körpers ist meist sehr einfach. Indessen bietet die Verästelung des Gastrokanalsystems manche zierliche Formen (Tafel 75, Fig. 4, 7—9) und ebenso die Form der Haftorgane (Fig. 6—14).

D. Die Kunstformen der Overtiere (Coelomaria).

Alle höheren Tiere, die wir unter dem Begriffe der Overtiere zusammenfassen, stimmen überein in dem Besitze einer Leibeshöhle (Coeloma), d. h. eines geräumigen Hohlraumes, der den Darmkanal umschließt und mit seiner Hölle nicht in Verbindung steht. Auch entwickelt sich bei den Overtieren meistens ein besonderes System von Blutgefäßen, die den ernährenden Saft (Blut), der durch Diffusion aus dem Darminhalt gewonnen ist, im Körper umherführen; nur wenigen der niedersten Coelomarienklassen fehlt diese Einrichtung noch ebenso wie sämtlichen Coelenterien. Ein weiterer wichtiger Unterschied beider Gruppen besteht darin, daß die Overtiere (schon auf den niedersten Stufen der Vermalienbildung) zwei Darmöffnungen besitzen, Mund und After; wo der After in einzelnen Gruppen fehlt, ist er durch Rückbildung verschwunden. Im übrigen schließen sich die niedersten und ältesten Formen der Coelomarien (die Rädertierchen, Gastrotischen) noch eng an die älteren Strudelwürmer (Turbellaria)

an; sie haben von diesen Platonen die bilaterale Grundform und die einfache innere Organisation durch Vererbung erhalten.

Die bilaterale Grundform (die zentropale oder dorsoventrale Promorphe) ist bei allen Coelomarien die ursprüngliche Grundform der Person und bleibt bei der großen Mehrzahl auch als zygo-pleure oder zygomorphe, „bilateral-symmetrische“ Grundform zeitlebens erhalten. Eine Ausnahme machen jedoch viele Gruppen von Overtieren, die durch Anpassung an festsetzende Lebensweise die primäre bilaterale Grundform wieder verloren und (durch Ausbildung eines zirkoralen Tentakelfranzes) die radiale (aktinomorphe oder pyramidale) Grundform sekundär angenommen haben. Das ist der Fall bei den Echinodermen, vielen Bryozoen und einigen anderen Coelomarien. Während bei der großen Mehrzahl die strenge persymmetrische Grundform herrscht, d. h. rechte und linke Körperhälfte spiegelgleich sind, entwickelt sich dagegen in mehreren Gruppen eine mehr oder weniger ausgeprägte asymmetrische Bildung, indem rechtes und linkes Antimer ungleich werden; so bei den meisten Schnecken (den spiralen Gastropoda), bei vielen Muscheln und Ascidien, bei den Paguriden und anderen Krustazeen, bei den Pleuronektiden unter den Fischen und anderen.

Während im allgemeinen die bilaterale Grundform bei den meisten Coelomarien dieselbe bleibt, entwickelt sich in der Gestaltung und Zusammensetzung der einzelnen Körperteile, und besonders in der Lagerung und Beziehung der wichtigsten Organsysteme, eine auffallende Verschiedenheit unter den Hauptzweigen dieses formenreichen Stammes. Wir unterscheiden daraufhin in demselben sechs große Stämme oder Phyla, und zwar in der phylogenetischen Auffassung, daß wir einen von diesen als die älteste gemeinsame Stammgruppe ansehen, aus der sich die fünf übrigen, die sogenannten „typischen Tierstämme“, divergent entwickelt haben. Dieser älteste und niederste Stamm umfaßt die Wurm-tiere (Vermalia), d. h. einen Teil der sogenannten „Würmer“ (Vermes) der älteren Systeme — nach Ausschluß der Platonen, Anneliden und Turbellarien. Aus verschiedenen Zweigen des Vermalienstammes haben sich die fünf übrigen Stämme selbstständig entwickelt, und zwar einerseits die fünf-

strahligen Sterntiere (Echinoderma), die ungegliederten Weichtiere (Mollusca) und die gegliederten Gliedertiere (Articulata); anderseits die ungegliederten Manteltiere (Tunicata) und die gegliederten Wirbeltiere (Vertebrata). Da diese letzteren beiden Stämme unten an der Wurzel zusammenhängen, werden sie auch vielfach zusammengefaßt unter dem Begriffe der Chordatiere (Chordonia oder Chordata).

D. 1) Wurmtiere (Vermalia). In dem beschränkten Umfange des Begriffes, in dem wir gegenwärtig einen Teil der früher so genannten „Würmer“ als Vermalien zusammenfassen, enthält diese älteste Stammgruppe der Cölomarien vier größere Hauptklassen, die Rotatorien, Strongylarien, Prosopygien und Frontonien. Von diesen ist als die älteste und als die gemeinsame Stammgruppe der übrigen aufzufassen die Abteilung der Rädertiere (Rotatoria; Tafel 32). Die meisten von ihnen sind sehr klein und noch sehr einfach gebaut; die phyletisch ältesten, Gastrotricha, schließen sich unmittelbar an ihre Plateniden-Ahnen an (Rhabdocoela). Die Mehrzahl der Rädertiere bewegt sich frei schwimmend umher und ist streng bilateral-symmetrisch gebaut; einige Gattungen jedoch haben sich wieder der feststehenden Lebensweise angepasst, haben um den Mund einen vierstrahligen oder fünfstrahligen Tentakelkranz gebildet und sind dadurch den radialen Polypen ähnlich geworden (Tafel 32, Fig. 5). Manche Rotatorien erhalten eine zierliche Form durch Bildung eines getäfelten, mit Zacken und Dornen bewaffneten Rückenpanzers (Tafel 32, Fig. 7, 8); andere dadurch, daß sich an beiden Körperseiten (rechts und links) symmetrisch gestellte Borstenbündel entwickeln (Tafel 32, Fig. 3), oder sogar fußähnliche Anhänge, die mit bewimperten Schwimmborsten besetzt sind, ähnlich wie bei Krustazeen (Tafel 32, Fig. 1).

Moostiere (Bryozoa; Tafel 23, 33). Diese zierlichen kleinen Vermalien gehören zur Hauptklasse der Prosopygia, welche sich der feststehenden Lebensweise angepasst hat; sie sind dadurch polypenähnlich geworden; früher wurden sie als „Moospolypen“ oder „Mooskorallen“ neben die Hydropolypen und Korallen gestellt. Sie gleichen diesen namentlich durch die Ausbildung eines strahligen Tentakelkranzes, der sich um den Mund herum ent-

wickelt hat, gegenüber der Ansatzstelle, am hinteren (aboralen) Pol der Längsachse. Indessen sind die zahlreichen fadenförmigen Tentakeln ursprünglich nicht radial geordnet, sondern bilateral, symmetrisch verteilt auf die beiden Schenkel eines hufeisenförmigen Tentakelträgers (Lophophor; Tafel 23, Fig. 3—12); erst später ist ihre Stellung (bei jüngeren Bryozoen) vollkommen radiär geworden. Auch der Darmkanal hat eine hufeisenförmige Krümmung angenommen, indem der terminale (ursprünglich hinten gelegene) After nach vorn, neben die Mundöffnung gerückt ist (daher der Name Prosopygia). Gleich den ähnlichen Polypen leben auch die Bryozoen selten einzeln, als solitäre Personen oder Einsiedler; meistens treiben sie an der Basis Knospen und bilden Stöcke (Cormi). Die Anordnung der geselligen Personen in diesen vielgestaltigen Stöcken ist höchst mannigfaltig und führt zur Produktion sehr zierlicher Kunstformen, da sich der zarte weiche Körper der kleinen Bryozoen mit einer schützenden Hülle, Kapsel oder Kammer (Theca) umgibt. Deren Substanz ist bald hornartig, biegsam, gelblich, bald durch Verkalkung steinhart geworden, starr, weiß. Sowohl die Struktur der Kammern selbst als auch die Gestalt ihrer Anhänge, Haare, Borsten, Stacheln, Schuppen u. s. w., ist überaus mannigfaltig (Tafel 33). Man unterscheidet gegen 3000 Arten Bryozoen, davon ungefähr 2000 ausgestorben und versteinert. Die meisten Arten leben im Meere, viele auch im Süßwasser.

Spiralkiemer oder „Armfüßer“, Schraubenkiemer (Spirobranchia, Brachiopoda; Tafel 97). Diese formenreiche, auf das Meer beschränkte Tierklasse wurde früher zu den Weichtieren (Mollusca) gestellt, wegen ihrer zweiflappigen, einer echten Muschel ähnlichen Kalkschale. Später ergab die genauere Kenntnis ihres Körperbaues und ihrer Entwicklung, daß sie vielmehr den Moostieren (Bryozoa) nächstverwandt und gleich diesen Prosopygia, demnach unter die Vermalien zu stellen sind. Der „hufeisenförmige Tentakelträger“ (Lophophor), der den Mund der feststehenden Spirobranchien umgibt, ist in zwei lange Arme ausgezogen, die schraubenförmig aufgerollt sind; bei manchen Formen verkalken sie und sind sogar in versteinertem Zustande schön erhalten (Tafel 97, Fig. 1—3, 14—18). Die zahlreichen feinen, mit Flimmerhaaren bedeckten Fä-

den, die in Reihen auf den Armen stehen und den Tentakeln der Bryozoen entsprechen, dienen sowohl als Fühler wie als Kiemen. Die beiden Klappen der Kalkschale, zwischen denen der sackförmige Körper eingeschlossen ist, sind an dessen hinterem (aboralen) Pole verbunden und meistens ungleich, seltener gleich. Da die beiden Arme zwischen ihnen rechts und links vom Munde liegen, so ist die eine Klappe als dorsale (Rückenklappe), die andere als ventrale (Bauchklappe) zu deuten, während die beiden Klappen der echten Muscheln (Acephala; Tafel 55) rechts und links liegen.

Manteltiere (Tunicata; Tafel 85). Diese interessanten Obertiere, sämtlich Meeresbewohner, zeigen manche Ähnlichkeit mit den beiden vorhergehenden Tierklassen und sind gleich ihnen früher sehr verkannt, meistens zu den Weichtieren (Mollusca) gestellt worden. Später (1866) ergab ihre Keimesgeschichte, daß sie vielmehr den Wirbeltieren (Vertebrata) nächstverwandte sind und auf einer frühen Entwicklungsstufe die gleiche Jugendform besitzen, die charakteristische Chordalarve (Chordula). Man hat daher neuerdings auch beide Tierstämme unter dem Begriffe „Chordatiere“ (Chordonia oder Chordata) zusammengefaßt. Sie unterscheiden sich von allen übrigen Metazoen durch den charakteristischen Aufbau ihres Körpers aus sechs Primitivorganen: in der Längsachse des bilateralen Körpers ein fester und elastischer Achsenstab (Chorda); über ihm das dorsale Nervenrohr (Markrohr), unter ihm das ventrale Darmrohr mit zwei Hauptstücken: im Kopfe der atmende Kiemen-darm, im Rumpfe der verdauende Leberdarm. Zu beiden Seiten dieser drei medianen Organe, rechts und links, liegen die paarigen Cölomtaschen, deren oberer Teil (Episoma) die Muskeln des Fleisches liefert, der untere Teil (Hyposoma) das Cölom und die Geschlechtsdrüsen. Die äußere Oberfläche des ganzen bilateralen Körpers wird von einer einfachen Zellschicht bedeckt, der Oberhaut (Epidermis). Die Entstehung dieser sechs Primitivorgane der Chordula aus den Keimblättern und ihre gegenseitigen Beziehungen sind bei allen Chordatieren in früher Jugend dieselben. Später aber entwickelt sich aus ihnen bei den Wirbeltieren ein hoch aufstrebender und sehr zusammengesetzter Organismus, dessen innere Gliederung, die Wirbelbildung (Verte-

bratio), allen anderen Tieren abgeht; die stammverwandten Manteltiere hingegen bleiben ungegliedert auf einer tieferen Stufe stehen und werden später vielfach rückgebildet.

Der Stamm der Manteltiere ist aus einem Zweige des Vermalienstammes hervorgegangen, von dem heute noch ein vereinzelter Überrest in der kleinen Klasse der Darmatmer (Enteropneusta) lebt (Balanoglossus). Man teilt die Tunikaten in drei Klassen, von denen die ältesten die einfach gebauten Appendikarien (Copelata) sind; aus ihnen sind einerseits die festfügenden Seescheiden (Ascidiae; Tafel 85) hervorgegangen, anderseits die frei schwimmenden Salpen (Thalidiae). Die äußere Form dieser kleinen, unansehnlichen Tiere ist meistens sehr einfach; für unsere „Kunstformen“ konnte nur ein Teil der Ascidien in Betracht kommen. (Vgl. die Erklärung von Tafel 85.)

D. 2) **Sterniere oder Stachelhäuter** (Echinoderma). Der große und formenreiche, nur im Meere lebende Stamm der Sterniere bildet eine sehr eigentümliche und höchst interessante Hauptabteilung der Obertiere (Coelomaria); er ist ebenso selbständig und unabhängig von den anderen Stämmen der höheren Tiere wie die Wirbeltiere, Gliedertiere und Weichtiere; nur unten an der Wurzel hängen alle diese höheren Tierstämme insofern zusammen, als sie aus der gemeinsamen Stammgruppe der Wurmtiere (Vermalia) sich phyletisch entwickelt haben, jedoch aus verschiedenen Zweigen derselben. Im völlig entwickelten und geschlechtsreifen Zustande, als sogenanntes Astrozoön, sind die meisten Sterniere (einige der ältesten Formen ausgenommen) durch eine sehr charakteristische fünfstrahlige Grundform ausgezeichnet (Tafel 10, 40, 60, 70, 80); man hat sie deshalb früher allgemein als Verwandte der Polypen und Medusen betrachtet und mit ihnen im Kreise der Strahl-tiere (Radiata) vereinigt. Indessen mußte dieser unnatürliche Verband später aufgelöst werden. Denn jene strahligen Nesseltiere sind Niedertiere (Coelenteria) ohne Leibeshöhle; ihre vierstrahlige, sechsstrahlige oder mehrstrahlige Grundform ist primär, unmittelbar aus der monaxonen Gastraea-Form abzuleiten. Hingegen sind die Echinodermen durch viel verwickeltere Organisation, durch den Besitz von Leibeshöhle, Blutgefäßen, After u. s. w. ausgezeich-

net, daher als echte Obertiere (Coelomaria) zu betrachten; ihre fünfstrahlige (pentaradiale, selten multiradiale, mehrstrahlige) Grundform ist sekundär entstanden; sie fehlt sowohl den phylogenetisch ältesten Formen des Stammes (Amphorideen, Tafel 95) als auch den ontogenetisch jüngsten Zuständen der fünfstrahligen Sterntiere. Diese Jugendformen bezeichnen wir allgemein als Sternlarven (Astrolarvae; Tafel 30, Fig. 5, 6; Tafel 40, Fig. 2 bis 6, Tafel 95, Fig. 1—6); sie sind von viel einfacherer Organisation als das reife Astrozoon und haben eine bilateral-symmetrische Grundform, ohne Andeutung eines fünfstrahligen Baues. Durch eine sehr merkwürdige und in ihrer Art einzige Verwandlung (Astrogenesis, eine besondere Form der Metamorphosis) entwickelt sich das fünfstrahlige, später geschlechtsreife Astrozoon aus der zweiseitigen, viel einfacher gebauten Astrolarve.

