©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.

Osnabrücker Naturwissenschaftliche Mitteilungen
Band 37, S. 141 – 160, 2011

Geschichte und Bedeutung von Herbarien

Herbert Hurka und Barbara Neuffer

Kurzfassung: Die Geschichte der Herbarien reicht bis in die Mitte des 16. Jahrhunderts zurück. Insgesamt hat man aus dem Zeitraum von ca. 1550 bis 1600 von etwa 20 Herbarien Kunde. Im 17. und 18. Jahrhundert stieg die Zahl der Herbarien rasch an, und heute gibt es weltweit etwa 2700 aktive Herbarien, in denen ungefähr 360 Millionen Pflanzenbelege archiviert und dokumentiert sind. Standen zunächst Systematik und Taxonomie im Vordergrund des Interesses, so kam später die weltweite Erfassung der pflanzlichen Biodiversität hinzu. Im Verlaufe des 20. Jahrhunderts rückten zunehmend auch ökologische Fragestellungen in den Mittelpunkt, und die Herbarien sind heute wichtige Dokumentationszentren der Florenveränderungen der vergangenen 400 bis 500 Jahre. In den 1990er Jahren entdeckte man, dass auch aus herbarisierten Pflanzen informative DNA gewonnen werden kann. Dies hat den Herbarien eine neue Bedeutung als ein DNA - Archiv ungeahnten Ausmaßes gegeben. Moderne Disziplinen wie die molekulare Systematik und molekulare Biogeographie oder auch das DNA Barcoding wären ohne Herbarien nicht möglich. Somit sind Herbarien für viele biologische Disziplinen das Rückgrat der Forschung. Sie dokumentieren die pflanzliche Biodiversität und ihre Dynamik in Raum und Zeit und sind einzigartige DNA Archive. Wichtige Zukunftsaufgaben und Perspektiven sind eine internetfähige Digitalisierung ihrer Bestände und moderne Informationstechnologien. Beides sind wichtige Instrumente für eine effiziente Biodiversitätsforschung.

Abstract: The history of herbaria dates back to the middle of the 16th century. About 20 herbaria are known for the time period 1550 to 1600. From the 17th century onwards, number of herbaria increased continuously, and today about 2700 active herbaria are registered worldwide, which, in total, house ca. 360 million herbarium sheets. In the beginning, main purpose of herbaria was plant taxonomy and the seek for a natural system followed later by the documentation of global plant biodiversity as a further important issue. During the 20th century, ecological questions began to move into centre, too, since herbaria document biodiversity change during the last 400 to 500 years. A milestone was the discovery in the 1990ies that informative DNA can be extracted from herbarium specimens, adding a new dimension to the meaning of herbaria, that is their role as huge DNA archives. The rise of modern disciplines like molecular systematics and molecular biogeography or DNA barcoding heavily depend on herbarium specimens. Thus, for many fields in biology herbaria are of increasing importance. They document plant biodiversity in space and time, and are unique DNA archives. Future tasks and prospects include digitalization of their housed specimens to be presented in the internet, and implementation of modern information technologies. These are important tools for an efficient biodiversity research.

Key words: History of herbaria, natural system, biodiversity research, DNA archives, molecular systematics, DNA barcoding

Autoren:
Prof. Dr. Herbert Hurka und apl. Prof. Dr. Barbara Neuffer, Universität Osnabrück, Abteilung Botanik, Barbarastr. 11, 49076 Osnabrück

©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.

1. Von den Anfängen bis zur Institutionalisierung der Herbarien im 19. Jahrhundert

Die Geschichte der Herbarien nachzuvollziehen, ist nicht ganz einfach. Viele Angaben, sowohl im Internet als auch in der Fachliteratur, sind schlecht recherchiert und daher unpräzise, widersprüchlich und manchmal auch falsch. Wir beziehen uns in diesem kurzen Abriss im wesentlichen auf Stafleu 1987, Mägdefrau 1992 und Jahn 2004 sowie auf eigene Recherchen unter Angabe der benutzten Quellen.

1.1 Erste Herbarien in der zweiten Hälfte des 16. Jahrhunderts

Der große römische Enzyklopädist Gaius Plinius Secundus der Ältere (23 – 79 n. Chr.) bezeichnete einen Botaniker auch als einen „Herbarius", von lat. Herba = Kraut. Daraus leitet sich das Wort Herbarium ab. Als Herbarium wurden zunächst Kräuterbücher über Medizin- und Heilpflanzen bezeichnet, zum Beispiel Otto Brunfels 1530: „Herbarum Vivae Eicones" (Bilder lebender Pflanzen), zwei Jahre später in deutscher Sprache unter dem Titel „Contrafayt Kreuterbuch" erschienen. Bedeutende weitere Kräuterbücher neben Otto Brunfels sind die Werke von Hieronymus Bock 1539: „New Kräuterbuch von unterscheidt, würckung und namen der Kreutter, so in Teutschen landen wachsen" (mehrere Auflagen) und von Leonhart Fuchs 1542: „De historia stirpium commentari", 1543 in deutscher Sprache erschienen.

Heute verstehen wir unter einem Herbarium eine Sammlung von getrockneten und zwischen Papierbögen gepressten und aufbewahrten Pflanzen, die für wissenschaftliche Zwecke erstellt wird, etikettiert mit Sammeldatum und Fundortangaben, Sammler und Bestimmer. Als Herbar wird heute auch die Institution bezeichnet, die eine solche wissenschaftliche Sammlung aufbewahrt.

Herbarien konnten sich erst entwickeln, nachdem billiges Papier verfügbar war. Mit den Arabern (Mauren in Spanien) erreichte die Papierherstellung im 12. Jahrhundert Europa. Die ersten Papiermühlen Europas standen in Spanien, die früheste ist von 1100 in der Nähe von Valencia belegt. Von Spanien aus erreichte die Kenntnis der Papierherstellung Italien. Um 1275 wurde in den Bergregionen des Apennin in Fabriano, Provinz Ancona, der Grundtyp einer Papiermanufaktur geschaffen, die bis zu Beginn des 19. Jahrhunderts vorherrschte. Ab dieser Zeit wurden auch Wasserzeichen verwendet. In Nürnberg wurde 1390 die erste urkundlich belegte Papiermühle in Deutschland errichtet. Als Rohstoff diente damals „Hadern", eine Bezeichnung für Textilabfälle und Lumpen aus Lein, Flachs, Hanf und Baumwolle. Holz als nachwachsender Faserrohstoff für die Papierherstellung wurde erst 1840/44 von Friedrich Gottlob Keller aus Sachsen erschlossen. In England gelang wenige Jahre später die Herstellung von Zellstoff aus Holz (Angaben aus dem Informationsblatt „Die Geschichte des Papiers" des Gutenberg-Museums Mainz von 2006). Nachdem Johannes Gutenberg um 1450 die Buchdruckerkunst erfunden hatte, wurde auch die Nachfrage nach Papier immer größer. Die Zahl der Papiermühlen stieg rasch an, und erschwingliches Papier stand Ende des 15. Jahrhunderts und zu Beginn des 16. Jahrhunderts zur Verfügung. Es dauerte aber noch ein halbes Jahrhundert, bis Papier für die Herstellung von Herbarien genutzt wurde.

Die frühesten Herbarien wurden in der ersten Hälfte des 16. Jahrhunderts mit der Gründung von Botanischen Gärten in Mittelitalien angelegt. In Pisa wurde 1543 der erste universitäre Botanische Garten Europas begründet, und ein Jahr später wurde Luca Ghini aus Bologna als Professor für Botanik nach Pisa berufen. Er gilt als der Begründer der wissenschaftlichen Herbarien, obwohl er wahrscheinlich selbst kein Herbar anlegte. Es waren seine Schüler, von denen die ältesten bekannten Herbarien stammen, das früheste

©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.

um 1545 von Michele Merini, einem botanischen Laien (Priester in Lucca), der bei Luca Ghini Vorlesungen mit Demonstrationen im Botanischen Garten Pisa hörte. Es enthält 201 Pflanzen, die im Botanischen Garten in Pisa gesammelt wurden, und befindet sich heute in Florenz (FI).

Diese ersten Herbarien bezeichnete man als „Herbarium vivum", „Hortus hiemalis" (Wintergarten, da man die Pflanzen auch im Winter anschauen konnte) oder auch „Hortus siccus" (Trockengarten), wohl um sie von den Kräuterbüchern (ursprünglich als Herbarien bezeichnet) zu unterscheiden. Die Grenzen sind aber fließend, und die genannten Bezeichnungen waren noch lange in Gebrauch. Die früheste Verwendung des Wortes „Herbarium" im heutigen Sinn wird Conrad Gesner 1556 zugeschrieben.

In den ersten Herbarien waren die gepressten Pflanzen auf Papierbögen geklebt und die Bögen zu einem Buch gebunden. So schenkte zum Beispiel Caesalpinus (1519 – 1603) dem Florentiner Medici-Fürsten Cosimo I. ein „liber ex plantis agglutinatis" (Buch aus aufgeleimten Pflanzen). Aldrovandi (1522 – 1605), Schüler von Luca Ghina in Pisa und Begründer des Botanischen Gartens 1568 in Bologna, hatte ein Herbar von etwa 4000 Pflanzen aufgebaut, gebunden in 16 Bänden, das heute leider verschollen ist aber bis zur Mitte des 19. Jahrhunderts in Bologna offensichtlich noch vorhanden war. Zu erwähnen ist auch das Herbar von Leonhart Rauwolf (1535/40 – 1596) mit 513 Bögen, gesammelt auf seiner Reise in den Orient. Es befindet sich heute in Leiden (L).

Die ältesten deutschen Herbarien wurden von Hieronymus Harder (um 1523 – 1607), ab 1578 Lateinschulmeister in Ulm, und von Caspar Ratzenberger (Geburtsjahr unbekannt – 1603), einem Arzt in Naumburg, angelegt. Auch hier waren die Pflanzen mit Leim auf Papier geklebt und die Blätter zu Büchern gebunden. Harder erstellte von 1562 bis 1594 zehn Herbarien mit je 400 – 500 Pflanzen, die er an Sammler verkaufte. Über den Verbleib dieser Herbarien haben wir keine Angaben finden können. Von Ratzenberger sind zwei Herbarien bekannt; eines von 1592 in Kassel mit 746 Pflanzen in drei Bänden und eines in Gotha von 1598 mit 873 Pflanzen in vier Bänden. Das älteste Herbarblatt in Ratzenbergers Kasseler Herbar ist von 1556 datiert.

Insgesamt hat man aus dem Zeitraum 1540 – 1600, der Anfangszeit der wissenschaftlichen Herbarien, von etwa 20 Herbarien Kunde. Diese frühen Herbarien dienten vorwiegend als Abbildungsvorlagen für Kräuterbücher oder wurden im akademischen Unterricht verwendet.

