©Floristisch-soziologische Arbeitsgemeinschaft; www.tuexenia.de; download unter www.zobodat.at

Tuexenia 6: 365–377. Göttingen 1986

Grenzen und Möglichkeiten der Datenanalyse in der Pflanzenökologie[1)]

- Gerhard Wiegleb -

Der Mensch zeigt seine Vernunft nicht durch Festhalten an starren Ideen, stereotypen Verfahren und unwandelbaren Begriffen, sondern dadurch, wie und wann er diese Ideen, Verfahren und Begriffe abändert.

(S.TOULMIN)

ZUSAMMENFASSUNG

Grenzen und Möglichkeiten der Datenanalyse in der Pflanzenökologie werden diskutiert. Dabei steht die Analyse von reinen Vegetationsdaten im Vordergrund. Dazu werden 5 Thesen aufgestellt. Die weitgehende Identität der Ziele der Klassifikation und Ordination wird aufgezeigt. Die Verwandtschaft der numerischen Klassifikation mit der BRAUN-BLANQUET-Schule wird dargestellt.
Allen Arten von Vegetationsanalyse gemeinsame Ziele (Datenreduktion, Hypothesenbildung, noise reduction) werden erläutert. 2 Grundannahmen der Vegetationsanalyse werden geprüft. Diese sind der vermutete starke Effekt der kontinuierlichen, meßbaren Habitatsparameter auf die Zusammensetzung der Vegetation und das taxonomische Artkonzept. Beides kann in vielen Fällen nicht einfach vorausgesetzt werden.
Zusätzlich wird die Schwierigkeit der Analyse des Zusammenhanges zwischen Vegetationsdaten und ökologischen Parametern bzw. künstlichen Indizes diskutiert. Alle Analysen führen zu dem Vorschlag, das Vegetationskonzept als Ganzes als analytischen Begriff in Frage zu stellen.

ABSTRACT

Possibilities and restrictions of data analysis in vegetation science are discussed. The analysis of pure vegetation data is of special interest, and five theses are proposed. Aims of classification and ordination approaches are identified. The close relationship of the numerical classification tradition with the BRAUN-BLANQUET school is shown. Data reduction, hypothesis formation, and noise reduction are aims common to all types of data analysis. Two basic assumptions of vegetation analysis are examined: the supposed dominant effect of continous, measurable habitat parameters on the vegetation composition and the taxonomical concept of species. Both cannot be simply assumed in many cases. In addition difficulties in analyzing the correlation between vegetation data and ecological parameters or artificial indices are discussed. All analyses lead to the recommendation to abandon the concept of vegetation as an analytical tool.

EINLEITUNG

Statistische Methoden haben inzwischen in der Pflanzenökologie eine weite Verbreitung gefunden. Mit FRANKENBERG (1982) ist der erste deutschsprachige Versuch eines Lehrbuches erschienen. Unter "statistisch" wird im folgenden die Gesamtheit aller probabilistischen und nicht-probabilistischen Methoden verstanden, die auch schon LAMBERT & DALE (1964) in ihre Überlegungen einbeziehen. Die

---

1) Nach einem Vortrag, gehalten auf dem Arbeitstreffen über "Numerische Methoden in der Pflanzensoziologie" in Erlangen, 4.-6.3.1985.

©Floristisch-soziologische Arbeitsgemeinschaft; www.tuexenia.de; download unter www.zobodat.at

Ausdrücke "numerisch" und "multivariat" wären zu eng begrenzt, "mathematisch" und "quantitativ" dagegen zu weit gefaßt.

Statistische Methoden werden in allen Teilgebieten der Pflanzenökologie angewandt, vor allem in Bezug auf:
1. Analyse von Vegetationsdaten.
2. Analyse des Zusammenhanges zwischen Vegetationsdaten und ökologischen Daten.
3. Analyse des Zusammenhanges zwischen Vegetationsdaten und künstlichen Indizes, z.B. Zeigerwerten u.ä.
4. Strukturelle Analyse von ökologischen Meßwerten.

Alle diese Teilgebiete haben ihre eigene Geschichte und ihre eigene unterschiedliche Problemlage, so daß sie getrennt behandelt werden können.

Die Ausführungen basieren auf Erfahrungen mit statistischen Methoden, die an verschiedenen Datensätzen erprobt wurden (vgl. WIEGLEB 1978, 1980, 1981, 1982, 1983, 1984). Im folgenden soll vor allem Bezug genommen werden auf Probleme, die aus Analysen des Gebietes 1 resultieren, ohne jedoch wichtige Aspekte der Gebiete 2 und 3 zu vernachlässigen.

THEORETISCHER TEIL

1. Analyse von Vegetationsdaten

Die Analyse von Vegetationsdaten ist das am stärksten umkämpfte Feld der Pflanzensoziologie. Den frühen Methodenstreit hat WHITTAKER (1962) dokumentiert. Bereits in der ersten Hälfte des Jahrhunderts gab es immer wieder Ansätze zur statistischen Bearbeitung pflanzenökologischer Probleme. Vor allem die Namen JACCARD, KULCZYNSKI, RAMENSKY, RAUNKIAER, DE VRIES, SÖRENSEN, TUOMIKOSKI, und LINKOLA sind damit verbunden (WHITTAKER 1962). Eine statistische Tradition im heutigen Sinne entwickelte sich erst nach dem 2. Weltkrieg (vgl. Review GREIG-SMITH 1980). Zwei Gegensatzpaare haben die Gemüter bewegt und sind oft in Form sich ausschließender Schulen oder Weltanschauungen diskutiert worden:

1. Ordination vs. Klassifikation und
2. innerhalb der Klassifikation numerischer Ansatz vs. BRAUN-BLANQUET-Methode.

Innerhalb der Ordinationsverfechter gibt es solch einen zusätzlichen prinzipiellen Methodenstreit nicht.

T h e s e 1 : Ordination und Klassifikation sind Ansätze mit identischen Zielen, die keine unterschiedlichen Grundannahmen über das Wesen der Vegetation bedingen.

Ordination war von Beginn an statistisch-numerisch (vgl. GAUCH 1982, FRANKENBERG 1982). Theoretisch leitet sich die Ordination aus dem "individualistic concept" von GLEASON (1926) und RAMENSKY (1930) ab. In den Ausführungen beider Autoren werden Ordinationsmodelle mehr oder weniger explizit dargestellt. Mit dem "individualistic concept" ist die Kontinuumtheorie eng verbunden, obwohl keine logische Identität besteht. Dies wird deutlich bei der Betrachtung der jeweiligen Gegenpositionen. Das "individualistic concept" ist der Gegenpart zum organismischen Konzept der Pflanzengesellschaften/Biozönosen von CLEMENTS (1916). Das organismische Konzept führt nicht geradewegs zu einer formalen Klassifikation. Im Gegenteil hat die CLEMENTSsche Schule außer den Ansätzen von R. DAUBENMIRE nie etwas Derartiges hervorgebracht.

