

Die Biologie in der Aufklärungszeit¹

Vincent Ziswiler, Universität Zürich

Wenn man unter der *Aufklärungsphase* einer Wissenschaft ihre auf empirischer Grundlage beruhende *rationale Durchdringung* versteht, so lässt sich die Aufklärungszeit der Biologie gut mit den geistesgeschichtlichen «lumières» in Deckung bringen.

Die Entdeckungsreisen und die Erfindung des Mikroskops eröffnen der Biologie im 17. Jahrhundert neue Horizonte. Neben die reine deskriptive Erfassung und die Inventarisierung von Lebewesen und ihrer Bestandteile tritt mehr und mehr die geistige Auseinandersetzung mit biologischen Phänomenen, wobei den Gelehrten die Methoden und Postulate der empiristischen und rationalistischen Philosophen zustatten kommen. Bevorzugte wissenschaftliche Diskussionsthemen der Aufklärungszeit bilden etwa die Zeugungstheorien, die Suche nach einem System, die Frage der Artkonstanz und die Deutung der Fossilien.

Biology in the Period of Enlightenment

If, by the period of *enlightenment* of a science, one understands its *rational infiltration* as being based on an empirical foundation, then one can easily see how the period of enlightenment in biology and the classical enlightenment of the time coincide.

The voyages of discovery and the invention of the microscope opened up new horizons in biology in the 17th century. Besides the purely descriptive salient points and the cataloguing of living creatures and their essential parts, there was more and more intellectual interpretation of biological phenomena, whereby the methodology and axioms of the empirical and rational philosophers stood the scientists in good stead.

Preferred subjects of discussion during this enlightenment period were the theory of conception, the search for a natural order, the question of the variability of species and the interpretation of fossils.

1 Einleitung

Als Aufklärungsphase einer Naturwissenschaft betrachte ich ihre auf empirischer Grundlage beruhende, zunehmende rationale Durchdringung. Für die Biologie deckt sich diese Aufklärungszeit gut mit den geistesgeschichtlichen «lumières», für die in der ersten Hälfte des 17. Jahrhunderts die philosophischen Grundlagen gelegt und die mit der französischen Revolution als abgeschlossen betrachtet werden.

2 Die Biologie vor der Aufklärung

2.1 Antike und Mittelalter

Die Biologiegeschichte lässt man mit guten Gründen bei Aristoteles (384–322 v. Chr.) beginnen, der in seinem biologischen Hauptwerk *περὶ τὰ ζῷα ἱστορίαι*, das festhält, was für die nächsten zwei Jahrtausende die Wissensgrundlage der Biologie ausmachen sollte. Der Ältere Plinius (23–79), Verfas-

¹ Nach einem Vortrag, gehalten im Wissenschaftshistorischen Kolloquium der Universität und der ETH am 6. Mai 1981.

ser einer 37 Bände umfassenden *Naturalis historia*, trug als unkritischer Kompilator alle ihm zugänglichen Informationen über Lebewesen, darunter zahllose Fabeleien und Unsinnigkeiten, zusammen. Subtrahiert man von seinem Werk alles Fiktive, so bleibt nicht viel mehr übrig, als was er von Aristoteles übernommen hatte.

Da das originale Werk des Aristoteles aber erst wieder im 12. Jahrhundert in der arabischen Fassung des Avicenna (980–1037) dem Abendland zugänglich wurde, wirkte sich das Elaborat des Plinius als Fehlerquelle bis in die Neuzeit hinein aus.

Der grösste Hemmschuh auf dem Weg zu einer wissenschaftlichen Biologie bildete jedoch die Erwähnung zahlreicher biologischer Fakten in der Bibel, vor allem in der Schöpfungsgeschichte. Was dort stand, hatte bis ins 18. Jahrhundert axiomatische Gültigkeit. Zu einer noch extremeren Verzerrung in der Betrachtung von Lebewesen führte jene frühchristliche Sammlung von Traktaten über Tiere, die unter dem Namen Physiologos bekannt wurde. Teils syrischen, teils alexandrinischen Ursprungs, den Lehren der Neuplatoniker, Gnostiker und Hermetiker verhaftet, versucht es, Tiere als Symbolgestalten im Sinne der christlichen Heilslehre zu deuten. Was sich für die Biologie verhängnisvoll auswirkte, war, dass man diese Schriften bis in die Renaissance hinein als biologische Informationsquelle betrachtete.

Die Bibel, die antiken Autoren und die frühchristlichen Schriften bildeten für anderthalb Jahrtausende die Basis und den Lehrrahmen für die Biologie, den zu durchbrechen für viele zu riskant war. Das Vertrauen in diese Quellen war so stark, dass man auf direkte Naturbeobachtung verzichtete. Da biologische Forschung aber nur empirisch und induktiv arbeiten kann, erlebte die Biologie eine viele Jahrhunderte dauernde Stagnation.

Einsam aus dieser Zeit heraus ragt der Hohenstaufe Friederich II. (1194–1250), diese für mich bedeutendste Gestalt des Hochmittelalters. *De arte venandi cum avibus* heisst das in drei Abschriften erhaltene Büchlein des kaiserlichen Autors, das weit mehr ist, als eine einfache Anleitung zur Beizjagd. Friederich ist ein kritischer, vorurteilsloser Naturbeobachter, der es wagt, seine Beobachtungen niederzuschreiben und zu deuten. Zum Hergebrachten stellt er sich ausgesprochen kritisch und wagt selbst den Aristoteles, dessen Werk er 1230 durch seinen Hofastrologen Michael Scotus vom Arabischen ins Lateinische übersetzen lässt, zu widerlegen, wo er zu einem anderen Befund gelangt. Zur Überprüfung unsicherer Sachverhalte werden Experimente ausgeführt, so etwa zur Frage, ob Geier ihre Beute mit dem Seh- oder dem Geruchssinn finden oder ob Strausseneier allein mit Hilfe der Sonnenwärme erbrütet werden könnten. Wenn Friederich in seiner Einleitung schreibt: *Intentio vero nostra est manifestare in hoc libro ea quae sunt icut sunt*, so wird uns klar, dass er seiner Zeit um ein halbes Jahrtausend voraus war. In seiner Art und Weise, die Dinge zu sehen, und in der Klarheit seines Denkens ist der grosse Mann in Sizilien selbst über die Gelehrten des 16. Jahrhunderts wie Konrad Gessner oder William Turner zu setzen, und selbst im Zeitalter der

Aufklärung fällt es schwer, einen Zoologen oder Botaniker von vergleichbarem Format zu finden.

