©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Ber. ANL | 19 (1995) | 249-263

Auswertung der geobotanischen Dauerbeobachtungen in ausgewählten Biotopen in Bayern

Konzept und exemplarische Auswertung eines Sandmagerrasentransekts

Hagen S. FISCHER

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Vorbemerkung	249
2. Methoden	249
3. Überprüfung der Homogenität des Datenmaterials	253
a. Hauptkomponentenanalyse der Aufnahmen	253
b. Klassifikation der Aufnahmen	255
4. Nachweis der Verschiebung der Vegetationsgrenzen mittels Klassifikation und Ordination	259
5. Analyse der Änderung der Artenzusammensetzung sowie abgeleiteter Größen mittels Monte-Carlo-Methoden	259
a. Corynephoretum	260
b. Armerio-Festucetum	261
6. Zusammenfassung	261
7. Literatur	262

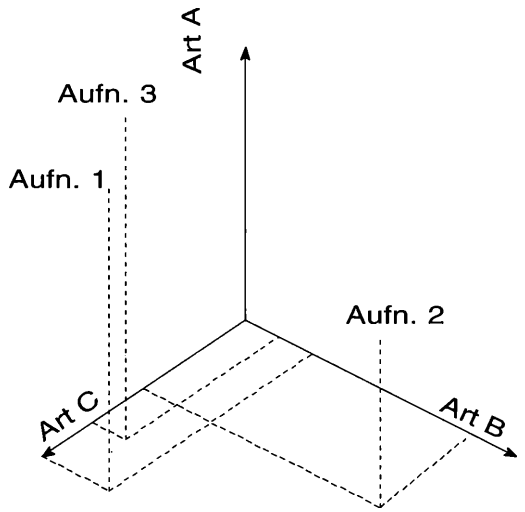


Abbildung 1

Drei Aufnahmen in einem dreidimensionalen floristischen Raum

1. Vorbemerkung

Die Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege ANL hat das Institut für angewandte ökologische Studien IFANOS beauftragt, ein Konzept zur Auswertung der Dauerbeobachtungen in ausgewählten Biotopen in Bayern zu erstellen und eine exemplarische Auswertung eines Sandmagerrasentransektes durchzuführen.

2. Methoden

Multivariate Räume

Multivariate statistische Methoden betrachten mehrere Variablen gleichzeitig (z.B. alle Arten und mehrere Umweltvariablen). Sie analysieren einen vieldimensionalen Raum, dessen Achsen von den einzelnen Arten gebildet werden. Jede Aufnahme ist in diesem Raum durch einen Punkt repräsentiert, der sich aus den Dekungswerten der Arten ergibt. Dieser Raum wird floristischer Raum genannt (Abb. 1). Je näher sich zwei Aufnahmen in einem solchen abstrakten Raum sind, desto ähnlicher sind sie sich in Bezug auf ihre Artenzusammensetzung. Aufnahme 1 und 3 stehen in Abb. 1 im floristischen Raum nahe beieinander. Sie haben eine ähnliche floristische Zusammensetzung: hohe Dekungswerte der Arten A und C, niedrige Deckungswerte der Art B. Aufnahme 2 steht von den beiden erstgenannten weiter entfernt. Sie unterscheidet sich von ihnen in ihrer floristischen Zusammensetzung: hoher Deckungswert der Art B, mittlere Deckungswerte der Arten A und C. Analog kann auch ein Raum betrachtet werden, dessen Achsen von Standortsvariablen gebildet wird. Diesen Raum nennt man ökologischen Raum. Die Schwierigkeit im Umgang mit solchen vieldimensionalen Räumen ist in dem begrenzten, „nur" dreidimensionalen Vorstellungsvermögen des Menschen begründet. Ziel aller multivariater Analysemethoden ist es daher, die wesentliche Struktur dieser vieldimensionalen Räume in 2 oder 3 Dimensionen übersichtlich darzustellen. Zu den multivariaten Analysen gehören u.a. die Klassifikationen, Diskriminanzanalysen und Ordinationen (Faktorenanalysen i.w.S.). Ziel der **Klassifiaktion** ist es, eine gegebene Menge von Einzelbeobachtungen zu möglichst homogenen Gruppen zusammenzufassen. Die **Diskriminanzanalysen** ordnen neue Beobachtungen einer vorgegebenen Klasssifikation zu, suchen nach möglichst effektiven Kriterien um die Gruppen zu unterscheiden oder suchen nach signifikant differenzierenden Variablen (Arten oder Umweltfaktoren). **Ordinationsverfahren** analysieren dagegen keine Gruppenstrukturen, sondern stellen die beoachtete Variablilität als Kontinuum im Sinne von Gradienten und kontinuierlichen Veränderungen dar und arbeiten die zu grunde liegenden Faktoren heraus. Der Prozess einer multivariaten Datenanalyse ist ein iterativer Prozess zwischen dem Bearbeiter und verschiedenen Analysetechniken, der in FISCHER, BEMMERLEIN (1989) ausführlicher dargestellt ist.