Das Kontinuumkonzept wendet sich gegen die Vorstellung, daß es scharfe Grenzen zwischen den Vegetationstypen gibt. Die Vorstellung eines Vegetationskontinuums schließt nicht dessen Klassifi-

©Floristisch-soziologische Arbeitsgemeinschaft; www.tuexenia.de; download unter www.zobodat.at

kation aus. BRAUN-BLANQUET (1921) hat dies klar gesehen. Er akzeptierte wohl individualistisches Verhalten der Pflanzenarten. Das organismische Konzept lehnte er ab. Die Frage nach der diskreten oder kontinuierlichen Begrenzung der Pflanzengesellschaften hielt er für nicht wesentlich für die Klassifikation, die in jedem Fall möglich ist. Dies befreit ihn von einer eindeutigen Stellungnahme über die "wahre Natur" der Pflanzengesellschaften und führt zu einer rein typologisch begründeten Theorie der Assoziation.

Das Grenzen-Kontinuums-Problem ist ein typisches Scheinproblem aus einer ganz anderen Sicht heraus. Es gibt keine Frage der empirischen "Wahrheit" oder "Falschheit" der theoretischen Aussagen in der Wissenschaft (TOULMIN 1983). Die wesentliche Frage lautet vielmehr: Wie allgemein sind die Konzepte ("diskret" oder "kontinuierlich") empirisch anwendbar? Unter welchen Bedingungen liefern sie gültige Beschreibungen der Vegetation? Ob die Vegetation als diskret oder kontinuierlich empfunden wird, hängt jedoch vom Beobachter ab, von dem Maßstab, mit dem er die Dinge betrachtet. Die Wahl des Maßstabes kann und soll selbst Gegenstand von Untersuchungen sein (s.u.).

T h e s e 2 : Die halb-quantitative Methode von BRAUN-BLANQUET und die statistischen Ansätze sind eng verwandt.

Beide verwenden oft das gleiche Ausgangsmaterial, die Vegetationsaufnahme in der ordinalen BRAUN-BLANQUET-Skala. Historisch und personell gesehen bestehen enge Beziehungen zwischen den Ansätzen. Dies drückt sich aus in den Ergebnissen der "Working Group for Data Processing in Phytosociology of the International Society of Vegetation Science" und in einer Vielzahl von Veröffentlichungen in der Zeitschrift Vegetatio. Speziell die Analyse der Klassifikation der Salzmarschen bringt es an den Tag. Beide Ansätze messen den Wert ihrer Ergebnisse aneinander (KORTEKAAS, VAN DER MAAREL & BEEFTINK 1976, LAUSI & FEOLI 1979). Spätestens hier ist der Sündenfall eindeutig vollzogen. In dem Augenblick, da sich numerische Ergebnisse an syntaxonomische Kategorien anlehnen, haben sie ihre Eigenständigkeit aufgegeben. Die Tatsache, daß die mit verschiedenen Methoden erzielten Ergebnisse gleich oder ähnlich sind, beweist nicht, daß die Methoden gut sind.

Die Argumente g e g e n die statistischen Methoden sind meist nicht schriftlich fixiert, sondern wurden eher in Diskussionsbemerkungen auf Symposien vorgebracht. Im wesentlichen sind es zwei Hauptargumente, die nicht ohne Berechtigung sind:

1. Die numerische Bearbeitung sei unnötig, sie bringe keine Zeitersparnis. Dies Argument gilt sicher für erfahrene Bearbeiter, die sich aufgrund ihrer Erfahrung einen großen Teil der Tabellenarbeit sparen können. Bei Datensätzen bis 500 Aufnahmen sind diese kaum zu schlagen. Bei größeren Datensätzen dürfte allerdings das Effektivitätskriterium (LAMBERT & DALE 1964) zutreffen.

2. Die numerische Bearbeitung bringt keinen Erkenntnisgewinn, die Beurteilung der Validität der erhaltenen Gruppierung bleibt immer noch dem Bearbeiter überlassen. Auch das gilt sicher nur für kleine, triviale Datensätze. Große Datensätze können so komplex sein, daß überhaupt keine Gruppierung gefunden werden kann. Der erfahrene Bearbeiter hilft sich wahrscheinlich durch Aufspaltung in Teildatensätzen, die er wiederum mit seiner Erfahrung in den Griff bekommen kann.

Ein m.E. viel wichtigeres Argument ist die Gefahr des Instrumentalismus. FRANKENBERG (1982) führt aus, daß die Ähnlichkeitsanalyse "zu einer Bereichsgliederung und Raumbewertung in Abhängigkeit von den Standortfaktoren" führen soll. Der deskriptive Wert der einzelnen Vegetationsaufnahme tritt völlig in den Hintergrund. Dieser deskriptive Wert von Einzelaufnahmen und auch Tabellen der

©Floristisch-soziologische Arbeitsgemeinschaft; www.tuexenia.de; download unter www.zobodat.at

BRAUN-BLANQUET-Schule ist sicher eine ihrer größten Errungenschaften.

Als Argument f ü r statistische Methoden wird von Beginn an das Objektivitätskriterium (LAMBERT & DALE 1964) verwendet. FRANKENBERG (1982) bringt dies in dreifacher Variation:

1. Die Ergebnisse werden zahlenmäßig "ausdrückbar = objektiviert = nachvollziehbar". Dieser Autor kennt offenbar nicht das Beispiel von TÜXEN (1972), der 15 Bearbeiter auf der gleichen Probefläche zur gleichen Zeit eine Aufnahme machen ließ. Die quantitative Analyse ergibt objektiv 2 Assoziationen mit bis zu 7 Untereinheiten.

2. Die Natur soll möglichst unabhängig vom menschlichen Denken analysiert werden. Mathematik ist jedoch ein Teil des menschlichen Denkens. Jede mathematische Methode hat ihre eigenen ontologischen Implikationen (LEVINS & LEWONTIN 1980).

3. Subjektive Naturbetrachtung soll zur "funktionalen Naturanalyse" geführt werden. Im Regelfall begnügt sich die vegetationskundliche Analyse aber mit der Analyse der taxonomischen Struktur der Naturobjekte.

Die Argumente sind also in dieser Form nicht stichhaltig. WHITTAKER (1962) nimmt die Betonung von Rigorismus als Indiz für die Unreife einer wissenschaftlichen Disziplin. Auch hier ist es so, daß der größte Vorteil der numerischen Methode nicht angesprochen wird. Dieser liegt nämlich in ihrer internen Methodenvielfalt, die durch Wahl der Skalierung, Transformation ect. erzielt werden kann. Alle diese Methoden sind im Grunde gleichberechtigt und können sich in bestimmten Zusammenhängen als wertvoll für die Lösung von Problemen erweisen. Die klassische Form der BRAUN-BLANQUET-Schule ist eigentlich nur ein Sonderfall dieser Vielfalt, der aber den Anspruch erhebt, für alle Fälle eine Lösung zu bieten.

