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

Tuexenia 6: 405–414. Göttingen 1986

Zur Vorhersage ökologischer Parameter aufgrund der floristischen Struktur der Vegetation[1)]

- Hagen Fischer -

ZUSAMMENFASSUNG

Eines der Ziele der angewandten Pflanzensoziologie ist die Vorhersage abiotischer Standortsfaktoren aus der floristischen Struktur einer Aufnahmefläche. In dieser Arbeit wird eine Möglichkeit vorgestellt, auf der Basis von Ordinationsmodellen mittels multipler Regressionsanalyse auf Standortsfaktoren zu schließen. Zusätzlich wird die Verarbeitung von ökologischen Zeigerwerten in der multiplen Regressionsanalyse und die direkte Korrelation von Zeigerwerten und Boden-pH-Wert diskutiert.

ABSTRACT

One purpose of applied phytosociology is the prediction of abiotic site factors from the floristic structure of a vegetation sample. This paper shows a possibility to predict site factors from ordination models by means of multiple-regression analysis. In addition, the use of ecological indicator values for multiple regression analysis and the direct correlation of the 'Reaktionszahl' and the soil-pH are discussed.

VORHERSAGE MITTELS MULTIPLER REGRESSIONSANALYSE AUF DER BASIS VON ORDINATIONSMODELLEN

Die angewandte Pflanzensoziologie geht von dem Grundgedanken aus, daß die Artenzusammensetzung der Vegetation von abiotischen und biotischen Standortsfaktoren abhängig ist. Wenn die Art dieser Abhängigkeit bekannt ist, kann deshalb von der floristischen Struktur eines Bestandes auf die Qualität und Quantität der dort herrschenden Standortsfaktoren geschlossen werden.

Die Vegetation ändert sich entlang eines sich kontinuierlich ändernden ökologischen Gradienten ebenfalls kontinuierlich, wie WHITTAKER (1948, 1967) und andere zeigten. Diese Kontinuität beinhaltet jedoch auch eine unterschiedliche "Geschwindigkeit" der Änderung der floristischen Struktur entlang eines Standortsgradienten. So kann es Bereiche des Standortsgradienten geben, in denen sich die Artenzusammensetzung relativ wenig ändert - der Typus der Gesellschaft -, und Bereiche mit größeren Änderungen - die Übergänge zwischen den Vegetationseinheiten. Scharfe Grenzen treten nur dort auf, wo sich ein Faktor sprunghaft ändert. Der Faktor "Bewirtschaftung" an der Nutzungsgrenze zwischen Wiese und Acker, oder der Faktor "geologisches Substrat" an einer scharfen geologischen Schichtgrenze verursachen solche scharfen Grenzen zwischen zwei Vegetationstypen. Der Kontinuitätscharakter der Vegetation zeigt sich an der Schwierigkeit der Abgrenzung großklimatisch bedingter Vegetationseinheiten, wie z.B. des atlantischen *Fagion* vom kontinentalen *Carpinion*. Hier findet man einen allmählichen Übergang von einem "reinen" Typus zum anderen mit allmählicher Zu- bzw. Abnahme der Charakteristika der beiden Typen.

[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

Will man nun aus der Vegetation Rückschlüsse auf die Standortfaktoren ziehen, sind vegetationskundliche Analysen, die diese Kontinuität erfassen, z.B. die Ordinationsmethoden, besser geeignet als die Klassifikationsmethoden, die innerhalb einer Klasse eine gewisse Variabilität der floristischen Struktur und der ökologischen Standortsfaktoren zusammenfassen. Diese Wertung darf jedoch nicht als generell gültig betrachtet werden, sondern nur im Hinblick auf das hier verfolgte Ziel, die sich kontinuierlich ändernde floristische Struktur mit kontinuierlich arbeitenden Analysemethoden zu erfassen, um Rückschlüsse auf die sich ebenfalls kontinuierlich ändernden Standortfaktoren ziehen zu können. Neben der Ordination hat die Klassifikation einen gleichwertigen Platz, aber mit anderen Anwendungsvorteilen, die bei BRAUN-BLANQUET (1964, u.a.), WHITTAKER (1962, 1978) u.a. ausführlich dargestellt sind.

Zur Ordination wurde in dieser Arbeit die Methode R e c i p r o c a l A v e r a g i n g (HILL 1979) benutzt, die an verschiedenen Datensätzen gute Übereinstimmung mit den Ergebnissen der Klassifikation und dem mitteleuropäischen, pflanzensoziologischen System gezeigt hat.