1.2 Der Weg zum Natürlichen System der Pflanzen

Ziele und Aufgaben der Systematik sind (i) das Erfassen, Beschreiben und Identifizieren der Organismen sowie ein praktikables Identifikations- und Kommunikationssystem zu schaffen; (ii) verwandtschaftliche Zusammenhänge zu erkennen („Stammbaum des Lebens") und Informationsspeicher mit prädikativem Wert zu entwickeln („Natürliches System"); und (iii) die Genese der Biodiversität in Zeit und Raum zu verstehen und die Ursachen und Mechanismen des evolutiven Wandels zu erforschen. Die Klassifikation der Organismen kann nach vielen Gesichtspunkten erfolgen. Man kann a priori Merkmale auswählen und gemäß diesen Merkmalen die Organismen schematisch einteilen. Solche Systeme nennt man „künstliche Systeme". Im Gegensatz dazu steht das „natürliche System", das Gruppen mit möglichst weitgehender Merkmalsübereinstimmung schafft. In einem a posteriori Prozess werden dann die Merkmale gesucht, die mit anderen die beste Korrelation zeigen. Künstliche Systeme sind für Identifikationsbelange geeignet, zum Beispiel in Bestimmungsbüchern, während ein natürliches System Verwandtschafts- und Abstammungsgemeinschaften widerspiegeln kann und somit einen prädikativen Wert

©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.

besitzt. Das evolutionsbiologische Ziel der Systematik ist das natürliche System.

Die Entwicklung der Pflanzensystematik als moderne Wissenschaft ist immer mit der Entwicklung von Herbarien verknüpft gewesen. Auf dem Weg hin zu einem natürlichen System der Pflanzen sei auf einige bedeutende Wegbereiter und deren Leistungen eingegangen. Dies sind Kaspar Bauhin in Basel, John Ray in Black Notley/Essex in der Nähe von London, Joseph Pitton de Tournefort in Paris, Karl von Linné in Uppsala, Antoine Laurent de Jussieu in Paris, Robert Brown in London und August Pyramus de Candolle in Paris.

Mit dem Herbarium von Kaspar Bauhin (1541 – 1612) in Basel beginnt ein neuer Abschnitt in der Geschichte der Herbarien, die Bedeutung von Herbarien für die botanische Systematik und Taxonomie. Bauhin bemühte sich um eine allgemeine Übersicht aller bis dahin bekannten Pflanzenarten (etwa 6000) und beschrieb etwa 600 neue Arten. Seine Artbeschreibungen sind für die damalige Zeit äußerst präzise und beruhen auf genauem Studium der von ihm gesammelten Pflanzen, die im Herbarium hinterlegt sind. Eine Unterscheidung von genus und species wird konsequent durchgeführt. Noch in einem anderen Zusammenhang ist das Herbarium von Bauhin erwähnenswert. Während die Herbarien im 17. Jahrhundert fast alle noch private Sammlungen waren, zusammengetragen von einzelnen Botanikern, so hat Bauhin bereits Herbaraufsammlungen anderer Sammler in sein Herbar integriert (Stafleu 1987). Das Bauhin Herbarium mit ca. 2500 Belegen wird heute im Herbar der Universität Basel (BAS) aufbewahrt.

Einen bedeutenden Beitrag zum Ausbau des natürlichen Systems hat der englische Naturforscher John Ray (1628 – 1705) geleistet. Manche halten ihn für den einflussreichsten Systematiker des 17. Jahrhunderts überhaupt. Ray führte viele Sammelexkursionen in England und von 1663 – 1666 auf dem europäischen Kontinent durch und legte ein Herbarium an, das heute, soweit wir recherchieren konnten, im Passmore Edwards Museum Stratford/Essex (SRD) aufbewahrt wird. Er gehört zu den Pionieren, die damals die ersten Lokalfloren anfertigten, inspiriert von den Gründungen Botanischer Gärten und der Erstellung von Katalogen der in den Gärten und deren Umgebung wachsenden Pflanzen. So verfasste Ray 1660 eine Lokalflora von Cambridge und 1670 eine Regionalflora Englands. Ray korrespondierte mit zahlreichen englischen Gelehrten und hatte Zugang zu deren Sammlungen, so auch zum Herbarium von Hans Sloane (1660 – 1753) in London. Sloane sammelte nicht nur selbst, auch in fernen Ländern wie Jamaica, sondern engagierte auch viele für ihn tätige Sammler, zum Beispiel in Nordamerika, Indien und Japan. Zudem bekam Sloane auch Belege von anderen Herbariumsbesitzern. So stieg sein Herbar auf 120.000 Bogen an. Nach seinem Tode 1753 wurde das Sloane Herbar von der britischen Regierung gekauft und bildete die Grundlage der botanischen Sammlungen des Britischen Museums in London. Hier, im Britischen Museum (BM), befindet sich das Sloane Herbarium auch heute noch. Basierend auf seinem großen empirischen Wissen schuf John Ray neue Grundlagen für die botanische und zoologische Systematik. In seinem Werk„Methodus plantarum nova“ 1682 (Neufassung 1703) stellte er bis heute gültige Regeln für die Systematik auf. Diese Regeln, so zum Beispiel „darauf zu achten, dass verwandte Pflanzen nicht getrennt, unähnliche und einander fremde nicht vereinigt werden“ (zitiert nach Mägdefrau 1992: 50) kamen in seiner berühmten„Historia plantarum“ (1686 – 1704), in der Ray etwa 6100 Species auf 3000 Seiten beschrieb und gruppierte, voll zum Tragen. Seine Artdiagnosen folgen zwar dem Vorbild Bauhins, aber er führte zusätzliche Gattungscharakteristika ein und geht damit weit über Bauhin hinaus. Er schuf ein Klassifikationssystem, in dem die Organismen nach ihrer gesamten morphologischen Ähn-

©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.

lichkeit angeordnet werden, so dass „natürliche“ Gruppen entstehen, die auch Verwandtschaftsbeziehungen widerspiegeln können. Besondere Bedeutung beanspruchen Rays Ausführungen zum Artbegriff: „Pflanzen, die vom gleichen Samen abstammen und ihre Eigenart durch Aussaat weiter fortpflanzen, stimmen der Art nach überein.“ (zitiert nach Mägdefrau 1992: 51). Damit wird die Art implizit bereits als Fortpflanzungsgemeinschaft aufgefasst, und nicht mehr als rein logischer Terminus, Ansatzpunkt für eine Entwicklung hin zum heutigen Artverständnis. Weiterhin schließt John Rays Artdefinition Abänderungen, die ausschließlich auf Außeneinflüsse zurückgeführt werden können, als diagnostische Merkmale aus.

Trotz der außerordentlichen Verdienste von John Ray für die Entwicklung eines natürlichen Systems der Pflanzen war Joseph Pitton de Tournefort (1656 – 1708) mit seinen Hauptwerken wesentlich einflussreicher und wurde zum Vorbild für den jungen Linné. Auf vielen Reisen zunächst in Frankreich, Spanien, Portugal, Holland und England sammelte er ausgiebig, und diese Sammlungen bildeten den Grundstock seines Herbariums. Zusammen mit dem deutschen Arzt Andreas von Gundelsheimer und dem Zeichner Claude Aubriet unternahm er von 1700 bis 1702 eine Reise in den Orient, die ihn bis nach Tiflis führte. Dabei bestieg er auch den Ararat bis zur Schneegrenze. Von der Orientreise brachte Tournefort über 1300 Herbarbelege mit nach Paris. Viele Arten waren bisher unbekannt und wurden von ihm neu beschrieben. Die entsprechenden Typusexemplare befinden sich in seinem Herbar. Durch eigene Anschauung und mit Hilfe seines großen Herbars hatte sich Tournefort eine erstaunliche Formenkenntnis angeeignet. Diese Kenntnis war Grundlage und Ausgangsbasis seines Klassifikationssystems, in welchem der Bau der Blütenkrone als durchgängiges Ordnungsprinzip dient. Es ist niedergelegt in „Institutiones Rei Herbariae“ von 1700 und im Ergänzungsband „Corollarium“ von 1703. Das Ordnungssystem von Tournefort war bis zum Erscheinen von Linnés „Species Plantarum“ 1753 das erfolgreichste und weitest verbreitete Klassifikationssystem in der Botanik. Das Herbarium von Tournefort befindet sich in Paris (P), während das seines Begleiters Gundelsheimer nach dessen Tod 1715 zwischen Berlin (B) und München (M) aufgeteilt wurde, wo die Belege bis heute aufbewahrt werden.

Ein anderes, historisch bedeutendes Herbarium aus dem 17. Jahrhundert ist das Herbarium von Joachim Burser (1583 – 1639). Burser, geboren in Deutschland, wirkte ab 1625 als Professor für Medizin und Botanik in Dänemark. Sein noch als „Hortus Siccus“ firmierendes Herbarium umfasste 25 Bände und einen Supplementband. Während des Schwedisch-Dänischen Krieges von 1658 - 1660 gelangte es als Kriegsbeute nach Schweden und gehörte zunächst einem schwedischen „statssekreterare“, der es auf Bitte der Universität Uppsala der dortigen Universität überließ. Von den ursprünglich 25 Bänden sind 23 Bände sowie der Supplementband bis heute erhalten und werden im Herbar der Universität Uppsala (UPS) aufbewahrt. Die zwei fehlenden Bände wurden bei einem Feuer 1702 zerstört. Das Herbar von Joachim Burser, der „Hortus Siccus“, wurde von Linné bei seinen Arbeiten zu dem für die Systematik grundlegenden Werk „Species Plantarum“ von 1753 herangezogen und enthält 300 Linnésche Typusexemplare.

Für Linnés Arbeiten sind zwei weitere Herbarien von Bedeutung, das Clifford-Herbarium und Linnés eigenes Herbar. Der holländische Bankier George Clifford (1685 – 1760) besaß in der Nähe von Haarlem, in De Hartekamp (heute der „Linnaeushof“), einen besonders prächtigen Privatgarten mit exotischen Pflanzen und ein großes Privatherbar. Carl Linnaeus war zwischen 1735 und 1737 Leibarzt von Clifford und Kustos der botanischen Sammlungen. Er ordnete das Herbarium und entdeckte in

©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.

dem Herbarium viele noch unbekannte Pflanzen, die er in dem Prachtwerk „Hortus Cliffortianus" von 1737 neu beschrieb. Das Clifford-Herbarium wurde später von Sir Joseph Banks aus London, auf den wir noch zu sprechen kommen, erworben und befindet sich heute im Britischen Museum (BM). Es enthält ähnlich wie das Herbarium von Joachim Burser viele Typusexemplare.

