

Geschichte der Zoologie.

In der Geschichte der Zoologie kann man zwei große Strömungen unterscheiden, welche in einzelnen Männern sich berührt oder vereinigt haben, welche aber im großen und ganzen sich unabhängig, vielfach sogar in ausgesprochenem Gegensatz zueinander entwickelt haben; es sind dies einerseits die systematische, andererseits die morphologisch-physiologische Betrachtungsweise der Tiere. Wir werden sie in diesem kurzen geschichtlichen Überblick der Klarheit halber auseinanderhalten müssen, wenn auch der Gegensatz beider Richtungen in den Anfängen der zoologischen Forschung noch fehlte und auch später sich vielfach verwischt hat.

Mit dem Ehrennamen eines „Vaters der Naturgeschichte“ hat man Aristoteles. den großen griechischen Philosophen Aristoteles geziert und damit zum Ausdruck gebracht, daß die Bruchstücke des zoologischen Wissens seiner Vorgänger nicht in Vergleich gesetzt werden können mit dem wohlgeordneten Bau, in welchem Aristoteles seine und seiner Vorgänger Kenntnisse vom Wesen der Tiere zusammengefaßt hat. In Aristoteles vereinigten sich günstige äußere Bedingungen mit günstiger geistiger Beanlagung. Ausgerüstet mit den literarischen Hilfsquellen einer umfangreichen Bibliothek und den für naturhistorische Untersuchungen damals noch mehr als jetzt unerläßlichen Geldmitteln, vertrat er die induktive Methode, welche allein imstande ist, auf dem Gebiete der Naturwissenschaften sichere Fundamente zu liefern. Seine zoologisch wichtigsten, leider nur zum Teil erhaltenen Werke sind die „*Historia animalium*“, „*De partibus*“ und „*De generatione*“, drei Werke, in welchen die Zoologie als eine universelle Wissenschaft begründet wurde, indem Anatomie und Entwicklungsgeschichte, Physiologie und Systematik gleichmäßig Berücksichtigung fanden. Wie weit Aristoteles — selbstverständlich neben vielem Irrtümlichen — in der richtigen Erkenntnis des Baues und der Entwicklungsweise der Tiere gelangt ist, wird am schlagendsten der Hinweis erläutern, daß manche seiner Entdeckungen erst im vorigen Jahrhundert ihre Bestätigung gefunden haben. So wußte Aristoteles, was erst von Joh. Müller wieder neu entdeckt worden ist, daß manche *Haie* nicht nur lebendig gebären, sondern daß bei ihnen auch der Embryo im Uterus der Mutter festwächst und eine an die Placenta der *Säugetiere* und des Menschen erinnernde Nährvorrichtung bildet; er kannte den Unterschied männlicher und weiblicher *Cephalopoden* und wußte, daß die jungen *Tintenfische* einen mündständigen Dottersack besitzen.

Von großem Interesse ist, wie sich Aristoteles zur Systematik der Tiere verhält. Er erwähnt in seinen Schriften die stattliche Zahl von etwa 500 Tierarten; da er sehr bekannte Formen, wie *Dachs*, *Libelle* etc. nicht nennt, kann man mit Sicherheit annehmen, daß ihm sehr viel mehr noch bekannt waren, daß es ihm aber nicht notwendig erschien, alle ihm bekannten Formen aufzuführen, daß er sie nur nannte, wenn es ihm darauf ankam, gewisse physiologische oder morphologische Verhältnisse an ihnen zu erläutern.

Dieses Zurücktreten des systematischen Interesses kommt auch darin zum Ausdruck, daß der große Philosoph sich mit zwei systematischen Kategorien begnügte, mit *εἶδος*, Spezies oder Art, und *γένος* oder Gruppe. Seine acht *γένη μέγιστα* würden etwa den Klassen der modernen Zoologie entsprechen; sie sind Ausgangspunkt aller späteren Klassifikationsversuche geworden und mögen daher hier aufgeführt werden:

1. Säugetiere (*ζωοτοχοῦντα ἐν αὐτοῖς*),
2. Vögel (*ὄρνιθες*),
3. Eierlegende Vierfüßler (*τετράποδα ζωοτοχοῦντα*),
4. Fische (*ἰχθύες*),
5. Weichtiere (*μαλάκια*),
6. Kruster (*μαλακόστροκα*),
7. Insecten (*ἔντομα*),
8. Schalthiere (*δοτρακοδέσματα*).

Auch die Zusammengehörigkeit der vier ersten Gruppen hat Aristoteles herausgefühlt, indem er sie, ohne allerdings damit eine Einteilung durchführen zu wollen, als Bluttiere, *ἔναιμα* (besser Tiere mit rotem Blut), den Blutlosen, *ἀναιμα* (besser Tiere mit meist farblosem oder gar keinem Blut) gegenüberstellte.

Entwicklung der systematischen Zoologie.

Plinius.

Es ist eine höchst überraschende Erscheinung, daß sich im Anschluß an die Schriften des Aristoteles, in denen die Systematik zurücktritt und nur dazu dient, die anatomischen Verwandtschaftsverhältnisse der Tiere zum Ausdruck zu bringen, eine exklusiv systematische Richtung entwickelt hat. Die Erscheinung ist nur verständlich, wenn man berücksichtigt, daß es sich hier nur um ein äußerliches Anknüpfen handelt, daß dagegen die geistige Kontinuität der Forschung vollkommen unterbrochen war, einerseits durch den Verfall und schließlich gänzlichen Zusammenbruch der Bildung des klassischen Altertums, andererseits durch das siegreiche Vordringen der christlichen Weltauffassung. Den Verfall der eben erst aufgeblühten zoologischen Forschung bekunden schon die Schriften des Plinius. Nachdem der römische Feldherr und Gelehrte lange Zeit als ein hervorragender Zoologe des Altertums gefeiert worden ist, räumt man ihm jetzt nur noch den Rang eines nicht einmal glücklichen Compilators ein, der aus anderen Schriften kritiklos Richtiges und Fabulöses zusammengetragen und die naturgemäße Klassifikation der Tiere nach ihrem Bau durch die unnatürliche, rein äußerliche Einteilung nach ihrem Aufenthaltsort (Flugtiere, Landtiere, Wassertiere) ersetzt hat.

Was weiter das Auftreten des Christentums anlangt, so führte der weltflüchtige Charakter, welcher anfänglich der christlichen Weltauffassung eigentümlich war, zu einer Abneigung gegen jede geistige Beschäftigung mit Naturobjekten. Es kam eine Zeit, in der man Fragen, welche durch die einfachste Beobachtung gelöst werden konnten, durch mühsames gelehrtes Durchstöbern der Werke maßgebender Autoren zu entscheiden suchte. Bezeichnend für diese das ganze Mittelalter beherrschende Geistesrichtung ist der Physiologus oder Bestiarius, ein Buch, aus welchem die Verfasser mittelalterlicher zoologischer Schriften vielfach geschöpft haben. Das Buch nennt in seinen verschiedenen Auflagen und Ausgaben etwa 70 Tiere, darunter viele Fabelwesen: Drache, Einhorn, Phönix etc. Auch sind die über die einzelnen Tiere mitgeteilten Erzählungen sehr häufig Fabeln, zum Teil aus vorehrchristlicher Zeit stammend und erfunden, um religiöse oder ethische Lehren zu erläutern. Es gibt zwar Ausnahmen von dieser allgemeinen Charakteristik, vor allem der Dominikaner Albertus Magnus und der Augustiner Thomas Cantimpratus. Von Albertus Magnus steht es fest, daß er in seinen zoologischen Schriften sich bemühte, wo es ihm nur möglich war, sich auf eigene Beobachtungen zu stützen. Aber daß diese Anfänge wissenschaftlicher Denkweise kaum Wiederhall fanden, trägt nur dazu bei, die oben gegebene allgemeine Charakteristik zu stützen.

Zoologie des
Mittelalters.

Als nach Ausgang des Mittelalters das Interesse an wissenschaftlicher Forschung von neuem erwachte, begann man auf die ausschließlich von naturwissenschaftlichen Gesichtspunkten geleitete Betrachtungsweise des Aristoteles zurückzugreifen. In diesem Sinn kann als ein Erneuerer des Aristoteles der Engländer Wotton bezeichnet werden, welcher 1552 sein Werk „de differentiis animalium“ schrieb, in welchem er das System des Aristoteles im wesentlichen kopierte, nur daß er die Gruppe der *Pflanzentiere* oder *Zoophyten* neu aufnahm. Indessen schon der Titel „über die unterscheidenden Merkmale der Tiere“ läßt erkennen, daß von dem reichen Schatz des Aristotelischen Wissens vorwiegend die systematischen Resultate Aufnahme gefunden haben: und so inauguriert denn auch das Werk Wottons die Periode der systematischen Zoologie, welche in dem Engländer Ray, noch mehr aber in Linné ihre glänzendsten Vertreter gefunden hat.

Wotton.

Linné, Sprößling einer schwedischen Pfarrersfamilie, welche ihren Namen „Ingemarsson“ nach einer Linde in ihrer Heimat in Lindelius verwandelt hatte, wurde im Jahre 1707 in Rashult geboren. Von seinen Lehrern für untauglich zum Studium erklärt, wurde er durch den Einfluß eines Arztes, der die glänzenden Gaben des Knaben richtig erkannte, vor dem Schicksal, das Schusterhandwerk zu lernen, bewahrt und für das medizinische Studium gewonnen. Er studierte in Lund und Upsala, machte als junger Mann von 28 Jahren ausgedehnte Reisen nach dem Kontinent und gewann sich schon damals die Anerkennung der hervorragendsten Fachgenossen; 1741 wurde er Professor der Medizin in Upsala, wenige Jahre später Professor der Naturgeschichte; er starb 1778.

Linné.

Linnés wichtigstes Werk ist sein „Systema Naturae“, welches im Jahre 1735 in erster, im Jahre 1766–68 in XII. Auflage erschien und sogar nach seinem Tode eine letzte (XIII.) von Gmelin besorgte Auflage erlebte. Dasselbe ist Grundlage geworden für die systematische Zoologie, indem es zum ersten Male 1. eine schärfere Gliederung des Systems, 2. eine bestimmte wissenschaftliche Terminologie, die binäre Nomenklatur,

und 3. kurz gefaßte klare Diagnosen einführte. Bei der Gliederung des Systems verwandte Linné 4 Kategorien; er teilte das ganze Tierreich in Klassen, die Klassen in Ordnungen, diese in Genera, die Genera endlich in Arten ein; der Begriff der Familie war dem *Systema Naturae* fremd. Noch wichtiger war die binäre Nomenklatur. Bis dahin waren in der wissenschaftlichen Welt die Vulgarnamen üblich, was zu vielen Mißständen geführt hatte; dieselben Tiere wurden mit verschiedenen, verschiedenartige Tiere mit gleichen Namen belegt; in der Benennung neu entdeckter Tiere herrschte kein allgemein gültiges Prinzip. Diese Übelstände wurden von Linné in der X. Auflage seines Systems vollkommen beseitigt durch Einführung einer besonderen wissenschaftlichen Benennung. Ein vorangestelltes Hauptwort bezeichnet die Gattung, zu welcher das Tier gehört, ein zugefügtes zweites Wort, meist ein Adjektiv, die jedesmalige Art innerhalb der Gattung. Die Namen *Canis familiaris*, *Canis lupus*, *Canis vulpes* sagen aus, daß Hund, Wolf und Fuchs einander nahe stehen, indem sie zu derselben Gattung, zur Gattung der hundeähnlichen Tiere, gehören, innerhalb deren sie besondere Arten bilden. Die Linnésche Benennungsweise war namentlich bei der Beschreibung neuer Arten von großer Bedeutung, insofern sie den Leser gleich von Anfang darüber orientierte, in welche verwandtschaftlichen Beziehungen die neue Spezies zu bringen sei.

Bei der Charakteristik der einzelnen systematischen Gruppen brach Linné vollkommen mit dem bis dahin üblichen Brauch. Seine Vorgänger, wie Gessner, Aldrovandi, hatten in ihren Naturgeschichten von jedem Tier eine langatmige und ausführliche Schilderung gegeben, in welcher das, was besonders charakteristisch für das Tier war und bei seiner Bestimmung vornehmlich Berücksichtigung verlangte, für den Anfänger kaum herauszufinden war. Dagegen führte Linné kurze Diagnosen ein, welche in wenigen, nicht einmal in Satzform gefaßten Worten nur das zum Erkennen Notwendige enthielten. Damit war der Weg gefunden, auf dem es möglich wurde, bei der enorm wachsenden Zahl bekannter Tiere die Übersichtlichkeit zu wahren.

In den hervorgehobenen großen Vorzügen der Linnéschen Systematik lagen nun aber auch gleichzeitig die Keime zu der einseitigen Entwicklung, welche die Zoologie unter dem Einfluß Linnés genommen hat. Die unzweifelhaft notwendig gewordene logische Durchbildung der Systematik machte diese zu einer glänzenden Erscheinung, welche darüber täuschte, daß sie nicht Endzweck der Forschung, sondern nur ein wichtiges und unentbehrliches Hilfsmittel derselben sei. In der Freude, die Tiere zu benennen und zu klassifizieren, ging das höhere Ziel der Forschung, das Wesen der Tiere zu erkennen, verloren, und es erlahmte das Interesse für Anatomie, Physiologie und Entwicklungsgeschichte.

Man kann diese Vorwürfe dem Vater der Richtung, Linné, selbst nicht ersparen. Indem er in seinem *Systema Naturae* eine außerordentlich viel größere Zahl von Tierarten bewältigte als irgend ein früherer Zoologe, hat er keine Vertiefung unserer Kenntnisse herbeigeführt. Die Art, wie er das Tierreich in Hauptgruppen einteilte, ist im Vergleich zum Aristotelischen System eher ein Rückschritt als ein Fortschritt zu nennen. Linné teilte das Tierreich in 6 Klassen: *Mammalia*, *Aves*, *Amphibia*, *Pisces*, *Insecta*, *Vermes*. Die 4 ersten Klassen entsprechen den 4 Gruppen der Bluttiere des Aristoteles. Mit der Einteilung der wirbellosen Tiere in *Vermes* und *Insecta* steht Linné unzweifelhaft

hinter Aristoteles zurück, welcher, zum Teil sogar mit Glück, versucht hatte, eine größere Anzahl von Hauptgruppen aufzustellen.

Noch mehr aber als bei Linné treten uns die Schäden der systematischen Betrachtungsweise bei seinen Nachfolgern entgegen. Linnés Diagnosen waren ebensoviel Schablonen, welche mutatis mutandis mit leichter Mühe auf neue Arten angewandt werden konnten. Es bedurfte dazu nur des Austausches der die Unterschiede zum Ausdruck bringenden Beiworte. Bei den Hunderttausenden verschiedener Tierarten, namentlich Insectenarten, fehlte es nicht an Material, und so war die Arena geebnet für die geistlose Spezieszoologie, welche in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts das Ansehen der Zoologie in den Kreisen der Gebildeten geschädigt hat. Es wäre Gefahr gewesen, daß die Zoologie sich zu einem babylonischen Turmbau von Artbeschreibungen ausgewachsen hätte, wenn nicht durch das Erstarken der physiologisch-anatomischen Betrachtungsweise ein Gegengewicht geschaffen worden wäre.

Linnés
Nachfolger.

Entwicklung der Morphologie.

Die vergleichende Anatomie — denn um diese handelt es sich hier vornehmlich — hat ihre Ausbildung lange Zeit über vorwiegend den Vertretern der menschlichen Anatomie zu verdanken gehabt, was zur Folge hatte, daß auf den deutschen Universitäten bis in die Neuzeit die vergleichende Anatomie zu der medizinischen Fakultät gerechnet wurde, während die Zoologie, als ob sie eine ganz andere Disciplin wäre, der philosophischen Fakultät angehörte. — Schon die Schüler des Hippokrates trieben Tieranatomie, um sich nach dem Bau anderer Säugetiere ein Bild von der Organisation des Menschen zu machen und damit eine sichere Unterlage für die Diagnose der menschlichen Krankheiten zu gewinnen. Das in dieser Hinsicht hervorragendste Werk des klassischen Altertums, die berühmte menschliche Anatomie von Claudius Galenus (131—201 n. Chr.), stützte sich vorwiegend auf Beobachtungen, welche an Hunden, Affen etc. gesammelt worden waren. Denn im Altertum und später auch im Mittelalter hielt eine begreifliche Scheu die meisten Menschen zurück, den menschlichen Leichnam zum Gegenstand wissenschaftlicher Untersuchungen zu machen.

Anatomen
des klassi-
schen Alter-
tums.

Auch für die Anatomie erwies sich das erste Jahrtausend, in welchem das Christentum die herrschende Macht im geistigen Leben der Völker bildete, als völlig unfruchtbar; man hielt sich im großen und ganzen an die Schriften des Galen und die Werke seiner Kommentatoren und nahm nur selten Veranlassung, ihre Richtigkeit durch eigene Beobachtungen zu erproben. Erst mit dem Ausgang des Mittelalters brach sich das Interesse für selbständige wissenschaftliche Forschung Bahn. Vesal, der Schöpfer der modernen Anatomie (1514—1564), hatte den Mut, menschliche Leichen genau zu untersuchen und in den Schriften des Galen zahlreiche Irrtümer nachzuweisen, welche dadurch entstanden waren, daß unberechtigterweise Tierbefunde auf den menschlichen Körper übertragen worden waren. Durch seine Korrekturen des Galen geriet Vesal mit seinem Lehrer Silvius, einem energischen Vorkämpfer der Galenschen Autorität, und seinem berühmten Zeitgenossen Eustachius in einen heftigen Streit,

Mittelalter.

Vesal.

Anfänge der
Zootomie.

der viel zur Entwicklung der vergleichenden Anatomie beigetragen hat. Zunächst wurden Tieranatomien nur gemacht, um die Ursachen der Galenschen Irrtümer aufzudecken, später aber auch aus Lust und Liebe zur Sache. Es ist begreiflich, daß in erster Linie die *Wirbeltiere* Berücksichtigung fanden, da sie dem Menschen im Bau am nächsten stehen und am meisten zum Vergleich herausfordern. So erschienen noch im gleichen Jahrhundert mit Vesals menschlicher Anatomie die Abbildungen von Wirbeltierskeletten durch den Nürnberger Arzt Coiter, die zootomischen Schriften von Fabricius ab *Aquapendente* etc. Später wandte sich aber auch das Interesse den *Insecten* und *Mollusken*, ja selbst den im Meere wohnenden *Echinodermen*, den *Cölienteraten* und *Protozoen* zu. Hier verdienen vor allem drei Männer genannt zu werden, welche am Ende des 17. Jahrhunderts lebten, der Italiener Marcello Malpighi und die Holländer Swammerdam und Leeuwenhoek. Des ersteren „*Dissertatio de bombyce*“ war bahnbrechend für die Insecten-anatomie, indem sie durch die Entdeckung der Vasa Malpighii, des Herzens, des Nervensystems, der Tracheen etc. eine außerordentliche Bereicherung unseres Wissens herbeiführte. Von Swammerdams Schriften ist vor allem die „*Bibel der Natur*“ hervorzuheben, ein Werk, dem sich kein anderes der damaligen Zeit zur Seite setzen läßt, indem es Aufschlüsse von einer bewundernswerten Genauigkeit über den Bau der *Bienen*, *Eintagsfliegen*, *Schnecken* etc. enthält. Leeuwenhoek endlich ist der glücklichste Entdecker gewesen auf dem Gebiete der von ihm in die Wissenschaft eingeführten mikroskopischen Forschung; vor allem lehrte er neben vielerlei anderem auch die kleinen Bewohner des Süßwassers, die „*Infusionstierchen*“, kennen, deren genauere Untersuchung zu einem vollständigen Umschwung in unseren Auffassungen vom Wesen der tierischen Organisation geführt hat.

