©Reinhold-Tüxen-Gesellschaft (http://www.reinhold-tuexen-gesellschaft.de/)

Ber. d. Reinh.-Tüxen-Ges. 13, 53-69. Hannover 2001

Der Beitrag pflanzensoziologischer Datenbanken zur vegetationsökologischen Forschung

- Jörg Ewald, Freising -

Abstract

The contribution of phytosociological databanks to vegetation ecological research

Phytosociological databanks hold relevés of plant composition in the form of plot-taxon-abundance relations, that allow rapid application of queries, filters and transformations. They are similar to databanks of herbarium specimens, but their units are intellectual representations of points in space and time (sampling events) instead of concrete objects. Alongside the basic idiotaxonomical and structural data, the storage of bibliographical, methodological and syntaxonomical metadata facilitates synthesis. Following the example of recent taxonomical databases, syntaxonomic modules should allow to manage and map the dynamics in the circumscription and naming of vegetation types. Where present, geo-ecological information allows to relate species and community types to environmental gradients. Intersection with GIS and links to chorological, morphological and life history databanks is expected to greatly promote the study of functional aspects of vegetation.

According to a worldwide survey the majority of existing phytosociological databanks were designed as the basis of vegetation classifications as required by land-use and conservation agencies and have only rarely been used to create and test explicit scientific theories. There appear to be technical, methodological and institutional obstacles to the efficient use of data: Some problems can be avoided by using the specifically designed software Turboveg offering various options for importing, re-coding and exporting data alongside with basic classification tools. Methodological and specifically idiotaxonomical problems can be countered by sound metadata management and use of widespread nomenclatural reference lists, but will likely remain the major challenge in matching up datasets. Finally, institutions and individuals competing for short-term funding are unlikely to invest into long-term storage and will often be reluctant to share data. Phytosociologists should strive to meet the standards that are being set for modern biological surveys, which may seem tedious, but will ultimately pay off in an increased recognition of the discipline.

The increasing recognition of the dynamic nature of both vegetation itself and of our knowledge about it should lead us to make phytosociological databanks permanent and growing public-domain archives of biological diversity closely related and complementary to herbariums and floristic surveys. Prospects for re-positioning phytosociology as a contribution to biodiversity informatics are discussed.

Zusammenfassung

Pflanzensoziologische Datenbanken enthalten Vegetationsaufnahmen in Form von Aufnahme-Art-Abundanz-Relationen, die ein rasches Abfragen, Filtern und Transformieren

©Reinhold-Tüxen-Gesellschaft (http://www.reinhold-tuexen-gesellschaft.de/)

erlauben. Im Prinzip entsprechen sie Datenbanken zur Verwaltung von Belegexemplaren in Herbarien, mit dem Unterschied, dass anstelle von konkreten Objekten intellektuelle Abbilder von Zuständen der Vegetation im Raum-Zeit-Kontinuum aufbewahrt werden. Den Kernbestand idiotaxonomischer und struktureller Daten ergänzend, erleichtern Metadaten zu Herkunft, Methoden und Syntaxonomie synthetische Auswertungen. Wie neuere taxonomische Datenbanken sollten syntaxonomische Module es erlauben, den Wandel in der Abgrenzung und Benennung von Vegetationseinheiten zu dokumentieren und nachzuvollziehen. Wo vorhanden, ermöglichen physiographische Daten das Studium der Umweltabhängigkeit von Arten und Vegetationstypen. Es ist zu erwarten, dass GIS-Verschneidungen und Verbindungen zu arealkundlichen, morphologischen und populationsbiologischen Datenbanken das Studium autökologischer und funktioneller Aspekte vorantreiben werden.

Eine weltweite Umfrage ergab, dass bestehende Datenbanken fast ausschließlich mit dem Ziel der Vegetationsklassifikation erstellt wurden, wie sie von Landnutzungs- und Naturschutzverwaltungen nachgefragt wird. Dagegen wurden große pflanzensoziologische Datenbestände bislang nur selten zur Entwicklung und Prüfung von wissenschaftlichen Hypothesen herangezogen. Technische, methodische und institutionelle Barrieren erschweren die Nutzung der Daten: Manche Probleme sind durch Benutzung der Turboveg-Software vermeidbar, die Import, Neukodierung und Export erleichtert sowie einfache Klassifkationsinstrumente anbietet. Methodische und insbesondere idiotaxonomische Inkompatibilitäten sind durch gute Dokumentation und Benutzung weit verbreiteter nomenklatorischer Checklisten abzumildern, werden aber wohl auch in Zukunft das größte Hindernis beim Vereinen von Datenbeständen bleiben. Schließlich kann nicht immer damit gerechnet werden, dass Institutionen und Personen, die um kurzfristige Forschungsgelder konkurrieren, in langfristige Datenbestände investieren und bereitwillig Daten austauschen.

Weil die Vegetation selbst ebenso dynamisch wie unsere Erkenntnis von ihr ist, sollten wir pflanzensoziologische Datenbanken zu langfristigen, wachsenden und der Öffentlichkeit zugänglichen Archiven biologischer Vielfalt ausbauen, die den Herbarien und floristischen Zentralstellen nah verwandt und komplementär sind. Die Voraussetzungen für eine entsprechende Neubewertung pflanzensoziologischer Daten im Rahmen einer Biodiversitäts-Informatik werden diskutiert.

1. Einführung

Die mitteleuropäische Tradition der Pflanzensoziologie im Sinne von Braun-Blanquet, Tüxen und Oberdorfer hat nicht nur ein umfassendes System zur Klassifikation und Benennung von Vegetationseinheiten hervorgebracht (DIERSCHKE 1994), sie hat vor allem nach relativ einheitlichen Methoden einen weltweit beispiellosen Corpus an floristischer und phytocoenologischer Detailinformation erarbeitet. Heinz Ellenberg hat bereits Anfang der 70er Jahre in Zürich einige Tausend Aufnahmen aus der Schweiz auf Lochkarten gestanzt. Es ist vielleicht kein Zufall, dass sich die darauf fußende Klassifikation, dargestellt im Atlas der Waldgesellschaften der Schweiz (ELLENBERG & KLÖTZLI 1972), als eine der meistverwendeten und haltbarsten erwiesen hat (KELLER et al. 1998).

Erstes und oberstes Anliegen dieses Beitrages ist zu zeigen, wie wertvoll pflanzensoziologisches Datenmaterial ist - unabhängig davon, ob es noch auf Papier oder bereits auf elektronischen Medien vorliegt, und das nicht nur im Hinblick auf das fortgesetzte klassische pflanzensoziologische Arbeiten, sondern gerade auf eine moderne, stärker quantitativ ausgerichtete Vegetationsökologie. Elektronische Datenbanken sind das Instrument der Wahl, wenn es darum geht, dieses Erbe zu sichern, zu verwalten, weiter wachsen zu lassen und heutigen wie kommenden Forschergenerationen zugänglich zu machen.

©Reinhold-Tüxen-Gesellschaft (http://www.reinhold-tuexen-gesellschaft.de/)

Die Verschneidungsmöglichkeiten, die sich aus großen, taxonomisch und räumlich expliziten digitalen Datenbeständen ergeben, stehen noch am Anfang. Im Folgenden soll aufgezeigt werden, wie diese Informationssysteme zu einer Drehscheibe für das interdisziplinäre Arbeiten von Freilandbotanikern, Pflanzensoziologen, Arealkundlern, Populationsbiologen und Ökophysiologen werden könnten. Dabei sollen existierende Hindernisse in der heutigen Wissenschaftslandschaft und ihren Institutionen nicht ausgeblendet werden. Das Ergebnis einer weltweiten Umfrage zu geplanten, im Werden begriffenen und bereits bestehenden pflanzensoziologischen Datenbanken öffnet den Blick auf die sich abzeichnende internationale Zusammenarbeit, und sollte als Ansporn verstanden werden, Leerstellen möglichst rasch zu schließen. Jüngere Beispiele für die Anwendung von Datenbanken sollen vor allem das über das traditionelle und wohl bekannte Geschäft der Vegetationsklassifikation hinausweisende Potential aufzeigen.

2. Struktur pflanzensoziologischer Information in relationalen Datenbanken

Wir alle sind mit dem Erscheinungsbild von Vegetationstabellen vertraut (Abb. 1). Um ihren Inhalt möglichst umfassend und elegant in ein Computersystem zu übertragen, muss die enthaltene Information in ihre Bestandteile zergliedert und in die Logik des Computers (Abb. 2) übertragen werden (vgl. EWALD 1995): Das Kernstück pflanzensoziologischer Information ist die Verknüpfung von geographischen („wo?“) mit taxonomischen („welche Art?“) und strukturellen Angaben („mit welcher Abundanz?“). Die gewohnte Form hierfür ist die aus Zeilen (Arten), Spalten (Aufnahmen) und Artmächtigkeitssymbolen (Abundanzen) bestehende Vegetationstabelle, eine Kreuzmatrix. In den meisten Datenbanken wird dieses Kernstück dagegen als einfache, aber äusserst lange Tabelle gehalten (Abb. 2). Man spricht von einer Relation, weil die Codes für Aufnahmen und Arten in Beziehung gesetzt werden (ZEHNDER 1985).

