

Pflanzendiversität weltweit – Botanischer Garten der Universität und Herbarium beider Hochschulen in Zürich als Forschungsinstrumente

Peter K. Endress, Zürich

Zusammenfassung

Gegenstand der Pflanzensystematik ist die Erfassung der Diversität der Pflanzen auf der Erde, die phylogenetische Rekonstruktion ihrer evolutiven Geschichte und die Erforschung der Evolution und Vielfalt ihrer biologischen Eigenschaften. Dazu sind neben Untersuchungen im natürlichen Habitat und im Labor Pflanzensammlungen in Form von Botanischen Gärten und Herbarien wesentlich. Sie sind Bestandteil aller Zentren der Pflanzensystematik. Mit neuen Techniken der elektronischen Datenverarbeitung und der Molekularbiologie haben sich die Aufgaben und Möglichkeiten der Pflanzensystematik in den letzten Jahren stark erweitert. An der Universität Zürich sind grosse Sammlungen vorhanden, und sie wurden noch bereichert durch das Herbar der ETH, das 1991 dazukam. Die Bedeutung der botanischen Sammlungen geht aber weit über die Forschungsarbeit hinaus. Der Botanische Garten ist ein populäres Fenster der Universität. Geschichte und Gegenwart der botanischen Sammlungen und der pflanzensystematischen Forschung Zürichs werden skizziert.

Plant diversity world wide – the Botanic Garden of the University and the Herbarium of the University and the ETH in Zurich

Plant systematics investigates the diversity of plants on our planet, it attempts the phylogenetic reconstruction of the evolutionary history of plants and it tries to understand the evolution and diversity of the biological features of plants. In addition to research in the natural habitat and in the laboratory, plant collections in the form of botanic gardens and herbaria are essential. They are part of all major centres of plant systematics. With new techniques for electronic data processing and for molecular biology the possibilities of biological systematics have greatly expanded in the last few years. The University of Zurich has large plant collections, which have been substantially enlarged by the addition of the herbarium of the ETH in 1991. The botanic collections, however, are of a far greater significance than merely for research purposes. The Botanic Garden is an important showcase of the University. The history and present status of the plant collections and of plant systematic research in Zurich is outlined.

1 PFLANZENSYSTEMATIK HEUTE

«Clearly, progress toward an overall knowledge of the Earth's prodigious biodiversity over the past 250 years has been very slow. Close attention to this problem might be postponed for the delectation of future generations, except for two compelling circumstances. On the positive side, biodiversity represents a potential source of wealth in the form of new crops, pharmaceuticals, petroleum substitutes, and other products. If used wisely, wild species will also continue to provide essential services to the ecosystem, from the maintenance of hydrologic cycles to the nitrification of soils. On the negative side, biodiversity is disappearing at a rapid rate, primarily due to habitat destruction.» (P.H. RAVEN & E.O. WILSON, Science (1992) 258, 1099–1100)

Die Pflanzendiversität auf unserem Planeten ist immens. Die Landpflanzen sind im Laufe der letzten halben Milliarde

Jahre evoluiert, ihre grünen Vorfahren im Wasser wohl während noch viel längerer Zeit (KENRICK & CRANE, 1997). Die Blütenpflanzen als heute weitaus artenreichste und vorherrschende Gruppe sind vor über 150 Millionen Jahren innerhalb der Landpflanzen entstanden. Ihre Diversität nimmt heute unter dem Einfluss des Menschen in bisher ungesehenem Ausmass ab, nicht nur durch das Aussterben von Arten, sondern auch durch die Verarmung der genetischen Vielfalt innerhalb der Arten.

Wie kann diese Diversität erfasst werden, ihre Geschichte rekonstruiert werden und ihre Biologie verstanden werden?

Viele Pflanzenarten – weltweit gesehen – haben noch keinen Namen, die weitaus überwiegende Zahl aller Arten ist

in ihren biologischen Eigenschaften nicht oder nur rudimentär bekannt. Viele tropische Länder haben überhaupt noch keine Florenwerke, besonders in Südamerika und in Afrika; aber auch die überaus umfangreiche Flora Malesiana (umfassend die ganze Inselwelt zwischen Ostasien und Australien) wird in einem ersten Durchgang erst in etlichen Jahrzehnten abgeschlossen sein, wenn das gegenwärtige Tempo eingehalten wird. Von vielen Gattungen weltweit gibt es noch keine Revision, so dass ihre Arten schwierig einzuordnen sind. Floren und systematische Revisionen sind jedoch die Grundlagen für alle weiteren biologischen Untersuchungen, für die Kommunikation der Biologen untereinander und natürlich auch für die Praxis (EHRlich & WILSON, 1991; RAVEN & WILSON, 1992; LOVEJOY, 1994; SYSTEMATICS AGENDA 2000, 1994; BLACKMORE, 1996; MYERS, 1996; PRANCE, 1998). Zu all dem kommt noch: was Arten überhaupt sind und wie sie entstehen, diese Frage ist ebenfalls weit entfernt von einer allgemeinen Klärung (BACHMANN, 1998; HEYWOOD, 1998). Dies ist bedingt durch die Diversität nicht nur der Organismen selbst, sondern auch ihrer Reproduktionsbiologie und -genetik und damit wiederum ihrer Evolutionsmechanismen.

Die Rekonstruktion der Phylogenie und die Aufdeckung der natürlichen Verwandtschaften ist eine zentrale Aufgabe der Systematik. Bessere Kenntnisse der phylogenetischen Zusammenhänge der Organismen sind von grundlegender Bedeutung für die Menschheit. Beispiele sollen dies illustrieren.

In der australischen Leguminose *Castanospermum* wurde ein antiviraler Wirkstoff gegen das AIDS-Virus gefunden, Castanospermin. Es war zu erwarten, dass auch die nächsten Verwandten den Wirkstoff enthielten. Aber welche sind dies? Spezialisten der riesigen Familie der Leguminosen (ca. 15 000 Arten) stiessen unerwartet auf eine südamerikanische Gattung als nächste Verwandte, *Alexa*, und es konnte daraufhin gezeigt werden, dass *Alexa* sogar noch mehr Castanospermin produziert als *Castanospermum* (PRANCE, 1995).

Die wichtigsten Nahrungsmittel der Menschheit, Weizen, Reis, Mais, gehören alle zur ebenfalls überaus grossen Familie der Gräser (Poaceae, Gramineae) (ca. 8000 Arten). Es erstaunt deshalb nicht, dass heute ganz besondere Anstrengungen unternommen werden, die Verwandtschaftsbeziehungen dieser Familie genauer zu erfassen (z. B. CLARK et al., 1998; DAVIS et al., 1998). Ebenso sind neue Arten oder Hybriden, die zur Ernährung eingesetzt werden können, angesichts der weiterhin wachsenden Weltbevölkerung gefragt. Wichtig werden auch noch unbekannt virusresistente Wildarten sein, die mit Kulturformen gekreuzt werden können, wie etwa die in Mexiko entdeckte Art *Zea diploperennis* aus der nächsten Verwandtschaft des Mais (ILTIS et al., 1979).

Eine grundlegende Frage ist besonders auch die nach den basalen Verzweigungen des Stammbaums der Blütenpflanzen. Auf diesen beruhen die phylogenetischen Zusammenhänge aller Blütenpflanzen (CHASE et al., 1993; CRANE et al., 1995; SOLTIS et al., 1997; DOYLE, 1998).