Das große Verdienst der genannten Männer besteht vornehmlich darin, daß sie gründlich mit dem Staub der Büchergelehrsamkeit auf-räumten und, indem sie sich nur auf ihre eigenen Augen und ihr eigenes Urteil verließen, den Menschen das gänzlich verloren gegangene Gut selbständiger und unbefangener Beobachtung wiedergewannen. Sie trugen das Interesse für die Naturbeobachtung in die weitesten Kreise, so daß im 18. Jahrhundert die Zahl selbständiger naturwissenschaftlicher Schriften eine ganz außerordentliche Vermehrung erfuhr. Mit Bau und Entwicklung der *Insecten* befaßte sich in Schweden de Geer, in Frankreich Réaumur, in Belgien Lyonet, in Deutschland Rösel von Rosenhof; letzterer schrieb zugleich eine noch jetzt lesenswerte Monographie der einheimischen *Batrachier*. Namentlich aber bildete die Untersuchung der *Infusorien* und anderer kleiner Süßwasserbewohner eine Lieblingsbeschäftigung für Gelehrte und Laien, wie Wrisberg, v. Gleichen-Rußwurm, Schäffer, Eichhorn, O. F. Müller. In den meisten Schriften tritt der religiöse Charakter der Naturbetrachtung außerordentlich in den Vordergrund, wie denn zahlreiche Geistliche, Eichhorn in Danzig, Goeze in Quedlinburg, Schäffer in Regensburg, sich einen ehrenvollen Platz in der Reihe zoologischer Schriftsteller errungen haben, ein Zeichen, daß es zu einer Aussöhnung zwischen Christentum und Naturbeobachtung gekommen war. Um einen Maßstab für die im Verhältnis zu früheren Jahrhunderten gemachten Fortschritte zu gewinnen, bedarf es nur eines Vergleichs der Abbildungen. Jeder Laie wird den Unterschied zwischen den dürftigen Zeichnungen eines Aldrovandi und

den ganz meisterhaften Bildern eines Lyonet oder Rösel von Rosenhof auf den ersten Blick erkennen.

So war durch den Fleiß vieler von Liebe zur Natur erfüllter Männer ein reiches anatomisches Material zusammengetragen worden, welches der geistigen Verarbeitung harrete; und diese geistige Verarbeitung wurde durch die großen vergleichenden Anatomen am Ende des 18. und am Anfang des 19. Jahrhunderts begonnen. Unter denselben sind vor allem die französischen Zoologen Lamarck, Geoffroy St. Hilaire, Cuvier und die Deutschen Meckel und Goethe zu nennen.

Indem man die einzelnen Tiere untereinander auf ihren Bau hin verglich, gelangte man schon damals zu einer Reihe wichtiger Grundsätze, vor allem des Gesetzes der Correlation der Teile — „balance-ment des organes“ — und des Gesetzes der Homologie der Organe. Ersteres stellte fest, daß ein Abhängigkeitsverhältnis zwischen den Organen eines und desselben Tieres besteht, daß lokale Veränderungen an einem einzelnen Organ auch zu Veränderungen an entfernt liegenden Punkten des Körpers führen, daß man daher aus der Beschaffenheit gewisser Teile auf die Beschaffenheit anderer Körperabschnitte einen Rückschluß machen könne. Namentlich Cuvier benutzte dieses Prinzip, um aus den paläontologischen Resten sich das Aussehen ausgestorbener Tierformen zu rekonstruieren. — Noch wichtiger wurde die Lehre von der Homologie der Organe. Man lernte an den Organen der Tiere zwischen einem anatomischen und einem physiologischen Charakter unterscheiden: der anatomische Charakter ist die Summe aller anatomischen Merkmale, wie sie in Gestalt, Structur, Lagebeziehung und Verbindungsweise der Organe gegeben sind; der physiologische Charakter ist ihre Function. Anatomisch gleiche Organe werden bei nahe verwandten Tieren meist auch dieselbe Function haben, wie z. B. die Leber sämtlicher *Wirbeltiere* die Function hat, Galle zu bereiten; hier gehen anatomische und physiologische Charakteristik Hand in Hand. Indessen muß dies nicht der Fall sein; vielmehr kann es vorkommen, daß ein und dieselbe Function, wie z. B. die Atmung der *Wirbeltiere*, von anatomisch verschiedenartigen Organen besorgt wird, bei den *Fischen* durch die Kiemen, bei den *Säugetieren* durch die Lungen. Umgekehrt können anatomisch gleichwertige Organe, wie Lunge der *Säugetiere* und Schwimmblase der *Fische*, verschiedene Functionen besitzen. Gleiche Organe können somit von einer Tierabteilung zur anderen einen Functionswechsel erfahren; der hydrostatische Apparat der *Fische* ist bei den *Säugetieren* zum Sitz der Respiration geworden. — Organe gleicher Function, physiologisch gleichwertige Organe, nennt man nun analog; Organe von gleicher anatomischer Beschaffenheit, anatomisch gleichwertige Organe, nennt man dagegen homolog. Als Aufgabe der vergleichenden Anatomie wurde erkannt, in den verschiedenen Tierabteilungen die homologen, die anatomisch gleichwertigen Organe ausfindig zu machen und sie auf ihren durch Functionswechsel bedingten Gestalt- und Structurveränderungen zu verfolgen.

Der hervorragendste Vertreter der vergleichend-anatomischen Richtung war Georges Dagobert Cuvier. Seine Untersuchungen erstreckten sich, abgesehen von den *Mollusken*, auf die *Cölenteraten*, *Arthropoden* und *Wirbeltiere*, lebende wie fossile; seine ausgedehnten Erfahrungen über den Bau der Tiere sammelte er in zwei Werken „Le règne animal distribué d'après son organisation“ und „Leçons d'anatomie

Periode der
vergleichenden
Anatomie.

Correlation
der Teile.

Homologie
und Ana-
logie.

Cuvier.

Typen-
theorie.

comparée“. Von ganz epochemachender Bedeutung war die kleine Schrift „Sur un rapprochement à établir entre les différentes classes des animaux“, in welcher er die berühmte Typentheorie begründete und mit derselben im Jahre 1812 eine vollkommene Reform der Systematik herbeiführte. Diese Cuviersche Einteilung, welche Ausgangspunkt für alle weiteren Klassifikationen geworden ist, unterscheidet sich äußerlich von allen früheren Systemen darin, daß sie die Klassen der *Säugetiere*, *Vögel*, *Reptilien* und *Fische* unter dem von Lamarck eingeführten Namen „*Wirbeltiere*“ zu einer höheren Einheit zusammenfaßt, daß sie ferner die sogenannten „Wirbellosen“ in drei weitere, den *Wirbeltieren* gleichwertige Einheiten abteilt: *Mollusken*, *Articulaten* und *Radiaten*. Cuvier nannte diese über den Klassen stehende Einheiten Provinzen oder Hauptzweige (embranchements), wofür dann später durch Blainville der Name „Typen“ eingeführt wurde. — Noch wichtiger aber sind die Unterschiede, welche sich in der inneren Begründung des Systems aussprechen. Anstatt wie frühere Systematiker einige wenige, vielfach äußerliche Merkmale bei der Einteilung zu benutzen, stützte sich Cuvier auf die Gesamtheit der inneren Organisation, wie sie in dem Lageverhältnis der wichtigsten Organe, besonders des Nervensystems, zum Ausdruck kommt. „Der Typus ist das Lageverhältnis der Teile“ (v. Baer). Hiermit wurde zum ersten Male die vergleichende Anatomie zur Bildung eines natürlichen Systems der Tiere herangezogen.

Schließlich begründete die Typentheorie eine ganz neue Auffassung von der Anordnung der Tiere. Cuvier fand als herrschende Ansicht die Lehre vor, daß alle Tiere eine einzige, vom niedersten Infusor bis zum Menschen aufsteigende Reihe bilden; innerhalb dieser Reihe werde die Stellung eines Tieres ausschließlich von seiner Organisationshöhe bestimmt. Dagegen lehrte Cuvier, daß das Tierreich aus mehreren koordinierten Einheiten, den Typen, bestehe, welche unabhängig nebeneinander existieren, innerhalb deren es wiederum höhere und niedere Formen gebe. Die Stellung eines Tieres werde durch zwei Faktoren entschieden, erstens durch seine Zugehörigkeit zu einem Typus, durch den Bauplan, welchen es vertritt, zweitens durch seine Organisationshöhe, durch die Stufe, welche ihm innerhalb seines Typus zukommt.

Cuvier (1769—1832), geboren in dem damals noch württembergischen Städtchen Mömpelgardt (Montbéliard), genoß seine Ausbildung auf der Carlsschule bei Stuttgart. Die Gelegenheit, die sich ihm bot, als Hauslehrer des Grafen d'Héricy an das Meer zu kommen, benutzte er zu Beobachtungen über Seetiere, besonders zu seinen großes Aufsehen erregenden Untersuchungen über den Bau der *Mollusken*. Im Jahre 1794 siedelte er, besonders auf Veranlassung seines späteren großen Gegners Geoffroy St. Hilaire, nach Paris über, wo er zunächst Professor der Naturgeschichte an der Centralschule und dem Collège de France, später Professor der vergleichenden Anatomie am Pflanzengarten wurde. Als Zeichen des großen Ansehens, in welchem Cuvier stand, sei noch hervor gehoben, daß er wiederholt mit hohen Stellungen im Kultusministerium betraut und zum Pair von Frankreich ernannt wurde.

Ver-
gleichende
Entwick-
lungs-
geschichte.

Zu denselben Resultaten, welche Cuvier auf vergleichend-anatomischem Wege förderte, gelangte C. E. v. Baer zwei Dezennien später mit Hilfe der Entwicklungsgeschichte. — Innerhalb der Zoologie ist die Entwicklungsgeschichte eine der jüngsten Disciplinen gewesen. Was Aristoteles darüber von sachlichem Material kannte, was Fabri-

cus ab Aquapendente und Malpighi über die Entwicklungsgeschichte des Hühnchens geschrieben haben, erhebt sich nicht über den Wert von Aphorismen, die nicht genügen, um eine Wissenschaft auszumachen. Der Beobachtung standen hier viele durch die Zartheit und Kleinheit der Entwicklungszustände veranlaßte Schwierigkeiten entgegen, deren Bewältigung die Ausbildung des Mikroskops und der mikroskopischen Technik voraussetzte. Ferner traten die herrschenden philosophischen Anschauungen hinderlich in den Weg. Man glaubte überhaupt nicht an eine Entwicklungsgeschichte im heutigen Sinne des Wortes. Jeder Organismus sei gleich von Anfang an in allen seinen Teilen fertig angelegt und bedürfe nur des Wachstums, um seine Organe zu entfalten (*Evolutio*); entweder das Spermatozoon sei das junge Wesen, welches im Nährboden des Eies die günstigen Wachstumsbedingungen vorfände; oder das Ei repräsentiere das Individuum und werde durch das Spermatozoon zur „*Evolutio*“ angeregt. In ihren weiteren Konsequenzen führte die Theorie zur Lehre von der Einschachtelung, welche besagt, daß im Eierstock der Eva die Keime aller Menschen, welche bisher gelebt haben und noch leben werden, eingeschachtelt gewesen seien.

Dieser Lehre trat 1759 Caspar Friedrich Wolff mit seiner „*Theoria generationis*“ entgegen; er suchte an der Hand der Beobachtung zu beweisen, daß das Ei des Hühnchens anfänglich ohne jede Organisation sei, und daß in ihm erst allmählich die einzelnen Organe auftreten. Im Embryo soll eine Neubildung aller Teile, eine *Epigenesis*, stattfinden. Dieser erste Angriff gegen die Schule der *Evolutio* verlief gänzlich resultatlos, zumal da A. von Haller, der berühmteste Physiologe des 18. Jahrhunderts, sich gegen die Lehre von der *Epigenesis* erklärte. Wolff selbst vermochte nicht, sich einen wissenschaftlichen Wirkungskreis in Deutschland zu erringen und mußte nach Rußland auswandern. Erst nach seinem Tode fanden seine Schriften durch Oken und Meckel die gebührende Anerkennung.

Wolff.

So blieb es denn Carl Ernst v. Baer vorbehalten, in seinem klassischem Werk: „*Die Entwicklung des Hühnchens, Beobachtung und Reflexion*“ (1832) die Entwicklungsgeschichte als eine selbständige Disziplin zu begründen. Baer bestätigte die Lehre Wolffs von dem Auftreten blattartiger Anlagen, von denen die Organe abstammen, und wurde durch die Genauigkeit, mit welcher er diesen Nachweis führte, der Begründer der Keimblättertheorie. Ferner kam er zum Resultat, daß jeder Tiertypus nicht nur seinen besonderen Bauplan, sondern auch seine besondere Entwicklungsweise besitze, daß für die *Wirbeltiere* ein *Evolutio bigemina*, für die *Articulaten* die *Evolutio gemina*, für die *Mollusken* die *E. contorta* und für die *Radiaten* die *E. radiata* charakteristisch sei. Wir begegnen hier zum erstenmal der Idee, daß für die richtige Beurteilung der verwandtschaftlichen Beziehungen der Tiere und somit für die natürliche Systematik die Resultate der vergleichenden Entwicklungsgeschichte unentbehrlich seien, eine Idee, die sich in der Neuzeit als außerordentlich fruchtbringend erwiesen hat.

C. E. v. Baer.

Für die weitere Ausbildung der vergleichenden Anatomie und Entwicklungsgeschichte war von fundamentaler Bedeutung der Nachweis, daß alle Organismen sowie alle ihre Entwicklungsformen sich aus denselben Elementen, den Zellen, zusammensetzen. Diese Erkenntnis ist die Quintessenz der Zelltheorie, welche in den dreißiger Jahren des vorigen Jahrhunderts von Schwann und Schleiden vorgetragen und drei Jahrzehnte später durch die Protoplasmatheorie Max Schultzes vollkommen refor-

Zellen-
theorie.

miert wurde. Durch die Zellenlehre wurde für alle Lebewesen, für hoch und niedrig organisierte Pflanzen und Tiere, ein einheitliches Organisationsprinzip gefunden und zugleich das umfangreiche Gebiet der Histologie oder Gewebelehre einer wissenschaftlichen Behandlung zugänglich gemacht. Von der allergrößten Bedeutung aber wurde die Zellentheorie für die Entwicklungsphysiologie. Denn erst durch den Nachweis, daß Ei, Spermatozoon und die Furchungskugeln kernhaltige Zellen seien, wurde eine sichere Basis gewonnen, um über die Probleme der Befruchtung, Vererbung und embryonalen Differenzierung theoretische Vorstellungen zu entwickeln und dieselben experimentell zu prüfen.

Reform des Systems.

Man kann sagen, daß mit der Begründung und systematischen Verwertung der vergleichenden Anatomie und Entwicklungsgeschichte und mit der Entwicklung der Zellentheorie und der Gewebelehre die Fundamente der heutigen Zoologie gelegt worden sind. Die seitdem verflossene Zeit hat vornehmlich dem Ausbau des Gebäudes gedient. Ungeheure Fortschritte wurden auf dem Gebiete der Wirbeltieranatomie durch die klassischen Untersuchungen von Owen, Joh. Müller, Rathke, Gegenbaur u. a. erzielt; unsere Vorstellungen von Organisation wurden vollkommen reformiert durch die Arbeiten Dujardins, Max Schultzes, Haeckels u. a., welche die Einzelligkeit der niedersten Tiere nachwiesen. Die Keimblättertheorie wurde weiter ausgebaut von Remak, Kölliker und von Kowalewski, Haeckel, Huxley auch auf die wirbellosen Tiere übertragen. Es würde den Rahmen dieses kurzen historischen Abrisses überschreiten, wenn wir noch weiter hineinziehen wollten, was auf dem Gebiete der einzelnen Stämme des Tierreichs geleistet worden ist; wir müssen uns daher begnügen, die wichtigsten Reformen zu erwähnen, welche das Cuviersche System unter dem Einflusse wachsender Erkenntnis erfahren hat.

Von den vier Typen Cuviers war der Stamm der *Radiaten* unzweifelhaft derjenige, dessen Vertreter dem französischen Gelehrten, mit Ausnahme der *Medusen*, am wenigsten bekannt waren; daher war er auch am wenigsten naturgemäß zusammengefaßt, indem er außer den radial-symmetrischen *Cölenteraten* und *Echinodermen* Formen enthielt, welche, wie die *Würmer*, bilateral-symmetrisch oder, wie viele *Infusorien*, ganz asymmetrisch beschaffen sind. So kam es, daß die meisten Reformen hier ihre Angriffspunkte gefunden haben.

C. Th.
v. Siebold.

C. Th. v. Siebold (1848) ist der Urheber der ersten wichtigen Reform gewesen. Er beschränkte den Typus der *Radiaten* oder, wie er ihn bezeichnete, der *Zoophyten*, auf die Tiere von radial-symmetrischem Bau (*Echinodermen* und *Pflanzentiere*), trennte dagegen alle übrigen ab; und zwar bildete er aus den niedriger stehenden einzelligen Organismen den Stamm der *Urtiere* oder *Protozoen*; die höher organisierten Tiere faßte er als „*Vermes*“ oder „*Würmer*“ zusammen. Gleichzeitig schloß er einen Teil der *Articulaten*, die *Anneliden*, dem Würmerstamme an und führte für die übrigen *Articulaten*, die *Krebse*, *Tausendfüßler*, *Spinnen* und *Insecten*, den Namen *Arthropoden* ein.

Fast um dieselbe Zeit löste Leuckart den Rest der *Radiaten* in zwei Stämme von sehr verschiedener Organisationshöhe auf; die niederen Formen, bei denen noch keine besondere Leibeshöhle vorhanden ist und das Innere des Körpers von nur einem der Verdauung dienenden Hohlraumssysteme, dem Darne, eingenommen wird, nannte er *Cölenteraten* (im wesentlichen die *Zoophyten* der älteren Zoologen); für den Rest, bei denen Darm und Leibeshöhle als zwei getrennte Hohlräume nebeneinander vorkommen, behielt er den Namen *Echinodermen* bei. So würden sich im ganzen sieben Typen ergeben: *Protozoen*, *Cölenteraten*, *Echinodermen*, *Würmer*, *Arthropoden*, *Mollusken*, *Vertebraten*, eine Einteilung, welche der Hauptsache nach in diesem Lehrbuch beibehalten wurde, wenn sie auch noch nicht vollkommen den Ansprüchen entspricht, welche man an ein natürliches System zu stellen berechtigt ist.