Erste Computeranwendungen in der Vegetationskunde basierten übrigens nicht auf nur expliziten mathematischen Algorithmen, sondern simulieren teilweise nur die Tabellenarbeit. Die intuitive "innerhalb/außerhalb"-Relation wird formalisiert (Tabellenordnungsprogramme, ČESKA & ROEMER 1971). Dies ist vergleichbar dem Prinzip der maximalen Anbindung (SPAETH 1975). Erst später wurden Clusteranalyselogarithmen mit formalisierten Ähnlichkeitskonzepten beigezogen (von "rough-and-dirty methods" à la single linkage bis zu TWINSPAN).

Das Prinzip, "Ähnlichkeit" über quantitative Floristik zu definieren, ist in allen bisher genannten Fällen gleich. Viele der oft vorgetragenen Argumente für die Verschiedenartigkeit von Ordinations- und Klassifikationsansätzen sind also nicht gültig.

T h e s e 3 : Alle Arten der Vegetationsanalyse verfolgen gleichermaßen drei Hauptziele: 1. Datenreduktion, 2. Hypothesenbildung (hierzu LAMBERT & DALE 1964), und 3. noise reduction (GAUCH 1982).

Datenreduktion ist die Reduktion der Dimensionalität der Matrix. Sie ist möglich im Falle von Redundanz; Interkorrelation von Variablen (hier: Koordinierte Varianz von Pflanzenarten) wird als Redundanz gewertet. Mit der Interkorrelation verknüpft ist das Konzept der Ähnlichkeit.

Ähnlichkeit ist die Voraussetzung von Gruppenbildung oder auch des Erkennens von Ausreißern (GAUCH 1980), beides wissenschaftlich interessante Anliegen. Die gebildeten Gruppen können als Begriffe gefaßt werden und der Beschreibung dienen. "Nur" Beschreibung wird oft als nicht hinreichendes Ziel der Vegetationsanalyse dargestellt (LAMBERT & DALE 1964, WILMANNS 1978). Angesichts komplexer Verhältnisse wäre es aber angebracht, sich zunächst einmal mit der exakten Beschreibung zu begnügen.

©Floristisch-soziologische Arbeitsgemeinschaft; www.tuexenia.de; download unter www.zobodat.at

Die Ordination zielt unter Umgehung einer expliziten Begriffsbildung direkt auf Hypothesenbildung. Die optisch dargestellten Ergebnisse der Ordination werden mit Gradienten von ökologischen Parametern in Beziehung gebracht. Ebenso können die Gruppierungen der Klassifikation mit kausalen Faktoren in eine vermutete Beziehung gebracht werden. Sowohl aus der Ähnlichkeit von Standorten wie aus dem ähnlichen Verhalten von verschiedenen Arten in unterschiedlichen Standorten können Schlüsse gezogen werden. Im Idealfall soll die Hypothesenbildung à posteriori erfolgen. Normalerweise fließen aber durch die Wahl der Methode (gleichgültig, ob quantitativ oder nicht) so viele à priori-Annahmen ein, daß eine à posteriori-Modellbildung unmöglich ist. LAMBERT & DALE (1964) legen zu Recht Wert auf diese Feststellung. Die Ergebnisse dienen dann einer Rechtfertigung einer Hypothese, die man vorher schon mehr oder weniger deutlicher vor Augen hatte.

Hypothesenbildung heißt also, daß die beobachtete Gradienten- oder Gruppenbildung mit meßbaren Parametern in Beziehung gesetzt werden kann. Ordination und Klassifikation haben den Charakter von Heuristiken (GAUCH 1982), weitergehendes Verständnis kann nur durch weitergehende analytische Forschung erreicht werden und nicht durch eine Verfeinerung der Methode selbst (WHITTAKER 1962, GREIG-SMITH 1980). Klassifikationen, gleichgültig ob numerisch oder konventionell erzeugt, sind keine falsizierbaren Hypothesen im Sinne von POPPER. FRÄNZLE & BOBROWSKI (1982) stellen dies zu Recht fest, PIGNATTI (1980) irrt hier.

Mit dem Problem der Datenreduktion gekoppelt ist das Problem der noise reduction (GAUCH 1982). Innerhalb der statistischen Tradition ist die Betrachtung von GAUCH bemerkenswert, da sie sich explizit mit den verschiedenen Aspekten des noise-Problems auseinandersetzt.
Neben der Information, die in redundanter Form vorliegt, enthält jede vegetationskundliche Matrix auch noise. Als "noise" wird die unkoordinierte Varianz von Arten bezeichnet (GAUCH 1982). Unkoordinierte Varianz wird durch unterschiedliche Ursachen wie historische Differenzen in der Flora, Probenahmefehler, Interaktionen zwischen den Variablen und zufällige, katastrophenartige Ereignisse hervorgerufen. In diesem noise-Begriff bleiben also Dinge eingeschlossen, die von größtem ökologischen Interesse sind.

Trotz Annahme eines individualistischen Verhaltens der Einzelarten gehen PIGNATTI (1980) und GAUCH (1982) davon aus, daß ökologische Parameter bzw. Gradienten unterschiedliche Arten in der Weise beeinflussen, daß sie koordinierte Varianz zeigen. Analog zu Verhältnissen in bestimmten physikalischen Systemen (vgl. LEVINS & LEWONTIN 1980) sollen stochastische Prozesse auf der Ebene der Populationen zu geordneten Strukturen auf Biozönoseebene führen. Solche Wechselwirkungen zwischen scheinbar "deterministischem" und scheinbar "stochastischem" Verhalten sind noch wenig untersucht in biologischen Systemen (vgl. McCUNE 1982).
Innerhalb der BRAUN-BLANQUET-Schule reagiert man auf noise oft mit "Säubern der Tabellen" (TÜXEN 1974).

T h e s e 4 : Analyse von rein vegetationskundlichen Daten in Hinsicht auf ökologische Hypothesenbildung ist nur solange sinnvoll, wie man
- die Wirkung der aktuellen, meßbaren Standortfaktoren auf die Vegetation für dominant hält,
- die Wirkung dieser Faktoren für trennbar von den anderen Faktoren hält.

Die Anteile der einzelnen Ursachen der Varianz können von Fall zu Fall verschieden sein. GAUCH (1982) rechnet optimistischerweise mit 50% bis 90% koordinierter (Habitat)Varianz. Es ist sein Bestreben, diesen Anteil so genau wie möglich zu erfassen und so

©Floristisch-soziologische Arbeitsgemeinschaft; www.tuexenia.de; download unter www.zobodat.at

exakt wie möglich zu extrahieren, um ihn aus anderen Studien mit bekannten Wirkungen von Habitatfaktoren auf Pflanzen in Verbindung zu bringen.

