

Rolle und Perspektiven statistischer Analytik in der Pflanzenökologie

Otto Wildi

Synopsis

Plant community ecology experiences a crisis due to missing public and scientific support. Dominated by "phytosociological schools", the discipline lost flexibility and innovative power. Multivariate statistical methods introduced in the past few decades represent an exception in that they evolve very quickly. Yet, they have hardly been recognized by traditional phytosociologists, even though a strong trend towards more statistically oriented approaches in theory and applications can now be observed. The most challenging approach in community ecology seems to be the mathematical modelling of complex vegetation systems to predict their change in time and space. Within the framework of modelling, numerical analyses play an important role in formulating functional relationships.

The following conclusions can be drawn regarding future trends:

1. There is no real need to unify old methodological schools and new numerical approaches, but new practical and theoretical problems require new orientations of the discipline.
2. Numerical methods need to be further developed towards far more flexible tools than actually available.
3. Community ecology faces challenging new problems, such as vegetation response to climate change or CO₂ fertilization. To solve these problems there is a considerable number of old and new theories available and an ever growing collection of methods for solution. This is an optimal prerequisite for future developments.
4. It is hoped that sufficient resources will be available for research and education in the field of plant ecology to continue in the above-mentioned direction.

multivariate statistics, plant ecology

1. Einleitung

Jede Untersuchung von Prozessen in der freien Natur ist ökologische Forschung. Wer indessen Ökosystemforschung betreiben will, kommt nicht darum herum, sich mit der gegenseitigen Beeinflussung einer großen Zahl von Systemelementen zu befassen. Dies ist eine der Schlußfolgerung aus den Betrachtungen von ODUM (1971) zum Thema Autökologie und Synökologie. Daß sich insbesondere Botaniker der Synökologie widmen, liegt in der Natur der Sache, hat doch Darwin bereits festgestellt, daß ein Reisender ein Botaniker sein sollte ('traveller should be a botanist, for in all views plants form the chief embellishment', CRAWLEY 1986). Mit der synökologischen Erforschung der Pflanzendecke scheinen sich indessen heute viele Wissenschaftler nicht befreunden zu können. So figuriert z. B. in der neuesten Dreijahresplanung des Schweizerischen Nationalfonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung in der Schweiz (FONDS NATIONAL SUISSE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE 1990) die 'Pflanzensoziologie' explizit unter den 'plafonierten' Förderungsgebieten. Die Gründe für dieses an sich seltsame Verdikt sind, wie nachfolgend zu zeigen ist, in der Vergangenheit der Disziplin zu finden.

2. Rückblick

Den Möglichkeiten zur Beschreibung von Systemzuständen und zur Untersuchung von Prozessen scheinen in der Pflanzenökologie kaum Grenzen gesetzt zu sein. Daher wurde in der ersten Hälfte dieses Jahrhunderts fast ausschliesslich mit stark vereinfachenden, wenig flexiblen Konzepten gearbeitet. Alle diese Konzepte - heute würde man von Modellansätzen sprechen - machten ihre eigene, für wissenschaftliche Schulmeinungen charakteristische Entwicklung durch (FISCHER & BEMMERLEIN 1989). Sie begannen als Schöpfung herausragender Einzeldenker in ihrer kreativen Phase mit der Konzeptentwicklung. Als pflanzenökologische Schulen brachten sie in ihrer erfolgreichen Anwendungsphase eine Fülle neuer Erkenntnisse. Ihre Spätphase war stets gekennzeichnet durch die Erschöpfung des Konzeptes sowie die Schwierigkeit einer Weiterentwicklung über

die einst eingeführten Randbedingungen hinaus. Diese dritte Phase ist kennzeichnend für den heutigen Zustand der Pflanzensoziologie Mitteleuropas, welche den ihr pflanzenökologisch von BRAUN-BLANQUET (1964) gesetzten Rahmen kaum mehr sprengen konnte. Sie war z. B. nicht imstande, die von POORE (1955, 1962) skizzierte Flexibilisierung in Richtung einer "sukzessiven Approximation", einer schrittweisen Annäherung von Klassifikationsmodellen an die Wirklichkeit, zu übernehmen.