Dem taxonomischen Code einer Pflanzenart sind in einer eigenen Tabelle der Datenbank je nach Verfügbarkeit systematische und autökologische Daten wie Wuchs- und Lebensform

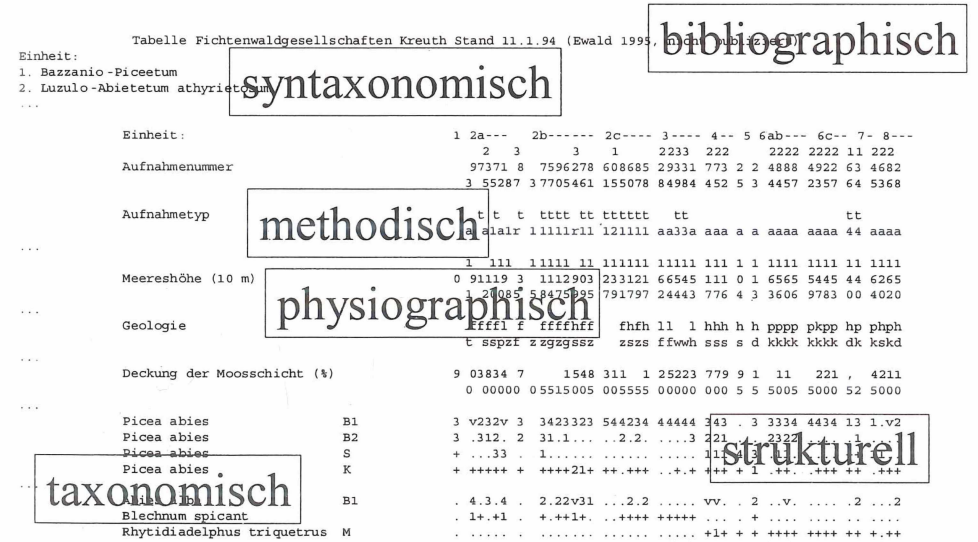

Abb. 1: Informationsgehalt einer charakterisierten Vegetationstabelle.

©Reinhold-Tüxen-Gesellschaft (http://www.reinhold-tuexen-gesellschaft.de/)

oder ökologische Zeigerwerte (ELLENBERG et al. 1991) zugeordnet. Über die Identifikation der Aufnahmenummer hinaus enthalten Tabellenköpfe meist Angaben zur Physiographie des Standortes wie Meereshöhe, Hangexposition und -neigung sowie Muttergestein. Wo verfügbar oder rekonstruierbar müssen hier insbesondere die Raumkoordinaten eingegeben werden. Wesentlich bei der Nutzung großer, heterogener Datenbestände sind ausserdem methodische Angaben: Wie groß war die beschriebene Aufnahmefläche? Erfolgte die Anordnung der Flächen im Gelände subjektiv, in einem systematischen Raster, entlang eines Transektes oder zufällig? Eine wesentliche methodische Information ist die verwendete Artmächtigkeitsskala, die eine nachträglich vereinheitlichte Gewichtung der Abundanz (z. B. über Deckungsklassenmitten) erlaubt. In der logischen Struktur der Datenbank wird dies durch eine eigene Relation Skala-Menge-Deckung bewerkstelligt (Abb. 2).

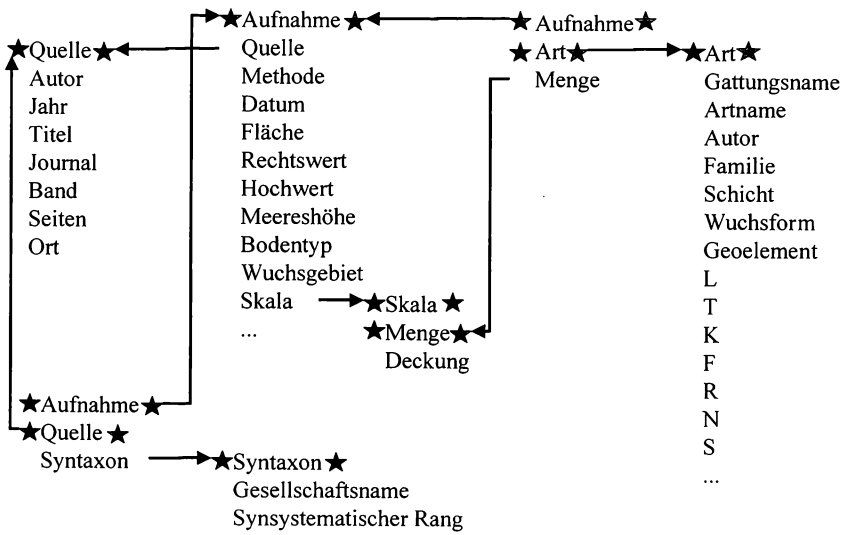

Abb. 2: Logische Struktur einer pflanzensoziologischen Datenbank; Sterne markieren mit Schlüsseln (Indizes) belegte Felder, über die die einzelnen logischen Module (Tabellen) verknüpft werden.

Schließlich muss über Urheberschaft und Publikationsort der Aufnahmen bibliographisch Buch geführt werden (Tabelle „Quelle" in Abb. 2). Bestehendes Aufnahmematerial gelangt oft in Form von charakterisierten Tabellen an die Pforten einer Datenbank, d. h. es wurde bereits ausgewertet und über die Zuordnung der Aufnahmen zu Vegetationstypen mit syntaxonomischer Information angereichert. Selbst wenn die Absicht besteht, das Aufnahmematerial mit Hilfe der Datenbank einer syntaxonomischen Bearbeitung zu unterziehen, die eine Neubewertung vieler Aufnahmen mit sich bringen wird, ist das Dokumentieren früher getroffener Zuordnungen mit Angabe der dafür verantwortlich zeichnenden Wissenschaftlerin und Publikation notwendig, was ebenfalls in dem Modul „Quellen" geschehen kann. Z. B. kann man auf dieser Basis das Schicksal von Typusaufnahmen verfolgen, was u. U. gewichtige nomenklatorische Konsequenzen hat. Allgemeiner gesagt, erlaubt es eine Datenbank, syntaxonomische Zuordnungen, unsere eigenen eingeschlossen, als Hypothesen anzusehen, die jederzeit aufgrund neuer Erkenntnis revidierbar sind. Abb. 2 verdeutlicht, über welche Relationen dies in einer Datenbank geschieht. Der Vorteil dieser Art der Speicherung ist, dass bei Bedarf selbst die verwickeltsten syntaxonomischen Revisionen, Umkombinierungen und Neubewertungen in einer Datenbank bis zur einzelnen Aufnahme hinab nachvollzogen, gewissermassen „kartiert" werden können.

©Reinhold-Tüxen-Gesellschaft (http://www.reinhold-tuexen-gesellschaft.de/)

Instabilität von Klassifizierungs- und Bennenungssystemen ist keine Besonderheit der Pflanzensoziologie (BERENDSOHN 1999). Vielmehr sitzen wir hier mit den Botanikern und Zoologen aus dem Bereich der Systematik im selben Boot. In der Tat gibt es viele Parallelen zwischen einem naturkundlichen Museum und einem pflanzensoziologischen Archiv: An Stelle konkreter Herbarbelege werden Momentaufnahmen der Vegetation in Raum und Zeit aufbewahrt und für die wissenschaftliche Bearbeitung bereitgehalten. Kernaufgabe ist das Konservieren der biologischen Grundinformation (der Aufnahmen) in möglichst reiner Form für Zwecke, die im einzelnen nicht vorhersehbar sind. Das syntaxonomische Wissen ist dem lediglich aufgesetzt, Wechsel in Benennung und Umgrenzung der Vegetationstypen werden gewissermassen in einem System elektronischer Revisionszettel nachgeführt. Es ist deshalb ein Trugschluss, das Hauptziel großer Datenbanken im Erstellen vermeintlich endgültiger Klassifikationen zu sehen. Es übersteigt den Rahmen dieses Artikels, pflanzensoziologische Datenbanken im Detail in ein umfassendes modernes Konzept naturwissenschaftlicher Sammlungen (BERENDSOHN et al. 1999a) einzuordnen. Diese komplexe Aufgabe steht jedoch an, wenn die Pflanzensoziologie in einer Biodiversitätsinformatik im Sinne von BEHRENDSOHN et al. (1999b) den ihr zustehenden Platz ausfüllen soll.

Sieht man von solchen konservatorischen Aufgaben einmal ab, so haben pflanzensoziologische Datenbanken das Potential, sich zu Drehscheiben von Wissenschaftlergruppen zu entwickeln. Beliebige Teilmengen der gespeicherten Daten können mühelos nach komplexen Kriterien ausgewählt, angeglichen, transformiert und in für geeignete Auswertungssoftware lesbarer Form ausgegeben werden. Als Beispiel sei die synoptische Bearbeitung der subalpinen Fichtenwälder in den Bayerischen Alpen genannt (EWALD 1999): Aus der bestehenden Datenbank BERGWALD mit mehr als 4.000 gespeicherten Vegetationsaufnahmen (EWALD 1994) wurden alle 251 Aufnahmen abgefragt, die in der physiographisch-klimatologisch definierten subalpinen Stufe (> 1.400 m bei schattseitiger, > 1.500 m bei sonnseitiger Auslage) aufgenommen worden waren und mit einer Baumschicht-Gesamtdeckung von mindestens 30 % als Wald i. w. S. anzusprechen waren. Nach Anpassung der Sippenliste auf ein einheitliches Niveau von Arten und Sammelarten wurde die Datenmatrix einer Ordination (DCA, PC-ORD, MCCUNE & MEFFORD 1999) unterworfen, die an Hand von mittleren Zeigerwerten (ELLENBERG et al. 1991) sowie von aus der Datenbank abgerufenen Umweltattributen interpretiert wurde. Nachdem sich eine automatisierte Klassifikation mit TWINSPAN als nur bedingt ökologisch interpretierbar erwies, wurde die Klassifikation in 6 Vegetationstypen durch manuelle Unterteilung des Ordinationsraumes vorgenommen. Die syntaxonomische Neubewertung der Aufnahmen wurde in die Datenbank zurückgespeichert, wo sie fortan als neues Gliederungskonzept abgerufen und mit anderen Klassifikationen verglichen werden kann.