Leuckart.

Geschichte der Descendenztheorie.

Ehe wir die geschichtliche Einleitung beenden, müssen wir noch die historische Entwicklung einer Frage ins Auge fassen, welche bei oberflächlicher Betrachtung in ihrer Bedeutung leicht unterschätzt wird, welche aber aus kleinen Anfängen zu einem die zoologische Forschung vollkommen beherrschenden Problem herangewachsen ist und mit ihren Konsequenzen nicht nur die Zoologen, sondern alle Kreise von allgemeinerem wissenschaftlichen Interesse beschäftigt hat. Es ist die Frage nach dem logischen Werte der systematischen Begriffe Art, Gattung, Familie etc.

In der Natur finden wir nur Einzeltiere vor; wie kommt es nun, daß man dieselben in größere und kleinere Gruppen zusammenfaßt? Sind die einzelnen Arten, Gattungen und die übrigen Abteilungen, welche der Systematiker unterscheidet, unveränderliche Größen, gleichsam Grundideen der Natur oder, wenn man will, Schöpfungsgedanken, welche in den Einzelformen zum Ausdruck kommen? Oder sind es Abstraktionen, die der Mensch bei der Beobachtung bildet, um die Natur seinem Begriffsvermögen verständlich zu machen? Sind die Art- und Gattungsnamen nur durch das Wesen unseres Begriffsvermögens notwendig gewordene Ausdrücke für die Abstufungen der Verwandtschaftskreise in der Natur, welche an und für sich nichts Unabänderliches sind und daher auch einem allmählichen Wandel unterliegen können? In die Praxis übersetzt, lautet das Problem: sind die Arten konstant oder veränderlich? Was für die Arten gilt, muß notwendigerweise für alle übrigen Kategorien des Systems Geltung besitzen, da sie sämtlich in letzter Instanz auf dem Artbegriffe beruhen.

Einer der ersten, welcher über den Artbegriff nachgedacht hat, ist der Vorläufer Linnés, der Engländer John Ray. Bei dem Versuche, für das, was man unter einer Art versteht, eine bestimmte Definition zu geben, stieß er auf Schwierigkeiten. In der systematischen Praxis rechnet man Tiere, welche im Bau und in der Erscheinungsweise wenig voneinander abweichen, zu derselben Art. Dieses praktische Verfahren läßt sich theoretisch zur Definition des Artbegriffes nicht verwerten; denn es gibt Männchen und Weibchen innerhalb derselben Art, welche sich anatomisch mehr voneinander unterscheiden als die Repräsentanten verschiedener Arten. So gelangte John Ray zu der genetischen Definition des

Artbegriffes, indem er sagte: Es gibt für die Pflanzen kein anderes sicheres Merkmal der Artzusammengehörigkeit als der Ursprung aus dem Samen spezifisch oder individuell gleicher Pflanzen; d. h. für alle Organismen generalisiert: Zu einer und derselben Art gehören die Individuen, welche von gleichen Voreltern stammen.

Mit Rays Worten war ein völlig unkontrollierbares Element in die Definition des Artbegriffes hineingetragen worden, da gewöhnlich kein Systematiker etwas darüber weiß oder überhaupt etwas darüber wissen kann, ob die Repräsentanten einer von ihm aufgestellten Art von gleichgearteten Eltern abstammen. So war es denn natürlich, daß der Artbegriff bald ein theologisches Gewand erhielt, indem er durch Anlehnen an religiöse Vorstellungen fester gestützt wurde. Linné sagte: „Tot sunt species, quot diversas formas ab initio produxit Infinitum Ens“; er baute damit den Artbegriff auf den Traditionen der Mosaischen Schöpfungsgeschichte auf, ein Verfahren, welches naturwissenschaftlich ganz unstatthaft ist, da es einen der grundlegenden Begriffe aus transscendentalen Anschauungen, nicht aus dem Bereiche der naturwissenschaftlichen Erfahrung ableitet. Auch erwies sich die Linnésche Definition sofort als unhaltbar, sowie die Paläontologie anfang, das umfangreiche, in Versteinerungen niedergelegte Material ausgestorbener Tiere zugänglich zu machen. Mit abenteuerlichen Phantasien hatte man lange Zeit die unbenutzbar werdenden Versteinerungen außerhalb des Bereichs wissenschaftlicher Forschung gehalten: es seien Spiele der Natur, hieß es, oder Reste der Sintflut, oder Einflüsse der Sterne auf die Erde, oder Produkte einer Aura seminalis, einer befruchtenden Luft, die, wenn sie organische Körper befallt, zur Bildung von Tieren und Pflanzen führe, wenn sie aber auf unorganisches Material sich verirrte. Petrefakten erzeuge. Derartigen wüsten, schon von Lionardo da Vinci, Hooke, Buffon und anderen vorurteilsfreien Männern bekämpften Spekulationen wurde durch die Begründung der wissenschaftlichen Paläontologie durch Cuvier endgültig ein Ziel gesetzt. Cuvier wies in überzeugender Weise nach, daß die Versteinerungen Reste vorweltlicher Tiere seien. Wie der Aufbau der Erdkruste aus verschiedenen übereinander lagernden Schichten die Unterscheidung verschiedener Perioden der Erdgeschichte ermögliche, so lehre die Paläontologie verschiedene Perioden in der pflanzlichen und tierischen Lebewelt unseres Erdballs kennen. Jede Erdperiode sei durch eine besondere, ihr eigentümliche Tierwelt charakterisiert; diese Tierwelt sei um so mehr von der jetzt lebenden unterschieden, je älter die Erdperiode sei, der sie angehöre. Diese Verallgemeinerungen führten Cuvier zu seiner Lehre von den Erdrevolutionen: daß das Ende jeder Erdperiode durch eine gewaltige, die Lebewesen vernichtende Katastrophe herbeigeführt worden sei. Zugleich bestritt Cuvier als ein Anhänger der Lehre von der Konstanz der Arten den Zusammenhang der jetzt lebenden Tierarten mit den ausgestorbenen Formen.

Cuviers Lehre von den Erdrevolutionen gab keine naturwissenschaftliche Erklärung der Entstehung der aufeinander folgenden den einzelnen Erdperioden zukommenden Tierwelten. Eine solche Erklärung ist nur möglich, wenn man annimmt, daß die jüngere Tierwelt sich aus der älteren entwickelt hat. Das setzt aber voraus, daß man die Lehre von der Artenkonstanz aufgibt und durch die Lehre von der Umbildung der Formen, die Descendenztheorie, ersetzt.

Vorläufer
Darwins.

Schon zu Zeiten Cuviers herrschte eine kräftige descendenz-theoretische Strömung; sie fand Ausdruck in England in den Schriften von

Erasmus Darwin (Großvater des berühmten Charles Darwin), in Deutschland in den Werken Goethes, Oken's und der Anhänger der naturphilosophischen Schule; in Frankreich wurde die Abstammungslehre vornehmlich von Buffon, Geoffroy St. Hilaire und Lamarck ausgebaut. Am klarsten durchdacht wurde sie von Lamarck in seiner 1809 erschienenen „Philosophie zoologique“, an deren Ideengang wir uns daher im folgenden auch halten wollen.

Lamarck (Jean Baptiste de Monet, Ritter von Lamarck, 1744 in der Picardie geboren, 1829 als Professor am Pflanzengarten gestorben) lehrte, daß auf der Erde zunächst Organismen von einfachstem Bau auf natürlichem Wege aus unbelebten Stoffen durch Urzeugung entstanden seien. Von diesen einfachsten Lebewesen hätten sich im Laufe von unermesslich großen Zeiträumen die jetzt lebenden Arten der Tiere und Pflanzen durch langsame Umbildung entwickelt, ohne daß die Kontinuität des Lebens auf unserem Erdball jemals eine Unterbrechung erfahren habe; Endpunkt dieser Reihe sei der Mensch; die übrigen Tiere seien die Descendenten der Formen, aus denen der Mensch sich entwickelt habe. Lamarck faßte entsprechend den damals herrschenden Anschauungen das Tierreich als eine einzige vom niedersten Urtier bis zum Menschen aufsteigende Reihe auf. Unter den Ursachen, welche die Veränderung und Vervollkommnung der Organismen bewirken sollten, betonte Lamarck am meisten die Übung und die Nichtübung. Die Giraffen sollen lange Hälse bekommen haben, weil sie durch besondere Lebensbedingungen gezwungen waren, sich zu strecken, um hochbelaubte Bäume abzuweiden; umgekehrt hätten sich die Augen der im Dunkeln wohnenden Tiere aus mangelndem Gebrauch zu functionslosen kleinen Körperchen rückgebildet. Unwichtiger sollen die direkten Einwirkungen der Außenwelt sein; die Veränderungen der Umgebung („le monde ambiant“ Geoffroy St. Hilaire's) sollen auf Tiere zumeist indirekt wirken, indem sie die Bedingungen für die Übung der Organe verändern.

Lamarck's geistvolle Schrift blieb bei seinen Zeitgenossen fast unbeachtet. Dagegen kam es 1830 in der Pariser Akademie zu einem heftigen Konflikt zwischen Cuvier und Geoffroy St. Hilaire. Der Konflikt endete mit der Niederlage der Descendenztheorie. Die Niederlage war eine so vollständige, daß das Problem auf längere Zeit vollkommen aus der wissenschaftlichen Diskussion verschwand und die Lehre von der Artkonstanz wieder zur herrschenden wurde. Dieser Mißerfolg war durch vielerlei Gründe veranlaßt. Zunächst war die Theorie Geoffroy's und Lamarck's mehr eine geistreiche Konzeption, als daß sie sich auf ein reiches empirisches Material gestützt hätte. Außerdem hatte sich in sie als ein fundamentaler Irrtum die Lehre von der einreihigen Anordnung der Tierwelt eingeschlichen. Dem entgegen stand Cuvier's große Autorität und sein umfassendes Wissen, welches letzteres es ihm leicht machte, zu zeigen, daß das Tierreich aus einzelnen koordinierten Gruppen, den Typen, bestehe.

In demselben Jahr, in welchem Cuvier seinen für lange Zeit entscheidenden Sieg über Geoffroy St. Hilaire erfocht, wurde gegen seine Lehre von der Aufeinanderfolge zahlreicher Tierwelten auf unserem Erdball der erste verderbliche Schlag geführt. Cuvier's Lehre von den Erdrevolutionen hatte eine doppelte Seite, eine geologische und eine biologische. Cuvier leugnete die Kontinuität der einzelnen Erdperioden wie die Kontinuität der ihnen zukommenden Lebewelten. In den Jahren 1830–1832 erschienen nun die „Principles of Geology“ von Lyell, ein

epochemachendes Werk, welches endgültig auf dem Gebiet der Geologie die Cuviersche Lehre beseitigte. Lyell wies nach, daß man der gewaltigen Erdrevolutionen nicht bedürfe, um die Umwandlung der Erdoberfläche und die Überlagerung ihrer Schichten zu erklären, daß vielmehr die allezeit wirksamen Kräfte, die Hebungen und Senkungen, die nagende Wirkung des Wassers, möge es als Ebbe und Flut, als Regen, als Schnee oder Eis, als reißender, zum Meere strömender Fluß oder Bach wirken, zur Erklärung vollkommen ausreichen. Ganz allmählich im Laufe kolossaler Zeiträume sei die Oberfläche verändert und aus einer Periode in die andere übergeführt worden, und noch jetzt gehe dieser stetige Umwandlungsprozeß vor sich. Die Lehre von der Kontinuität in der geologischen Geschichte der Erde, welche hiermit zum ersten Male vorgetragen wurde, ist seitdem zu allgemeiner Anerkennung gelangt; dagegen wurde die Diskontinuität in der Geschichte der die Erde bevölkernden Lebewesen, obwohl ihre geologischen Voraussetzungen hinfällig geworden waren, noch lange Zeit über aufrecht erhalten.

Charles
Darwin.

Es ist das große Verdienst von Charles Darwin, nach jahrzehntelanger Ruhe durch sein Buch „Über die Entstehung der Arten“ die Descendenztheorie von neuem vorgetragen und zur allgemeinen Geltung gebracht zu haben. Zugleich wurde damit die wichtigste Periode in der Geschichte der Zoologie eingeleitet, eine Periode, in welcher diese Wissenschaft nicht nur selbst einen unerwarteten Aufschwung nahm, sondern auch anfang, auf die allgemeinen Anschauungen der Menschen nachhaltigen Einfluß zu gewinnen.

Charles Darwin wurde 1809 zu Shrewsbury geboren. Nach Beendigung seiner Studien auf den Universitäten Edinburgh und Cambridge (1825—1831) schloß er sich als Naturforscher der Weltumsegelung des „Beagle“ an, eines englischen Kriegsschiffes, welches in den Jahren 1831—1836 nautische Untersuchungen auszuführen bestimmt war. Als Darwin die eigentümlichen Charaktere der Inselfaunen, besonders der Galapagos-Inseln, und die merkwürdige geologische Aufeinanderfolge der *Edentaten* in Südamerika kennen lernte, bildeten sich in ihm die Keime zu seiner epochemachenden Theorie. Eine weitere Ausbeute dieser Reise waren seine schöne Monographie der *Cirripeden* und die klassischen Untersuchungen über die Corallenriffe. Nach England zurückgekehrt, lebte Darwin, ausschließlich wissenschaftlichen Arbeiten gewidmet, vornehmlich auf seinem Gute Down in der Grafschaft Kent bis zu seinem Tode im Jahre 1882; vor allem war er unablässig bemüht, seine Anschauungen über den Ursprung der Arten auszubauen und für dieselben ein immer reicheres empirisches Material zu sammeln. Die erste schriftliche Aufzeichnung seiner Grundgedanken, die er Freunden, besonders dem Geologen Lyell und dem Botaniker Hooker, mitteilte, fällt in das Jahr 1844, ohne daß der Verfasser sich jedoch bereuen ließ, dieselbe der Öffentlichkeit zu übergeben. Erst im Jahre 1858 entschloß sich Darwin zu einer Mitteilung im Journal of the Linnean Society, und zwar durch einen äußeren Anlaß bewogen. In diesem Jahr erhielt er von dem Reisenden Wallace einen Aufsatz zugesandt, welcher in den wichtigsten Punkten mit Darwins eigenen Anschauungen übereinstimmte. Darwin brachte einen Abriß seiner Lehre gleichzeitig mit Wallaces Manuskript zum Abdruck. Im Jahre darauf (1859) erschien dann die wichtigste seiner Schriften: *On the origin of species by means of natural selection*, und in kurzer Aufeinanderfolge eine stattliche Reihe von Werken, die Frucht

jahrelanger vorbereitender Arbeit. Für die Geschichte der Descendenztheorie sind aus dieser Reihe die wichtigsten: 1. Über das Variieren der Tiere und Pflanzen im Zustand der Domestication, 2 Bände, welche vornehmlich eine Sammlung empirischen Beweismaterials enthalten; 2. Über den Ursprung des Menschen, ein Werk, welches die Anwendung der Descendenztheorie auf den Menschen gibt.

Wohl kein wissenschaftliches Werk des 19. Jahrhunderts hat in der zoologischen, ja man kann sagen in der ganzen gebildeten Welt ein so großartiges Aufsehen erregt, wie das Buch Darwins über den Ursprung der Arten. Vielfach wurden seine Lehren als etwas durchaus Neues aufgenommen; so sehr war die wissenschaftliche Tradition verloren gegangen. In Kreisen der Fachleute wurden sie von einem Teil heftig beföhdet, von einem anderen Teil fanden sie eine wohlwollende, aber zweifelnde Aufnahme. Nur wenige Männer traten von Anfang mit aller Entschiedenheit auf die Seite des großen britischen Forschers. Es entbrannte ein lebhafter wissenschaftlicher Kampf, welcher mit einem glänzenden Sieg der Descendenztheorie endete. Zurzeit ist unser wissenschaftliches Denken so sehr von den Ideen der Descendenztheorie durchsetzt, daß man kaum noch von einer erheblichen Gegnerschaft gegen die Lehre reden kann. Unter den Männern, welche am meisten diesen raschen Umschwung herbeigeföhrt haben, ist neben dem Mitbegründer des Darwinismus A. R. Wallace vor allem E. Haeckel zu nennen, welcher sich in seiner „Generellen Morphologie“ und seiner „Natürlichen Schöpfungsgeschichte“ um die Ausbildung der Theorie die allergrößten Verdienste erworben hat. Energische Vorkämpfer der Lehre in Deutschland waren ferner Fritz Müller, Carl Vogt, Weismann, Moritz Wagner und Naegeli, wenn auch letztere beiden rücksichtlich der Ursachen, welche die Umbildung der Formen bedingen, ihren besonderen Standpunkt einnahmen. Unter den englischen Naturforschern sind besonders Huxley, Hooker und Lyell zu nennen. Am spätesten hat der Darwinismus in Frankreich Eingang gefunden.

Im folgenden werde ich versuchen, die Darwinsche Lehre, so wie sie sich im Widerstreit der Meinungen im Laufe der letzten Jahrzehnte entwickelt hat, wiederzugeben, indem ich mich möglichst der Art, wie sie Darwin selbst vorgetragen hat, anschließe.

Darwins Theorie von der Abstammung der Arten.

Vor dem Erscheinen von Darwins Schriften herrschte bei den Systematikern das Dogma von der Konstanz der Arten. Man gab zwar zu, daß nicht alle Individuen einer Art gleich seien; es solle eine mehr oder minder erhebliche Variabilität herrschen, so daß es möglich sei, innerhalb einer Art Rassen und Varietäten zu unterscheiden; doch solle die Variabilität niemals solche Grade erreichen, daß gleichsam die Grenzen des Artbegriffs überschritten würden.

Darwin geht daher von der Kritik des Speciesbegriffs aus: Sind die Begriffe Species (Art) einerseits und Rasse und Varietät andererseits

etwas vollkommen Verschiedenes? Gibt es besondere Kriterien, um in unzweifelhafter Weise festzustellen, ob wir in einem bestimmten Fall es mit Varietäten einer Art oder mit verschiedenen Arten zu tun haben? Oder gehen die Begriffe in der Natur miteinander über? Sind die Arten konstant gewordene Varietäten und ebenso die Varietäten in Bildung begriffene Arten?

Morpho-
logische
Unterschiede
von Art und
Varietät.