Die einfachste Möglichkeit, die als Ergebnisse einer Ordination gewonnenen Achsenwerte für die Vorhersage eines ökologischen Faktors zu benutzen, ist die Aufstellung einer einfachen Regressionsgleichung zwischen den Koordinaten einer Achse und einem gemessenen Standortsfaktor. Für Aufnahmen, zu denen keine Messungen vorliegen, kann dann aufgrund der gefundenen Regressionsgleichung aus den Achsenkoordinaten eine Vorhersage über den Standortfaktor gemacht werden. Als Beispiel sei das Ergebnis einer Auswertung vorgestellt, die mit einem Datensatz durchgeführt wurde, der auf den "Geobotanischen Übungen für Fortgeschrittene" am Cabo Espichel in Portugal erhoben wurde. Die Regressionsanalyse zwischen den Koordinaten der 1. Achse einer Reciprocal Averaging Analyse und dem Boden pH-Wert ergab folgende Gleichung:

pH = -0.004*COOR1 + 6.64
Stichprobenumfang : 40
Korrelationskoeffizient : 0.83
Irrtumswahrscheinlichkeit : < 0.1%

Eine Ordination liefert aber mehrere Achsen, in denen die floristischen Beziehungen der Aufnahmen zum Ausdruck kommen. Diese Achsen der Ordination stellen floristische Gradienten dar (= relative floristische Ähnlichkeit) und keine unmittelbaren ökologischen Faktoren. Deshalb kann ein ökologischer Faktor mit mehreren Achsen verschieden stark korreliert sein. Es liegt nun nahe, für die Vorhersage eines ökologischen Faktors mehrere der von einer Ordination gelieferten Achsen zu benutzen. Dies ist möglich mit Hilfe der m u l t i p l e n R e g r e s s i o n s a n a l y s e, die eine Gleichung folgender Form liefert:

$$y = ax_1 + bx_2 + \ldots + nx_n + k$$

mit: $x_1 \ldots x_n$ Koordinaten der n Ordinationsachsen
$a \ldots n, k$ Koeffizienten der Regressionsgleichung
y abhängige Variable = ökologischer Faktor.

YARRANTON & BEASLEICH (1968-1970, zit. aus BATES 1982) benutzten die multiple Regressionsanalyse zur Vorhersage der Frequenz von Kryptogamen aus gemessenen Standortsfaktoren. Im Gegensatz dazu wurden im Rahmen dieser Arbeit die Anwendungsmöglichkeiten der multiplen Regressionsanalyse zur Vorhersage ökologischer Standortfaktoren aus den Ordinationsachsen in den Wäldern und Forsten des Sebalder Reichswaldes untersucht.

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

PH-WERT IN AUWÄLDERN

Am Datensatz der Auwälder und Erlenbrüche, der das *Carici elongatae-Alnetum*, das *Pruno-Fraxinetum*, das *Stellario-Alnetum* und die Kiefern- und Fichtenforste auf Auwaldstandorten umfaßt, wurde die Beziehung zwischen pH-Wert des Bodens und den Achsen der Ordinationsmethode Reciprocal Averaging (HILL 1979) mittels multipler Regressionsanalyse untersucht. Der pH-Wert wurde als ökologischer Faktor für diese Untersuchung ausgewählt, da er einen wichtigen Einfluß auf die Nährstoffversorgung der Wälder hat und leicht meßbar ist. Der in den Auwäldern vermutlich wichtigere Faktorenkomplex "Feuchte" konnte in dieser Arbeit nicht berücksichtigt werden, da keine geeigneten Meßgeräte zur Verfügung standen. Für die Ordination wurden die Arten, die nur ein- oder zweimal vorkommen, maskiert. Die Artmächtigkeitswerte wurden in die Ordinalskala transformiert (VAN DER MAAREL 1979). Reciprocal Averaging wurde mit der Option "downweighting of rare species" benutzt, wodurch die seltenen Arten ein geringeres Gewicht in der Analyse bekommen. Das Ergebnis dieser Ordination ist in Abb. 1 dargestellt. Als Overlay ist das Ergebnis der Klassifikation eingetragen. Die multiple Regressionsanalyse des pH-Wertes mit den ersten vier Achsenkoordinaten brachte folgendes Ergebnis:

Stichprobenumfang:	37
multipler Korrelationskoeffizient:	0.64
Irrtumswahrscheinlichkeit:	0.1 %
Standardfehler der Schätzung:	16.9 %

Regressionsgleichung:

