

Riesenalk und Waldrapp in Europa – Legende oder Wirklichkeit? Der bis zu 92 Zentimeter große flugunfähige Riesenalk lebte an den Felsküsten des Nordatlantiks und wurde im 18. Jahrhundert so dramatisch dezimiert, dass er seit 1844 als ausgerottet gilt. Dass der Waldrapp, ein mittelgroßer Stelzvogel aus der Familie der Ibisvögel, im 16. Jahrhundert auch nördlich der Alpen zu Hause war, vermittelte die Naturgeschichte von Conrad Gesner (1516-1565). Seien es die Aufzeichnungen Gesners oder die kolorierten Kupferstiche von Pflanzen und Insekten der Maria Sibylla Merian (1647-1717) – ohne den Rückgriff auf historische Quellen ließe sich Artenvielfalt heute nur lückenhaft begreifen. Hier bietet die Georg-August-Universität Göttingen hervorragende Voraussetzungen für die wissenschaftliche Erschließung eines bisher vernachlässigten Themas: die Geschichte der Biodiversitätsforschung. Die Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek (SUB) verfügt in ihrer Handschriftenabteilung im historischen Bibliotheksgebäude in der Paulinerkirche über nahezu alle relevanten Werke, die sich vor 1800 der Erfassung der Artenvielfalt gewidmet hatten, und bietet damit exzellente Bedingungen für die Analyse der Arbeiten früher Naturforscher. Von immer größerem Wert sind dabei alte Berichte und Sammlungen aus Regionen, die der Mensch inzwischen so umgestaltet hat, dass nur über sie noch Hinweise auf die ursprüngliche Flora und Fauna zu gewinnen sind.

Riesenalk und Waldrapp

Die frühe Erfassung der Artenvielfalt

Rainer Willmann

Die tiefgehenden Verflechtungen des Menschen mit seiner natürlichen Umwelt haben von jeher das Interesse an der Biodiversität gefördert. Kenntnisse über die



Cynara Cardunculus
aus B. Besler, 1613

Vielfalt der Arten zu sammeln, gehört daher zu seinen ältesten Bestrebungen. Zu erfahren, was über die Arten in den verschiedenen Kulturen bekannt war, und die Anfänge der modernen Erfassung der Mannigfaltigkeit der Arten zu erforschen, führt uns den Umgang der Menschen mit der Natur und das Verhältnis zur Na-

tur vor Augen. Diese Vorstufen der modernen Biodiversitätsforschung hatten teils unmittelbar praxisbezogenen, teils akademischen Charakter; oft waren sie mit der Heilkunde gekoppelt. Mit Aristoteles' Darstellungen der Vielfalt der Tiere gibt es eindrucksvolle schriftliche Dokumente aus dem 4. Jahrhundert vor Christus. In ähnlicher Weise wie Aristoteles für die Zoologie wirkte sein Schüler Theophrast für die Botanik. Die Zahl der von Plinius genannten Pflanzenarten lag bereits bei etwa 1000. Im Mittelalter kam wirklich Neues zunächst vor allem durch Kenntnisse über Heilpflanzen hinzu, insbesondere durch Autoren arabischer Herkunft. Die arabischen Wissenschaften bewahrten auch die Werke römischer und griechischer Autoren einschließlich derer von Aristoteles; vor allem seine Überlegungen bildeten die Grundlagen der neueren Wissenschaft.

Albertus Magnus lehrte, dass die »sichtbare Welt ... des Menschen wegen geschaffen [ist], damit der Mensch durch die Be-

trachtung derselben zur Erkenntnis Gottes gelange«. Das heißt, die Natur spiegele das Göttliche wider, und letztendlich seien die Pflanzen und Tiere dem Menschen als der Krone der Schöpfung dienlich. Die Ablösung von solchen Vorstellungen war ein jahrhundertelanger Prozess. Noch im 19. Jahrhundert fragten Philosophen, worin der Sinn des Lebens und der Sinn alles Schönen in der Natur liege, wenn es keine Ausrichtung auf Gott gebe. Und so mischten sich zunächst akkurate Beschreibungen und Legenden.

Charakteristisch für das ausgehende Mittelalter ist die älteste deutsche Naturgeschichte, das um 1350 entstandene »Buch der Natur« von Konrad von Megenberg, bis in das 16. Jahrhundert eines der meistgelesenen deutschen Bücher. Es handelt sich großenteils um eine Zusammenstellung aus den Werken antiker Autoren, doch hat von Megenberg dem Buch eine durchaus persönliche Note gegeben, etwa indem er der von Plinius überlieferten Aussage über den Luchs, er könne durch Wände hindurchsehen, lapidar hinzufügte: »Das glaube ich nicht.« Andererseits war von Megenberg Legenden gegenüber aufgeschlossen. So heißt es bei ihm über das Einhorn: »Es ist sehr wild und böse, so dass kein Jäger mit Gewalt es fangen kann. Aber man fängt es, wie Iso-



Ornamental
angeordnete
Schlangen, 1734

dorus und Jacobus sagen, mit einer keuschen Jungfrau. Wenn man die alleine in dem Wald sitzen läßt und das Einhorn daher kommt, so legt es alle Grimmigkeit ab und verehrt die Reinheit des keuschen Leibes an der Jungfrau, legt seinen Kopf in ihren Schoß und schläft da ein. Dann fangen es die Jäger (...).« Beschreibungen der Lebensweise der Tiere führten zur Erkenntnis der Zusammenhänge in der Natur, zum Wissen, dass »jedes Geschöpf mit einem anderen verbunden [ist], und jedes Wesen wird durch ein anderes gehalten (...).« – Worte von Hildegard von Bingen (1098-1179), die man heute als ökologisches Denken bezeichnen würde.