Mit der Ächtung dieses aufklärerischen Geistes, vom Papst mit dem Bann belegt und von Dante in den sechsten Kreis der Hölle verdammt, wurde auch die Verbreitung des Falknerbüchleins unterdrückt. Es geriet in Vergessenheit und zog erst 1788 die Aufmerksamkeit der gebildeten Welt auf sich.

Friederich II. blieb ohne Nachwirkung auf die Entwicklung der Biologie, die noch über Jahrhunderte hinweg in einem vorwissenschaftlichen Stadium verharrte.

Vorkarolingische und frühmittelalterliche Manuskripte wie jenes von Isidor von Sevilla (um 570) sind kaum mehr als Neuausgaben des Physiologus. In den Bestiaren des Thomas von Cantimpré (um 1240) und des Konrad von Megenberg (1309–1374) ist zunehmend der Einfluss der wiederentdeckten Schriften des Aristoteles zu erkennen. Albertus Magnus (1193–1280), obwohl Scholastiker, versucht christliches Dogma mit der Philosophie des Aristoteles in Einklang zu bringen und flicht in seinem Kommentar zum Tierbuch des Aristoteles eigene Naturbeobachtungen ein.

2.2 Renaissance und Humanismus

Die Diesseits-Einstellung der Renaissance führt auch zu einem biologischen Realismus. Malern und Zeichnern wie Pisanello und Dürer mit ihren verblüffend exakten Tier- und Pflanzendarstellungen folgen die grossen Gelehrten, etwa William Turner (1500–1544), Pierre Belon (1517–1564) und Konrad Gessner (1516–1565). Turner war von allen dreien der exakteste und zuverlässigste Beschreiber biologischer Vorgänge. Als der Reformationseite zugewandter Theologe wurde er 1539 aus England verbannt und fand in Italien in Ferrara und später in der Schweiz, in Holland und Deutschland Asyl. Auf seinen Reisen beobachtete er Tiere und hinterliess einen enormen Nachlass an exakten Beobachtungen und Beschreibungen. Er war der bedeutendste Informant Gessners.

Pierre Belon studierte in Wittenberg und Padua und bereiste mit dem berühmten Botaniker Valerius Cordus Deutschland und Italien. Sein wissenschaftliches Interesse galt vor allem den Vögeln und Fischen. Später hatte er Gelegenheit, den französischen Gesandten d'Aramont nach Konstantinopel zu begleiten und von dort aus Korfu, Zante und Kreta zu bereisen. Später gelangte er nach Ägypten, von wo er auf dem Landweg über den Sinai und Palästina nach Konstantinopel zurückkehrte. Belon war nicht nur ein exakter Beobachter lebender Tiere, sondern war auch ein eifriger Anatom, der jedes erhältliche Tier zergliederte und seine Befunde protokollierte. Er war einer der ersten, der sich an anatomische Vergleiche zwischen Mensch und Tieren heranwagte.

Konrad Gessner hat sich gleichermassen als Arzt, Geschichtsforscher, Altphilologe, Botaniker und Zoologe hervorgetan. Gessner stand mit allen be-

deutenden Gelehrten seiner Zeit in Verbindung, neben Turner etwa mit Georg Fabricius (1516–1571) in Meissen, dem Leibarzt der Tudors, John Kaye (1511–1573), Guillaume Rondelet (1507–1556) aus Montpellier und Ulisse Aldrovandi (1527–1605) aus Bologna. Dieser Freundeskreis belieferte Gessner grosszügig mit Originalinformationen über Tiere. Die eigene wissenschaftliche Leistung Gessners bestand vor allem in der exakten Beschreibung von totem Material, das er zugeschickt bekam, vor allem auch von neu entdeckten Tieren der Neuen Welt, die er als erster gründlich beschreibt, so z. B. Gürteltiere, Faultiere und Opossums, Papageien, den Truthahn und eine Teju-Echse. In Anlehnung an die Terminologie der Aufklärungszeit könnten wir Gessner als den ersten Enzyklopädisten bezeichnen. Die Einmaligkeit seiner *Historia animalium* beruht einerseits auf der konsequent durchgeführten, modern wirkenden Stoffgliederung und andererseits auf der kritischen Kompilation des Wissens seiner Zeit. Zweihundert Jahre lang, bis etwa zum Erscheinen von Buffons *Histoire naturelle*, galt sie als das zoologische Standardwerk. Sie erschien lateinisch und deutsch in mehreren Auflagen, die letzte 1669 in Frankfurt. Bei aller Bewunderung für den grossen Polyhistor können wir aber dennoch nicht übersehen, dass die antiken Autoren, allen voran Plinius, immer noch viel Platz in den Tierbüchern einnehmen und dass auch bei ihm immer noch allerlei Fabuleien auftauchen, vor allem im Band über die Meerestiere und die Drachen. Auch vermissen wir bei Gessner Denkansätze, die über die reine Faktenbeschreibung hinausführen. Gessner war gleichermassen Zoologe wie Botaniker, und beim Betrachten seiner fantastischen Bildvorlagen für ein Pflanzenbuch erkennt man, dass er als Botaniker womöglich noch bedeutender war denn als Zoologe. Leider kam es nicht mehr zur Herausgabe eines Pflanzenbuches. Als Väter der Botanik gelten die Zeitgenossen Gessners, Hieronymus Bock (1498–1554), Otto Brunfels (1488–1534) und Leonhart Fuchs (1501–1566), Verfasser berühmt gewordener Kräuterbücher.