Kommen wir zum Herbarium von Carl Linnaeus alias Karl von Linné (1707 – 1778) selbst, dem Begründer der modernen Systematik. Linné war seit 1741 Professor in Uppsala. Neben selbst gesammelten Belegen findet sich in seinem Herbar auch Material von anderen Botanikern, zum Beispiel Herbarbelege von J.G. Gmelin aus Sibirien und von Steller aus Kamtschatka. Viele Herbarbögen in Linnés Herbarium stammen von seinen Schülern, zum Beispiel von Forsskål aus Ägypten und der Arabischen Halbinsel, von Hasselquist aus dem Mittleren Osten, von Kalm aus Nordamerika, von Sparrmann aus Südafrika und von Thunberg aus Südafrika und Japan. Das Linné Herbarium umfasst 14300 Belege, darunter etwa 4000 Typus Exemplare für von ihm neu beschriebene Gattungen und Arten (Internet: The Linnean Society of London: Linnean Herbarium, Januar 2012). Dies macht unter anderem die große Bedeutung des Linné Herbariums aus (siehe hierzu Jarvis 2007). Das Linné Herbar ist unterdessen digitalisiert und online einsehbar. Linnés Herbar, seine sonstigen Sammlungen, seine Bibliothek, Manuskripte und Korrespondenz wurden nach dem Tod seines Sohnes 1783 von seiner Witwe an den englischen Botaniker James Edward Smith für 1000 Pfund Sterling verkauft. Die Universität Uppsala war am Nachlass Linnés nicht interessiert oder hatte kein Geld für den Ankauf. Das Herbar samt dem übrigen Nachlass wurde mit einem Segler nach London verschifft. Nachdem der König von Schweden von dem Verkauf erfahren hatte, ließ er den Segler mit einem Kriegsschiff verfolgen, um den Abtransport noch zu verhindern. Doch es war schon zu spät (Walker 1985, zitiert in Mägdefrau 1992). Smith nutzte das Linnésche Herbar für seine eigenen Publikationen (White 1999). Nach seinem Tode 1828 verkauften seine Erben den gesamten Nachlass einschließlich des Herbariums an die Linnean Society of London (LINN), wo der Linnésche Nachlass seit 1829 bis heute verwaltet wird. Auch in Uppsala (UPS) befinden sich noch Herbarbelege von Linné.

Fassen wir kurz zusammen. Kaspar Bauhin (1541 – 1612) hat als erster Arten durchgehend mit Diagnosen versehen, Gattungen aber nur benannt. John Ray (1628 – 1705) formulierte bis heute geltende Regeln für die Systematik und entwarf darauf aufbauend ein erstes „natürliches" System. Er war damit deutlich seiner Zeit voraus ebenso wie mit seinem Artbegriff. Auch Tournefort (1656 – 1708) wurde bereits aufgeführt. Sein bedeutender Beitrag zur Systematik war der konsequente Gebrauch von Gattungsdiagnosen. Linné (1707 – 1778) fasste nicht nur Art- und Gattungsdiagnosen wesentlich präziser als seine Vorgänger, sondern er gruppierte auch Gattungen zu Ordnungen („Ordines", entsprechen zum Teil den heutigen Familien), arbeitete aber deren Merkmale nicht heraus. Das berühmte Linnésche Sexual-Klassifikationssystem ist noch weitgehend ein künstliches System, aber auch Linné war auf der Suche nach dem natürlichen System, das das „Endziel der Botanik ist und sein wird" (zitiert nach Mägdefrau 1992: 72) und das er als eine „Notwendigkeit der Botanik" bezeichnete. A. L. Jussieu (1748 – 1836) großes Verdienst war es, durchgängige Ordnungsdiagnosen zu erstellen und 1789 ein erstes Pflanzensystem zu entwerfen, bei dem die „Pflanzengattungen nach natürlichen Ordnungen aufgestellt" waren (zitiert nach Jahn 2004: 243).

Kommen wir zu A. P. de Candolle (1778 – 1841). Er hat in der Zeit nach Linné für die Entwicklung des natürlichen Systems eine ganz besondere Bedeutung. De Candolle

©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.

betont, dass natürliche Gruppen sowohl durch Merkmale der Fortpflanzungsorgane wie Blüten und Früchte als auch der Vegetationsorgane wie zum Beispiel Blätter gekennzeichnet sind, und nicht nur durch einen der beiden Merkmalskomplexe. Weiterhin erkannte er die „Symmetrie", also die Stellung, Zahl und Deckung der einzelnen Pflanzenorgane als wichtigen Kriterienkatalog für die Aufdeckung von Verwandtschaftsverhältnissen, und führte hierzu, ebenso wie Robert Brown (1775 – 1858) in London, ontogenetische Untersuchungen durch. In seinem „Prodromus systematis naturalis regni vegetabilis", begonnen 1824 und abgeschlossen mit dem 17. Band 1874 von seinem Sohn, beschreibt er alle damals bekannten Arten und Gattungen und versieht sie mit Diagnosen. Während Linné in seiner „Species Plantarum" 1753 etwa 5000 Pflanzenarten beschreibt (in der Auflage von 1762 ca. 7300), sind es bei de Candolle über 5.100 Gattungen und ca. 59.000 Arten (nur Dicotyledonen, die Monocotyledonen wurden nicht mehr bear-

Tab. 1: Die größten Herbarien weltweit und in Deutschland. Angaben nach Index Herbariorum (IH), Internetrecherche im November 2011. In einigen Herbarien sind sowohl Kryptogamen (Pilze, Flechten, Algen, Moose, Farne) als auch Phanerogamen (Gymnospermen, Angiospermen) mitgezählt, in anderen nur Phanerogamen.

Ort (IH Akronym), Institution	Zahl der Belege (Schätzangaben)	Gründungsjahr
Weltweit		
Paris (P), Muséum National d'Histoire Naturelle	8,0 Millionen	1635
New York (NY), New York Botanical Garden	7,3 Millionen	1891
Sankt Petersburg (LE), V.L. Komarov Botanical Institut	7,1 Millionen	1823
London (K), Royal Botanic Gardens, Kew Herbarium	7 Millionen	1852
Genf (G), Swiss Conservatoire et Jardin Botaniques de la Ville de Genève	6 Millionen	1824
St. Louis (MO), Missouri Botanical Garden	5,8 Millionen	1859
London (BM), Natural History Museum	5,2 Millionen	1753
Wien (W), Naturhistorisches Museum	5 Millionen	1807
Harvard (GH), Harvard University, Cambridge, Massachusettes	5 Millionen	ca. 1860
Florenz (FI), Naturhistorisches Museum, Universität Florenz	5 Millionen	1842
Leiden (L) und Utrecht (U), National Herbarium der Niederlande, Leiden und Utrecht Branch	Leiden: 4 Millionen Utrecht: 0,9 Millionen	1829 1816
Montpellier (MPU), Universität Montpellier	4 Millionen	1809
In Deutschland		
Berlin (B), Botanischer Garten und Botanisches Museum, Freie Universität Berlin	3,5 Millionen	1815
München (M), Botanische Staatssammlungen	3 Millionen	1813
Jena (JE), Universität Jena	3 Millionen	1896
Hamburg (HBG), Universität Hamburg	1,4 Millionen	1879
Frankfurt (FR), Senckenberg Naturkundemuseum	1,2 Millionen	1817
Stuttgart (STU), Staatliches Museum für Naturkunde	1 Millionen	1791

©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.

beitet). Seine Diagnosen beruhen fast sämtlich auf eigenen Untersuchungen von Herbarexemplaren. De Candolles „Prodromus" Herbarium befindet sich in Genf (G) und bildete den Grundstock für das heute 6 Millionen Bogen umfassende Herbarium in Genf (siehe Tab. 1).

1.3 Begründung der Pflanzengeographie und Arealkunde

Im 17. und bis in das 19. Jahrhundert wurde die Kenntnis von Flora und Vegetation Europa-ferner Länder permanent erweitert, nicht zuletzt durch die koloniale Expansion europäischer Staaten. Die Botanischen Gärten wurden in dieser Zeit wichtige Einfuhrzentren exotischer Pflanzen nach Europa. Mit den lebenden gelangten in zunehmendem Maße auch herbarisierte Pflanzen in die Heimatländer. Eine erste Welle fremder Pflanzen kam bereits im 16. Jahrhundert über die Türkei aus dem Orient nach Europa, zum Beispiel die Tulpe, und die ersten Pflanzen aus Nordamerika wurden ebenfalls im 16. Jahrhundert und zu Beginn des 17. Jahrhunderts eingeführt.

1.3.1 Botanische Forschungsreisen im 17. Jahrhundert

Charles Plumier (1646 – 1704) bereiste mehrfach die Neue Welt und brachte Aufsammlungen insbesondere von nordamerikanischen Pflanzen nach Europa, die in Paris (P) im Herbar liegen. Engelbert Kämpfer (1651 – 1716), geb. in Lemgo, unternahm eine zehnjährige Forschungsreise von 1683 bis 1693 von Stockholm aus über Moskau, Astrakhan, das Kaspische Meer in das Reich der Safawiden, das damals auch den heutigen Iran einschloss, und weiter nach Ceylon (Sri Lanka) und Batavia (das heutige Jakarta). Schließlich verbrachte er 1690 bis 1692 in der Handelsniederlassung der Holländer bei Nagasaki. Ihm wurde sogar von den japanischen Behörden das Sammeln von Pflanzen erlaubt. Sein Reisebericht war in ganz Europa für lange Zeit eine wichtige Informationsquelle über Persien und Japan. Große Teile seines Nachlasses wurden von Hans Sloane in London, den wir oben schon erwähnt haben, aufgekauft und später in das Britische Museum überführt. Erwähnt als ein weiterer bedeutender Forschungsreisender aus dem 17. Jahrhundert sei noch Georg Eberhard Rumpf (Rumphius) (1627 – 1702). Er diente der Holländischen Ostindien Kompanie in Südostasien und verfasste das „Herbarium Amboinense", das erst posthum 1741 veröffentlicht wurde. Das fünfbändige Werk enthält einen Katalog der Pflanzen der Insel Amboina (Ambon), der Hauptinsel der Molukken, und ist das umfangreichste botanische Reisewerk jener Zeit.

