

Grundlagen

Objektyp: **Chapter**

Zeitschrift: **Veröffentlichungen des Geobotanischen Institutes der Eidg. Tech. Hochschule, Stiftung Rübel, in Zürich**

Band (Jahr): **60 (1977)**

PDF erstellt am: **03.07.2024**

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

3. Grundlagen

3.1. Zur Verwendung einiger Begriffe

Während bei deskriptiv-ökologischer Arbeitsweise nur Vegetationstypen und Standortsfaktoren unterschieden werden, befriedigt eine solche Unterteilung bei der Frage nach der Ursache der Entstehung eines Oekosystems nicht mehr. Die begriffliche Umschreibung der Natur der Standortsfaktoren hängt in diesem Falle von der Art der Fragestellung ab. Ein erstes Kriterium ist das Verhalten eines Faktors im Laufe der Entwicklung des Oekosystems: Bleibt er mehr oder weniger gleich, spricht JENNY (1941), zit. in BRAUN-BLANQUET (1964), von "independent variable" und WALTER (1968) von einem sekundären Faktor. Faktoren, die direkt auf die Lebewesen einwirken, bezeichnet WALTER (1968) als primäre Faktoren, ELLENBERG (1968) als Umweltfaktoren.

Einige Begriffe sind ausschliesslich für den Vergleich zweier oder mehrerer Oekosysteme geschaffen worden. BACH (1950) definiert "entscheidende Standortsfaktoren" als jene, "welche am Standort der betreffenden Gesellschaft immer vorhanden sind und in denen sich die verschiedenen Gesellschaften voneinander unterscheiden". GIGON (1971) nimmt an, dass nicht alle "entscheidenden Standortsfaktoren" für Unterschiede verantwortlich sind und führt zusätzlich den Unterbegriff "verantwortliche Faktoren" ein. Wesentlich ist in diesem Zusammenhang, dass die "verantwortlichen Faktoren" je nach betrachtetem Pflanzengesellschaftspaar verschieden sind. Dieses Konzept, das sich für den Vergleich zweier Vegetationstypen bewährt hat, ist daher für komplexe und gradientenhaft ausgebildete Untersuchungsobjekte unzuweckmässig.

Geht man bei der Untersuchung systemökologisch vor (vgl. 9.2.), so lassen sich unterschiedliche Vegetationstypen als verschiedene Gleichgewichtszustände ein und desselben Systems beschreiben. Sind die Unterschiede gross genug, so können sie auch auf verschiedene Systemstruktur zurückgeführt werden (das geschieht bei Systemsimulationen automatisch dadurch, dass irgendeine Systemkomponente gleich null wird). Damit nähert man sich der Begriffswelt der Physik. Als Experimentator muss man entscheiden, welche Faktoren (Elemente) konstant bleiben: Es sind oft die "independent variables" von JENNY (1941), zusätzlich aber Eigenschaften von Systemkomponenten wie

die Art einer Beziehung (linear oder nicht linear), die Ansprüche einer Pflanzenart an das Substrat bei sonst konstanten Bedingungen oder die Permeabilität einer bestimmten Bodenart. Alle andern Elemente sind dann notwendigerweise mehr oder weniger variabel. Ferner wird versucht herauszufinden, welches Element von welchem direkt beeinflusst wird. Ist das eine davon eine Pflanze, so ist das andere ein "primärer Faktor" nach WALTER (1968).

Auch der Begriff "Faktor" bedarf in diesem Zusammenhang einiger Erläuterungen. Bei deskriptiver Arbeitsweise handelt es sich einfach um eine meist messbare Grösse irgendeiner Art. Zweckmässigerweise verwendet man in der Systemökologie den Begriff Systemelement. Systemelemente sind zum Beispiel "levels" (FORRESTER 1968), also Mengen gleichartiger Materie- oder Energiekomponenten, ferner Materie- oder Energieflüsse sowie Beziehungen (Abhängigkeiten) und die schon diskutierten Konstanten.

In der Pflanzensoziologie und in der Statistik werden einige Begriffe in unterschiedlichem Sinne verwendet. Im folgenden wird erläutert, wie sie hier verstanden werden.