Der Fortschritt der Biologie im Zeitalter der Renaissance und des Humanismus lässt sich folgendermassen zusammenfassen:

- Man geht dazu über, die Natur zu beobachten, und setzt die authentischen Befunde als gleichwertig neben die Erörterungen der antiken Autoren, die man ab und zu sogar anzuzweifeln oder zu widerlegen wagt.
- Es werden erste Versuche gemacht, Organismen miteinander zu vergleichen.
- In der Folge der ersten grossen Entdeckungsreisen setzt eine beträchtliche Wissenserweiterung ein.

Revolutionen, wie sie der Astronomie beschieden waren, sollte es in der Biologie noch lange nicht geben. In sturer Anlehnung an die Genesis werden Tiere und Pflanzen immer noch ausschliesslich als von Gott für den Menschen geschaffenes Umgebungssubstrat betrachtet, mit dem einzigen Sinn, den Menschen zu ernähren, zu kleiden, für ihn zu arbeiten, ihn zu vergnügen oder auch ihn zu strafen.

3 Das 17. Jahrhundert

Im 17. Jahrhundert werden für die Biologie jene Grundlagen gelegt, welche die Voraussetzung für die gegen das 18. Jahrhundert hin sich abzeichnende Phase zunehmender rationaler Durchdringung und Ausdeutung bilden. Diese Grundlagen bestehen zur Hauptsache in einer enormen *Erweiterung des Inventars*, d. h. Erweiterung der Formenkenntnisse und detaillierten deskriptiven Erfassung des Einzelorganismus, vor allem in anatomischer Hinsicht, in technisch-methodischen Errungenschaften, vor allem der Erfindung des Mikroskops und in den neu entwickelten Denksystemen der Philosophen empiristischer oder rationalistischer Prägung.

Die Biologie hat dabei gleichermassen von den Postulaten der *Empiristen* wie von den Denkmethode der *Rationalisten* profitiert. Es ist das Verdienst der Empiristen, vor allem von Francis Bacon (1561–1626) und von John Locke (1632–1704), die Naturforschung auf den allein weiterführenden Pfad der induktiven Arbeitsmethode geleitet zu haben, währenddem Descartes (1596–1650) vor allem mit seinem «discours de la méthode» die Biologie zum *Funktionalismus* führt, der die Basis der modernen Physiologie bildet. Funktionalismus bedeutete im 17. und 18. Jahrhundert rein mechanistische Betrachtungsweise, wie sie in konsequentester Form in «l'homme machine»² von de la Mettrie (1709–1751) ihren Ausdruck findet.

3.1 Die Erweiterung der Formenkenntnisse

Unabdingbar verbunden mit der Höherentwicklung einer Naturwissenschaft ist ihre zunehmende Inventarisierung. Für die Biologie bedeutet dies in erster Linie die Erfassung und Beschreibung der *Formenvielfalt*, ein Prozess, der vom 17. Jahrhundert an stark beschleunigt wird durch die zunehmende Anzahl der Forschungs- und Sammelreisen, verbesserte Präparationsmethoden und vor allem die Einrichtung von Menagerien, botanischen Gärten, Naturalienkabinetten und Museen. Ein repräsentatives Bild über diese Zunahme der Formenkenntnisse gibt Tabelle 1.

Bereits die frühen Entdeckungsreisenden pflegten Tiere und Pflanzen aus fernen Ländern ihren meist königlichen Auftraggebern zurückzubringen. Sie stiessen kuriositätshalber aber auch im Hinblick auf ihre züchterische Verwendbarkeit auf enormes Interesse. Schon bald wurden den Entdeckungsfahrern Forscher mitgegeben mit dem ausschliesslichen Auftrag, Tiere und Pflanzen der neu entdeckten Gebiete systematisch zu sammeln und zu inventarisieren. So sendet bereits 1570 Philipp II. seinen Leibarzt Francisco Hernandez mit dem ausschliesslichen Auftrag nach Mexiko, Pflanzen, Tiere und Mineralien zu sammeln und zu erforschen. Hernandez kehrt nach 7 Jahren mit 17 Bänden Notizen und mehr als 1200 Farbskizzen zurück. Über einige, vor allem für die Zoologie bedeutsame Sammelreisen orientiert Tabelle 2.

² Leiden 1748

Tabelle 1 Anzahl bekannte Vogelarten zu verschiedenen Zeiten, abgeändert nach Stresemann (1951)³.
 Table 1 The number of known bird species at various periods altered according to Stresemann (1951)³.

Zeit	Autor	Anzahl Arten
330 v. Chr.	Aristoteles	140
1555	Gessner, Belon	222
1758	Linné	564
1760	Brisson	1500
1790	Latham	2951
1812	Illiger	3779
1841	Gray	6000
1946	Mayr	8590

³ Stresemann, E. (1951), Die Entwicklung der Ornithologie. Verlag Hans Limberg, Aachen, 431 Seiten.

Tabelle 2 Forschungs- und Sammelreisen des 17. und 18. Jahrhunderts.
 Table 2 Voyages of discovery and collection of the 17th and 18th centuries.