1.3.2 Botanische Forschungsreisen im 18. Jahrhundert

Im 18. Jahrhundert erweiterte sich das botanische Wissen über außereuropäische Länder enorm. Nicolaus Joseph Baron von Jacquin (1727 – 1817) nahm 1754 – 1759 an der kaiserlichen Expedition zu den West-Indischen Inseln teil. Sein Herbarium wird in Wien (W) aufbewahrt. José Antonio Pavón (1754 – 1840) unternahm zusammen mit Hipólito Ruíz (1752 – 1816) von 1778 – 1787 eine Reise nach Peru und Chile (Material in Madrid MA). Die Flora Sibiriens wurde zum ersten Mal eingehend auf der Großen Kamtschatka Expedition von 1733 – 1743 erforscht. Johann Georg Gmelin (1709 – 1755) veröffentlichte die botanischen Ergebnisse dieser Unternehmung in vier Bänden, kurz als Flora Sibirica bezeichnet, wobei die Bände drei und vier erst nach seinem Tode herausgegeben wurden. Gmelin beschreibt ca. 1100 Pflanzen aus Sibirien. Sein bedeutendes Herbarium ist heute weit verstreut, der wahrscheinlich größte Teil befindet sich in London (BM), da Belege von Gmelin in das Pallas Herbarium integriert waren (siehe unten). Ein weiterer größerer Anteil an Belegen gelangte in das Linnésche Herbarium und ist heute ebenfalls in London (LINN) aufbewahrt. Einzelexemplare sind in vielen weiteren Herbarien zu

©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.

finden, während einige Belege zu bestimmten Taxa als verschollen gelten (Angaben von D.A. German, Altai Staats Universität von Barnaul, Sibirien, persönliche Mitteilung). Gmelin beschrieb nicht nur die Pflanzen, sondern berichtet auch detailliert über deren Verbreitung, Habitate und Ökologie. In ihm sehen daher viele einen Mitbegründer der Geobotanik und Pflanzengeographie. Etwas später unternahm Peter Simon Pallas (1740 – 1811) im Auftrag der Zarin Katharina der Großen zwei Expeditionen, die erste von 1768 – 1774 vom mittleren Ural über Westsibirien und das Altai Gebirge bis zum Baikalsee. Als Ergebnis verfasste er eine erste, naturgemäß noch ziemlich unvollständige Flora Rossica in zwei Bänden (1774 – 1788). Eine zweite Exkursion führte Pallas 1793 - 1794 durch das südliche russische Reich zur Krim. Sein umfangreiches Herbarium, in dem sich auch Belege von Gmelin und Steller befanden, gelangte durch Verkauf nach London. Hier wurde es später in mehreren Lots versteigert, so dass heute die Herbarsammlung von Pallas auf 18 verschiedenen Herbarien aufgeteilt ist. Einen wesentlichen Teil mit über 2000 Belegen aus Sibirien und dem Altai erwarb Robert Brown für das Britische Museum (BM) wo sich die Belege noch heute befinden (Sytin 1997). Später, wir greifen etwas vor, waren es die Expeditionen von Carl Friedrich von Ledebour (1786 – 1851), Carl Anton von Meyer (1795 – 1855) und Alexander A. von Bunge (1803 – 1890), die die Kenntnis der Flora des russischen Zarenreiches deutlich erweiterten. Von 1829 – 1834 erschien eine umfassende Flora Altaica in vier Bänden, herausgegeben von den drei vorgenannten Botanikern, und von 1841 – 1853 veröffentlichte Ledebour die Flora Rossica in vier Bänden, eine erste komplette Flora des Russischen Reiches. Ledebours Herbarium befindet sich weitgehend in St. Petersburg (LE), ebenso wie das von Meyer, während Duplikate aus beiden Herbarien in vielen anderen Herbarien zu finden sind. Das Herbarium von Bunge ist weitverstreut, aber zu fast allen Belegen gibt es Duplikate in St. Petersburg (D.A. German, Altai Staats Universität von Barnaul, Sibirien, persönliche Mitteilung).

Am Ende des 18. Jahrhunderts war es die Flora Australiens, die die Welt zu faszinieren begann. Joseph Banks (1743 – 1820) und Daniel Solander (1733 – 1782), ein Schüler Linnés, begleiteten als Naturwissenschaftler Kapitän Cook auf seiner ersten Weltumseglung von 1768 – 1771. Sie sammelten insgesamt 40000 Herbarbelege, darunter etwa 1500 bisher noch unbekannte Arten, und brachten die ersten Herbarbelege aus der australischen Flora nach Europa. Das Herbarium wurde zunächst in Banks Privatherbarium eingereiht und gelangte nach Banks Tod in das Britische Museum London (BM) (siehe unten). Robert Brown (1775 – 1858) nahm 1801 an der Reise von Kapitän Flinders nach Australien teil und kehrte 1805 mit einem Herbar von ca. 4000 Pflanzen, alle gesammelt in Australien, nach London zurück. Auch dieses Herbarium befand sich zunächst in Joseph Banks Privatherbarium und wird heute im Britischen Museum (BM) aufbewahrt.

Von den vielen Schülern Linnés, die in aller Welt zur Kenntnis der pflanzlichen Formenvielfalt wesentliche Beiträge lieferten, seien außer Daniel Solander noch Pehr Kalm, Carl Peter Thunberg, Andreas Sparrmann und Pehr Forsskål genannt. Auf Empfehlung von Linné wurde Kalm (1716 – 1779) für eine Expedition nach Nordamerika ausgewählt, wo er von 1748 bis 1751 ausgiebig sammelte. Sein Herbarium befindet sich heute zum Teil im Linné Herbarium (LINN), zum Teil in Stockholm (SBT) und in Uppsala (UPS). Pehr Forsskål (1736 – 1763) bereiste von 1761 an Ägypten und den Jemen, wo er 1763 starb. Sein Herbarium befindet sich in Kopenhagen (C) sowie Belege auch im Linné Herbarium (London, LINN). Thunberg (1743 – 1828) hielt sich von 1772 bis 1776 in Südafrika, Batavia (Jarkata) und Japan auf, wo er als erster Botaniker die Hänge des Fuji-San erkundete, und kehrte

©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.

über Java, Ceylon und Südafrika zurück nach London und Uppsala. Ab 1784 hatte er die Professur seines Lehrers Linné in Uppsala inne. In zahlreichen Werken legte er die Ergebnisse seiner Reisen nieder. Sein Herbarium befindet sich in Uppsala (UPS) sowie Belege auch im Linné Herbarium in London (LINN). Andreas Sparrmann (1748 – 1820) bereiste von 1765 – 1767 die ostindische Inselwelt und den Norden Chinas. Von 1772 bis 1775 nahm er als Assistent von Johann Reinhard Forster an der zweiten Weltreise von Kapitän Cook teil. Sparrmann sandte viele herbarisierte Pflanzen aus Südafrika an seinen Lehrer Linné. Sie befinden sich im Linné Herbarium in London (LINN). Das Forster Herbarium ist heute verteilt in Paris (P) und London (K) sowie Belege auch in anderen Herbarien.

1.3.3 Botanische Forschungsreisen im 19. Jahrhundert, Zusammenschau

Eine der berühmtesten Forschungsreisen überhaupt unternahm Alexander von Humboldt (1769 – 1859). Zusammen mit seinem Begleiter Aimé Jacques Bonpland (1773 – 1858) bereiste er von 1799 bis 1804 Süd- und Mittelamerika, und sie brachten etwa 3600 bisher unbekannte Pflanzen von ihrer Reise mit, welche von Carl Ludwig Willdenow und später von Carl Sigismund Knuth in Berlin wissenschaftlich bearbeitet wurden. Die von Humboldt und Bonpland gesammelten Pflanzen befinden sich in Berlin (B) und in Paris (P). Mit dieser Reise und all den vielen botanischen Forschungsreisen zuvor hatte sich ein beträchtliches Wissen über die Floren einzelner Länder und Kontinente, über die Verbreitung von Pflanzen und deren Abhängigkeit von Klima und anderen Umweltfaktoren angereichert. Humboldt war der erste Forscher, der diese schier unübersehbare Datenfülle unter einheitlichen Gesichtspunkten zu betrachten und zu erklären versuchte. Er teilt das Erscheinungsbild der Pflanzen in 18 Vegetationsformen ein und legte die grundsätzliche Abhängigkeit der Vegetation von der Temperatur sowohl entlang der Breitengrade als auch entlang von Höhengradienten dar, niedergelegt in den beiden Werken „Ideen zu einer Physiognomik der Gewächse" von 1806 und „Ideen zu einer Geographie der Pflanzen" von 1807. A. v. Humboldt gilt als der Begründer der Pflanzengeographie.

Der Einfluss Humboldts auf die weitere Entwicklung der Botanik ist kaum zu überschätzen. In der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts brachten weitere Expeditionen ein immer reicheres Pflanzenmaterial und Beobachtungen aus allen Ländern der Erde nach Europa. Die Reise Robert Browns nach Australien haben wir oben bereits erwähnt wie auch die Forschungsreisen von Gmelin, Pallas, Ledebour, Meyer und Bunge nach Sibirien. Carl Friedrich Philipp von Martius (1794 – 1868) lebte 1817 bis 1820 drei Jahre in Brasilien und hat mit der „Flora Brasiliensis" das bis heute umfangreichste Florenwerk überhaupt geschaffen; 36 Bände, begonnen 1840 und nach seinem Tod weitergeführt. Der letzte Band erschien 1906. Sein Herbarium befindet sich heute größtenteils in München (M). Eduard Friedrich Poeppig (1798 – 1868) unternahm von 1827 bis 1832 Forschungsreisen nach Chile, Peru und in das Amazonasgebiet. Seine Aufsammlungen sind in mehreren Herbarien zu finden, zum Beispiel in Genf (G) und Wien (W). Joseph Dalton Hooker (1817 – 1911), den Charles Darwin häufig um Rat fragte und verehrte, nahm als Botaniker an der James Ross Expedition 1839 bis 1843 zur Erforschung des Südpolargebietes teil und erkundete 1848 bis 1851 auf mehreren Reisen die Flora Indiens und des Himalaja. Seine Pflanzensammlungen werden weitgehend im Britischen Museum London (BM) aufbewahrt. Philipp Franz Siebold (1796 – 1866) lebte zwei Jahre in Japan und beschäftigte sich eingehend auch mit der dortigen Flora (Herbarium in Leiden, L).

Zahl und Umfang der Herbarien stiegen vom 17. Jahrhundert bis zum 19. Jahrhundert kontinuierlich an. Die Herbarien und die sich

©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.

daran anschließenden Florenbearbeitungen dokumentierten das Pflanzenvorkommen in den verschiedenen Regionen der Erde. Zusammen mit den zum Teil ausführlichen Reisebeschreibungen verfügte man um die Mitte des 19. Jahrhunderts über eine umfassende Kenntnis des Pflanzenkleides der Erde, aber eine Verarbeitung dieses immensen Wissens zu einer Gesamtschau unter einem einheitlichen Theoriengebäude stand aus. Dies war Heinrich August Rudolf Grisebach (1814 – 1879) in Göttingen vorbehalten. Auf vielen Forschungsreisen durch Europa und Kleinasien hatte er sich eine große Kenntnis von Flora und Vegetation angeeignet (Herbarium in Göttingen, GOET). Diese vertiefte er durch weitere planmäßige Herbarstudien aus allen Ländern und durch Literaturstudien. 1872 erschien von ihm eines der auch heute noch umfassendsten und bedeutendsten Werke der Pflanzengeographie: „Die Vegetation der Erde nach ihren klimatischen Anordnungen". Grisebachs Darstellung ist in ihrer Anschaulichkeit und Lebendigkeit von keinem späteren Autor übertroffen worden, und seitdem ist keine auch nur annähernd vergleichbare Behandlung des Themas erschienen (zitiert nach Mägdefrau 1992: 128).