WALTER (1973), GRIME (1979), PIGNATTI (1980), BOUXIN & LeBOULENGE (1983) und GREIG-SMITH (1979) geben gänzlich unterschiedliche Einschätzungen der Wirkungen und Wechselwirkungen der Faktoren, die am geordneten Bild der Vegetation beteiligt sind. Den weitestgehenden Ansatz vertritt FRANKENBERG (1982). Er sieht die Ähnlichkeit von Pflanzenbeständen allein durch die Standortfaktoren bedingt. Impliziert wird ein vollständig deterministisches Modell mit einer eindeutigen Beziehung Standort-Vegetation. Ich nenne dies das Uniformitarismusparadigma.

Biozönosen weisen bestimmte Muster auf. Diese Muster sind jedoch verschieden, je nach Größenordnung der Betrachtung. Sie sind also abhängig von der Aufnahmemethode, besonders der Größe der Aufnahmeflächen (BOUXIN & LeBOULENGE 1983). Für die tierischen Fließgewässerzönosen haben dies ILLIES & BOTOSEANU (1963), für die Pflanzengesellschaften GREIG-SMITH (1979) dargestellt. Je nachdem, welche räumliche Skala man wählt, erhält man unterschiedliche Gruppierungen. In großem Maßstab können relativ eindeutige Beziehungen (etwa zwischen Vegetationszonen und Klima) hergestellt werden. In kleineren Skalen braucht dies nicht der Fall zu sein. In Mikrohabitaten können eher zufällige Prozesse dominieren. Dies entspricht einer Art ökologischer Unschärferelation. Dies weist darauf hin, daß es keine multipurpose classification gibt (genausowenig wie eine multipurpose ordination, GAUCH 1982), also eine Methode, die für alle Zwecke universell verwendbar ist. ELLENBERG (1978) verwendet z.B. mehrere Klassifikations- und Ordinationssysteme zur Beschreibung der Vegetation Mitteleuropas, die auf ganz verschiedenartigen Kriterien beruhen. Dies ist ein Beispiel par excellence für methodologische Anarchie (FEYERABEND 1983).

Die Beziehungen zwischen Habitat und Vegetation sind komplex; Ein-Eindeutigkeit ist nicht gegeben, Mehr-Eindeutigkeit ist die Regel (zur Unterscheidung zwischen korrelativer und kausativer Beziehung s. unten). In diesem Zusammenhang muß auch die vielfach verwendete Assoziationsanalyse gesehen werden. Aus gemeinsamen Vorkommen schließt man auf ähnliche ökologische Ansprüche (ökologische Gruppen). "Gemeinsames Vorkommen" ist jedoch definitionsabhängig, vor allem stark beeinflußt durch die Wahl der Größe der Probeflächen (BOUXIN & LeBOULENGE 1983). Bei kleinräumigen Probeflächen können Arten ähnlicher ökologischer Ansprüche vom gemeinsamen Vorkommen ausgeschlossen sein, vor allem durch biotische Prozesse (noise!) wie Zufall der Erstbesiedlung und -ausbreitung, Konkurrenz ect. In einer größeren Skala kann eine starke Assoziation beobachtet werden. Typisches Beispiel hierfür sind die Arten der Großröhrichte.

Im Zusammenhang mit der Assoziationsanalyse kann ein weiteres Problem prinzipieller Art angeschnitten werden. FRANKENBERG (1982) unterscheidet Arten, die "wirklich miteinander vorkommen" oder "nur nebeneinander her existieren". Der Unterschied wird nicht definiert, vielleicht soll er sich unter Vegetationskundlern von selbst verstehen. Der erste Ausdruck (wirklich) bezieht sich offenbar auf das organismische Vegetationskonzept, was als wahr oder höherwertig angesehen wird. Das "nur" bezieht sich auf ein mehr individualistisches Verhalten der Art (juxtaposition of species, GLEASON 1926). Dahinter verbirgt sich immerhin ein Konzept von Vegetation, das am wenigsten anfällig für die idealistischen Verwirrungen ist. Das abstrakt typologische Vegetationskonzept von BRAUN-BLANKET und das organismische Konzept von CLEMENTS lassen sich gleichermaßen mit obsoleten metaphysischen Ideen in Verbindung bringen (SIMBERLOFF 1980). Gemessen an seinen sonstigen Ausführungen scheint FRANKENBERG ein Vertreter eines ebenfalls abstrakten Matrizenkonzeptes der Vegetation sein.

©Floristisch-soziologische Arbeitsgemeinschaft; www.tuexenia.de; download unter www.zobodat.at

T h e s e 5 : Der Aufbau der Vegetationskunde auf dem Artkonzept ist Grund vieler Schwierigkeiten.

Die schärfste Kritik, die die Vegetationskunde je erfuhr, wurde von EGLER (1954) vorgetragen. Er bringt 6 Argumente, die, am Beispiel der BRAUN-BLANQUET-Schule dargestellt, auch andere Ansätze bis ins Mark treffen. Ein Teil seiner Einwände beziehen sich auf die fragwürdigen Ansichten über die Natur der Assoziation (Kennartenlehre), die Vernachlässigung der Analyse der Varianz innerhalb der Assoziation und die verfehlte Analogie zwischen Syntaxonomie und Taxonomie. Ein weiteres Argument richtet sich gegen die Probeflächenauswahl, wobei auch heute noch vielfach die "Methode des erfahrenen Vegetationskundlers" (PIGNATTI 1980) einem wirklich empirischen Vorgehen vorgezogen wird. Zwei von EGLERs Einwänden richten sich von verschiedenen Seiten gegen die Annahme, daß die Vegetation aus Einheiten zusammengesetzt ist, die als Spezies identifizierbar sind. LAMBERT & DALE (1964) erkennen dies als einzige "basic assumption" auch für alle statistischen Methoden an.

EGLER sieht zum einen durch den Zwang der Artbestimmung die Gefahr der Fehlbestimmung, zum anderen hält er das taxonomische Artkonzept wegen der offenkundigen infraspezifischen Differenzierung für prinzipiell fragwürdig für ökologische Anwendungen. Konsequent durchdacht folgt daraus, daß auf einer größeren phänomenologischen Ebene dem physiognomischen Prinzip Vorrang zu geben wäre vor dem floristischen. Auf der Ebene der direkten Betrachtung von Vegetationsprozessen wäre dem Studium der Populationen und Individuen Vorrang zu geben vor dem der "Arten". Viele Erkenntnisse sprechen dafür, daß diese Schlußfolgerungen gerechtfertigt sind. VARESCHI (1980) weist das Scheitern der floristischen Vegetationskunde im Bereich der tropischen Regenwälder nach, WIEGLEB & HERR (1984) tun dies in Bezug auf die Gewässervegetation Europas. Eine populationszentrierte Sichtweise hat in der Zooökologie eine klare Führungsrolle erlangt (vgl. SIMBERLOFF 1980, COLWELL 1984), in der Pflanzenökologie Mitteleuropas führen solche Gedanken (HARPER 1982) noch ein randliches Dasein.