Bei der Auswahl und Umgrenzung von grossen Schutzgebieten wird immer mehr der Erkennung von ökologischen Schlüsselarten (keystone species), die besonders wichtige Rollen in den Ökosystemen spielen, Rechnung getragen (POWER et al., 1996; NASON et al., 1998); parallel dazu aber auch der Erkennung von phylogenetischen Schlüsselgruppen, die durch ihr Alter und ihre verwandtschaftliche Isolation hervorstechen und die deshalb mit besonders hoher Priorität schützenswert sind (NIXON & WHEELER, 1992; WHEELER, 1995; HUMPHRIES et al., 1995; BALMFORD et al., 1996; VANE-WRIGHT, 1996; REID, 1998).

Die systematische Biologie ist seit etwa 20 Jahren in ihrer Wertschätzung enorm gestiegen. Dies hängt zusammen mit zwei ganz verschiedenen Entwicklungen, die sich in dieser Zeit abspielten. Einerseits mit der neuen öffentlichen Wahrnehmung der «Biodiversität» mit ihrer bedrohlichen Abnahme in der Gegenwart und ihrem Ausdruck in der Gipfelkonferenz der UN von 1992 in Rio de Janeiro; das Wort «Biodiversität» wurde in den achtziger Jahren geprägt und ist bald zu einem Modewort geworden (WILSON, 1992). Andererseits mit bedeutenden Durchbrüchen in der Informatik und in der Molekularbiologie, die der biologischen Systematik äusserst wirksame neue Techniken zur Verfügung stellten.

Durch diese neuen Hilfsmittel der molekularen Systematik und der Möglichkeit zur elektronischen Verarbeitung riesiger Datenmengen haben sich die Perspektiven zur Aufdeckung der phylogenetischen Zusammenhänge plötzlich bedeutend verbessert. Ein erster Durchbruch kam 1993 mit der vergleichenden Untersuchung eines Gens des Chloroplastengenoms an 500 repräsentativen Arten der Samenpflanzen (CHASE und 41 weitere Autoren, 1993). Diese Arbeit hat der phylogenetischen Analyse der höheren Pflanzen enormen Aufschwung verliehen. Neuere Arbeiten zielen auf die kombinierte Auswertung mehrerer Gene ab (SOLTIS et al., 1997). Ebenso werden Kombinationen von molekularen mit strukturellen Daten ausgetestet (NANDI et al., 1998). Die grosse Zahl neuer Arbeiten hat zu einem Grundgerüst eines neuen Klassifikationssystems der Blütenpflanzen geführt, das von allen früheren stark abweicht und das nun auf vielseitige Weise verbessert und erweitert werden muss («APG», 1998).

Heute steht demnach im Vordergrund der biologischen Systematik die Konstruktion von Stammbäumen, das «tree thinking» (DONOGHUE, 1994), die Verbesserung und Absi-

cherung der Konfiguration dieser Stammbäume mit verschiedenen Methoden. In Zukunft wird es aber ebenso wichtig sein, die neuen Stammbäume quasi mit Leben zu füllen. Auf Grund der neuerkannten phylogenetischen Zusammenhänge muss die Biologie und die Evolution der Eigenschaften dieser neuen Gruppen erkundet werden. Es müssen demnach vielfältige Synthesen geleistet werden.

2 DIE BEDEUTUNG VON HERBARIEN

Ursprünglich dienten Herbarien zur Aufstellung lokaler Floren, vom 18. Jahrhundert an vermehrt zur Erfassung der Flora der Welt. Auch heute bilden Herbarien nach wie vor die Grundlage für Florenwerke und für systematische Revisionen von Gattungen und Familien.

Unentbehrlich sind Herbarien für die Untersuchung der Variabilität, der geographischen Verbreitung und von Änderungen der Verbreitung und das Aussterben von Arten im Laufe der Zeit.

Herbarien bieten auf kleinstem Raum eine ungeheure Fülle an Information. Die Information ist äusserst vielschichtig und nur mit einer Vielzahl verschiedener Techniken extrahierbar.

Die Möglichkeiten, aus Herbarexemplaren biologische Information herauszuholen, waren schon seit längerer Zeit vielfältig. Morphologische und anatomische Studien an Sprossachsen, Laubblättern und Blüten, strukturelle Untersuchungen an Pollenoberflächen und chemische Untersuchungen über das Vorkommen von bestimmten Inhaltsstoffen (z. B. Flavonoiden) gehören zu den klassischen Herbartekniken.

In den letzten Jahren haben sich die Möglichkeiten bedeutend diversifiziert. Speziell wichtig geworden ist, dass auch DNA aus Herbarexemplaren für molekular-systematische Untersuchungen verwendet werden kann, sofern der Trocknungsprozess rasch verlief; sogar für fossiles Material ist dies in beschränkter Masse möglich (POINAR et al., 1993; SOLTIS & SOLTIS, 1993; SAVOLAINEN et al., 1995).

Auch junge Organe können in gewissen Fällen durch geeignete Verfahren an Herbarexemplaren annähernd so gut wie bei flüssig fixiertem Material wieder hergestellt werden, so dass z. B. die Blütenentwicklung mit dem Raster-Elektronenmikroskop verfolgt werden kann (ERBAR, 1995).

Der Verlauf von Pollenschläuchen in Griffeln kann an Herbariummaterial sichtbar gemacht werden. Dies kann bei grossangelegten vergleichenden fortpflanzungsbiologischen Untersuchungen einer grösseren Pflanzengruppe als flankierende Massnahme zu Experimenten an lebenden Pflanzen äusserst wichtig sein (PLITMANN, 1994).

Herbarien sind international vernetzt mit einem gut ausgebauten Tausch- und Ausleihverkehr. Zum Tausch dienen

Doubletten, d. h. Aufsammlungen eines Pflanzenindividuums, von dem gleichzeitig mehrere Herbarexemplare angefertigt wurden, oder von mehreren Individuen einer Art, die an einem Fundort gleichzeitig gesammelt wurden. Ausleihen sind unentbehrlich für systematische Revisionen und Monographien z. B. von Gattungen.

Herbarien sind aber nicht nur für die Forschung wichtig. Sie werden selbstverständlich auch in der Lehre eingesetzt. Auch für praktische Fragen sind sie unentbehrlich. Wenn Teile unbekannter Pflanzen rasch bestimmt werden müssen, z. B. bei Vergiftungsfällen, ist das oft nur mit Hilfe von Herbarexemplaren möglich.

3 DIE BEDEUTUNG BOTANISCHER GÄRTEN

Botanische Gärten haben viele Funktionen – für Forschung und Lehre an der Hochschule, für den Unterricht von Schülern und Erwachsenen und als wichtiger Erholungsraum für die Bevölkerung (siehe unten).

Botanische Gärten liefern lebende Pflanzen zur Untersuchung der Struktur und Entwicklung und für molekulare Studien. Vor allem eignen sie sich auch hervorragend für vergleichende Studien grösserer Verwandtschaftskreise, die im natürlichen Habitat nicht möglich wären, da nächstverwandte Arten oft geographisch weit voneinander entfernt vorkommen. Solche Arten können dann am selben Ort gleichzeitig und unter gleichen Bedingungen kultiviert werden. Auch an einzelnen Arten können Studien etwa der Fortpflanzungsbiologie oder Autökologie, für die sorgfältige Experimente nötig sind, in Botanischen Gärten unter kontrollierten Bedingungen weit besser durchgeführt werden als im natürlichen Habitat (BARRETT et al., 1996; KORNEGAY, 1998; PORTER, 1998; WILKEN, 1998).