Zur Entscheidung dieser fundamentalen Fragen können morphologische und physiologische Charaktere herangezogen werden. In der Praxis des Systematikers gelten gewöhnlich ausschließlich die morphologischen Merkmale, weshalb wir sie hier in erster Linie berücksichtigen. Wenn sich innerhalb einer größeren Zahl einander ähnlicher Formen zwei Gruppen aufstellen lassen, die sich erheblich voneinander unterscheiden, wenn die Unterschiede beider Gruppen durch keinerlei Mittelformen verwischt werden, und wenn sie sich in mehreren aufeinanderfolgenden Generationen konstant erhalten, so spricht der Systematiker von guten Arten; er spricht dagegen von Varietäten derselben Art, wenn die Unterschiede geringfügig und inkonstant sind und durch die Existenz von Mittelformen noch weiter an Bedeutung verlieren. Eine genaue Prüfung der Art und Weise, wie diese Regel in der Praxis befolgt wird, lehrt nun die größten Inkonsistenzen kennen, womit es zusammenhängt, daß manche einander nahestehenden Tier- und Pflanzengruppen von einem Teil der Systematiker für gute Arten, von einem anderen Teil nur für „kleine Arten“ oder Spielarten oder sogar nur für Varietäten derselben Art gehalten werden. Die Unterschiede zwischen den Spielarten unserer Haustiere sind vielfach so bedeutend, wie sie sonst als ausreichend für die Unterscheidung nicht nur guter Arten, sondern sogar von Gattungen und Familien angesehen werden. Bei den Pfautauben ist die sonst nur 12—14 betragende Zahl der Steuerfedern des Schwanzes auf 30—42 gesteigert (Fig. 1 C); bei anderen Taubenrassen unterliegt die relative Größe von Schnabel und Füßen im Vergleich zum übrigen Körper enormen Schwankungen (Fig. 1 A, B); selbst das Skelett ist bei den Variationen beteiligt, wie daraus hervorgeht, daß die Gesamtzahl der Wirbel zwischen 38 (Botentauben) und 43 (Kropftauben), die Zahl der Sacralwirbel zwischen 11 und 14 schwankt.

Was nun das Vorkommen von Zwischenformen und die Konstanz der Unterschiede anlangt, so verhalten sich die einzelnen sogenannten guten Arten in dieser Hinsicht ganz verschieden. Bei manchen stark variierenden Arten sind die äußersten Extreme durch vielerlei Übergänge verbunden. In anderen Fällen kann man innerhalb derselben Art scharf umschriebene Formengruppen, die Rassen, unterscheiden. Bei den Rassen vererben sich die charakteristischen Merkmale von Geschlecht zu Geschlecht mit derselben Konstanz wie bei guten Arten. Man kann das an den Menschenrassen und vielen rein kultivierten Haustierrassen beweisen.

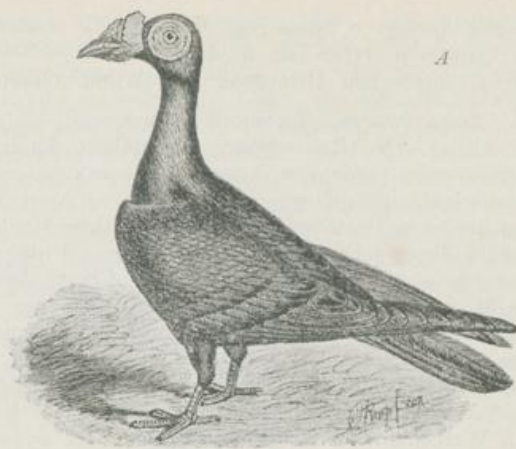
Physiolo-
gische
Unter-
schiede.
a) Kreuzung
von Arten
und Varietäten.

Eine kritische Prüfung führt somit zu dem Satz, daß die Morphologie zwar benutzt wird, um die Tiere in Arten und Varietäten zu gruppieren, daß sie uns aber vollkommen im Stich läßt, wenn es gilt, prinzipielle Unterschiede aufzustellen zwischen dem, was man eine Art, und dem, was man eine Varietät zu nennen hat. Dem Systematiker steht daher nur der Ausweg offen, sein praktisches Verfahren zu ergänzen, indem er physiologische Gesichtspunkte zu Hilfe nimmt. Dies hat man denn auch getan und gewisse bei der Fortpflanzung auftretende Unterschiede herangezogen; es sollen die Individuen verschiedener Arten sich nicht untereinander fortpflanzen können, dagegen sollen unter nor-

malen Verhältnissen die Individuen einer und derselben Art, mögen sie auch verschiedenen Varietäten und Rassen angehören, vollkommen fruchtbare Eben eingehen können. Bei der Prüfung dieser beiden Sätze muß man sich vor einem sehr nahe liegenden Zirkelschluß hüten: ein solcher Zirkelschluß würde es sein, wenn ein Experimentator zwei Tiere, die er nach ihren sonstigen Verhältnissen verschiedenen Arten zurechnen würde, für Repräsentanten einer Art erklären wollte, nur weil sie sich bei der Kreuzung vollkommen fruchtbar erweisen.

Vielmehr muß die Frage lauten: Führt das physiologische Experiment zu denselben systematischen Unterscheidungen, zu denen das gewöhnliche systematische Verfahren, die Abschätzung der Konstanz und der Divergenz der unterscheidenden Merkmale führt?

Das Gebiet, welches wir hier betreten, ist noch lange nicht genügend experimentell durchgearbeitet; gleichwohl lassen sich schon jetzt einige allgemeine Sätze aufstellen: 1. daß nicht wenige sogen. gute Arten miteinander gekreuzt werden können; 2. daß die Schwierigkeiten der Kreuzung



A



B



C

Fig. 1. Taubenrassen (nach Darwin). A englische Botentaube, B englische Barzeltaube, C englische Pfauentaube.

im allgemeinen wachsen, je geringer die systematische Verwandtschaft der benutzten Arten ist; 3. daß aber diese Schwierigkeiten keineswegs der systematischen Divergenz der Arten vollkommen proportional sind.

Das günstigste Untersuchungsmaterial bilden Tiere, bei denen man die künstliche Befruchtung durchführen kann, denen man Eier und Spermatozoen entnehmen kann, um sie unabhängig vom Willen der Tiere zu mischen. So gelingt es, Bastarde von Arten zu erzielen, welche ganz verschiedenen Gattungen angehören, während sehr häufig ganz nahe verwandte Arten sich nicht kreuzen lassen. Unter den Fischen kennt man Bastarde von *Abramis brama* und *Blicca Björkna*, von *Trutta salar* (Lachs) und *Trutta fario* (Forelle); unter den Seeigeln befruchten die Spermatozoen von *Strongylocentrotus lividus* mit großer Leichtigkeit die Eier von *Echinus microtuberculatus*, dagegen nur äußerst selten die Eier des im System viel näher stehenden *Sphaerechinus granularis*. Auch kommt es vor, daß die Kreuzung in einer Richtung (Männchen von a und Weibchen von b) leicht gelingt, in der anderen Richtung (Männchen von b und Weibchen von a) vollkommen fehlschlägt, wie z. B. der Same von *Strongylocentrotus lividus* wohl die Eier von *Echinus microtuberculatus* befruchtet, nicht aber umgekehrt der Same von *E. microtuberculatus* die Eier von *St. lividus*. Noch bekannter ist ein zweites Beispiel: daß nämlich Lachseier von Forellensamen, dagegen nicht Forelleneier von Lachssamen befruchtet werden. Befruchtungsmöglichkeit der Eier hat sich sogar ergeben, wenn man Tiere, welche verschiedenen Familien, Ordnungen, vielleicht selbst Klassen des Tierreiches angehören, zum Experimente wählte. Eier der Schollen (*Pleuronectes platessa*) und Lippfische (*Labrus rupestris*) werden von Dorschsamen (*Gadus morrhua*), Froscheier (*Rana arvalis*) von Salamandersamen (*Molge alpestris* und *M. taeiniatus*), Eier von Seesternen (*Asterias Forbesi*) von Seeigelsamen (*Arbacia pustulosa*) befruchtet. Freilich sterben in diesen extremen Fällen die Kreuzungsprodukte während der Furchung oder nach Abschluß derselben, ehe es zur Bildung einer Embryonalanlage kommt, ab.

Bei Tieren, welche eine Begattung nötig haben, wachsen die Schwierigkeiten des Experimentierens, da hier häufig zwischen Männchen und Weibchen verschiedener Arten eine Abneigung besteht, welche jede Annäherung vereitelt. Immerhin kennen wir auch auf diesem Gebiet Kreuzungen verschiedener Arten; unter den Säugetieren lassen sich z. B. Pferd und Esel (Maultier, Maulesel), Rind und Zebu, Steinbock und Ziege, Schafe und Ziegen, Hunde und Schakale, Hunde und Wölfe, Hasen und Kaninchen (*Lepus Darvini*) etc., unter den Vögeln verschiedene Finkenarten, weiterhin Birk-, Hasel- und Schneehühner, Wildente (*Anas boschas*) und Spießente (*Dafila acuta*), die bei uns einheimische Gans (*Anser domesticus*) und *A. cygnoides* kreuzen, unter den Schmetterlingen *Smerinthus ocellata* und *Sm. populi*, *Zygacna trifolii* und *Z. filipendulae*, *Saturnia pavoniae* sowohl mit *S. pini*, wie *S. pyri*, *Pygacra curtula* sowohl mit *P. pigra* wie *P. anachoreta*. *Saturnia pavoniae* ließ sich sogar mit *Aglia tau*, *Actias luna* und *Actias isabellae* paaren; doch lieferte die Kreuzung Eier, aus denen nur bei Benutzung von *A. isabellae* Räupchen von geringer Lebensenergie ausschlüpften.

b) Fruchtbarkeit von Bastarden und Blendlingen.

Da manche Kreuzungen, wie Maultier und Maulesel, schon seit Jahrtausenden bekannt sind, wurde das Kriterium gleichsam eine Stufe weiter zurückgeschoben. Wenn die Unfruchtbarkeit sich nicht unmittelbar bei der Kreuzung mancher Arten äußere, so solle sie sich doch an

den Produkten der Kreuzung bemerkbar machen. Wir wollen im folgenden, abweichend von dem herrschenden Brauch, welcher beide Ausdrücke als synonym behandelt, die Kreuzungsprodukte von Varietäten Blendlinge, von Arten Bastarde nennen. Es sollen die Blendlinge stets eine normale, vielfach sogar eine gesteigerte Fruchtbarkeit besitzen, dagegen sollen die Bastarde stets unfruchtbar sein. Auch hier handelt es sich jedoch um eine Regel, nicht um ein Gesetz. Die meisten der oben genannten Schmetterlingsbastarde und viele andere Bastarde sind zwar unfruchtbar, oder liefern, wie Maultier und Maulesel, nur ausnahmsweise und dann äußerst kurzlebige Nachkommenschaft, allein man kennt schon jetzt nicht wenige Ausnahmen, obwohl die Zahl der nach dieser Hinsicht unternommenen Experimente eine sehr geringe ist. Bastarde von Hasen und Kaninchen haben sich Generationen hindurch fruchtbar erhalten; fortpflanzungsfähige Bastarde wurden ferner bei der Kreuzung von *Capra ibex* und *C. hircus*, von *Anser cygnoides* und *Anser domesticus*, von *Salmo salvelinus* und *S. fontinalis*, *Cyprinus carpio* und *Carassius vulgaris* erzielt.

Auch der zweite oben aufgestellte Satz, daß Individuen einer Art, sofern sie gesund sind, sich stets miteinander fortpflanzen können, bedarf sehr der Einschränkung. Den Tierzüchtern sind schon seit langem die gefährlichen Folgen der Inzucht bekannt, daß die Fortpflanzungsfähigkeit sich bis zur Unfruchtbarkeit vermindert, wenn man bei einer Zucht andauernd nur Abkömmlinge eines Elternpaares wählt. Die häufig angezweifelte Berechtigung dieses Erfahrungssatzes hat sich bei methodischen Experimenten an Ratten und Mäusen bewährt. Außerdem hat Darwin aus der Pflanzenwelt nicht wenige Fälle zusammengestellt, in denen unzweifelhafte Angehörige derselben Art untereinander mehr oder minder unfruchtbar sind: so gewisse Formen der Primeln und anderer di- und trimorpher Arten. Beispiele für die Unfruchtbarkeit von Blendlingen kennt man ebenfalls nur aus der Botanik (gewisse Varietäten von Mais und Königskerze).

Wenn wir das Bekannte überblicken, so scheint die dauernde Fruchtbarkeit bei der geschlechtlichen Fortpflanzung von einer nicht allzu bedeutenden Differenz in den Geschlechtsprodukten garantiert zu werden; allzu große Ähnlichkeit, wie sie bei Inzucht vorhanden sein muß, und allzu große Unterschiede, wie bei der Bastardierung verschiedener Arten, sind schädlich und werden von der Natur vermieden. Die geschlechtliche Fortpflanzung besitzt ein Optimum, von dem aus man allmählich nach zwei Seiten eine Abnahme verfolgen kann. Damit wäre aber schon gesagt, daß hier graduelle und keine prinzipiellen Differenzen vorliegen, und daß demnach auch dieses Merkmal für eine prinzipielle Unterscheidung von Art und Varietät nicht benutzt werden kann.

Das Endresultat aller dieser Ausführungen läßt sich in den Satz zusammenfassen, daß es bis jetzt weder auf physiologischem, noch auf morphologischem Wege geglückt ist, in klarer und allgemein gültiger Weise die Kriterien festzustellen, welche bei der Entscheidung, ob gewisse Formenkreise für gute Arten oder für Varietäten einer Art zu halten sind, den Systematiker leiten müssen. Vielmehr werden die Zoologen in der Praxis von einem gewissen systematischen Takt bestimmt, welcher sie aber in schwierigen Fällen im Stiche läßt, so daß dann die Ansichten der einzelnen Forscher auseinandergehen.

Die erörterten Verhältnisse finden ihre natürlichste Erklärung durch die Annahme, daß scharfe Unterschiede zwischen Art und Varietät überhaupt nicht existieren, daß die Arten konstant gewordene Varietäten zu Arten.

täten und die Varietäten in Bildung begriffene Arten sind. Wir wollen das Gesagte durch Erläuterung an einem konkreten Fall klar machen. Individuen einer Art beginnen zu variieren, d. h. sie gewinnen, von einem zum anderen verglichen, eine größere oder geringere Verschiedenartigkeit der Charaktere. Solange die extremen Unterschiede durch Übergänge verbunden werden, sprechen wir von Varietäten einer Art; sind dagegen die vermittelnden Übergänge ausgestorben, haben sich im Laufe langer Zeiträume die Unterschiede befestigt und so sehr verschärft, daß eine geschlechtliche Vermischung der extremen Formen entweder völlige Unfruchtbarkeit oder wenigstens eine Hinneigung zur Unfruchtbarkeit ergibt, so sprechen wir von verschiedenen Arten.

Für diese Anschauung, daß Varietäten bei längerem Bestande zu Arten werden können, spricht auch die große Übereinstimmung, welche zwischen beiden in der Häufigkeit des Auftretens besteht. Bei Gattungen, welche auffallend viele Arten enthalten, zeigen meist auch die Arten viele Varietäten; die Arten sind dann meist zu Untergattungen gruppiert, d. h. sie sind einander in ungleichem Maße verwandt, indem sie kleine, um gewisse Arten sich anordnende Gruppen bilden. Ähnliches ist auch bei den Varietäten der Fall. Bei solchen Gattungen ist die Artbildung in lebhaftem Flusse; jede Artbildung setzt aber einen großen Grad von Variabilität voraus.

Phylogenie.

Es ist nun klar, daß dasselbe, was hier für die Arten durchgeführt worden ist, auch für die übrigen Kategorien des Systems Geltung haben muß. Wie durch divergente Entwicklung Varietäten zu Arten werden, so müssen die Arten bei Fortdauer der Divergenz sich so sehr voneinander entfernen, daß wir sie als Gattungen unterscheiden. Es wird nur eine Frage der Zeit sein, daß diese Unterschiede höhere Grade erreichen und die Aufstellungen von Ordnungen, Klassen und Stämmen ermöglichen, so wie auch die zarten Verzweigungen des jungen Pflänzchens beim kräftigen Baum zu Hauptästen erstarken, von denen weitere Seitenäste und Zweige ausgehen. Wenn man diesen Gedankengang bis in seine letzten Konsequenzen verfolgt, so kommt man zu der Vorstellung, daß alle Tiere und Pflanzen durch Umbildung von wenigen Urorganismen entstanden sind. Da jedenfalls viele Tausende von Jahren dazu gehören, daß durch Variabilität einer Art mehrere neue Arten entstehen, so müssen zur Ermöglichung dieser historischen Entwicklung des Tier- und Pflanzenreiches Zeiträume von einer Länge notwendig gewesen sein, wie sie für unser Begriffsvermögen nicht mehr faßbar sind, ebenso wie die Astronomen mit Entfernungen rechnen, von welchen wir uns keine Vorstellungen machen können. Wie man nun für die Lehre von der individuellen Entwicklung eines Tieres die besondere Bezeichnung „Ontogenie“ (Embryologie) gewählt hat, so hat es sich auch als zweckmäßig herausgestellt, für die Lehre von der allerdings nicht beobachteten, sondern nur erschlossenen historischen Entwicklung der Tiere den Namen „Stammesgeschichte“ oder „Phylogenie“ einzuführen.

Urzeugung.

Will man alle lebenden Tiere von gemeinsamen Urformen ableiten, so muß man notgedrungen annehmen, daß dieselben höchst einfach organisiert, daß sie einzellig waren. Denn je einfacher die Organisation, um so weniger ist sie spezialisiert, um so größer ist ihre Umbildungsfähigkeit. Aus einfach gebauten Organismen lassen sich auch allein die niedersten einzelligen Lebewesen, die *Protozoen*, ableiten. Endlich können wir uns nur für einfach gebaute Organismen eine erste natürliche Entstehung denken. Da es unzweifelhaft eine Zeit gegeben hat, zu welcher auf unserem Erdball Temperaturen herrschten, welche jedes Leben un-

möglich machten, so muß einmal das Leben auf ihm neu entstanden sein, entweder durch einen Schöpfungsakt oder auf natürlichem Wege durch Urzeugung. Nehmen wir dem Geiste der Naturwissenschaften entsprechend zur Erklärung natürlicher Dinge nur Naturkräfte zu Hilfe, so werden wir notgedrungen zur Hypothese der Urzeugung geführt: daß aus nicht belebten Stoffen durch eine geeignete Vereinigung derselben die komplizierte Substanz, welche Trägerin der Lebensfunctionen ist, entstanden ist. Auch diese Hypothese setzt voraus, daß die ersten Organismen den denkbar einfachsten Bau besessen haben.

Vom Boden der Tatsachen ausgehend, sind wir durch Verallgemeinerung der Schlüsse zu einer einheitlichen Vorstellung von der Entstehung des Tierreichs gelangt, haben uns aber in gleichem Maße von den Ergebnissen der unmittelbaren Beobachtung entfernt. Die Beobachtung läßt nur erkennen, daß die Arten umbildungsfähig sind; daß diese Umbildungsfähigkeit ein universelles Prinzip ist, welches uns die Entstehung der Tierwelt erklärt, dazu bedarf es weiterer Beweise.