Mit den großen Entdeckungsreisen wurde es zunehmend selbstverständlich, dass sich das Interesse an fernen Ländern auch auf die dortigen Tiere und Pflanzen erstreckte. Darstellungen mit dem Ziel, die ganze Vielfalt der Organismen wissenschaftlich zu erfassen, erlebten im 16. und frü-

hen 17. Jahrhundert eine bemerkenswerte Blüte. Ein Beispiel ist die monumentale »Historia animalium« von Conrad Gesner, einem Schweizer Arzt und Naturforscher; insgesamt fünf Foliobände mit 4500 Seiten Umfang, erschienen zwischen 1551 und 1558. Ulysse Aldrovandi (1522-

1605) publizierte einige Jahrzehnte später in Italien unter dem gleichen Titel ein noch umfangreicheres Werk (elf Foliobände, mit über 7000 Seiten), dessen Abbildungen und Beschreibungen, wie man in der Göttinger Universitätsbibliothek nachvollziehen kann, noch wenig akkurat waren.



Maus-Zwergbeutelratten
mit Jungen, 1734



Albertus Seba

(red.) Mit Unterstützung der Göttinger Universitätsbibliothek wurde im Oktober 2001 von Wissenschaftlern des Göttinger Instituts für Zoologie und einem Mitarbeiter aus der Botanik das nahezu vergessene, für die historische Biodiversitätsforschung aber unschätzbare Monumentalwerk »Locupletissimi rerum naturalium thesauri« des Amsterdamer Apothekers Albertus Seba (1665 - 1737) neu herausgegeben. Der Anstoß für die Neuherausgabe des »Thesaurus« kam aus der Verlagswelt: Der Taschen-Verlag war an dem Werk aus dem 18. Jahrhundert mit seinen 449 überformatigen Bildtafeln interessiert. Die Original-Bildunterschriften von Seba, in latein-französisch oder latein-holländisch abgefasst, sollten durch aktuelle Texte ersetzt werden. In nur wenigen Monaten, von Februar 2001 bis zur Drucklegung im Frühsommer 2001, hat die Arbeitsgruppe um den Göttinger Zoologen Prof. Dr. Rainer Willmann einen Großteil der Tiere und Pflanzen nach dem Stand der heutigen Forschung identifiziert. Für die Neuauflage mussten die Arbeiten in einem vorläufigen Stadium abgeschlossen werden, für die weitere wissenschaftliche Auswertung gibt es noch eine Fülle von Material und viele offene Fragen. Die Arbeitsgruppe wird das Projekt weiterführen und ausbauen und möchte damit den Wissenschaftszweig der historischen Biodiversitätsforschung an der Universität Göttingen etablieren.

Albertus Seba kam am 12. Mai 1665 im ostfriesischen Etzel zur Welt. In seiner Kinderzeit genoss er große Freiheiten und durchströmte die Umgebung auf der Suche nach interessanten Feuersteinen, Kieseln, Muscheln und Krebsen. Der begabte Junge fiel seinem Lehrer auf, der ihn mit ersten Lateinstunden förderte. Doch erst mit Mitte zwanzig bekam Seba die Gelegenheit, im nahe gelegenen Neustadtgödens eine Ausbildung zum Apotheker zu beginnen, die ihn ins

niederländische Groningen und nach Amsterdam führte. Nach der dreijährigen Lehrzeit folgten drei Jahre als Geselle in Nürnberg, Straßburg und Amsterdam, wo er 1697 sein Examen ablegte und sich niederließ. 1700 kaufte er ein Haus und gründete »De Deutise Apotheek«. Albertus Seba nutzte die Hafenstadt Amsterdam für seine florierenden Geschäfte ebenso wie für seine naturkundlichen Studien und die Befriedigung seiner Sammelleidenschaft. Er versorgte die Besatzungen der einlaufenden Schiffe mit Medikamenten und ärztlichen Dienstleistungen. Statt sich dafür mit Geld bezahlen zu lassen, akzeptierte er auch exotische Tiere oder Heilkräuter, die die Matrosen von ihren Fahrten mitbrachten. Mit seinen guten Verbindungen zu den Amsterdamer Kaufleuten gelang es Seba, die Apotheke zu einem Großhandel für Arzneimittel auszubauen: Er beauftragte den Ankauf von Heilpflanzen von Übersee, die er in Amsterdam weiterverarbeitete und im nördlichen Europa bis nach Russland mit Gewinn verkaufte. Aus dem ostfriesischen Jungen wurde in Amsterdam ein wohlhabender Geschäftsmann, leidenschaftlicher Sammler und ambitionierter Naturforscher.

Innerhalb kurzer Zeit legte Albertus Seba eine große Sammlung an seltenen Tieren, Pflanzen und Mineralien an. Das Naturalienkabinett erregte die Aufmerksamkeit des russischen Zaren, Peter des Großen, als dieser in Amsterdam weilte. Für die Summe von 15.000 Gulden kaufte er Seba seine Schätze ab und ließ sie nach St. Petersburg bringen. Noch heute sind Teile der Sammlung in der Eremitage erhalten. In Amsterdam, der damaligen Metropole des Überseehandels, gelang es dem Apotheker schnell, eine neue, noch spektakulärere Sammlung an Muscheln, Schnecken, Schlangen, Fischen, Krestieren, Vögeln und Pflanzen in einem weitaus größeren Umfang zusammenzutragen. Diese

Sammlung zerstreute sich nach Sebas Tod im Jahre 1736.