Mexico	1570–77	Francisco Hernandez	Philipp II.
Brasilien	um 1630	Willem Piso Georg Marcgraf	Westindische Kompanie (Holland)
Indonesien Molukken	1653–70	Georg Rumpf	Ostindische Kompanie (Holland)
Sibirien Aleuten	1733–49	Vitus Bering Georg Wilh. Steller	Peter d. Grosse
Indochina Philippinen Molukken	1749–72	Pierre Poivre Pierre Sonnerat	Französische Kompanie
Falklandinseln Maskarenen Madagaskar Südsee	1766–74	Louis-A. de Bougainville Philibert Commerson	Louis XV
Südmeere Australien Neuseeland Beringmeer	1768–80	James Cook Josef Banks Daniel Solander Joh. Reinhold Forster Georg Forster Anders Sparrmann	Brit. Admiralität
Sibirien Nördl. Asien Mongolei	ab 1770	Peter Simon Pallas Samuel Gottlieb Gmelin	Katharina II.
Südliches Afrika	1780–84	François Levaillant	Holländ. Geldgeber

Die Kunde von immer mehr neu entdeckten tropischen Tier- und Pflanzenarten weckt die Sammelleidenschaft von Fürsten und reichen Bürgern. Ein schwunghafter Handel mit fremdländischen Tieren und Pflanzen setzt ein. Da man in der Konservierung tierischer Körper noch wenig Erfahrung besitzt, hält man Tiere in Menagerien, wie dies bereits Friederich II. an verschiedenen Orten in Süditalien und Sizilien getan hatte. So unterhielten die Medicis gegen Ende des 16. Jahrhunderts grosse Tiergärten bei Florenz und Pisa, und die Fugger schufen bei Augsburg eine berühmte Menagerie. Die bedeutendste Sammlung lebender Tiere seiner Zeit unterhält jedoch Kaiser Rudolph II. (1552–1612) auf Schloss Neugebäu bei Wien. Von dieser Sammlung überdauern mehr als 200 hervorragende Tierporträts der Maler Jacob und Georg Hoefnagel ihre Zeit.

Das 17. Jahrhundert bringt entscheidende Fortschritte in der Konservierung von Tieren. Bälge von Vögeln und Säugetieren werden durch Einreiben mit Salzen und Gewürzen und nachfolgendes Trocknen vor Verwesung geschützt und überdauern in weithalsigen Flaschen eingeschlossen. Fische, Amphibien und Weichtiere konserviert man in Weingeist oder «Malzwein». Damit ist eine wichtige Voraussetzung für das Sammeln toter Tiere gegeben, es entstehen die ersten Naturalienkabinette. Mit weniger Investitionskosten verbunden als eine Menagerie, sind sie nicht mehr ausschliesslich die Domäne reicher Potentaten; auch wohlhabende Bürger werden von der Sammelleidenschaft ergriffen; so der Apotheker Ferrante Imperato (um 1590) in Neapel und der Kaufmann Jacob Plateau (um 1605) in Tournai mit ihren berühmten Kollektionen. Besonders reich an bedeutenden Naturalienkabinetten ist Holland, unter welchen wiederum jenes des Apothekers Albertus Seba (1665–1736) in Amsterdam und der *Thesaurus animalium* des Anatomen Frederik Ruysch (1660–1731) in Leiden herausragen. Um die Ehre, die grösste Tiersammlung zu besitzen, wetteifern der Engländer Sir John Sloane (1660–1753), der allein 1172 Vogelbälge besitzt, und der Franzose René Antoine Ferchauld de Réaumur (1683–1757), der es sogar auf 1600 Vogelbälge bringt. Beide legten den Grundstock für die für lange Zeit bedeutendsten zoologischen Sammlungen der Welt. Aus Sloanes Sammlung geht 1759 das British Museum of Natural History hervor, und Réaumurs Sammlung wird 1760 in das Cabinet du Roy übergeführt, das nach der Revolution den Namen Musée d'histoire naturelle erhält.

3.2 Die Erschliessung des Kleinen

Eine weitere, womöglich noch bedeutsamere Horizonterweiterung erfährt die Biologie durch die Erfindung und rasche Weiterentwicklung des Mikroskops durch Anton Leewenhoek (1632–1723) und Robert Hooke (1635–1703). Leewenhoek, Tuchhändler und Autodidakt, der mehrere hundert Mikroskope baut und schliesslich Vergrösserungen bis zu 270fach erreicht, gibt mit seinen wissenschaftlichen Beobachtungen selbst ein beredtes Beispiel für die univer-

selle Bedeutung seiner Erfindung. Er entdeckt unter anderem die Infusorien und die Bakterien, beschreibt die Spermatozoen und deutet sie als die wahren und einzigen Keimzellen, beobachtet die Fortpflanzung der Blattläuse und wird dadurch zu einem Gegner der Urzeugungslehre. Er sieht als erster die Querstreifung der Skelettmuskulatur und macht auf die Unterschiede in der Mikrostruktur des Stengels von Mono- und Dikotyledonen aufmerksam. Die frühen Mikroskopiker verlegen sich vor allem auf die mikroskopische Anatomie der Tiere und Pflanzen. Hooke beschreibt als erster das Fazettenauge der Fliegen und die Zellstruktur des Korks. Marcelle Malpighi (1628–1694) belegt unter anderem den Kapillarkreislauf und beschreibt zahlreiche pflanzliche und tierische Strukturen, welche später nach ihm benannt wurden (Malpighische Gefäße der Insekten, Malpighische Körperchen der Milz, Rete Malpighii der Haut etc.). Nehemiah Grew (1641–1712), neben Malpighi Begründer der Pflanzenanatomie, beschreibt unter anderem das Parenchym, während Jan Swammerdam (1637–1680) am Mikroskop die Metamorphose der Insekten und Frösche erfasst.