Neben oder parallel zu den klassischen pflanzenökologischen Schulen hat sich zu Beginn der fünfziger Jahre eine neue Disziplin entwickelt, die auf Pflanzenlisten und Umweltfaktoren angewandte statistische Analytik (vgl. PIELOU 1984). Als Schlüsselereignisse gelten heute die erstmalige Anwendung der Hauptkomponentenanalyse auf Vegetationsdaten durch GOODALL (1954) und die Entwicklung einer speziellen Ordinationsmethode zur Darstellung von Gradienten durch BRAY & CURTIS (1957). Mit der Entwicklung von Rechenautomaten wurden die Methoden in den Sechziger Jahren in begrenztem Rahmen praktisch anwendbar. Deren Eignung für die Probleme der Pflanzenökologie erwies sich als hervorragend. So schrieben z. B. Astronomen im Zusammenhang mit der Clusteranalyse vom 'Botanischen Ansatz' (GROTH & al. 1977). Ist nun diese Mathematisierung der Pflanzenökologie als methodische Ergänzung der angestammten Schulen zu sehen? Bilden die Methoden allenfalls eine eingene Schule? Oder sind sie gar als Ablösung der Schulen zu sehen, indem ein zumindest methodisch allgemein akzeptierter Standard geschaffen wird?

Statistische Methoden wurden zunächst als reine Hilfsmittel etablierter Schulen angesehen. Ihre Akzeptanz war allerdings sehr unterschiedlich. Der vor allem in Nordamerika nachgelebten Kontinuumstheorie, die sich stark auf die Ansichten von GLEASON (1926, 1939) beruft, galt die Ordinationsmethode nach BRAY & CURTIS (1957) als das Analyseinstrument schlechthin. Obwohl oft kritisiert, verbessert (ORLÓCI 1973) und vereinfacht (van der MAAREL 1969), wurde sie als Schulmethode gegen Neuerungen lange verteidigt. In den Hintergrund getreten ist sie erst mit der Vorstellung von Decorana (HILL & GAUCH 1979) und Canoco (TER BRAAK 1986), beides für gleiche Zwecke anwendbare und einfach zu bedienende Einmethodenprogramme.

Eine etwas andere Entwicklung konnte in der französisch sprechenden Welt beobachtet werden. BENZÉCRI (1969) führte hier die Korrespondenzanalyse als sehr spezielles, und seines Erachtens für Vegetationsdaten besonders geeignetes Verfahren ein. Mit deren Akzeptanz hielt zugleich die Ordination Einzug in das Fachgebiet. Erst nach und nach begann sich eine gewisse Methodenvielfalt durchzusetzen, nicht zuletzt dank der Lehrbücher von LEGENDRE & LEGENDRE (1984).

Die in Mitteleuropa dominierende Schule Braun-Blanquet machte sich die analytischen Methoden nie zu eigen, da diese in der einen oder anderen Art gegen Konventionen (z. B. die Existenz fester Kenn- und Trennarten) verstoßen. Bereits die manuelle Tabellenarbeit als frühe Form einer statistischen Analytik (ELLENBERG 1956) wurde nicht überall akzeptiert. Sie läßt sich, wie wir heute wissen, hervorragend formalisieren und automatisieren (Abb. 1, WILDI 1989b). Viele Pioniertaten wurden lange übersehen, z. B. die methodische Abhandlung von van GROENEWOUD (1965), die im Geobotanischen Institut Rübel in Zürich entstand. Sie war ihrer Zeit weit voraus, geriet aber lange Zeit in Vergessenheit. CESKA & ROEMER (1971) schufen ein Computerprogramm zur Klassifikation von Daten, das trotz weltweiter Bekanntheit im deutschsprachigen Raum wenig verwendet wurde. Einen gewissen Einfluß zeitigte TABORD von VAN DER MAAREL & al. (1978). Es diente als brauchbares Hilfsmittel der sogenannten numerischen Syntaxonomie der "Tabellenarbeit", wobei manuelles Nachsortieren unabdingbar blieb (vgl. VAN DER MAAREL 1982). Dies ist vielerorts noch heute der Stand des Wissens.