3. Verknüpfung mit anderen Datenbanken

Über die taxonomischen Codes (Artnennungen) und die Aufnahmekoordinaten sind digital gespeicherte pflanzensoziologische Daten mit einer stetig wachsenden Zahl von anderen Datenverarbeitungssystemen verknüpfbar (Abb. 3).

Am naheliegendsten ist der Austausch zwischen pflanzensoziologischen Datenbanken unterschiedlichen Inhalts, etwa zwischen nationalen Datenbanken benachbarter Länder oder zwischen für bestimmte Vegetationstypen (z. B. Wald und Grünland) getrennt entwickelten Datenbanken. In der Regel wird vor erfolgreichem Datenaustausch eine Abgleichung sich inhaltlich entsprechender Datenstrukturen und die Einigung auf für beide Partner leicht ein- und auslesbare Dateiformate erforderlich sein. Für Arbeitsgruppen, die nicht über eigenes Know How im Programmieren und Bedienen von Datenbanken verfügen, erleichtert das

©Reinhold-Tüxen-Gesellschaft (http://www.reinhold-tuexen-gesellschaft.de/)

eigens für pflanzensoziologische Daten entwickelte Programm Turboveg (HENNEKENS 2001) den Aufbau einer eigenen Datenbank und den Austausch mit Arbeitsgruppen, die dasselbe System nutzen. Es ist hier auch möglich von unterschiedlichen Mitarbeitern betreute Teildatenbanken unter dem Dach einer übergeordneten Struktur zu betreiben. Ein nicht zu unterschätzendes Hindernis beim Vereinen von Daten unterschiedlicher Herkunft bleibt jedoch die Angleichung der Sippentaxonomie und -nomenklatur - eine ebenso zeitraubende wie anspruchsvolle Arbeit, die keinesfalls an Datentechniker oder Hilfskräfte delegiert werden kann. Hilfreich ist eine dynamische Programmierung, in der die Datenbank „lernt", wiederkehrende Synonymierungen automatisch vorzunehmen. Gerade bei grenzüberschreitenden Projekten wird es jedoch immer wieder zum Zusammentreffen weitgehend inkompatibler Standardlisten kommen, wofür ein entsprechender Zeit- und Personalaufwand eingeplant werden muss.

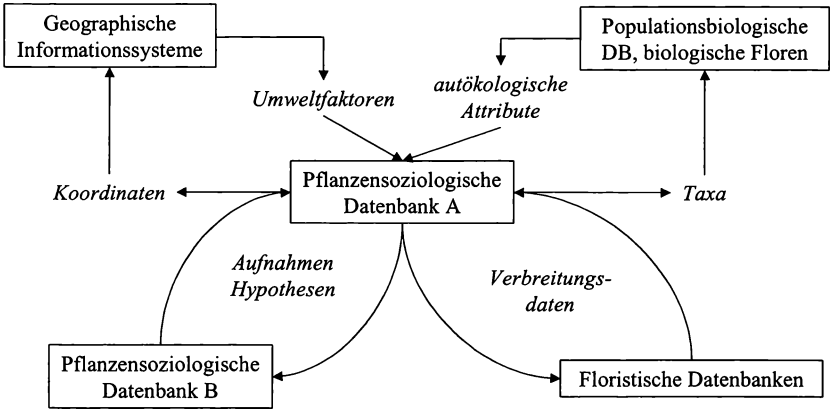

Abb. 3: Mögliche Verknüpfungen einer pflanzensoziologischen Datenbank mit anderen digitalen Informationssystemen.

Ein schier unerschöpfliches Potential liegt im Abrufen relevanter physiographischer Information aus Geographischen Informationssystemen (GIS). Eine bislang wenig wahrgenommene Anwendung ist die Planung von Stichprobendesigns, in denen bestimmte nach externen Kriterien definierte Teilmengen (Straten) systematisch oder zufällig beprobt werden (MANLY 2001), um aus der oft vorhandenen örtlichen Häufung von verfügbarem Aufnahmematerial (räumliche Autokorrelation) resultierende Fehlschlüsse zu vermeiden. OHMANN & SPIES (1998) erzeugten auf diese Art repräsentative Teildatensätze von Waldaufnahmen im amerikanischen Bundesstaat Oregon. Aus der Verschneidung mit interpolierten Klimamodellen bezogen sie Umweltvariablen, die mittels kanonischer Ordination zur Artenzusammensetzung in Beziehung gesetzt wurden. Mittels GIS konnten so räumlich explizite pflanzensoziologische Daten nachträglich mit Umweltvariablen hinterlegt werden.

Eine zweifache Chance für die Pflanzensoziologie liegt in den laufenden Fortschritten der autökologischen, morphologischen und populationsbiologischen Forschung. So werden demnächst die der Rothmaler-Flora für Deutschland zugrundeliegenden Informationen zu Wuchsform, Samenmorphologie und Verbreitungstyp auf CD-Rom verfügbar sein (JÄGER 2000, Klotz pers. Mitt.), und es wurde begonnen, die Erkenntnisse über Lebenszyklen (POSCHLOD et al. 2000) und Ausbreitungsbiologie (BONN 2000) zu digitalisieren. Für die Naturschutzpraxis sind ausserdem Rote Listen digital verfügbar (KÖPPEL et al. 2000). Für die nordwesteuropäische Flora wurden die Ergebnisse aller vorliegenden Samenbankanalysen digitalisiert, so dass für beliebige floristisch definierte Vegetationstypen Hollands (SCHAMINÉE et al. 1995 ff.) Profile der Samenausdauer erstellt werden konnten (BAKKER et al. 2000). Das letztere Beispiel

©Reinhold-Tüxen-Gesellschaft (http://www.reinhold-tuexen-gesellschaft.de/)

zeigt vorbildlich das Ineinandergreifen von pflanzensoziologischen und populationsbiologischen Datenbanken zum großen Gewinn beider Teildisziplinen der Vegetationsökologie: Hier werden für die Renaturierung von Pflanzengesellschaften relevante Hypothesen ausgetauscht und dank der bereits vorliegenden Daten effizient auf ihre Plausibilität geprüft.

So wie gute Pflanzensoziologen gute Floristen sein sollten, sind pflanzensoziologische Daten ein Sonderfall floristischer bzw. chorologischer Information, der sich durch einen hohen Grad an Vollständigkeit bei Abdecken kleiner Raumausschnitte (der Aufnahmeflächen) auszeichnet (AUSTIN 1998). In floristisch relativ wenig intensiv erforschten Gebieten wie den USA und Kanada liefern z. B. im Rahmen von forstlichen Inventuren erhobene Vegetationsdaten wenigstens für die häufigen und gut erkennbaren Sippen wertvolle Verbreitungsdaten. Erfahrungen im pazifischen Nordwesten der USA zeigen, dass pflanzensoziologische Daten bestehende chorologische Atlanten wie den von LITTLE (1971, 1976) substantiell verbessern können (Ohmann, pers. Mitt.). Diese alten Verbreitungskarten sind als Grundlage von Biodiversitätsstudien (CURRIE & PAQUIN 1987, O'BRIEN 1998) und Global Change-Szenarien populär (UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY 2001). Es ist eine wichtige Aufgabe, solchen Nutzern, die oft botanische Laien sind, klarzumachen, dass unvollkommene und überholte Daten unter Nutzung vegetationskundlicher Datenbanken mit vertretbarem Aufwand aktualisiert werden können.

Auch im floristisch intensiv durchforschten Mitteleuropa vervollständigen pflanzensoziologische Datenbanken bestehende Verbreitungskarten erheblich, wie am Beispiel der Datenbank BERGWALD (EWALD 1995) verdeutlicht sei: Für den bayerischen Alpenraum lieferte eine Abfrage der ca. 4.000 gespeicherten Wald-Vegetationsaufnahmen im Jahre 1998 148.557 einzelne Meldungen (14.936 eindeutige Sippenmeldungen) für 117 Rasterfelder (Messtischblattquadranten) an die Zentralstelle für die floristische Kartierung (Ahlmer, pers. Mitt.). Dem standen 66.157 bereits erfasste Sippenmeldungen in diesen Rasterfeldern gegenüber. 2.548 aus den pflanzensoziologischen Daten gewonnene Sippenmeldungen waren Neu- oder Wiederfunde (durchschnittlich 22 je Quadrant), was den Beitrag zur Verbesserung der in Vorbereitung befindlichen Neuauflage des Verbreitungsatlas von Deutschland (SCHÖNFELDER 1999) ermessen lässt.

Die Nutzung digitaler Karten von Sippenarealen für vegetationsökologische Fragestellungen steckt dagegen noch in den Kinderschuhen (vgl. aber BOLOGNINI & VELLUTI 1995), zumal der freie Zugang zu vollständigen digitalen Atlanten noch aussteht (SCHÖNFELDER 1999, UOTILA et al. 2001). Als Anwendungsgebiete zeichnen sich die Modellierung von Wahrscheinlichkeitskarten für bestimmte Vegetationstypen und die standort- bzw. gesellschaftsspezifische Abschätzung regional verfügbarer Artenreservoirs (species pools, ZOBEL et al. 1998) als Instrument der Biodiversitätsforschung ab.