Ab 1731 bereitete Albertus Seba die Herausgabe seines umfassenden Nachschlagewerkes vor und beauftragte Zeichner, Kupferstecher und »Schönschreiber« mit der Dokumentation der Objekte. Sein im höchsten Maße ungewöhnliches Buchprojekt stellt einen Höhepunkt bei der Dokumentation der organischen Vielfalt seiner Epoche dar. 1734 und 1735 konnte Seba die ersten beiden Bände mit Wirbeltieren und Pflanzen (erster Band) und Schlangen (zweiter Band) des »Locupletissimi rerum naturalium thesauri« herausgeben. Erst 28 Jahre nach dem Tod des Privatforschers, der am 2. Mai 1736 an den Nebenwirkungen einer Nierenkolik verstarb, gelang es, das Mammutprojekt abzuschließen. Seine Nachkommen realisierten 1764 und 1765 die Bände mit Meerestieren (überwiegend Fischen, Schnecken und Muscheln, dritter Band), ferner Insekten und Mineralien (vierter Band). Die präsentierte Artenfülle ist gewaltig und bewegt sich in einer Größenordnung von mehreren Tausend Tier- und Pflanzendarstellungen. Wie viele Exemplare tatsächlich gedruckt wurden, ist heute nicht mehr festzustellen. Fest steht, dass für vermögende Käufer jeweils wenige der ledergebundenen 48 mal 32 Zentimeter großen Folianten handkoloriert wurden. Nach Recherchen des Taschen-Verlages konnten weltweit zwölf handkolorierte Exemplare nachgewiesen werden, von denen die Göttinger Universitätsbibliothek eines besitzt. Alle vier Bände gehören zu ihren frühen Kernbeständen und sind heute in der Handschriftenabteilung im historischen Bibliotheksgebäude Paulinerkirche zugänglich. Für die Faksimileausgabe wurde allerdings nicht das Göttinger Exemplar, sondern die Ausgabe der Königlichen Bibliothek in Den Haag verwendet.



Fig. 3

Fig. 4

Fig. 5



Ornamental
angeordnete
Schlangen, 1734

Zunehmend kamen jedoch Tiere aus aller Herren Länder lebend nach Europa; es entstanden Menagerien und Zoologische Gärten, so wie Botanische Gärten schon seit dem 13. Jahrhundert als Lehrgärten gegründet worden waren. Damit entstanden wichtige Quellen für gute wissenschaftliche Darstellungen. Ein Ergebnis dieser Zeit war auch die weite Verbreitung von Kuriositätenkabinetten, und seit dem 15. Jahrhundert legte man Herbarien an. Manche »Wunderkammern« hatten schon bald den Status guter naturkundlicher Sammlungen. Neben königlichen oder fürstlichen Kabinetten gab es hervorragende Privatsammlungen. Unter diesen sind die des Apothekers Albertus Seba in Amsterdam (1665-1736) und die des wohlhabenden Arztes und Naturforschers Sir Hans Sloane in London (1660-1753) hervorzuheben. Die Sloane-Sammlung wurde schon zu seinen Lebzeiten von vielen Menschen besucht und zum Grundstein des Britischen Museums (heute British Museum in Bloomsbury und Natural History Museum in South Kensington).

Anders das Naturalienkabinetten von Albertus Seba. Seba, aus Ostfriesland stammend, hatte viele Sammlungsstücke von Amsterdamer Seeleuten erworben. Eine erste umfangreiche Kollektion verkaufte er an Zar Peter den Großen, seine zweite wurde nach seinem Tod in alle Winde zerstreut – Schicksal vieler berühmter Sammlungen jener Zeit. Aber diese Naturaliensammlungen wurden dennoch zu einem der Fundamente der empirischen Naturforschung. Sebas Sammlung überspannte fast das gesamte Tierreich und enthielt zahlreiche Pflanzen, darüber hinaus Fossilien und Mineralien aus allen Teilen der damals bekannten Welt. Er stellte sie in Katalogen von Naturalienkabinetten dar, und dies gipfelte ab 1734 in dem vierbändigen Opus »Locupletissimi rerum naturalium thesauri«, das erst 1765 – nach Sebas Tod – abgeschlossen wurde.

Seba wollte Einzigartiges schaffen – und seinen Namen als Wissenschaftler festigen. In der Tat war sein Werk höchst ungewöhnlich: Kein Verlag sah sich in der La-

ge, das Opus allein zu drucken und zu finanzieren, der technische Aufwand war zu groß. Die präsentierte Artenfülle ist gewaltig: die organismische Vielfalt und auch die der Fossilien waren nahezu einmalig. Für vermögende Käufer wurden einige wenige Exemplare handkoloriert. Die Göttinger Universitätsbibliothek besitzt eines der wenigen dieser Exemplare, und daher konnte eine Neuherausgabe dieses nahezu vergessenen Monumentalwerkes von Göttinger Wissenschaftlern mitbetret werden.

Die Epoche einer vergleichsweise oberflächlichen Kenntnis der biologischen Vielfalt war zu Sebas Zeit längst übergegangen in eine Phase intensiver anatomischer und morphologischer Untersuchungen. So nutzte Seba auch die Ähnlichkeitsbeziehungen zwischen den Organismen für den Aufbau seines Werkes, und nicht selten findet man schwer zu erkennende Beziehungen »richtig« dargestellt. Aber Zuordnungen konnten auch misslingen: Einige Muränen nennt Seba »Meeresschlangen«. Ohnehin stellt der Thesaurus die biologische Vielfalt anders dar als wir es heute kennen: Verwandtschaftsbeziehungen spielten in der Präsentation keine Rolle, erst Charles Darwin entwickelte im 19. Jahrhundert das Fundament für ein solches System. Viele Tafeln Sebas zeigen daher eine bunte Vielfalt von Organismen. Ein Grund: Es ging Seba auch – und aufgrund der Arrangements hat man bisweilen den Eindruck: vorrangig – um ansprechende Illustrationen.