Der neue Funktionalismus und die Möglichkeit, Lebensvorgänge auch unter dem Mikroskop beobachten zu können, eröffnen auch der Physiologie, der Embryologie und der Zeugungslehre neue Horizonte. William Harvey (1578–1657) widerlegt die Blutentstehungstheorie des Galenus und postuliert den geschlossenen Blutkreislauf. Mit seinem Satz *Omne vivum ex ovo* betrachtet er das Ei als alleinige Urkeimzelle im Gegensatz zu den Animalculisten wie Leeuwenhoek, die in den Animalcula, den Spermien, die wahren Keimzellen sehen. Der Tübinger Botaniker Rudolf Jakob Camerarius (1665–1721) entdeckt die Sexualität der Pflanzen. Als eigentlicher Begründer der modernen Physiologie wird der Leidener Theologe und Arzt Hermann Boerhaave (1668–1738) betrachtet, der unter dem Einfluss von Descartes und Spinoza zu einer rein mechanistischen Deutung der Lebensvorgänge gelangt, die er wiederum scharf vom Psychischen trennt. Sein Schüler ist der bedeutendste Physiologe des Zeitalters überhaupt, der Berner Arzt, Naturforscher und Dichter Albrecht von Haller.

4 Das 18. Jahrhundert

Die im 17. Jahrhundert erkennbaren Tendenzen und Entwicklungen in der Biologie setzen sich kontinuierlich fort; sie akzentuieren und diversifizieren sich dabei zusehends zu den klassischen Teildisziplinen wie Allgemeine Biologie – Spezielle Biologie, Botanik – Zoologie, Anatomie – Physiologie. Mit der ständigen Weiterentwicklung dieser Teilgebiete wird es für die Gelehrten und Forscher zusehends schwieriger, das Gesamtgebiet zu überblicken. Es zeigen sich bei ihnen erste Tendenzen zu Spezialisentum, etwa beim Entwicklungsbiologen Caspar Friederich Wolff (1733–1794) in St. Petersburg, der mit der Entdeckung der Epigenese die *Präformationslehre* zu Fall bringt oder mit

dem Bologneser Elektrophysiologen Aloisio Luigi Galvani (1737–1798). Umso erstaunlicher ist, dass es neben ausgesprochenen Fachspezialisten immer noch Universalgelehrte gibt wie Haller, Bonnet, Buffon und Lamarck, die auf verschiedensten Gebieten Hervorragendes leisten, allen voran Albrecht von Haller (1708–1777). An ihm, nebenbei ein gefeierter Dichter, beeindruckt vor allem die gleichmässig hohe Qualität seiner Arbeiten in einem unglaublich breiten Fachspektrum, das von Botanik, Anatomie, Physiologie, praktischer Medizin, Chirurgie und Medizingeschichte bis zur politischen Wissenschaft reicht. Die bedeutendsten Beiträge zum wissenschaftlichen Fortschritt leistet Haller mit seinen physiologischen Arbeiten über Reizbarkeit und Reizbeantwortung sowie die Respirationsmechanik.

Geniale Universalität kennzeichnet auch den Genfer Privatgelehrten Charles Bonnet (1720–1793). Als passionierter Mikroskopiker und geschickter Experimentator ergründet er die Embryologie der Insekten und entdeckt dabei die Parthenogenese. Er erkennt als erster die Bedeutung der Insektenstigmen und begründet, angeregt durch die Versuche seines Landsmannes Trembley (1710–1784) am Süsswasserpolyphen, die experimentelle Regenerationsforschung. Als ihn im Alter von erst dreissig Jahren ein Augenleiden zwingt, seine Mikroskopiertätigkeit aufzugeben, wendet er sich der theoretischen Biologie und der Philosophie zu. Bonnet ist extremster Verfechter der Präformationstheorie, die postuliert, dass ein weibliches Individuum in seinen Eizellen eingeschachtelt bereits alle künftigen Generationen von Individuen enthalte. So falsch uns heute diese Theorie anmutet, so enthält sie vielleicht doch eine Vorausahnung der Kontinuität des Keimplasmas, wie sie Weismann ein Jahrhundert später bewies.

Die *Zeugungstheorien* bildeten einen für das Aufklärungszeitalter typischen Diskussionsstoff, bei dem sich etwa Befürworter und Gegner der Urzeugung oder die schon erwähnten Animalculisten und Ovulisten heftig bekämpften. Weitaus am meisten Diskussionen und zum Teil erbitterte Gegnerschaften ergaben sich jedoch im Vorfeld der späteren Evolutionslehre, als die Suche nach Ordnungsprinzipien für die Vielfalt der Organismen einsetzte und man begann, über die Gesetzmässigkeiten nachzudenken, die dieser Vielfalt zugrunde liegen. Im 18. Jahrhundert wird zwar noch nicht über Evolution oder Deszendenz diskutiert, sondern nur über eine Vielzahl von Teilfragen, deren Beantwortung die Voraussetzung für spätere Evolutionstheorien bilden sollte. Dazu gehören etwa die Fragen nach der Artkonstanz, die Suche nach einem Ordnungsprinzip für die Organismen, die Deutung der Fossilien und die Diskussion um die Stellung des Menschen.

4.1 Die Suche nach einem System

Die im 18. Jahrhundert ständig zunehmenden Formenkenntnisse, die sich in den gewaltig anschwellenden wissenschaftlichen Kollektionen der grossen Museen konkretisierten, verlangten gebieterisch nach einem allgemein gülti-

gen *Klassifikationsprinzip* und einer für alle Lebewesen anwendbaren Nomenklatur. Der Wunsch zu inventarisieren und die Vielfalt der Lebewesen geordnet und übersichtlich darzustellen, entsprach dabei ganz dem Zeitgeist des Enzyklopädismus.