4. Pflanzensoziologische Datenbanken weltweit

Als Grundlage dieses Artikels wurde eine weltweite Befragung von Vegetationskundlerinnen und Vegetationskundlern durchgeführt, die über einschlägige Internetseiten sowie auf Empfehlung von Kolleginnen und Kollegen ermittelt wurden. Es ist nicht auszuschließen, dass die resultierende Zusammenstellung noch Lücken aufweist. Der Autor ist für Ergänzungen äusserst dankbar. Jedem Datenbankbetreiber wurden die folgenden Fragen gestellt: (1) Mit welchem Ziel wurde die Datenbank erstellt? (2) Wie sind Datensammlung, Unterhalt und Verwaltung der Datenbank verankert? (3) Wie groß ist die Datenbank derzeit? (4) Wurden Verknüpfungen zu anderen pflanzensoziologischen Datenbanken etabliert? (5) Wurden formale Verknüpfungen zu arealkundlichen, ökologischen, klimatologischen, paläoökologischen

©Reinhold-Tüxen-Gesellschaft (http://www.reinhold-tuexen-gesellschaft.de/)

o. ä. Datenbanken hergestellt? (6) Wie öffentlich sind die Daten? Werden Daten auf Anfrage an Wissenschaftler weitergegeben?

In aller Regel wurde als Ziel der Datenbanken das Erstellen einer Vegetationsklassifikation angegeben. Nur wenige Wissenschaftler verfolgten spezifischere Ziele wie die Modellierung von Einzelarten oder die systematische Entwicklung von Klassifikationsmethoden. Auch der Datenaustausch mit anderen Datenbanken sowie die Hinterlegung mit anderen Themenlayern ist erst in Ausnahmefällen in die Tat umgesetzt worden.

Die Verteilung der bereits digitalisierten pflanzensoziologischen Aufnahmen nach Ländern ist den Abb. 4 und 5 zu entnehmen. Demnach sind pflanzensoziologische Datenbanken bisher auf die gemäßigten und subtropischen Zonen beschränkt, wo bereits mehr als 10^6 Einzelaufnahmen erfasst sind. Eine nahezu weltumspannende Abdeckung mit Aufnahmematerial zeichnet sich im nördlichen Nadelwaldgürtel ab: Besonders die nordamerikanischen Forstverwaltungen unterhalten hier umfangreiche Datenbanken, denen ein in Aufbau befindliches russisches System gegenübersteht.

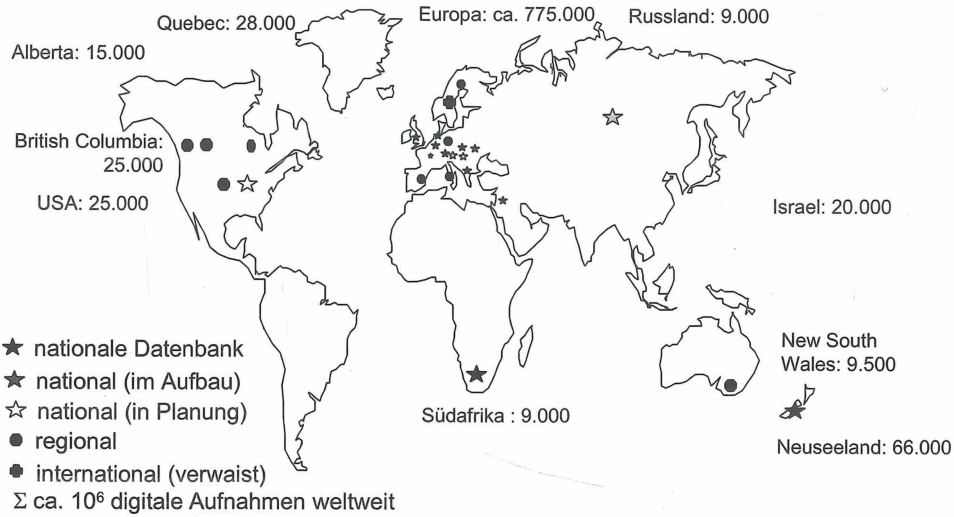

Abb. 4: Pflanzensoziologische Datenbanken weltweit; Kartengrundlage mit freundlicher Genehmigung der Houghton Mifflin Co. 1996.

Es ist nicht verwunderlich, dass es in Europa (Abb. 5) nicht nur die meisten pflanzensoziologischen Aufnahmen, sondern auch die meisten regionalen und nationalen Datenbanken gibt. So unterhalten in der Schweiz, in Frankreich, Großbritannien, den Niederlanden, Belgien, der Tschechischen und der Slowakischen Republik sowie in Griechenland Umweltagenturen, Universitäten oder wissenschaftliche Akademien bereits Datenbanken, die diese Länder nach Naturräumen und vorkommenden Vegetationstypen repräsentativ abdecken. In Österreich und Slowenien wurden institutionelle Voraussetzungen für den Aufbau von Datenbanken geschaffen. Dagegen ist es offenbar nicht gelungen, für die Datenbank des Nordic Vegetation Survey in Skandinavien (LAWESSON et al. 1997) eine stabile Heimat zu finden. Es sollte auch nicht übersehen werden, dass große Gebiete Europas, wie Portugal, Spanien, Irland, Deutschland, Italien, Polen, die baltischen Staaten, Weißrussland, Ukraine und die Balkanstaaten noch nicht über gut organisierte nationale Datenbanken verfügen. Der Weg zu einem funktionierenden gesamteuruopäischen Netzwerk ist deshalb noch weit.

In Deutschland existieren, wie möglicherwiese in manchen anderen Ländern, in denen der Autor weniger intensive persönliche Kontakte unterhält, bislang vor allem im Rahmen von

©Reinhold-Tüxen-Gesellschaft (http://www.reinhold-tuexen-gesellschaft.de/)

Dissertationen aufgebaute Einzeldatenbanken, meist mit recht engen thematischen und geographischen Schwerpunkten, deren Betreiber in ihrer Mehrzahl bereit sind, Daten für wissenschaftliche Zwecke weiterzugeben. Das Land Mecklenburg-Vorpommern ist das einzige Beispiel einer wenigstens regional umfassenden und am Umweltamt des Landes gut verankerten Datenbank.

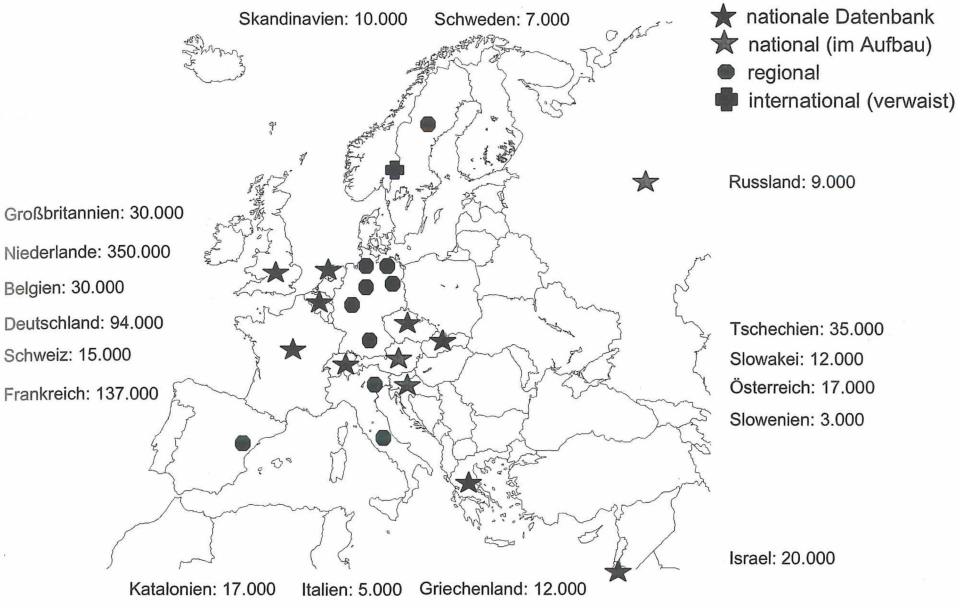

Abb. 5: Pflanzensoziologische Datenbanken in Europa; Kartengrundlage mit freundlicher Genehmigung der Houghton Mifflin Co. 1996.

Die meisten Datenbanken wurden unter der Prämisse erstellt, dass die Daten an Personen mit wissenschaftlichem Interesse weitergegeben werden können. Insbesondere von öffentlichen, steuerfinanzierten Einrichtungen wird diese Offenheit auch zunehmend erwartet. Mehrere nationale Agenturen planen daher eine Veröffentlichung ihrer Datenbanken im Internet. Es ist jedoch noch nicht klar, ob das direkte Herunterladen von Einzeldaten möglich sein wird, oder ob lediglich die Möglichkeit eröffnet wird, die Datenbestände zu durchsuchen, um dann um die Herausgabe von bestimmten Datensätzen bitten zu können. Die Metadaten der niederländischen Vegetationsdatenbank können bereits mit Hilfe des Programms SynBioSys im Internet abgefragt werden (http://www.alterra.nl/onderzoek/producten/websites/synbiosys/). Andere Internetseiten präsentieren bestimmte Aspekte der pflanzensoziologischen Datenbanken in aufbereiteter Form, vor allem Charakteristika von Vegetationstypen (Katalanien: http://biodiver.bio.ub.es/biocat/homepage.html) oder des soziologischen Verhaltens von Pflanzenarten (Frankreich: http://jupiter.u-3mrs.fr/~msc41www/) oder von beidem (Tschechische Republik: http://elanor.sci.muni.cz/botany/database.htm). Die neuseeländische Internetseite bietet Punktkarten der bereits vorliegenden Daten, elektronische Hilfsmittel und Anleitungen zum Abgeben neuer Daten (http://www.landcare.cri.nz/science/nvs/).