Die Entwicklung der jetzt lebenden Tierwelt ist ein Prozeß, welcher in längst vergangenen Jahrtausenden gespielt hat, welcher einer direkten Beobachtung nicht mehr zugänglich ist und daher auch niemals in dem Sinne bewiesen werden kann, wie wir die individuelle Entwicklung eines Organismus aufklären können. Man kann für die Annahme einer einheitlichen Abstammung der Tiere nur den Wahrscheinlichkeitsbeweis führen, indem man zeigt, daß die unserer Beobachtung zugängigen Tatsachen nicht nur mit dieser Annahme harmonieren, sondern auch durch sie ihre einheitliche Erklärung finden. Solche Tatsachen liefert uns das System der Tiere, die Paläontologie, die Tiergeographie, die vergleichende Anatomie und die vergleichende Entwicklungsgeschichte.

1. Es ist eine schon seit längerem anerkannte und in der Neuzeit immer mehr bestätigte Erscheinung, daß, wenn man die Verwandtschaftsverhältnisse der Tiere, ihrer Klassen, Ordnungen, Gattungen und Arten graphisch ausdrücken will, die einfache Koordination und Subordination nicht ausreicht, sondern daß man eine baumförmige Anordnung wählen muß, eine Anordnung, in welcher die Hauptstämme von den einander näher oder entfernter verwandten Hauptabteilungen, den Stämmen, Phylen oder Typen dargestellt werden, während die feineren Verästelungen den jedesmaligen Klassen, Ordnungen usw. entsprechen. Der „Stammbaum“ ist nun in der Tat die Anordnung, zu welcher die Descendenztheorie, wie wir oben gesehen haben, mit Notwendigkeit führt.

2. Die paläontologische Beweisführung würde sich am meisten dem, was man direkte Beweisführung nennen könnte, nähern. Denn die Paläontologie lehrt uns die letzten Existenzspuren, welche die Vorläufer der jetzigen Tierwelt hinterlassen haben, kennen. Indessen muß man berücksichtigen, daß auch hier sich ein hypothetisches Element in den Charakter der Beweisführung einschleicht. Wir können nur beobachten, daß mancherlei Formzustände einer Tiergruppe in verschiedenen, aufeinanderfolgenden Erdschichten enthalten sind; wenn wir diese Formzustände in einer Entwicklungsreihe anordnen und uns die jüngeren aus den älteren durch Umbildung entstanden denken, so verbinden wir die Einzelbeobachtungen durch eine allerdings sehr wahrscheinliche Hypothese. — Viel mehr wird aber der Wert der paläontologischen Urkunde durch ihre außerordentliche Unvollständigkeit herabgesetzt. In Versteinerungen erhalten sich im allgemeinen nur die Hartgebilde der Tiere: die Weichteile dagegen, welche bei vielen Stämmen allein vorhanden sind oder

Beweise der
Phylogenie.

a) Systematische
Beweise.

b) Paläontologische
Beweise.

doch den wichtigsten Teil ihrer Organisation ausmachen, gehen zugrunde. Nur selten findet man Versteinerungen, bei denen Weichteile (Muskeln der Fische und Cephalopoden, Gallertkörper der Medusen) in Stein nachgebildet sind. Auch die Hartgebilde erhalten sich nur unter ganz besonders günstigen Bedingungen in gutem Zusammenhang. Wenn man nun weiter berücksichtigt, daß diese Schätze im Schoß der Erde vergraben sind und meist nur zufällig bei Steinbrucharbeiten, Wegebauten etc. gewonnen, äußerst selten dagegen planmäßig und mit wissenschaftlicher Überlegung zutage gefördert werden, so erhellt daraus zur Genüge, wie wenig für die Stammesgeschichte aus dem derzeitigen und selbst dem zukünftigen paläontologischen Material erwartet werden darf.



c) Morphologische Beweise.

Fig. 2. *Archaeopteryx lithographica* (nach Steinmann-Döderlein). *cl* Clavicula, *co* Coracoid, *h* Humerus, *r* Radius, *u* Ulna, *c* Carpus, *I—IV* Zehen, *sc* Scapula.

besten in einem gemeinsamen Abschnitt abgehandelt werden.

Cuvier und Karl E. v. Baer hatten gelehrt, daß die einzelnen Typen des Tierreichs Einheiten seien, von welchen eine jede einen besonderen ihr eigentümlichen Bau- und Entwicklungsplan repräsentiere, daß keinerlei Ähnlichkeit im Bau und in der Entwicklung eine Brücke von Typus zu Typus schlage. Der erste dieser beiden Sätze ist nach wie vor berechtigt, der zweite dagegen, welcher allein für die Descendenztheorie wichtig ist, ist gänzlich unhaltbar geworden. Alle Tiere haben

Immerhin hat die Paläontologie schon manche wichtige Beweise der Descendenzlehre geliefert. Sie hat gezeigt, daß die niederen Formen zuerst und später erst die höher organisierten auftreten. Unter den Tieren im allgemeinen treten die Wirbeltiere, unter diesen wiederum die Säugetiere, unter den Säugetieren der Mensch am spätesten auf. Für kleinere Gruppen ist es sogar schon geglückt, das Material für Stammbäume zu sammeln; Übergangsformen leiten vom vierzehigen *Eohippus* des Eocän zum einzeiligen Pferd der Neuzeit. Für sämtliche Huftiere wurden gemeinsame Ausgangsformen in den *Condylarthren* entdeckt. Ferner hat man zwischen größeren Abteilungen Übergangsformen gefunden, so z. B. zwischen Reptilien und Vögeln die merkwürdigen Zahnvögel und die *Archaeopteryx* (Fig. 2), einen Vogel mit einem befiederten, aber nach Art der Eidechsen langgestreckten Schwanz.

3. Wenn man vergleichende Anatomie und Entwicklungsgeschichte zum Beweis der Descendenztheorie verwerten will, so ergeben beide Disziplinen so viele Berührungspunkte, daß sie am

in der Zelle ein gemeinsames Organisationsprinzip und sind dadurch einander nahe gerückt. Fast alle vielzelligen Tiere stimmen während der ersten Stadien ihrer Entwicklung, während der Befruchtung, der Eifurchung und der Bildung der 2 ersten Keimblätter, in den prinzipiell wichtigen Punkten überein und unterscheiden sich um diese Zeit voneinander nur durch Differenzen, wie sie innerhalb eines und desselben Typus vorkommen. Auch das Besondere, welches jeden Typus im Bau und in der Entwicklungsweise auszeichnet, tritt in der Tierreihe nicht unvermittelt auf. Namentlich leiten vom Stamm der *Würmer* Übergangsformen zu den übrigen Stämmen: der *Balanoglossus* zu den *Echinodermen*, die *Ringelwürmer* und der *Peripatus* zu den *Arthropoden*, die *Tunicaten* und der *Amphioxus* zu den *Wirbeltieren*. In einem jeden Typus vereinfachen sich der Bau und die Entwicklungsweise der systematisch niedrigen Formen und erfahren dadurch eine Annäherung an die bei anderen Typen herrschenden Verhältnisse. Die Existenz solcher Übergänge ist einer der wichtigsten Beweise für die Descendenzlehre und spricht gegen die Annahme eines starren, unveränderlichen Typus im Sinne Cuviers.

Für die Berechtigung der Descendenztheorie fällt weiterhin ganz außerordentlich in die Wagschale, daß Bau und Entwicklungsweise der Tiere von einer Gesetzmäßigkeit beherrscht werden, welche zur Zeit nur historisch, d. h. durch die Annahme einer gemeinsamen Abstammung er-

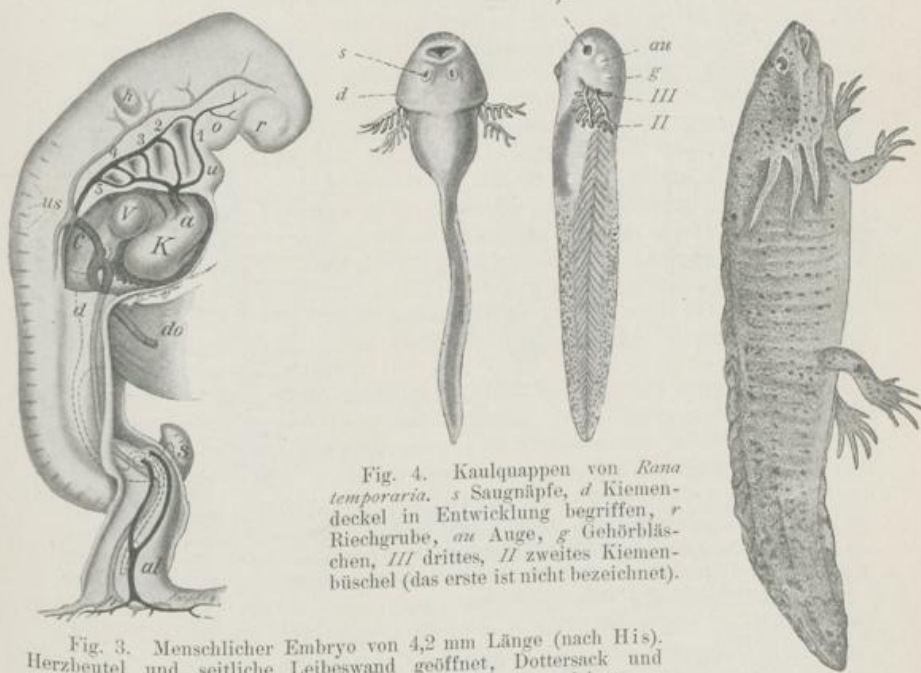


Fig. 4. Kaulquappen von *Rana temporaria*. *s* Saugnapfe, *d* Kiemen-
deckel in Entwicklung begriffen, *r*
Riechgrube, *au* Auge, *g* Gehörbläs-
chen, *III* drittes, *II* zweites Kiemen-
büschel (das erste ist nicht bezeichnet).

Fig. 3. Menschlicher Embryo von 4,2 mm Länge (nach His).
Herzbeutel und seitliche Leibeswand geöffnet, Dottersack und
Allantois abgeschnitten. Verlauf der Blutgefäße eingezeichnet. *r*
Riechgrübenchen, *o* Ober-, *u* Unterkiefer, 1—5 die fünf Arterienbogen,
zwischen ihnen die vier Kiemenpalten, *h* Hörbläschen, *us* Ursegmente,
a aufsteigende Herzarterie, *V* Vorkammer, *K* Kammer des Herzens,
c Cava superior, vereinigt sich mit Dottervene und Nabelvene, *do*
Dottersack, *al* Allantois mit Umbilicalarterie und Vene.

Fig. 5. Axolotlstadium
von *Amblystoma tigrinum*
nach Duméril et Bi-
bron.

klärt werden kann. Jedes Tier durchläuft während seiner Entwicklungsgeschichte im wesentlichen die Stufen, welche dauernd bei den niedrigeren

Fig. 6.

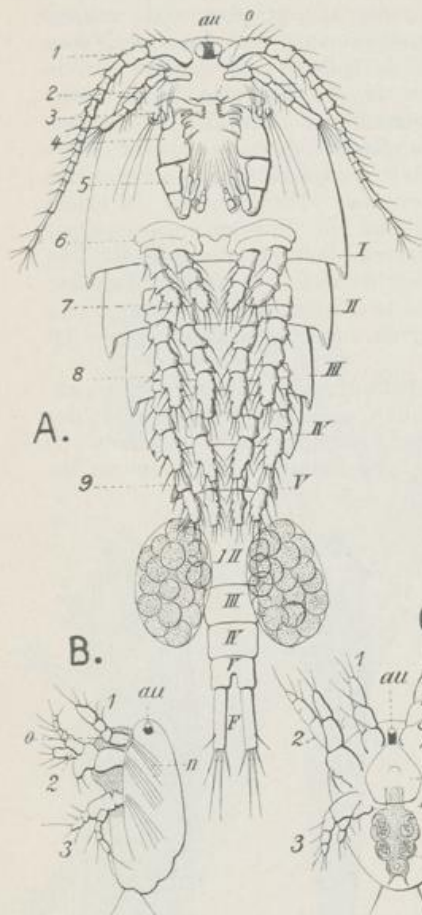


Fig. 7.

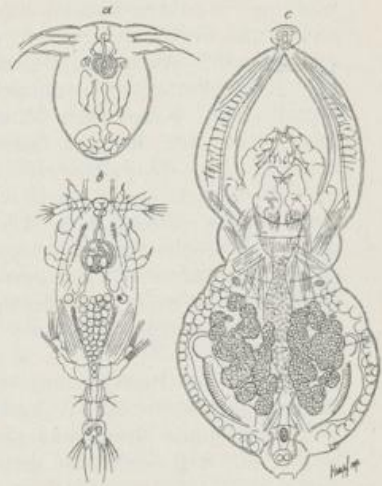


Fig. 8.

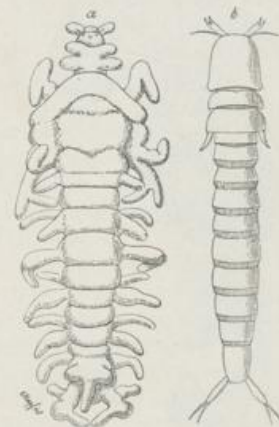


Fig. 6. *Cyclops coronatus* (A) nebst Nauplius in seitlicher (B) und ventraler (C) Ansicht. I—V die 5 Thoracal- und weiterhin die 5 Abdominalsegmente, F Furca, 1 erste, 2 zweite Antenne, 3 Mandibel, 4 Maxille, 5 Pedes maxillares, 6—9 die ersten 4 Spaltfüße, während der rudimentäre fünfte Spaltfuß verdeckt ist. au Auge, o Oberlippe, e Eiersäckchen, d Darm, m Muskeln.

Fig. 7. *Achtheres Percarum*. c Weibchen $20/1$, a Nauplius-, b Cyclopstadium, $40/1$ (nach Claus).

Fig. 8. *Philichthys Niphae*. a Weibchen (nach Claus), $4/1$, b Männchen (nach Bergsoe), $12/1$.

oder wenigstens ursprünglicher organisierten Tieren desselben Stammes erhalten sind, was folgende 3 Beispiele erläutern mögen. 1. Auf frühen Entwicklungsstadien besitzt der Embryo des Menschen (Fig. 3) über-

raschende Ähnlichkeiten mit den niedersten Wirbeltieren, den Fischen: Anordnungen der Teile, welche sich weder aus der Function seines Körpers noch aus embryonalen Functionen erklären lassen, aus den Lebensbedingungen der Fische dagegen functionell leicht verständlich sind; er hat, wie diese, Kiemenspalten, dieselbe auf Kiemenatmung berechnete Beschaffenheit des Herzens und der Arterienbögen (vergl. auch Fig. 516), gewisse Grundzüge in der Entwicklung des Skeletts usw. 2. Die Frösche zeigen auf dem Kaulquappenstadium (Fig. 4) eine Organisation, ähnlich der, welche die niedriger stehenden Amphibien, die Perennibranchiaten, dauernd besitzen (Fig. 5); sie haben einen Ruderschwanz und büschelförmige Kiemen, welche dem ausgebildeten Frosche fehlen. 3. Es gibt gewisse parasitische Krebse, welche auf den Kiemen von Fischen leben und den übrigen Krebsen gar nicht ähnlich sehen. Sie sind unförmliche Klumpen, die man früher für parasitische Würmer gehalten hat. Ihre systematische Stellung wurde erst mit Hilfe der Entwicklungsgeschichte aufgeklärt (Fig. 7). Hier zeigt sich, daß sie das bei den Crustaceen weitverbreitete Naupliusstadium (Fig. 7a) durchlaufen und daß sie dann eine Gestalt (Fig. 7b) annehmen, welche an gewisse kleine, im Süßwasser weitverbreitete Krebse der Gattung *Cyclops* (Fig. 6) erinnert. Häufig macht das Männchen auf dem „Cyclopsstadium“ Halt, und das Weibchen entwickelt sich allein zu dem unförmlichen Klumpen weiter, so daß ein ganz auffallender Dimorphismus der Geschlechter besteht (Fig. 8). Alle diese Beispiele, die man leicht zu Hunderten vermehren könnte, lassen sich in derselben Weise erklären. Die entwickelteren Formen durchlaufen die Organisationsstufen der minder entwickelten, weil sie von Vorfahren stammen, welche den letzteren ähnlich gewesen sind. Der Mensch durchläuft in seiner Entwicklungsgeschichte das Fischstadium, der Frosch das Perennibranchiatenstadium, der parasitische Krebs zuerst das Nauplius- und dann das Cyclopsstadium, weil ihre Vorfahren einmal Fisch-ähnlich, Perennibranchiaten-ähnlich, Cyclops-ähnlich gewesen sind. Es äußert sich hier eine allgemeine Erscheinung, welche Haeckel unter dem Namen „biogenetisches Grundgesetz“ in einen generalisierenden Satz gefaßt hat: „Die Entwicklungsgeschichte eines Tieres (die Ontogenie) ist die kurze Rekapitulation seiner Stammesgeschichte (Phylogenie), d. h. die wichtigsten Organisationsstufen, welche seine Vorfahren durchlaufen haben, treten, wenn auch etwas modifiziert, in der Entwicklung des einzelnen Tieres auf.“

Biogenetisches
Grundgesetz.

Das biogenetische Grundgesetz läßt sich ebenso schön für einzelne Organe wie für ganze Tiere durchführen. Das Centralnervensystem der niederen Tiere (der *Echinodermen*, *Cöelenteraten*, vieler *Würmer*) bildet einen Teil der Haut; es gehört bei seinem ersten Auftreten der Körperoberfläche an, weil es die Beziehungen des Organismus zur Außenwelt zu vermitteln hat. Bei höher organisierten Tieren dagegen, z. B. den Wirbeltieren, liegen Hirn und Rückenmark tief in das Innere des Körpers eingebettet; beim Embryo aber werden sie hier ebenfalls als ein Teil der Haut (als Medullarplatte) angelegt, und erst allmählich werden sie durch Einfaltung und Abschnürung von der Haut aus in das Innere verlagert. Man kann diese Verlagerung auf Querschnitten durch die Rückengegend verschieden alter Embryonen für jedes Wirbeltier beweisen (Figur 9).

Ein weiteres Beispiel sei das Skelett der Wirbeltiere. Bei den niedersten Wirbeltieren, dem *Amphioxus* und den *Cyclostomen*, fehlt die Wirbelsäule, und an ihrer Stelle findet sich ein cylindrischer Gewebs-

strang, die Chorda dorsalis. Bei den *Fischen* und *Amphibien* existiert die Chorda dorsalis meist ebenfalls noch; sie ist aber teilweise verdrängt und eingeengt durch die Wirbelsäule, welche bei den niederen Formen aus Knorpel, bei den höheren aus Knochen oder einem Gemisch von Knochen und Knorpel besteht. Ausgebildete *Vögel* und *Säugetiere* endlich haben eine vollkommen verknöcherte Wirbelsäule; ihre Embryonen haben dagegen auf frühen Stadien nur die Chorda dorsalis (Amphioxus-stadium); später wird die Chorda von der Wirbelsäule eingeengt (Fisch-Amphibienstadium) und schließlich ganz ersetzt; dabei ist die Wirbelsäule anfangs knorpelig, um erst später zu verknöchern. Vergleichende Anatomie und Entwicklungsgeschichte ergeben somit dieselben Entwicklungs-

stufen des Achsenskeletts:
1. Chorda, 2. Chorda + Wirbelsäule, 3. Wirbelsäule, letztere zuerst aus Knorpel, dann aus Knochen gebildet.