Seba ging in seinen Darstellungen auf die Lebensweise der Tiere ein. So ist das damals noch kaum bekannte Opossum mit seinen Jungen auf dem Rücken lebensnah dargestellt. Gleich mehrfach wird gezeigt, dass die Beuteltiere ihre Jungen in einem Brutbeutel auf der Bauchseite heranwachsen lassen, was damals nur Spezialisten bekannt

war. In anderen Fällen hat das Bemühen, Tiere in Szene zu setzen, aber zu skurrilen Abbildungen geführt – eine Folge des Unterfangens, in Alkohol eingelegte Objekte wieder »zum Leben zu erwecken«. Einige der im Thesaurus dargestellten Organismen sind Kuriositäten und Abnormitäten, die zur damaligen Zeit auf besonderes Interesse stießen, wie Siamesische Zwillinge von Hirschen und Ziegen. Zu den Kuriositäten gehört auch eine siebenköpfige »Hydra«. Seba schreibt, er habe die Darstellung eines Exemplares aus einer Hamburger Sammlung als Kopie in sein Werk aufgenommen. Anfangs zweifelte er noch an der Echtheit und schrieb daher an einen »in der Naturgeschichte sehr neugierigen« Freund, der mit eigenen Augen die Hydra gesehen haben sollte. Dieser versicherte, »dass sie überhaupt nicht das Werk der Kunst, sondern wahrhaftig das der Natur sei«. Seba war danach von der Echtheit überzeugt. Und wenn es so eigenartige Kreaturen gab wie kleine Drachen, eidechsenähnlich, mit einer Flughaut zwischen den verlängerten Rippen (*Draco*, ca. 16 Arten) – warum dann nicht auch eine Hydra? Seba bildete beide auf ein und derselben Tafel ab.

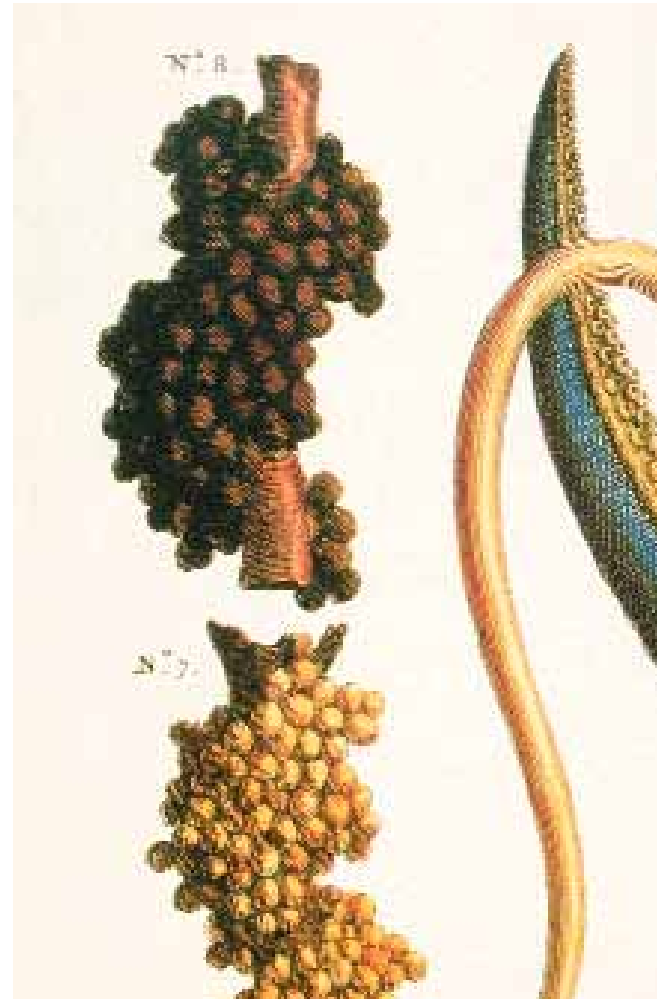
Zugleich war Seba durchaus kritisch und ließ sich von Legenden nicht ohne weiteres beeindrucken. Ein Beispiel: Von der Weltumseglung des portugiesischen Seefahrers Magellan waren 1519 prächtige Bälge von Paradiesvögeln mitgebracht worden. Das Merkwürdige: Sie schienen weder Knochen noch Füße zu haben. Einige Forscher meinten daraufhin, dass die Paradiesvögel ihr Leben lang fliegen müssten, ja sogar, dass sie fliegend ihre Jungen ausbrüteten und dass sie die Eier auf dem Rücken trügen. Zwar widersprach der Naturkundler der Magellan-Expedition und erklärte, dass es auf den Molukken üblich sei, Vogelbälge in dieser Weise zu präparieren, doch die

Legende setzte sich durch. Die Vorstellungen hielten sich auch dann noch hartnäckig, als Carolus Clusius, Professor in Leiden, um 1600 die Skelettstruktur der Paradiesvögel nachwies. Seba stellte, davon unbeeindruckt, *Paradisaea apoda* völlig korrekt mit Beinen dar.

Sebas gigantisches Werk ist eines der letzten, in denen die Arten noch nicht nach den heutigen wissenschaftlichen Regeln beschrieben wurden. Die Grundlagen dafür wurden von Carl von Linné (1707-1778) geschaffen, neben dem Franzosen Georges Louis Leclerc Graf von Buffon (1707-1788) der größte Biologe des 18. Jahrhunderts. Mit Linné begannen die umfassenden Ansätze zur Beschreibung der belebten Natur überhaupt. Doch Seba behielt zunächst seine Bedeutung. Linné zitiert ihn 1758 in einem seiner Hauptwerke rund dreihundert Mal. Linné folgten Laurenti (1768), Johann Georg Gmelin (1709-1755), der Göttinger Professor Johann Friedrich Blumenbach (1752-1840), der insbesondere die vergleichende Anatomie förderte, Fabricius und viele andere. Viele Naturforscher ließen sich von Reiseberichten und naturkundlichen Büchern inspirieren, und die Sammlungen und die monumentalen naturkundlichen Veröffentlichungen waren Anreiz, hervorragende Wissenschaftler auf Expeditionsreisen mitzuschicken, darunter auch die von James Cook.