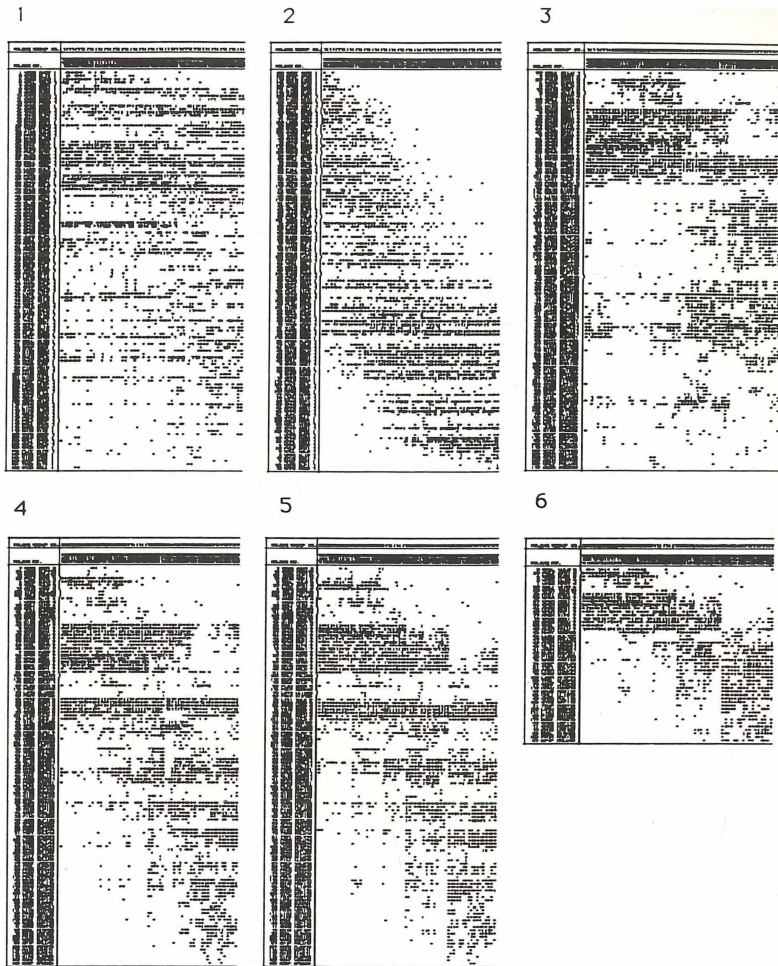


Abb. 1: Formalisierung traditioneller "Tabellararbeit" mittels einer Analysesequenz. Jede Analyse (Schritt 1-6) bringt ein zusätzliches Ordnungskriterium in die Vegetationstabelle ein. Der einst intuitive Sortiervorgang ist damit durch ein reproduzierbares Verfahren ersetzt.

3. Die heutige Rolle der statistischen Analytik

Ökologisch arbeitende Wissenschaftler haben bei der Anwendung statistischer Methoden öfters eine Hemmschwelle zu überwinden. Es ist daher zu begrüßen, daß eine gewisse Popularisierung in deren Einsatz stattfindet. Namentlich grafische Hilfen haben vielen Forschern gezeigt, daß z. B. die Interpretation einer Ordination keine besonderen Schwierigkeiten bieten muß (Abb. 2, WILDI 1977, GRABHERR 1982). Auch die Verbreitung fachspezifischer Computerprogramme nimmt ständig zu.

Wichtiger als die Verfügbarkeit von Methoden ist die Aktualität der wissenschaftlichen Fragestellungen. Dabei stellt man fest, daß die ersten praktischen Anwendungen der Pflanzensoziologie der Bewertung und Abgrenzung von Naturschutzgebieten galten. Diese Arbeiten hatten gutachterischen Charakter und sie bedurften keinerlei statistischer Erwägungen. Die vermutlich wichtigste Anwendung der Pflanzenökologie ist die forstliche Standortkartierung, bei der auf Grund der Vegetation auf die Standortverhältnisse geschlossen wird. Beide Anwendungen sind auch heute noch aktuell. Allerdings sind die Ansprüche in jeder Hinsicht vielfältiger geworden, wie dies Tabelle 1 für das Beispiel von Waldkartierungen zeigt (WILDI & KRÜSI 1992). Die Instrumente

der klassischen Pflanzensoziologie erweisen sich dabei als sehr nützlich, bedürfen jedoch vieler Erweiterungen.