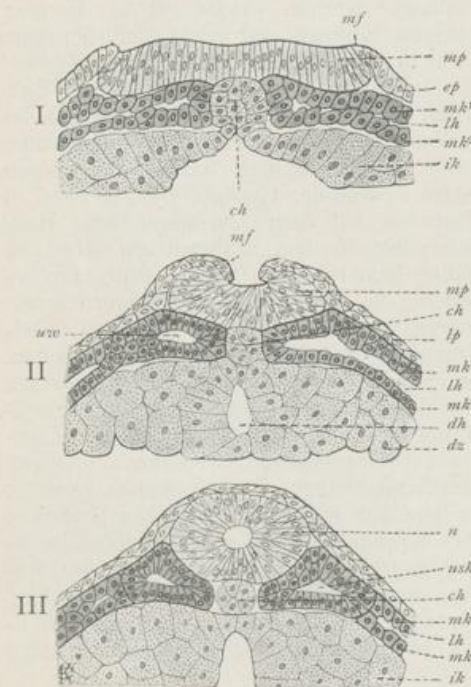


Fig. 9. Querschnitte durch die Rückengegend von 3 verschiedenen alten Tritonenembryonen (nach O. Hertwig).

I Die Medullarplatte (Anlage des Rückenmarks) *mp* grenzt sich gegen die Haut *ep* durch die Medullarfalten *mf* ab.

II Die Medullarplatte hat sich zu einer Rinne durch Zusammenneigen der Medullarfalten eingebogen.

III Die Medullarplatte hat sich zum Rückenmarksröhr geschlossen.

Bezeichnungen: *mf* Medullarfalten, *mp* Medullarplatte, *n* das aus letzterer hervorgegangene Nervengewebe, *ep* Haut (Epidermis), *ch* Chorda, *mk¹* mittleres Keimblatt (*mk¹* parietales, *mk²* viscerales Blatt desselben), *lh* Leibeshöhle, *ush* Ursegmenthöhlen, *urw* Urwirbel, *ik* inneres Keimblatt, *dz* Dotterzellen desselben, *dh* Darmhöhle.

Wir haben hier von einem Parallelismus zwischen den Erscheinungen der vergleichenden Anatomie und der Entwicklungsgeschichte gesprochen. Tatsächlich sollte man aber eine dreifache Parallele erwarten. Denn den Lehren der Descendenztheorie zufolge ist die systematische Anordnung der lebenden Tiere und der Entwicklungsgang jedes Einzeltieres durch einen dritten Faktor, die historische Entwicklung der Tierwelt oder die Phylogenese, bedingt. Die Marksteine der Phylogenese, die Versteinerungen, müssen nun, so sollte man erwarten, in den aufeinanderfolgenden geologischen Schichten die gleiche aufsteigende Reihe ergeben, wie die vergleichend-anatomisch und entwicklungsgeschichtlich gefundenen Formzustände. In der Tat kennt man auch Beispiele einer derartigen dreifachen Parallele. Die vergleichende Anatomie lehrt, daß die niederste Entwicklungsform der Schwanzflosse der Fische die diphyckerke ist (Figur 10 A), daß sich aus ihr die heterocerke (B), aus dieser die homocerke Flossenform (C und D) ableiten läßt. Entwicklungsgeschichtlich sind

weiterhin die höchst entwickelten homocerken Fische zuerst diphycerk, später heterocerk und werden zuletzt erst homocerk. Paläontologisch endlich sind die ältesten Fische diphycerk oder heterocerk, und erst später treten homocerke Formen auf.

Was wir hier kennen gelernt haben, ist nur ein geringer Bruchteil des gewaltigen Beweismaterials, welches die Morphologie zugunsten der Descendenztheorie liefert; es sollte nur zur Erläuterung dienen, in welcher Weise die morphologischen Beobachtungen verwertet werden können. Für den reflek-

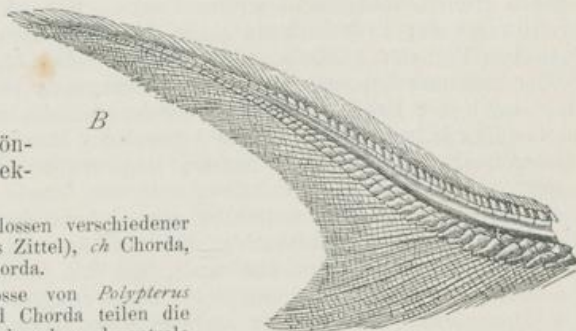
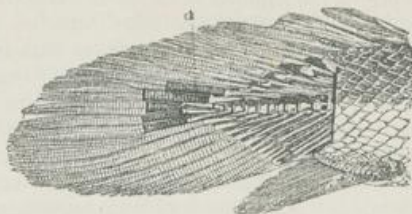
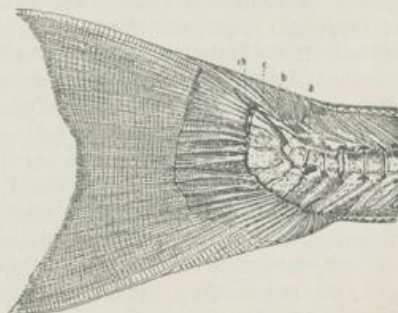
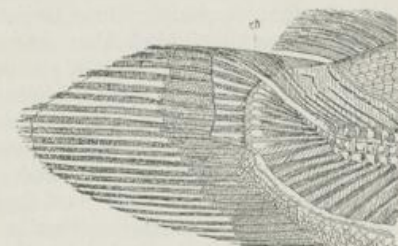


Fig. 10. Schwanzflossen verschiedener Fische (verkleinert; aus Zittel), *ch* Chorda, *a b c* Deckstücke der Chorda.

A diphycerke Flosse von *Polypterus bichir* (Wirbelsäule und Chorda teilen die Flosse in symmetrische dorsale und ventrale Abschnitte).

B heterocerk Flosse vom *Stör* (infolge einer Aufwärtskrümmung von Chorda und Wirbelsäule ist die Flosse asymmetrisch geworden, der ventrale Abschnitt viel größer als der dorsale).

C, D homocerke Flossen, *C* von *Amia calva*, *D* von *Trutta salar* (infolge noch stärkerer Aufwärtskrümmung der Chorda und Wirbelsäule ist der dorsale Abschnitt fast ganz geschwunden und bildet der ventrale Abschnitt fast allein die äußerlich symmetrisch erscheinende, im inneren Bau vollkommen asymmetrische Flosse).



tierenden Naturforscher sind die Tatsachen der Morphologie ein einziger großer Induktionsbeweis zugunsten der Abstammungslehre.

4. Was nun schließlich die Tiergeographie anlangt, so leuchtet ohne weiteres ein, daß die jetzige Verteilungsweise der Tiere ein Produkt vergangener Jahrtausende ist.

Tiergeographische
Beweise

Man wird daher aus ihr mancherlei von früheren Zuständen noch entziffern können, wenn auch mit der allergrößten Vorsicht und nach Überwindung der allergrößten Schwierigkeiten.

Nehmen wir an, alle Tierarten seien von Anfang an, so wie sie jetzt sind, geschaffen worden, so würden dieselben von dem zweckmäßig denkenden Schöpfer in die ihrer Organisation am meisten zusagenden Territorien gesetzt worden sein. Ihre Verteilung über die Erdoberfläche würde daher ausschließlich von Gunst und Ungunst der in den einzelnen Regionen herrschenden Lebensbedingungen, wie Klima, Nährverhältnisse usw., bestimmt sein. Nehmen wir dagegen an, daß die Tierarten durch Umbildung auseinander hervorgegangen sind, so müßte für ihre Verbreitungsweise außer den derzeitigen Existenzbedingungen noch ein zweites Moment, welches wir das geologische oder erdgeschichtliche nennen wollen, maßgebend gewesen sein. Wir wissen, daß die Reliefverhältnisse der Erde sich im Laufe der gewaltigen Zeiträume der geologischen Perioden vielfach geändert haben, daß Länderstrecken, welche früher zusammenhingen, durch das eindringende Meer getrennt wurden, daß durch die Erhebungen der Gebirge ebenfalls wichtige, früher nicht vorhandene Scheidewände für die Ausbreitung der Tiere gebildet wurden. Andererseits sind Gebiete, welche ursprünglich voneinander getrennt waren, miteinander in Verbindung getreten; Inseln wurden z. B. untereinander vereinigt, indem infolge von Hebungsvorgängen verbindendes Land aus dem Meere auftauchte. Für den Anhänger der Abstammungslehre ergibt sich aus dem Umstande, daß sich Hand in Hand zwei Umänderungen vollzogen haben, die Umänderung der Erdoberfläche und die Umänderung der auf ihr angesiedelten Tierwelt, mit Notwendigkeit die Konsequenz, daß die Unterschiede im faunistischen Charakter zweier Länder um so größer ausfallen müssen, je länger sie sich unabhängig voneinander ohne wechselseitigen Austausch ihrer Tierbevölkerungen entwickelt haben, je länger ihre Bewohner durch eine unüberschreitbare Grenze voneinander geschieden waren. Für die einzelnen Tiergruppen wird der Charakter der Grenzen ein verschiedener sein; Landtiere, welche nicht fliegen können, werden durch Meeresarme, Meeresbewohner umgekehrt durch Länderstrecken in ihrer Verbreitung behindert; für *Landmollusken* genügen schon hohe Gebirgskämme, welche kahl und dürr oder sogar mit Schnee bedeckt sind.

Seitdem man auf diese Verhältnisse aufmerksam geworden ist, sind viele der Descendenztheorie günstige geographische Tatsachen ermittelt worden. 1. Unter den einzelnen Kontinenten hat Australien faunistisch den selbständigsten Charakter; als es entdeckt wurde, besaß es gar keine höheren (placentalen) Säugetiere, außer solchen, welche fliegen können (*Chiropteren*) oder das Meer bewohnen (*Cetaceen*), oder leicht durch schwimmendes Holz verschleppt werden (kleine *Nager*), oder durch den Menschen eingeführt sein können (*Dingo*, der australische Hund); dagegen besaß es die merkwürdigen *Kloakentiere* (*Schnabeltiere*) und die *Beuteltiere*, eine Säugetiergruppe, welche in der alten Welt und mit Ausnahme der *Beutelratten* und der Gattung *Caenolestes* auch in Amerika vollkommen ausgestorben ist. Die Erscheinung erklärt sich daraus, daß in der Erdgeschichte Australien mit seinen anschließenden Inseln frühzeitig dauernd aus jedem Zusammenhang mit den übrigen Kontinenten losgelöst wurde. Während in den 4 übrigen Erdteilen die höheren *Säugetiere* sich auf Kosten der *Beuteltiere* entwickelten und ihre niederen Konkurrenten bei dem Zusammenhang der Länder überall ganz oder

nahezu ganz verdrängen konnten, hat sich in dem isolierten Australien dieser Fortbildungsprozeß nicht vollzogen und sich ein altertümlicher faunistischer Charakter erhalten. 2. Wie Wallace gezeigt hat, zerfällt der Malaiische Archipel faunistisch in eine östliche und westliche Hälfte. Die Tierwelt der ersteren trägt durchaus einen australischen Charakter, die Tierwelt der letzteren erinnert dagegen an Hinterindien und die orientalische Tierprovinz. Unterschiede im Klima und der Vegetation sind nicht die Ursache der Erscheinung. Denn in beiden Hälften gibt es Inseln mit trockenem und feuchtem Klima, mit spärlicher und üppiger Vegetation. Die Ursache kann nur darin gesucht werden, daß die östlichen Malaiischen Inseln sich im Zusammenhang mit Australien, die westlichen sich im Zusammenhang mit Asien geologisch entwickelt haben. Wallace suchte zwischen beiden Zonen eine scharfe, zwischen den Inseln Bali und Lombok durchschneidende Grenze zu ziehen. Die Untersuchungen der Neuzeit haben zwar die Existenz einer scharfen Trennung, der sog. Wallaceschen Linie, nicht bestätigt, wohl aber gezeigt, daß zwischen beiden Faunengebieten sich eine Inselzone hinzieht, in welcher eine Vermengung beider Tierwelten stattgefunden hat. Zu derselben gehört vor allem Celebes. 3. Lange Zeit vor Darwin hat schon der berühmte Geologe Leopold von Buch aus der Verbreitung der Pflanzen auf den Kanarischen Inseln den Schluß auf eine Umbildung der Arten zu neuen Arten gezogen; auf Inseln entwickeln sich in abgeschlossenen Tälern besondere Arten, weil hohe Gebirgskämme Pflanzen mehr scheiden als weite Meeresstrecken. Für Käfer und Schnecken hat Moriz Wagner viele Beispiele gesammelt, daß das Verbreitungsgebiet einer Art scharf mit einem breiten Fluß oder einem Gebirgskamm abschneidet, während im Nachbargebiet eine nahe verwandte, sogenannte vicariierende Art auftritt. Auch der eigenartige Charakter der Fauna und Flora isolierter Inselgruppen verdient hier Beachtung. Die Hawaiischen Inseln besitzen unter 116 Vogelarten nicht weniger als 70 endemische, d. h. nur dort vorkommende Arten, die Galapagos-Inseln sogar unter 108 Arten 84 endemische.

Die Darwinsche Theorie, soweit wir sie bisher kennen gelernt haben, gleicht in ihren Grundzügen den Descendenztheorien, wie sie am Anfang des vorigen Jahrhunderts von Lamarck und anderen Zoologen vertreten wurden; sie unterscheidet sich von ihnen nur durch ihre viel umfassendere empirische Begründung und ferner dadurch, daß sie die durch die Typentheorie widerlegte einreihige Anordnung der Tiere aufgegeben und durch den „Stammbaum“, durch die verzweigte baumartige Anordnungsweise, ersetzt hat. Weitere Unterschiede ergeben sich in der ^{Causale Begründung der Descendenztheorie.} causalen Begründung der Descendenztheorie. Die Lehre von den Ursachen, welche die Umbildung der Arten veranlaßt haben, bildet sogar den Kernpunkt der Darwinschen Theorie, durch den sie sich vornehmlich vom Lamarckismus unterscheidet. Um die Umbildungen der Arten ursächlich zu begründen, stellte Darwin seine hochbedeutsame Lehre von „der natürlichen Zuchtwahl vermöge des Kampfes um das Dasein“, die „Selectionstheorie“, auf.

Bei der Entwicklung dieser Lehre ging Darwin von dem engbegrenzten und daher leicht überschaubaren Gebiet der Domestication, ^{Künstliche Zuchtwahl.} der Züchtung unserer Haustierrassen aus. Unsere Haustierrassen, mögen sie Abkömmlinge einer Art sein oder durch Kreuzung von zwei oder mehr Arten entstanden sein, worüber die Forscher nicht immer derselben Ansicht sind, verhalten sich jetzt im wesentlichen wie Vertreter einer

einzigsten Art. Wie sind nun die zahlreichen Rassen und Unterrassen der Tauben, Pferde, Rinder, Hunde etc. entstanden? Darwin findet die Ursache der hier herrschenden ungeheuren Verschiedenartigkeit in der „künstlichen Zuchtwahl“, welche seit Jahrtausenden vom Menschen, anfänglich vielleicht unbewußt, allmählich aber immer planmäßiger ausgeübt wurde, bis sie die Vollkommenheit erreichte, welche es jetzt geübten Züchtern ermöglicht, innerhalb relativ kurzer Zeit (oft nur weniger Jahre) Varietäten mit bestimmten gewünschten Merkmalen zu erzielen. Das Verfahren, welches der Züchter hierbei verfolgt, ist folgendes: er wählt aus seinem Tierbestand geeignete Formen, d. h. Tiere, welche, wenn auch in geringfügiger Weise, dem angestrebten Ideal näher kommen als die übrigen, zur Nachzucht heraus und bringt sie untereinander zur Paarung. Durch häufige planmäßige Wiederholung dieser Auslese, indem er viele Generationen hindurch immer wieder Individuen von ungeeigneter Variationstendenz von der Nachzucht ausschließt, erreicht er eine langsame, aber stetige Annäherung an sein Ziel.

Bei der geschilderten „künstlichen Züchtung“ kommen 3 Momente in Betracht: 1. die Variabilität; die Nachkommenschaft eines Elternpaares hat die Fähigkeit, neue Charaktere zu entwickeln und sich dadurch vom Aussehen der Eltern zu entfernen; 2. die Erbllichkeit neu auftretender Charaktere; es besteht die Tendenz, daß die Tochtergeneration die neu entstandenen Charaktere auf die Enkelgeneration überträgt; 3. die künstliche Zuchtwahl (Selection); der Mensch sucht sich zur Züchtung geeignete Individuen aus und verhindert auf diese Weise, daß ein durch Variation entstandener neuer Charakter durch Kreuzung mit Tieren von entgegengesetzter Variationstendenz wieder verschwindet.

Vergleichen wir mit den Befunden der Domestication die Verhältnisse der im Naturzustand lebenden Tiere, so finden sich als wirksame, allen Organismen innewohnende Kräfte Variabilität und Erbllichkeit ebenfalls wieder, wenn auch erstere nicht überall in gleicher Intensität. Viele Arten gibt es, die gar nicht oder unbedeutend variieren und sich daher durch Jahrtausende unverändert erhalten haben. Diesen konservativen Arten stehen aber in jeder Gruppe progressive Arten gegenüber, lebensvolle Arten, welche in einem regen Umbildungsprozeß begriffen und daher allein für das Auftreten neuer Arten von Bedeutung sind. — Da auch die Vererbungsfähigkeit allen Organismen zukommt, so fehlt uns nur ein der künstlichen Zuchtwahl entsprechender Faktor, und diesen erblickt Darwin in der „natürlichen Zuchtwahl“ (natural selection).

Die natürliche Zuchtwahl findet ihre Angriffspunkte in der enormen Zahl von Keimen, welche ein jedes Tier produziert. Es gibt Tiere, z. B. die meisten Fische, welche viele Tausende von junger Brut im Laufe ihres Lebens erzeugen, von Parasiten gar nicht zu reden, bei welchen die Eier nach vielen Millionen zählen. Für die Entwicklung dieser Menge von Keimen hat die Erde keinen Platz. Denn wenn wir selbst ein sich langsam vermehrendes Tier der Rechnung zugrunde legen, wie z. B. den Elefanten, und annehmen würden, daß alle Nachkommenschaft, welche er erzeugt, am Leben bliebe und sich in normaler Weise fortpflanze, so würden wenige Jahrhunderte es dahin bringen, daß die Erde von Elefantenherden vollkommen besetzt wäre. Um das Gleichgewicht im Haushalt der Natur aufrecht zu erhalten, müssen große Mengen von unbefruchteten und befruchteten Eiern, ferner von jungen und erwachsenen, aber noch nicht zum physiologischen Lebensende gediehenen Tieren zugrunde gehen. Viele Existenzen werden unzweifelhaft

durch rein zufällige Einflüsse vernichtet werden. Im großen und ganzen werden jedoch am meisten den drohenden Gefahren diejenigen Individuen entgehen, welche am besten geschützt sind. Geringe Vorteile im Bau werden bei diesem Ringen um die Existenz von Wichtigkeit werden und den Trägern derselben vor ihren Artgenossen einen Vorzug gewähren, ebenso wie bei der Domestication jedes dem Menschen gefallende oder nützlich dünkende Merkmal eines Haustieres diesem zum Vorteil gereicht. Unter den vielerlei zufällig auftretenden Varietäten werden die passenden erhalten werden und im Laufe vieler Generationen durch Summation sich steigern, während die ungeeigneten Varietäten der Vernichtung anheimfallen. So werden sich neue Formen bilden, welche der „natürlichen Auslese im Kampf ums Dasein“ ihre Existenz verdanken.

