

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 *Cölenteraten* 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 aufräumten 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 niedrigere 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 großen 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 klassischen 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 (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.