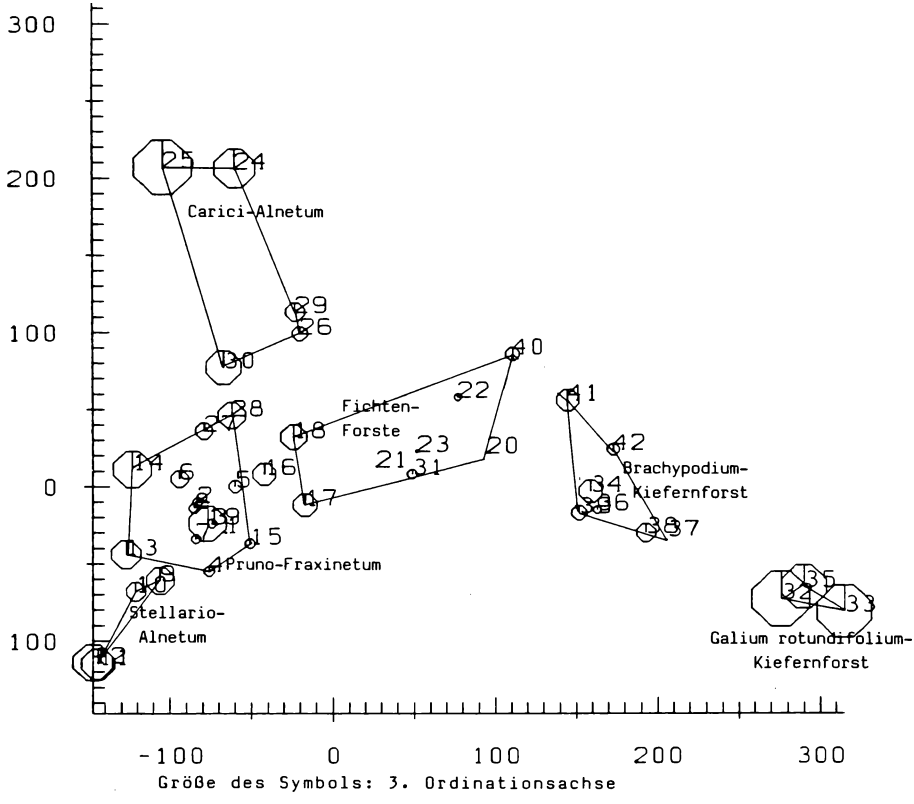


Abb. 1: Ordinationsdiagramm der Auwälder und Forste.

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

$pH = (-0.36COOR1 + 0.39COOR2 + 0.70COOR3 - 0.26COOR4)10^{-3} + 5.1$
Signifikante Korrelation mit der 1. und 3. Achse.

Um den Einfluß der Transformation der Daten auf das Ergebnis der multiplen Regression zu untersuchen, wurde der Datensatz nach Presence/Absence transformiert und dem gleichen Verfahren unterworfen. Presence/Absence bedeutet, jedes Vorkommen einer Art wird mit 1 bewertet, ungeachtet der Artmächtigkeit, jedes Nicht-Vorkommen mit 0. Mit den so erhaltenen Achsenkoordinaten wurde die gleiche Analyse nochmals durchgeführt:

Stichprobenumfang:	36
multipler Korrelationskoeffizient:	0.71
Irrtumswahrscheinlichkeit:	<0.1 %
Standardfehler der Schätzung:	15.7 %

Regressionsgleichung:

$pH = (-4.0COOR1 + 5.1COOR2 + 8.1COOR3 - 0.4COOR4)10^{-2} + 5.1$
Signifikante Korrelation mit der 1. und 3. Achse.

Durch diese Änderung der Transformation konnte der Vorhersagefehler um 1.2% von 16.9% auf 15.7% verringert werden. Ein weiterer Versuch, die Analyse nur auf die signifikanten Achsen 1 und 2 sowie die schwach signifikante Achse 2 zu beschränken, brachte nur noch eine geringfügige Verbesserung um 0.3%.

BODENHORIZONTE IN TROCKENEN KIEFERNFORSTEN

In den alten Kiefernforsten, dem *Cladonia*-Kiefernforst, dem *Leucobryum*-Kiefernforst, dem *Dicranum undulatum*-Kiefernforst, den zwergstrauchfreien Kiefernforsten und den *Avenella* Kiefernforsten, ist die ehemalige Streunutzung durch die Bauern der Umgebung, die dem Wald jahrhundertelang Nährstoffe entzogen haben, ein wichtiger ökologischer Faktor. Das Ausmaß dieser Nutzung ist heute nicht mehr unmittelbar rekonstruierbar. Der Nährstoffentzug führte jedoch vermutlich zu einer stärkeren Podsolidierung, die in Bodenprofilen noch heute zu sehen sein müßte. Deshalb wurden in diesem Datensatz die Zusammenhänge der Mächtigkeit des A_e- und des B-Horizontes mit den Ordinationsachsen untersucht. Als Ordinationsmethode wurde wieder Reciprocal Averaging benutzt. Die Artmächtigkeit wurde in die Ordinalskala transformiert (VAN DER MAAREL 1979).