Die Sternlarven (Astrolarvae oder Echinopaedia; Tafel 10, Fig. 8; Tafel 30, Fig. 5, 6; Tafel 40, Fig. 3—6; Tafel 50, Fig. 3, 4; Tafel 95, Fig. 1—6). Aus dem befruchteten Ei aller Echinodermen entwickelt sich zunächst eine typische Gastrula (ähnlich Tafel 76, Fig. 1) und aus dieser eine frei schwimmende bilaterale Larve, die im wesentlichen Körperbau einem Rädertier gleicht (Rotatoria; Tafel 32); sie schwimmt mittels eines besonderen Flimmerapparates im Meere umher und gleicht darin den ähnlichen Larven anderer Cölomarien. Während aber dieses „Wimperorgan“ ursprünglich (bei einigen Vermalien und vielen Anneliden) einen einfachen oder doppelten Wimperkranz um den Mund der Larve bildet (Trochophora), bei den Mollusken ein zweilappiges Wimpersegel (Veliger), entwickelt es sich bei den Sterntieren gewöhnlich zu einer langen Wimperstirn, und diese setzt sich in großer Ausdehnung auf die vielgestaltigen Fortsätze („Larvenarme“) fort, die sich an dem schwimmenden Körper der kleinen Astrolarve rechts und links symmetrisch entwickeln (in Tafel 40, Fig. 3—6, ist die Wimperstirn durch orange, in Tafel 50, Fig. 3, 4, durch weiße Farbe hervorgehoben). Die mannigfaltigen und abenteuerlichen Formen, die der Larvenkörper durch verschiedenartiges Auswachsen und Vermehrung dieser Arme und ihrer Wimperstirne erlangt, sind zum Teil für die einzelnen Klassen der Sterntiere charakteristisch

(innerhalb der Klassen erblich) und werden mit besonderen Namen bezeichnet; so gleicht z. B. die Larve der Thuroideen einem Pantoffel oder Rahn (Scaphularia; Tafel 50, Fig. 3, 4); die Larve der Asterideen einem Wappenschild (Brachiolaria; Tafel 40, Fig. 3—6); die Larve der Ophiodeen einer vierseitigen oder achtseitigen Pyramide (Pluteus; Tafel 10, Fig. 8); die Larve der Echinideen einer Malerstaffelei (Pluteus; Tafel 30, Fig. 3, 4). Viele Larven von Sterntieren sind so ähnlich denjenigen von Vermalien und Anneliden, daß man sie früher damit verwechselt hat. Auch der einfache innere Bau des bilateralen Körpers ist ursprünglich noch derselbe. In der Mitte des kleinen gallertigen Larvenleibes liegt ein einfacher Darmkanal, vorn mit Mund, hinten mit Afteröffnung; gewöhnlich sondern sich am Darm frühzeitig drei Abteilungen (wie bei den meisten Cölomarien): vorn der Munddarm (Stomodaeum), in der Mitte der Magen oder Mitteldarm (Mesodaeum), hinten der Enddarm (Proctodaeum). Von der späteren entwickelten Organisation des fünfstrahligen Astrozoon ist sonst an der zweiseitigen Astrolarve noch nichts zu bemerken. Namentlich fehlt anfangs noch die Leibeshöhle (Coeloma); ihre Bildung beginnt erst, wenn aus dem Magen rechts und links eine Tasche oder ein „Lateralsäckchen“ hervorstößt (Tafel 10, Fig. 8; Tafel 30, Fig. 6); erst dann fängt die charakteristische Verwandlung an.

Verwandlung der Sterntiere (Astrogenesis). Von den bekannten Verwandlungen höherer Tiere (z. B. der Schmetterlinge, Käfer und anderer Insekten) unterscheidet sich die eigentümliche Astrogenese der Echinodermen sehr auffallend dadurch, daß die bilaterale Jugendform (Astrolarva) nicht nur eine ganz andere Grundform hat als das erwachsene geschlechtsreife Tier (Astrozoon), sondern daß auch im inneren Körperbau die größten Differenzen bestehen; während der Verwandlung geht nur ein Teil der Organe aus dem einfachen Körper der Larve in den verwickelten Bau des Reifetieres über; der größte Teil des letzteren wird neu gebildet. Die beiden Cölomtaschen bilden zum Teil die spätere Leibeshöhle (Metacöl), zum anderen Teil das eigentümliche Wassergefäßsystem oder Ambulakralsystem, das die Sterntiere von allen anderen Tieren unterscheidet. Diese Wasserleitung besteht

aus vielen Röhren, in die das Seewasser durch eine äußere Öffnung eingeführt wird. Aus einem circoralen (den Mund umgebenden) Wassergefäßring (Hydrocircuitus) tritt das Seewasser in fünf radiale Hauptgefäße ein, und aus deren Seitenästen in zahlreiche, einem Handschuhfinger ähnliche hohle Hautanhänge, die bald als Tentakeln zum Fühlen und Greifen dienen (Tafel 20, Fig. 1—3; Tafel 50, Fig. 1, 2), bald als Füßchen zum Kriechen und Ansaugen (Tafel 40, Fig. 1; Tafel 60, Fig. 1). Zunächst wachsen aus dem ambulakralen Mundring (der aus dem Vorderteil der linken Cölomtasche asymmetrisch entstanden ist) fünf einfache „Primärtentakeln“ hervor (Tafel 50, Fig. 5, 6), ähnlich wie auch bei manchen festfügenden Bryozoen (*Loxosoma*) und Rotatorien (*Stephanoceros*; Tafel 32, Fig. 1) der Mund von fünf Armen umgeben wird. Durch jene fünf primären Fühlerbildungen des Ambulakralsystems, aus denen dann fünf lange Kanäle mit vielen Ästen hervordringen, wird die ganze spätere Pentaradialform des Asterozoön bestimmt (Tafel 40, Fig. 7, 8; Tafel 95, Fig. 5, 6). Dem fünfstrahligen Ausbau der Wasserleitung folgen nun auch die anderen Organe (Blutgefäße, Muskeln, Nerven) und vor allem das innere Kalkskelett, welches in der Lederhaut sich entwickelt. Dieses feste Kalkgerüst ist in bezug auf die außerordentliche Zahl und kunstreiche Zusammensetzung der einzelnen Teile wie auf die Mannigfaltigkeit der Gestalt und Struktur das vollkommenste von allen Hartgebilden der organischen Welt. So besteht z. B. das ebenso bewegliche wie feste Skelett bei vielen Crinoideen (Tafel 20, Fig. 1—3) aus mehreren Millionen von zierlich geformten Kalkstücken (Tafel 20, Fig. 4—8), und diese sind durch Gelenke, Muskeln und Bänder in sehr vollkommener Form verbunden. Aber nicht nur die Tafeln, die dieses Hautskelett zusammensetzen, zeichnen sich durch äußerst mannigfaltige und zierliche Bildung aus, sondern auch die zahlreichen beweglichen Anhänge, die aus der Haut hervordringen, in Form von Stacheln, Keulen, Haaren, Schuppen, Zangen u. s. w. Eigentliche Stacheln, die dem ganzen Stamm den Namen Stachelhäuter gegeben haben, finden sich allerdings nur in den drei höheren Klassen der Echinodermen entwickelt, bei den Seesternen (Tafel 40), Schlangenseesternen (Tafel 10, 70) und Igelfesternen (Tafel 30, 60).

Die Erklärung dieser eigentümlichen Reimesgeschichte der Sterntiere gibt ihre Stammesgeschichte mit Hilfe des biogenetischen Grundgesetzes und des reichen Schatzes von Versteinerungen, den die ausgestorbenen Asterozoen hinterlassen haben. Die drei ältesten Klassen des Stammes (Amphorideen, Tafel 95; Cystoideen, Tafel 90; Blastoideen, Tafel 80) sind seit vielen Millionen Jahren ausgestorben und nur in den paläozoischen Sedimenten versteinert zu finden. Aber auch über die Phylogenie der übrigen fünf Klassen gibt die Paläontologie reiche Aufschlüsse, nur die Thuroideen (Tafel 50) ausgenommen, deren lederartige Haut kein zusammenhängendes Kalkskelett liefert wie bei den übrigen Klassen; dafür zeichnen sich die mikroskopischen Kalkkörperchen, die massenhaft in ihrer Lederhaut eingebettet sind, durch großen Reichtum an zierlichen Formen aus (Tafel 50, Fig. 8—22).

Stammesgeschichte der Sterntiere. Als die älteste von den acht Klassen der Echinodermen sind die paläozoischen Urnensterne (Amphoridea; Tafel 95) zu betrachten. Ihnen fehlt die fünfstrahlige Struktur der meisten übrigen Sterntiere noch vollständig, insbesondere auch deren charakteristisches Anthodium, d. h. die pentaradiale blumenähnliche Rosette, die den Mund umgibt, und die aus fünf blumenblattähnlichen Fühlerfeldern (Ambulacra) zusammengesetzt ist. Letztere entwickeln sich durch zentrifugales Auswachsen von fünf radialen Kanälen, die vom Mundring abgehen. Statt der Fühlerfelder besitzen die Amphorideen teils nur ein Paar Tentakeln am Munde (Tafel 95, Fig. 1, 2), teils drei, vier oder fünf Fühler, die den Mund umgeben. Die Ausbildung dieses circoralen Tentakelkranzes ist offenbar durch Anpassung an festfügende Lebensweise entstanden, ebenso wie bei den Bryozoen (*Loxosoma*) und einzelnen Rotatorien (*Stephanoceros*; Tafel 32, Fig. 1). Aus Vermalien, die den beiden letzteren Gruppen sehr nahe verwandt waren, sind die ältesten Amphorideen entstanden. Auch bei ihnen erfuhr der Darmkanal die charakteristische „hufeisenförmige Krümmung“, infolge deren der terminale After nach vorn gegen die Mundöffnung hin gewandert ist (Pleuropygia).

An die Stammklasse der Amphorideen schließen sich zunächst zwei andere Klassen von Sterntieren an,

einerseits die Beutelfterne (Cystoidea; Tafel 90), anderseits die Gurkensterne (Thuroidea oder Holothuriae; Tafel 50). Die ersteren haben die feststehende Lebensweise der Amphorideen-Ahnen beibehalten; die letzteren haben sie aufgegeben und sich wieder an die freie, kriechende Ortsbewegung angepasst. Allen drei Klassen gemeinsam ist der Besitz einer einfachen, asymmetrisch rechts oder links gelegenen (bisweilen auch in die Mitte gerückten) Geschlechtsöffnung; sie besitzen auch nur ein Paar Geschlechtsdrüsen und können daher als Monorchonia zusammengefasst werden. Die übrigen fünf Klassen hingegen besitzen fünf Paar Gonaden und meistens auch ebenso viele Geschlechtsöffnungen (Pentorchonia). Die letzteren liegen bei den feststehenden Drocincten oben um den Mund herum (Blastoidea, Tafel 80, und Crinoidea, Tafel 20); dagegen bei den frei beweglichen Pygocincten, bei denen der Mund nach unten gekehrt ist, oben um den After herum (Ophiodea, Tafel 10, 70; Asteroidea, Tafel 40; Echinidea, Tafel 30, 60). Die fünf Gonadenpaare sind bei allen Pentorchonien durch einen Genitalring verbunden, und dieser liegt stets auf der oberen Seite. Da bei den feststehenden Drocincten der Mund nach oben gekehrt ist, umgibt der Genitalring hier den Mund; umgekehrt umgibt er den After bei den frei beweglichen Pygocincten, deren Mund in der Mitte der unteren Seite liegt.

Die fünfstrahlige Grundform, deren geometrischer Ausdruck die fünfseitige reguläre Pyramide ist, erscheint bei den meisten Astrozoen rein ausgeprägt, abgesehen davon, daß die einseitige Entstehung des Hydrocöls (der Anlage des Ambulakralsystems aus der linken Cölomtasche) von vornherein eine leichte Asymmetrie in der Lage gewisser Organe (z. B. der Madreporenplatte, der Gonade) bedingt. Aber bei vielen Sterntieren geht die pentaradial-reguläre Form später in die amphipleure oder pentaradial-bilaterale Grundform über. Am auffallendsten ist das bei den jüngeren Seeigeln (Clypeastronia; Tafel 30); diese haben sich daran gewöhnt, sich in einer bestimmten Haltung und Richtung des Körpers kriechend fortzubewegen, mit einem Ambulakrum vorangehend; infolgedessen haben sich die vier anderen Ambulakren symmetrisch zu beiden Seiten der Medianebene geordnet. Zugleich ist der After, der

oben in der Mitte des Scheitelfeldes lag, oben auf dem Rücken nach hinten gewandert oder sogar nach unten auf die Bauchseite (Tafel 30, Fig. 2, 4); bei vielen Spatangiden wandert auch der Mund auf der Bauchseite nach vorn. Hingegen kriechen die älteren regulären Seeigel (Cidaronia; Tafel 60) mit gleicher Geschicklichkeit nach allen Richtungen; die fünf Ambulakren sind hier gleichmäßig entwickelt. Jene Umbildung der regulären in die bilaterale Pentaradialform (infolge bestimmter funktioneller Veränderungen) ist ein schönes Beispiel für die „Vererbung erworbener Eigenschaften“.

D. 3) **Weichtiere** (Mollusca; Tafel 43, 44, 53, 54, 55). Der umfangreiche und vielverzweigte Stamm der Weichtiere unterscheidet sich von den übrigen Overtieren hauptsächlich durch die Bildung einer charakteristischen Kalkschale, welche den Rücken des ungegliederten Weichkörpers schützend bedeckt und von einer bilateralen Hautfalte desselben, dem Mantel (Pallium), abgefordert wird. Es ist daher der alte Name Schalthiere (Testacea oder Conchylia) eigentlich bezeichnender als der Ausdruck „Weichtiere“. Dem dorsalen Mantel gegenüber liegt auf der Bauchseite des sackförmigen Körpers der fleischige Fuß (Podium), eine starke Muskelplatte, die zum Kriechen, Schwimmen, Graben und zu anderen Formen der Ortsbewegung dient. Zwischen Fußrand und Mantelrand liegen ursprünglich ein Paar Kiemen, in Form von Rämmen, Blättern, Fadenbüscheln u. s. w. Das vordere Ende des Körpers ist meistens mehr oder weniger deutlich als Kopf abgesetzt; an ihm liegt der Mund und die Sinnesorgane (Fühler und Augen). Der After liegt ursprünglich am hinteren Ende der Längsachse, rückt aber häufig später nach vorn. Im inneren Körperbau schließen sich die Mollusken zunächst an gewisse Wurmtiere (Vermalia) an, die wir als ihre direkten Vorfahren betrachten müssen. Die sehr charakteristische Jugendform der Weichtiere, die als Segellarve (Veliger) bezeichnet wird, gleicht im wesentlichen Körperbau einem Rädertiere (Rotatorium).