Zugleich gab es einen grundsätzlichen Umbruch in der Erforschung der Biodiversität. Während frühere Sammlungen auf privater Initiative erfolgt waren, wurden ab Mitte des 18. Jahrhunderts die durch sie initiierten Museen Ausgangspunkt vieler Forschungs Expeditionen. Diese und weitere neu gegründete Museen entwickelten sich zu offiziellen Verwaltern der Artenvielfalt: In Paris entstanden große naturkundliche Sammlungen, ab 1794

als *Muséum national d'Histoire naturelle* institutionalisiert. Sebas erste Sammlungen gingen nach St. Petersburg. Sloanes enorme Kollektionen hatten 1759 zur Gründung des Britischen Museums geführt. 1720 ordnete Au-



Die siebenköpfige Hydra, die es nie gab; darüber ein nicht minder wundersames Drachentier, das tatsächlich mit mehreren Arten existiert, 1734

gust der Starke die Reorganisation seiner Sammlungen an, womit das Dresdener Museum für Tierkunde ins Leben gerufen wurde. In Österreich kaufte Kaiser Franz I. 1748 Johann von Baillous privates Naturalienkabinett auf und gründete damit die Wiener Naturaliensammlung. Ab 1751 legte Caroline Luise von Baden in Karlsruhe den Grundstock des dortigen Staatlichen Museums für Naturkunde, und 1791 entstand als selbstständiges Naturalienkabinett das heutige Naturkundemuseum in Stuttgart. Die Naturkundlichen



Bildtafel mit Sepien,
1758

Sammlungen der Georgia Augusta mit Mineralien, Pflanzen und Tieren, Ethnografica, archäologischen Funden und der berühmten Blumenbachschen Schädelammlung entstanden ebenfalls im 18. Jahrhundert. Das Göttinger Zoologische Museum, als Abteilung des Königlichen Academischen Museums mit Johann Friedrich Blumenbach als seinem ersten Kurator, bekam 1793 ein eigenes Gebäude.

Die Werke von Linné legten – wie schon gesagt – das Fundament für eine biologische Systematik. Da Linné und seine unmittelbaren Nachfolger die ältere Literatur angemessen berücksichtigt hatten, verlor die wissenschaftliche Gemeinschaft mit Beginn des 19. Jahrhunderts mehr und mehr das Interesse an den Werken und Autoren vor ihm. Das ist in gewisser Weise fatal, denn die Linné'sche biologiehistorische Zäsur hat uns den Blick auf die Zeit davor weitgehend verstellt. Wenn wir uns heute im Rahmen einer Geschichte der Biodiversitätsforschung älteren Quellen zuwenden, stoßen wir auf Berichte über längst ausge-

storbene Tiere, so etwa in einem Bericht über die Insel Rodriguez mit ihren nur dort beheimateten Vögeln, heute sämtlich ausgerottet. Oder auf Abbildungen von Tieren, die seitdem niemand mehr zu Gesicht bekommen hat. Nur aus der Naturgeschichte von Conrad Gesner wissen wir, dass der Waldtrapp, lange als Phantasievogel aufgefasst, noch im 16. Jahrhundert auch nördlich der Alpen zu Hause war. Nur aus einem Zeitungsbericht von 1798 ist bekannt, dass der 1844 ausgerottete Riesenalk, von dem das Göttinger Zoologische Museum als eine seiner Kostbarkeiten ein Skelett besitzt, gelegentlich in die Ostsee gelangt war. Von immer größe-

rem Wert sind überdies alte Berichte und Sammlungen aus Regionen, die der Mensch inzwischen so umgestaltet hat, dass nur über sie noch Hinweise auf die ursprüngliche Flora und Fauna zu gewinnen sind. Eine umfassende Bearbeitung der frühen, vor Linné dargestellten Artenvielfalt ist also aktueller denn je und fehlt bedauerlicher Weise bis heute. Mitglieder der Zoologie in Göttingen nehmen sich zur Zeit dieser Aufgabe an und widmen zunächst dem Werk von Albertus Seba intensive Studien. ◀

Alle Abbildungen aus: Das Naturalienkabinett. Neue vollständige Ausgabe der kolorierten Tafeln. Taschen-Verlag, 2001



Prof. Dr. Rainer Willmann, Jahrgang 1950, ist seit 1993 Leiter der Abteilung Morphologie, Systematik und Evolutionsbiologie am Institut für Zoologie und Anthropologie und Direktor des Zoologischen Museums der Universität Göttingen. Seine wissenschaftlichen Arbeiten befassen sich in erster Linie mit der Stammesgeschichte der Gliederfüßer, der historischen Biogeographie, der evolutionären Ethologie von Pferden sowie mit Fragen zur theoretischen Biologie.

The work of the Swede Carolus Linnaeus (later Carl von Linné) marks the beginning of scientifically naming animal and plant species. However, many species were described before 1750, beginning with Hellenistic authors like Aristotle and Theophrastus. After 1500, collections of animals and plants became a stimulus of their own in exploring

species diversity. Due to the differential quality of the resulting publications it is often uncertain which species were really addressed by forerunners of Linné. One of the aims of the branch of biology which deals with the history of biodiversity research is to clarify such cases while also studying the relationship between early biological knowledge and its in-

fluence on philosophy and other fields. One of the major mid-18th century works describing and illustrating organismic diversity is the monumental four-volume cabinet of natural curiosities (»Thesaurus«) of Albertus Seba (1665-1736) which has now become available to a broad audience because of a re-publication in colour of the over 440 plates.

Ihre Tagungen und Seminare

abseits vom Alltag in einmaliger Waldlage.

65 Betten, 8 Seminarräume, Terrassen und Gärten

Bus direkt ab Bf. Göttingen in 20 Minuten

Nichtraucherhaus



Bildungs- und Tagungshaus
37130 Reinhausen bei Göttingen
Tele 055 92 fax 92 77-0 fax 92 77-77
info@waldschlösschen.org

Diversität bedeutet in der Biologie in einem weiteren Sinne die Mannigfaltigkeit des Lebens von der Ebene der Zelle über Physiologie und Ökologie der Organismen bis zur gesamten Biosphäre. Leben ist also durch Diversität charakterisiert; die Ökologie, die sich mit den Beziehungen der Or-

Lokale Diversität

Die lokale Diversität ist häufig hoch. Artenreichere Tiergruppen in terrestrischen Lebensräumen sind zum Beispiel unter den Kleinstlebewesen (Mikrofauna) Urtiere [Protozoa], Fadenwürmer [Nematoda], unter der Mesofauna Enchytraeidae, Raubmilben

fünf bis zehn Prozent der Arten aus der Region vertreten sind. Auch stärker anthropogen überformte Lebensräume wie die Agrarlandschaft oder Straßenrandbiotope können eine hohe Artendiversität haben.