Das Konzept "Vegetation" ist hier als Ganzes in Frage gestellt, zum mindesten als analytischer Begriff.

2. A n a l y s e d e r B e z i e h u n g z w i s c h e n V e g e t a t i o n s d a t e n u n d ö k o l o g i s c h e n M e ß w e r t e n

Das Problem der Verknüpfung vegetationskundlicher und ökologischer Daten ist lange Zeit unterschätzt worden. Erstmals WILDI (1977) hat mit Nachdruck darauf hingewiesen, daß eine Reihe von nichttrivialen Problemen ungelöst sind und die gesamte geobotanische Vorgehensweise damit in Frage gestellt ist. Ich werde nicht müde, die Hauptprobleme aufzuzählen (vgl. auch WIEGLEB 1984):

1. Die Inkommensurabilität der Datentypen (meist ordinal bei vegetationskundlichen Daten, metrisch bei ökologischen Daten).

2. Die unterschiedliche Verteilung der Vegetationsdaten (diskret) und ökologischen Daten (kontinuierlich) und das damit zusammenhängende Nullenproblem.

3. Das Fehlen eines allgemein anerkannten Modells über den Wirkungszusammenhang zwischen ökologischen Faktoren und Vegetation.

Die prinzipielle Verschiedenartigkeit der vegetationskundlichen und der ökologischen Teilmatrix wird noch dadurch verstärkt, daß die Auswahl der vegetationskundlichen Variablen sehr stark theorieabhängig ist (Deckungsgrad, Stetigkeit, abgeleitete Größen o. ä.), die der ökologischen Variablen dagegen meßtechnisch vorgegeben.

©Floristisch-soziologische Arbeitsgemeinschaft; www.tuexenia.de; download unter www.zobodat.at

Hunderte von Arbeiten über Zusammenhang, Relation, Korrelation, Interdependenz, Korrespondenz ect. von ökologischen Parametern und bestimmten Vegetationstypen existieren. Dabei wird oft explizit betont, daß es nur um die Untersuchung von Korrelationen geht. LEVINS & LEWONTIN (1980) weisen m.E. jedoch mit Recht darauf hin, daß niemand ernsthaft Korrelationen untersuchen würde, wenn er nicht Kausationen dahinter vermutete. Die Beziehungen zwischen Korrelation und Kausation sind jedoch komplex und verschiedenartig (GIGON 1975).

WILDI (1977) macht noch den wichtigen Unterschied zwischen klassifikationsabhängigen und klassifikationsunabhängigen Methoden der Korrelation der Teilmatrizen. Klassifikationsabhängige Methoden lassen sich noch einmal danach unterscheiden, ob nur die Vegetation oder auch die Standortdaten klassifiziert werden. Die dritte Möglichkeit (Klassifikation der Standortdaten und Beibehaltung der Vegetation als Matrix) ist in der mitteleuropäischen Literatur unüblich. Alle Arten der Analyse haben ihre spezifischen Probleme. Klassifikationsabhängige Methoden bringen die Probleme der Klassifizierbarkeit von Vegetation mit ein, die im vorigen Abschnitt diskutiert wurden. Selbst richtige Probenahme und Dominanz der Habitatfaktoren vorausgesetzt, stört die räumliche Autokorrelation die Zahl der Freiheitsgrade, und die Dynamik der Vegetation beeinträchtigt die Stabilität der Gruppierungen.

Klassifikationsunabhängige Methoden sollten prinzipiell im Vorteil sein, Art und Ausmaß des Zusammenhanges der Teilmatrizen aufzudekken. Eine Methode, die es vom Ansatz her erlauben würde, das Ausmaß des Zusammenhanges aufzudecken, wie die Kanonische Korrelationsanalyse, scheitert jedoch eben wegen der Art des Zusammenhanges. Die Art des Zusammenhanges ist sicher nicht linear. Die Art des Zusammenhanges ist meist auch nicht in Form einer unimodalen Verteilungskurve zu beschreiben, wie AUSTIN (1980) und GAUCH (1982) vermuten. Die Verteilung der Arten ist komplex, kurvilinear und nicht-monoton im ökologischen Raum (HILL & GAUCH 1980). Dieser ökologische Raum (oder auch Hutchinson-Nische) ist im allgemeinen jedoch wieder nur durch die meßbaren, aktuellen Habitatparameter gekennzeichnet bzw. es ist gar nicht anders möglich, ihn zu kennzeichnen.

Zu welchen Fehlschlüssen atheoretische und ahistorische Korrelationsanalysen (hier im weitesten Sinne gemeint) führen können, belegen LEWINS & LEWONTIN (1980) mit zwei einfachen Beispielen aus Räuber-Beute- bzw. Einart-Ressourcen-Modellen. Trotz vorhandener kausaler Beziehungen können korrelative Beziehungen fehlen oder sogar negativ sein. In einem Fall treten die positiven Korrelationen nur zu bestimmten Zeiten auf, die nicht mit dem Meßpunkt übereinstimmen müssen, im anderen hängt die Korrelation von einer bestimmten Randbedingung ab. Für die viel komplexeren natürlichen Systeme ist es noch viel wahrscheinlicher, daß vorhandene Beziehungen durch solche Effekte überdeckt werden und nicht mit Hilfe einer multipurpose Generalanalyse aufgedeckt werden können.

Die sog. Information, die in den Matrizen steckt, ist also rein syntaktischer Natur und darf nicht mit tatsächlicher Erklärung verwechselt werden (vgl. auch LEWONTIN 1974). Das Matrizenkonzept der Vegetation offenbart hier seine ganze Fragwürdigkeit.

Alle Verfahren, die WILDI (1977) zur Lösung des Problems untersucht (sei es klassifikationsabhängig oder -unabhängig), haben ebenfalls nur den Charakter von Heuristiken. Sie zielen auf die Verifikation der Hypothese:
Standortfaktoren (aktuelle, meßbare) beeinflussen die Vegetationszusammensetzung.