Für genetische Untersuchungen der Mikroevolution, der Artbildung, sind Kulturen in einem Botanischen Garten ebenfalls nötig (RIESEBERG et al., 1996).

Eine zusätzliche Funktion, die in neuerer Zeit dazugekommen ist, ist die Kultur und Vermehrung gewisser in der Natur gefährdeter Arten mit dem Ziel, sie unter geeigneten Bedingungen wieder auszupflanzen (HEYWOOD, 1991; DUNN, 1998; KORNEGAY, 1998). Der Botanische Garten der Universität Zürich nimmt diese Aufgabe ebenfalls wahr (siehe unten).

Wie die Herbarien sind auch die Botanischen Gärten weltweit miteinander vernetzt. Der internationale Samentausch ist ein wichtiger, gut ausgebauter Service zwischen den Botanischen Gärten.

4 DIE BEDEUTUNG DER KOMBINATION DER SAMMLUNGEN FÜR FORSCHUNG UND LEHRE

Für Studien über die Systematik und Evolution der Pflanzen sind alle drei Ebenen – natürliches Habitat, Botanischer Garten und Herbar – unabdingbar, da sie sich gegenseitig ergänzen. Diese Mosaiksituation ist sehr charakteristisch für die Diversitätsforschung. In allen wichtigen globalen Forschungszentren der systematischen Botanik werden alle drei in Kombination ausgeschöpft.

(1) Im natürlichen Habitat kann man jeweils nur einzelne Arten untersuchen, dafür im vollen biologischen Kontext.

(2) Im Botanischen Garten sind sehr gerafft Exemplare vieler Arten nahe beieinander, aber sie stehen nicht im vollen biologischen Kontext (z. B. Fehlen von Populationen in natürlichem Umfang, Fehlen der Bestäuber). Die besondere Stärke ist, dass man z. B. leicht vergleichende Untersuchungen machen kann über Aspekte des reproduktiven Verhaltens nahe verwandter Taxa, die in der Natur unmöglich wären, da die Taxa weit voneinander entfernt vorkommen. Jedoch lassen sich nicht alle reproduktiven Aspekte untersuchen.

(3) Im Herbar hat man eine riesige Diversität von Taxa (systematische Einheiten) eng komprimiert beieinander. Nur im Herbar kann man sich eine Übersicht über grosse Taxa verschaffen. Jedoch kann man viel weniger Aspekte als bei lebenden Pflanzen untersuchen. Allerdings doch erstaunlich viel mehr, als man noch vor zehn Jahren gedacht hat (siehe oben).

Zum Herbar gehört auch eine Sammlung von flüssig fixierten Pflanzenteilen, die für strukturelle Untersuchungen wichtig sind, und – immer mehr – auch eine Sammlung von besonders rasch getrockneten Teilen für molekulare Untersuchungen.

5 WURZELN DER PFLANZENSYSTEMATIK IN ZÜRICH

Verfolgt man die Geschichte der Pflanzensystematik als Wissenschaft zurück bis zum Anfang der Neuzeit, so bleibt man bei Conrad Gessner in Zürich stecken. Vor etwa 440 Jahren war vielleicht nirgendwo sonst auf der Welt so viel wissenschaftliche Information über Pflanzen vorhanden wie in Zürich.

Nachdem zwar schon im Mittelalter in Italien einzelne Botanische Gärten eingerichtet worden waren, legte Conrad Gessner, international prominentester Gelehrter und Wissenschaftler seiner Zeit, in Zürich privat die ersten zwei botanischen Gärten nördlich der Alpen an. Dank seiner vielfältigen

wissenschaftlichen Verbindungen, die weite Teile Europas umspannten, konnte er zahlreiche auch exotische Pflanzen kultivieren.

Seine Hauptleistung in der Botanik – die Gärten waren mit einer Voraussetzung dazu – war aber seine weitreichende «Datensammlung», indem er, ebenso künstlerisch begabt, seine Pflanzen zeichnete und malte, teils auch Zeichnern in Arbeit gab. Den Abbildungen in den damaligen Kräuterbüchern sind sie weit überlegen. Künstlerisch sind sie den zeitgenössischen Pflanzendarstellungen von Leonardo da Vinci und Albrecht Dürer ebenbürtig, wissenschaftlich sind sie aber zugleich inhaltsreicher (ZOLLER, 1989). Denn Gessner stellte erstmals neben der ganzen Pflanze auch systematisch wichtige Details dar, wie etwa Früchte und Samen, und zudem dies nicht nur für einzelne Pflanzenarten, sondern eben für möglichst viele für ihn erreichbare. Sein Blick war also zugleich auf die Diversität wie auch auf das Detail einzelner Pflanzen gerichtet. Eine ganz wichtige Voraussetzung, um die Verwandtschaftsbeziehungen der Pflanzen aufzuspüren, ist damit von Conrad Gessner mehr als von allen andern vor ihm geschaffen worden: die kombinierte Sammlung einer grossen Zahl lebender Pflanzen und einer grossen Informationsmenge in Form von detaillierten Bildern. In Spuren hat Gessner bereits auch selber etwas von der natürlichen Verwandtschaft mit hierarchischem Muster gesehen. Er befasste sich auch mit der Verbreitung und Synonymie von Pflanzenarten.

Conrad Gessner starb in der Zeit seiner intensiven botanischen Arbeit, ohne das Werk zu einem gewissen Abschluss zu bringen und zu veröffentlichen. Seine Nachwirkung auf die Entwicklung der Botanik ist deshalb geringer geblieben als in andern Gebieten, die er in jüngern Jahren gefördert hatte. Erst heute wird seine botanische Pionierleistung mehr gewürdigt. Nachdem im 18. Jahrhundert ein kleinerer Teil seines botanischen Nachlasses herausgekommen war, sind die Abbildungen als qualitativ hervorragende Faksimiledrucke in acht grossen Bänden erst jetzt publiziert worden (ZOLLER et al., 1972–1980).

Die ältesten Herbarsammlungen, die heute quasi den Grundstock des Zürcher Herbars bilden, stammen aus dem 18. Jahrhundert. Sie wurden von Johann Jakob Scheuchzer und von Johannes Gessner (einem Nachfahren von Conrad Gessners Onkel) angelegt. Auch der erste «öffentliche» Botanische Garten, der anfänglich durch die Physikalische (heute: Naturforschende) Gesellschaft finanziert wurde, ist Johannes Gessner zu verdanken.

6 DIE BOTANISCHEN SAMMLUNGEN IN ZÜRICH SEIT DER GRÜNDUNG DER UNIVERSITÄT

Der um 1750 erbaute Botanische Garten der Physikalischen Gesellschaft in Zürich erlebte eine wechselvolle Geschichte mit seiner Zerstörung 1798/99 während der Belagerung Zürichs durch die Franzosen und Russen und mit einem Ortswechsel von der Walche ins Schimmelgut in Wiedikon (SCHINZ, 1937). Bei der Gründung der Universität 1833 wurde der Garten im Schimmelgut anfänglich auch für den Universitätsunterricht benützt. Aber bereits 1837 konnte ein staatlicher Botanischer Garten auf der Katz angelegt werden.