Die Grundform des Körpers ist bei den Mollusken, wie bei allen anderen Cölomarien, die bilaterale oder dorsoventrale, und zwar die zygo-pleure; der Leib ist aus einem Paar Antimeren zusammengesetzt, aus der rechten und linken Körperhälfte. Ursprünglich sind die letzteren spiegelgleich,

wie bei den ältesten heute noch lebenden Weichtieren, den Amphineuren (Chiton). Aber bei sehr vielen Mollusken (namentlich Schnecken) geht diese persymmetrische Grundform später in die asymmetrische über, indem die eine Körperhälfte stärker wächst und eine andere Form annimmt als die entgegengesetzte. Infolgedessen entstehen bei den meisten Gastropoden jene Spiralgehäuse (Tafel 53), die von den gewöhnlichen Zungenschnecken (*Helix*, *Limnaeus*) jedermann bekannt sind. Die Ursache dieser Schraubenbildung, die auch bei manchen Tintenfischen wiederkehrt, ist in dem gestörten Gleichgewicht der beiden Antimeren zu suchen, von denen das stärker wachsende, schwerere (rechte oder linke) das Wachstum des entgegengesetzten beeinträchtigt. In anderen Fällen, bei den Austern und anderen feststehenden Muscheln, ist es die Anpassung an die feststehende Lebensweise (das Anwachsen der rechten oder linken Schalenklappe), die die Asymmetrie hervorruft.

Schnecken (Gastropoda oder Cochlides; Tafel 43, 53). Die Kalkschale, die vom dorsalen Mantel ausgeschieden wird, entwickelt in der großen Klasse der Schnecken eine außerordentliche Mannigfaltigkeit der Form, Zeichnung und Färbung; man unterscheidet mehr als 24,000 Arten (davon zwei Drittel lebend, ein Drittel ausgestorben). Die ursprüngliche Form der Schale ist ein einfaches, flaches oder wenig gewölbtes Schild von elliptischer, eiförmiger oder länglichrunder Gestalt (ähnlich *Umbrella*). Indem der Rücken des Weichtieres unter dieser schützenden Decke sich stärker wölbt, wird diese flach kegelförmig (*Patella*, *Fissurella*). Bei noch stärkerem Wachstum des Rückens neigt sich die höher werdende Kegelschale auf eine Seite und beginnt, sich spiralförmig aufzuwinden, und indem die Asymmetrie der beiden Antimeren sich immer stärker ausbildet, die röhrenförmige Schale sich verlängert und in mehrere Spiralwindungen legt, entstehen die bekannten „Wendeltreppen“ des gewöhnlichen Schneckenhauses (Tafel 53). Durch Anpassung an besondere Lebensweise kann aber später die Kalkschale wieder überflüssig werden und verloren gehen (Nacktschnecken, Tafel 43). Der Kopf ist bei den meisten Schnecken mäßig entwickelt, selten rückgebildet; meist trägt er ein Paar Augen und Fühler. Der Fuß ist gewöhnlich eine breite platte Sohle, auf der die Schnecke kriecht.

Muscheln (Acephala oder Bivalva; Tafel 55). Von den übrigen Mollusken unterscheiden sich die „kopfloren oder zweiflappigen“ Muscheln erstens durch die Rückbildung des Kopfes (dessen Augen, Fühler und Gebiß verloren gegangen sind) und zweitens durch den Zerfall der einfachen Rückendecke in drei Stücke (durch Einscheiden von zwei parallelen Längsfurchen). Die beiden breiten, seitlichen Stücke sind die kalkigen Schalenklappen, die rechts und links von den breiten, tief herabhängenden Mantellappen ausgeschieden werden; sie werden oben, in der Mitte des Rückens, zusammengehalten durch das elastische Schloßband, das schmale Mittelstück der Rückendecke. Viele Muscheln sind persymmetrisch gebildet, indem rechte und linke Körperhälfte gleichmäßig entwickelt sind; aber bei der Mehrzahl haben sich beide Antimeren oben mehr oder weniger ungleich umgebildet, indem Schloßzähne der einen Klappe in entsprechende Vertiefungen der anderen eingreifen, so bei der Riesenschnecke (Tafel 55, Fig. 10—13). Stärker wird die Asymmetrie beider Hälften bei den Austern und anderen feststehenden Acephalen, wo die eine Klappe festgewachsen und stärker gewölbt ist und die andere als flacher, beweglicher Deckel auf ihr liegt.

Kraken (Cephalopoda; Tafel 44, 54). Die interessante Klasse der Kraken oder Tintenfische steht an der Spitze des Molluskenstammes; sie unterscheidet sich von den übrigen Weichtierklassen durch ansehnliche Körpergröße, vollkommeneren Organisation, mächtige Entwicklung des Kopfes und eigentümliche Umbildung des Fußes. Der Vorderteil des Fußes (*Propodium*) entwickelt sich zu einem Kranz von starken, fleischigen Armen, die meistens mit Saugnapfen besetzt sind, vier Paar bei den Achtarmigen (*Octolena*, Tafel 54, Fig. 3—5), fünf Paar bei den Zehnarmigen (*Decolena*; Tafel 54, Fig. 1, 2). Der Hinterteil des Fußes dient zum Schwimmen und bildet eine breite Muskelplatte, die kegelförmig aufgerollt wird, den Trichter (*Infundibulum*); das Wasser, welches in die Atemhöhle aufgenommen wird, tritt durch die enge Öffnung des kegelförmigen Trichters nach außen und bewirkt durch den Rückstoß (gegen den Boden der Kiemenhöhle) die kräftige Schwimmbewegung. Bei den älteren Kraken (*Tomochonia*), von denen heute nur noch eine einzige Form (*Nautilus*) lebt, verwachsen die beiden Seitenwände des tütenförmig aufgerollten Trichters nicht; dagegen ent-

steht durch Verwachsung derselben bei den jüngeren Kraken (Gamochonia) ein geschlossenes Rohr mit zwei Öffnungen.

Auch die Kalkschale zeigt bei den Kraken eine kompliziertere und höhere Ausbildung als bei den übrigen Weichtieren. Die älteste Form des schützenden Gehäuses war auch hier, wie bei den Schnecken, eine einfache kegelförmige Rückendecke (ähnlich Patella). Diese wächst zu einem längeren pyramidalen Rohr aus bei den Conulariden. Das kegelförmige Rohr, mit gerader Achse, wird zu einem eigentümlichen Schwimmapparat, indem sich viele hintereinander liegende, mit Luft gefüllte Kammern aneinanderreihen, so bei den Endoceraden, Orthoceraden und Gomphoceraden. Indem die gerade Achse dieses vielkammerigen Schwimmorgans sich krümmt und dann spiralg in einer Ebene aufrollt, entstehen die zierlichen planospiralen Gehäuse, welche unter den lebenden Cephalopoden Nautilus und Spirula besitzen, unter den ausgestorbenen die formenreichen Ammonshörner (Ammonitida; Tafel 44) mit mehreren tausend fossilen Arten. Bei einem anderen Teile der Kraken wird die Schale teilweise oder ganz rückgebildet. Der gewöhnliche „Tintenfisch“ (Sepia) besitzt als letzten Rest der Schale eine lanzettförmige solide Kalkplatte („Rückenschulpe“), eingeschlossen in der Vorderwand der Rückenhaut. Bei den schnell schwimmenden Kalmaren (Tafel 54, Fig. 1, 2) ist aus der stützenden Kalkplatte ein nutzloses dünnes Hornplättchen geworden. Bei den meisten achtarmigen Kraken der Gegenwart (Octolena; Tafel 54, Fig. 3—5) ist die Schale ganz verschwunden.

D. 4) **Gliedertiere** (Articulata). Die formenreichste von allen Hauptabteilungen des Tierreiches ist der Stamm der Gliedertiere, in welchem wir drei Hauptklassen unterscheiden: 1) die Ringeltiere (Annelida; Tafel 96), 2) die Krustentiere (Crustacea; Tafel 47, 56, 57, 76, 86) und 3) die Luftröhrtiere (Tracheata); zu den letzteren gehören vor allen die Spinnentiere (Arachnida; Tafel 66) und die Kerbtiere (Insecta; Tafel 58). Alle diese echten Gliedertiere haben gemeinsam die charakteristischen Eigentümlichkeiten der äußeren Form und inneren Organisation, durch die sie sich von allen anderen Tieren durchgreifend unterscheiden. Die äußere Gliederung (Articulatio), die in fun-

damentalem Gegensatz zu der inneren Gliederung (Vertebratio) der Wirbeltiere steht, spricht sich bei allen Articulaten darin aus, daß der langgestreckte bilaterale Körper durch quer verlaufende Einschnitte in bewegliche Glieder, Metameren oder Segmente zerfällt; ihre Anzahl ist bei den niederen und älteren Formen des Stammes sehr wechselnd, oft über hundert; bei den höheren Formen beträgt sie meist 15—20. Ihre Oberhaut (Epidermis) scheidet eine feste Cuticula aus, d. h. eine Masse, die alsbald erhärtet und einen schützenden Panzer darstellt. Dessen organische Grundlage (Chitin) wird oft durch Einlagerung von Kalkerde verstärkt. Die festeren Chitinringe (Zoniten) der einzelnen Segmente sind an den Einschnitten durch dünnere Zwischenhäute (Interzoniten) beweglich verbunden. Während dieses gegliederte Hautskelett dem Körper der Articulaten einen hohen Grad von Festigkeit und Beweglichkeit verleiht, fehlt ihnen vollständig das typische innere Achsenskelett der Wirbeltiere (Chorda und Perichorda) und damit zugleich die wichtige, für diese charakteristische Scheidung von neuralem Rückenleib (Episoma) und gastralem Bauchleib (Hyposoma). Ebenso groß ist der Gegensatz in der ganzen inneren Organisation der Gliedertiere und Wirbeltiere; das Zentralnervensystem der Articulaten ist ein „Bauchmark mit Schlundring“, dasjenige der Vertebraten ein „Rückenmark ohne Schlundring“; das Herz der ersteren ist ein Rückengefäß, das der letzteren Teil eines Bauchgefäßes. Dementsprechend zeigen die beiden großen und höchstentwickelten Tierstämme der Gliedertiere und Wirbeltiere auch im Bau und den gegenseitigen Lagebeziehungen aller anderen Organsysteme so durchgreifende Gegensätze, daß wir beide phylogenetisch aus zwei verschiedenen Gruppen der Wurmtiere (Vermalia) ableiten müssen.

Die drei Hauptklassen der Gliedertiere wurden früher (und auch heute noch häufig) in der Weise aufgefaßt, daß man die Krustazeen und Tracheaten in einem besonderen Typus der Gliederfüßler (Arthropoda) vereinigte, dagegen die Anneliden ganz von ihnen trennte und zu der buntgemischten Gesellschaft der „Würmer“ (Vermes) stellte. Als Hauptgrund für diese künstliche Gruppierung wurde angegeben, daß die Beine der Arthropoden „gegliedert“ sind, die der letzteren nicht. Allein dieser

Unterschied ist weder durchgreifend noch bedeutend. Dagegen hat sich neuerdings herausgestellt, daß die künstliche Gruppe der Arthropoden diphyletisch ist, und daß ihre beiden Hauptgruppen, Krustazeen und Tracheaten, aus zwei verschiedenen Zweigen des Annelidenstammes entsprungen sind; diese letzteren stammen ab von einem Zweige der ungegliederten Wurmtiere (Vermalia).

Die bilaterale Grundform ist bei der großen Mehrzahl der Gliedertiere persymmetrisch, indem rechte und linke Körperhälfte vollkommen gleichmäßig entwickelt erscheinen. Indessen können in vielen Fällen die beiden Antimeren mehr oder weniger ungleich auswachsen, so daß eine sekundäre Asymmetrie sich bemerkbar macht, so z. B. im Größenunterschied der linken und rechten „Schere“ vieler Krebse. Bei manchen Gliedertieren, die sich an feststehende Lebensweise angepasst haben, geht scheinbar die ursprüngliche bilaterale Form in die radiale über, so bei manchen Rankenkrebse; ihre Kalkschale wird bisweilen korallenähnlich, so bei den sechsstrahligen *Coronula* und *Chthamalus* (Tafel 57, Fig. 9 bis 12) oder bei den achtstrahligen *Catophragmus* und *Octomeris* (Tafel 57, Fig. 13, 14). Indessen ist diese Radialstruktur nur äußerlich im Schalenbau durchgeführt und hat keinen Einfluß auf die bilaterale Grundform des eingeschlossenen Tierkörpers. Dasselbe gilt von einigen kleinen Milben, deren Rücken mit mehreren Kränzen von konzentrischen Blättern bedeckt ist und einem „Strahlentier“ ähnlich wird (Tafel 66, Fig. 1—4).

Das Chitin, das die Grundlage der Artikulationshülle liefert, ist eine stickstoffhaltige, schwer lösliche Substanz, die sich durch einen hohen Grad von Festigkeit, verbunden mit Elastizität, auszeichnet. Zugleich ist sie außerordentlich plastisch, so daß die Zellen der Epidermis (hier auch oft als Hypodermis bezeichnet) imstande sind, eine unendliche Fülle von verschiedenartigen Gebilden aus dem Chitin zu formen. Die Anpassung derselben an die verschiedensten Lebenstätigkeiten hat hier eine außerordentliche Zahl bestimmter Bildungen hervorgerufen, die sich sowohl durch ihre Nützlichkeit als auch durch ihre Schönheit auszeichnen. Das gilt sowohl von der ganzen Körperform der Personen als auch von ihren Organen und den äußeren Anhängen (Haaren, Schuppen, Stacheln u. dergl.). Auch in bezug auf

den äußeren Schmuck, auf Pracht der Färbung und Mannigfaltigkeit der Zeichnung werden die Artikulaten von keiner anderen Tiergruppe übertroffen; wir erinnern nur an die Schmetterlinge.

Ringeltiere oder Ringelwürmer (Annelida oder Annulata; Tafel 96). Diese Hauptklasse ist die älteste und niederste von den drei großen Gruppen der Gliedertiere; aus zwei verschiedenen Zweigen der Ringeltiere haben sich die beiden anderen Hauptklassen, Krustazeen und Tracheaten, erst später entwickelt. Für die höhere Ausbildung der beiden letzteren, der sogenannten „Arthropoden“, wurde vor allem die Verlängerung und Gliederung der Beine wichtig, die bei den Anneliden noch kurz und ungegliedert bleiben (sogenannte „Fußstummeln“, Parapodia). Außerdem bleiben die zahlreichen Glieder (Segmente oder Metameren) der Ringeltiere meistens gleichartig (homonom), mit Ausnahme der beiden ersten Ringe (Kopf) und des letzten (Telson). Hingegen sind die weniger zahlreichen Segmente beider Arthropodengruppen gewöhnlich mehr ungleichartig (heteronom), d. h. durch Arbeitsteilung differenziert und so auf drei Hauptabschnitte des Leibes verteilt, daß Kopf (Caput), Brust (Thorax) und Hinterleib (Abdomen) sich scharf voneinander sondern. Indessen fehlt diese Differenzierung noch den ältesten Krustazeen (Trilobiten) und Tracheaten (Prototracheaten), und anderseits tritt sie auch schon bei manchen Anneliden auf.