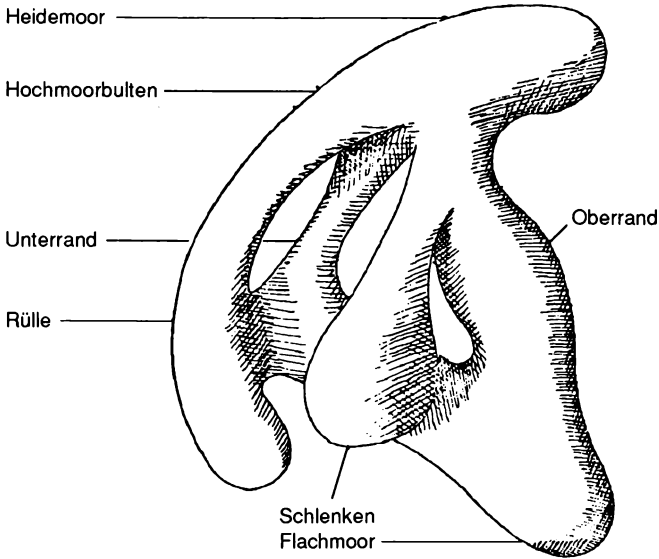


Abb. 2: Grafische Interpretation einer Ordination am Beispiel eines Hochmoorgradienten (aus WILDI 1977). Die an sich abstrakte Figur im floristischen Ähnlichkeitsraum zeigt alle vorhandenen Übergänge zwischen den Vegetationstypen.

Untersuchungen für Naturschutzplanungen werden immer wichtiger und die Naturschutzinventare verschiedener Länder zeugen davon. Dabei wird gefordert, daß nach statistischen Grundsätzen vorgegangen wird. Die Seltenheit gefährdeter Arten oder Lebensräume ist statistisch, nicht nur gutachterisch zu belegen. Für einige seltene Lebensräume wie z. B. die Hochmoore, ist das heute verfügbare Wissen über Ausmaß, Verbreitung und Zustand sehr beeindruckend (vgl. dazu die Übersicht in GRÜNIG & al. 1986).

Das Auftreten neuartiger Waldschäden hat die Notwendigkeit eines Biomonitoring sichtbar werden lassen. Die Messung von Luft- und Wasserqualität sowie einiger Klimaparameter genügt nicht, um den Zustand der biologischen Umwelt unter Kontrolle zu halten. Direktbeobachtungen in Dauerbeobachtungsflächen sind notwendig, die Bestandteil statistischer Stichprobenpläne sind. Stichprobenkonzept, Aufnahmeffläche und Aufnahmefmethode können nicht mehr allein nach hergebrachten Konventionen festgelegt werden, sondern sind der Fragestellung anzupassen. Sollen ausserdem die von PODANI (1984) postulierten "Raumprozesse" miterfaßt werden, so sind Stichprobenplan und Aufnahmeffläche gar kontinuierlich zu variieren. Die Interpretation daraus resultierender Zeitreihendaten ist insbesondere bei langsamen Veränderungen sehr schwierig. Die Zeitreihenanalyse hoch multivariater Daten ist ein Gebiet, das noch viele Fragen aufwirft.

Die wohl wichtigste anstehende Aufgabe ist die Voraussage der Vegetationsentwicklung. Dies einerseits im Zusammenhang mit Renaturierungen, andererseits im Zusammenhang mit der Abschätzung von Auswirkungen künftiger Klimaveränderungen. Mit enormem Aufwand werden zur Zeit physikalische globale Klimamodelle gerechnet (HULME & al. 1990). Deren Verbindung zur belebten Umwelt ist aber vorerst noch äußerst rudimentär. Erfreulicherweise werden laufend mehr Mittel in die Modellierung biotischer Systeme investiert. Jedenfalls kann festgestellt werden, daß die gutachterischen Abschätzungen von Vegetationsentwicklungen rasch durch mathematische Ansätze ergänzt wurden. Die sogenannten Gap-Modelle (SHUGART 1984) haben sich als taugliche Methode erwiesen, um punktuell die potentielle Vegetation zu simulieren. Erfolgreich verlaufen auch Versuche, Vegetationskarten mit Hilfe probabilistischer Modelle zu simulieren (vgl. Abbildung 3, BINZ & WILDI 1988, FISCHER 1990, KIENAST & al. 1991, FISCHER 1992).