Seit der Mensch sich mit Pflanzen und Tieren befasste, versuchte er, diese zu ordnen. Es entstanden Primitivsysteme, welche z. B. die Pflanzen in essbare und giftige, die Tiere in nützliche und schädliche gruppierten. Aristoteles gliederte die Tiere in oberster Kategorie nach ihrer Beseeltheit, dann nach ihrer Organisation (Bluttiere – blutlose Tiere) und schliesslich nach ihrer Lebensweise z. B. ruderfüssige – spaltfüssige Vögel. Friederich II. teilte die Vögel nach ökologischen Gesichtspunkten ein. Im Mittelalter und zu Beginn der Neuzeit waren praktische Systeme üblich. Kräuterbücher und Bestiarien pflegte man nach therapeutischen Gesichtspunkten zu gliedern. Konrad Gessner wendet in seinen Tierbüchern konsequent die alphabetische Anordnung an. Aber selbst Buffon, den das theoretische Systematisieren und vor allem die Lehren Linnés zutiefst anwiderten, wendet in seiner *Histoire naturelle* noch ein provozierend praktisches System an: er lässt die Tiere linear in ihrer Beziehung zum Menschen folgen, also Pferde, Hunde, übrige Haustiere, Jagdwild, Wildtiere. Andrea Cesalpino (1519–1603) setzt sich als erster dafür ein, dass man Pflanzen nicht nach akzidentellen Eigenschaften, sondern nach ihrem Wesen (*substantia*) einteilen sollte. Er verwendet deshalb für die Grobeinteilung die Wuchsformen: Baum, Strauch, Kraut. Dem Postulat von Cesalpino folgend bauten John Ray (1628–1705) und Pierre Magnol (1638–1745) ihre Pflanzensysteme auf dem Samen- und Blütenbau, bzw. auf der Struktur von Wurzel, Stengel, Blüten und Samen auf. John Ray entwirft in seiner *Synopsis animalium*⁴ auch das bedeutendste zoologische System der vorlinnéischen Zeit. Er baut dabei konsequent auf der innern und äussern Organisation auf. Die Bluttiere (Wirbeltiere) etwa unterteilt er in solche mit Lungen und solche mit Kiemen, die lungenatmenden wiederum in solche mit einer oder mit zwei Herzkammern.

Das grösste Verdienst um die biologische Systematik kommt jedoch Carl von Linné (1707–1778) zu. Pietistisch beeinflusst, kindlich fromm und erreaktionär, entspricht er nicht dem, was man sich unter einem Gelehrten der Aufklärungszeit vorstellt. Anhand «leicht erkennbarer» Merkmale, vor allem der Sexualorgane, stellt er ein künstliches System von 24 Pflanzenklassen auf, die sich nach einem dichotomen Bestimmungsschlüssel identifizieren lassen. In seiner Transparenz, seinem klaren Aufbau und vor allem der leichten Anwendbarkeit besticht es uns heute noch. Das Erscheinen des *Systema naturae*⁵ löste bei den meisten seiner Zeitgenossen helle Begeisterung aus, bei einigen wenigen aber stiess es ebenso auf strikte Ablehnung. Die grosse Bedeutung Linnés liegt dabei weniger in seinen konkreten Systemvorschlägen, schon gar nicht in seinen zoologischen Schriften, als vielmehr in seinen methodischen

⁴ London, 1693.

⁵ Leiden, 1735.

Neuerungen, d. h. in der konsequenten Anwendung der binären Nomenklatur und der Bündelung niederer taxonomischer Kategorien zu höheren, z. B. in der Reihenfolge Art–Gattung–Familie–Ordnung–Klasse. Was die binäre Nomenklatur betrifft, so finden wir sie teilweise schon in den Pflanzenbüchern von Otto Brunfels (1488–1534) und Caspar Bauhin (1560–1624) angewendet. Unbewusst hat Linné mit seinem hierarchistischen System den Evolutionisten des 19. Jahrhunderts in die Hände gearbeitet, indem sich später mit seiner Klassifikationsmethode auch Verwandtschafts- und Stammbaumhierarchien darstellen liessen.

Zu Linnés Zeit wurde viel über die Berechtigung und den Nutzen künstlicher und natürlicher Systeme dikutiert. Während ein *künstliches System* lediglich versucht, die Lebewesen nach leicht erfassbaren Merkmalen übersichtlich zu ordnen, möchte ein *natürliches System* den Schöpfungsplan der Organismen zur Darstellung bringen. Mit der Frage aber nach einem Schöpfungsplan überschreitet die Biologie die Grenze zur Philosophie. Der bekannteste unter den idealistischen Systematikern der Aufklärungszeit ist Charles Bonnet. Unter dem Einfluss der Monadenlehre von Leibniz und dessen Gedankengängen über Harmonie und Vervollkommnung gelangt er zu seiner Stufenleiter der irdischen Körper⁶, die, angefangen bei den vier Elementen Erde, Wasser, Luft und Feuer, die unbelebte und die belebte Welt linear aneinander reiht und mit dem Menschen endigt. Die Anordnung der Naturgegenstände erfolgt nach der Organisationshöhe und ist linear-kontinuierlich, d. h. Bonnet betrachtet sämtliche Naturkörper, also auch alle ihm bekannten Tier- und Pflanzenformen als Sprossen seiner Stufenleiter.

4.2 Die Frage nach der Artkonstanz

Ein weiterer komplexer Fragenkreis, der die Biologen im Vorfeld der grossen Evolutionstheorien beschäftigt, dreht sich um die Frage der *Artkonstanz*. Der strenggläubige Linné war lange Zeit fest überzeugt, dass alle Arten von Gott geschaffen wurden und dass sie unverändert bis in die Gegenwart überdauern hätten. Erst in höherem Alter äussert er andeutungsweise Zweifel an der Artkonstanz. Auch Bonnet war von der Unveränderlichkeit der Art überzeugt, vor allem auch als vehementer Vertreter der Präformationstheorie. Selbst Cuvier, der Gelegenheit hatte, ägyptische Katzenmumien mit heutigen Katzen zu vergleichen, kam zum Schluss, dass Arten weder in Zeit noch Raum veränderlich seien.