Nahrungsnetz, Ökosystemfunktionen und Ökosystemdienste

Die »Biozönose« (Lebensgemeinschaft) in Lebensräumen besteht aus einer Ansammlung von Populationen. Diese können (müssen aber nicht) interagieren und treten zu Nahrungsnetzen zusammen. Die Aktivitäten der Biota (der Summe aller lebenden Organismen) in einem Nahrungsnetz, zu der neben den Pflanzen und Tieren auch die Mikroflora gehört, bedingen die Funktionen in einem Ökosystem. Zentrale Ökosystemprozesse in einem terrestrischen Nahrungsnetz sind Produktion (Primärproduktion, Sekundärproduktion), Zersetzung der toten organischen Substanz, Mineralisation von Nährelementen und Fraß an Pflanzen. Die Primärproduktion dient dem Aufbau und Erhalt von Biomasse. Stoffe und Energie werden in Nahrungsketten kaskadenartig weitergegeben; dadurch ist der Erhalt der Struktur des Systems möglich.

Es wird deutlich, dass die Lebenswelt in ihrer Diversität eine steuernde Wirkung auf Ökosystemfunktionen hat, zum Beispiel Mykorrhiza-Pilze auf das Pflanzenwachstum, Bestäuber auf den Samenanatz von Pflanzen, zersetzende Bodenmakrofauna auf die Humusbildung und die Stabilität der toten organischen Substanz. In langjährigen bodenbiologischen Forschungen wurde in unserer Arbeitsgruppe gezeigt, welche große Bedeutung Gruppen der Fauna (zum Beispiel Regenwürmer, Doppelfüßer, Hornmilben, Collembolen) für die Zersetzung des Bestandesabfalls haben. Das Zersettersystem ist die Drehscheibe der Stoffdynamik in terrestrischen Ökosystemen.

Ökosystemingenieur Regenwurm

Biodiversität und ihre ökologischen Funktionen

Matthias Schaefer

ganismen zu ihrer Umwelt beschäftigt, ist in ihrem Kern Diversitätsforschung. In einem engeren Sinne versteht man unter »Diversität« die Zahl der Arten (Artendiversität) in Lebensgemeinschaften, in Landschaften, in Großlebensräumen und auch in der gesamten Biosphäre. »Funktionelle Diversität« bezieht sich auf die Mannigfaltigkeit funktioneller Artengruppen oder »Gilden«, wobei eine Gilde wenig bis viele Arten umfassen kann. Eine wichtige Form der funktionellen Gruppen sind Ernährungstypen (»tro-

[Gamasina], Hornmilben [Oribatida], Springschwänze [Collembola], unter der Makrofauna (den größeren Tieren) Schnecken [Gastropoda], Spinnen [Araneida], Schnabelkerfe [Hemiptera], Käfer [Coleoptera], Hautflügler [Hymenoptera], Fliegen und Mücken [Diptera] und Schmetterlinge [Lepidoptera]. Man muss die Mannigfaltigkeit der Biologie und Ökologie all dieser und anderer Tiergruppen verstehen; ohne diesen Wissenshintergrund kann es keine ökologische Biodiversitätsforschung geben.



Regenwurm
als Systemingenieur
Fotos: M. Schaefer

phische Gruppen«), die Elemente der »trophischen Diversität« darstellen. Trophische Gruppen auf einem sehr generellen Niveau sind Pflanzen als Primärproduzenten, Pflanzenfresser (Phytophage), Fresser toter organischer Substanz (Saprophage), Bakterien- und Pilzfresser (Mikrophytophage) sowie Räuber und Parasiten (Zoophage).

Für naturnähere Lebensräume gilt, dass 2.000 und mehr Tierarten vorkommen können: dieses wurde in unserer Arbeitsgruppe für Wälder und andere Lebensräume demonstriert. Geht man davon aus, dass in der Region »Mitteleuropa« etwa 50.000 Tierarten vorkommen, lässt sich als grobe Regel formulieren, dass in der lokalen Gemeinschaft etwa

Es ist unschwer erkennbar, dass die genannten Ökosystemfunktionen wie Stoffproduktion, Zersetzung des Bestandesabfalls und Stabilität »Ökosystemdienste« (»Ecosystem Services«) für den Menschen darstellen, der die Produktionslandschaft (Agrarökosysteme und Wälder), aber auch naturnahe Landschaften in vielfältiger Weise nutzt.

Welche Beziehung gibt es zwischen Artendiversität und Ökosystemprozessen? Die Beantwortung dieser Frage ist nicht trivial. Die Diskussion wird kontrovers geführt. Dabei wird ein Hauptaugenmerk auf die Wirkung der Diversität der Pflanzen auf die Primärproduktion gelegt. Es sind aber weitere Ökosystemeigenschaften betroffen, die ich im Folgenden kategorisieren möchte. Es handelt sich um drei Kategorien von Eigenschaften:

(1) Im Kontext »funktionale Beziehungen zwischen Populationen« sind Mutualismen (Partnerschaften), Feinddruck und interspezifische Konkurrenz als direkte Wirkungen zu nennen. Unter den mutualistischen Beziehungen, an denen Tiere beteiligt sind, sind Blütenbestäubung und Samenverbreitung wichtig. Es gibt auch viele indirekte Wirkungen zwischen Populationen.