Tab. 1: Inhalte von Karten als Grundlage einer integralen Waldplanung, die gleichzeitig Forstwirtschaft und Naturschutz dienen soll (nach WILDI & KRÜSI 1992).

- potentielle natürliche Vegetation
- aktuelle (reale) Vegetation
- Naturnähe (Differenz aus potentieller natürlicher und aktueller Vegetation)
- Seltene und geschützte Arten
- Eignung der Bestände für verschiedene Faunenelemente (Bestandesstruktur, Alt- und Totholz Bodentypen, Gründigkeit)
- Nutzungsansprüche und Waldfunktionen (Erholungsanspruch, Sport, Schutzfunktion, Holzproduktion, usw.)
- Eigentumsverhältnisse und gesetzliche Auflagen
- Entwicklungstendenz und Entwicklungspotential

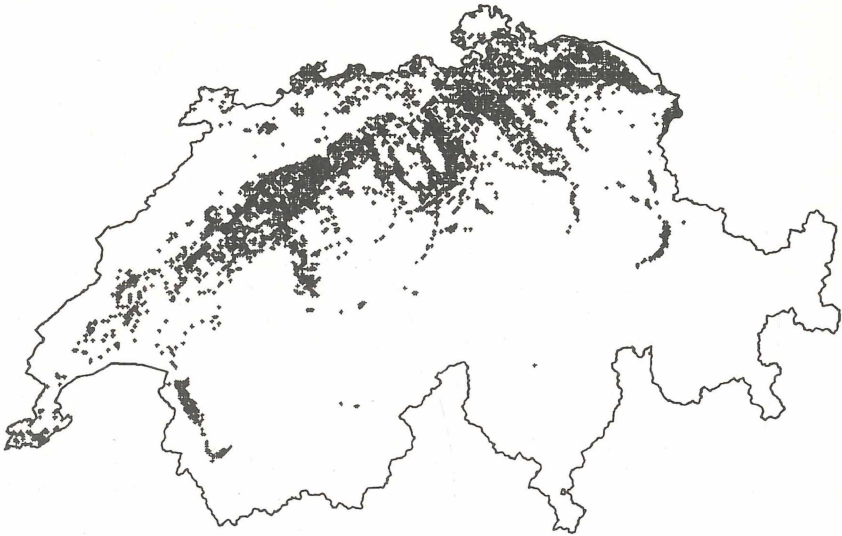


Abb. 3: Ein Modell liefert eine im Felde überprüfbare Hypothese: Simulierte potentielle Verbreitung der *Alnus-Fraxinus* Gesellschaften in der Schweiz (KIENAST & al. 1991). Die hypothetische Karte läßt sich z. B. einer veränderten klimatischen Situation anpassen.

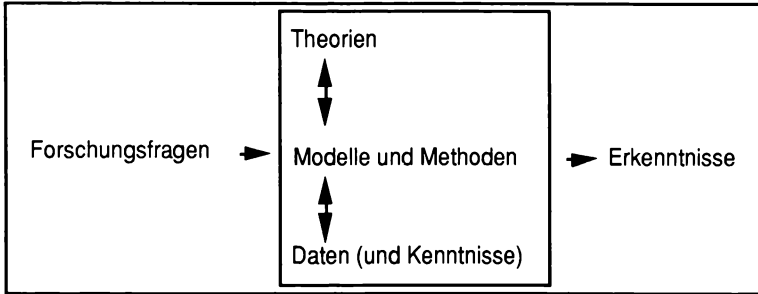
Dabei handelt es sich vielleicht um die wichtigsten praktisch anwendbaren Instrumente des Naturschutzes der Zukunft. Die statistische Analyse hat in diesem Umfeld Zubringerfunktion und liefert für Modellbildungen notwendige funktionale Beziehungen zwischen Vegetation und Standort.