Seit der Gründung der Universität entwickelte sich das Institut mit den Sammlungen in drei wichtigen Etappen. Sie waren bedingt durch das langjährige Wirken von drei Persönlichkeiten, die je während 30 oder mehr Jahren das Institut leiteten. Fördernd wirkte sich dabei auch aus, dass es während der Amtszeit aller drei je eine Phase besonderer wirtschaftlicher Blüte und starker allgemeiner Entwicklung der Universität gab (ca. 1850–1865, 1900–1914, 1960–1975), die sie bestens zur Entfaltung des Instituts nutzten.

Oswald Heer (Direktor 1834–1882) baute den neuerrichteten Botanischen Garten auf der Katz zu einer reichen, vielbeachteten Sammlung aus, besonders auch unterstützt durch den hervorragenden Obergärtner Eduard Regel, der 1855 zum Direktor des Botanischen Gartens St. Petersburg berufen wurde. Die Herbarsammlung ging damals allerdings zum grössten Teil an das 1855 gegründete Eidgenössische Polytechnikum (seit 1911 ETH) über.

Hans Schinz (Direktor 1893–1929) unternahm mit grosser Energie den Neuaufbau der Herbarsammlung und einer global ausgerichteten Bibliothek und intensivierte die internationalen Kontakte. Er entwickelte auch den Botanischen Garten weiter, so gut dies in den engen räumlichen Grenzen möglich war. Lange Zeit stand ihm dabei als ausgezeichnete Kurator der Sammlungen Albert Thellung zur Seite.

Die stärkste Entwicklung vollzog sich unter Christopher D.K. Cook (Direktor seit 1968, seit 1993 Rotationssystem). Planung und Aufbau des bedeutend grösseren Botanischen Gartens an der Zollikerstrasse und der neuen Institutsgebäude fand in seiner Ära statt. Der Lehrkörper wurde in dieser Zeit vergrössert, so dass von 1976–1987 vier Professoren am Institut tätig waren, nach 1987 drei. Karl U. Kramer förderte umsichtig das Herbar. Ein bedeutender Schritt war auch, dass 1991 das Herbar der ETH, welches in den über hundert Jahren ebenfalls stark angewachsen war, wieder an die Universität zurückkam, und dass die vereinigte Sammlung hier nun gemeinsam von Personal der Universität und ETH betreut wird.

7 DIE BOTANISCHEN SAMMLUNGEN ZÜRICHS HEUTE IM VERGLEICH MIT ANDEREN ZENTREN

Die an der Universität vereinigten Herbarien der beiden Hochschulen Zürichs umfassen über 3 Millionen Exemplare von Pflanzen und Pilzen weltweit, aus schätzungsweise über 100 000 Arten (Abb. 1). In dieser Zahl eingeschlossen sind über 10 000 Typusexemplare, d. h. Exemplare von Originalaufsammlungen, auf denen die Erstbeschreibung von Arten beruht.

Damit hat Zürich das fünft- oder sechstgrösste Hochschulherbar der Welt. Es folgt hinter Harvard, Montpellier, Lyon und Florenz. Das Herbar in Berlin mit ebenfalls 3 Millionen Exemplaren, früher selbständiges staatliches Institut, ist vor wenigen Jahren zum Herbar der Freien Universität geworden und fügt sich nun auch in die Reihe der grössten Hochschulherbarien.

Die meisten Herbarien der Welt sind kleine Regionalherbarien. Nur wenige haben eine kritische Masse erreicht, welche globale Arbeiten ermöglicht. Im Zürcher Herbarium sind alle Gebiete der Welt vertreten, mit den Schwerpunkten Europa, Südwestafrika und Neukaledonien. Dies hat auch zur Folge, dass das Herbar in einen lebhaften internationalen Ausleihverkehr eingespannt ist: 1997 wurden 4366 Herbarexemplare an 41 Institutionen weltweit ausgeliehen; zudem arbeiteten 86 auswärtige Forscher aus dreissig Institutionen jeweils kürzere Zeit am Herbar.

Am Institut für Systematische Botanik der Universität Zürich sind im Moment 7 Wissenschaftler angestellt. Dazu kommen zwei von der ETH, die teilweise für die Herbar-



Abb. 1. Hauptraum des Herbariums beider Hochschulen Zürichs im Institut für Systematische Botanik der Universität.

Fig. 1. Main room of the herbarium of the University and the ETH in the Institute of Systematic Botany of the University of Zurich.

sammlung verantwortlich sind. Diese Zahlen sind sehr bescheiden etwa im Vergleich mit den gegenwärtig 119 Wissenschaftlern der Royal Botanic Gardens, Kew, dem grössten Pflanzensystematischen Institut Europas. Es umfasst einen riesigen Botanischen Garten, eines der grössten Herbarien (mit über 6 Millionen Exemplaren) und die Jodrell Laboratories, in denen viele Forschungsrichtungen der Pflanzensystematik vertreten sind, mit einem besonders grossen Zentrum der molekularen Systematik. Es ist zudem ein reines Forschungsinstitut ohne Lehrverpflichtungen.

An Instituten mit grossen Herbarien ist Forschung auf verschiedenen Ebenen möglich, von global bis lokal. Sie haben eine besondere Verpflichtung, weltweit zu forschen. Lokale Arbeiten werden an den meisten Hochschulen gemacht, an denen Botanische Institute eingerichtet sind. Dazu sind keine grossen Sammlungen nötig.

Alle Schweizer Universitäten (ausser der ETH), an denen Botanik vertreten ist, haben einen Botanischen Garten, neben Zürich auch Basel, Bern, Fribourg, Neuchâtel und Lausanne. Der Botanische Garten in Genève ist städtisch, wird aber auch von der Universität genutzt.

Das Besondere am Botanischen Garten Zürich ist, dass er nicht nur der Erholung und Erbauung des Publikums und dem Universitätsunterricht dient, wie die andern, sondern dass er in starkem Masse auch für die Forschung verwendet wird (siehe unten) (Abb. 2). Einerseits werden Pflanzen kultiviert, die speziell für Forschungsprojekte im natürlichen Habitat, z. B. in tropischen Gebieten, gesammelt wurden und nun weiter untersucht werden. Andererseits werden Arten in grösserer Individuenzahl für experimentelle Studien gezogen. Im Botanischen Garten sind insgesamt über 10 000 Pflanzenarten in Kultur; angestrebt wird dabei besonders auch eine grosse Diversität auf Familienebene. Im Gegensatz zum Herbarium fluktuiert die Diversität im Botanischen Garten stark. Viele Pflanzen sind nur kurzlebig und müssen jährlich neu angezogen oder durch andere Arten ersetzt werden.

Der Botanische Garten ist in einen internationalen Sammentauschverkehr eingespannt, der wichtig ist zur Aufrechterhaltung seiner Pflanzendiversität. 1997 wurden 3925 Samen-Portionen aus eigener Kultur an 317 Institutionen weltweit versandt, und zahlreiche Samen wurden im Gegenzug erhalten.