Die meisten und formenreichsten Gruppen der Ringeltiere leben im Meere, vor allen die schönen Borstenwürmer (Chaetopoda); eine geringere Zahl auch im Süßwasser (Naiden u. a.); sehr wenige auf oder in der Erde (Erdwürmer, Regenwürmer, Lumbricinen); viele sind auch Schmarotzer, die auf anderen Tieren leben, besonders die Blutegel (Hirudinea). Man teilt die ganze Hauptklasse der Anneliden neuerdings in zwei große Klassen, die niederen Glattwürmer (Hirudinea), ohne Füße und Borsten, und die höheren Borstenwürmer (Chaetopoda), deren Haut Reihen von harten Chitinborsten, Stacheln oder Haaren trägt, meistens auf ungegliederten Füßen befestigt. Zu den Hirudineen mit glatter, borstenloser Haut gehören die ältesten Gliedertiere, die Urringeltiere (Archannelida) und die parasitischen Egel (Hirudinida). Die Chaetopoden zerfallen in borstenarme (Oligochaeta; z. B. die

Lumbricinen) und in borstenreiche (Polychaeta; Tafel 96). Unter den letzteren gibt es viele Arten, die sich durch schöne Färbung und Bedeckung des vielgliederigen schlangenähnlichen Körpers auszeichnen. Bei den frei beweglichen Raubwürmern (Rapacina; Tafel 96, Fig. 5—7) bilden zierliche Anhänge die federförmigen oder fahnenförmigen Kiemen, die sich, ebenso wie die Borstenbündel, an jedem Segment paarweise wiederholen. Bei den festsetzenden Röhrenwürmern (Tubicolae; Tafel 96, Fig. 1—4) sind dagegen die Kiemen, da der größte Teil des Körpers in einer Röhre eingeschlossen ist, nur am Kopfe entwickelt, hier aber um so stärker, in Form schöner Federbüsche, Bäumchen u. dergl.

Krustentiere (Crustacea; Tafel 47, 56, 57, 76, 86). Diese Hauptklasse unterscheidet sich von den Anneliden hauptsächlich durch ausgeprägte Gliederung der verlängerten Beine und die stärkere Ausbildung der Chitindecke, die meistens durch Einlagerung von Kalk zu einem festen Chitinpanzer wird. Indessen stehen einige älteste Krustaceen (Trilobiten) gewissen Chätopoden (Polynoiden) so nahe, daß die Entstehung der Krustentiere aus einem Zweige der Ringeltiere nicht zweifelhaft ist. Die meisten Krustaceen leben im Wasser und atmen durch Kiemen, im Gegensatz zur Hauptklasse der Tracheaten, die außerhalb des Wassers lebt und durch Luftröhren atmet. Indessen gibt es auch verschiedene Krebstiere, die sich dem Leben in der Luft anpassen und demgemäß ihren Kiemenbau modifiziert haben, so z. B. die Landkrabben und Kelleraasseln. Wir unterscheiden in der Hauptklasse der Krustaceen zwei Klassen, die älteren Schildtiere (Aspidonia) und die jüngeren Krebstiere (Caridonia). Die ersteren tragen am Kopfe ein Paar Fühler (gleich den meisten Anneliden), die letzteren dagegen zwei Paar. Von den Aspidonien (Tafel 47) lebt heute nur noch eine einzige Gattung, der große „Molluskenkrebs“ (Limulus; Fig. 1, 2); dagegen waren diese Schildtiere in älteren Perioden der Erdgeschichte durch sehr zahlreiche und merkwürdige Formen vertreten. Unter den Riesenkrebse (Gigantostrea) erreichte Pterygotus (Tafel 47, Fig. 5) nicht weniger als 1½ m Länge; er ist das größte aller bekannten Gliedertiere. Sehr zahlreich lebte in den paläozoischen Meeren die Legion der Dreiteilkrebse (Trilobita; Tafel 47,

Fig. 6—21). Einige Formen derselben (z. B. Triarthrus; Tafel 47, Fig. 20) sind gewissen Borstenwürmern (Alphroditida) so ähnlich, daß die Abstammung jener Aspidonien von diesen Polychaeten keinem Zweifel unterliegen kann.

Die Klasse der eigentlichen Krebstiere (Caridonia) oder der „Krustaceen im engeren Sinne“ enthält eine viel größere Anzahl von sehr verschiedenartigen Formen. Obwohl diese in bezug auf Körpergröße und Gestalt, Zahl der Segmente und Beinpaare, vielgestaltige Ausbildung der Glieder zu den verschiedensten Zwecken, und auch in der Entwicklung des inneren Körperbaues sehr weit auseinandergehen, haben doch alle gemeinsam die höchst charakteristische Jugendform des Nauplius (Tafel 76, Fig. 2). Diese Larve trägt immer nur drei Beinpaare, von denen das erste ungeteilt ist, während die beiden anderen zweispaltig sind. Durch eine Reihe von merkwürdigen Verwandlungen gehen aus dieser gemeinsamen Larvenform des Nauplius die verschiedenen Formen der Krebstiere hervor; dabei entwickeln sich viele höchst sonderbare und abenteuerliche Larvenformen, die man früher, ehe man ihren ontogenetischen Zusammenhang kannte, unter besonderen Namen als selbständige Gattungen beschrieben hat.

Die vielgestaltigen Ordnungen und Unterordnungen, auf die man die zahlreichen Familien der Krebstiere verteilt hat, kann man in drei größeren Gruppen oder Legionen zusammenstellen, die Niederkrebse, Haftkrebse und Panzerkrebse. Von diesen sind die Niederkrebse (Entomostraca) als die ältesten und primitivsten anzusehen; es gehören dahin die Blattfußkrebse (Phyllopoda), die sich unmittelbar an die Trilobiten (Tafel 47, Fig. 6—21) und die nahe verwandten Chätopoden (Tafel 96) anschließen; ferner die große Ordnung der kleinen Ruderkrebse (Copepoda; Tafel 56), von denen mehr als tausend Arten bekannt sind, viele ausgezeichnet durch höchst zierliche und elegante Formen.

Eine sehr abweichende Legion bilden die Haftkrebse (Pectostraca; Tafel 57); sie sind durch Anpassung an festsetzende Lebensweise rückgebildet und so verändert, daß man sie früher für Mollusken ansah und den Muscheln anschloß. Insbesondere zeichnen sich die Rankenkrebse (Cirripedia) durch sehr merkwürdige Umbildung aus; ein Teil von ihnen hat sich eine zweiflappige Kalkschale gebildet,

die derjenigen der echten Muscheln (*Bivalva*; Tafel 55) ganz ähnlich ist (*Lepadina*; Tafel 57, Fig. 1—8); ein anderer Teil ist sogar korallenähnlich geworden, die sechsstrahligen und achtstrahligen *Balanida* (Tafel 57, Fig. 9—14). Noch stärker entartet, infolge von schmaler werdender Lebensweise, sind die seltsamen Sackkrebse oder Wurzelkrebse (*Rhizocephala*); manche von diesen Parasiten sind im entwickelten reifen Zustande nichts weiter als ein unförmlicher, ungegliederter Sack, der nichts als beiderlei Geschlechtsprodukte enthält; er ernährt sich durch verzweigte, wurzelähnliche Saugfäden, die dem Wurzelgeflecht eines Pilzes (*Mycelium*) ähnlich in das Fleisch des Wohntieres hineinwachsen, auf dem der Sackkrebs angeheftet ist (Tafel 57, Fig. 15); man würde nicht daran denken, diesen wurmähnlichen, hermaphroditischen Parasiten für ein Gliedertier zu halten, wenn nicht aus den befruchteten Eiern derselbe Nauplius sich entwickelte wie bei den übrigen Caridonien.

In vollem Gegensatz zu diesen niederen und degenerierten Formen entwickelt sich der Krustazeen-Organismus zu sehr ansehnlichen, hochorganisierten und vielgestaltigen Formen in der Region der Panzerkrebse (*Malacostraca*; Tafel 76, 86). Hier ist der Körper beständig aus 20 Segmenten zusammengesetzt, von denen jedes ein Paar Gliedmaßen trägt, mit Ausnahme des letzten oder Schwanzgledes (*Telson*). Diese 19 Paar Beine sind auf die drei Hauptabschnitte des Körpers so verteilt, daß 5 auf den Kopf kommen, 8 auf die Brust und 6 auf den Hinterleib. Der starke verkalkte Chitinpauzer dieser Panzerkrebse zeichnet sich oft durch schöne Formen und bunte Farben des Körpers und seiner vielgestaltigen Anhänge aus; so namentlich in der Ordnung der stattlichen Zehnfüßerkrebse (*Decapoda*), zu der die Krabben, Garneelen und der Flußkrebs gehören (Tafel 86).

Luftröhrtiere (*Tracheata*; Tafel 58, 66). Die artenreichste und in vieler Beziehung wichtigste von den drei Hauptklassen der Gliedertiere sind die Tracheaten, die meistens auf dem Lande leben und durch Luftröhren (*Tracheae*) atmen. Diese ganz eigentümliche Form der Atmung ist dadurch ausgezeichnet, daß die atmosphärische Luft direkt durch Luftlöcher der Hautdecke aufgenommen und durch enge, meistens reichverzweigte Röhren im ganzen

Körper verbreitet wird. Infolgedessen erscheint das Blutgefäßsystem (das bei den Kiemenatmenden Anneliden und Krustazeen gut entwickelt ist) rückgebildet und ist meistens nur durch ein vielkammeriges Rückenherz vertreten. Die vier Klassen, die man neuerdings unter den Tracheaten unterscheidet, sind von sehr ungleichem Werte; in den beiden älteren und niederen Klassen, den Luftröhrentieren (*Prototracheata*) und Tausendfüßern (*Myriapoda*) ist der Körper, wie bei den Anneliden und niederen Krustazeen, langgestreckt, aus sehr zahlreichen Gliedern zusammengesetzt, und jedes dieser Segmente, das letzte ausgenommen, trägt ein Paar Beine. Diesen Opisthobanten, bei denen Brust und Hinterleib noch nicht geschieden ist, stehen als Thorakobanten die beiden jüngeren und höheren Klassen der Tracheaten gegenüber, die Spinnentiere (*Arachnida*; Tafel 66) und die Kerbtiere (*Insecta*; Tafel 58); hier ist die Zahl der Leibesglieder beschränkt (auf 10—18, selten 20), wie bei den höheren Krebstieren (*Malacostraca*), und diese Leibesglieder sind auf drei Hauptabschnitte verteilt, auf Kopf (*Caput*), Brust (*Thorax*) und Hinterleib (*Abdomen*). Der letztere trägt keine entwickelten Gliedmaßen; diese sind auf Kopf und Brust beschränkt, und zwar finden sich bei den Spinnentieren sechs Paar, bei den Kerbtieren sieben Paar Extremitäten. Die beiden Klassen der Thorakobanten, Spinnen und Insekten, stammen wahrscheinlich von zwei verschiedenen Zweigen der Myriapoden ab. Die „Tausendfüße“ (*Scolopender* und *Juliden*) werden von älteren Luftröhrentieren (*Prototracheata*) abgeleitet, die ihrerseits direkt von landbewohnenden Anneliden abstammen. Die heute noch lebenden kleinen Überreste dieser Stammgruppe (*Oxychophoren*, *Peripatida*) stehen in der Mitte zwischen den älteren Chätopoden (*Protochaeta*) und den jüngeren Myriapoden (*Scolopendrina*).

Spinnentiere (*Arachnida*; Tafel 66). Die echten Spinnentiere sind, gleich den naheverwandten Insekten, meistens dem Leben auf dem Lande angepasst und daher an die Lufatmung gebunden. Der wichtigste Unterschied zwischen den beiden Klassen der Thorakobanten besteht darin, daß bei den Arachniden sechs Paar, bei den Insekten dagegen sieben Paar Gliedmaßen am Kopfbrustteile des Körpers angebracht sind; den Spinnen fehlen die

Fühlhörner (Antennae), die bei den Insekten oben auf dem Kopfe stehen. Auch haben die Arachniden nicht die Flügel, die eine besondere Auszeichnung der Insekten bilden. Die ältesten und ursprünglichsten Formen der Spinnen, die jetzt noch leben, die Urspinnen (Solifugae), schließen sich in der Körpergliederung noch eng an die Insekten an; bei den übrigen verschmelzen Kopf und Brust zu einer Masse, „Kopfbrust“, Cephalothorax. Die Ringe des Hinterleibes (Tafel 66, Fig. 6—13) bleiben noch getrennt bei den Skorpionen (Scorpionea; Tafel 66, Fig. 5); sie verschmelzen zu einer rundlichen oder eckigen Masse bei den Webespinnen (Araneae; Tafel 66, Fig. 6—15). Bei den kleinen Milben (Acarinea) verwachsen auch die beiden Hauptstücke, Kopfbrust und Hinterleib, zu einer rundlichen Masse, an der von der ursprünglichen Gliederung nichts mehr zu sehen ist. Unter diesen kleinsten Arachniden sind viele Arten durch schöne Färbung und Zeichnung sowie durch einen Besatz von zierlichen Haaren und Schuppen ausgezeichnet (Tafel 66, Fig. 1—4).