Der grosse Antipode zu Linné war Georges-Louis Leclerc, comte de Buffon (1707–1788); als Weltmann von Geist und Geschmack, frei von Fesseln der Religion, zweifelt er an allen herkömmlichen Lehren und bemüht sich um eine neue Gesamtsicht von Erde und Leben, die sich in seiner *Histoire naturelle, générale et particulière* und seinem eher philosophischen Werk *Épo-*

⁶ Bonnet, Ch. (1779), *Collection complète des œuvres*, Bd. I, Neuchâtel.

ques de la nature»⁷ konkretisiert. Als Leiter der grössten Naturaliensammlung seiner Zeit, des Cabinet du Roy, hat er wie kein zweiter Gelegenheit, die Kollektionen von Pflanzen und Tieren miteinander zu vergleichen und sich über ihr Wesen Gedanken zu machen. Für ihn sind die Arten weder von Gott geschaffen, noch nach einem Schöpfungsplan geformt und damit auch nicht scharf voneinander abgegrenzt und unveränderlich. Die innerartliche *Variabilität* betrachtet er als eine Folge unterschiedlicher klimatischer Bedingungen, was ihn dazu bringt, ähnlich aussehende Tierarten aus verschiedensten Erdteilen zu einer Art zusammenzufassen.

Buffon sind die Lehren Linnés und seiner «nomenclateurs» zutiefst zuwider. Es ist ihm unverständlich, dass ernsthafte Forscher ihre Schaffenskraft für etwas so Unwesentliches wie die Suche nach äusseren Einteilungsmerkmalen, Produkten ihrer eigenen Willkür, verschwenden können. Als ausgesprochener Empirist interessiert sich Buffon für die Biologie der Lebewesen. Es ist sein Verdienst, die Wissenschaft vom zunehmend im Formalen erstarrenden Linnéismus auf eine mehr induktive Naturbetrachtung zurückgeführt zu haben. Bei all seiner Genialität ist auch Buffon nicht frei von Fehlern. Hinter seiner grossen Allüre verbirgt sich oft ein nicht zu übersehender Dilettantismus und ein Zug von Oberflächlichkeit.

4.3 Die Stellung des Menschen

Die Frage nach der *Stellung des Menschen* im Biokosmos, die in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts zu den heftigsten Auseinandersetzungen der Biologiegeschichte überhaupt führen sollte, bildet im Aufklärungszeitalter paradoxerweise keinen besonders brisanten Gesprächsstoff. Mit einer staunenswerten Selbstverständlichkeit erscheint der Mensch in beinahe allen zoologischen Systemen der Zeit. Bonnet stellt ihn an die Spitze seiner Stufenleiter und Linné führt ihn in aller Natürlichkeit neben den *Anthropomorpha*, den Menschenaffen, in seinem System auf.

Natürlich geht es bei diesem Einbezug in das zoologische System stets nur um eine Formverwandtschaft zwischen Mensch und Affen, dennoch erstaunt es, mit welcher Nüchternheit und Vorurteilslosigkeit sich Linné und seine Schüler über die Ähnlichkeit von Mensch und Affen äussern: «Ich weiss zwar sehr wohl, welcher grosse Unterschied zwischen dem Menschen und dem Vieh herrscht, wenn man beide von der moralischen Seite betrachtet. Nur der Mensch ist das Geschöpf, welches Gott der Schöpfer gewürdigt hat, mit einer unsterblichen Seele zu zieren . . . Allein ich will als Naturforscher den Menschen nach allen Teilen seines Körpers betrachten, und wenn ich dies tue, so finde ich schwerlich ein einziges Merkmal, wodurch der Mensch vom Affen unterschieden werden kann, wenn nicht etwa die Hautzähne».⁸ An anderer

⁷ Paris, 1778.

⁸ cit. aus «Vom Thiermenschen», Abhandl. aus der Naturwissenschaft, Bd. III, Leipzig (1760), p. 59 u. 69.

Stelle schreibt Linné: «Zwar mögen viele glauben, der Unterschied zwischen Mensch und Affe sei grösser als Tag und Nacht. Allein bei einem Vergleich der grössten Helden Europas (an anderer Stelle spricht Linné von aufgeklärten europäischen Premierministern) mit den Hottentotten am Kap der Guten Hoffnung würden sie ebenso schwer zu überreden sein, dass beide einerlei Ursprung hätten.»⁸

Auch wenn es hier Linné nur um den reinen Formvergleich ging, so fehlte es nicht an Versuchen, den Menschen auch genealogisch von Tieren abzuleiten. So versucht bereits B. de Maillet (1656–1738) in seiner Abhandlung *«Telliamed»*, den Menschen von Meerestieren abzuleiten. Als Beweis führt er Schuppenrudimente in der menschlichen Haut an. Am extremsten formuliert der französische Philosoph Julien Offray de la Mettrie (1709–1751) in *«L’homme machine»* die Mensch-Tier-Verwandtschaft, wenn er schreibt: «Der Übergang von den Tieren zum Menschen ist kein gewaltsamer: darüber werden sich die wahren Philosophen einig sein. Was war der Mensch vor der Erfindung der Worte und der Kenntnis der Sprachen? Ein Tier in seiner Art, mit viel weniger natürlichem Instinkt als die anderen Tiere, deren König er sich damals nicht dünkte. Er war vom Affen von anderen Tieren nur ebenso verschieden, wie der Affe selbst von diesen – nämlich durch Gesichtszüge, die einen höheren Grad von Unterscheidungsvermögen verrieten.»⁹

De la Mettrie war ein geistreicher Philosoph und Naturforscher der Aufklärungszeit, wie wir ihn uns kaum typischer vorstellen können. Seine gewagte Schrift *«Histoire naturelle de l’âme»*¹⁰ wurde öffentlich verbrannt und brachte dem Autor die Entlassung als Militärarzt. Er musste nach Leiden fliehen, wo er aber ebenfalls verfolgt wurde. Später holte ihn Friedrich der Grosse nach Berlin, wo er eine Reihe philosophischer und politisch-satirischer Schriften verfasste.