Die Öffentlichkeitsarbeit ist uns aber ein ebenso grosses Anliegen, was am besten durch einige Zahlen illustriert wird. Der Botanische Garten ist täglich offen. Er wird jährlich von über 100 000 Personen besucht und ist somit ein wichtiges Fenster der Universität. Das ganze Jahr hindurch wird jede Woche am Dienstag mittag eine öffentliche Führung veran-



Abb. 2. Tropenschauhaus des Botanischen Gartens der Universität Zürich, in dem auch Pflanzen für Forschung und Unterricht kultiviert werden.

Fig. 2. *Public tropical greenhouse of the Botanic Garden of the University of Zurich, in which also plants for research and teaching are cultivated.*

staltet, zusätzlich einmal pro Monat am Samstag nachmittag. Überdies werden zahlreiche Schulklassen aller Stufen und andere Gruppen durch den Garten geführt, dies auch unter der Mitarbeit von Studierenden der Botanik. 1997 nahmen insgesamt fast 6000 Personen an den Führungen teil. Zudem werden regelmässig Spezialausstellungen eingerichtet. Eine Spezialausstellung über Orchideen wurde im Februar 1998 während zwei Wochen von 17 000 Personen besucht. Im zentralen Raum zwischen den SchauGewächshäusern wurden 1997 vier Videoschauen eingerichtet. Diese Arbeiten werden auf der wissenschaftlichen Seite von Rolf Rutishauser, auf der gärtnerischen Seite von Peter Enz koordiniert.

Die Aktivitäten im Botanischen Garten werden wesentlich gefördert durch die Vereinigung der Freunde des Botanischen Gartens. Ein neuer Gartenteil für Färbepflanzen

konnte 1997 nur gebaut werden dank grosszügigen Zuwendungen der Vereinigung und anderer Sponsoren. Zudem übernahm die Vereinigung 1997 den Druck eines neuen Gartenführers über Wasserpflanzen. Im Alten Botanischen Garten, der ebenfalls weiterhin vom Institut für Systematische Botanik betreut wird, finanzierte die Stiftung «Pro Katz» 1997 die Einrichtung eines historischen «Gessner-Gartens», in welchem dieselben Pflanzenarten kultiviert werden wie vor 440 Jahren von Conrad Gessner (siehe oben).

Die global ausgerichtete Bibliothek beider Botanischer Institute der Universität enthält gegen 50 000 Bücher und 350 laufende Zeitschriften.

Diese gute Ausrüstung ermöglicht es auch, eine vielseitige Ausbildung in Systematischer Botanik zu vermitteln. Die Dozenten decken sowohl methodologisch mit Mikrosystematik, Makrosystematik und Molekularer Systematik als auch thematisch mit den wichtigsten Pflanzengruppen von den Blütenpflanzen über die Farne und Moose bis zu den Algen ein breites Spektrum des Gebietes ab. Das Institut für Systematische Botanik der Universität Zürich ist das einzige Hochschulinstitut in der Schweiz mit diesen Möglichkeiten.

Es muss hier angefügt werden, dass auch die Stadt Zürich in der Sukkulentsammlung eine wissenschaftlich ausgezeichnete und bei der Bevölkerung ebenfalls sehr beliebte Pflanzensammlung unterhält, die den Platz Zürich in der Kultur von Pflanzendiversität noch um ein gutes Stück bereichert. Zwischen den beiden Sammlungen besteht eine Zusammenarbeit im Austausch von Pflanzen und der Koordination von Anschaffungen.

8 FORSCHUNG DER ZÜRCHER PFLANZENSYSTEMATIKER

Die reichhaltigen Sammlungen des Instituts in Herbar, Garten und Bibliothek ermöglichen es, aus dem Vollen zu schöpfen und grössere synthetische Arbeiten durchzuführen, welche zu den wichtigen Aufgaben der systematischen Biologie gehören. Solche Werke der letzten paar Jahre sind eine Übersicht über alle Wasserpflanzengattungen der Welt (COOK, 1996a), eine Flora der aquatischen Pflanzen des indischen Subkontinents (COOK, 1996b) und ein Buch über die Diversität und Evolutionsbiologie der Blüten tropischer Pflanzen (ENDRESS, 1996). Dazu gehört auch die Mitarbeit an grossen international organisierten Florenwerken, z. B. Flora of China, Flora Mesoamericana, Flora Malesiana und an den gross angelegten Werken «The Families and Genera of Vascular Plants» und «Encyclopedia of Algal Genera», in denen alle

Familien und Gattungen von Spezialisten synthetisch dargestellt werden.

Phylogenetische Arbeiten betreffen die Anfangsphasen der Landpflanzen und der Blütenpflanzen, die beiden folgenreichsten Ereignisse in der evolutiven Geschichte der Pflanzen. Dies wird auf breiter Front durchgeführt, molekular und strukturell. Bei den basalen Landpflanzen wurden mit Hilfe mitochondrialer Introns die Lebermoose als basalste Gruppe identifiziert (QIU et al., 1998a). Die phylogenetischen Zusammenhänge bei den basalen Landpflanzen werden in einem Nationalfondsprojekt unter Verwendung mitochondrialer Genome weiterverfolgt. Für die basalen Angiospermen ist ein kombiniertes Projekt mit Genen aller drei Genome (aus den Chloroplasten, den Mitochondrien und dem Zellkern) geplant in Weiterführung der auf einem Chloroplastengen basierenden früheren Studien (QIU et al. 1998b). Bei den basalen Blütenpflanzen bringt auch eine vergleichende Studie der weiblichen Blütenorgane durch alle Familien hindurch (ebenfalls Nationalfondsprojekt) viele neue strukturelle Daten, die zur phylogenetischen Rekonstruktion mitverwendet werden können, und bringt zudem neue Aspekte zur Evolution der Angiospermie und der Samenanlagen (z. B. IGERSHHEIM & ENDRESS, 1998). Diese strukturellen Studien werden teilweise auch in engem Kontakt mit Palaeobotanikern und mit molekularen Entwicklungsbiologen durchgeführt.

Einzelne besonders prominente Taxa der basalen Blütenpflanzen werden auch nach weiteren Aspekten untersucht. So die nach neuesten molekularsystematischen Befunden (SOLLITIS et al., 1997) möglicherweise basalste Angiospermengattung *Amborella* (Abb. 3, 4). *Takhtajania*, eine lange Zeit ausgestorben geglaubte, 1997 in Madagaskar wieder entdeckte Gattung aus den Winteraceae, einer andern basalen Familie, konnte ebenfalls in die Untersuchungen einbezogen werden (SCHATZ et al., 1998; ENDRESS et al., 1999). Schliesslich konnten im Botanischen Garten erstmals vergleichend fortpflanzungsbiologische Aspekte bei Chloranthaceae (der Familie mit den ältesten bekannten Fossilien unter den Blütenpflanzen) untersucht werden, und zwar an Arten aus Südindien und Malesien, die in der Natur nicht zusammen vorkommen (BALTHAZAR & ENDRESS, 1999). Diese Untersuchungen sind auch Teile allgemeinerer Studien zur Blütenevolution (ENDRESS, 1997).