Die multiple Regressionsanalyse des A_e- und B-Horizontes mit den Ordinationskoordinaten zeigte eine schwach signifikante multiple Korrelation. Die Standardfehler waren mit 53% bzw. 83% jedoch für eine praktische Anwendung zu groß. Die Ursache für den großen Fehler kann unter anderem ein Meßfehler beim ökologischen Faktor sein. Speziell in diesem Fall muß damit gerechnet werden, da die genaue Abgrenzung der Horizonte, vor allem die Grenze zwischen dem B- und dem C-Horizont, in den sandigen Böden des Untersuchungsgebiets wegen der geringen Farbunterschiede schwierig ist. Andererseits kann dieses Ergebnis auch darauf hindeuten, daß die gemessenen Werte für die untersuchte Vegetation keine prägenden ökologischen Faktoren darstellen. Aus den Ergebnissen der Klassifikation ergibt sich die Hypothese, daß das Verhältnis vom A_e- zum B-Horizont einen stärkeren Einfluß auf die Ausbildung der Vegetation hat. Das Verhältnis A_e/B ist ein Maß für die Podsolisierung in Bezug auf die Gesamtentwicklungstiefe des Bodens.

Die multiple Regression des Quotienten A_e/B mit den Ordinationskoordinaten zeigte jedoch keine signifikante Korrelation, da dieser Quotient bei geringer Bodenentwicklung extrem hohe Werte liefert und damit nicht einmal annähernde Linearität zwischen numerischem Wert und ökologischer Bedeutung vorliegt. Die Transformation $y = (A_e/B)^{0.5}$ schwächt Extremwerte ab und kann zur Lineari-