Kerbtiere (Insecta; Tafel 58). Unter allen Klassen des Tierreiches ist diese die artenreichste und in der äußeren Erscheinung mannigfaltigste; mehr als 200,000 Arten sind genau beschrieben, davon kommen 90,000 allein auf die Käfer, 30,000 auf die Innnen, 20,000 auf die Schmetterlinge. Wahrscheinlich beträgt aber die Gesamtzahl der noch lebenden Spezies mehr als das Doppelte. Trotz dieser außerordentlichen Mannigfaltigkeit in der Bildung des gegliederten Körpers und seiner Anhänge sowie der schönen Zeichnung und bunten Färbung bleibt die wesentliche Gliederung und die erbliche Zusammenfügung des Körpers überall dieselbe; alle die unzähligen Spezies erscheinen nur als Variationen eines einzigen Themas. Immer verteilen sich die 17—19 Ursegmente auf drei Hauptabschnitte, Kopf, Brust und Hinterleib. Von diesen trägt der Kopf (Caput) vier Paar Gliedmaßen, nämlich ein Paar Fühlhörner (Antennae) und drei Paar Kiefer (I. Oberkiefer, Mandibulae; II. Unterkiefer, Maxillae; III. Hinterkiefer, Postmaxillae). Die Brust (Thorax) besteht aus drei Segmenten und trägt drei Beinpaare (I. Vorderbrust, Prothorax, mit den Vorderbeinen; II. Mittelbrust, Mesothorax, mit den Mittelbeinen; III. Hinterbrust, Meta-

thorax, mit den Hinterbeinen). Außerdem sitzen auf dem Rücken der Brust bei den meisten Insekten zwei Paar Flügel (Flugorgane, die in dieser Form bei keiner anderen Tierklasse vorkommen), und zwar die Vorderflügel auf der Mittelbrust, die Hinterflügel auf der Hinterbrust. Der Hinterleib (Abdomen) besteht gewöhnlich aus 10—11 Ringen und trägt bei den geschlechtsreifen Insekten in der Regel keine Anhänge; indessen finden sich solche „Afterfüße“ (Pleopodia) sehr verbreitet unter den Insektenlarven (bei den Raupen der Schmetterlinge 2—4, bei den Blattwespen 6—7, bei den Panorparien 8 Paar), und ihre Anlage ist auch bei den Embryonen vieler Orthopteren und Käfer nachzuweisen (8—10 Paar). Endlich besitzen auch die ältesten unter den lebenden Insekten, die kleinen flügellosen Campodinen (Campodea, Japyx), 7—9 Paar permanente Pleopodien in Form von Griffeln oder Hüftspornen. Alle diese Abdominalanhänge sind als erbliche Rudimente von Hinterleibsfüßen zu deuten, die durch Vererbung von den nächsten Vorfahren der Insekten, den Tausendfüßern (Myriapoda), auf diese übertragen wurden, hier aber ihre Bedeutung verloren haben. Auch die ganze innere Organisation der Kerbtiere, namentlich ihre Tracheenbildung, bezeugt unzweifelhaft die Abstammung der Insekten (ebenso wie der Arachniden) von den älteren Myriapoden.

Die unerschöpfliche Fülle von schönen und interessanten Kunstformen, welche die Insektenklasse darbietet, die Proportionen in der Gliederung des Körpers und seiner Anhänge, die Zierlichkeit in der Modellierung der einzelnen Teile, die unendliche Mannigfaltigkeit ihrer Zeichnung und die Pracht ihrer Färbung ist so allbekannt und durch so zahlreiche schöne Bilderwerke jedermann zugänglich, daß wir hier auf ein näheres Eingehen verzichten können. Wir beschränken uns auf die Bemerkung, daß fast alle Ordnungen der Insekten (deren früher sieben, jetzt meistens 12—15 oder mehr unterschieden werden) ihren ästhetischen Reiz und ihre ornamentale Bedeutung besitzen. In erster Reihe stehen die beiden großen Ordnungen der Schmetterlinge (Lepidoptera) und Käfer (Coleoptera); sie fallen wegen ihrer massenhaften allgemeinen Verbreitung und ansehnlichen Größe wie durch die Pracht ihrer Färbung und Zeich-

nung am meisten in die Augen und waren von jeher die bevorzugten Lieblinge der Sammler und Maler. In zweiter Reihe schließen sich ihnen die Geradflügler (Orthoptera) und die Halbflügler (Hemiptera) an; namentlich die Schrecken (Grylloptera) unter den ersteren und die Zikaden (Homoptera) unter den letzteren weisen viele stattliche Formen auf, die durch Schönheit der Färbung und Zeichnung wie durch malerische Form den Schmetterlingen und Käfern nicht nachstehen. In dritter Reihe kommen dann die Ordnungen der Immen (Hymenoptera), der Fliegen (Diptera), Netzflügler (Neuroptera) und Urflügler (Archiptera); da sie durchschnittlich viel kleiner sind als die vier erstgenannten Ordnungen, fallen sie weniger auf; allein bei Betrachtung mit der Lupe offenbaren auch sie einen großen Reichtum an interessanten, oft seltsamen Formen und zum Teil glänzenden Farben. Weniger bieten die kleineren Ordnungen, die in vierter Reihe stehen, die Pelzfliegen (Trichoptera), Kolbenflügler (Strepsiptera), die Flöhe (Siphonoptera) und die flügellosen Insekten (Apterota). Dagegen ist noch hinzuzufügen, daß auch unter den Larven der Insekten (besonders den Raupen der Schmetterlinge) nicht wenige sind, die durch Gestalt und Färbung ästhetisches Interesse erregen.

D. 5) **Wirbeltiere** (Vertebrata; Tafel 42, 67, 68, 79, 87, 89, 99, 100). Im Stamm der Wirbeltiere hat die schaffende Natur auf unserer Erde den höchsten Grad der organischen Vollkommenheit erreicht. Nicht allein übertreffen die Vertebraten alle anderen Tiere in morphologischer Beziehung durch Körpergröße und verwickelte Zusammensetzung der Organisation, in physiologischer Beziehung durch die qualitative Vollkommenheit der Lebenstätigkeiten (namentlich der höchsten Funktionen des Nervensystems und der Sinnesorgane, deren Gesamtheit wir „Seele“ nennen), sondern auch in ästhetischer Beziehung durch die Schönheit der Körperformen, die Pracht ihrer Färbung und Zeichnung. Allerdings ist dieser Vorrang der Wirbeltiere vor allen anderen Organismen nur bis zu einem gewissen Grade berechtigt und wesentlich dadurch bedingt, daß wir selbst diesem Stamme angehören und aus einem Zweige seiner höchstentwickelten Klasse, den Säugetieren, entsprungen sind. Als vervollkommnete Nachkommen von Serrantieren

(Primates) haben wir uns unbewußt daran gewöhnt, alle anderen organischen Formen zunächst am Maßstabe unseres eigenen Körpers zu messen und damit den festen anthropistischen Gesichtspunkt gewonnen, der uns den „Menschen als Maß aller Dinge“ erscheinen läßt. Im Gebiete der erkennenden Wissenschaft ebenso wie der spielenden Kunst steht naturgemäß immer der Mensch im Mittelpunkt des Interesses. Aber die richtige naturgemäße Auffassung dieser Anthropismen oder „Vermenschlichungen“, ihre beschränkte Rechtfertigung einerseits, ihre gesunde Einschränkung andererseits haben wir doch erst durch die Fortschritte der Biologie im 19. Jahrhundert, und besonders durch die Entwicklungslehre in dessen zweiter Hälfte, gewonnen. Sie lehrt uns, daß der Mensch als „höchstes Serrantier“ sich erst in später Tertiärzeit aus einer Reihe von niederen Primaten entwickelt hat, und daß diese von einer Reihe niederer Serrantiere (Placentalien) aus der älteren Tertiärzeit abstammen. Diese wiederum haben sich aus Beuteltieren (Marsupialien) der jüngeren und aus Gabeltieren (Monotremen) der älteren Sekundärzeit entwickelt. Weiterhin führt uns dann die Stammesgeschichte der Wirbeltiere auf niedere kaltblütige Ahnen der Primärzeit zurück, auf paläozoische Reptilien der permischen und Amphibien der Steinkohlenperiode. Die Vorfahren dieser ältesten vierfüßigen und fünfzehigen Vertebraten waren vierflossige und vielzellige Fische (Zurhsfische, Schmelzfische, Urfsche). Diese devonischen und silurischen Ahnen sind wiederum abzuleiten von älteren (präsilurischen) Zyklostomen und Akraniern, und diese ältesten Vertebraten von wirbellosen Tieren des Chordonierstammes, desselben von Vermalien abstammenden Phylon, aus dem auch die Tunikaten (Tafel 85) entsprungen sind.

Unsere moderne Phylogenie hat (seit 1866) diese Abstammungsverhältnisse der Wirbeltiere im großen und ganzen sichergestellt, die Einheit des ganzen formenreichen Stammes klar erkannt und die historische Entwicklungsfolge seiner Klassen fest begründet. Die vereinigte Anwendung der drei großen, sich gegenseitig ergänzenden Schöpfungsurkunden, der vergleichenden Anatomie, Ontogenie und Paläontologie, hat uns hier zu den höchsten Triumphen naturwissenschaftlicher Erkenntnis geführt. Den Schlußstein dieser Erkenntnis gibt (seit 1874)

unsere Anthropogenie, indem wir die Stammesgeschichte des Menschen mit derjenigen der übrigen Wirbeltiere fest verknüpfen und seine Ahnenreihe in bestimmten historischen Entwicklungsstufen festlegen. Die „Kunstformen der Wirbeltiere“, die im Menschen selbst ihren höchsten Gipfel erreichen, werden uns im Lichte der Anthropogenie nicht nur das höchste ästhetische Interesse gewähren, sondern zugleich, in Verknüpfung mit der Erkenntnis ihrer phyletischen Entwicklung, unserer Vernunft eine weit höhere Befriedigung verschaffen, als das bloße Lustgefühl der rein künstlerischen Anschauung gewähren kann. Von diesen Anschauungen geleitet, wollen wir hier einen flüchtigen Blick auf die phyletische Entwicklung der Kunstformen in der Reihe der acht Wirbeltierklassen werfen.

Schädellose (Acrania). Von den ältesten Formen der Wirbeltiere, den gemeinsamen Wurzelformen des ganzen Stammes, gibt uns heute nur eine einzige noch lebende Gattung Kenntnis, der bedeutungsvolle Lanzelot oder das Lanzetttierchen (*Amphioxus*). Die äußere Gestalt dieses unscheinbaren, im Sande des Meeres verborgenen, wenige Zentimeter langen Tierchens ist höchst einfach: ein dünnes, lanzettförmiges Blatt (ähnlich einem Weidenblatt). Äußere Anhänge fehlen fast ganz; ein Kranz von feinen Mundfäden und eine niedere Hautfalte, die als vertikaler Flossensaum den größten Teil des Körpers in der Medianebene umzieht, treten äußerlich wenig vor. Der innere Körperbau stimmt im wesentlichen mit dem der ältesten Manteltiere überein, besonders im ontogenetischen Stadium der Chordalarve (*Chordula*), die beiden gemeinsam ist (S. 30). Der bilaterale Körper der jugendlichen Person besteht aus denselben sechs Primitivorganen; in der Längsachse des Körpers die Chorda, darüber das dorsale Nervenrohr (Rückenmark), darunter das ventrale Darmrohr (unten vorn der Mund, hinten der After); zu beiden Seiten (rechts und links) die Cölomtaschen, von denen die obere Hälfte (Rückenleib, *Episoma*) das Fleisch, die Muskelpplatten liefert, die untere Hälfte (Bauchleib, *Hyposoma*) die Gonaden oder Geschlechtsdrüsen. In der Keimesgeschichte des Menschen wie aller anderen Wirbeltiere tritt frühzeitig (dem biogenetischen Grundgesetze entsprechend) eine Bildungsstufe auf, in welcher der Embryo der *Chordula* des

Amphioxus und der Tunikaten (*Ascidien*) wesentlich gleich gebaut ist. Der wichtigste Unterschied der beiden letzteren (und somit der beiden Chordoniensämme) besteht darin, daß die *Chordula* der Manteltiere ungegliedert bleibt wie der Körper ihrer Vorfahren, der Vermalien. Bei den Wirbeltieren dagegen tritt frühzeitig jene charakteristische innere Gliederung der Person ein, die wir *Urwirbelbildung* (*Vertebratio*) nennen, und die mit dem Zerfall der Cölomtaschen in eine Reihe hintereinander gelegener Säckchen beginnt; ihre Dorsalhälften verwandeln sich in die Muskelpplatten, ihre Ventrahälften in die Geschlechtsdrüsen. Wenn auch der moderne *Amphioxus* in einigen Einzelheiten der Organentwicklung rückgebildet erscheint (z. B. in dem Mangel eines besonderen Gehirns oder Herzens sowie höherer Sinnesorgane), so dürfen wir ihn doch im ganzen als ein getreues Abbild und als einen letzten Überrest der längst ausgestorbenen *Urwirbeltiere* (*Prospondylia*) betrachten, jener niederen präsilurischen Akranier, die den ältesten Tunikaten nahestanden und sich mit ihnen gemeinsam aus den Prochordoniern entwickelten. Für die „Kunstformen“ bieten diese niedersten Chordatiere wegen der großen Einfachheit der bilateralen Körperform kein Interesse.

Rundmäuler (*Cyclostoma*). Auch diese zweite Hauptstufe der Wirbeltierentwicklung hat noch höchst einfache Bildungsverhältnisse und keinerlei ästhetische Bedeutung. In den beiden einzigen Ordnungen, die wir von den Rundmäulern lebend kennen, den Ängern (*Myxinoide*) und den Pricken (oder Reumaugen, *Petromyzontes*), ist der lange und dünne, wurmförmige Körper fast zylindrisch, wenig seitlich zusammengedrückt. Äußere Anhänge, ausgenommen Bartfäden am Munde und einen dünnen, vertikalen, medianen Flossensaum, fehlen noch ebenso wie beim *Amphioxus*; auch jede Spur von paarigen Gliedmaßen, von Knochenbildungen, Kiemen und Rippen fehlt den Cyclostomen noch ebenso vollständig wie den Akraniern. Sie erheben sich aber über die letzteren durch die Ausbildung eines einfachen Schädels (*Cranium*) und erscheinen somit als die ältesten Schädeltiere (*Craniota*). Das primitive Gehirn, das in diesen Schädel eingeschlossen ist, zeigt bereits dieselbe typische Gliederung in drei, später fünf hintereinander gelegene

Hirnblasen wie bei den anderen Kraniaoten. Auch ein selbständiges Herz hat sich aus dem Bauchgefäß entwickelt. Ferner sind die Geschlechtsdrüsen (die bei den Akraniern noch in großer Zahl sich fanden, ein Paar in jedem der mittleren Körpersegmente) bei den Rundmäulern bereits zu einer kompakten Masse verschmolzen, wie bei allen höheren Wirbeltieren. In bezug auf die Einzelheiten der Organbildung zeigen die wenigen heute noch lebenden Cyclostomen — einerseits die Myxinoideen, andererseits die Petromyzonten — unter sich beträchtliche Unterschiede und manche Eigentümlichkeiten, die offenbar durch Anpassung an ihre besondere Lebensweise entstanden sind. Wir können diese modernen Rundmäuler daher nicht als unveränderte Nachkommen und Ebenbilder der ältesten Urschädeltiere (Archicrania) betrachten, jener gemeinsamen Stammformen aller Schädeltiere, die sich aus dem Zweige der Akranier in präsilurischer Zeit entwickelt hatten. Vielmehr müssen wir sie als wesentlich umgebildete Epigonen jener Archicranier auffassen. Aber im großen und ganzen betrachtet, steht ihre Organisation doch in der Mitte zwischen den älteren, niederen Akraniern einerseits und den jüngeren, höheren Fischen, den ältesten Kiefermäulern andererseits.