Schließlich bleibt zu erwähnen, daß auch die statistischen Methoden selbst und deren Anwender sich weiter entwickeln. Starre Ansätze sollen der Flexibilität in der Methodenwahl weichen. Die heute bekannten Verfahren sind schlecht geeignet, die vielen Kenntnisse über die Biologie der Arten in eine Analyse mit einzubeziehen. Neue Entwicklungen, wie z. B. die Fuzzy Set Theorie (ROBERTS 1986, FEOLI & ZUCCARELLO 1988, MARSILI-LIBELLI 1987) weisen in Richtung der Natur besser angepasster Verfahren. Dabei wird nicht wie in der klassischen Statistik üblich mit dem Konzept der "Wahrscheinlichkeit", sondern mit jenem des "Zugehörigkeitsgrades" gearbeitet. Damit läßt sich die Unschärfe ökologischer Systeme besonders adäquat beschreiben. Schließlich zeichnet sich auch in den Feldmethoden mit der Einführung der "character set types" durch ORLÓCI & al. (1986) eine Entwicklung ab, die über die bislang praktizierte Kompilation von Artenlisten entscheidend hinausweist, die physiologischen Eigenschaften von Arten und Individuen berücksichtigt, aber auch neue analytische Probleme mit sich bringt.

4. Schlußfolgerungen und Ausblick

WIEGLEB (1986, 1992) weist nachdrücklich darauf hin, daß sich die Vegetationskunde insbesondere institutionell in einer Krise befindet, die sicher auch mit dem Bruch zwischen alten und neuen Methoden und Konzepten zusammenhängt. Entscheidend sind aber langfristig gesehen nicht Institutionen, sondern ausgewiesene Forschungsfragen (Tab. 2). Das Überleben einer Disziplin hängt davon ab, ob sie sich neuen Erfordernissen anpassen kann. Zu fragen ist also in erster Linie nach den heute aktuellen Forschungsfragen. Theorien und Methoden, die Statistik inbegriffen, spielen dabei eine sekundäre Rolle.

Tab. 2: Stellung der Methoden als Element der Verbindung von Daten und Theorien. Der Erfolg der Forschung hängt primär von der Relevanz der Forschungsfragen ab.



Es ist in letzter Zeit klar geworden, daß der ursprüngliche Anspruch der Geobotanik im Sinne von BRAUN-BLANQUET (1964), die Vegetation der Erde mit den angestammten Methoden und mit einer fest vorgegebenen Auflösung zu beschreiben, sich als Illusion erwiesen hat: Die Vegetationsdecke der Erde degeneriert viel rascher als erwartet und läuft der vegetationskundlichen Erfassung davon. Es scheint, daß die in Gesamtübersichten anzustrebende räumliche Auflösung insgesamt zu Gunsten einer verbesserten zeitlichen Auflösung reduziert werden muß. In diesem Punkt hat GLEASON (1926) recht behalten, der eine allzu statische Betrachtungsweise für wenig sinnvoll hielt. So kommt es denn, daß wir einst als abschließend betrachtete Untersuchungen von Pflanzengesellschaften oft nurmehr als Referenz verwenden können, um irreversible Veränderungen nachträglich zu belegen (WILDI 1989a).

Statistische Methoden spielen unter diesen Voraussetzungen eine wichtige Rolle in der Beschreibung von Systemen. Von ebenso zentraler Bedeutung sind statistische Aufnahmepläne, die allein für Repräsentativität garantieren können. Neu ist auch der Einbezug des Raumes im Sinne der Geostatistik. Damit können bereits in der Analysephase biologische Prozesse, wie die Reproduktions- und Ausbreitungsmechanismen von Arten, berücksichtigt werden. Eine weitere Tendenz dürfte in der verstärkten Berücksichtigung der zeitlichen Dynamik liegen, ebenfalls eine Konsequenz der sich rasch ändernden Umwelt.

Eines der wichtigsten Forschungsgebiete der Zukunft ist die Modellierung dynamischer Systeme unter Mitberücksichtigung räumlicher und zeitlicher Interaktionen, denn der Pflanzenökologie sind viele Evolutionsmechanismen bekannt, die bislang nicht modellmäßig nutzbar gemacht wurden. Konzepte wie jene von GRIME (1979) oder TILMAN (1988) lassen sich als Bausteine zu komplexeren Modellen verwenden. Und schließlich kann eine große Menge von oft nur rudimentär ausgewerteten Felddaten nutzbringend eingesetzt werden.