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

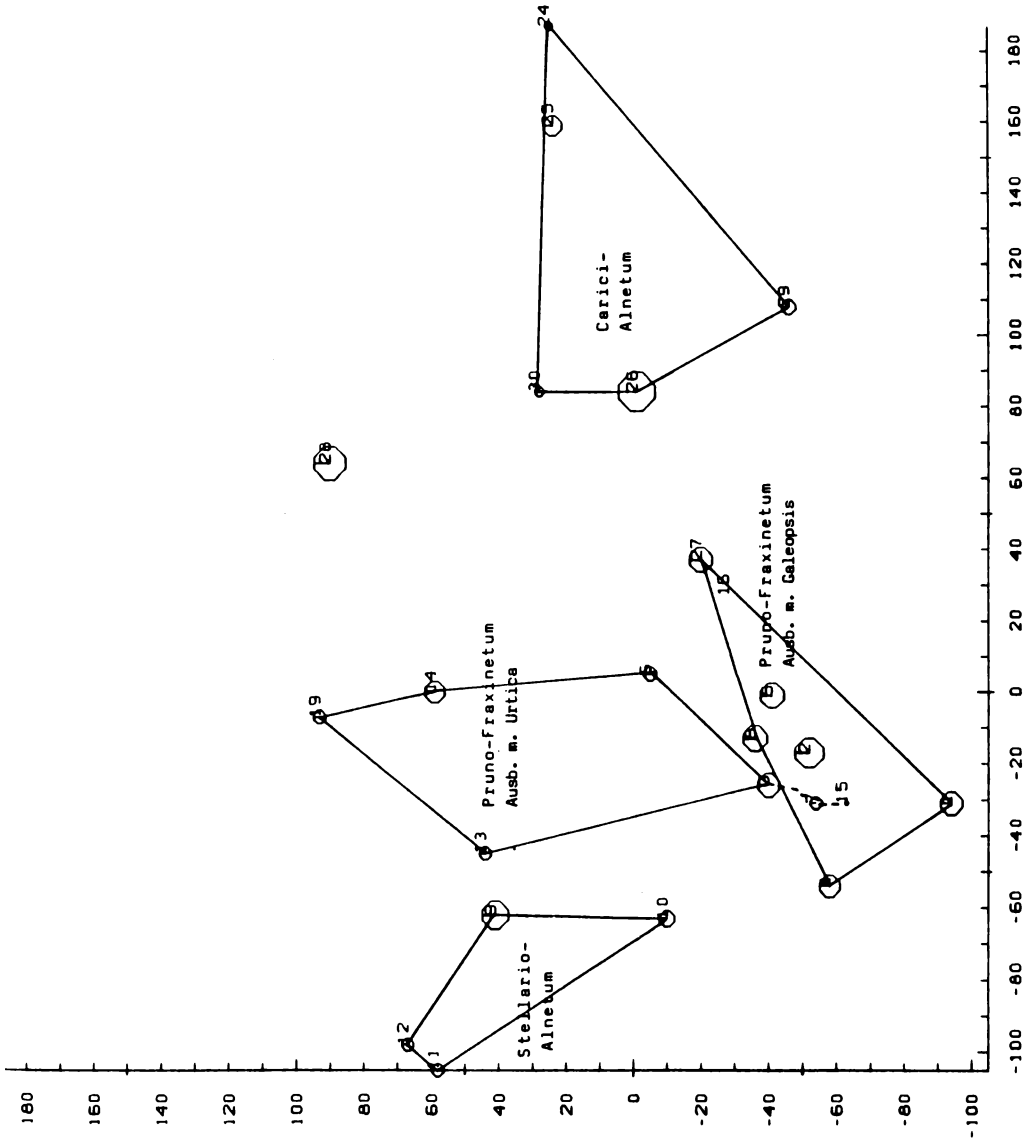


Abb. 2: Ordinationsdiagramm des *Alno-Ulmion* und *Alnion*.

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

sierung benutzt werden. Die multiple Regressionsanalyse mit diesem Koeffizienten zeigte eine schwach signifikante Korrelation mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 2.4% und einem Standardfehler der Schätzung von 15%.

Dem Problem der Extremwerte kann auch durch Benutzung eines Koeffizienten mit eingeschränktem Wertebereich begegnet werden. Der Koeffizient $(A_e-B)/(A_e+B)$ nimmt Werte zwischen -1 (reine Braunerde) und +1 (Podsolranker) ein. Die multiple Regressionsanalyse erbrachte folgendes Ergebnis:

Stichprobenumfang:	30
multipler Korrelationskoeffizient:	0.68
Irrtumswahrscheinlichkeit:	0.3 %
Standardfehler der Schätzung:	15.9 %

Regressionsgleichung:

$$(A_e-B)/(A_e+B) = (0.42COOR1 + 0.20COOR2 + 0.11COOR3 - 0.06COOR4)10^{-2} - 0.30$$

Signifikante Korrelation mit der 1. Achse.

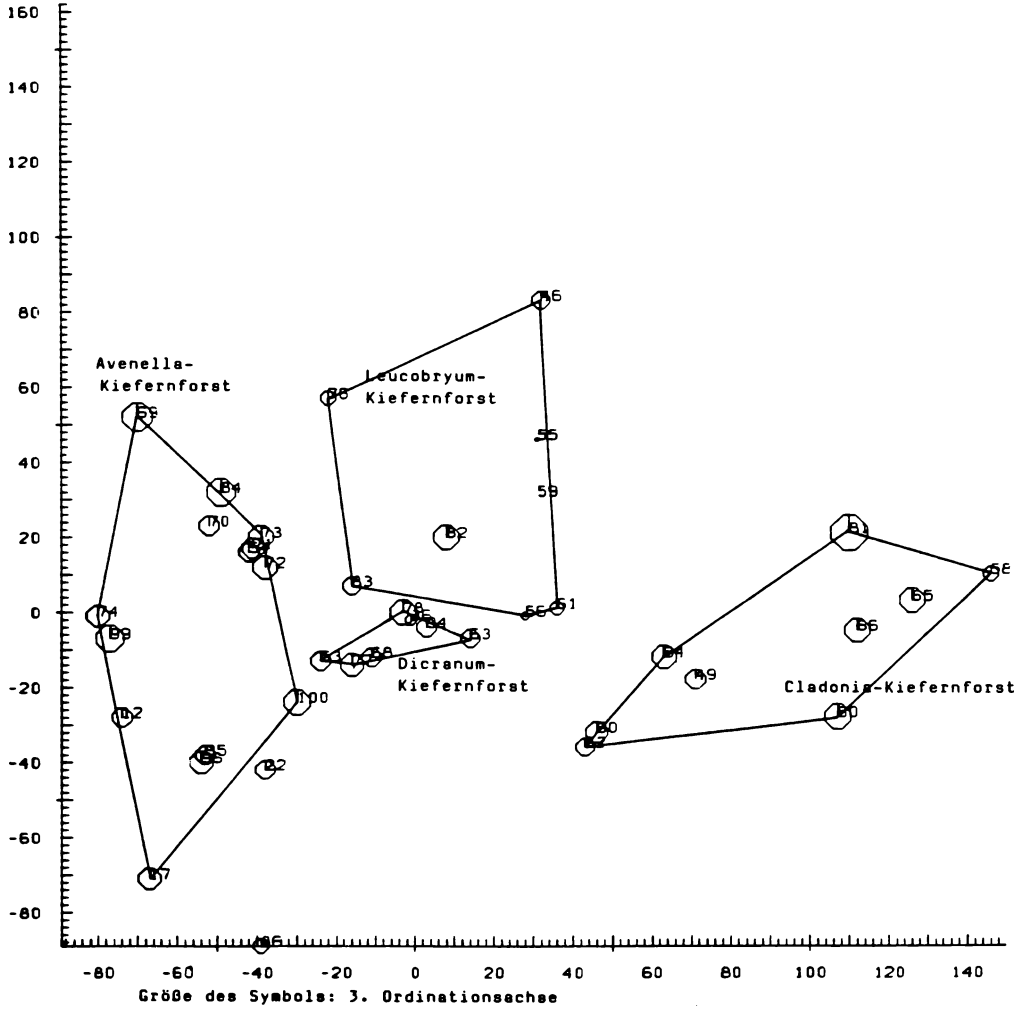


Abb. 3: Ordinationsdiagramm trockener Kiefernforste.