(2) Zu den »Komponenten der Stoffdynamik« gehören Biomasse, Produktion, Produktivität, Zersetzung, CO₂-Produktion, Mineralisation von Nährstoffen durch Heterotrophe (Lebewesen, die sich von organischen Stoffen ernähren), Aufnahme von Nährstof-



Zersetzt Abfälle und bildet Humus: Regenwurm

fen durch Autotrophe (Organismen, die mit Hilfe von Lichtenergie aus anorganischen Stoffen organische Stoffe aufbauen).

(3) Im Kontext »Stabilität des Systems« gibt es die Eigenschaften Persistenz und Konstanz (geringere Veränderungen über die Zeit), Resilienz (Maß für die Fähigkeit, nach Störung in den Ausgangszustand zurückzukehren) und Resistenz (Maß für den Widerstand gegen Veränderung des Systems bei Störung).

Diversität und Ökosystemfunktionen

Welche Bedeutung die Artenzahl der einzelnen Gruppen der Biota innerhalb der trophischen Ebenen oder der funktionellen Gruppen hat, ist Gegenstand einer zur Zeit anhaltenden Diskussion, auf die hier im Detail nicht eingegangen werden kann. Es gibt sechs Hypothesen für den Zusammenhang zwischen Diversität und Ökosystemfunktionen (Ökosystemprozessen):

(1) Neutralitätshypothese, Nullhypothese: Es besteht kein Zu-

sammenhang zwischen Diversität und Funktion.

(2) Nietenhypothese: Mit zunehmender Diversität nimmt die »Ausprägung« der Funktion zu.

(3) Redundanzhypothese: Mit zunehmender Diversität werden Funktionsabläufe zuerst positiv beeinflusst, weitere Arten (redundante Arten) führen nur zu geringem oder keinem weiteren Anstieg von »Funktion«.

(4) Hypothese der idiosynkratischen Relation: Der Zusammenhang zwischen Diversität und Funktion ist nicht vorhersagbar; es gibt essenzielle Arten (darunter auch Schlüsselarten und Ökosystemingenieure) und weitere Arten mit größerer positiver oder negativer Wirkung und redundante Arten.

(5) Zuverlässigkeitshypothese: Redundante Arten erhöhen bei kurzfristigen Störungen die Verlässlichkeit von Funktionen.

(6) Versicherungshypothese: Im jetzigen Systemzustand redundante Arten können bei Systemänderungen in der Zukunft Funktionen übernehmen und sicherstellen.



Rote Wegschnecke – Primärzersetzer in der Natur

Räuber mit Funktion:
Sackspinne



Die Neutralitätshypothese (1) trifft sicher nicht zu. Die Zuverlässigkeitshypothese (5) und vor allem die Versicherungshypothese (6) sind nicht testbar. Es geht im Folgenden um die Prüfung der Hypothesen (2), (3) und (4) - eine wichtige Aufgabe der heutigen Ökologie. Als methodische Instrumente scheiden theoretische Zugänge, Simulation mit Model-

len und Deskription von Situationen im Freiland aus. Den Zugang zur Analyse bieten einfache oder komplexe Experimente im Labor oder größer angelegte Freilandexperimente.

Dieser Herausforderung stellt sich die Abteilung Ökologie der Biologischen Fakultät an der Georg-August-Universität Göttingen in ihren Forschungsansätzen: Die

Analyse der Funktion der Diversität – vor allem in Wäldern, aber auch in Grasland und in landwirtschaftlichen Kulturen – wird in einem dreischichtigen Ansatz seit vielen Jahren untersucht: Erstens der Erfassung der Artenmannigfaltigkeit für viele Taxa, zweitens der Verknüpfung der Populationen zu einem »Nahrungsgewebe« (Nahrungsnetz) und drittens der Analyse von Ökosystemprozessen, wie Fraßdruck auf Pflanzen, Beteiligung der Fauna an der Zersetzung, Wirkung der Fauna auf Pflanzenwachstum, Bedeutung des Feinddrucks in Lebensgemeinschaften. Dabei wurde deutlich, dass ökologische Funktionen vor dem Hintergrund eines komplexen Nahrungsnetzes mit hohen Artendiversitäten in den funktionellen Gruppen ablaufen. So ist zum Beispiel eine Vielzahl von Arten an der Streuzersetzung beteiligt, Pflanzenfresser haben einen hochdiversen Feindkomplex.

Es gibt weitere wichtige Ergebnisse unserer Diversitätsforschung. Für die Stabilität terrestrischer Ökosysteme – sei es ein Wald oder ein Grasland – ist die Verschachtelung von Teilsystemen wichtig. So ist der oberirdische Teil der Fauna in der Vegetationsschicht mit dem unterirdischen Teil in Boden und Streu über viele Interaktionen verknüpft. Das Wurzelsystem von Pflanzen (die Rhizosphäre) enthält eine reichhaltige Fauna und Mikroflora, die das Pflanzenwachstum beeinflusst und im Austausch mit den übrigen Bereichen des Bodens steht. Regenwürmer und Ameisen sind so genannte Ökosystemingenieure, die in einer besonderen Weise durch ihre Bauten »hot spots« von Artendiversität und Stoffdynamik schaffen.

Weltweit wird an der Analyse der Relation Diversität - Funktion gearbeitet. Als umfassende Ansätze sind zum Beispiel das Ecotron-Experiment am Imperial College in London (England), das Gras-

Der Nationalpark Hainich – Urwald mitten in Deutschland

Im Westen Thüringens, unweit der Wartburg-Stadt Eisenach, liegt ein großes Waldgebiet, der Hainich, bedeckt v.a. mit Kalk-Buchenwäldern. Ende 1997 wurde hier auf einer Fläche von ca. 7600 Hektar der Nationalpark Hainich, Deutschland, ausgewiesen. Teilflächen waren seit mehreren Jahrzehnten weitgehend ungenutzt. Seit fünf Jahren nicht jagliche Nutzung der Laubwälder. Der Nationalpark Hainich weist daher heute die größte nutzungsfreie Laubwaldfläche Deutschlands auf. „Natur Natur sein lassen“ lautet die Devise. Der Schutz der natürlichen Waldentwicklung hat im Hainich Priorität. Bereits 84 % der Nationalparkfläche sind völlig nutzungsfrei. Der Hainich bietet damit einmalige Voraussetzungen dafür, natürliche Entwicklungsprozesse zu erforschen. Auf der Grundlage eines Forschungskonzeptes laufen hier seit Jahren die unterschiedlichsten Projekte, z.B. zum Kohlenstoffhaushalt unbewirtschafteter Waldflächen, der Ökologie artenreicher Mischbestände oder der Walddynamik ungenutzter Restände.