Jede Vegetationsaufnahme, aber auch jeder Standort, stellt eine Beobachtungseinheit dar. Artmächtigkeitswerte (vgl. 4.3.) für alle Pflanzenarten sind die Variablen, die die Aufnahmen charakterisieren. Die Variablen der Standorte sind die Werte der verschiedenen Arten von Standortsmessungen, hier gelegentlich auch Standortgrössen genannt.

Gruppen sind die bei der Klassifikation gebildeten Populationen von Beobachtungseinheiten oder Variablen. Der Begriff Klasse wird wegen seiner Doppelbedeutung vermieden. Auch nicht diskrete Anhäufungen von Beobachtungseinheiten werden Gruppen genannt. Gruppen von Vegetationsaufnahmen heissen Einheiten oder Pflanzengesellschaften, ohne ihnen damit bereits einen bestimmten soziologischen Rang zuzuordnen. Als ökologische Ansprüche werden diejenigen Standortbedingungen bezeichnet, unter denen Pflanzenarten oder Einheiten anzutreffen sind. Der Begriff impliziert keine einseitige Abhängigkeit.

Grössen, die sich direkt auf einen oder mehrere Standortsfaktoren zurückführen lassen, werden Symptome genannt.

Der Begriff Erklärbarkeit wird hier rein statistisch gebraucht: Zwei Grössen erklären einander gut, wenn mit grosser Wahrscheinlichkeit von der

einen auf die andere geschlossen werden kann. Die Korrelation ist ein Spezialfall davon: Sie bezieht sich hier nur auf die Grösse des Produktmomentkorrelationskoeffizienten zwischen zwei Vektoren.

3.2. Konzept der Untersuchung

Die Felduntersuchung, eine Bestandesaufnahme, soll gute Informationen über Vegetation und Standort liefern. Sie muss folgenden Kriterien möglichst vollständig genügen:

Alle vorhandenen Standorte sollen entsprechend ihrer Häufigkeit gleiche Chance haben, berücksichtigt zu werden. Die Sicherheit, welche Standortmessungen welchem Vegetationstyp zuzuordnen sind, muss möglichst hoch sein. Das Resultat soll auch Informationen über die Sicherheit enthalten, mit der gefundene Zusammenhänge reproduziert werden können.

Hinter der später gezeigten Versuchsanordnung stehen folgende Absichten: Der Umfang der Untersuchung wird durch Auswahl der interessierenden Flächen (Versuchs- oder Untersuchungsflächen genannt) durch den Experimentator subjektiv festgelegt. In diesen Flächen wird eine Stichprobenerhebung durchgeführt, hier in Form eines systematischen Stichprobennetzes. Zu jeder Stichprobe gehören die Daten von Vegetation und Standort. Auf diese Weise soll eine möglichst rohe Form der Daten erzielt sowie deren Reproduzierbarkeit maximiert werden.

Die Auswertung erfolgt in drei Schritten. Zunächst wird in der Vegetation nach Strukturen gesucht, mit Hilfe von Klassifikation und Ordination werden Gruppen und Gradienten identifiziert. Es folgt eine Untersuchung der Standortmessungen. Gefragt wird insbesondere nach Abhängigkeiten zwischen Standortfaktoren, aber auch nach der Zweckmässigkeit verschiedener Messmethoden. Dann wird der Zusammenhang von Vegetation und Standort untersucht.

3.3. Die multivariate Betrachtungsweise in der Pflanzenökologie: Das Problem der Zufallskorrelationen und der Freiheitsgrade

Sowohl Vegetationsaufnahmen wie auch ökologische Messungen stellen Beobachtungen im n -dimensionalen Raum dar, falls n Pflanzenarten, bzw. n verschiedene

Messungen vorliegen. Wird mit zufällig erzeugten Daten gearbeitet, so liegt eine n-dimensionale Zufallsverteilung vor. Ein wichtiges Ziel von Vegetationsanalysen besteht darin festzustellen, ob Korrelationsmatrizen von einer mit Zufall erklärbaren Struktur abweichen.