5. Spezifische Anwendungsgebiete für Datenbanken

Nach dem bisher Gesagten ist klar, dass pflanzensoziologische Datenbanken den Umgang mit Vegetationsdaten erleichtern, ganz unabhängig von der besonderen Fragestellung. Wo

©Reinhold-Tüxen-Gesellschaft (http://www.reinhold-tuexen-gesellschaft.de/)

aber liegen die neuartigen Anwendungen, die durch Datenbanken überhaupt erst möglich werden? Ich möchte Beispiele aus zwei klassischen Teildisziplinen der mitteleuropäischen Vegetationsökologie geben und einen Ausblick auf das weitgehend unausgeschöpfte Potential pflanzensoziologischer Daten für die Biodiversitätsforschung geben.

5.1 Vegetationsklassifikation

Die Konsolidierung und Erstellung von regionalen, nationalen und demnächst vielleicht internationalen Klassifikationssystemen bleibt, das zeigt die weltweite Umfrage, ein wichtiges Arbeitsgebiet vieler Vegetationsökologen und vordergründig der wichtigste Ansporn, pflanzensoziologische Datenbanken zu erstellen. Diese Tatsache steht in einem gewissen Widerspruch zur international tonangebenden, vorwiegend anglo-amerikanischen Wissenschaftskultur, in der die Beschreibung, Einteilung und Benennung von Vegetationstypen derzeit keinen hohen Stellenwert hat, bzw. aus erkenntnistheoretischen Gründen geradezu abgelehnt wird (z. B. WILSON 1991, KEDDY 1993). Dagegen zeigen jüngere Entwicklungen in der internationalen Naturschutzpraxis einen ungebrochenen Bedarf für stabile und handhabbare Klassifikationen (ANON. 1992, SCOTT et al. 1993, SCOTT & JENNINGS 1998, RÜCKRIEM & ROSCHER 1999). Welche methodischen Möglichkeiten werden durch Datenbanken eröffnet, um die Nachvollziehbarkeit und Haltbarkeit von Klassifikationen zu verbessern?

Die meisten vegetationskundliche Arbeiten begnügen sich damit, Vegetationseinheiten in Tabellen darzustellen und verbal zu beschreiben. Damit wird ein Abbild geliefert, das lediglich durch Anschauung, nicht aber durch strikte Klassifikationsregeln nachvollziehbar ist. Eine operationale Klassifikation sollte aber, dem Bestimmungsschlüssel einer Flora vergleichbar, klare Differentialmerkmale liefern, die die zweifelsfreie Zuordnung beliebiger neuer Vegetationsbestände aus ihrem Gültigkeitsbereich erlaubt. Derartige Schlüssel sind zuerst von KELLER (1979) für die Waldgesellschaften der Schweiz entwickelt worden. BRUELHEIDE's (1995) Klassifikation von Bergwiesen ist ganz auf numerisch hergeleitete Artengruppen aufgebaut, die eindeutige Zuordnungsmerkmale bilden. EWALD (1997) eichte an Hand eines Modelldatensatzes, der umfangreiche standortkundliche Daten einschloss, ökologisch aussagekräftige Trennartengruppen, die in einem zweiten Schritt der regionalen Klassifikation aller Bergmischwälder der Bayerischen Alpen zu Grunde gelegt wurden. Für die britische nationale Vegetationsklassifikation (RODWELL 1991 ff.) wurde nachträglich das Programm MATCH erarbeitet, das für neues Aufnahmematerial die bis zu 10 wahrscheinlichsten Zuordnungen liefert (MALLOCH 1999). Derartige explizite Klassifikationsregeln basieren nicht nur auf Datenbankauswertungen, ihre Anwendung ist ohne digital vorliegende Daten nicht praktikabel.

Elektronische Hilfsmittel erlauben es, immer umfangreichere Datensätze aus immer größeren Regionen im Detail zu vergleichen. Gegenüber der klassischen Arbeitsweise, in der die Ergebnisse von Lokalmonographien durch Addition von Stetigkeitsspalten zu regionalen Übersichtstabellen induktiv von unten her zusammengestellt wurden, bedeutet dies einen Fortschritt, dessen Tragweite man derzeit nur erahnen kann: Die von OBERDORFER (1968, 1970) sowie von W. & A. MATUSKIEWICZ (1981) entwickelten mehrdimensionalen Gliederungskonzepte können zum ersten Mal quantitativ durchexerziert werden. Sehr wahrscheinlich führt dies zu erheblichen syntaxonomischen Neubewertungen, die mit den regional etablierten Systemen nur teilweise kompatibel sein werden. Die an sich wünschenswerte Beschleunigung des Wissenszuwachses könnte eine erhebliche Destabilisierung der Klassifikationssysteme zur Folge haben. Werden sich die heute entstehenden nationalen Klassifikationen schon morgen im internationalen Zusammenhang als unvereinbar erweisen? In einem allgemeineren Zusammenhang haben ALLEN & STARR (1982) darauf hingewiesen, dass unser

©Reinhold-Tüxen-Gesellschaft (http://www.reinhold-tuexen-gesellschaft.de/)

Wissen über komplexe Systeme vom räumlichen und zeitlichen Kontext, dem „universe of investigation" abhängt.

An Hand der französischen Datenbank SOPHY haben BRISSE et al. (1998) begonnen, überregionale numerische Klassifikationen auf ihre Reproduzierbarkeit zu prüfen. BRISSE & GRUBER (1996) lieferten ausserdem ein Beispiel dafür, wie neu entstehende Lokalmonographien über eine nationale Datenbank unter voller Ausnutzung der floristischen Information und zum beiderseitigen Nutzen von vorn herein in ein bestehendes Wissenssystem eingebunden werden können. BRUELHEIDE & CHYTRY (2000) verglichen die Fähigkeit der numerischen Algorithmen TWINSPAN (HILL 1979) und COCKTAIL (BRUELHEIDE 1995), deutsche und tschechische Wiesen in kompatibler Weise zu klassifizieren. Die Ergebnisse von TWINSPAN waren stark kontextabhängig, was angesichts seiner weit verbreiteten Verwendung in jüngeren nationalen Klassifikationen (RODWELL 1991, SCHAMINÉE et al. 1995, DIEKMANN et al. 1999, LAWESSON 2000, WILLNER 2001) Probleme bei transeuropäischen Abgleichungen erwarten lässt.

Weder die leichtere Datenverfügbarkeit noch die Verwendung von numerischen Methoden werden die altbekannten Probleme der Vegetationsklassifikation aus dem Weg räumen. Im Gegenteil besteht die Gefahr, dass die neuen Möglichkeiten, konkurrierende Systeme zu vergleichen, anfangs zu noch größerer Uneinigkeit unter den Pflanzensoziologen führen wird. Meines Erachtens sollte deshalb der Aufbau internationaler Datenbanken von anerkannten Wissenschaftler-Gremien begleitet werden, die, jenseits der technischen Details, konsensfähige Ziele und Prinzipien von Klassifikationen formulieren.

5.2 Standortkunde

Um die Funktionen von Vegetation zu verstehen, müssen wir die Beziehungen der Pflanzenarten und ihrer Vergesellschaftungen zur Umwelt kennen (GLAVAČ 1996). Die diesbezüglichen Auswertemöglichkeiten von Datenbanken hängen stark von der Verfügbarkeit von physiographischen Daten ab. Im günstigsten Falle sind Vegetationsaufnahmen mit so viel physiographischer Information verknüpft, dass die Vegetationseinheiten als Standorttypen quantitativ gekennzeichnet werden können. Dieses Ziel wurde bereits von ELLENBERG & KLÖTZLI (1972) mit den sogenannten Gesellschaftssteckbriefen angedeutet. Vor allem norddeutsche Waldgesellschaften wurden an Beispieldatensätzen sehr genau auf ihre Abhängigkeit von bodenchemischen und -physikalischen Parametern untersucht (GRIMME 1977, GÖNNERT 1989, HAKES 1994, HÄRDTLE 1995, HEINKEN 1995). EWALD (1997) präsentierte ausführliche ökologische Steckbriefe der bayerischen Bergmischwälder, die nicht auf Idealisierungen beruhen, sondern auf der Basis aller jeweils verfügbarer Koinzidenzdaten berechnet sind (Abb. 6).

BRŽEZIECKI et al. (1993) legten die in der schweizerischen Walddatenbank dokumentierten Steckbriefe einer landesweiten Kartierung der potentiellen natürlichen Vegetation zu Grunde, indem sie für jede in einer geographischen Rasterzelle herrschende Kombination von Umweltfaktoren die wahrscheinlichste Vegetationseinheit auswählten. Später modellierten sie die erwartete Verschiebung der Vegetationseinheit unter Annahme einer Zunahme der Jahresdurchschnittstemperatur gemäß einem Global Change-Szenario (BRŽEZIECKI et al. 1995).

5.3 Biodiversiätsforschung

Mitteleuropäische Pflanzensoziologen haben bislang bemerkenswert wenige empirische Arbeiten zum Thema der Biodiversität beigetragen. Das ist insofern paradox, als einige der Grundsteine zur Erforschung der Diversität bereits sehr früh von Vegetationskundlern gelegt worden waren und als Vegetationsaufnahmen, selbst wenn sie nicht zu diesem Zweck ange-

©Reinhold-Tüxen-Gesellschaft (http://www.reinhold-tuexen-gesellschaft.de/)

fertigt wurden, immer auch Messungen der Artenvielfalt sind. Während also die für die Biodiversitätsforschung nötigen taxonomischen Daten vielfach in mühseliger interdisziplinärer Kooperation erarbeitet werden müssen, liegt in pflanzensoziologischen Archiven ein schier unerschöpflicher Datenfundus vor, der die Erkennung von Mustern und die Prüfung wesentlicher, aus theoretischer Überlegung oder Experimenten gewonnener Hypothesen erlaubt.