1.4 Institutionalisierung der Herbarien im 19. Jahrhundert

Bis etwa Ende des 18. Jahrhunderts waren fast alle Herbarien Privatherbarien und dienten der eigenen Arbeit (zum Beispiel Tournefort, Linné, Jussieu), Kollegen gewährte man keinen Zugang. Zwei große Privatherbarien spielten aber bei der Institutionalisierung der Herbarien eine große Rolle, das von Linné und das von Banks. Oder sie gehörten meist reichen Leuten, die sich mit den Herbarien oder allgemein mit „Kuriositäten" und „Naturalienkabinetten" schmückten, ohne dass ein ernsthaftes wissenschaftliches Interesse dahinter stand. Häufig wurden nach dem Tod der Besitzer diese Sammlungen verkauft, vernachlässigt oder aufgelöst (siehe Stafleu 1987). Wahrscheinlich befinden sich auch heute noch so manche Herbarien von großem historischen Interesse vergessen und unbeachtet in Privatbesitz. Das Herbarium des Tierarztes Horst aus Hunteburg ist hierfür ein Beispiel (siehe die entsprechenden Beiträge in diesem Band).

Mit Joseph Banks (1743 – 1820) setzte eine neue Entwicklung ein. Banks und Solander, ein Schüler von Linné, nahmen 1768 – 1771 an der ersten Weltumseglung von Kapitän Cook teil und brachten eine bedeutende Sammlung unter anderem australischer Pflanzen mit zurück nach London (siehe oben). Ab 1773 bis zu seinem Tode 1820 war Banks Direktor der Botanischen Gärten von Kew und von 1778 ebenfalls bis 1820 der Präsident der Royal Society London. Banks verfügte über ein großes Privatvermögen, das er zum Aufbau eines Privatmuseums am Soho Square in London einsetzte und der Wissenschaft zugänglich machte. Sein Ideal war die Förderung der Wissenschaft. Seine Sammlungen mit dem Herbar und die umfassende Bibliothek standen allen Botanikern zur Verfügung. Botaniker aus ganz Europa haben hier gearbeitet, unterstützt von Kustoden und Bibliothekaren, die Banks aus eigener Tasche bezahlte. Soho Square war von 1788 bis 1820 ein Mekka für Botaniker, privat finanziert aber schon mit deutlichem Institutscharakter (zitiert nach Stafleu 1987). Banks überließ 1820 nach seinem Tode seinen gesamten Nachlass mit Sammlungen einschließlich des Herbariums und der Bibliothek dem Britischen Museum. Er war es auch, der den jungen Robert Brown (1775 – 1858), Entdecker des Zellkerns und der Brownschen Molekularbewegung, 1801 die Forschungsreise nach Australien vermittelte, die unter dem Kommando von Kapitän Flinders die Küsten Australiens vermessen sollte. Wie bereits erwähnt, kehrte Brown 1805 mit einem Herbar von ca. 4000 Pflanzen, gesammelt in Australien, nach London zurück und wurde von Banks als Kustos für die Sammlungen und die Bibliothek in Banks Privatinstitut engagiert.

©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.

Mit dem Nachlass von Banks wechselte auch Robert Brown als Kustos in das Britische Museum, wo er bis zu seinem Tode 1858 in den botanischen Sammlungen arbeitete. Sowohl die Herbarien von Banks und Solander als auch das von Robert Brown befinden sich heute im Britischen Museum (BM).

Außer dem Privatherbarium von Banks, das er dem Britischen Museum in London vermachte, wurde auch das Privatherbarium von Linné durch Verkauf 1829 an die Linnean Society London öffentlich gemacht. Im 19. Jahrhundert setzte dann generell die Institutionalisierung der großen Herbarien ein (siehe Tab. 1). Die Vorteile liegen auf der Hand: wissenschaftliche Zweckbestimmung; öffentliche Zugänglichkeit und Ausbaumöglichkeiten durch Zukauf oder Überlassung anderer Sammlungen sowie Tauschverfahren; Leihverkehr zwischen wissenschaftlichen Einrichtungen; weitgehend unabhängig von privater Einflussnahme. Nur so konnten die Herbarien entweder als eigenständige Institutionen, oft verbunden mit einem Botanischen Garten, oder angegliedert an eine Universität zu dem werden, was sie heute sind, öffentlich zugängliche große Archive und Dokumentationszentren.

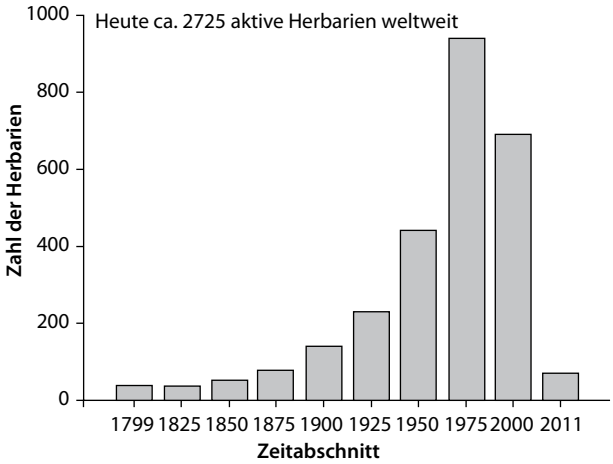

Abb. 1: Zahl der Herbarien weltweit und Zeitraum ihrer Gründung, nach Thiers (2011).

2. Herbarien im 20. und 21. Jahrhundert

2.1 Aktuelle Bestandsaufnahme

Im 20. und 21. Jahrhundert stieg die Zahl der institutionalisierten und öffentlichen Herbarien gewaltig an. Gab es am Ende des 19. Jahrhunderts weltweit gerade mal 350 Herbarien, so sind es heute zehnmal so viele, insgesamt über 3500. Davon sind allerdings ungefähr 800 einst selbständige und aktive Herbarien in andere Herbarien überführt worden oder werden nicht mehr aktiv verwaltet, so dass man derzeit von etwa 2700 bis 2750 aktiven Herbarien ausgeht. Sie beherbergen zusammen geschätzte 361 Millionen Belege. Basierend auf der Datenbank des Index Herbariorum (siehe unten) ergibt sich für die aktiven Herbarien folgendes Bild (Angaben nach Thiers 2011).

Die meisten Herbarien wurden im Zeitraum von 1925 bis 2000 gegründet, das sind etwa 2050, wobei auf die zweite Hälfte des 20. Jahrhunderts allein ca. 1600 Neugründungen fallen (Abb. 1). Seit 1990 hat die Zahl der Herbarien um 125 zugenommen, und die Zahl der Belege stieg insgesamt um 27 Millionen. Europa hat etwa 920 Herbarien aufzuweisen mit 190 Millionen Belegen, gefolgt von Nord Amerika mit 700 Herbarien und 81 Millionen Belegen und dem pazifischen Raum mit 400 Herbarien und 42 Millionen Belegen (Tab. 2). Die größten Herbarien weltweit und in Deutschland sind in Tab. 1 aufgeführt.

Man kann die Herbarien nach ihrem Bestand und dem geographischen Bereich, den sie abdecken, in die großen internationalen Herbarien (Tab. 1) einteilen und in nationale, regionale und lokale Herbare. Die meisten Herbarien der Welt sind kleine Regionalherbarien. Nur wenige haben eine kritische Masse erreicht, welche globales Arbeiten möglich macht (Tab. 1, 2).

©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.

Daher kommt dem Leihverkehr zwischen den Herbarien bzw. zwischen Herbarien und anderen wissenschaftlichen Institutionen entscheidende Bedeutung zu. Neben dieser weitgehend geographischen Charakterisierung der Herbarien unterscheidet man noch sogenannte spezielle Herbarien. In diese Rubrik fallen nach Bridson & Forman (1992) zum Beispiel die historischen Herbarien, wie das Herbarium Horst eines ist, oder die reinen Lehr-Herbarien, wozu auch die früheren „Apotheker-Herbarien" zählen; weiterhin gehören hierzu auch die Belegherbare für bestimmte Forschungsprogramme aber auch Forst-Herbare und „Botanische Garten-Herbare" oder die unter einer bestimmten Thematik stehenden Herbare, zum Beispiel Dokumentationen der alpinen Flora. Oft sind diese speziellen Herbare aber separate Teile der „allgemeinen" Herbare oder in diese voll integriert.

2.2 Index Herbariorum

Auf welcher Basis beruhen die obigen Angaben und wie kann eine derartige Datenmenge überhaupt sinnvoll und praktikabel gehandhabt werden? Und wie hat man und wer hat Zugriff auf die Daten? Hierfür wurde der Index Herbariorum (IH) geschaffen, der für jedermann frei im Internet zugänglich ist.

Bereits von 1935 an wurden Daten über Herbarien gesammelt und 1937 eine erste Liste über Herbarien zusammengestellt. Die erfassten Herbarien erhielten eine Standardabkürzung aus bis zu vier Großbuchstaben (inzwischen auf bis zu maximal sechs Buchstaben erweitert). Diese Liste wurde 1939 aktualisiert. 1950 wurde diese Herbariumsliste zu einem umfassenden Index ausgebaut, der Index Herbariorum war geboren. Die 1. Auflage erschien 1952, von 1954 bis 1964 die Auflagen zwei bis fünf. Für die ersten fünf Auflagen zeichnete das Herbarium Utrecht in den Niederlanden verantwortlich. Die 6. Auflage entsprang einer Kooperation zwischen Utrecht und dem New York Botanical Garden. Die ersten sechs Auflagen wurden von der International Association for Plant Taxonomy (IAPT) mit Sitz in Utrecht publiziert, herausgegeben von Frans A. Stafleu, Herbarium Utrecht, die folgenden vom New York Botanic Garden, herausgegeben von Patricia Holmgren, New York Botanic Garden Herbarium. 1990 wurde die 8. und letzte Auflage des IH in Buchform publiziert. Ab 1987 wurde das Index Herbariorum Dateisystem geschaffen, und ab 1996 ist die IH Datei online zugänglich. Seit 2008 ist Barbara Thiers, Direktorin des New York Botanic Garden Herbariums, die Herausgeberin des Index Herbariorum. Der IH wird fortlaufend aktualisiert.

Jedes Herbarium im Index Herbariorum ist bzw. wird durch ein Akronym aus bis zu sechs Buchstaben gekennzeichnet. So hat zum Beispiel das Herbarium der Universität Osnabrück das Kürzel OSBU, das des Museums am Schölerberg das Kürzel OSN. Im IH sind für jedes Herbarium verzeichnet das Akronym, Ort, Land, zugehörige Organisationseinheit, Kon-

Tab. 2: Herbarien und ihre Bestände in verschiedenen Regionen der Erde (nach Thiers 2011).