Die Null-Hypothese: Standortfaktoren (aktuelle, meßbare) beeinflussen die Vegetationszusammensetzung nicht, kann nicht in der

©Floristisch-soziologische Arbeitsgemeinschaft; www.tuexenia.de; download unter www.zobodat.at

gleichen Form geprüft werden, wie es wünschenswert wäre (STRONG 1980). Biotische Interaktionen wie Konkurrenz oder Prädation, noch weniger einmalige katastrophenartige Ereignisse oder aperiodische Störungen, können nicht in der gleichen Form zahlenfähig gemacht werden wie die standortkundlichen Daten. Hier hilft wiederum nur die detaillierte Analyse ausgewählter Objekte weiter. In diesem Zusammenhang wäre wiederum zu fragen, ob nicht das Konzept der Vegetation als Ganzes aufzugeben ist. Eine halbwegs wissenschaftlichen Ansprüchen genügende Analyse scheitert an den angeführten Punkten. Bei Bezugnahme einer Matrix von Standortdaten auf das qualitative oder quantitative Vorkommen von Einzelarten würde eine Reihe dieser Probleme entfallen. Zum Zwecke der Bioindikation hat KOHLER (1978) bereits den Bezug von gemessenen Parametern auf Arten gefordert und Arten auch als alleinige Grundlage der Kartierung dargestellt. Die Kritik am Vegetationskonzept, die in KOHLERs Ausführungen implizit enthalten ist, muß auf eine allgemeinere Grundlage gestellt werden.

Der Bezug auf die Arten löst zwar einige technische Probleme bei der Analyse, nicht jedoch das Grundproblem der innerartlichen Differenzierung. Im Rahmen solch einer Analyse kann das Artkonzept nur als label gebraucht werden, nicht jedoch als Paradigma. Die direkte Gradientenanalyse (WHITTAKER 1962) enthält Elemente, die dem hier skizzierten Vorgehen entsprechen.

3. Die Analyse des Zusammenhanges zwischen Vegetationsdaten und künstlichen Indizes

Die Analysen dieser Art gehören inzwischen zum Standardrepertoire der Vegetationskunde. Die Festschrift für H. ELLENBERG (1982) enthält nicht weniger als 5 Beiträge, die durch umfangreiche Berechnungen die in den ELLENBERGschen Zeigerwerten (ELLENBERG 1979) gespeicherte Erkenntnis extrahieren wollen. Ich betrachte hier nur die Arbeit von FRÄNZLE & BOBROWSKI (1982), da sie direkt auch auf einen Aspekt Bezug nimmt, der bereits im Abschnitt 1. besprochen wurde (Unterschied zwischen numerischer und BRAUN-BLANQUET-Klassifikation).

FRÄNZLE & BOBROWSKI (1982) beginnen ihre Ausführungen mit detaillierten Vorüberlegungen, die im wesentlichen dem entsprechen, was auch von mir in Bezug auf statistische Analysen vertreten wird (Erfordernis einer genauen Definition des Zweckes, Erfordernis der Meßbarkeit der Merkmale, raum-zeitlich gesehen relativer Charakter der Klassifikation und nicht-falsifizierbarer Charakter der Klassifikation). Dann aber werden diese Überlegungen nicht auf konkrete Messungen bezogen, sondern statt dessen werden Zeigerwerte nach ELLENBERG verwendet. Mit Hilfe dieser Indizes soll geprüft werden, ob Numerische Klassifikation oder Klassifikation nach BRAUN-BLANQUET besser ist, d.h. besser praktikabel für einen bestimmten Zweck.

Die Beurteilung des Ergebnisses erscheint mir bemerkenswert. Die Klassifikation mit numerischen Methoden wird als besser bezeichnet. Die Praktikabilität wird jedoch nur behauptet, nicht bewiesen. Verwundern würde das Ergebnis nicht, da ja für diese Klassifikation mehr Arten verwendet wurden (d.h. alle Arten mit hohen oder niedrigen Zeigerwerten) als für die BRAUN-BLANQUET-Klassifikation, für die nicht, wie angeführt, alle Arten verwendet wurden, sondern nur die sog. Kenn- und Trennarten.

Im Grunde wird jedoch versucht, einen Satz von unbewiesenen Hypothesen (Zuordnungen der Kennarten nach BRAUN-BLANQUET) mit Hilfe eines anderen Satzes von unbewiesenen Hypothesen (Zuordnungen von Zeigerwerten nach ELLENBERG) empirisch zu falsifizieren. Die Analyse der Klassifikationsergebnisse ist nur Mittel zu diesem Zweck.

©Floristisch-soziologische Arbeitsgemeinschaft; www.tuexenia.de; download unter www.zobodat.at

Klassifikationsergebnisse sind immer schwer zu vergleichen. In WIEGLEB (1984) wird dargestellt, welche Schwierigkeiten der Vergleich von getrennten Klassifikationen der gleichen Objekte nach verschiedenen Merkmalsgruppen macht. Empirische Beweise, ob eine Klassifikation gut oder schlecht ist, sind in jedem Fall unmöglich. Der Vergleich ist, wenn überhaupt, nur auf deduktiver Ebene möglich: Welche Grundannahmen der verwendeten Modelle passen besser zu unseren bisher entwickelten Vorstellungen von Vegetation?

Es wurde immer wieder versucht, Ordinations- und Klassifikationsergebnisse mit Hilfe von gut bekannten Datensätzen empirisch zu vergleichen (z.B. GAUCH, WHITTAKER & WENTWORTH 1977; auch FRANKENBERG 1982 geht auf das Problem ein). Da die Methoden jedoch inkommensurabel sind, schlägt ein solcher Vergleich fehl. Im vorliegenden Fall ist die Inkommensurabilität offenkundig. Die verwendete numerische Methode (minimum variance clustering) hat ihre Meriten. Die Zuordnung eines Objektes zu einem Cluster ist aber abhängig von den anderen Objekten, also letztlich von numerischen Zufälligkeiten. Das ist bei allen formalisierten Clusteranalyselogarithmen so und stört für praktische Zwecke wenig. Für einen erkenntnistheoretisch orientierten Vergleich ist so etwas nicht tolerabel. Das gleiche gilt für die Tatsache, daß die Zahl der Cluster nicht definiert ist und relativ willkürlich (auch statistische Tests sind Willkür) gesetzt werden muß.

Auch bei der BRAUN-BLANQUET-Klassifikation müssen willkürliche Entscheidungen getroffen werden, z.B. wenn in einem Bestand Kennarten verschiedener Assoziationen vorkommen, was regelmäßig der Fall ist. Die in Lehrbüchern aufgeführten Assoziationen sind zudem ungleichwertig; je nach Bezug auf eine oder mehrere Kennarten oder nur Artenkombinationen ergeben sich ganz andere Ergebnisse (vgl. WIEGLEB & HERR 1984). Im Grunde ist die Methode des Vorgehens gar nicht definiert. Die von FRÄNZLE & BOBROWSKI (1982) zitierten Autoren der BRAUN-BLANQUET-Schule sind tatsächlich z.T. ganz anders vorgegangen als sie in ihren Vorworten zugeben.