Die tropischen Regenwälder Ostaustraliens enthalten besonders viele basale Blütenpflanzenfamilien. Dies war mit ein Grund für ihren integralen Schutz in Form einer «World Heritage Region» der UNESCO (KETO & SCOTT, 1986). Das Projekt wurde beratend begleitet von Peter K. Endress. Wich-

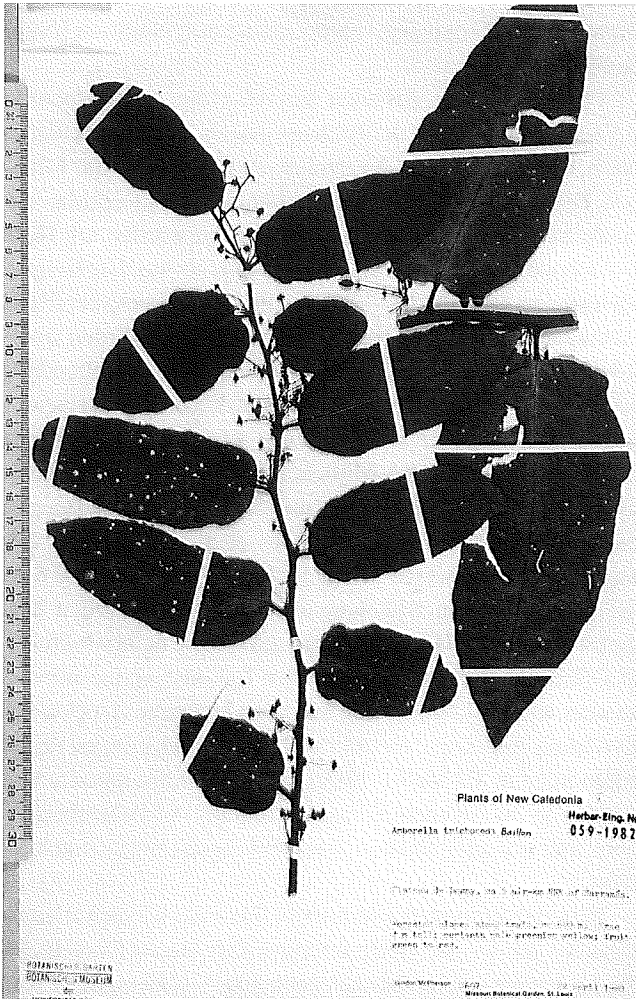


Abb. 3. Herbarexemplar von *Amborella trichopoda* aus der Sammlung der Universität Zürich. In der auf zwei Genen beruhenden molekularsystematischen Arbeit von SOLTIS et al. (1997) erscheint *Amborella* als basalste Gattung aller Blütenpflanzen.

Fig. 3. Herbarium specimen of *Amborella trichopoda* of the collections of the University of Zurich. In the molecular systematic analysis by SOLTIS et al. (1997) based on two genes *Amborella* appears at the base of all flowering plants.

tige Grundlagen zur Anlage von Schutzgebieten sind auch Florenwerke über speziell gefährdete Habitats. Gross angelegte Arbeiten von Christopher D.K. Cook über die Wasserpflanzenflora des Subkontinentes Indien (COOK, 1996b) und ein neues entsprechendes Projekt, welches das südliche Afrika umfasst, sind Beispiele dafür.

Arbeiten zur Mikroevolution konzentrieren sich auf Wasserpflanzen und Farne. Für die Studien von Christopher D.K. Cook über die Reproduktionsbiologie bei Alismatiden, einer grossen Gruppe von Wasserpflanzen, und über die Evolution der Wasserpflanzen allgemein, spielte wiederum der Botani-

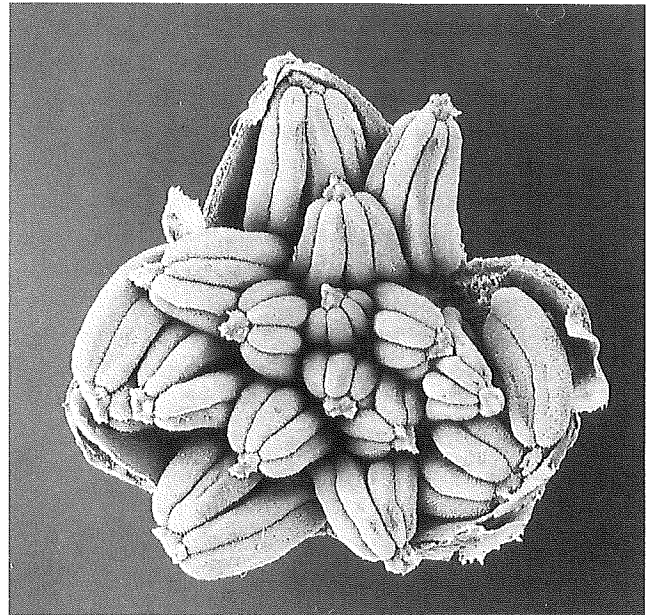


Abb. 4. Männliche Blüte von *Amborella trichopoda* (Durchmesser 3 mm) aus Kultur im Botanischen Garten der Universität Zürich.

Fig. 4. Male flower of *Amborella trichopoda* (diameter 3 mm) from cultivated specimen in the Botanic Garden of the University of Zurich.

sche Garten eine wichtige Rolle (COOK & GUO, 1990; CAMENISCH & COOK, 1996; COOK, 1999). Jakob Schneller untersucht die genetische Variation bei Farnarten zur Interpretation ihrer Entstehungsgeschichte (SCHNELLER et al., 1998). Es gibt allerdings auch Pflanzen, die nicht kultiviert werden können, wie die Podostemaceae, tropische Fliesswasserpflanzen, die lebend nur im natürlichen Habitat untersucht werden können. Sie sind jedoch vom evolutiven Standpunkt aus extrem interessant, da bei ihnen die bei höheren Pflanzen übliche Architektur auf den Kopf gestellt zu sein scheint (RUTISHAUSER, 1997).

Es ergibt sich von selbst, dass an einem Institut mit globalen Möglichkeiten auch regionale Projekte durchgeführt werden, wobei die guten Rahmenbedingungen die Qualität der Arbeiten günstig beeinflussen können. Als Beispiele seien Arbeiten genannt über die Biologie und Autökologie von Arten mit beschränkter Verbreitung in Mitteleuropa, die als ganze gefährdet sind. Unter der Anleitung von Rolf Rutishauser und Jakob Schneller wurden dazu verschiedene Diplomarbeiten und Dissertationen ausgeführt, so etwa über *Typha minima*, *Deschampsia littoralis*, *Myosotis rehsteineri*, *Utricularia bremii*, *Saxifraga mutata* (z. B. HOLDEREGGER, 1998). Ein praktischer Aspekt dieser Arbeiten ist die Vermehrung der Pflanzen im Botanischen Garten und das Neuaussetzen an geeigneten Stellen in Gebieten, wo Populationen der

Art stark gefährdet oder schon ausgestorben sind. Ein grösseres Projekt befasst sich mit der Verbreitung und dem Verbreitungsrückgang der Bryophyten in der Schweiz, welches von Edwin Urmi mit verschiedenen Mitarbeitern durchgeführt wird (URMI et al., 1997). Ein weiteres Projekt über die Ökologie und Systematik giftiger Cyanobakterien in alpinen Gewässern, die besonders durch Todesfälle bei Rindern bekannt geworden sind, wird von Hans R. Preisig unter Mitarbeit aus dem Institut für Pflanzenbiologie der Universität verfolgt (Nationalfonds-Projekt) (MEZ et al., 1997).