Region	**Zahl der Herbarien** (gerundete Werte)	**Zahl der Belege in Mill.** (gerundete Werte)
Europa	920	190
N-Amerika[1]	700	81
S-Amerika[1]	400	17
Pazifischer Raum[2]	400	42
Asien[1]	200	23
Afrika	120	8
Gesamt	2740	361

[1] = ohne Pazifischen Raum
[2] = pazifische Küstenregionen der Erde und pazifische Inselwelt; Australien ist dem Pazifischen voll zugeteilt

©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.

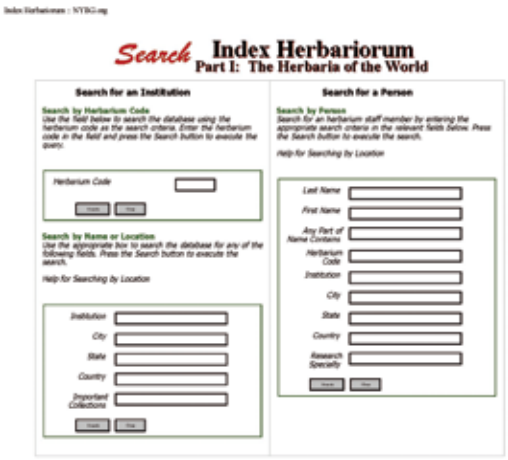

Abb. 2: Index Herbariorum, Suchmasken (http://sweetgum.nygb.org/ih/).

taktadresse, wissenschaftliches Personal, Zahl der Belege, Schwerpunktsetzungen, Gründungsdatum sowie Hinweise auf besondere Sammlungen. Voraussetzung für die Aufnahme in den Index Herbariorum sind: Das Herbarium muss über 5000 Belege aufweisen, für Wissenschaftler allgemein zugänglich sein und aktiv gemanagt werden, also von einem zuständigen Kurator/Kustos betreut werden (Thiers, Index Herbariorum, continuously updated).

Im IH kann nach verschiedenen Kriterien gesucht werden: Eingabe des Akronyms, der Institution, der Stadt, des Landes, Forschungsschwerpunkte, bedeutende Sammlungen und auch nach Namen von Wissenschaftlern (Abb. 2).

Die Registrierung im Index Herbariorum wird immer häufiger zur Voraussetzung gemacht, um Material von einem in ein anderes Herbar bzw. wissenschaftliche Institution auszuleihen und um Aufsammlungen zu versenden. Mindestens genau so wichtig ist, dass heute fast alle wissenschaftlichen Zeitschriften die Hinterlegung von Belegexemplaren der für die wissenschaftliche Arbeit benutzten Pflanzenmaterialen in einem im IH registrierten Herbar fordern, weil dadurch der Zugang auf die Belege garantiert wird, um zum Beispiel Nachbestimmungen zu ermöglichen. Das gilt ganz besonders für molekularsystematische Untersuchungen. Damit wird ein Herbar, welches in den Index Herbariorum aufgenommen ist, für viele Disziplinen der Biodiversitätsforschung zu einer Notwendigkeit.

Das Herbarium OSBU (Herbarium der Botanik der Universität Osnabrück) wurde von den Autoren 1984 gegründet. Nachdem es die Mindestgröße von 5000 Belegen erreicht hatte, wurde es 1992 in den Index Herbariorum aufgenommen und erhielt das Akronym OSBU. Heute umfasst das Herbar ca. 21000 Belege. Es handelt sich um ein alle höheren Pflanzen (Farnpflanzen, Gymnospermen und Angiospermen) umfassendes Herbar. Schwerpunkte sind auf dem Gebiet der Systematik die Alliaceen (Lauchgewächse) und die Brassicaceen (Kreuzblüter), und auf dem Gebiet der Pflanzengeographie Europa, Sibirien und Zentralasien. Aber auch aus Australien sind viele Herbarbelege vorhanden. Außerdem ist es das Belegherbar für die in der Botanik durchgeführten Forschungs- und Examensarbeiten. Kuratorin des Herbars ist Barbara Neuffer.

Es muss aber betont werden, dass für die floristische Erforschung eines Gebietes auch kleine und kleinste Herbarien, die nicht im Index Herbariorum verzeichnet sind, von großer Bedeutung sein können. Die Gesellschaft zur Erforschung der Flora Deutschlands (GEFD) hat kürzlich alle öffentlichen Herbarien in Deutschland zusammengestellt, geordnet nach Bundesländern und Städten. Hiernach gibt es derzeit in Deutschland 125 öffentliche Herbarien, wovon 62 im IH verzeichnet sind (Hand & Raabe 2011).

3. Bedeutung von Herbarien

Herbarien mit ihren geschätzten weltweit 360 Millionen Belegen sind die größten Archive und Dokumentationszentren der globalen pflanzlichen Diversität. Es sind

©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.

Archive, aus denen immer wieder neue Daten und Erkenntnisse gewonnen werden. Auf kleinstem Raum ist eine immense Fülle von Informationen gespeichert.

Diese Informationen gewinnen zunehmend an Bedeutung, wie sich unter anderem an den Zahlen zum Ausleihverkehr ablesen lässt. So leiht zum Beispiel das United States National Herbarium (US), Smithsonian Institution, Washington DC, jährlich ungefähr 50000 Herbarexemplare an wissenschaftliche Einrichtungen in der ganzen Welt aus und tauscht zusätzlich etwa 20000 mit anderen Institutionen (DeFilipps 2002).

Wie wir gesehen haben, hat sich die Bedeutung von Herbarien im Laufe der Zeit gewandelt und erweitert. Zunächst dienten Herbarien zur Erstellung lokaler Florenwerke, ab dem 18. Jahrhundert und insbesondere im 19. Jahrhundert wurde begonnen, die Flora weltweit zu erfassen. Nach wie vor sind und bleiben Herbarien die Grundlage von Florenwerken und der Arealkunde und sind für systematische Untersuchungen unentbehrlich. Ohne Herbarien ist die Bearbeitung von Gattungen und Familien nicht möglich. Die Grundfunktionen von Herbarien können ganz allgemein folgendermaßen charakterisiert werden: (i) Bereitstellen von Referenzmaterial für Vergleichszwecke; (ii) die Bestimmung/Identifizierung von neu gesammelten Pflanzen durch Vergleich mit herbarisierten Pflanzen; (iii) Sicherung der Nomenklatur. Entsprechend den Nomenklaturregeln (International Code of Botanical Nomenclature, ab 01.01.2012 International Code of Nomenclature of Algae, Fungi, and Plants; Miller et al. 2011) muss für jedes Taxon ein Element bezeichnet und im Herbarium hinterlegt werden, mit dem der Name eines Taxons dauernd verknüpft bleibt. In der Regel sind es einzelne Herbar-Exemplare, auf denen die Erstbeschreibung von Arten beruht. Ein solches Exemplar heißt (nomenklatorischer) Typus. Damit werden die botanischen Namen international stabilisiert und nur so wird ein Verständigungschaos vermieden. Und schließlich ist (iv) die Hinterlegung von Belegexemplaren wissenschaftlicher Arbeiten, wie zum Beispiel des auf einer Expedition gesammelten Materials oder Belege zu einer Doktorarbeit, eine weitere Grundfunktion von Herbarien. All diese Funktionen können mit den Begriffen Vergleichs- und Belegherbarien charakterisiert werden.

In letzter Zeit haben Herbarien aber weit über ihre klassischen Zielsetzungen hinaus eine Bedeutung gewonnen, die sich ihre Begründer wohl kaum vorstellen konnten und die selbst noch eine Generation vor uns so nicht erwartet wurde. Dieser Bedeutungszuwachs ist im wesentlichen drei Punkten zuzuschreiben, dem derzeitigen globalen Biodiversitätswandel, dem Verlust der Biodiversität und das wachsende öffentliche Bewusstsein hierüber sowie der Entwicklung der Molekularbiologie, die zu einem tiefgreifenden Wandel in allen biologischen Disziplinen führt und auch vor naturkundlichen Sammlungen nicht halt macht.

Eine detaillierte Aufzählung aller Aspekte, die die Bedeutung von Herbarien heute ausmachen, findet sich bei Funk (2004): „100 Uses for an Herbarium". Wir konzentrieren uns hier auf zwei besonders aktuelle Bedeutungsfelder von Herbarien, das sind die Dokumentation des Florenwandels und Herbarien als DNA - Archive.

3.1 Dokumentation des Florenwandels, Verlust der Biodiversität

Schätzungen der Zahl der heute existierenden Samenpflanzen (Gymnospermen oder Nacktsamer und Angiospermen oder Bedecktsamer bzw. Blütenpflanzen) schwanken beträchtlich: von 270000 Arten (Hammond 1992; May 1992) über 300000 bis 320000 (Prance et al. 2000; Chapman 2009) bis hin zu 420000 Arten (Govaerts 2001), wobei der Anteil der Gymnospermen mit etwa 1000 Arten größenordnungsmäßig zu vernachlässigen ist. Diese Schätzwerte werden aber aufgrund der Datenerhebung und des Problems der Mehrfachbezeich-

©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.

nung (Synonyme) deutlich kritisiert und als entschieden zu hoch angesehen (Ungricht 2004; Alroy 2002). Zudem sind alle Angaben über Artenzahlen in hohem Maße davon abhängig, ob der Artbegriff eng oder weit gefasst wird („splitter" versus „lumper"). Dies ist ein grundsätzliches Problem der Systematik und Taxonomie und keineswegs neu (Endersby 2009), über Artkonzepte kann man endlos debattieren. Eine „Splitter" Mentalität kann leicht zu einer Inflation von Artnamen führen. Andererseits stehen einer Überschätzung der Artenzahlen aber bisher noch nicht beschriebene oder entdeckte Arten gegenüber. Deren Anteil wird immerhin auf 10 bis 20% der bisher beschriebenen Artenmenge geschätzt (Joppa et al. 2011). Eine konkrete Zahl nennen Bebber et al. (2011); sie extrapolieren aus vorhandenen Daten, dass etwa 70000 Arten noch nicht beschrieben sind. Ungefähr die Hälfte hiervon sei aber bereits gesammelt und warte in den Herbarien auf ihre nomenklatorisch korrekte Beschreibung. Herbarien sind demnach „a major frontier for species discovery" (Ziel oder Neuland für die Entdeckung neuer Arten).