Die Pflanzenökologie der Zukunft sollte sich aus wissenschaftsmethodischen und politischen Gründen vorranglich an Forschungsbedürfnissen und Forschungsfragen orientieren. Was wir brauchen sind Fragestellungen, Theorien und Methoden. Alle sind in reichlichem Maß vorhanden. Auch die ältesten Schulmethoden geben noch immer ausgezeichnete Hilfen ab, um z. B. Daten im Felde zu erheben. Was bleibt ist die Frage, ob sich die Gesellschaft den Luxus einer ökologischen Ausbildung leisten will und ob die Einsicht in die Wichtigkeit einer Umweltforschung ausreicht, um die nötigen Mittel verfügbar zu machen.

Literatur

- BENZÉCRI, J. P., 1969: Statistical analysis as a tool to make patterns emerge from data. In: S. WATANABE (ed.): Methodologies of pattern recognition. Academic Press, New York: 35 - 60.
- BINZ, H. R., & O. WILDI, 1988: Das Simulationsmodell MaB-Davos. Schlussberichte zum Schweizerischen MaB-Programm 33, Bundesamt für Umweltschutz, Bern: 197 S.

- BRAUN-BLANQUET, J., 1964: Pflanzensoziologie. Grundzüge der Vegetationskunde. 3. Aufl. - Springer Verlag, Wien. 865 S.
- BRAY, J. R., & J. T. CURTIS, 1957: An Ordination of the upland forest communities of Southern Wisconsin. *Ecol. Monogr.* 27: 325-349.
- ČESKA, A., & H. ROEMER, 1971: A computer program for identifying species-relevé groups in vegetation studies. *Vegetatio* 32: 255-277.
- CRAWLEY, M. J. (ed.), 1986: *Plant Ecology*. Blackwell, Oxford. 496 S.
- ELLENBERG, H., 1956: Aufgaben und Methoden der Vegetationskunde. In: WALTER H. (Hrsg.), *Einführung in die Phytologie* 6, 1. 136 S.
- FEOLI, E., & V. ZUCCARELLO, 1988: Syntaxonomy: a source of useful fuzzy sets for environmental analysis? *Coenoses* 3: 141-147.
- FISCHER, H. S., & F. A. BEMMERLEIN, 1989: An outline for data analysis in phytosociology: past and present. *Vegetatio* 81: 95-106.
- FISCHER, H. S., 1990: Simulating distribution of plant communities in an alpine landscape. *Coenoses* 5: 37-43.
- FISCHER, H. S., 1992: Modellierung der räumlichen Verteilung von Pflanzengesellschaften auf der Basis abiotischer Faktoren. *Verhandlungen Gesellschaft für Ökologie XXI*.
- FONDS NATIONAL SUISSE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE, 1990: Programmes pluriannuel du Fonds national suisse pour la période de subventionnement 1992 - 1995. Bern. 65 S.
- GLEASON, H. A., 1926: The individualistic concept of the plant association. *Bull. Torrey Bot. Club* 53: 7-26.
- GOODALL, D. W., 1954: Vegetational classification and vegetational continua. *Angew. Pflanzensoz., Wien* 1: 168-182.
- GRABHERR, G., 1982: Die Analyse alpiner Pflanzengesellschaften mit Hilfe numerischer Ordinations- und Klassifikationsverfahren. *Stampfia* 10:149-160.
- GREEN, R. H., 1979: *Sampling design and statistical methods for environmental Biologists*. John Wiley & Sons, New York: 257 S.
- GROENEWOUDE, van, H., 1965: Ordination and classification of Swiss and Canadian coniferous forests by various biometric and other methods. *Ber. Geobot. Inst. ETH, Stiftung Rübel* 36: 28 - 102.
- GROTH, E. J., PEEBLES, P. J. E. & R. M. SONEIRA, 1977: The Clustering of Galaxies. *Sci. Ameri.* 237,5: 76-98.
- GRÜNIG, A., VETTERLI, L., & WILDI, O., 1986: Die Hoch- und Übergangsmoore der Schweiz. *Eidg. Anst. forst. Versuchswes., Ber.* 281. 62 S.
- HILL, M. O., & H. G. GAUCH, 1979: Detrended correspondence analysis: An improved ordination technique. *Vegetatio* 33: 51-60.
- HULME, M., WIGLEY, T. M. L., & P. D. JOHNES, 1990: Limitations of regional climate scenarios for impact analysis. In BOER, M. M. & R. S. de GROOT: *Landscape-ecological impact of climatic change*. IOS Press, Amsterdam: 111-129.
- KIENAST, F., BRZEZIECKI, B. & O. WILDI, 1991: Simulation der potentiellen natürlichen Vegetation der Schweiz. *Informationsblatt des Forschungsbereiches Landschaft WSL* 10: 3-4.
- LEGENDRE, L., & P. LEGENDRE, 1984: *Ecologie numérique. 2e éd. - Tome I: Le traitement multiple des données écologiques*. Masson, Paris: 260 S.
- LEGENDRE, L., & P. LEGENDRE, 1984: *Ecologie numérique. 2e éd. -Tome II: La structure des données écologiques*. Masson, Paris: 335 S.
- MARSILI-LIBELLI, S., 1989: Fuzzy clustering of ecological data. *Coenoses* 4: 95-106.
- ODUM, E. P., 1971: *Fundamentals of Ecology*. W. B. Saunders, Philadelphia: 574 S.
- ORLÓCI, L., 1974: Revisions for the Bray and Curtis Ordination. *Can. J. Bot.* 52: 1773-1776.
- ORLÓCI, L., FEOLI, E., LAUSI, D., & P. L. NIMIS, 1986: Estimation of character structure convergence (divergence) in plant communities: a nested hierarchical model. *Coenoses* 1: 11-20.
- PIELOU, E. C., 1984: *The interpretation of ecological data*. J. Wiley & Sons, New York: 263 S.
- PODANI, J., 1984: Spatial processes in the analysis of vegetation: Theory and review. *Acta Bot. Hung.* 30: 75-118.
- POORE, M. E. D., 1955: The use of phytosociological methods in ecological investigations. I-III. *J. Ecol.* 43: 226-244, 245-269, 606-651.
- POORE, M. E. D., 1962: The method of successive approximation in descriptive ecology. *Adv. Ecol. Res.* 1: 35-68.
- ROBERTS, D. W., 1986: Ordination on the basis of fuzzy set theory. *Vegetatio* 66: 123-131.
- SHUGART, H. H., 1984: *A theory of forest dynamics*. Springer, New York: 278 S.
- TER BRAAK, C. J. F., 1986: Canonical correspondence analysis; a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. *Vegetatio* 65: 3 - 11.
- TILMAN, D., 1988: *Dynamics and structure of plant communities*. Univ. Press, Princeton: 360 S.