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

DISKUSSION DER ERGEBNISSE

Es konnte gezeigt werden, daß quantitative ökologische Faktoren mit Hilfe der multiplen Regressionsanalyse aus den Achsenkoordinaten, die als Ergebnis einer Ordination gewonnen wurden und die die floristische Struktur darstellen, vorhergesagt werden können. Die Methode hat jedoch deutliche Grenzen, auf die hier noch genauer eingegangen werden soll:

1. Der ökologische Faktor muß einerseits meßbar sein und andererseits einen dominierenden Einfluß auf die Vegetation haben. In den Auwäldern beispielsweise wurde der pH-Wert untersucht. Dieser Faktor ist zweifellos meßbar. Jedoch beeinflußt der pH-Wert die Vegetation nicht direkt, sondern mittelbar über die Beeinflussung des gesamten Ionenhaushalts, der in dieser Arbeit nicht gemessen werden konnte. Weiterhin muß berücksichtigt werden, daß die Vegetation nicht sofort auf den aktuellen Wert reagiert, sondern über einen mehr oder weniger langen Zeitraum integriert. Dies führt zu zwei Effekten: Die nicht unmittelbare oder nicht dominante Beeinflussung der Vegetation durch den untersuchten Faktor, sowie Meßfehler, wie die unsichere Bestimmung der Mächtigkeit des B-Horizontes in den Kiefernwäldern, führen zu Vorhersagefehlern. Andererseits könnte der aufgrund der multiplen Regressionsanalyse vorhergesagte Wert besser den langjährigen Mittelwert repräsentieren als die aktuelle Messung. Welcher dieser Effekte überwiegt, kann aufgrund dieser Analyse allerdings nicht entschieden werden.

2. Eine weitere Begrenzung der Methode hat ihre Ursache in der Nichtlinearität der Vegetationsdaten und der dadurch bedingten Verzerrung in der Ordination. Der Grad dieser Verzerrung ist abhängig von der beta-Diversität (WHITTAKER 1970), d.h. von der Heterogenität des Datensatzes. Bei nicht allzugroßer beta-Diversität kann die Verzerrung so gering sein, daß sie sich vernachlässigen läßt. Nur durch die praktische Anwendung können sich letztlich diese Grenzen zeigen.

3. Die multiple Regressionsanalyse untersucht nur den linearen Zusammenhang zwischen dem untersuchten Faktor und den Ordinationsachsen. Durch geeignete Transformationen kann der Zusammenhang zwischen ökologischem Faktor und der Ordinationsachse linearisiert werden, wie am Beispiel der Kiefernforsten gezeigt wurde. Hinweise auf die nötige Transformation des Faktors gibt die Untersuchung der Residuen (= Differenz zwischen gemessenem und vorhergesagtem Wert), sowie die einfache Regressionsanalyse.

4. Zur Absicherung der Ergebnisse sollte eine Kreuzvalidisierung durchgeführt werden, d.h. der Datensatz wird in zwei Hälften geteilt und die Ergebnisse, die aus dem einen Teildatensatz gewonnen wurden, werden am anderen Teil getestet. Da in dieser Arbeit für multiple Regressionsanalysen relativ wenige Aufnahmen vorlagen, war es nicht sinnvoll, die Teilung vorzunehmen. Es mußte deshalb auf die Kreuzvalidisierung verzichtet werden.

MULTIPLE REGRESSIONSANALYSE MIT ÖKOLOGISCHEN ZEIGERWERTEN ALS HILFSMITTEL ZUR INTERPRETATION DER ORDINATIONSACHSEN

Anstatt eines gemessenen Standortsfaktors können auch ökologische Zeigerwerte (ELLENBERG 1979) mit einer multiplen Regressionsanalyse verarbeitet werden. Hierbei interessiert selbstverständlich nicht die Vorhersage des Zeigerwerts aus den Ordinationsachsen - die Zeigerwerte können ja einfacher direkt aus der Tabelle berechnet werden - sondern die Korrelation des Zeigerwerts mit den Achsen. Damit erhält man Hinweise auf die ökologische Bedeutung der Achsen und kann somit Hypothesen über die die Vegetation prägenden ökologischen Verhältnisse generieren, die mit gezielten Messungen überprüft werden können.