4. S c h l u ß f o l g e r u n g e n

Die Vegetationskunde und Geobotanik befinden sich in einer schweren Krise. Die lang schwelende methologische Krise wird seit dem Tode von BRAUN-BLANQUET und besonders TÜXEN immer deutlicher. Der Sigmatismus (EGLER 1983) zeigt immer stärkere dogmatische Verfestigung. Jüngere Wissenschaftler werden abgeschreckt, kritische ältere gehen in die innere Emigration oder wandern in benachbarte Gebiete (Morphologie, Taxonomie, Ökophysiologie) aus. Inzwischen zeigen sich jedoch auch im institutionellen Bereich starke Erisionserscheinungen. Jahrelange Nicht-Besetzungen von Lehrstühlen bis hin zu Streichungen und Umdenominationen sind die Folge. Die scientific community der Botanik (speziell Physiologen, Biochemiker und Genetiker) betrachten die Entwicklung nicht ohne Häme.

Andererseits werden die Anforderungen, die von Seiten der Landespflege und der Landschaftsplanung an die Vegetationskunde herangetragen werden, immer größer. Pflanzensoziologische Gutachten, meist heißen sie jedoch "ökologische Gutachten", sind der Regelfall im Vorfeld aller größeren Planungen. Im gleichen Maße, wie das Ansehen der Vegetationskunde in den Planungsdisziplinen steigt, sinkt ihr Stern in der scientific community. Diese institutionelle Erosion aufzuhalten, erscheint ein vordringliches Ziel der nahen Zukunft. Wichtig ist es außerdem, die methologische Krise in den Griff zu bekommen. Seit dem Fehlen regelmäßiger Symposien in Rinteln fällt der Zeitschrift TUEXENIA hier eine verantwortungsvolle Aufgabe zu. Die Publikation von inhaltsleeren Listen höherer Vegetationseinheiten sollte in Zukunft zugunsten ernsthafter inhaltlicher und methodischer Beiträge unterbleiben.

©Floristisch-soziologische Arbeitsgemeinschaft; www.tuexenia.de; download unter www.zobodat.at

Eine wichtige Forderung für die Zukunft ist die Methodenvielfalt, die bereits in der Ausbildung beginnen muß. Wie oben gezeigt, sind die prinzipiellen Ähnlichkeiten der verschiedenen Ansätze viel größer als ihre vermeintlichen und immer wieder betonten Verschiedenheiten. Das Nebeneinander von konventionellen und computerorientierten Methoden kann nur erreicht werden durch

- Vorhandensein und Zugänglichkeit von leistungsfähigen Rechnern,
- Vorhandensein und Verfügbarkeit der wichtigsten Programmpakete (CORNELL, WILDI u.ä.),
- ausreichende Programmierkenntnisse, z.B. zur Erstellung von Sortierprogrammen u.ä..

Auch ein Mindestmaß an mathematischen Kenntnissen (zur Vermeidung des black-box syndroms, GREIG-SMITH 1980) gehört dazu.

Computeranwendungen werden deshalb in Zukunft in der Vegetationskunde unverzichtbar sein, speziell bei großen komplexen Datensätzen. Ein großer Teil der Vegetation Mitteleuropas ist gänzlich unerforscht, in dem Sinne, daß keine flächendeckenden, vorurteilsfrei aufgenommenen Bestandsaufnahmen vorliegen. Wie schon angeführt, muß bei allen Untersuchungen der reine Instrumentalismus vermieden werden. Vegetation ist mehr als eine Matrix, der Feldforscher, der die Vegetationsaufnahme macht, ist mehr als der Datenknecht des Computerfreaks.

Anders herum haben die Ergebnisse von statistischen Berechnungen in der Vegetationskunde es nicht nötig, sich an den Ergebnissen der syntaxonomischen Hierarchie messen zu lassen. Eine solche Rechtfertigung gehörte einem unreifen Entwicklungsstadium an, als der Sigmatismus noch mit größerem Erfolg seine Ansichten durchsetzen konnte. Alleiniges Maß der Ergebnisse von statistischen Operationen (Ordination wie Klassifikation) ist ihre Anwendbarkeit unter bestimmten Rahmenbedingungen.

Allerdings muß noch einmal mit Nachdruck betont werden, daß weder "Erklärung" noch "Vorhersage" in der Pflanzenökologie durch wiederholte Vegetationsaufnahme allein erreicht werden könnte, auch nicht in Kombination mit wiederholter Messung der ökologischen Parameter. Dazu ist ein viel umfassenderes Forschungsprogramm nötig, das vor allem das Studium der Lebensgeschichte (Lebensdauer, Diasporenproduktion, vegetative Ausbreitung, potentielle Keimfähigkeit u.ä.) und der Ressourcennutzung der beteiligten Arten einschließt.

DANKSAGUNG

Ich danke D. TODESKINO (Oldenburg) und F. BEMMERLEIN (Erlangen) für die konstruktive Kritik des Manuskriptes.

SCHRIFTEN

AUSTIN, M.P. (1980): Searching for a model for use in vegetation science. - Vegetatio 42: 11-22.

BOUXIN, G., LeBOULENGE, E. (1983): A phytosociological system based in multiscaled pattern analysis: a first example. - Vegetatio 54: 3-16.

BRAUN-BLANQUET, J. (1921): Prinzipien einer Systematik der Pflanzengesellschaften auf floristischer Grundlage. - Jahrb. St. Gallener Naturwiss. Ges. 57: 305-351.

ČESKA, A., ROEMER, H. (1971): A computer program for identifying species releve groups in vegetation studies. - Vegetatio 23: 255-278.

CLEMENTS, F.E. (1916): Plant succession: an analysis of the development of vegetation. - Publ. Carnegie Inst. Washington 242: 1-512.

©Floristisch-soziologische Arbeitsgemeinschaft; www.tuexenia.de; download unter www.zobodat.at

COLWELL, R.K. (1984): What's new? Community ecology discovers biology. - In: PRICE, P.W., SLOBODCHIKOFF, C.N., GAUD, W.S. (eds.): Novel approaches to interactive systems: 387-396. Flagstaff.

EGLER, F.E. (1954): Philosophical and practical considerations of the Braun-Blanquet-system of phytosociology. - Castanea 19: 54-60.

- (1983): Platonic ideas and Theophrastan "characters' in the history of vegetation science. - Talk given at the Univ. of Wisconsin, Madison, 3rd November 1983. Mskr.

ELLENBERG, H. (1978): Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen. 2. Aufl. - Ulmer, Stuttgart. 981 pp.

- (1979): Zeigerwerte der Gefäßpflanzen Mitteleuropas. 2. Aufl. - Scripta Geobot. 9. 122 pp.

FEYERABEND, P. (1983): Wider den Methodenzwang. 3. Aufl. - Suhrkamp, Frankfurt. 423 pp.

FRANKENBERG, P. (1982): Vegetation und Raum. - UTB 1177. Schöningh, Paderborn. 245 pp.