Fische (Pisces; Tafel 42, 87). Mit dieser wichtigen und formenreichen Klasse beginnt die Reihe jener Wirbeltiere, die wir in der Hauptklasse der Kiefermäuler (Gnathostoma) zusammenfassen. Wie diese Bezeichnung besagt, tritt hier zum ersten Male die wichtige Mundbildung der Kiefer auf, jener zahntragenden Skelettbogen, die seitlich am Schädel befestigt sind, und die den Cyclostomen noch ebenso fehlen wie den Akraniern. Aber noch andere, neue und bedeutungsvolle Erwerbungen erheben den Organismus der Fische hoch über denjenigen der Rundmäuler und Schädellofen, von denen sie abstammen. Vor allem tritt äußerlich in den Vordergrund der Besitz von zwei Paar beweglichen Gliedmaßen, vorn Bauchflossen, hinten Brustflossen. Diese fehlen den beiden niedersten Wirbeltierklassen noch ebenso wie die Knochenbildungen in der Lederhaut, die wir Fischschuppen nennen. Sowohl die äußere Form auch als die feinere Struktur dieser Schuppen liefert eine Fülle von zierlichen Kunstformen (Tafel 87, Fig. 5—16). Auch das innere Skelett,

bei den ältesten Fischen noch knorpelig, wie bei den Rundmäulern, wird bei den meisten Fischen mehr oder weniger verknöchert und bildet eine gegliederte „Wirbelsäule“. Durch reiche Entwicklung und Differenzierung von Knochen am Schädel entsteht eine vollkommenere Schädelskapsel, die sowohl als feste Schutzhülle des Gehirns wie als Stütze und Schutz der höheren Sinnesorgane, auch als Träger der Kiefer und Kiemenbogen, eine hohe und mannigfaltige Ausbildung erlangt. Dadurch wird die Physiognomie der Fische, in der die Lagerung, Größe und Form der Augen und Nasen wie des Mundes und Kiemendeckels besonders wichtig ist, zu einer bedeutenden „Kunstform“. Dasselbe gilt aber auch von den Flossen, deren Größe, Gestalt, Struktur u. s. w. außerordentlich variiert. Während die Mehrzahl der Fische in der Gesamtform ihrer bilateralen Person ähnliche Proportionen zeigt wie die bekanntesten Flußfische, bewirkt doch das stärkere Wachstum einzelner Teile oft beträchtliche Abweichungen; einige solche ungewöhnliche Formen sind auf Tafel 42 und 87 (Fig. 1—4) dargestellt.

Die auffallendste Umbildung zeigen die asymmetrischen Fische aus der Familie der Schollen (Pleuronectides), die Seesungen, Flundern, Steinbutten u. s. w. Hier haben sich die beiden Körperhälften, die bei der großen Mehrzahl der Fische völlig symmetrisch gleich sind, sehr ungleich entwickelt, und zwar infolge der Gewohnheit, sich mit einer Seite (der rechten oder linken) flach auf den Meeresboden zu legen; die obere, dem Lichte zugewendete Seite ist dunkel, oft lebhaft gefärbt und schön gezeichnet; ihre „Schutzfärbung“ entspricht oft ganz der Farbe ihrer Umgebung; die entgegengesetzte untere Seite ist blaß und farblos. Noch merkwürdiger aber ist es, daß das Auge der einen (unteren) Seite nach oben gewandert und der knöchernen Schädel dadurch ganz schief geworden ist. Die jungen, freischwimmenden Schollen sind noch ganz persymmetrisch, wie die meisten Fische; erst später verwandelt sich der bilaterale Körper in die auffallend asymmetrische Form. Entsprechend dem biogenetischen Grundgesetze wiederholt heute noch jede junge Scholle jenen merkwürdigen phylogenetischen Prozeß, der ein schönes und sehr einleuchtendes Beispiel von „Vererbung funktionell erworbener Eigenschaften“ liefert.

Die gewöhnlichen Flußfische fallen meistens wenig durch schöne Färbung und Zeichnung auf; ihre Oberseite ist dunkel, bläulich, grünlich oder grau gefärbt, die Unterseite hell, oft silberglänzend (Schutzfärbung der Wassertiere). Dagegen sind die Seefische (deren Artenzahl ungleich größer ist) viel bunter gefärbt und mannigfaltiger gezeichnet; auch weichen viele von ihnen in der Schuppenbedeckung, der Form des Kopfes und der Gliedmaßen, viel stärker von der gewöhnlichen typischen Fischform ab. Das gilt namentlich von den jüngeren Knochenfischen (Teleostei; Tafel 42, 87), weniger von den älteren Schmelzfischen (Ganoides) und von den primitiven Urfischen (Selachii).

Lurhfische oder Lungenfische (Dipneusta oder Dipnoi). Diese interessante Klasse ist von hohem phylogenetischen Interesse, da hier zum ersten Male die Lufatmung auftritt; die Schwimmblase, die bei den echten Fischen nur als hydrostatisches Organ dient (zur Veränderung des spezifischen Gewichtes beim Auf- und Niedersteigen im Wasser), paßt sich hier dem Gaswechsel an und wird zur Lunge. Infolge dessen tritt auch eine wichtige Umbildung des Herzens ein, dessen einfache Vorkammer in zwei Hälften zerfällt; die rechte Vorkammer allein nimmt karbonisches (venöses) Blut aus dem Körper auf, die linke dagegen oxydisches (arterielles) Blut aus den Lungen. Beide Blutarten treten in die einfache Herzkammer über und werden aus dieser gemischt ausgetrieben. Darin gleichen die Lurhfische bereits ihren Nachkommen, den Lurchen (Amphibia), während sie in der Gesamtform des Körpers, und namentlich der paarigen Gliedmaßen, die Bildung ihrer Fischahnen bewahrt haben. Die Klasse bildet somit eine wirkliche „Übergangsgruppe“ von den Kiemenatmenden Fischen zu den Lungenatmenden Amphibien. Die Fischgruppe, aus der sich die Dipneusten schon in devonischer Zeit entwickelt haben, sind Schmelzfische (Ganoides) aus der Familie der Quastenflosser (Crossopterygii). Viele versteinerte Reste derselben sind im Devon und Karbon wohl erhalten. Die wenigen heute noch lebenden Lurhfische (der ältere *Ceratodus* in Australien, die jüngeren *Protopterus* in Afrika und *Lepidosiren* in Amerika) haben sich von jenen ausgestorbenen Ahnen in mehreren Beziehungen auffallend entfernt. Außerlich gleichen sie gewöhnlichen Knochenfischen.

Lurche (Amphibia; Tafel 68). Diese wichtige Klasse nimmt eine vollkommene Mittelstellung ein zwischen den älteren Dipneusten und den jüngeren Reptilien; sie hat von den ersteren durch Vererbung die Doppelatmung und die entsprechende Herzbildung erhalten; dagegen hat sie durch Anpassung an das Leben auf dem Lande die Umbildung der paarigen Fischflossen in fünfzehige Gangbeine erworben. Die Brustflossen der Dipneusten und Fische haben sich in die Vorderbeine und die Bauchflossen in die Hinterbeine verwandelt; damit ist jenes bedeutungsvolle, typisch gegliederte Organ entstanden, das bei den landbewohnenden vier höheren Vertebraten-Klassen eine so hohe physiologische vervollkommnung und eine dieser entsprechende morphologische Differenzierung erfährt. Man faßt daher auch wohl diese vier Klassen unter dem Begriffe der Fünfzehigen (Pentadactylia) oder der Vierfüßer (Tetrapoda, Quadrupeda) zusammen. Die charakteristische ursprüngliche Gliederung der beiden Beinpaare, die wir am Skelett des Menschen wie der anderen Säugetiere finden, und ebenso die typische Zusammensetzung der beiden zugehörigen Knochengürtel (vorn Schultergürtel, hinten Beckengürtel) ist bereits bei den ältesten uns bekannten Amphibien ausgebildet und hat sich von ihnen durch Vererbung auf alle übrigen Tetrapoden übertragen. Diese ältesten, längst ausgestorbenen Stammformen der Vierfüßer sind die Urlurche oder Panzersalamander (*Stegocephala*); wir finden ihre fossilen Überreste wohl erhalten in der Steinkohle vor. In der Gesamtform und den Körperproportionen gleichen sie unseren lebenden Salamandern; der langgestreckte Rumpf trägt vorn einen platten Kopf, hinten einen langen Schwanz; die vier fünfzehigen Beine sind kurz und schwach. Aber die Haut war noch mit Fischschuppen oder Knochentafeln gepanzert, die sie durch Vererbung von ihren Fischahnen erhalten hatten. Die lebenden Amphibien haben diese Panzerdecke meistens verloren und werden daher als Nacktlurche (*Lissamphibia*) bezeichnet, im Gegensatz zu jenen älteren Panzerlurchen (*Phractamphibia*). Die ältesten Vertreter der letzteren (im Karbon) waren meistens kleine und schwache Tiere, gleich unseren lebenden Salamandern; später (in der Triaszeit) entwickelte sich aus einem Zweige ihrer Nachkommenschaft die

Ordnung der Wicfelzähner (Labyrinthodonta), zum Teil riesige Raubtiere von der Größe, Körperform und starken Panzerbedeckung unserer heutigen Krokodile. Unter den heute noch lebenden Nactlurchen haben die älteren Salamander oder Schwanzlurche (Sozura oder Caudata) den langen Schwanz ihrer Vorfahren noch beibehalten; die jüngeren Froschlurche (Anura oder Batrachia) besitzen ihn noch in früher Jugend als Kaulquappen; während der Verwandlung verlieren sie ihn. Unter diesen Fröschen und Kröten gibt es zahlreiche Arten, die durch sonderbare Körperform, schöne Zeichnung und bunte Färbung Kunstformen darstellen (Tafel 68).

Schleicher (Reptilia; Tafel 79, 89). An die Amphibien schließen sich als nächst höhere Klasse der Wirbeltiere die Reptilien an, die früher mit ihnen unter ersterem Namen vereinigt waren. Beide Klassen haben vieles gemeinsam und sind kaltblütige vierfüßige Wirbeltiere. Aber die Reptilien sind erst später (während der permischen Periode) aus den karbonischen Amphibien hervorgegangen; sie haben die Kiemenatmung ganz aufgegeben und sich durch vollkommene Anpassung an terrestrische Generation weiter von ihnen entfernt. Die größeren Schwierigkeiten, welche diese Fortpflanzung auf dem Lande, außerhalb des Wassers darbietet, haben zur Ausbildung besonderer Schutz- und Ernährungsapparate für den Embryo gedient. Die Eier der Reptilien haben daher einen viel größeren Nahrungsdotter als die der Amphibien erhalten und sind von einer derben lederartigen Schutzhülle umschlossen, die oft durch Kalkeinlagerung zu einer harten Schale wird, wie beim Vogelei. Die große gelbe Dotterkugel (die riesig vergrößerte Eizelle) wird durch eine zähflüssige Eiweißschicht von der Kalkschale getrennt, und später entwickelt sich zwischen beiden, vom Nabel des Embryo ausgehend, die voluminöse Schutzhülle des Amnion und Serolemma, eines weiten, mit wässriger Flüssigkeit gefüllten Sackes, der dem zarten, von ihm umschlossenen Keime ficheren Schutz gegen Erschütterungen und Verletzungen gewährt. Die beiden höchstentwickelten, warmblütigen Wirbeltierklassen, Vögel und Säugetiere, haben diese charakteristische Amnionbildung von ihren gemeinsamen Vorfahren, den Reptilien, durch Vererbung erhalten und werden daher mit ihnen in der Hauptklasse der Amniontiere (Amniota) zusammengefaßt.

Ein weiterer wichtiger Unterschied der Amnioten von den Amphibien besteht in der Verhornung ihrer Oberhaut und ist ebenfalls durch die Anpassung an den Aufenthalt in der atmosphärischen Luft bedingt. Bei den Lurchen, wie bei allen älteren, auf den Wasseraufenthalt beschränkten Wirbeltieren, bleibt die Oberhaut (Epidermis) dünn, weich, schleimhautartig. Bei den Reptilien dagegen verwandelt sie sich in trockene harte Hornsubstanz (Keratin), die oft zu einer sehr harten und festen hornigen Schutzdecke wird, z. B. bei den Schildkröten. Diese Horndecke entwickelt einen großen Reichtum verschiedenartiger Hautanhänge, die sowohl in physiologischer als auch in morphologischer Beziehung eine hohe Bedeutung erlangen: die Hornschuppen (Pholides) der Reptilien, die Federn der Vögel, die Haare der Säugetiere. Als besonders starke und feste, wichtigen Zwecken dienende lokale Hornbildungen sind die Schnabelscheiden der Schildkröten und Vögel, die Schuppen der Schuppentiere, die Hörner der Wiederkäuer, die mannigfach geformten Horndecken der Behen (Krallen, Hufe, Nägel) hervorzuheben. Da das Keratin sehr plastisch ist und in höchst mannigfaltigen Formen den physiognomischen Charakter vieler Amniotengruppen bestimmt, so besitzt die spezielle Bildung der hornigen Hautdecke nicht nur in systematischer, sondern auch in ästhetischer Beziehung eine hohe Bedeutung. Dasselbe gilt von den äußerst mannigfaltigen und charakteristischen Pigmentbildungen in der Oberhaut (Epidermis) und in der darunter liegenden Lederhaut (Corium). Die bunte Färbung und schöne Zeichnung der Haut liefert bekanntlich bei vielen Amnioten der bildenden Kunst eine Fülle von anziehenden Motiven.

Die ältesten Reptilien, unter denen wir die gemeinsamen Stammformen aller Amnioten, also auch der Vögel und Säugetiere, an ihrer Spitze des Menschen, suchen müssen, waren die Stammreptilien (Tocosauria) der permischen Periode. Sie haben in der merkwürdigen Brückenechse (Hatteria) von Neuseeland einen letzten lebenden Überrest hinterlassen. Die fossilen Tokosaurier, die wir aus wohl erhaltenen Versteinerungen der permischen und der folgenden Triasperiode kennen (unter anderen der Proterosaurus aus dem Kupferschiefer von Eisnach, schon seit 1710 bekannt), schließen sich teils

an die Hatteria an, teils an die Panzersalamander der Steinkohle (*Stegocephala*), teils an die modernen Eidechsen (*Lacertilia*; Tafel 79). Diese älteren Reptilien sind Generalisten und haben die ursprüngliche, von unseren heutigen Salamandern wenig verschiedene Körperform bewahrt. Dagegen sind ihre mesozoischen Nachkommen in eine große Zahl von verschiedenen Gruppen auseinandergegangen, die als Spezialisten durch Anpassung an die verschiedenste Lebensweise höchst mannigfaltige und abweichende Formen angenommen haben. Die meisten und seltsamsten Formen dieser Reptilien erreichten ihre Blüte um die Mitte des sekundären Zeitalters, in der Juraperiode; viele setzten sich auch noch in die folgende Kreidezeit fort, starben aber gegen deren Ende aus. Ihre Massentwicklung, Körpergröße, Herrschaft über alle anderen Landbewohner war während des mesozoischen Zeitalters so hervorragend, daß man dieses demgemäß als „das Reich der Reptilien“ bezeichnet. Die merkwürdigen Seedrachen (*Halisauria*) — die fischförmigen *Schthyosaurier* und die schwanförmigen *Plesiosaurier* — die seltsamen fliegenden Drachen (*Pterosauria*), die schwerfälligen Urdrachen (*Theromorpha*), vor allen aber die riesigen Landdrachen (*Dinosauria*), ungefüge Ungeheuer, die eine Länge von 30 m und mehr erreichten, müssen der damaligen Landbevölkerung eine höchst abenteuerliche und von der jetzigen verschiedene Physiognomie verliehen haben. Phantasiereiche Maler haben aus ihren wohl erhaltenen versteinerten Resten (vollständigen Skeletten und Hautpanzerbildungen) neuerdings interessante Bilder aus dem Drachenleben rekonstruiert. Viele von diesen Riesen sind weit größer als die größten jetzt lebenden Säugetiere und entsprechen in ihrer abenteuerlichen Gestaltung und Panzerbildung, dem furchtbaren Gebiß und der Krallenbewaffnung dem Bilde, das sich unsere Phantasie von den Lindwürmern und Drachen der Vorzeit zu machen pflegt. Allein sie alle waren schon seit Millionen von Jahren ausgestorben, ehe der Mensch auf unserem Erdball erschien.