Während sich die Pflanzensystematiker der Universität auf Pflanzen konzentrieren, werden an der ETH vor allem Pilze untersucht. Der Konservator Egon Horak revidiert weltweit Gattungen von Basidiomyceten. Adrian Leuchtmann befasst sich mit der Biologie endophytischer Pilze.

Die Pflanzensystematik befindet sich heute wie die gesamte Biosystematik in einem Aufbruch. Nicht nur stehen ihr neue Techniken zur Verfügung, sondern auch neue Verbindungen mit andern Gebieten eröffnen sich, z. B. im Schnittpunkt mit der molekularen Entwicklungsbiologie, die prägnant als «Evo-Devo» bezeichnet wird. Die grosse Frage, wie die Komplexität und Diversität des Lebens auf unserer Erde evoluiert ist und wie sie sich angesichts des Wachstums der Weltbevölkerung verändert, wird die Biologie und die Menschheit in Zukunft mehr beschäftigen als in der Vergangenheit. Es ist zu hoffen, dass die guten Bedingungen für die Pflanzensystematik und die Biosystematik überhaupt in Zürich weiterhin erhalten und entwickelt werden können.

9 VERDANKUNGEN

Für wertvolle Informationen danke ich Professor Sir Ghilleen Prance, Direktor der Royal Botanic Gardens, Kew, ebenso Prof. Dr. Christopher D.K. Cook und Dr. Edwin Urmi vom Institut für Systematische Botanik der Universität Zürich.

10 LITERATUR

APG («The Angiosperm Phylogeny Group», bestehend aus 28 Autoren). 1998. An ordinal classification for the families of flowering plants. – *Ann. Missouri Bot. Gard.* 85, 531–553.

BACHMANN, K. 1998. Species as units of diversity: an outdated concept. – *Theory Biosci.* 117, 213–230.

BALMFORD, A., GREEN, M.J.B. & MURRAY, M.G. 1996. Using higher-taxon richness as a surrogate for species richness: I. Regional tests. – *Proc. Roy. Soc. London B* 263, 1267–1274.

BALTHAZAR, M., VON & ENDRESS, P.K. 1999. Floral bract function, flowering process and breeding systems of *Sarcandra* and *Chloranthus* (Chloranthaceae). – *Pl. Syst. Evol.* (im Druck).

BARRETT, S.C.H., HARDER, L.D. & WORLEY, A.C. 1996. The comparative biology of pollination and mating in flowering plants. – *Phil. Trans. Roy. Soc. London B* 351, 1271–1280.

BLACKMORE, S. 1996. Knowing the earth's biodiversity: Challenges for the infrastructure of systematic biology. – *Science* 274, 63–64.

CAMENISCH, M. & COOK, C.D.K. 1996. *Wiesneria triandra* (Dalzell) Micheli (Alismataceae): a rare and unusual south Indian endemic. – *Aquat. Bot.* 55, 165–171.

CHASE, M.W. & 41 weitere Autoren. 1993. Phylogenetics of seed plants: An analysis of nucleotide sequences from the plastid gene *rbcL*. – *Ann. Missouri Bot. Gard.* 80, 528–580.

CLARK, L. & 10 weitere Autoren. 1998. Proposal for a subfamilial reclassification of the Poaceae. In «Monocots II», K. Wilson (Ed.), p. 15. – University of New South Wales, Sydney.

COOK, C.D.K. 1996a. Aquatic plant book (ed. 2). – SPB Academic Publ., Amsterdam.

COOK, C.D.K. 1996b. Aquatic and wetland plants of India: A reference book and identification manual for the vascular plants found in permanent or seasonal fresh water in the subcontinent of India south of the Himalayas. – Oxford University Press, Oxford.

COOK, C.D.K. 1999. The number and kinds of embryo-bearing plants which have become aquatic: a survey. – *Persp. Pl. Ecol. Evol. Syst.* (im Druck).

COOK, C.D.K. & GUO, Y.-H. 1990. A contribution to the natural history of *Althenia filiformis* Petit (Zannichelliaceae). – *Aquat. Bot.* 38, 261–281.

CRANE, P.R., FRIIS, E.M. & PEDERSEN, K.R. 1995. The origin and early diversification of angiosperms. – *Nature* 374, 27–33.

DAVIS, J. & 10 weitere Autoren. 1998. A phylogeny of the grass family (Poaceae), as inferred from eight character sets. In «Monocots II», K. WILSON, (Ed.), p. 18. – University of New South Wales, Sydney.

DONOGHUE, M.J. 1994. Progress and prospects in reconstructing plant phylogeny. – *Ann. Missouri Bot. Gard.* 81, 405–418.

DOYLE, J.A. 1998. Molecules, morphology, fossils, and the relationship of angiosperms and Gnetales. – *Mol. Phylogen. Evol.* 9, 448–462.

DUNN, C.P. 1998. Botanic gardens as centers for plant conservation. – *Amer. J. Bot.* 85 (6, Suppl.), 105.

EHRlich, P.R. & WILSON, E.O. 1991. Biodiversity studies: Science and policy. – *Science* 253, 758–762.

ENDRESS, P.K. 1996. Diversity and evolutionary biology of tropical flowers (ed. 2). – Cambridge University Press, Cambridge.