Mittlerweile liegen im Rahmen der Inventarisierung beeindruckende Ergebnisse vor, wie z.B. rund 1.800 Käferarten, mehr als 1.000 Pilzarten und eine vollständige Waldinventur. Die Nationalparkverwaltung gibt jährlich einen Artenbericht sowie einen Forschungsbericht heraus, der im Internet unter www.nationalpark-hainich.de als Download zu finden ist. Diese Internetseite bietet darüber hinaus eine Fülle weiterer Informationen sowie Bilder aus dem Nationalpark.

Interessanten an wissenschaftlichen Arbeiten im Nationalpark Hainich wenden sich an die Nationalparkverwaltung (Hof der Marktkirche 9, 99941/Bad Langensalza, np_hainich@forst.thueringen.de).

Auch ohne wissenschaftliche Ambitionen ist der Nationalpark mit seinen Wanderwegen, gut ausgestatteten Infostellen und einem reichen kulturellen Umfeld immer ein lohnendes Ausflugsziel. Der Hainich erwartet Sie!



land-Experiment in Cedar Creek (USA) oder das BIODEPTH-Experiment in Europa zu nennen. Aus allen diesen Studien wird deutlich, dass Systemfunktionen von der Artendiversität abhängen. Es gibt also viele Beispiele für eine deutliche Wirkung der Diversität, die Effekte sind aber auch häufig »idiosynkratisch«, das heißt sehr stark artspezifisch, und viele Belege sprechen für Redundanz.

Ein bisher in der Debatte vernachlässigter Aspekt ist der Typ des betrachteten Ökosystems. Es kann verschiedenen Landschaften angehören: einer höchst diversen Urlandschaft, einer »normalen« Naturlandschaft, einer gestörten, überprägten Naturlandschaft, einer naturnahen Kulturlandschaft, einer Agrarlandschaft, einer Siedlungslandschaft oder Formen vom Menschen komponierter Natur. In Systemen mit inkompletter Ausstattung wie Kulturfeldern oder in Habitatfragmenten kann ein Anstieg der taxonomischen Diversität eher stabilitäts- und prozessfördernd sein und zu einer engeren Beziehung zwischen Diversität und Funktion führen als in naturnäheren Bereichen. Dies zeigten unsere Studien in extensiv bewirtschafteten Kulturfeldern. So gab es auf Weizen- und Rapsfeldern eine höhere Arten- und Individuenzahl von Zersettern (Doppelfüßer, Collembolen), was mit einer Zunahme der Stickstoff- und Kohlenstoff-Mineralisation verknüpft war.

Als Resümee ergibt sich die vorsichtige Einschätzung, dass in Ökosystemen Artendiversität für Funktionen eine große Bedeutung hat, dass dabei aber eine gewisse Redundanz besteht, dass die spezifische Wirkung von Arten oder Artengruppen berücksichtigt werden muss und dass vor allem Schlüsselarten und »Ökosystemingenieure« eine dominierende Wirkung haben können. Es trifft also wohl eine Mischung aus Nieten-, Redundanz- und Idiosynkra-



Streu-
schicht im
Kalkbuchenwald

sie-Hypothese zu; davon sind die Zuverlässigkeitshypothese und Versicherungshypothese nicht berührt, die im Prinzip von vornherein gelten. Darüber hinaus gibt es auch viele nicht-ökologische Argumente: ethische, ökonomische,

ästhetische und wissenschaftliche für die Bewahrung der Vielfalt. Weil dies so ist, muss mit Vehemenz der Erhalt der biologischen Vielfalt gefordert werden, die in den kommenden Jahrzehnten massiv bedroht ist. ◀



Prof. Dr. Matthias Schaefer, Jahrgang 1942, studierte Zoologie, Botanik, Chemie und Slawistik an der Universität Kiel, wo er 1969 promoviert wurde und sich 1975 habilitierte. 1977 wurde er an das II. Zoologische Institut der Universität Göttingen berufen und übernahm dort 1986 den Lehrstuhl für Ökologie. Seine wissenschaftlichen Arbeitsgebiete liegen in der Waldökosystemforschung, der Bedeutung der Bodenfauna für Prozesse im Boden, der Untersuchung von Nahrungsnetzen sowie in der Ökologie der Kultur- und Siedlungslandschaften. Prof. Schaefer war Chefredakteur der Zeitschrift Oecologia von 1989 bis 2001.

The animal communities of terrestrial habitats are diverse. Often there are more than 2.000 species present, i.e. 5 to 10 percent of the regional species pool in Central Europe. A food web mirrors functional relationships in the system. Ecosystem functions are related to maintenance of the biotic structure (by predatory and mutualistic interactions such as pollination), material cycling (biomass, production, productivity, decomposition, respiration, mineralization of nutrients, utilization of nutrients by plants) and components of stabili-

ty (persistence, resilience, resistance). Diversity is correlated with these functions, however, there are many cases of redundancy and idiosyncratic reactions. The debate about diversity and function should take into account microsystems, the hierarchical organization of ecosystems and the type of habitat (natural landscape, disturbed natural landscape or cultural landscape). In systems with higher degrees of disturbance (e.g. in agrarian habitats) there might be a positive relationship between species diversity and ecosystem processes.