Die modernen Reptilien, die heute noch ebenso wie in der ganzen Tertiärzeit über den Erdball zerstreut und besonders in der heißen Zone reich entwickelt sind, zerfallen in die vier Ordnungen der Eidechsen, Schlangen, Krokodile und Schildkröten.

Die Schlangen (*Ophidia*) sind den fußlosen Eidechsen nächst verwandt und werden mit ihnen in der Region der Schuppenechsen vereinigt (*Lepidosauria*). Auch die Krokodile (*Crocodylia*) schließen sich den Eidechsen noch nahe an. Dagegen entfernen sich weit von ihnen die Schildkröten (*Chelonina*; Tafel 89); sie gehören zu jenen Spezialisten, die durch Ausbildung eines festen äußeren Knochenpanzers eine ganz besondere Richtung der Entwicklung eingeschlagen haben.

Vögel (*Aves*; Tafel 99). Bekanntlich sind unter allen Wirbeltieren die Vögel in mehrfacher Beziehung die schönsten und anmutigsten und diejenigen, die durch die Zierlichkeit der Formen und Bewegungen, durch die Pracht der Färbung und Zeichnung alle anderen Vertebraten übertreffen; daher sind sie seit Jahrtausenden die bevorzugten Lieblinge der Dichter, Künstler und Frauen. Die Vögel verhalten sich nicht allein in dieser Beziehung auf äußere Körperschönheit und reizende Bedeckung, sondern auch in bezug auf die fliegende Lebensweise und die damit verknüpften Eigentümlichkeiten des inneren Körperbaues zu den übrigen Wirbeltieren ganz ähnlich wie die Insekten zu den übrigen Gliedertieren. In beiden Klassen haben die Anpassung an die fliegende Ortsbewegung und die damit verbundenen Eigentümlichkeiten der Lebensweise eine außerordentlich hohe Entwicklung der Sinnes- und Seelentätigkeit bewirkt, eine entsprechende Bervollkommnung des Gehirns und der Sinnesorgane; und diese mächtigen Fortschritte zu höheren Lebensformen haben wieder auf die vollkommenerere Ausbildung anderer Organe durch Wechselbeziehung eingewirkt. So sind z. B. die Organe der Atmung und Zirkulation viel höher entwickelt als bei den nächstverwandten nicht fliegenden Tiergruppen. Die Vögel verhalten sich daher zu ihren nächsten Vorfahren, eidechsenartigen Reptilien, ganz ähnlich wie die Insekten zu ihren ungeflügelten Ahnen, den Tausendfüßern (*Myriapoden*). Beiden Klassen gemeinsam ist auch der außerordentliche Luftgehalt ihres „federleichten“ Körpers, durch den ihr Flug wesentlich erleichtert wird. Bei den Vögeln wachsen von den Lungen ausgedehnte Luftsäcke aus, die teils in die Leibeshöhle, teils in die einzelnen Knochen des Skeletts eindringen. Bei den Insekten wachsen von besonderen Luftlöchern der Hautdecke (*Stigmata*)

zylindrische Luftröhren (Tracheae) in die Leibeshöhle und senden ihre feinen Zweige in das Gewebe aller einzelnen Organe hinein. So wird auf ähnliche Weise in beiden Klassen von Luftbewohnern dem erhöhten Atmungsbedürfnisse genügt und das spezifische Gewicht des Körpers herabgesetzt.

Eine weitere interessante Analogie zeigt auch in beiden Klassen der phyletische Prozeß der Artbildung. Von den lebenden Vögeln sind mehr als 10,000, von den Insekten mehr als 200,000 Arten beschrieben. Aber die Formunterschiede dieser Spezies beschränken sich größtenteils auf leichte Wachstumsdifferenzen der einzelnen Organe, die durch Anpassung an die besonderen Lebensgewohnheiten bedingt sind. Dagegen bleibt der wesentliche Charakter des inneren Körperbaues, der auf der Vererbung von einer gemeinsamen Stammform beruht, innerhalb jeder Klasse beständig erhalten. Wie wir einerseits alle Insekten von einem ursprünglichen Myriapoden-Ahnen ableiten müssen, so andererseits alle Vögel von einer gemeinsamen Vorfahrenform aus der Reptilienklasse. Die anatomischen Unterschiede der Vögel von anderen Reptilienklassen (z. B. den Schildkröten, Tafel 89, den Drachen oder Dinosauriern, den Pterosauriern oder „fliegenden Eidechsen“ u. a.) sind nicht größer als die morphologischen Unterschiede dieser letzteren unter sich; und ebenso sicher wie die letzteren können wir auch die Vögel von einer älteren Gruppe von „Stammreptilien“ (Tocosauria) ableiten. Die neuere phyletische Systematik faßt daher auch die Vogelklasse nur als eine Unterklasse oder Region der Reptilien auf und vereinigt sie mit den übrigen in der Klasse der Sauropsiden. In ästhetischer Beziehung übertreffen allerdings die Vögel sehr bedeutend die übrigen Reptilien, wenigstens im Durchschnitt. Die Schönheit und Mannigfaltigkeit der Vogelformen, das Ebenmaß ihrer Proportionen, die Anmut ihrer Bewegungen, die Farbenpracht und kunstreiche Zeichnung ihres Gefieders liefern den reichsten Stoff für Dichter, Maler und Bildhauer. Diese Bedeutung der Vögel als hervorragender „Kunstformen der Natur“ ist so allgemein bekannt, daß es genügt, hier an die Adler, Tauben, Pfauen und Paradiesvögel zu erinnern. Zu den anmutigsten gehören die kleinsten von allen Vögeln, die Kolibris (Tafel 99).

Säugetiere (Mammalia; Tafel 67, 100). Alle übrigen Wirbeltiere überragt durch die Vollkommenheit ihrer Organisation, durch die Höhe ihrer Seelentätigkeit und durch die Bedeutung für den gegenwärtigen Zustand der organischen Erdbevölkerung die Klasse der Säugetiere (Mammalia). Die Zahl der Mitglieder dieser formenreichen Klasse wird gegenwärtig auf ungefähr 6000 Arten geschätzt; darunter sind etwa 2400 lebende und 3600 fossile Spezies; indessen stellen die bekannten Formen der letzteren jedenfalls nur einen geringen Bruchteil von der viel größeren Zahl ausgestorbener Säugetierarten dar, die in früheren Perioden der Erdgeschichte (bis zur Triasperiode hinauf) gelebt haben. Alle diese Mammalien stimmen überein im Besitze vieler merkwürdiger Eigentümlichkeiten der Organisation, die nur dieser Tierklasse zukommen und allen anderen Klassen fehlen. Dahin gehört äußerlich die charakteristische Hautbedeckung mit Haaren. Zwar gibt es fadenförmige Hautauswüchse, die man als „Haare“ bezeichnet, auch bei vielen anderen Tieren und bei sehr vielen Pflanzen. Allein die Haare der Säugetiere sind ganz eigentümliche Oberhautanhänge, durch ihren feineren Bau und die Art ihrer Entwicklung von allen anderen sogenannten „Haaren“ verschieden; man hat deshalb auch die Mammalia geradezu als Haartiere (Pilosa) bezeichnet. Beim Menschen, wie bei vielen Affen und anderen Säugetieren, ist die Behaarung vorzugsweise an einzelnen Teilen des Kopfes entwickelt (Bart, Schopf, Mähne). Die große Mannigfaltigkeit, welche die Haarbildung, ihre Färbung und Zeichnung an verschiedenen Körperstellen zeigt, spielt bekanntlich eine Hauptrolle in der ästhetischen Wertschätzung der Säugetiere. Aber auch andere Hornbildungen der Oberhaut sind für den Charakter ihrer „Kunstformen“ von größter Wichtigkeit, so die Hörner der Wiederkäuer, die Stacheln der Igel und Stachelschweine, die Krallen, Hufe und Nägel, die Gehörne, Geweihe u. s. w. Sie sind zum großen Teile „sekundäre Sexualcharaktere“, kommen nur den Männchen zu und wurden von ihnen im Kampf um die Weibchen erworben. Dagegen ist eine besondere Eigentümlichkeit der weiblichen Säugetiere die stark entwickelte Milchdrüse; sie ist von größter Wichtigkeit für die Ernährung der Jungen durch die Milch der Mutter und ermöglicht allein das Säuge-

geschäft, das der ganzen Klasse den Namen gegeben hat. Diese höhere Form der Brutpflege erscheint für die Mutterliebe der Säugetiere und die damit verknüpften Äußerungen des Seelenlebens höchst bedeutungsvoll.

Im inneren Körperbau schließen sich die Säugetiere unmittelbar an die ältesten Reptilien und Amphibien an, aus denen die Stammesgeschichte sie ableitet. Hierbei kommen als älteste vierfüßige und fünfzehige Ahnen vor allen die fossilen Panzerlurche der Steinkohlenzeit in Betracht, die salamanderähnlichen Stegocephalen; weiterhin deren permische Epigonen, die primitiven Amniontiere, Tocsaurier. Aus ihnen ging während der Triasperiode die älteste und niederste Gruppe der Säugetiere hervor, die eierlegenden Gabeltiere (Monotrema). Von dieser Stammgruppe, von der fossile Überreste sowohl in der Trias der Alten als auch der Neuen Welt sich erhalten haben, leben als letzte Überreste heute nur noch drei Gattungen der „Schnabeltiere“ in Australien: *Echidna*, *Parechidna* und *Ornithorhynchus*. Von einem Zweige älterer Monotremen stammen die Beuteltiere (Marsupialia) ab, die ältesten lebendig gebärenden Säugetiere. Auch diese zweite Unterklasse, die in der Jura- und Kreideperiode über die ganze Erde verbreitet war, ist gegenwärtig fast ganz auf Australien beschränkt; nur eine Familie lebt außerdem in Amerika. Indem sich bei einer Gruppe der Beuteltiere die Allantois zur Placenta umbildete, entstand (während der Kreideperiode?) die dritte und höchstentwickelte Unterklasse, die der Sottentiere (Placentalia). Diese hat erst innerhalb der Tertiärzeit, Stufe für Stufe zunehmend, jene erstaunliche Man-

nigfaltigkeit der Bildung und jene Vollkommenheit erreicht, die ihr in der Gegenwart das Übergewicht über alle anderen landbewohnenden Tiere verleiht, und die uns die känozoische Periode als „Reich der Säugetiere“ bezeichnen läßt.

Die zahlreichen Ordnungen der Sottentiere, die wahrscheinlich von einer Gruppe der Beuteltiere abstammen, lassen sich auf vier große Legionen verteilen, die Nagetiere (Rodentia), Huftiere (Ungulata), Raubtiere (Carnassia) und Herrentiere (Primates). Einige kleinere Legionen erscheinen als Spezialistengruppen, die aus einer jener vier Hauptlegionen abzuleiten sind; so haben namentlich die Wassertiere (Cetacea) ihre fischähnliche Bildung durch sekundäre Anpassung an den ständigen Aufenthalt im Wasser erworben, die Fledertiere (Chiroptera; Tafel 67) ihre eigentümliche Gestalt durch vollkommene Anpassung an die fliegende Lebensweise.

Obgleich nun in diesen großen Legionen und in den zahlreichen darin enthaltenen Familien die Anpassung an die verschiedensten Lebensbedingungen und Gewohnheiten die äußere Gestalt sowohl der ganzen Person als auch ihrer einzelnen Organe in mannigfaltigster Weise umgebildet und differenziert hat, ist dennoch der wesentliche Charakter der inneren Organisation und der Keimesentwicklung durch zähe Vererbung überall erhalten geblieben. Die unendlich mannigfaltige ornamentale Anwendung, welche die „Kunstformen der Sottentiere“ seit Jahrtausenden in allen Zweigen der bildenden Kunst und des Kunstgewerbes gefunden haben, ist allbekannt; sie erreicht ihren höchsten Gipfel in der vollkommensten Kunstform der Primaten, im Menschen.

Erste Tabelle: Ordnung der hundert Tafeln der „Kunstformen der Natur“ nach der systematischen Reihenfolge der Klassen.

(Für jede Tafel ist links der Name der Klasse des Systems angegeben, rechts die Bezeichnung der Tafel und ihre laufende Nummer.)