Zufallsverteilte Beobachtungen im n-dimensionalen Raum sind stets klassifizierbar. Es drängen sich für die zu bildenden Gruppen selten eindeutige Zentren auf, vielmehr führt jede Lösung, die die Ähnlichkeiten der Beobachtungen berücksichtigt, zu einer vertretbaren Unterteilung des Datensatzes. Entsprechend ist die Gruppengrösse (im Fall der Vegetationsdaten die Zahl der gewählten Vegetationseinheiten) durch nichts zwingend festgelegt. Da sowohl die Variablen wie auch die Beobachtungseinheiten in gewohnter Weise korreliert sind, ist aus der Korrelationsmatrix normalerweise nicht ersichtlich, ob eine zufällige Datenstruktur vorliegt. Vegetationsaufnahmen, die annähernd zufallsverteilt sind, können den Beobachter zur Bildung allzuvieler Einheiten verleiten. Es ist daher notwendig, in einem Datensatz Diskontinuitäten (Lücken) aufzusuchen, die sich zur Bildung von Gruppengrenzen aufdrängen.

Ein spezielles Problem stellt die Zahl der Freiheitsgrade dar. Ist ihre Zahl auf der Seite der Variablen (Pflanzenarten, Standortsfaktoren) sehr gross und nähert sich der Zahl der Beobachtungen, so lässt sich, wenn nur wenige Variablen zur Klassifikation ausgesucht werden, annähernd jede Unterteilung der Daten begründen. Das heisst, dass jede Gruppierung von Beobachtungen statistisch problematisch wird, wenn das Verhältnis von Beobachtungseinheiten zu Variablen klein ist und sich 1 nähert. Dies ist jedoch bei Vegetationsaufnahmen meist der Fall, so dass bei einer Klassifikation derselben mit einer sehr schlechten Reproduzierbarkeit zu rechnen ist. Während diese Tatsache heute bei der Anwendung mathematisch-statistischer Methoden meist berücksichtigt wird, so wird doch oft übersehen, dass das Problem bei rein manueller Klassifikation und Interpretation in gleichem Masse existiert.

Eine kritische Untersuchung ökologischer Daten hat auf Grund des eben Gesagten folgende Ziele:

1. Es soll festgestellt werden, wie gross der Anteil der als zufällig interpretierbaren Varianz ist. Falls er sehr hoch ist, kann eine Klassifikation relativ willkürlich durchgeführt werden, es ergeben sich nur wenige zwingende Grenzen.

2. Es wird versucht, ein günstiges Verhältnis von Beobachtungseinheiten zu Variablen zu erzielen. Dies kann geschehen durch Zusammenfassen oder Weglassen sich sehr ähnlicher Variablen oder durch Suchen neuer Vektoren, die die alten Variablen bis zu einem gewissen Grad erklären. Beide Methoden haben zugleich das Ziel, nach den unter 2.3. diskutierten primären Ursachen zu suchen.

3. Nachdem die Verteilung der Beobachtungen und Variablen, auch als Struktur bezeichnet, bekannt ist, kann nach einer sinnvollen Gruppenbildung gesucht werden. "Hierbei handelt es sich darum, in einem Datenmaterial Gruppen von Personen erst aufzufinden und zu definieren, ob und inwiefern solche Gruppen existieren. Das ist das eigentliche Kernproblem, das noch nicht gültig gelöst ist" (ÜBERLA 1971, S. 318).

4. Sind die Zentren der Gruppen definiert, so müssen neue oder abseits liegende Beobachtungen den vorhandenen Gruppen zugeordnet werden (Diskriminanzproblem).

Einige der soeben aufgeführten Probleme stellen sich erneut, wenn mit zwei Sätzen von Beobachtungen (Vegetation und Standort) gearbeitet wird. Auch hier gibt es keine einfache Methode zur Feststellung der Übereinstimmung zwischen den beiden Datensätzen. Verschiedene Möglichkeiten werden in dieser Arbeit angewendet und diskutiert.