Die Landpflanzen sind über die Erdoberfläche nicht gleichmäßig verteilt. Abgesehen von einer generellen Konzentrierung der Artenzahl in den tropischen Zonen gibt es die„Biodiversitäts-Hotspots" mit einer besonders hohen Artenvielfalt. Zwischen 40 bis 45% aller höheren Landpflanzen (Farne, Nacktsamer und Blütenpflanzen) konzentrieren sich auf wenige, vielleicht 25 „hotspots" (Myers et al. 2000). Der gesamte Flächenanteil dieser hotspots beläuft sich auf nur 1,5% der Erdoberfläche. Die globalen Zentren der Pflanzenvielfalt findet man in solchen Regionen der Tropen und Subtropen, die auch eine hohe „Geodiversität" aufweisen. Unter dem Begriff „Geodiversität" fasst man die Gesamtheit von abiotischen Umweltfaktoren wie Topographie, Klima und Boden (Mutke & Barthlott 2005; Barthlott et al. 2005). Etwa 20 – 45% der Blütenpflanzen gelten als vom Aussterben bedroht, je nachdem welchen Schätzwert für die Gesamtartenzahl man zugrunde legt (Pitman & Jørgensen 2000). Als robuste Annahme kann man ein Drittel aller höheren Pflanzenarten als bedroht einstufen (Dirzo & Raven 2003). Der größte Teil der bedrohten Arten betrifft die hotspots. Die Geschwindigkeit des Artenverlustes ist heute um das mehrere Hundertfache höher als die „natürliche" Aussterberate, und verantwortlich hierfür ist im wesentlichen der anthropogen bedingte Verlust bzw. Zerstörung der natürlichen Habitate (Dirzo & Raven 2003).

Der Florenwandel der letzten 300 Jahre ist weitgehend in den Herbarien dokumentiert. Je älter die Herbarbelege sind um so größer ist ihre Bedeutung als Zeitdokument. Gerade heute, im Zeichen des globalen Biodiversitätswandels, wesentlich bedingt durch Habitatsverlust, Landnutzungsänderung und Klimawandel, sind sie die wichtigsten, weil überprüfbaren historischen Dokumente für den Florenwandel. Wir hatten bereits das „Herbarium Amboinense" von 1741 erwähnt, in dem Georg Eberhard Rumpf die Flora der Molukken Insel Amboia am Ausgang des 17. Jahrhunderts beschreibt. Von der damaligen Vegetation ist heute fast nichts mehr zu sehen, die tropischen Wälder auf der Insel sind verschwunden und wir haben nur durch Rumpfs Herbarium Kenntnis über die ursprüngliche Flora. Es ließen sich Hunderte vergleichbare Beispiele aufführen. Genannt sei nur noch das Herbarium Horst, dem der vorliegende Band gewidmet ist. Dieses Herbarium ist eine einzigartige Dokumentation der pflanzlichen Biodiversität im nördlichen Osnabrücker Land zu Beginn des 19. Jahrhunderts.

Die derzeitige Florendynamik im Zuge des globalen Wandels beinhaltet auch ein verstärktes Einwandern und Ausbreiten von gebietsfremden Arten, Neuankömmlingen in unserer Flora, die als invasive Arten oder -neutraler ausgedrückt- als Neophyten bezeichnet werden. Ihre Ausbreitungsgeschichte ist oft in Herbarien dokumentiert und erlaubt Rück-

©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.

schlüsse auf ihre Erfolgsstrategie (siehe hierzu zum Beispiel Kowarik 2003). Eine heute im Mittelpunkt des öffentlichen Interesses stehende Komponente des globalen Wandels ist die Klimaveränderung. Wenn der gegenwärtig zu beobachtende Klimawandel anhält, wird es bei vielen Arten zu einer Arealverschiebung kommen. Anzeichen hierfür gibt es bereits genügend, auch in Mitteleuropa (Walther 2008). Deswegen sind aktuelle Monitoring Projekte und Dokumentation der Florenveränderung durch Herbarbelege so wichtig (Lister 2011). Wir selbst führen ein entsprechendes Monitoring Projekt in den Alpen durch, und die Belege werden im Herbarium OSBU dokumentiert. Der Klimawandel zwingt die Pflanzen auch zu ökologischen Antworten (Walther et al. 2002). Herbarstudien können auch hierzu wichtige Informationen liefern. So konnte basierend auf Herbarbelegen aus der Zeit von 1885 bis 2002 gezeigt werden, dass zehn Strauch- bzw. Baumarten im Nordosten der USA in den Jahren von 1980 bis 2002 acht Tage früher blühten als noch im Zeitabschnitt 1900 – 1920. Die Verschiebung der Blühzeit korrelierte mit einem Anstieg der Jahresmitteltemperaturen um 1,5°C seit 1900 (Primack et al. 2004).

3.2 Herbarien als DNA Archive

Die Molekularbiologie hat den biologischen Disziplinen den Zugang zu den Genen und ihren Komponenten, der DNA, erschlossen. Diese Entwicklung hat auch vor der Systematik und Evolutionsbiologie nicht Halt gemacht. Systematiker greifen heute routinemäßig auf molekulare Daten zurück (molekulare Systematik). Die derzeitige Schlüsselfunktion der molekularen Systematik auf dem Gebiet der Abstammungsgeschichte (Phylogenie) wäre ohne Rückgriff auf Herbarmaterial überhaupt nicht möglich gewesen. In den 1990er Jahren zeigte es sich, dass aus herbarisierten Pflanzen phylogenetisch informative DNA gewonnen werden kann (Savolainen et al. 1995; Janssen et al. 1999). In der DNA eines jeden Organismus hinterlässt die Historie ihre Spuren. Weiß man diese molekularen Spuren zu entschlüsseln, so erschließt sich ein historisches Archiv ungeahnten Ausmaßes.

Millionen von Pflanzenbelegen zigtausender Arten von unterschiedlichen geographischen und ökologischen Standorten stehen einer DNA - Analyse zur Verfügung. Dies hat zu einem fundamentalen Wandel in der Systematik geführt und den Herbarien eine neue Bedeutung gegeben. Herbarien dokumentieren nicht nur die pflanzliche Biodiversität auf der Erde und legen Zeugnis ab vom Florenwandel sondern sie sind auch riesige DNA Archive. Aus der kaum mehr zu überschauenden Menge molekularsystematischer Arbeiten seien einige Beispiele aus unserer Arbeitsgruppe aufgeführt, die weitgehend auf Belegen im Herbarium OSBU beruhen. So konnten bei den Brassicaceen zum Beispiel Fragen über Verwandtschaftsverhältnisse und Abstammung geklärt werden (German et al. 2009), über Florendynamik und historische Biogeographie (Bleeker et al. 2002; Franzke et al. 2004) und über Artentstehung und phylegenetisches Alter einzelner Gruppen (Hurka et al. 2012).

Es ist heute relativ einfach und kostengünstig, molekulare Daten sowohl von lebenden Organismen als auch aus Sammlungsstücken zu gewinnen, wie zum Beispiel aus Herbarmaterial wie gerade erläutert. Daher kam vor etwa zehn Jahren die Idee auf, Abschnitte der DNA sowohl für die Identifizierung von Arten (DNA Barcoding) als auch für deren Klassifizierung (DNA Taxonomy, Vogler & Monaghan 2007) nutzbar zu machen. Wir gehen kurz auf das DNA Barcoding ein. Die Idee, Arten mit Hilfe von DNA Signatursequenzen zu identifizieren, wurde mit einer einflussreichen Publikation von Hebert et al. (2003) populär. Ein internationales „Consortium for the Barcode of Life" (CBOL) wurde gegründet, und im Jahre 2005 fand im National History Museum London die erste internationale ‚Barcoding of Life' Konferenz statt (Marshall 2005; Savolainen et al.

©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.

2005). Während sich bei den meisten Tieren eine bestimmte Signatursequenz (eine Region des „*CoxI*" Gens) über viele Stämme des Tierreiches hinweg als ein geeigneter Marker erwies, ist man bei den Pflanzen nicht in einer so glücklichen Lage. Es scheint keinen über das gesamte Pflanzenreich oder doch wenigstens weite Teile abdeckenden einheitlichen Marker zu geben. Es zeichnen sich aber bestimmte Kombinationen aus unterschiedlichen DNA-Abschnitten als möglicher Barcode für Pflanzen ab (Kress et al. 2005; CBOL Plant Working Group 2009). Dennoch steckt das DNA Barcoding noch in seinen Kinderschuhen und wird keineswegs von allen Taxonomen begrüßt. Die Vorteile des DNA Barcoding sind eine wesentlich schnellere Erfassung unterschiedlicher Organismen nach einheitlichen Kriterien und die Möglichkeit, auch Teile eines Organismus, wie zum Beispiel Gewebeproben oder Blattstücke, einer Art zuzuordnen. Ja selbst anhand von bloßen DNA Spuren in Wasser- oder Bodenproben kann man Organismen nachweisen. Damit weiß man zwar von der Existenz des Organismus, kennt ihn aber nicht. Will man wissen, wie die Organismen aussehen, wie sie sich in ihrem Phänotyp unterscheiden und welche Anpassungen an ihren Lebensraum sie haben, hilft DNA Barcoding nicht weiter. Daher wird das DNA Barcoding von einigen Systematikern und Taxonomen auch heftig kritisiert (Will & Rubinoff 2004). Die Entwicklung ist aber nicht mehr aufzuhalten und birgt sehr viele positive Momente für die Bedeutung naturwissenschaftlicher Sammlungen. DNA Barcoding erfolgt an Herbarmaterial ebenso wie an lebenden Pflanzen. Für jeden neuen Barcode muss ein Belegexemplar angegeben bzw. neu hinterlegt werden. Parallel zu den morphologischen Artnamen (nomenklatorische Typusexemplare, siehe oben) werden auch die „DNA Barcodes – Arten" (MOTUs: Molecular Operational Taxonomic Unit, Blaxter 2004) durch Bezugnahme auf ein entsprechendes Herbarexemplar stabilisiert.

Die Anforderungen nach DNA Proben aus Herbarmaterial steigt mit der Vertiefung des Wissens und dem Fortschritt der molekularen Methoden ständig, so dass Herbarien vielerorts bereits restriktiv eingreifen müssen und kein Material mehr aus ihren Sammlungen unmittelbar zur Verfügung stellen. Vielmehr werden immer häufiger DNA-Banken zur dauerhaften Lagerung in den Sammlungen gut dokumentierter DNA als Serviceeinrichtungen geschaffen (Zetzsche et al. 2008; Printzen et al. 2011).

3.3 Ausblick

Herbarien sind, wie wir gesehen haben, in vielen biologischen Disziplinen das Rückgrat der Forschung. Dies betrifft die Taxonomie, Systematik, Ökologie, Anatomie, Morphologie, Pflanzengeographie und Arealkunde sowie in zunehmendem Ausmaß auch den Naturschutz (Davy 2005). Herbarien dokumentieren die pflanzliche Biodiversität und ihre Dynamik in Raum und Zeit und sind einzigartige DNA - Archive. Sie sind „a veritable gold mine of information" (Funk 2004), deren Schätze noch längst nicht gehoben sind. Naturwissenschaftliche Sammlungen werden auch in der Lehre und Öffentlichkeitsarbeit immer mehr an Bedeutung gewinnen (MacDonald & Ashby 2011).