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

Mit dem Datensatz der Auwälder wurden drei multiple Regressionsanalysen zwischen den ökologischen Zeigerwerten mF, mR und mN und den Achsenkoordinaten der Ordination Reciprocal Averaging ausgeführt.
Die mittlere Feuchtezahl ist korrelliert mit der 1. und 2. Achse. Dies entspricht dem Übergang vom *Alno-Ulmion* zu den stärker entwässerten Fichten- und Kiefernforsten auf der 1. Achse und dem Übergang vom *Alno-Ulmion* zum *Alnion* auf der 2. Achse (vgl. Abb. 1). Zur quantitativen Erfassung der Feuchte wären Messungen über mindestens eine Vegetationsperiode in den verschiedenen Einheiten nötig.

Die mittlere Reaktionszahl korreliert mit der 1. und 4. Achse signifikant und mit der 3. Achse schwach signifikant. Hier zeigt sich ein interessanter Unterschied zur multiplen Regressionsanalyse des pH-Wertes (siehe oben), der mit der 1. und 3. Achse signifikant korreliert ist. Da die ökologischen Zeigerwerte nicht auf Messungen sondern auf empirischen Beobachtungen beruhen, kann die Reaktionszahl auch einen anderen Faktor anzeigen, der mit dem pH-Wert in Verbindung steht. Nach RUNGE (1983) besteht eine engere Beziehung der mittleren Reaktionszahl zum Calcium/Aluminium-Verhältnis als zum pH-Wert. In diesem Ordinationsmodell stellt die 4. Achse also möglicherweise einen Ca^{2+}/Al^{3+}-Gradienten dar, während die 3. Achse einen pH-Gradienten darstellt. Entlang der 1. Achse ändert sich möglicherweise der pH-Wert als auch das Ca^{2+}/Al^{3+}-Verhältnis relativ stark.

Die mittlere Stickstoffzahl korreliert mit der 1. und 3. Achse, wie auch der pH-Wert. Das ist plausibel, da für die Stickstoffversorgung der Pflanzen nicht der im Boden gespeicherte Stickstoffvorrat, sondern die Stickstoffmineralisierung ausschlaggebend ist, die von Mikroorganismen bewerkstelligt wird, die ihrerseits in ihrer Aktivität stark vom pH-Wert des Bodens abhängig sind.

KORRELATION ZWISCHEN ZEIGERWERTEN UND STANDORTSFAKTOREN AM BEISPIEL PH-WERT/REAKTIONSZAHL

In den armen Kiefernforsten ist die Berechnung von mittleren Zeigerwerten für die Aufnahmen wegen der geringen Artenzahl mit einem großen Fehler behaftet, vor allem, weil nicht für alle Arten Zeigerwerte von ELLENBERG vergeben wurden. Deshalb wurde versucht, durch Kombination der Zeigerwerte nach ELLENBERG (1979) für die höheren Pflanzen und der Zeigerwerte nach LANDOLT (1977) für die Kryptogamen die Datenbasis zu erhöhen. Da die Definition der Werte bei LANDOLT in etwa den ungeraden Werten bei ELLENBERG entspricht, können die LANDOLT-Werte 1,2,3,4,5 nach Transformation in 1,3,5,7,9 zusammen mit ELLENBERG-Werten verrechnet werden.
Dabei ergaben sich folgende Ergebnisse:

1. Bei Berechnung der Zeigerwerte ohne Kryptogamen nach Presence/Absence-Transformation ergab sich eine Irrtumswahrscheinlichkeit für die Korrelation der Reaktionszahl mit dem Boden-pH-Wert von 3%, nach Transformation in die Ordinalskala eine Irrtumswahrscheinlichkeit von 1%. Die Einbeziehung der Artmächtigkeit in die Berechnung bringt also bessere Ergebnisse. Das ist zu erwarten, da die Zeigerwerte für den Bereich des ökologischen Optimums zutreffen, bei dem die Arten mit höherer Deckung vorkommen.

2. Bei Berechnung der Reaktionszahl mit Kryptogamen verbesserte sich die Korrelation bei beiden Transformationen auf eine Irrtumswahrscheinlichkeit von 0.001%. Zumindest in Bezug auf die Reaktionszahl erbringt die kombinierte Auswertung von LANDOLT- & ELLENBERG-Zahlen somit deutlich verbesserte Ergebnisse.