Der Ausdruck „Kampf ums Dasein“ ist ein bildlicher. Denn nur in seltenen Fällen wird ein aktiver, bewußter Kampf über die Existenzaussichten eines Tieres entscheiden, wie z. B. bei den Raubtieren, wo diejenigen, welche ihren Mitbewerbern vermöge ihrer Körperstärke die Beute streitig machen können, bei beschränkter Nahrung am besten gedeihen werden. Viel häufiger ist das unbewußte Kämpfen; jeder Mensch, welcher sich selbst eine günstigere Stellung durch besondere Intelligenz und Tatkraft erringt, beschränkt zahlreichen seiner Mitmenschen in gleichem Maße die Lebensbedingungen, mag er sich noch so sehr der Humanität befleißigen. Die Beutetiere, welche durch besondere List oder Schnelligkeit ihren Verfolgern entgehen, sind die Ursache, daß die Freßgier der Feinde sich auf ihre minder begünstigten Artgenossen konzentriert. Häufig kann nicht einmal von einem Wettbewerb die Rede sein, so z. B. wenn bei einer schweren Epidemie gewisse Menschen der Krankheit nicht zum Opfer fallen, weil ihre Organisation der Infektion widersteht oder die Krankheit besser verträgt. Hier würde sich der Ausdruck „Überleben des Passendsten“, den Spencer für den Ausdruck „Kampf ums Dasein“ vorgeschlagen hat, viel besser eignen.

Obwohl schon die vorgetragenen allgemeinen Betrachtungen genügen, um zu beweisen, daß der Kampf ums Dasein in der organischen Welt eine ganz ungeheure Rolle spielt, so wollen wir doch bei der Wichtigkeit des Gegenstandes seine Existenz noch an einigen concreten Beispielen erläutern. Die im vorigen Jahrhundert aus Asien eingedrungene Wanderratte (*Mus decumanus*) hat im Lauf der seitdem verflossenen Zeit die in Europa einheimische Hausratte (*Mus rattus*) fast vollkommen vernichtet und fährt fort, ihr in anderen Weltteilen ebenfalls die Existenz unmöglich zu machen. Einige europäische Distelarten haben sich in den La-Plata-Staaten so enorm vermehrt, daß sie stellenweise die einheimischen Pflanzen vollkommen verdrängt haben. Eine andere europäische Pflanze (*Hypochoeris radicata*) ist in Neu-Seeland zu einem alles überwuchernden Unkraut geworden. Gewisse Menschenrassen, wie *Dravidas* und *Indianer*, sterben in demselben Maße aus, als andere Menschenrassen, wie *Kaukasier*, *Mongolen* und *Neger*, sich ausbreiten. Je mehr man in der erläuterten Weise in das unendlich komplizierte Gewebe der Beziehungen der Tiere zu einander, der Tiere zu den Pflanzen und den klimatischen Verhältnissen einzudringen versucht, wie es Darwin getan hat, um so mehr wird man die Wirkungsweise des Kampfes ums Dasein würdigen lernen. Dann wird man auch auf viele äußerst interessante Erscheinungen aufmerksam werden, welche durch die Lehre vom Kampf ums Dasein ihre Erklärung finden, während die sonst unverständlich sein würden. — Inseln, welche mitten im Ozean gelegen sind,

besitzen unverhältnismäßig viele ungeflügelte Insectenarten, weil geflügelte Formen vom Sturm leicht ins Meer verweht werden. Auf den vom

Sturm besonders heimgesuchten Kerguelen z. B. sind sämtliche *Insecten* flügellos, darunter eine *Schmetterlingsart*, mehrere *Fliegen*, zahlreiche *Käfer*. Am interessantesten aber sind die Fälle von sympathischer Färbung und von Mimicry und die Entwicklung der Geschlechtscharaktere infolge der sexuellen Zuchtwahl.



Fig. 11. Blattschmetterlinge. A *Calima paralecta*, fliegend, a sitzend (nach Wallace). B *Siderone strigosa*, fliegend, b sitzend (nach C. Sterne).

Sympathische Färbung.

1. Sympathische Färbung nennt man die Erscheinung, daß sehr häufig in Gegenden, welche dauernd oder vorübergehend eine einheitliche Färbung haben, das Kleid der Tiere durch die gleiche oder mindestens eine sehr ähnliche Färbung ausgezeichnet ist. Bewohner der Schneeregion sind weiß gefärbt; Wüstentiere haben die fahlgelbe Farbe der Wüste; Tiere, welche im oberflächlichen klaren Seewasser leben, sind krystallartig durchsichtig. Angehörige der verschiedensten Tierstämme zeigen dieselbe Erscheinung. Die Vorteile, die damit verbunden sind, bedürfen kaum der Erläuterung; jedes Tier, mag es Ursache haben, sich vor seinen Verfolgern zu verbergen, oder darauf angewiesen sein, sich seiner Beute unbemerkt zu nähern, wird hierzu um so befähigter sein, je mehr es seiner Umgebung gleicht. Jeden nach dieser Richtung sich ergebenden Vorteil wird die natürliche Auslese festhalten und im Laufe vieler Generationen steigern.

Mimicry.

2. Auf dasselbe Prinzip ist die „Mimicry“ zurückzuführen, nur daß die Nachahmung sich hier nicht auf die Farbe beschränkt, sondern auch Gestalt und Zeichnung beeinflusst. Außerordentlich häufig werden Pflanzenteile nachgeahmt, seien es Blätter, seien es Stengel. Gewisse Tagschmetterlinge mit prächtig gefärbten Flügeloberseiten (Fig. 11) ent-

ziehen sich während des Fluges durch ihre Schnelligkeit ihren Verfolgern; wenn sie sich zur Ruhe niederlassen, werden sie durch ihre große Ähnlichkeit mit den Blättern der Pflanze, welche sie vornehmlich umschwärmen, geschützt. Indem die Flügel aufwärts geklappt werden, kommt die dunkle Färbung der Unterseiten zur Geltung und verdeckt die Farbenpracht der Oberseiten. Die Teile werden so aneinander gefügt, daß das Ganze die Blattform ergibt und gewisse Zeichnungen zur Nachahmung der Blattnervatur zusammenstimmen. Unter den zahlreichen Arten der Blattschmetterlinge gibt es verschiedene Grade der Vervollkommnung, bei manchen sind sogar die Schäden des Insectenfraßes nachgeahmt; bei andern ist Form und Zeichnung der Flügel noch unvollkommen blattähnlich, die Zeichnung gleichsam erst im Werden. Auch unter den Heuschrecken gibt es Blattnachahmer, so die „wandelnden Blätter“; *Phyl-*

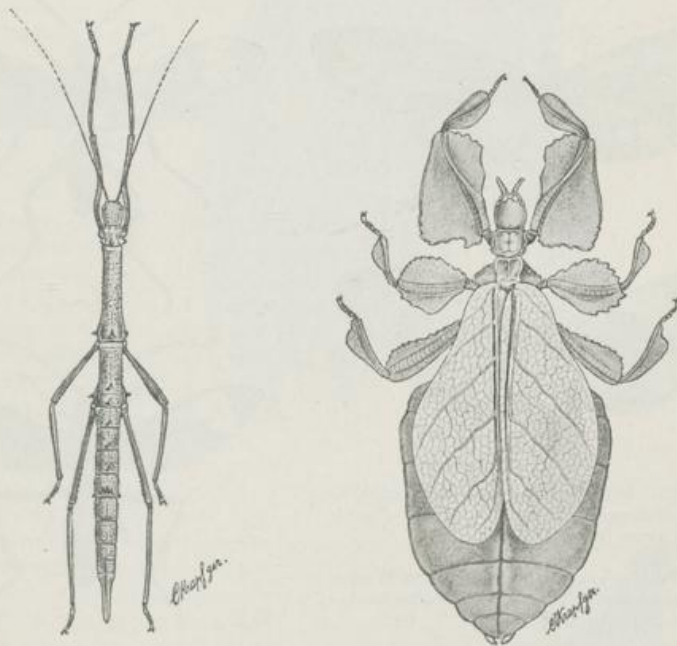


Fig. 12. Heuschrecken-Mimicry.

a) *Acanthoderus wallacei* ♂.b) *Phyllium scythe* ♀.

lium siccifolium, *Ph. Scythe*, während andere, ganz nahe verwandte Formen wiederum mehr oder minder vollkommen das Äußere dürre, ab und zu auch dorniger Äste angenommen haben (Fig. 12 a und b).

Sehr häufig werden Insecten von anderen Insecten kopiert. Gewisse Schmetterlinge, in Amerika die *Heliconier*, in der Alten Welt die *Danaiden*, fliegen in großen Schwärmen schwerfällig und trotzdem von Vögeln unbehelligt, weil sie einen übel schmeckenden Fettkörper enthalten. Zwischen sie mengen sich andere Schmetterlingsarten *Pieriden*, welche nicht schlecht schmecken und doch nicht gefressen werden, weil sie im Flug, im Schnitt und in der Zeichnung der Flügel die *Heliconier* so trefflich nachahmen, daß selbst ein Systematiker leicht über ihre

systematische Stellung getäuscht werden kann (Fig. 13). Bei manchen Arten äußert sich die Mimicry nur bei den Weibchen, weil diese an Zahl geringer und vermöge ihres schwereren Baues der Verfolgung mehr ausgesetzt sind als die Männchen. So entsteht ein geschlechtlicher Dimorphismus. Hat eine Art ein großes Verbreitungsgebiet, so können in den einzelnen Regionen desselben verschiedene schlecht schmeckende Arten nachgeahmt werden. Die Weibchen von *Papilio Merope* ahmen je nach der Gegend die *Danaiden* *D. chrysippus*, *Amauris echeria* und *A. niavias* nach, während die Männchen stets das gleiche Aussehen besitzen. Ebenso werden die wegen ihres Stachels gefürchteten Bienen und Wespen von anderen Insecten nachgeahmt. In Borneo lebt eine große schwarze Wespe, deren Flügel einen breiten weißen Fleck in der Nähe der Spitze

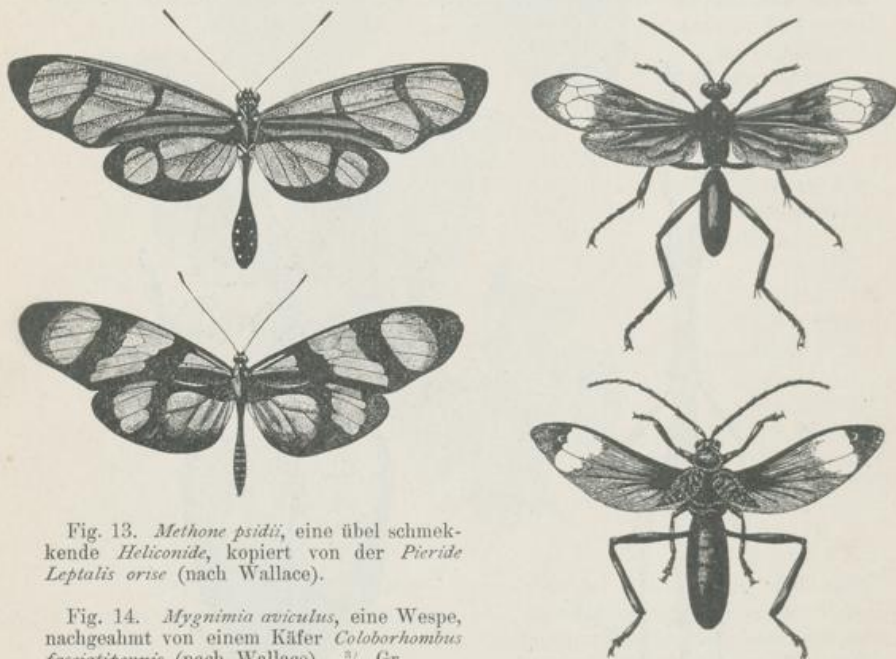


Fig. 13. *Methone psidis*, eine übel schmeckende *Heliconide*, kopiert von der *Pieride* *Leptalis orise* (nach Wallace).

Fig. 14. *Mygymia aviculus*, eine Wespe, nachgeahmt von einem Käfer *Coloborhombus fasciatipennis* (nach Wallace). $\frac{3}{4}$ Gr.

Fig. 14.

haben (*Mygymia aviculus*); ihr Nachahfer ist ein heteromerer Käfer (*Coloborhombus fasciatipennis*), der ganz der Gewohnheit der Käfer entgegen seine Hinterflügel ausgebreitet hält und ihren weißen Fleck an der Spitze zeigt, während die Deckflügel zu kleinen ovalen Schuppen geworden sind (Fig. 14).

Geschlechtliche Zuchtwahl.

3. Unter geschlechtlicher Zuchtwahl verstehen wir einen besonderen Unterfall der natürlichen Zuchtwahl, welcher vorwiegend bei Vögeln und Huftieren beobachtet wird. Zur Befriedigung seiner Lust sucht hier das Männchen seine Konkurrenten aus dem Felde zu schlagen, entweder im Kampf oder indem es die Weibchen durch besondere Vorzüge an sich fesselt. Mit kräftigen Flügeln und den Sporen des Laufknochens suchen die Hähne sich den Besitz ihrer Herde zu sichern, die Hirsche mittelst ihres Geweihes, die Stiere durch ihre Hörner. Durch

prächtige Färbung gewinnen die Paradiesvögel, durch Gesang die meisten Singvögel, durch eigentümliche Liebestänze manche Hühnerarten die Geneigtheit des Weibchens. Da alle diese Merkmale vorwiegend dem Männchen zukommen und nur ausnahmsweise und dann minder ausgeprägt auch auf das Weibchen übertragen werden, liegt es nahe, anzunehmen, daß sie beim Männchen durch den Kampf um das Weibchen groß gezogen wurden. Bei den Vögeln wird allerdings noch ein zweites Moment mitgewirkt haben, um den enormen Unterschied in der Befiederung, wie er z. B. bei den Paradiesvögeln besteht (Fig. 15), auszuprägen. Für das nistende Weibchen werden unscheinbare Farbe und schlicht anliegendes Federkleid notwendig sein, damit es ungestört von Feinden dem Brutgeschäft obliegen kann.

Im Laufe der letzten Jahrzehnte ist viel darüber gestritten worden, inwieweit die natürliche Auslese für sich allein schon ein artenbildendes Prinzip ist. Eine Reihe von Einwänden wendet sich gegen den Grundgedanken der Selectionslehre: sie bestreiten die Möglichkeit, daß zufällig auftretende Variationen vom Kampf ums Dasein hätten ausgenutzt



Fig. 15a.



Fig. 15 b.

Paradisea apoda, Männchen und Weibchen,
nach Levaillant.

und zu dauernden Merkmalen fixiert werden können. Bei vielen Merkmalen, speziell solchen, welche systematisch verwendet werden, sei gar nicht einzusehen, wie sie den Trägern des Merkmals irgend welchen Nutzen hätten bringen können. Man müßte für sie die Annahme machen, daß sie sich in Correlation, d. h. in notwendigem, organischem Zusammenhang mit anderen wichtigeren Charakteren entwickelt hätten. Was aber die nützlichen Merkmale anlange, so müßten dieselben schon ein ansehnliches Maß erreicht haben, um dem Kampf ums Dasein Angriffspunkte zu bieten und „Selectionswert“ zu erhalten. Zufällig auftretende Variationen, mit denen der Darwinismus operiere, seien zu geringfügig, um dem Organismus zu nützen und so Gegenstand der natürlichen Auslese zu werden. Auch würde in den meisten Fällen die Abänderung eines Organs für sich genommen nicht genügen, um Nutzen zu stiften; vielmehr müßte gleichzeitig eine ganze Reihe von Hilfsapparaten modifiziert werden. Es müßte dabei ein harmonisches Ineinandergreifen, eine Koadaptation (H. Spencer) der Teile erzielt werden, was eine stetige und gleichgerichtete Entwicklung während langer Zeiträume voraussetze, während deren der Kampf ums Dasein keinen richtenden Einfluß ausüben könne. Damit z. B. die Flügel der Vögel zum Flug verwandt werden konnten, mußten sie nicht nur selbst eine bedeutende Größe erreicht haben; es mußten auch die bewegenden Muskeln, die stützenden Skelettstücke, die hinzutretenden Nerven eine bestimmte Ausbildung und Anordnung besitzen. Schwierigkeiten entstehen der Selectionstheorie auch daraus, daß die meisten Tiere bilateral- oder radialsymmetrisch, viele Tiere außerdem gegliedert (segmentiert) sind. In allen diesen Fällen treten dieselben Organe in Zwei- oder Mehrzahl auf. Symmetrische und meist auch segmental sich wiederholende Organe stimmen untereinander im Bau überein. Man müßte daher annehmen, daß die zufälligen Abänderungen an zwei oder mehr verschiedenen Stellen des Körpers gleichzeitig in vollkommen gleicher Weise zustande gekommen seien.

Ein weiterer Einwand besagt, daß die Wirkungsweise der natürlichen Auslese unter gewöhnlichen Verhältnissen durch die entgegengesetzte Wirkung der unbehinderten Kreuzung der variierenden Formen ausgeglichen werde. Wenn Taubenrassen nicht isoliert gezüchtet werden, kreuzen sie sich untereinander und verlieren so das Charakteristische der Rasse. Endlich ist hervorgehoben worden, daß zur Entstehung neuer Arten eine einfache Umbildung der Formen nicht ausreicht; es muß noch weiter hinzukommen: 1. eine Umbildung nach verschiedenen Richtungen hin, eine divergente Entwicklung des Individuenbestandes einer Art, 2. die Vernichtung der Zwischenformen, welche zwischen den divergenten Formen vermitteln.

Der Einwand, daß der Kampf ums Dasein die zur Ausbildung nötige divergente Entwicklung der Individuen nicht veranlassen könne, fällt am wenigsten ins Gewicht. Ohne weiteres muß zugegeben werden, daß von vielen bei einer Art gleichzeitig auftretenden Variationen zwei oder mehr zugleich von Vorteil sein können, daß sich dann ein Teil der Individuen des einen, ein anderer Teil des anderen Vorteils bemächtigen wird, daß beide Teile sich infolgedessen nach verschiedenen Richtungen hin entwickeln werden. Dabei werden die Mittelformen, welche weder nach der einen, noch nach der anderen Richtung hin ausgeprägt sind, in eine ungünstige Stellung geraten; sie müssen mit beiden Gruppen einseitig differenzierter Artgenossen den Kampf ums Dasein aufnehmen und, als minder vollkommen ausgerüstet, in demselben unterliegen.