Daher ist die Erschließung nicht nur der Herbarien sondern der wissenschaflichen Sammlungen insgesamt durch moderne Informationstechnologie eine wichtige Aufgabe und Perspektive. Hierzu gehört die Verbesserung und Modernisierung von Sammlungsinfrastruktur, die Erfassung des Bestandes in Datenbanken sowie deren internationale Verfügbarkeit. Die internetfähige Digitalisierung der Bestände ist eine weitere große Herausforderung. „Virtuelle Herbarien" sind aber heute keine Utopie mehr. Die auf Sammlungen bezogene Informatik und Informationstechnologien sind ein wichtiges Hilfsmittel für eine effiziente Biodiversitätsforschung.

©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.

Danksagung

Wir danken Nikolai Friesen (Osnabrück), Dimitri German (Barnaul/Russland und Heidelberg), Gerhard Wagenitz (Göttingen) und Volker Wissemann (Gießen) für wertvolle Hinweise.

Literatur

Alroy, J. (2002): How many named species are valid? Proceedings National Academy Science USA 99, 3706-3711.

Barthlott, W., Kier, G., Kreft, H., Küper, W., Rafiqpoor, D.& Mutke, J. (2005): Global biodiversity: Species Numbers of Vascular Plants. Nees Institute for Biodiversity of Plants, University of Bonn. (Karte aus dem Internet, Januar 2012).

Bebber D.P., Carine M.A., Wood J.R.I., Wortley A.H., Harris D.J., Prance, G.T., Davidse G., Paige J., Pennington T.D., Robson N.K.B.& Scotland R.W. (2010): Herbaria are a major frontier for species discovery. Proceedings National Academy Science USA 107, 22169-22171.

Blaxter, M.L. (2004): The promise of a DNA Taxonomy. Philosophical Transactions Royal Society London B 359, 669-679.

Bleeker, W., Franzke, A., Pollmann, K., Brown, A.H.D. & Hurka, H. (2002): Phylogeny and biogeography of southern hemisphere high-mountain *Cardamine* species (Brassicaceae). Australian Systematic Botany 15, 575-581.

Bridson, D. & Forman, L, eds. (1992): The Herbarium Handbook. Royal Botanic Gardens Kew, revised edition 1992.

Chapman, A.D. (2009): Numbers of living species in Australia and the World. Australian Biological Resources Study. Canberra, ed. 2.

CBOL Plant Working Group (2009): A DNA barcode for land plants. Proceedings National Academy Science USA 106, 12794-12797.

Davy, A.J. (2005): Museum specimens breathe life into plant conservation? Trends in Ecology and Evolution 20, 286-287.

DeFilipps, R. (2002): Botany Profile: The Herbarium: A "Case" Study. The Plant Press, Smithsonian National Museum of Natural History, New Series, vol. 5, No. 1.

Endersby, J. (2009): Lumpers and Splitters: Darwin, Hooker, and the search for order. Science 326, 1496-1499.

Franzke, A., Hurka, H., Janssen, D., Neuffer, B., Friesen, N., Markov, M. & Mummenhoff, K. (2004): Molecular signals fro Late Tertiary/Early Quaternary range splits of an Eurasian steppe plant: *Clausia aprica* (Brassicaceae). Molecular Ecology 13, 2789-2795.

Funk, V. (2004): 100 uses for an Herbarium. Division of Botany, The Yale University Herbarium. http://www.peabody.yale.edu (Recherche im Dezember 2011)

Govaerts, R. (2001): How many species of seed plants are there? Taxon 50, 1085-1090.

German, D.A., Friesen, N., Neuffer, B., Al.Shehbaz, I.A. & Hurka, H. (2009): Contribution to the ITS phylogeny of the Brassicaceae, with special reference to some Asian taxa. Plant Systematics Evolution 283, 33-56.

Graham, C.H., Ferrier, S., Huettman, F., Moritz, C. & Peterson A.T. (2004): New developments in museum-based informatics and applications in biodiversity analysis. Trends in Ecology and Evolution 19, 497-503.

Hammond, P.M. (1992): Species inventory. In Groombridge, B., ed. Global Biodiversity, status of the earth's living resources, pp. 17-39. London.

Hand, R. & Raabe, U. (2011): Öffentliche Herbarien in Deutschland. http://www.flora-deutschlands.de/internet_herbarien.htm (Recherche am 20.09.2011)

Hebert, P.D.N., Cywinska, A., Ball, S.L. & de Waard, J.R. (2003): Biological identifications through DNA barcodes. Proceedings Royal Society London B, 270, 313-321.

Hurka, H., Friesen, N., German, D.A., Franzke, A. & Neuffer, B. (2012):‚Missing link' species *Capsella orientalis* and *Capsella thracica* elucidate evolution of model plant genus *Capsella* (Brassicaceae). Molecular Ecology, in press. Doi: 10.1111/j.1365-294X.2012.05460x

Jahn, I., Hrsg. (2004): Geschichte der Biologie. 3., neu bearbeitete und erweiterte Aufl. Nikol-Verl., Hamburg.

Janssen, R.K., Loockermann, D.J. & Kim H.-G. (1999): DNA sampling from herbarium material: a current perspective. In Metsger, D.A., Byers S.C. , eds., Managing the modern herbarium. An interdisciplinary approach. S. 277-286. Society for the Preservation of Natural Collections, Elton-Wolf Publ., Vancouver 1999.

Jarvis C. (2007): A concise history of the Linnean Society's Linnean Herbarium. In Gardiner, B. & Morris, M., Hrsg.: The Linnean Collcetions, pp. 5-18. The Linnean Special Issue 7, Linnean Society London. Wiley-Blackwell, Oxford.

©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.

Joppa L.N., Roberts D.L. & Pimm S.L. (2010): How many species of flowering plants are there? Proceedings Royal Society B 278, 554-559.

Kowarik, I. (2003): Biologische Invasionen – Neophyten und Neozoen in Mitteleuropa. Ulmer, Stuttgart.

Kress, W.J., Wurdack, K.J., Zimmer, E.A., Weight, L.A. & Janzen, D.H. (2005): Use of DNA barcodes to identify flowering plants. Proceedings National Academy Science USA 102, 8369-8374.

Lister, A.M. & Climate Research Group (2011): Natural history collections as sources of long-term data sets. Trends Ecology Evolution 26, 153-154.

MacDonald, S. & Ashby, J. (2011): Campus treasures. Nature 471, 164 – 165.

Mägdefrau, K. (1992): Geschichte der Botanik. 2. Aufl. G. Fischer, Stuttgart.

Marshall, E. (2005): Will DNA codes breathe life into classification? Science 307, 1037.

May, R.M. (1992): How many species inhabit the earth? Scientific American 2492 (Oct.), 42 – 48.

Miller, J.S., Funk V.A., Wagner, W.L., Barrie F., Hoch P.C. & Herendeen P. (2011): Outcomes of the 2011 Botanical Nomenclature Section at the XVIII International Botanical Congress. PhytoKeys 5, 1 – 3. doi: 10.3897/phytokeys.5.1850.

Mutke J.,& Barthlott W. (2005): Patterns of vascular plant diversity at continental to global scales. Biologiske Skrifter 55, 521-531.

Pitman, N.C.A. & Jørgensen, P.M. (2002): Estimating the size of the world's threatened flora. Science 298, 989.

Prance, G.T., Beentje, H., Dransfield, J. & Johns, R (2000): The tropical flora remains undercollected. Ann. Missouri Bot. Garden 87, 67 – 71.

Primack D., Imbres C., Primack R.B., Miller-Rushing A.J. & Del Tredici P. (2004): Herbarium specimens demonstrate earlier flowering times in response to warming in Boston. American Journal Botany 91, 1260-1264.

Printzen, C., Dressler, S., Kanz, B., Michalak, I., Näßig, W.A. & Zizka, G. (2011): Die DNA-Bank von Senckenberg und BiK-F. Senckenberg-natur. forschung.museum 141, 323331.

Savolainen, V., Cowan, R.SD., Vogler, A.P., Roderick, G.K. & Lane R. (2005): Towards writing the encyclopaedia of life: an introduction to DNA barcoding. Philosophical Transactions Royal Society London B 360, 1805-1811.

Savolainen, V., Cuénod, P., Spichiger, R., Martinez, M.D.P., Crèvecour, M. & Manen, J.-F. (1995) : The use of herbarium specimens in DNA phylogenetics : evaluation and improvements. Plant Systematics Evolution 197, 87-98.

Stafleu, F.A. (1987): Die Geschichte der Herbarien. Bot. Jahrb. Syst. 108, 155-166.

Stuart, S.N., Wilson, E.O., McNeely, J.A., Mittermeier, R.A. & Rodríguez, J.P. (2010): The barometer of life. Science 328, 177.

Sytin, A.K. (1997): Peter Simon Pallas. Botanicus. 338 Seiten. KMK Scientific Press, Moskau. (in Russisch)

Thiers, B. (continuously updated): Index Herbariorum. A global directory of public herbaria and associated staff. New York Botanic Garden's Virtual Herbarium. http://sweetgum.nybg.org/ih/ (Recherche Dezember 2011).

Thiers, B.M. (2011): A resource for plant and fungal biodiversity discovery and management in the Pacific Basin. http://sciweb.nybg.org/science2/IndexHerbariorum.asp (Recherche Dezember 2011).

Ungricht, S. (2004): How many plant species are there? And how many are threatened with extinction? Endemic species in global biodiversity and conservation assessments. Taxon 53, 481-484.

Vogler, A.P. & Monaghan, M.T. (2007): Recent advances in DNA taxonomy. Journal Zoological Systematics Evolutionary Research 45, 1 – 10.

Walker, M. (1985): Smith's acquisition of Linnaeus's library and herbarium. The Linnean 1 (6), 16-19.

Walther, G.-R. (2008): Klimatisch bedingte Veränderungen der Flora in Mitteleuropa und daraus resultierende Aufgaben für den Arten- und Naturschutz. Osnabrücker Naturwissenschaftliche Mitteilungen 33/34, 125-135.

Walther, G.-R., Post, E., Convey, P., Menzel, A., Parmesan, C., Beebee, T.J.C., Fromentin, J.M., Hoegh-Guldberg, O. & Bairlein, F. (2002): Ecological responses to recent climate change. Nature 416, 389-395.

White, P. (1999): The purchase of knowledge: James Edward Smith and the Linnean collections. Endeavour 23, 126-129.

Will, K.W. & Rubinoff, D. (2004): Myth of the molecule: DNA barcodes for species cannot replace morphology for identification and classification. Cladistics 20, 47-55.

Zetzsche, H., Dröge, G. & Gemeinholzer, B. (2008): Die Etablierung eines DNA-Bank-Netzwerkes in Deutschland. Osnabrücker Naturwissenschaftliche Mitteilungen 33/34, 133-145.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Osnabrücker Naturwissenschaftliche Mitteilungen

Jahr/Year: 2011

Band/Volume: 37

Autor(en)/Author(s): Hurka Herbert, Neuffer Barbara

Artikel/Article: Geschichte und Bedeutung von Herbarien 141-160