I. Urrpflanzen. Protophyta.			IV. Niedertiere. Coelentera.			VI. Sterntiere. Echinoderma.		
Diatomea	Triceratium . . .	4	Spongiae	Ascandra . . .	5	Amphoridea	Placocystis . . .	95
—	Navicula . . .	84	—	Farrea . . .	35	Thuroidea	Sporadipus . . .	50
Desmidiæ	Staurostrum . . .	24	Hydroïdæ	Diphasia . . .	25	Cystoidea	Callocystis . . .	90
Peridinea	Peridinium . . .	14	—	Campanulina . . .	45	Blastoidea	Pentremites . . .	80
Melethallia	Pediastrum . . .	34	—	Tubuleta . . .	6	Crinoidea	Pentacrinus . . .	20
Siphonæe	Caulerpa . . .	64	Craspedotæ	Gemmaria . . .	46	Asteridea	Asterias . . .	40
			—	Aequorea . . .	36	Ophiodea	Ophiothrix . . .	10
			—	Carmaris . . .	26	—	Astrophyton . . .	70
			—	Pegantha . . .	16	Echinidea	Cidaris . . .	60
			Siphonophoræ	Porpema . . .	17	—	Clypeaster . . .	30
			—	Epibulia . . .	7			
			—	Discolabe . . .	37			
			—	Strobalia . . .	59			
			—	Bassia . . .	77			
			Ctenophoræ	Hormiphora . . .	27			
			Stauromedusæ	Lucernaria . . .	48			
			Peromedusæ	Periphylla . . .	38			
			Cubomedusæ	Charybdea . . .	78			
			Discomedusæ	Linantha . . .	18			
			—	Desmonema . . .	8			
			—	Aurelia . . .	98			
			—	Toreuma . . .	28			
			—	Pilema . . .	88			
			Tetracoralla	Cyathophyllum . . .	29			
			Octocoralla	Gorgonia . . .	39			
			—	Pennatula . . .	19			
			Hexacoralla	Heliactis . . .	49			
			—	Turbinaria . . .	69			
			—	Macandrina . . .	9			
			Platodes	Diplozoon . . .	75			
II. Urtiere. Protozoa.			V. Wurmtiere. Vermalia.			VII. Weichtiere. Mollusca.		
Spumellaria	Heliodiscus . . .	11				Acephala	Cytherea . . .	55
—	Astrosphaera . . .	91				Gasteropoda	Murex . . .	53
—	Collosphaera . . .	51				—	Aeolis . . .	43
Acantharia	Xiphacantha . . .	21				Cephalopoda	Ammonites . . .	44
—	Dorataspis . . .	41				—	Octopus . . .	54
Nassellaria	Tympanidium . . .	71						
—	Calocyclus . . .	31						
—	Elaphospyris . . .	22						
Phaeodaria	Aulographis . . .	61						
—	Circogonia . . .	1						
Thalamophora	Miliola . . .	12						
—	Lagena . . .	81						
—	Globigerina . . .	2						
Mycetozoa	Arcyria . . .	93						
Flagellata	Dinobryon . . .	13						
Ciliata	Stentor . . .	3						
III. Gewebpflanzen. Metaphyta.			VIII. Gliedertiere. Articulata.			IX. Wirbeltiere. Vertebrata.		
Algae	Zonaria . . .	15				Pisces	Ostracion . . .	42
—	Delesseria . . .	65				—	Pegasus . . .	87
Fungi	Dictyophora . . .	63				Amphibia	Hyla . . .	68
—	Erysiphe . . .	73				Reptilia	Basiliscus . . .	79
Lichenes	Cladonia . . .	83				—	Testudo . . .	89
Muscinae	Polytrichum . . .	72				Aves	Trochilus . . .	99
Hepaticæ	Marchantia . . .	82				Mammalia	Vampyrus . . .	67
Filicinae	Platyserium . . .	52				—	Antilope . . .	100
—	Alsophila . . .	92						
Gymnospermae	Araucaria . . .	94						
Angiospermae	Nepenthes . . .	62						
—	Cypripedium . . .	74						

Zweite Tabelle: Übersicht über die Hauptgruppen der geometrischen Grundformen
(Promorphologisches System; vergleiche S. 11).

Vier Klassen der Grundformen, gegründet auf die Verhältnisse der Körpermitte.	Sechs Klassen der Grundformen, gegründet auf die Verhältnisse der Körperachsen.	Neun Ordnungen der Grundformen, gegründet auf die Verhältnisse der Pole der Körperachsen.	Beispiele für die Realisation der verschiedenen Ordnungen der Grundformen in organischen Gestalten.	
A. Erste Klasse der Grundformen: Centrostigma. Die geometrische Mitte des Körpers ist ein Punkt (Stigma centrale). Eine Hauptachse ist nicht vorhanden.	I. Homaxonia. Gleichachsige Grundformen. II. Polyaxonia. Vielachsige Grundformen.	1. Sphärische Grundformen. (Glatte Kugeln.) 2. Endosphärische Grundformen. (Tafelkugeln.)	Blattkugeln, geometrisch rein in vielen Zellen verkörpert (sowohl Protisten als Eier vieler Histiomen; Säugetier = Ei, Menschen = Ei). Tafelkugeln, geometrisch rein in vielen Protistenschalen (Sphäroideen u. a. Radiolarien), in Holosphaera, den Pollenkörnern vieler Anthophyten, den Eiern vieler Metazoen verkörpert.	
B. Zweite Klasse der Grundformen: Centraxonia. Die geometrische Mitte des Körpers ist eine gerade Linie, die vertikale Hauptachse (Axon centrale) oder Protaxon. — Kreuzachsen (bestimmte transversale Achsen, die auf der longitudinalen Hauptachse senkrecht stehen) fehlen den Monaxonien, sind vorhanden bei den Stauraxonien.	III. Monaxonia. Einachsige Grundformen. Nur die vertikale Hauptachse ist vorhanden (Querschnitt daher kreisrund); Kreuzachsen fehlen. IV. Stauraxonia. Kreuzachsige Grundformen. Die vertikale Hauptachse wird von bestimmten horizontalen Kreuzachsen geschnitten (Querschnitt daher polygonal).	3. Sphärisideale Grundformen. (Monaxonia isopola.) 4. Conoidale Grundformen. (Monaxonia allo-pola.) 5. Dipyramide Grundformen. (Stauraxonia isopola.) 6. Pyramidale Grundformen. (Stauraxonia allo-pola.)	3. Spindel, Ellipsoide, Sphäroide, Linien, Zylinder. 4. Kegel, Diform, Hemisphäre. 5a. Reguläre Doppelpyramide. 5b. Zweischneidige Doppelpyramide. 6a. Reguläre Pyramide. 6b. Zweischneidige Pyramide.	Sphäroidale Grundformen. Viele Protisten (Protophyten und Protozoen) mit gleichen Polen der Achse. Viele Gewebezellen von Histiomen. Conoidale Grundformen. Viele Protisten (Protophyten und Protozoen) mit ungleichen Polen der Achse. Viele Gewebezellen von Histiomen. Dipyramide Grundformen. Viele Radiolarien, besonders Akatharien. Viele Diatomeen und Desmidiaceen. Viele Gewebezellen von Histiomen. Pyramidale Grundformen. Viele Protisten (Radiolarien u. a.). Reguläre (aklinomorphe) Blumen und Früchte vieler Anthophyten. Personen der regulären Nesseltiere und Sterniere. Amphihelte Ctenophoren.
C. Dritte Klasse der Grundformen: Centroplana. Die geometrische Mitte des Körpers ist eine Ebene, die sagittale „Median = Ebene“ (Planum centrale). — Nur durch einen Schnitt (den Pfeilschnitt) ist der Körper in zwei symmetrisch gleiche Hälften (rechte und linke) teilbar; Rücken und Bauch sind verschieden.	V. Triaxonia. Dreiachsige Grundformen. (Bilaterale, Zygomorphen, Dorsoventrale, Zeugiten.) Die Grundform wird durch drei aufeinander senkrechte Richtachsen (Euthyna) bestimmt; von diesen ist die longitudinale und sagittale ungleichpolig (allopole), die transversale gleichpolig (isopole).	7. Amphipleure Grundformen. (Bilateral = radiale Grundformen.) Schienige Grundformen. 8. Zygopleure Grundformen. (Bilateral = symmetrische Grundformen.) Zochpaarige Grundformen.	7a. Paarig = Schienige. (Paramphipleura.) 7b. Unpaar = Schienige. (Dysamphipleura.) 8a. Perisymmetrische. (Rechts und links gleich.) 8b. Asymmetrische. (Rechts und links ungleich.)	Amphipleure geradzahlige Grundformen. Sechsstachelige Blüten von Cuphea, Lythrum. Oculina u. a. Korallen. Vierstachelige Blüten von Reseda, Scabiosa. Viele Siphonophoren. Amphipleure ungeradzahlige Grundformen. Fünfstachelige zygomorphe Blüten (Viola, Labiaten, Papilionaceen. Dreistachelige Orchideen). Bilaterale (und pentaradiale) Schinodermen. Perisymmetrische Zygopteren. Die große Mehrzahl der Pflanzenblätter und der Personen der Obertiere (Coelomaria). Asymmetrische Zygopteren. Die meisten Schnecken, viele Muscheln. Die Pleuronektiden unter den Fischen. Blüten von Cannan.
D. Vierte Klasse der Grundformen: Centraporia. Die geometrische Mitte des Körpers fehlt vollständig (Acentra).	VI. Anaxonia. Fehlachsige Grundformen. Bestimmte Achsen sind nicht vorhanden.	9. Irreguläre Grundformen. (Unregelmäßige Grundformen.) Klumpen, Bollen.	9. Achsenlose. Bestimmte Achsen und Pole sind nicht unterscheidbar.	Irreguläre oder achsenlose Grundformen. Viele amöboide, die unregelmäßige Form stets wechselnde Zellen. Viele Organe. Die meisten Spongien (und andere Korallen).

Vierte Tabelle: Morphologisches System der Organismen. II.

II. B. Viertes Unterreich: Metazoa. Gewebtiere. Plasmophage Siphonen.

II. B. 1. Ältere Stammgruppe: Coelenteria (Coelenterata); Niedertiere, ohne Leibeshöhle, ohne Blut und After.

I. Stamm: Gastraeades. Stammtiere.	Person von einachsigter Grundform, bloß aus zwei Keimblättern gebildet.	1. Gastremaria. 2. Physemaria.	Kunstformen bedeutungslos. Einachsigter Körper höchst einfach.
II. Stamm: Spongiae. Schwammtiere oder Schwämme.	Person einachsig, Gastraea-ähnlich. Stücke von irregulärer Grundform, aus vielen Gastraeapersonen (Geißelkammern) zusammengesetzt, mit Poren in der Haut.	1. Malthospongiae, Korkschwämme. 2. Calcispongiae, Kalkschwämme 5. 3. Silicispongiae, Kieselschwämme 35.	Kunstformen bedeutungslos. Nur einzelne Stücke schön geformt. Skeletteile von mannigfaltiger und oft zierlicher Gestalt.
III. Stamm: Cnidaria. Nesseltiere oder Pflanzentiere.	Person von strahliger Grundform mit radialem Tentakelfranz, mit Nesselforganen in der Haut. Stücke von höchst mannigfaltiger Bildung.	1. Hydroidae 6, 25, 45. 2. Craspedotae 16, 26, 36, 46. 3. Siphonophorae 7, 17, 37, 59, 77. 4. Ctenophorae 27. 5. Acraspedae 8, 18, 28, 38, 48, 78, 88, 98. 6. Corallia 9, 19, 29, 39, 49, 69.	Kunstformen äußerst reichhaltig und bedeutungsvoll, sowohl in der Gestaltung der Personen und Stücke, als in der zierlichen Ausbildung und schönen Färbung der einzelnen Teile.
IV. Stamm: Platodes. Plattentiere oder Plattwürmer.	Person von bilateraler Grundform, mit einfachem Nervenknoten (Scheitelhirn), mit Nephridien.	1. Platodaria, Urmwürmer. 2. Turbellaria, Strudelwürmer. 3. Trematodes, Saugwürmer } 75. 4. Cestodes, Bandwürmer	Kunstformen ganz unbedeutend. Anhänge fehlen fast ganz. Nur ein Teil der Turbellarien zeichnet sich durch schöne Färbung und Zeichnung aus.

II. B. 2. Jüngere Stammgruppe: Coelomaria (Bilaterata); Obertiere, mit Leibeshöhle, meistens mit Blut und After.

V. Stamm: Vermalia. Wurmtiere (oder „Würmer“, zum Teil).	Personen ungegliedert, bilateral, meistens von sehr einfacher Form, ohne die typischen Merkmale der fünf höheren Tierstämme (VI–X).	1. Rotatoria, Rädertiere 32. 2. Strongylaria, Rundwürmer. 3. Prosopygia, Armmwürmer 23, 33, 97. 4. Frontonia, Rüsselwürmer. [50.	Kunstformen unbedeutend. Nur die feststehenden Prosopygien mit sehr mannigfaltiger und schöner Schalenbildung. Bryozoenstücke.
VI. Stamm: Echinoderma Sterniere oder „Stachelhäuter“.	Personen von fünfstrahliger Grundform (in der Jugend bilateral), mit pentaradialem Nervensystem und Hautskelett, mit Ambulakralsystem.	1. Amphoroidea 95. — 2. Thuroidea 3. Cystoidea 90. — 4. Blastoidea 80. 5. Crinoidea 20. — 6. Asteroidea 40. 7. Ophiodea 10, 70. — 8. Echinidea 30, 60.	Kunstformen höchst mannigfaltig und bedeutungsvoll, sowohl am fünfstrahligen Körper der Person als an ihren zahlreichen Anhängen.
VII. Stamm: Mollusca. Weichtiere oder Schalthiere.	Personen ungegliedert, bilateral, mit dorsalem Mantel und Schale, ventralem Muskeelfuß; Kiemen zwischen Fußrand und Mantelrand. Nervenzentrum ein Schlundring mit mehreren Ganglienpaaren.	1. Amphineura, Urmollusken. 2. Gasteropoda, Schnecken 43, 53. 3. Acephala, Muscheln 55. 4. Cephalopoda, Kraken 44, 54.	Kunstformen sehr mannigfaltig und schön, von ornamentaler Gestaltung und oft bunter Färbung; jedoch hauptsächlich in der Kalkschale, weniger am Weichkörper.
VIII. Stamm: Articulata. Gliederiere.	Personen bilateral, äußerlich gegliedert, mit einer Kette von Chitinscheiden. Nervenzentrum ist ein Bauchmark mit Schlundring. Über dem Darm ein Rückenherz.	1. Annelida, Ringeltiere 96. 2. Crustacea, Krustentiere 47, 56, 57, 76, 86. 3. Tracheata, Luftröhrtiere (Arachnida 66, Insecta 58).	Kunstformen äußerst mannigfaltig, sowohl in der Gliederung des Körpers als auch in der seiner Anhänge und ihrer vielseitigen Anpassung begründet. Färbung und Zeichnung meist bunt und schön.
IX. Stamm: Tunicata. Manteltiere.	Person ungegliedert, bilateral, mit Achsenstab (Chorda) zwischen Rückenmark und Darmrohr. Unter dem Darm ein Bauchherz.	1. Copelata, Appendicarien. 2. Ascidiace, Seescheiden 85. 3. Thalididae, Salpiden.	Kunstformen unbedeutend. Anhänge am ungegliederten Körper fehlen meist. Nur viele Synaspidienstücke sind durch schöne Färbung und Zeichnung bemerkenswert.
X. Stamm: Vertebrata. Wirbeltiere.	Person bilateral, innerlich gegliedert, mit einer Kette von Wirbeln (Muskelplatten). Achsenstab (Chorda) zwischen Rückenmark und Darmrohr. Unter dem Darm ein Bauchherz.	1. Acrania, Schädellose. 2. Cyclostoma, Rundmäuler. 3. Pisces, Fische 42, 87. 4. Dipneusta, Lurche 68. 5. Amphibia, Lurche 68. 6. Reptilia, Schleicher 79, 89 7. Aves, Vögel 99. 8. Mammalia, Säugetiere 67, 100.	Kunstformen höchst mannigfaltig und bedeutungsvoll. Nur die beiden niedersten Klassen (1, 2) sehr einfach, ohne Gliedmaßen. Die sechs höheren Klassen mit zwei Paar Gliedmaßen, sehr mannigfaltiger und schöner Körperbedeckung.