- ENDRESS, P.K. 1997. Evolutionary biology of flowers: Prospects for the next century. In «Evolution and diversification of land plants», K. IWATSUKI & P.H. RAVEN (Eds.), pp. 99–119. – Springer, Tokyo.
- ENDRESS, P.K., IGRSHEIM, A., SAMPSON, F.B. & SCHATZ, G.E. 1999. The floral structure of *Takhtajania* and its systematic position in Winteraceae. – Ann. Missouri Bot. Gard. (eingereicht).
- ERBAR, C. 1995. On the floral development of *Sphenoclea zeylanica* (Sphenocleaceae, Campanulales) – SEM-investigations on herbarium material. – Bot. Jahrb. Syst. 117, 469–483.
- HEYWOOD, V.H. 1991. Developing a strategy for germplasm conservation in botanic gardens. In «Tropical botanic gardens: Their role in conservation and development», V.H. HEYWOOD & P.S. WYSE JACKSON (Eds.), pp. 11–23. – Academic Press, London.
- HEYWOOD, V.H. 1998. The species concept as a socio-cultural phenomenon – a source of the scientific dilemma. – Theory Biosci. 117, 203–212.
- HOLDEREGGER, R. 1998. Localized hybridization between *Saxifraga aizoides* and *S. mutata*: reproductive ecology of *S. x haussmannii* and implications for conservation. – Pl. Syst. Evol. 213, 21–41.
- HUMPHRIES, C.J., WILLIAMS, P.H. & VANE-WRIGHT, R.I. 1995. Measuring biodiversity value for conservation. – Ann. Rev. Ecol. Syst. 1995, 93–111.
- IGRSHEIM, A. & ENDRESS, P.K. 1998. Gynoecium diversity and systematics of the paleoherbs. – Bot. J. Linn. Soc. 127, 289–370.
- ILTIS, H.H., DOEBLEY, J.F., GUZMAN, M. & PAZY, B. 1979. *Zea diploperennis* (Gramineae): a new teosinte from Mexico. – Science 203, 186–188.
- KENRICK, P. & CRANE, P.R. 1997. The origin and early evolution of plants on land. – Nature 389, 33–39.
- KETO, A. & SCOTT, K. (Eds.), 1986. Tropical rain forests of North Queensland. Their conservation significance. – Australian Government Publishing Service, Canberra.
- KORNEGAY, J. 1998. Living collections for comparative research and as germplasm collections: The special value of tropical botanical gardens. – Amer. J. Bot. 85 (6, Suppl.), 106.
- LOVEJOY, T.E. 1994. The quantification of biodiversity: an esoteric quest or a vital component of sustainable development? – Phil. Trans. Roy. Soc. London B 345, 81–87.
- MEZ, K., BEATTIE, K.A., CODD, G.A., HANSELMANN, K., HAUSER, B., NAEGELI, H. & PREISIG, H.R. 1997. Identification of a microcystin in benthic cyanobacteria linked to cattle deaths on alpine pastures in Switzerland. – Europ. J. Phycol. 32, 111–117.
- MYERS, N. 1996. Environmental services of biodiversity. – Proc. Natl. Acad. Sci. USA 93, 2764–2769.
- NANDI, O.I., CHASE, M.W. & ENDRESS, P.K. 1998. A combined cladistic analysis of angiosperms using rbcL and non-molecular data sets. – Ann. Missouri Bot. Gard. 85, 137–212.
- NASON, J.D., HERRE, E.A. & HAMRICK, J.L. 1998. The breeding structure of a tropical keystone plant resource. – Nature 391, 685–687.
- NIXON, K.C. & WHEELER, Q.D. 1992. Measures of phylogenetic diversity. In «Extinction and the origins of species», M.J. NOVACEK & Q.D. WHEELER (Eds.), pp. 119–143. – Columbia University Press, New York.
- PLITMANN, U. 1994. Assessing functional reproductive traits from herbarium material: the test case of pollen tubes in pistils of Polemoniaceae. – Taxon 43, 63–69.
- POINAR, H.N., CANO, R.J., POINAR, G.O., Jr. 1993. DNA from an extinct plant. – Nature 363, 677.
- PORTER, J.M. 1998. The importance of living and preserved collections for broad and synthetic systematic research at botanical gardens: Examples from Polemoniaceae. – Amer. J. Bot. 85 (6, Suppl.), 106–107.
- POWER, M.E., TILMAN, D., ESTES, J.A., MENGE, B.A., BOND, W.J., MILLS, L.S., DAILY, G., CASTILLA, J.C., LUBCHENCO, J. & PAINE, R.T. 1996. Challenges in the quest for keystones. – BioScience 46, 609–620.
- PRANCE, G.T. 1995. Systematics, conservation and sustainable development. Biodiversity and Conservation 4, 490–500.
- PRANCE, G.T. 1998. Beyond the floras. – Austral. Syst. Bot. 11, 153–159.
- QIU, Y.-L., CHO, Y., COX, C. & PALMER, J.D. 1998a. The gain of three mitochondrial introns identifies liverworts as the earliest land plants. – Nature 394, 671–674.
- QIU, Y.-L., CHASE, M.W., HOOT, S.B., CONTI, E., CRANE, P.R., SYTSMA, K.J. & PARKS, C.R. 1998b. Phylogenetics of the Hamamelidaceae and their allies: parsimony analysis of nucleotide sequences of the plastid gene rbcL. – Int. J. Pl. Sci. 159, 891–905.
- RAVEN, P.H. & WILSON, E.O. 1992. A fifty-year plan for biodiversity surveys. – Science 258, 1099–1100.
- REID, W.V. 1998. Biodiversity hotspots. – Trends Ecol. Evol. 13, 275–280.
- RIESEBERG, L.H., SINERVO, B., LINDER, C.R., UNGERER, M.C. & ARIAS, D.M. 1996. Role of gene interactions in hybrid speciation: evidence from ancient and experimental hybrids. – Science 272, 741–745.
- RUTISHAUSER, R. 1997. Structural and developmental diversity in Podostemaceae (river-weeds). – Aquat. Bot. 57, 29–70.
- SAVOLAINEN, V., CUÉNOD, P., SPICHIGER, R., MARTINEZ, M.D.P., CRÈVECOEUR, M. & MANEN, J.-F. 1995. The use of herbarium specimens in DNA phylogenetics: evaluation and improvement. – Pl. Syst. Evol. 197, 87–98.
- SCHATZ, G., LOWRY II, P.P. & RAMISAMIHANTANIRINA, A. 1998. *Takhtajania perrieri* rediscovered. – Nature 391, IX, 133–134.
- SCHINZ, H. 1937. Der Botanische Garten und das Botanische Museum der Universität Zürich. – Vierteljahrsschr. Naturforsch. Ges. Zürich 80, Beibl. 29, 1–66.

- SCHNELLER, J., HOLDEREGGER, R., GUGERLI, F., EICHENBERGER, K. & LUTZ, E. 1998. Patterns of genetic variation detected by RAPDs suggest a single origin with subsequent mutations and long-distance dispersal in the apomictive fern *Dryopteris remota* (Dryopteridaceae). – Amer. J. Bot. 85, 1038–1042.
- SOLTIS, D.E., HIBSCH-JETTER, C., SOLTIS, P.S., CHASE, M.W. & FARRIS, J.S. 1997. Molecular phylogenetic relationships among angiosperms: an overview based on rbcL and 18S rDNA. In «Evolution and diversification of land plants», K. IWATSUKI & P.H. RAVEN (Eds.), pp. 157–178. – Springer, Tokyo.
- SOLTIS, P.S. & SOLTIS, D.E. 1993. Ancient DNA: prospects and limitations. – New Zeal. J. Bot. 31, 203–209.
- SYSTEMATICS AGENDA 2000. 1994. Systematics Agenda 2000: charting the biosphere. Technical report. – Consortium of the American Society of Plant Taxonomists, the Society of Systematic Biologists, and the Willi Hennig Society, in cooperation with the Association of Systematics Collections, New York, 34 pp.
- URMI, E., SCHUBIGER-BOSSARD, C., SCHNYDER, N., MÜLLER, N., LIENHARD, L., HOFMANN, H. & BISANG, I. 1997. Artenschutzkonzept für die Moose der Schweiz – Dokumentation. – BUWAL, Bern, 368 pp.
- VANE-WRIGHT, R.I. 1996. Systematics and the conservation of biological diversity. – Ann. Missouri Bot. Gard. 83, 47–57.
- WHEELER, Q.D. 1995. Systematics and biodiversity. Policies at higher levels. – BioScience, Suppl. 1995, S21–S28.
- WILKEN, D.H. 1998. The role of living collections in assessing plant reproductive biology. – Amer. J. Bot. 85 (6, Suppl.), 107.
- WILSON, E.O. 1992. The diversity of life. – Belknap Press of Harvard University Press, Cambridge, Mass.
- ZOLLER, H. 1989. Zum Wandel der Pflanzendarstellung während der Renaissance. Vom Beginn des 15. Jahrhunderts zu Leonardo da Vinci, Albrecht Dürer und Conrad Gessner. – Bauhinia 9, 109–123.
- ZOLLER, H., STEINMANN, M. & SCHMID, K. (Eds.), 1972–1980. Conradi Gesneri Historia Plantarum, Vol. 1–8. – Urs Graf, Dietikon.

Prof. Dr. Peter K. Endress, Institut für Systematische Botanik, Universität Zürich, Zollikerstrasse 107, CH-8008 Zürich
E-mail: pendress@systbot.unizh.ch