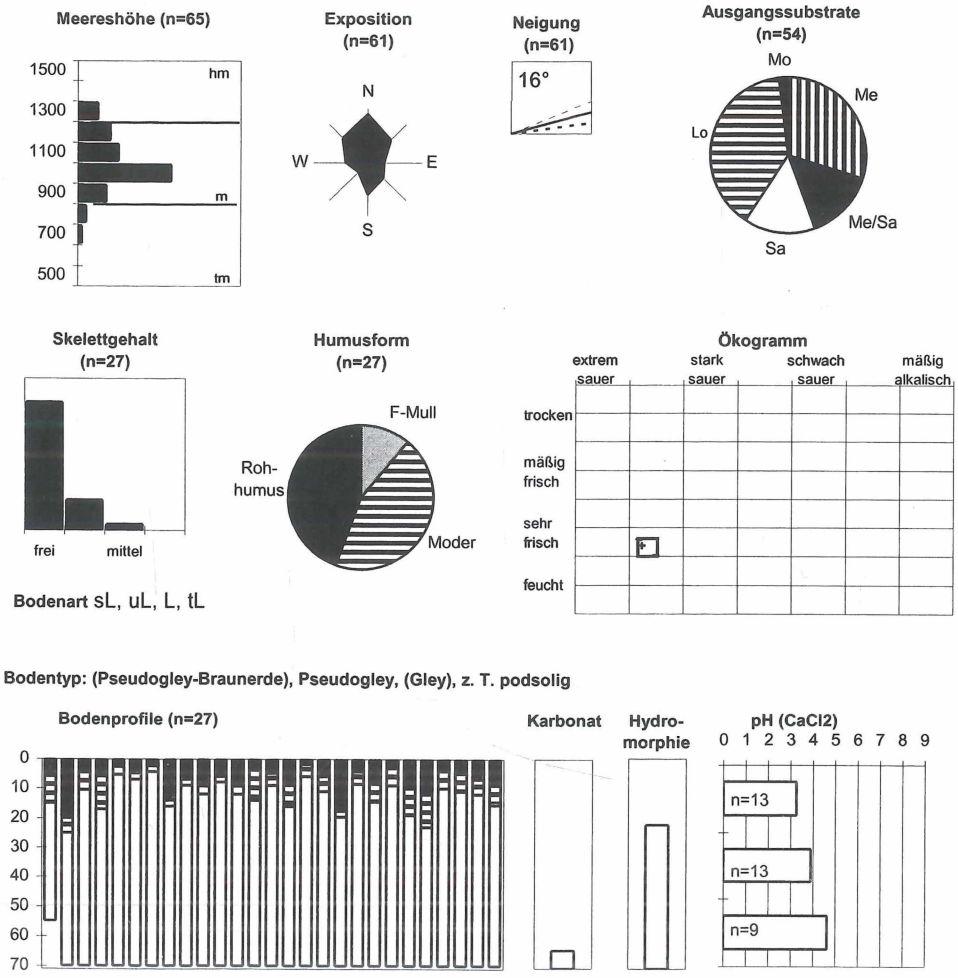

Abb. 6: Standortskundlicher Steckbrief einer pflanzensoziologischen Einheit (*Luzulo-Abietetum athyrietosum*) auf der Basis einer Datenbank; die Verteilungen zeigen die Bindung dieses Vegetationstyps an vernässende, tiefgründige und stark versauerte Lehm- und Tonböden; während die Meereshöhe für alle 65 gespeicherten Aufnahmen bekannt war, standen nur 13 pH-Messungen des Oberbodens zur Verfügung (aus EWALD 1997).

Die auch in deutschen Lehrbüchern viel zitierte alpha-, beta- und gamma-Diversität (WHITTAKER 1960, 1965) ist bemerkenswert selten explizit gemessen und noch seltener flächendeckend kartiert worden (WILSON & SHMIDA 1984). Aufbauend auf eine von OHMANN & SPIES (1998) erarbeitete pflanzensoziologische Datenbank der Wälder im amerikanischen Bundesstaat Oregon (6.984 Aufnahmen) wurden die in Abb. 7 dargestellten Karten entwickelt. Die drei Aspekte der Diversität sind für 152 ausgewählte Lokalitäten dargestellt, für

©Reinhold-Tüxen-Gesellschaft (http://www.reinhold-tuexen-gesellschaft.de/)

die individuelle Arten-Akkumulationskurven nach der Arrhenius-Formel (ROSENZWEIG 1995) erstellt wurden:

$$G = \alpha * n^{\beta}$$

Die geschätzte Gesamtartenzahl G der Wälder eines größeren Gebiets (hier festgelegt als 5.000 km²) ist demnach abhängig von der mittleren in n einheitlich großen Aufnahmeflächen beobachteten Artenzahl *a* und dem Exponenten *b*, der Werte zwischen 0 und 1 annimmt: Ist er Null, so ist die Artenzusammensetzung aller Flächen identisch, ist er 1, so hat jede Fläche eine komplett andere Zusammensetzung als alle anderen. Aus *a* und *b* lässt sich schließlich für eine normierte Aufnahmeintensität N die g-Diversität berechnen:

$$\gamma = \alpha * N^{\beta}$$

Alpha- und beta-Diversität folgen in Oregon unterschiedlichen Mustern, was jeder Waldlandschaft ihr charakteristisches Vielfaltsmuster verleiht: Bezogen auf herkömmliche Aufnahmeflächen von 500 m² sind die Hartlaub-Koniferenwälder im südlichen Kaskadengebirge und in den Klamath und Siskiyou Mts. Südwest-Oregons, das von der kalifornischen Flora beeinflusst ist, am artenreichsten, d. h. sie haben die höchste alpha-Diversität (Abb. 7, oben rechts). Dagegen ist der Wechsel der Artenzusammensetzung zwischen benachbarten Koniferenbeständen (beta-Diversität, Abb. 7, unten links) im östlichen Lee des Kaskadengebirges und der Blauen Berge Ostoregons am größten, obwohl hier pro Aufnahmefläche nur geringe bis mäßige Artenzahlen erreicht werden. Die Gesamtartenvielfalt der Waldlandschaften (gamma-Diversität) ergibt sich aus der Kombination beider Aspekte.

Große pflanzensoziologische Datenbanken bieten eine einzigartige Möglichkeit, das Wissen über Vegetationsbestände mit pflanzengeographischen Tatbeständen mathematisch zu verknüpfen. Dieses Auffüllen der Mesoskala, für die nur wenige empirische Daten vorhanden sind, ist eine wesentliche Voraussetzung für die erfolgreiche Modellierung von Artenpools (PÄRTEL et al. 1996, DUPRÉ 2000) und für die Entwicklung von hierarchischen Vegetationsmodellen (ALLEN & HOEKSTRA 1993).

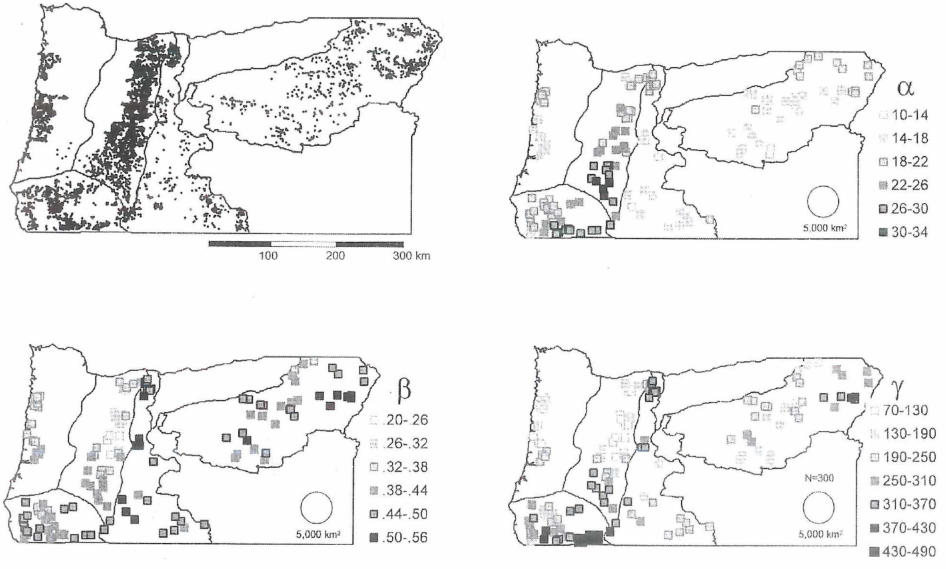

Abb. 7: Karten von alpha-, beta- und gamma-Diversität der Gefäßpflanzen in den Wäldern des amerikanischen Bundesstaates Oregon, abgeleitet aus einer Datenbank mit 6.984 über das Gebiet verteilten pflanzensoziologischen Aufnahmen (oben links); dargestellt ist die Diversität für eine Korngröße von 5.000 km².