3.4. Die Gradientenanalyse

Die Gradientenanalyse wurde aus dem Bestreben heraus entwickelt, den Zusammenhang zwischen Vegetation und Standort darzustellen. Dass sie zunächst als Gegensatz zur klassifikatorischen Arbeitsweise betrachtet wurde, hat eher historische denn sachliche Gründe. Wesentliches zu den heute noch verwendeten Konzepten finden sich u.a. bei SOERENSON (1948), CURTIS and MACINTOSH (1951) und WHITTAKER (1954, 1956). GOODALL (1954a) definiert Ordination als "an arrangement of units in an uni- or multi-dimensional order". Er wendet auch bereits die Hauptkomponentenanalyse auf Vegetationsdaten an (GOODALL, 1954b). Mehrdimensional gehen BRAY and CURTIS (1957) vor, indem sie mit willkürlich festgelegten Achsen, welche sie durch je zwei Referenzbeobachtungen führen, ein dreidimensionales Ähnlichkeitsmodell herstellen:

"Given proximate interstand distances, the choice of reference stands is of crucial importance". Obwohl dieses Verfahren nicht streng standardisiert ist, führt es bei der Suche nach Vegetationszusammenhängen auch bei relativ ungünstiger Achsenwahl zu guten Ergebnissen. BRAY and CURTIS (1957) erleichtern die Interpretation der Ordination, indem sie das Vorkommen verschiedener Arten in dieselbe eintragen. Um die Bedeutung der Standortfaktoren zu ergründen, werden Korrelationen zwischen denselben und den Achsen des Ordinationsmodells gerechnet. Messungen hoher Korrelation erklären die Vegetationsstruktur gut.

DAGNELIE (1960) untersucht die Nützlichkeit der Faktorenanalyse für Vegetationsdaten eingehend. Er kommt zur Schlussfolgerung: "L'analyse factorielle pourra utilement servir de guide au chercheur, tout en lui laissant une grande liberté d'interprétation et de descision". GREIG-SMITH (1964) diskutiert die bis dahin publizierten Ordinationsmethoden.

Eine Uebersicht über die Gradientenanalyse gibt WHITTAKER (1967). Er unterscheidet eine "direct gradient analysis", die von einem bekannten Standortsgradienten ausgeht und die Zusammensetzung der Vegetation entlang dieses Gradienten untersucht, sowie eine "indirect gradient analysis", deren Ausgangspunkt ein Vegetationsgradient darstellt, welcher anschliessend mit Standortfaktoren in Beziehung gebracht wird. Ferner stellt er fest, dass die Wisconsinordination (BRAY and CURTIS 1957) als Annäherung an die Faktorenanalyse betrachtet werden kann.

Da Faktorenanalysen bezüglich der Rechenzeit sehr aufwendig sind, wird verschiedenlich versucht, einfachere Methoden zu entwickeln, so z.B. bei ORLÓCI (1966), AUSTIN and ORLÓCI (1966). VAN DER MAAREL (1969) gibt ein Verfahren an, das ohne den Einsatz eines Computers eine gewisse Optimierung der Lage der Achsen ermöglicht.

3.5. Die Organisation der Daten

Für alle hier diskutierten Analysen wird von der folgenden Anordnung der Daten ausgegangen: Die Matrix der Vegetationsdaten sei $X_{m \times n}$. Die Aufnahmen sind spaltenweise angeordnet, so dass n der Zahl der Aufnahmen, m der Zahl der Arten entspricht. Diese Anordnung ist für Vegetationstabellen üblich.

Werden die Korrelationen zwischen den Variablen, also dem Vorkommen der Pflanzenarten berechnet, so erfolgt zweckmässigerweise vorgängig eine zeilenweise Standardisierung. Die Elemente der neuen Matrix ${}_m Z_n$ berechnen sich als

$$z_{ij} = \frac{x_{ij} - \bar{x}_i}{s_{x_i}}$$

Zur Berechnung der Korrelationen zwischen den Vegetationsaufnahmen wird die Standardisierung sinngemäss spaltenweise durchgeführt, oder, was zum selben Resultat führt, die Matrix vorgängig transponiert ${}_m X_n \rightarrow {}_n X'_m$.

Die Matrix der Standortmessungen ${}_q T_n$ enthält bei gleicher Anzahl von Beobachtungen n die Daten von q verschiedenen Messserien.