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

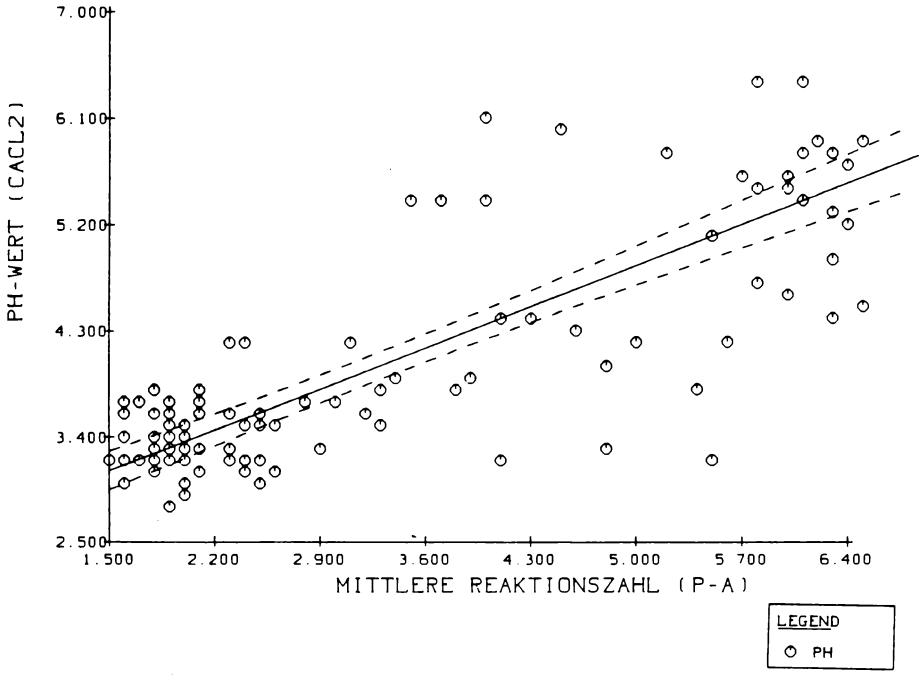


Abb. 4: Korrelation zwischen Reaktionszahl und pH-Wert.

3. Für den Gesamtdatensatz ergibt sich folgende Regressionsgleichung (Abb. 4):

$$pH = 0.5mR + 2.7$$

Diese Gleichung stimmt in etwa mit der von RODENKIRCHEN (1982) gefundenen überein:

$$pH = 0.4mR + 3.1$$

SCHRIFTEN

BATES, J.W. (1982): Quantitative Approaches in Bryophyte Ecology. - In: SMITH, A.E.J.: Bryophyte Ecology. London, New York.

BRAUN-BLANQUET, J. (1964): Pflanzensoziologie. 3. Aufl. - Wien, New York. 865 S.

ELLENBERG, H. (1979): Zeigerwerte der Gefäßpflanzen Mitteleuropas. - Scripta Geobotanica 9. 2. Aufl. Göttingen. 106 S.

HILL, M.O. (1979): Reciprocal Averaging: An Eigenvector Method of Ordination. - J. Ecol. 61: 237-249.

LANDOLT, E. (1977): Ökologische Zeigerwerte zur Schweizer Flora. - Veröff. Geobot. Inst. ETH, Stiftung Rübel 64. 208 S.

MAAREL, E. van der (1979): Transformation of Cover-Abundance Values in Phytosociology and its Effects on Community Similarity. - Vegetatio 39(2): 97-114.

RODENKIRCHEN, H. (1982): Wirkung von Meliorationsmaßnahmen auf die Bodenvegetation eines ehemals streugenutzten Kiefernstandorts in der Oberpfalz. - Forstl. Forschungsber. München 53. 215 S.

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

RUNGE, M. (1983): Zum Einfluß des Aluminiums auf die floristische Zusammensetzung von Waldgesellschaften des Münsterlandes. - Verh. Ges. Ökologie 11 (Festschrift Ellenberg): 339-350. Göttingen.

WHITTAKER, R.H. (1948): A Vegetation Analysis of the Great Smoky Mountains. - Ph. D. Thesis Univ. Illinios. Urbana, Illinois.

- (1962): Classification of Natural Communities. - Bot. Rev. 28: 1-239.

- (1967): Gradient Analysis of Vegetation. - Bot. Rev. 42: 207-264.

- (1970, 1975): Communities and Ecosystems. - London.

- (1978): Classification of Plant Communities. - The Hague, Boston.

- (1978): Ordination of Plant Communities. - The Hague, Boston.

Anschrift des Verfassers:

Dipl.-Biol. Hagen Fischer
Institut für Botanik und Pharmazeutische Biologie, AG Geobotanik
Staudtstraße 14

D - 8520 Erlangen

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): Fischer Hagen S.

Artikel/Article: Zur Vorhersage ökologischer Parameter aufgrund der floristischen Struktur der Vegetation 405-414