Als Begründer der eigentlichen Anthropologie gilt der Tübinger Anatom Johann Friedrich Blumenbach (1752–1840), der gegen die Wende zum 19. Jahrhundert mit seinen vergleichenden Studien am Schädel die heute noch im wesentlichen gültige Systematisierung der Menschenrassen vornimmt.

4.4 Fossilien

Ein weiterer Pfeiler der künftigen Deszendenzlehre, der in unserer Epoche aufgerichtet wird, ist die Fossilienkunde. Als Beweismittel für die Evolution können Fossilien nur herangezogen werden, wenn man sie als *Überreste von Lebewesen* erkennt, wenn man sie relativ datieren kann und wenn gezeigt werden kann, dass frühere Lebewesen sich von den gegenwärtigen unterscheiden.

Petrefakten wurden zu verschiedenen Zeiten unterschiedlich interpretiert. Mehrere antike Autoren, so Xenophanes, erkannten in den Fossilien einstige

⁹ cit. aus der deutschen Ausg. übersetzt von Brahn, *Philosoph. Bibl.* 67, NF (1909), Leipzig, p. 24.

¹⁰ den Haag, 1745.

Lebewesen. Im Mittelalter hingegen betrachtete man Versteinerungen als Naturspiele. Ausgehend von der Entelechie-Lehre des Aristoteles machte man gestalterische Kräfte im Gestein für das Zustandekommen solcher Natur-Ornamente verantwortlich. Leonardo da Vinci (1452–1519) und Georg Agricola (1494–1555) erkennen hingegen in Bernstein eingeschlossene Lebewesen, während Konrad Gessner in den Fossilien steckengebliebene Stadien der Urzeugung sieht. Leibniz war verunsichert in der Bewertung von Petrefakten, vor allem nach der ‹Lügenstein›-Affäre eines Würzburger Professors, der auf einen Streich seiner Kollegen und Schüler hereingefallen war und vergrabene künstliche Figuren als Fossilien beschrieben hatte.

Den Durchbruch in der richtigen Deutung der Fossilien verdanken wir dem Zürcher Arzt und Naturforscher Johann Jakob Scheuchzer (1672–1733). Fossilien, die er in seinem *Herbarium diluvianum* von 1709 erstmals systematisch darstellt und vergleicht, erscheinen ihm vorerst als Naturspiele, später gelangt er jedoch zur Überzeugung, dass es sich um Überbleibsel von Lebewesen handeln müsse und findet auch gleich eine Erklärung für ihre Entstehung: er glaubt, es handle sich um Lebewesen, die in der Sündflut ertrunken seien. Neue Dimensionen für die Petrefaktenkunde eröffnen ferner die Geologen mit der relativen Schichtdatierung. Wegweisend auf diesem Gebiet sind vor allem die Engländer mit Robert Hooke (1635–1703) und William Smith (1769–1839) und der Deutsche Abraham Gottlob Werner (1749–1817). Erste genauere Untersuchungen über die Verschiedenheit fossiler und rezenter Lebewesen werden 1755–1775 von G. W. Knorr und J. E. Walch in ‹Sammlung von Merkwürdigkeiten der Natur und Altertümer des Erdbodens›, Nürnberg, veröffentlicht.

4.5 Der Evolutionsgedanke

Die Guillotine, die am 21. Januar 1793 dem Leben von Louis XVI ein Ende setzt, beendet abrupt die klassische Aufklärungszeit. Im Zuge einer totalen Umorganisation von Wissenschaft und Erziehung wird das ehemalige Cabinet du Roy in das Muséum d'histoire naturelle umgewandelt und noch im gleichen Jahr wird der 49jährige Jean Baptiste Pierre Antoine de Monet, chevalier de Lamarck, der sich bisher einen Namen als Botaniker gemacht hatte, zum Professor für die niederen Tiere am Museum ernannt. Im Frühling 1794 hält er seine Antrittsvorlesung, in welcher er erstmals die klassische Einteilung der Tiere in Wirbeltiere und Wirbellose vornimmt. In den folgenden Jahren macht er sich um die Revision des gesamten Wirbellosensystems verdient. In der Eröffnungsvorlesung des Jahres 1800, am 11. Mai, formuliert er erstmals seine Gedanken über die Kausalitäten der Evolution, die er später zu einer eigentlichen *Evolutionstheorie* ausbaut und die man mit dem Schlagwort ‹Vererbung erworbener Eigenschaften› in einen falschen Gegensatz zu Darwins Evolutionstheorie zu setzen pflegt.

Mit seiner Eröffnungsvorlesung setzt Lamarck die wissenschaftsgeschichtliche Zäsur, mit der man das Aufklärungszeitalter der Biologie zu Ende gehen lassen könnte, genau auf die Jahrhundertwende. Es wäre allerdings gefehlt anzunehmen, dass von Lamarcks Thesen unmittelbar eine revolutionäre Wirkung ausgegangen wäre. Weder die Vorlesung von 1800 noch jene von 1802, in welcher er seine Theorie vertieft, aber auch nicht seine 1809 erscheinende *«Philosophie zoologique»*, in welcher er seine Theorie in einer gesamtheitlichen Betrachtung einbettet, werden gebührend beachtet oder gar in ihrer Brisanz erkannt. Es bleibt Ernst Haeckel (1834–1919), dem Verkünder Darwins im deutschen Sprachgebiet vorbehalten, das Verdienst Lamarcks ins richtige Licht zu rücken. Dennoch, wenn wir unter Aufklärung auch einen Reifeprozess verstehen – und einen solchen durchläuft die Biologie des 18. Jahrhunderts sehr ausgeprägt – erscheint uns Lamarcks These als fällige Frucht.