Wichtiger sind die an erster Stelle genannten Einwände; sie haben zur Auffassung geführt, daß das Selectionsprinzip zum mindesten unzureichend ist, um für sich allein schon die Entstehung neuer beständiger und der Umgebung zweckmäßig angepaßter Formen zu erklären; und so wurden neue Theorien aufgestellt, ältere Theorien wieder in den Vordergrund geschoben, teils um die Selectionstheorie ganz zu beseitigen, teils um Lücken in der Kette ihrer Beweisführung auszufüllen. Der enge Rahmen dieses Lehrbuchs gestattet nur, auf die wichtigsten einzugehen, und zwingt mich auf die Erörterung zu verzichten, ob diese Theorien die Darwinsche Lehre ergänzen oder auch nur mit ihr vereinbar sind, oder ob sie dieselbe ausschließen.

Weismanns „Germinalselection“ ist nach den Ansichten ihres Begründers nur eine Ergänzung der Lehre von der natürlichen Zuchtwahl, der „Personalselection“: sie setzt eine genaue Kenntnis der modernen Erfahrungen auf dem Gebiete der Vererbungs- und Befruchtungslehre (vergl. Kapitel Befruchtung) voraus und kann daher hier nur skizziert werden. Weismann hält es für sicher, daß alle Variationen, welche durch den Kampf ums Dasein ausgelesen und im Laufe von Generationen fixiert werden, ihrer Anlage nach schon im Keim und, da dieser bei der Befruchtung aus der Vereinigung einer männlichen und einer weiblichen Geschlechtszelle entsteht, in letzter Instanz in diesen enthalten sein müssen. Jede Keimesanlage besteht aus zahllosen Einzelanlagen für die Eigenschaften des Organismus, den „Determinanten“. Je nachdem gewisse Determinanten sich auf Kosten anderer stärker entwickeln oder abgeschwächt oder verändert werden, entstehen aus dem Keim Organismen mit besonderen Eigenschaften oder Variationen. Sind einmal besonders geartete Determinanten in größerer Zahl in eine bestimmte Variationsrichtung geraten, so hält dieselbe an, so daß die „Personalselection“ Zeit hat, Einfluß zu gewinnen.

Germinal-
selection.

Eine intensive Umgestaltung der Darwinschen Lehre beabsichtigt die Mutationstheorie von de Vries. Derselbe erhielt bei der Massenkultur der Nachtkerze *Oenothera lamarckiana* außer Pflanzen vom Lamarckiana-Typus eine nicht unbeträchtliche Minderheit von Formen, welche sich in ganz charakteristischer und bedeutsamer Weise von der Mutterpflanze unterschieden und sich zu verschiedenen scharf umgrenzten Formenkreisen gruppieren ließen, der *Oe. gigas*, *Oe. nanella*, *Oe. scintillans* etc., wie de Vries sie nannte. Diese Formenkreise verhielten sich ganz wie neue sogenannte „kleine Arten“, insofern alle Zwischenformen fehlten und insofern sie in Reinkultur gezüchtet, immer nur Individuen gleicher Beschaffenheit erzeugten. Derartige, plötzlich auftretende, erheblich von der Mutterform unterschiedene, scharf umschriebene und von Anfang an vollkommen erbliche Variationen nennt de Vries Mutationen. Man kennt sie schon seit längerer Zeit unter dem Namen der „sprungweisen Variationen“. Während man sie aber bisher als einen besonderen Fall der allgemeinen Variabilität behandelte, hält de Vries sie für etwas prinzipiell Verschiedenes: die geringfügigen Variationen, mit denen der Darwinismus bisher mit Vorliebe operierte, sollen um einen mittleren häufigsten Zustand, wie ein Pendel um seine Gleichgewichtslage, oscillieren und keine dauernden Veränderungen hervorrufen; auch bei der Domestikation sei es nicht möglich, durch fortgesetzte Auslese die geringfügigen Unterschiede fluktuierender Varietäten zu steigern und zu konstanter Erbllichkeit zu befestigen; dagegen würden durch die Mutationen stabile Zustände geschaffen, welche zu dauernden werden, wenn gewisse Muta-

Mutations-
theorie.

tionen den Lebensbedingungen besser angepaßt sein sollten, als ihre Stammform. Insofern auch hier der Kampf ums Dasein eine entscheidende Rolle spielen würde, steht die Mutationstheorie auf dem Boden der Selectionstheorie; sie unterscheidet sich vom Darwinismus in bezug auf die Form der Descendenz, indem sie eine „explosionsartige“ Form der Artbildung annimmt, bei welcher plötzlich mehrere Arten, und zwar sofort als relativ konstante Gebilde, entstehen würden. Jeder Mutationsperiode würde eine Prämutationsperiode vorausgehen, in welcher latent eine Umgestaltung der Species allmählich angebahnt werde. Für die richtige Würdigung der Mutationstheorie wird es in Zukunft nötig sein, zwei Fragen zu entscheiden: 1. ob in der Tat zwischen Mutation und Variation der von de Vries geforderte scharfe Unterschied existiert; 2. ob die Mutationstheorie imstande ist, die vielfachen Anpassungen der Organismen an ihre Umgebung zu erklären.

Migrations-
theorie.

Um zu erklären, wie es kommt, daß die durch Variation neu gebildeten Charaktere Bestand haben und nicht durch Kreuzung mit anders gearteten Individuen wieder verschwinden, hat Moriz Wagner die Theorie von der geographischen Isolierung oder die Migrations-theorie aufgestellt. Neue Arten sollen entstehen, wenn von dem Individuenbestand einer Art ein Teil sich auf Wanderung begibt oder passiv verschleppt wird und so nach einem neuen Aufenthaltsort gelangt, an welchem die Kreuzung mit den zurückgebliebenen Artgenossen nicht möglich ist. Das gleiche soll eintreten, wenn ein von einer Art besiedeltes Gebiet durch geologische Ereignisse in zwei Gebiete, zwischen denen kein Formenaustausch mehr möglich ist, geschieden wird. Die unter den alten Verhältnissen verbleibenden Tiere sollen den ursprünglichen Artcharakter beibehalten, die Auswanderer dagegen sich zu einer neuen Art umwandeln. Für die Berechtigung der Theorie sprechen direkte Beobachtungen. Eine am Anfang des 15. Jahrhunderts ausgesetzte Kaninchenzucht hat sich auf der Insel Porto-Santo bis in die Neuzeit enorm vermehrt; dabei hat die Nachkommenschaft die Charaktere einer neuen Art angenommen. Die Tiere sind kleiner und bissiger geworden, sie besitzen eine gleichförmig rötliche Farbe und lassen sich mit den bei uns einheimischen Kaninchen nicht mehr paaren. Ein weiterer Beweis für die Theorie der geographischen Isolierung ist der eigenartige faunistische Charakter von Territorien, welche von angrenzenden Ländern durch unüberwindliche Barrieren, breite Flüsse oder Meeresarme, hohe Gebirgskzüge (cfr. S. 33) getrennt sind. Besonders lehrreich ist in dieser Hinsicht der eigenartige faunistische Charakter fast aller Inseln. Die Fauna einer Insel ähnelt im allgemeinen der Fauna des Festlandes, von dem die Insel durch geologische Ereignisse abgelöst wurde; nur besitzt sie vielfach nicht dieselben, sondern sog. „vicariierende Arten“, d. h. Arten, welche bis auf gewisse Merkmale den Festlandsarten gleichen. Solche vicariierende Arten sind offenbar dadurch entstanden, daß abgelöste Individuengruppen, auf die Insel versprengt, eine von der Ausgangsform divergente Entwicklung genommen haben. — Bei aller Anerkennung der Migrationstheorie wird es niemals möglich sein, aus ihr allein die Vielgestaltigkeit der Organismenwelt zu erklären. Dazu müßte man annehmen, daß früher eine ungeheure Umbildungsfähigkeit der Erdoberfläche bestanden habe, während gerade die neueren Untersuchungen es wahrscheinlich machen, daß die Verteilung von Land und Wasser lange nicht in dem Maße, wie man früher annahm, gewechselt hat. Auch

lehrt die Erfahrung der Botaniker, daß mehrere Varietäten an demselben Standort entstehen und Konstanz gewinnen können.

Während die Migrationstheorie mit dem Darwinismus darin übereinstimmt, daß sie die durch Variation auftretenden neuen Charaktere als ein Produkt des Zufalls betrachtet, ist von anderen Seiten gerade dieser Teil der Lehre zum Gegenstand eingehender Kritik gemacht worden. Manche Zoologen haben auf die causale Begründung der Descendenztheorie durch Lamarck zurückgegriffen und erblicken die Ursache der Artumbildung zum Teil in dem unmittelbaren Einfluß der wechselnden Existenzbedingungen, zum Teil in dem durch den Wechsel der Existenzbedingungen veränderten Gebrauch und Nichtgebrauch der Organe. Beide Prinzipien sollen ausreichen, um auch ohne Zuhilfenahme des Kampfes ums Dasein die Phylogenese der Organismen zu erklären (Neo-Lamarckismus).

Inwieweit die Existenzbedingungen durch unmittelbare ^{Lamarckismus.} Wirkung eine dauernde Veränderung im Bau der Pflanzen und Tiere hervorrufen können, dies zu entscheiden, ist bei der Verschiedenartigkeit der in Frage stehenden Einflüsse kein einheitliches Problem. Bei einem Wechsel der Ernährung verändern sich Organismen in ganz auffälliger Weise und innerhalb kurzer Zeit; aber gerade diese Veränderungen (Ernährungsmodifikationen Naegelis) scheinen für gewöhnlich keinen dauernden Bestand zu haben. Pflanzen, welche aus dem in der Natur ihnen zukommenden mageren Boden in fettes Erdreich versetzt werden, nehmen sehr bald ein ganz anderes Aussehen an und behalten dasselbe auch durch die folgenden Generationen bei, solange diese im fetten Erdreich bleiben; ebenso rasch aber tritt der Rückschlag ein, wenn die Pflanzenart in ihre ursprünglichen Existenzbedingungen zurückgelangt. Eine Veränderung scheint im allgemeinen um so dauerhafter zu sein, je langsamer sie sich entwickelt. Bei Versuchen über den Einfluß der Existenzbedingungen wird man daher am ehesten auf Erfolg rechnen können, wenn man mit langsam wirkenden Faktoren experimentiert, wie Licht und Wärme, trockener oder feuchter Luft, verschiedener Intensität der Schwerkraft, Reizwirkungen, welche von Organismen der Umgebung ausgelöst werden. In dieser Weise werden in der Tat auch positive Resultate erzielt. Wenn Puppen von *Vanessa urticae* und *Arctia caja* im Kalten (bis zu 8° C) kultiviert werden, zeigen sich die aus ihnen ausschüpfenden Schmetterlinge mehr oder minder erheblich verändert; am intensivsten die männlichen Individuen. Wurden nun veränderte Männchen und Weibchen zur weiteren Zucht verwandt, so zeigte ein Teil der Nachkommenschaft, auch wenn dieselbe unter normalen Bedingungen kultiviert war, die Kälteveränderung, und zwar waren es ausschließlich Männchen, woraus man entnehmen kann, daß Abänderungen im männlichen Geschlecht sich früher bemerkbar machen als im weiblichen.

Was nun die zweite Seite des Lamarckismus anlangt, die funktionelle Umgestaltung des Organismus, so kann es ja keinem Zweifel unterliegen, daß die Erscheinungsweise eines Tiers und einer Pflanze in hohem Maße von der Art, in welcher es seine Organe benutzt, abhängt. Die in Gebrauch stehenden Organe und Organteile werden gekräftigt, die vom Gebrauch ausgeschlossenen werden rückgebildet. So weit handelt es sich um Erfahrungen des täglichen Lebens. Schwierigkeiten entstehen erst bei Beantwortung der sich anschließenden Frage, ob die so entstehenden, im strengsten Sinne des Wortes neu erworbenen Eigenschaften erblich sind, oder ob nicht vielmehr die Nachkommen,

um zum gleichen Ziele zu gelangen, die Übung und Nichtübung von neuem in gleicher Weise beginnen müssen. Im letzteren Falle wäre eine Kumulierung des Charakters und damit die Möglichkeit, daß derselbe zu einem dauernden werde, ausgeschlossen. Leider fehlt es noch immer auf diesem der experimentellen Behandlung zugängigen Gebiete an einwurfsfreien Erfahrungen. Am meisten sprechen zugunsten des Lamarckschen Prinzips zur Zeit die rudimentären Organe. Wenn wir sehen, daß Höhlentiere, welche seit vielen Generationen im Dunkeln leben, blind sind, indem sie entweder gar keine Augen mehr besitzen oder functionsuntaugliche Reste von solchen, so liegt allerdings die Deutung nahe, daß mangelnder Gebrauch diese Veränderung verschuldet habe, indem er zu einer von Generation zu Generation zunehmenden functionellen und anatomischen Untüchtigkeit geführt hat. Man sollte nun meinen, was für die Nichtübung gilt, müßte sich im entgegengesetzten Sinne auch bei der Übung äußern.

Weitere Schwierigkeiten des Lamarckismus sind darin gegeben, daß das functionelle Wachsen eines Organs kein unbegrenztes ist, sondern über ein gewisses Maß nicht hinausgehen kann und somit einer Regulation unterliegt, daß ferner nicht nur vorhandene Organe vervollkommen werden, sondern auch da, wo das Bedürfnis vorliegt, neue Organe gebildet werden. Der Lamarckismus wird so zu dem Satz geführt, daß das Bedürfnis eines Organismus zugleich die Ursache seiner Befriedigung ist, ein Satz, der zunächst wenigstens keiner naturwissenschaftlichen Prüfung zugänglich ist.

Naegeli's
Prinzip der
Progression.

Zum Schluß haben wir noch die Umbildung der Arten aus eigenen inneren Ursachen zu betrachten, das, was C. E. von Baer mit dem wenig geeigneten, weil leicht irreführenden Ausdruck „Zielstrebigkeit“ Naegeli als „Vervollkommnungsprinzip oder „Prinzip der Progression“ bezeichnet hat. Es kann wohl nicht geleugnet werden, daß eine jede Art aus eigenen inneren Ursachen genötigt ist, sich zu neuen Formen zu entwickeln, unabhängig bis zu einem bestimmten Grad von äußeren Existenzbedingungen und vom Kampf um das Dasein. In allen Tierstämmen sehen wir den Fortschritt vom Niederen zum Höheren sich vollziehen, vielfach in ganz ähnlicher Weise, trotzdem die Tiere unter sehr verschiedenen Entwicklungsbedingungen leben. Wir sehen, wie das bei niederen Formen oberflächlich gelagerte Nervensystem bei höheren in die Tiefe des Körpers verborgen wird, wie das Auge, zunächst ein einfacher Pigmentfleck, bei *Wärmern*, *Arthropoden*, *Weichtieren* und *Wirbeltieren* mit Hilfseinrichtungen, wie Linse, Glaskörper, Iris, Chorioidea etc., ausgerüstet wird. Darin erblicken wir eine Energie zur Vervollkommnung, welche, da sie überall vorkommt, von den individuellen Lebensbedingungen unabhängig sein und in der Reactionsweise der lebenden Substanz gegen Licht selbst ihre besondere Erklärung haben muß.

Es ist keineswegs richtig, eine Auffassung, wie sie hier ausgesprochen wurde, eine teleologische zu nennen und als unnaturwissenschaftlich zu verwerfen. Vielmehr erscheint in ihr der Organismus ebenso mechanisch bedingt, wie eine Billardkugel, deren Verlauf doch nicht nur von der Reibung an den Wandungen des Billards, sondern zum guten Teil von der ihr innewohnenden, durch den Stoß ihr übertragenen Kraft bestimmt wird. Auch ein Organismus ist ein Kräfte-reservoir, welches sich mit Notwendigkeit aus sich heraus entwickeln muß, nur daß es von außerordentlicher Komplikation und in gleichem Maße von der Außenwelt unabhängig ist. Eine vollkommene Unabhängigkeit wird natürlich

niemals vorhanden sein. Nebenher wird vielmehr stets eine „Bewirkung“ (Naegeli) der Außenwelt einhergehen, ein modifizierender Einfluß, der von den äußeren Existenzbedingungen entweder direkt oder in der oben besprochenen Weise durch Vermittelung von Übung und Nichtübung ausgeübt wird.

Wir haben hier ausführlicher bei der Darstellung der Descendenztheorie verweilt, weil sie unzweifelhaft in der Geschichte der Zoologie die bedeutsamste Erscheinung ist. Keine andere Theorie hat so sehr in den Entwicklungsgang der zoologischen Forschung eingegriffen, keine ihr so viele neue Probleme gestellt und neue Forschungsgebiete eröffnet. Keiner zoologischen Forschung kommt somit ein gleich hervorragender „heuristischer“ Wert zu. Auf die vielen Einwände, welche gemacht worden sind, die Theorie sei ungenügend begründet, läßt sich nur erwidern, daß sie bei dem derzeitigen Stande unseres Wissens die einzige Theorie ist, welche mit unseren Erfahrungen übereinstimmt und dieselben auf einheitliche Weise und auf naturwissenschaftlicher Basis erklärt. In diesem Satz ist zugleich das Lob der Descendenztheorie, zugleich aber auch eine Einschränkung für ihre Gültigkeit gegeben. Denn einerseits leitet der Satz die Ansprüche der Theorie auf Gültigkeit aus dem Bedürfnis des menschlichen Geistes nach einer einheitlichen Erklärung der naturwissenschaftlichen Tatsachen ab; andererseits macht er den Grad der Berechtigung von dem jeweiligen Stand unserer Erfahrung abhängig. Das sind aber beides sehr variable Faktoren. Viele Naturforscher haben nicht das Bedürfnis, die Erfahrungen der Paläontologie, der Tier- und Pflanzenkunde in ursächlichen Zusammenhang zu bringen; ihnen wird man daher die Darwinsche Theorie ebensowenig wie jede andere gleiches anstrebende Theorie beweisen können. Indessen auch reflektierende Naturforscher werden immer im Auge behalten müssen, daß unsere Naturerkenntnis in beständigem Fortschreiten begriffen ist und zusehends eine Erweiterung und Vertiefung erfährt. Es ist möglich, ja sogar wahrscheinlich, daß diese Fortschritte auch zu manchen Umgestaltungen der Theorie führen werden. Die Vorstellung von der Art, in welcher die Formen sich auseinander entwickelt haben, läßt, wie die Mutationstheorie lehrt, sehr verschiedene Fassung zu. Noch mehr wird die Lehre von den Ursachen, welche die Bildung neuer Arten veranlassen, noch vielfachem Wandel unterworfen sein. Dagegen kann man wohl mit großer Sicherheit behaupten, daß das Descendenzprinzip, welches durch den Darwinismus zum ersten Male zur Herrschaft gelangt ist, einen dauernden Grundpfeiler der zoologischen Forschung ausmachen wird.