©Reinhold-Tüxen-Gesellschaft (http://www.reinhold-tuexen-gesellschaft.de/)

6. Von der pflanzensoziologischen Datenbank zur Biodiversitätsinformatik?

Datenbanken erleichtern das klassische pflanzensoziologische Arbeiten und sind als Werkzeug bei der Bewältigung immer größerer Aufnahmemengen unverzichtbar. Nicht zuletzt in ihrer Verknüpfung mit anderen Datenquellen sind sie außerdem ein vorzügliches Instrument zum Formulieren und Prüfen von wissenschaftlichen Hypothesen. Vor diesem Hintergrund ist es ebenso erstaunlich wie bedauerlich, dass Deutschland als eines der am längsten und am intensivsten pflanzensoziologisch erforschten Länder keine umfassende Datenbank besitzt. Ein derartiges Archiv könnte ohne Zweifel als Katalysator für die Vegetationsforschung wirken. Ohne einen deutschen Beitrag sind europaweite Projekte, wie sie sich im Zuge der Europäisierung des Naturschutzes abzeichnen, kaum denkbar, so dass auch der internationale Erfolg der Pflanzensoziologie davon abhängen wird, ob wir in den kommenden Jahren aufschließen werden. Welche Voraussetzungen sind auf dem Weg dorthin zu beachten?

1. Wir sind auf die Bereitschaft von Vegetationskundlerinnen und Vegetationskundlern angewiesen, das von ihnen gesammelte und publizierte Aufnahmematerial zur allgemeinen Verfügung zu stellen.

Dies setzt Vertrauen und Gegenseitigkeit voraus. Die Publikation von Originaldaten hat für die oder den einzelnen natürlich Vorrang. Es wäre jedoch denkbar, dass pflanzensoziologische Zeitschriften das Abdrucken von Tabellen mit der Auflage verbinden, dass digitale oder digitalisierfähige Daten einer öffentlichen Datenbank zugeführt werden. Dieses Prozedere ist bei Gen- und Proteinsequenzen längst gängige Praxis und gehört zum Erfolgsrezept der Molekularbiologie. Die genauen Lokalitäten von Aufnahmen können aus Artenschutzgründen in einer Datenbank maskiert werden. Wichtig ist es, zentrale Datenbanken, ganz nach dem Vorbild botanischer Sammlungen, als öffentliche Einrichtungen zum maximalen Nutzen der gesamten Wissenschaftlergemeinde zu betreiben. Eine Datenbank muss deshalb dauerhaft mit Personal ausgestattet sein, das neue Daten entgegennimmt und Anfragen erledigt.

2. Der erfolgreiche Betrieb einer großen Datenbank erfordert ein Mindestmaß an finanzieller und personeller Kontinuität bei gleichzeitiger institutioneller Offenheit.

Die derzeitige Forschungs- und Förderungslandschaft mit vorherrschenden Drittmittelprojekten ist der Etablierung von Datenbanken nicht unbedingt förderlich. Kurzfristig um Mittel konkurrierende Hochschulwissenschaftler haben oft wenig Ansporn, in die dauerhafte Speicherung ihrer Ergebnisse zu investieren. Eine funktionierende Datenbank braucht deshalb eine Heimat, die einen Sockel an personeller, räumlicher und finanzieller Kontinuität gewährleistet. Um jedoch andererseits die Entstehung von Datenfriedhöfen zu vermeiden, muss die betreuende Institution eng mit der Wissenschaftsszene und ihrer Dynamik verknüpft bleiben.

3. Vernetzungen mit anderen Wissensgebieten und anderen Ländern müssen aktiv betrieben werden.

Biodiversitäts-Datenbanken und die durch sie inspirierte Forschung können Maßstäbe setzen für eine quantitative, theoriegetriebene organismische Biologie, die der fortschreitenden Spezialisierung Querschnittsfragestellungen und Verknüpfungen von bislang getrennten Wissensgebieten gegenüberstellt. In diesem Sinne müssen Vegetationsdatenbanken auf breiten Datenaustausch über disziplinäre und politische Grenzen hin konzipiert werden.

BERENDSOHN et al. (1999b) haben mit „Biodiversitätsinformatik“ als einem organismischen Gegenstück zur derzeit expandieren molekularen Bio-Informatik das Stichwort gegeben. Es ist an uns, der Pflanzensoziologie den ihr gebührenden Platz zu sichern.

©Reinhold-Tüxen-Gesellschaft (http://www.reinhold-tuexen-gesellschaft.de/)

Danksagung

Die Recherchen für diesen Beitrag führte ich als Gast des U. S. D. A. Forest Service und der Oregon State University, Corvallis sowie mit freundlicher finanzieller Unterstützung der Max-Kade-Foundation, New York, durch. Diesen Institutionen sowie allen Fachkollegen, die Informationen über ihre Datenbanken beisteuerten, gebührt mein herzlicher Dank.

7. Literatur

ALLEN, T. F. H. & HOEKSTRA, T. W. (1992): Toward a unified ecology. - Columbia University Press, New York.

ALLEN, T. F. H. & STARR, T. B. (1982): Hierarchy: perspectives for ecological complexity. - University of Chicago Press, Chicago.

ANONYMUS (1992): Council directive 92/43/EEC of 21 May 1992 on the conservation of natural habitats and of wild fauna and flora (Council of the European Communities). - Official Journal of the European Communities **35**: 7-50.

AUSTIN, M. P. (1998): An ecological perspective on biodiversity investigations: examples from Australian eucalypt forests. - Ann. Missouri Bot. Gard. **85**: 2-17.

BAKKER J. P., BEKKER, R. M. & THOMPSON, K. (2000): From seed bank database towards a seed database. - Z. Ökologie u. Naturschutz **9**: 61-72.

BERENDSOHN, W. G. (1999): Names, Taxa, and Information. - In: BLUM, S. (ed.): Proceedings of the Taxonomic Authority Files Workshop, Washington, DC, June 22-23, 1998 (http://research.calacademy.org/taf/proceedings/Berendsohn.html).

BERENDSOHN W. G., ANAGNOSTOPOULOS, A., HAGEDORN, G., JAKUPOVIC, J., NIMIS, P. L., VALDÉS, B., GÜNTSCH, A., PANKHURST, R. J. & WHITE, R. J. (1999a): A comprehensive reference model for biological collections and surveys. - Taxon **48**: 511-562 (http://www.bgbm.fu-berlin.de/biodivinf/docs/CollectionModel/).

BERENDSOHN W. G. , HÄUSER, C. L. & LAMPE, K.-H. (1999b): Biodiversitätsinformatik in Deutschland: Bestandsaufnahme und Perspektiven. - Bonner Zool. Monogr. **45**: 1-62 (http://www.bgbm.fu-berlin.de/BioDivInf/Docs/BinD/).

BOLOGNINI, G. & VELLUTI, C. (1995): A phytogeographic analysis of montane vegetation in the northern Apennines. - Arch. Gebot. **1**: 15-24.

BONN, S., POSCHLOD, P. & TACKENBERG, O. (2000): „Diasporus" - a database for diaspore dispersal - concept and applications in case studies for risk assessment. - Z. Ökologie u. Naturschutz **9**: 85-97.

BRISSE, H. & GRUBER, M. (1996): Jumelage de la prospection régionale d'un auteur avec une banque de données nationale en phytosociologie. - Bull. Soc. Hist. Nat., Toulouse **132**: 29-39.

BRISSE, H., GRANDJOUAN, G. & RUFFRAY, P. (1998): Repeatability of the french higher vegetation types according to socio-ecological hierarchies. - Annali di Botanica (Roma) **56**: 79-92.

BRUELHEIDE, H. (1995): Die Grünlandgesellschaften des Harzes und ihre Standortbedingungen. - Diss. Bot. **244**: 1-338.

BRUELHEIDE, H. & CHYTRY, M. (2000): Towards a unification of national vegetation classifications: a comparison of two methods for analysis of large datasets. - Journal of Vegetation Science **11**: 295-306.

BRŽEZIECKI, B., KIENAST, F. & WILDI, O. (1993): A simulated map of the potential natural forest vegetation of Switzerland. - Journal of Vegetation Science **4**: 499-508.

BRŽEZIECKI, B., KIENAST, F. & WILDI, O. (1995): Modelling potential impacts of climate change on the spatial distribution of zonal forest communities in Switzerland. - Journal of Vegetation Science **6**: 257-268.

CURRIE, D. J. & PAQUIN, V. 1987: Large-scale biogeographical patterns of species richness of trees. - Nature **329**: 326-327.

DIEKMANN, M., EILERTSEN, O., FREMSTAD, E., LAWESSON, J. E. & AUDE, E. (1999): Beech forest communities in the Nordic countries - a multivariate analysis. - Plant ecology **140**: 203-220.

DIERSCHKE, H. (1994): Pflanzensoziologie - Grundlagen und Methoden. - Ulmer, Stuttgart.

©Reinhold-Tüxen-Gesellschaft (http://www.reinhold-tuexen-gesellschaft.de/)

DUPRÉ, C. (2000): How to determine a regional species pool: a study in two Swedish regions. - Oikos **89**: 128-136.

ELLENBERG, H. & KLÖTZLI, F. (1972): Waldgesellschaften und Waldstandorte der Schweiz. - Mitt. Schweiz. Anst. Forst. Vers.wes. **48**: 586-930.

ELLENBERG, H., WEBER, H. E., DÜLL, R., WIRTH, V., WERNER, W. & PAULISSEN, D. (1991): Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. - Scripta Geobotanica **18**: 1-248.

EWALD, J. (1995): Eine vegetationskundliche Datenbank bayerischer Bergwälder. - Hoppea, Denkschr. Regensb. Bot. Ges. **56**: 453-465.

EWALD, J. (1997): Die Bergmischwälder der Bayerischen Alpen - Soziologie, Standortbindung und Verbreitung. - Diss. bot. **290**: 1-234.

EWALD, J. (1999): Soziologie und Standortbindung subalpiner Fichtenwälder in den Bayerischen Alpen. - Tuexenia **19**: 107-125.