FRÄNZLE, O., BOBROWSKI, U. (1982): Untersuchungen zur ökologischen Aussagefähigkeit floristisch definierter Vegetationseinheiten. - Verh. Ges. Ökol. (Festschrift Ellenberg) 11: 101-110.

GAUCH, H.G. (1980): Rapid initial clustering of large data sets. - Vegetatio 42: 103-112.

- (1982): Noise reduction by eigenvector ordinations. - Ecology 63: 1643-1649.

- , WHITTAKER, R.H., WENTWORTH, T.R. (1977): A comparitive study of reciprocal averaging and other ordination techniques. - J. Ecol. 65: 157-174.

GIGON, A. (1975): Über das Wirken der Standortfaktoren; kausale und korrelative Beziehungen in jungen und reifen Stadien der Sukzession. - Mitt. Eidgen. Anst. Forstl. Versuchswesen 51: 25-35.

GLEASON, H.A. (1926): The individualistic concept of the plant association. - Bull. Torrey Bot. Club 53: 7-26.

GREIG-SMITH, P. (1979): Pattern in vegetation. - J. Ecol. 67: 755-779.

- (1980): The development of numerical classification and ordination. - Vegetatio 42: 1-10.

GRIME, J.P. (1979): Plant strategies and vegetation processes. - Chichester. 222 pp.

HARPER, J. (1982): After description. - In: The plant community as a working mechanism: 11-16. British Ecological Society, Oxford.

HILL, M.O., GAUCH, H.G. (1980): Detrended correspondence analysis: An improved ordination technique. - Vegetatio 42: 47-58.

ILLIES, J., BOTOSEANU, L. (1963): Problèmes et méthodes de la classification et de la zonation écologique des aux courantes considerées surtout du point de vue faunistique. - Mitt. Internat. Ver. Theor. Angew. Limnol. 12: 1-57.

KOHLER, A. (1978): Methoden der Kartierung von Flora und Vegetation von Süßwasserbiotopen. - Landschaft + Stadt 10: 73-85.

KORTEKAAS, W.M., VAN DER MAAREL, E., BEEFTINK, W. (1976): A numerical classification of European Spartina communities. - Vegetatio 33: 51-60.

LAMBERT, J.M., DALE, M.B. (1964): The use of statistics in phytosociology. - Adv. Ecol. Res. 2: 59-99.

LAUSI, D., FEOLI, E. (1979): Hierarchical classification of European salt marsh vegetation based on numerical methods. - Vegetatio 39: 171-184.

LEVINS, R., LEWONTIN, R. (1980): Dialectics and reductionisms in ecology. - Synthese 43: 47-78.

LEWONTIN, R.C. (1974): The analysis of variance and the analysis of causes. - Am. J. Human. Genet. 26: 400-411.

©Floristisch-soziologische Arbeitsgemeinschaft; www.tuexenia.de; download unter www.zobodat.at

McCUNE, B. (1982): Site, history and forest dynamics in the Bitterroot Canyons, Montana. - Thesis. Madison, Wisconsin. 166 pp.

PIGNATTI, S. (1980): Reflections on the phytosociological approach and the epistemological basis of vegetation science. - Vegetatio 42: 181-186.

RAMENSKY, L.G. (1930): Zur Methodik der vergleichenden Bearbeitung und Ordnung von Pflanzenlisten und anderen Objekten, die durch mehrere verschiedenartig wirkende Faktoren bestimmt werden. - Beitr. Biol. Pflz. 18: 169-304.

SIMBERLOFF, D. (1980): A succession of paradigms in ecology: essentialism to materialism and probalism. - Synthese 43: 3-39.

SPÄTH, H. (1975): Cluster-Analyse-Algorithmen zur Objektklassifizierung und Datenreduktion. - München. 217 pp.

STRONG, D.L. (1980): Null hypotheses in ecology. - Synthese 43: 271-285.

TOULMIN, S. (1983): Kritik der Kollektiven Vernunft. - STW 437. Frankfurt. 603 pp.

TÜXEN, R. (1972): Kritische Bemerkungen zur Interpretation pflanzensoziologischer Tabellen. - In: TÜXEN, R. (ed.): Grundfragen und Methoden in der Pflanzensoziologie. Ber. Internat. Sympos. IVV Rinteln 1970: 168-173. Junk, Den Haag.

- (1974): Die Pflanzengesellschaften Nordwestdeutschlands. 2. Aufl., Lfg. 1. - Lehre. 207 pp.

VARESCHI, V. (1980): Vegetationsökologie der Tropen. - Stuttgart. 293 pp.

WALTER, H. (1973): Allgemeine Geobotanik. - UTB 284. Stuttgart. 256 pp.

WHITTAKER, R.H. (1962): Classification of natural communities. - Bot. Rev. 28: 1-239.

WIEGLEB, G. (1978): Untersuchungen über den Zusammenhang zwischen hydrochemischen Umweltfaktoren und Makrophytenvegetation in stehenden Gewässern. - Arch. Hydrobiol. 83: 443-484.

- (1980): Some application of principial components analysis in vegetation ecological research of aquatic communities. - Vegetatio 42: 67-73.

- (1981): Application of multiple discrimenant analysis on the analysis of the correlation between macrophyte vegetation and water quality in running waters in Central Europe. - Hydrobiologica 79: 91-100.

- (1982): Vegetations- und standortkundliche Untersuchungen an kleinen Fließgewässern in West-Niedersachsen. - Habilitationsschrift. Oldenburg. Mskr. 242 pp.

- (1983): A phytosociological study of macrophytic vegetation of running waters in Western Lower Saxony (Federal Republic of Germany). - Aquat. Bot. 17: 251-274.

- (1984): A study of the habitat conditions of the macrophytic vegetation in selected rivers systems in western Lower Saxony (Federal Republic of Germany). - Aquat. Bot. 18: 313-352.

- , HERR, W. (1984): Zur Entwicklung vegetationskundlicher Begriffsbildung am Beispiel der Fließgewässervegetation Mitteleuropas. - Tuexenia 4: 303-325.

WILDI, O. (1977): Beschreibung exzentrischer Hochmoore mit Hilfe quantitativer Methoden. - Veröff. Geobot. Institut ETH, Stiftung Rübel, Zürich 60: 1-128.

WILMANNS, O. (1978): Ökologische Pflanzensoziologie. 2. Aufl. - Heidelberg. 288 pp.

Anschrift des Verfassers: Prof. Dr. G. Wiegleb
FB 7 - Biologie - der Universität
Postfach 2503

D - 2900 Oldenburg

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Tuexenia - Mitteilungen der Floristisch-soziologischen Arbeitsgemeinschaft

Jahr/Year: 1986

Band/Volume: NS_6

Autor(en)/Author(s): Wiegleb Gerhard

Artikel/Article: Grenzen und Möglichkeiten der Datenanalyse in der Pflanzenökologie 365-377