- VAN DER MAAREL, E., 1969: On the use of ordination models in Phytosociology. *Vegetatio* 19: 21-46.
- VAN DER MAAREL, E., 1982: On the manipulation and editing of phytosociological and ecological data. *Vegetatio* 50: 71-76.
- VAN DER MAAREL, E., JANSSEN, J., & J. LOUPPEN, 1978: TABORD, a program for structuring phytosociological tables. *Vegetatio* 38: 143-156.
- WIEGLEB, G., 1985: Grenzen und Möglichkeiten der Datenanalyse in der Pflanzenökologie. *Tuexenia* 6: 365-377.
- WIEGLEB, G., 1992: Räumliche Skalierung und explorative Datenanalyse - eine kritische Evaluation. *Verhandlungen Gesellschaft für Ökologie XXI*.
- WILDI, O., 1977: Beschreibung exzentrischer Hochmoore mit Hilfe quantitativer Methoden. *Veröff. Geobot. Inst. ETH, Stiftung Rübel*, 60: 128 S.
- WILDI, O., 1989a: Analysis of the disintegrating group and gradient structure in Swiss riparian forests. *Vegetatio* 83: 179-186.
- WILDI, O., 1989b: A new numerical solution to traditional phytosociological tabular classification. *Vegetatio* 81: 95-106.
- WILDI, O., & B. O. KRÜSI, 1992: Revision der Waldgesellschaften der Schweiz: Wunsch oder Notwendigkeit? *Schweiz. Z. Forstwes.* 143,1: 37-47.

Adresse

PD Dr. Otto Wildi
Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft
Forschungsbereich Landschaft

CH-8903 Birmensdorf, Schweiz

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie](#)

Jahr/Year: 1992

Band/Volume: [21_1992](#)

Autor(en)/Author(s): Wildi Otto

Artikel/Article: [Rolle und Perspektiven statistischer Analytik in der Pflanzenökologie 339-346](#)