GLAVAČ, V. (1996): Vegetationsökologie - Grundfragen, Aufgaben, Methoden. - G. Fischer, Jena.

GÖNNERT, T. (1989): Ökologische Bedingungen verschiedener Laubwaldgesellschaften des Nordwestdeutschen Tieflandes. - Diss. Bot. **136**: 1-224.

GRIMME, K. (1977): Wasser- und Nährstoffversorgung von Hangbuchenwäldern auf Kalk in der weiteren Umgebung von Göttingen. - Scripta Geobotanica **12**: 1-58.

HAKES, W. (1994): On the predictive power of numerical and Braun-Blanquet classification: an example from beechwoods. - Journal of Vegetation Science **5**: 153-160.

HÄRDTLE, W. (1995): Vegetation und Standort der Laubwaldgesellschaften (*Querco-Fagetea*) im nördlichen Schleswig-Holstein. - Mitt. AG Geobot. Schl.-Holst. u. Hamburg **48**: 1-441.

HEINKEN, TH. (1995): Naturnahe Laub- und Nadelwälder grundwasserferner Standorte im niedersächsischen Tiefland: Gliederung, Standortsbedingungen, Dynamik. - Diss. Bot. **239**: 1-311.

HENNEKENS, S. M. (2001): Turboveg for Windows. Alterra, Wageningen (http://www.alterra.nl/onderzoek/producten/websites/turboveg/default.htm)

HILL, M. O. (1979): TWINSPAN - A FORTRAN-program for arranging multivariate data in an ordered two-way table by classification of the individuals and attributes. - Ithaca.

JÄGER, E. J. (2000): A database on biological traits of the German flora - state of the art and need of investigation of the vegetative structures. - Z. Ökologie u. Naturschutz **9**: 53-59.

KEDDY, P. (1993): Do ecological communities exist? A reply to Bastow Wilson. - Journal of Vegetation Science **4**: 135-136.

KELLER, W. (1979): Ein Bestimmungsschlüssel für die Waldgesellschaften der Schweiz. - Schweiz. Zeitschr. Forstwes. **3**: 225-249.

KELLER, W., WOHLGEMUTH, TH., KUHN, N., SCHÜTZ, M. & WILDI, O. (1998): Waldgesellschaften der Schweiz auf floristischer Grundlage. - Mitt. Eidg. Forschungsanst. Wald, Schnee u. Landsch. **73**, Birmensdorf.

KÖPPEL, CH., SCHNITTLER, M., RENNWALD, E. & HIRNEISEN, N. (2000): A database of European Red Lists as a tool for risk assessment in endangered vascular plants. - Z. Ökologie u. Naturschutz **9**: 119-126.

LAWESSON, J. E., DIEKMANN, M., EILERTSEN, O., FOSAA, A. M. & HEIKKILÄ, H. (1997): The Nordic Vegetation Survey - concepts and perspectives. - Journal of Vegetation Science **8**: 455-458.

LAWESSON, J. E. (2000): Danish deciduous forest types. - Plant Ecology **151**: 199-221.

LITTLE, E. L. (1971): Atlas of United States trees. Volume 1. Conifers and important hardwoods. - USDA Forest Service Miscellaneous Publication 1146, Washington D. C..

LITTLE, E. L. (1976): Atlas of United States trees. Volume 3. Minor western hardwoods. - USDA Forest Service Miscellaneous Publication 1314, Washington D. C..

MALLOCH, A. J.C. (1999): MATCH version 2 for WINDOWS NT/95/98. - Unit of Vegetation Science, Lancaster University, Lancaster, U.K..

MANLY, B. F. J. (2001): Statistics for environmental science and management. - Chapman & Hall/CRC, Boca Raton.

MATUSZKIEWICZ, W. & MATUSKIEWICZ, A. (1981): Das Prinzip der mehrdimensionalen Gliederung der Vegetationseinheiten, erläutert am Beispiel der Eichen-Hainbuchenwälder in Polen. - In DIERSCHKE, H. (ed.): Syntaxonomie. Ber. Int. Sympos. Int. Ver. Veg.kde., S. 123-148.

MCCUNE, B. & MEFFORD, M. J. (1999): PC-ORD for Windows. Multivariate analysis of ecological data version 4.10. MJM Software, Gleneden Beach, Oregon.

©Reinhold-Tüxen-Gesellschaft (http://www.reinhold-tuexen-gesellschaft.de/)

MUCINA, L., BREDENKAMP, G. J., HOARE, D. B. & MCDONALD, D. J. (2000): A national vegetation database for South Africa. - South African Journal of Science **96**: 497-498.

OBERDORFER, E. (1968): Assoziation, Gebietsassoziation, geographische Rasse. - In TÜXEN, R. (ed.): Pflanzensoziologische Systematik. Ber. Sympos. Int. Ver. Veg.kde., S. 273-278.

OBERDORFER, E. (1970): Die pflanzensoziologischen Kriterien von Waldgesellschaften und deren Ordnungssystem. - Allg. Forst- u. Jagdztg. **141**: 1-5.

O'BRIEN, E. M. (1998): Water-energy dynamics, climate, and prediction of woody plant species richness: an interim general model. - Journal of Biogeography **25**: 279-398.

OHMANN, J. L. & SPIES, T. A. (1998): Regional gradient analysis and spatial pattern of woody plant communities of Oregon forests. - Ecological Monographs **68**: 151-182.

PÄRTEL, M., ZOBEL, M., ZOBEL, K. & VAN DER MAAREL, E. (1996): The species pool and ist relation to species richness - evidence from Estonian plant communities. - Oikos **75**: 111-117.

POSCHLOD, P., KLEYER, M. & TACKENBERG, O. (2000): Databases on life history traits as a tool for risk assessment in plant species. - Z. Ökologie u. Naturschutz **9**: 3-18.

RODWELL, J. (1991): British plant communities. Volume 1: Woodlands and scrub. - Cambridge University Press, Cambridge.

ROSENZWEIG, M. L. (1995): Species diversity in space and time. - Cambridge University Press, Cambridge.

SCHAMINÉE, J. H. J., STORTELDER, A. H. F. & HOMMEL, P. W. F. M. (1999): De Vegetatie van Nederland. 5. Plantengemeenschappen van ruitgen, struwelen en bossen. - Opulus, Uppsala.

SCHAMINÉE, J. H. J., STORTELDER, A. H. F. & WESTHOFF, V. (1995): De Vegetatie van Nederland. 1. Inleiding tot de plantensociologie: grondslagen, methoden en toepassingen. - Opulus, Uppsala.

SCHAMINÉE, J. H. J., WEEDA, E. J. & WESTHOFF, V. (1995): De Vegetatie van Nederland. 2. Plantengemeenschappen van wateren, moerassen en natte heiden. - Opulus, Uppsala.

SCHAMINÉE, J. H. J., WEEDA, E. J. & WESTHOFF, V. (1998): De Vegetatie van Nederland. 4. Plantengemeenschappen van de kust en van binnenlandse pioniermilieus. - pulus, Uppsala.

SCHÖNFELDER, P. 1999: Mapping the flora of Germany. - Acta Bot. Fennica **162**: 43-53.

SCOTT, J. M. & JENNINGS, M. D. (1998): Large-area mapping of biodiversity. - Ann. Missouri Bot. Gard. **85**: 34-47.

SCOTT, J. M., DAVIS, F., CSUTI, B., NOSS, R., BUTTERFIELD, B., GROVES, C., ANDERSON, H., CAICCO, S., D'ERCHIA, F., EDWARDS, JR., T. C., ULLIMAN, J. & WRIGHT, R. G. (1993): Gap analysis: a geographic approach to protection of biological diversity. - Wildlife Monographs **123**: 1-41.

UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY (2001): Climate, Land Use, and Environmental Sensitivity (CLUES). U. S. Department of the interior (http://climchange.cr.usgs.gov/info/veg-clim/).

UOTILA, P., KURTTO, A. & JUNIKKA, L. (2001): Atlas florae europaeae. - Botanical Musem of the Finnish Museum of Natural History, Helsinki (http://www.fmnh.helsinki.fi//map/afe/E_afe.htm?pageid=571 &language=English).

WHITTAKER, R. H. (1960): Vegetation of the Siskiyou Mountains, Oregon and California. - Ecol. Monographs **30**: 279-338.

WHITTAKER, R. H. (1965): Dominance and diversity in land plant communities. - Science **147**: 250-260.

WILLNER, W. (2001): Systematik, Verbreitung und Ökologie der südmitteleuropäischen Buchenwälder. - Dissertation, Univ. Wien.

WILSON, J. B. (1991): Does vegetation science exist? - Journal of Vegetation Science **2**: 289-290.

WILSON, M. V. & SHMIDA, A. (1984): Measuring beta diversity with presence absence data. - Journal of Ecology **72**: 1055-1064.

ZEHNDER, C. A. (1985): Informationssysteme und Datenbanken. - 3. Aufl.. Verlag der Fachvereine, Zürich.

ZOBEL, M., VAN DER MAAREL, E. & DUPRÉ, C. (1998): Species pool: the concept, its determination and significance for community restoration. - Applied Vegetation Science **1**: 55-66.

Anschrift des Verfassers:
Prof. Dr. Jörg Ewald, Fachhochschule Weihenstephan, 85350 Freising
e-mail: joerg.ewald@fh-weihenstephan.de

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Berichte der Reinhold-Tüxen-Gesellschaft

Jahr/Year: 2001

Band/Volume: 13

Autor(en)/Author(s): Ewald Jörg

Artikel/Article: Der Beitrag pflanzensoziologischer Datenbanken zur vegetationsökologischen Forschung 53-69