Im Gegensatz zu traditionellen pflanzensoziologischen Methoden wird bei multivariaten Analysen die gesamte Artenzusammensetzung ausgewertet.

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Pflanzensoziologische Tabellenarbeit per Hand berücksichtigt dagegen nur einen meist kleinen Anteil von differenzierenden Arten. Ein weiterer großer Vorteil multivariater Analysen ist die aufgrund der Formalisierung gegebene vollständige Nachvollziehbarkeit und die statistische Absicherbarkeit der Ergebnisse.

Analyse vieldimensionaler Räume: Ordination und Klassifikation

Zur Darstellung und Analyse vieldimensionaler floristischer und ökologischer Räume stehen vor allem zwei Methodengruppen zur Verfügung: Ordination und Klassifikation.

Die wichtigste Ordinationsmethode ist die Hauptkomponentenanalyse (engl. „principal componet analysis," **PCA**). Sie bildet einen vieldimensionalen Raum auf nur 2 Dimensionen in einer Weise ab, daß die Abstände zwischen den Aufnahmepunkten möglichst nicht verändert werden. Diesen 2-dimensionalen Raum können wir grafisch in Form von Streuungsdiagrammen darstellen (Abb. 4 bis 6). Die Lage der Aufnahmen zueinander repräsentiert ihre floristische Beziehungen. Die Achsen stellen komplexe floristische Gradienten dar. Gleichzeitig zur Ordination der Aufnahmen liefert eine Hauptkomponentenanalyse auch eine Ordination der Arten. Die Position der Arten (oder allgemein Variablen) im Streuungsdiagramm gibt die Richtung an, in der die Deckungswerte der Art zunehmen. Sie werden deshalb als Pfeile dargestellt. Die Länge der Pfeile gibt an, wie stark die Deckungswerte in der angegebenen Richtung zunehmen. Aus Gründen der Übersichtlichkeit wurden nur die aufgrund der Analyse wichtigsten Arten dargestellt. Die Streuungsdiagramme der Aufnahmen und Arten müssen immer parallel interpretiert werden.

Grenzen zu ziehen und Einheiten zu bilden ist Aufgabe der **Klassifikation**. Diese Analysemethoden suchen im vieldimensionalen Raum nach Aufnahmen, die möglichst nahe beieinander liegen und fassen diese sukzessive zu Gruppen zusammen. Die Gruppen werden ihrerseits wieder zu Gruppen zusammengefaßt, bis alle Aufnahmen zu einer Gruppe verschmolzen sind. Ergebnis einer numerischen Klassifikation ist zunächst einmal ein Dendrogramm (Abb. 7). Es zeigt wie ein Stammbaum die Ähnlichkeitsbeziehung zwischen den einzelnen Aufnahmen bzw. Arten. Es ist wie das Streuungsdiagramm der PCA eine vereinfachte, abstrahierte Darstellung der floristischen Struktur im vieldimensionalen Raum. Aufgrund der Struktur des Dendrogramms können Gruppen (Pflanzengesellschaften) definiert werden, d.h. die Tabelle kann in Vegetationstypen unterteilt werden. Wieviele Gruppen gebildet werden sollen hängt meist nicht vom Datensatz sondern z.B. von der Frage ab, ob die Aufnahmen in Verbände, Assoziationen oder Subassoziationen aufgespalten werden sollen.

Die Reihenfolge der Aufnahmen im Dendrogramm stellt eine Sortierreihenfolge aufgrund von floristischen Ähnlichkeitsbeziehungen dar. Sie kann benutzt werden, um eine pflanzensoziologische Tabelle zu redigieren. Bei der Interpretation der Reihenfolge ist zu berücksichtigen, daß das Dendrogramm wie ein Mobile drehbar ist.

Nachden eine Gruppenstruktur definert wurde, können dann Gesellschaftstabellen erstellt und die Einheiten charakterisiert werden. Zur Darstellung der Gesellschaften werden in dieser Arbeit „synoptische Gesellschaftstabellen" (FISCHER, 1994b) benutzt, die gleichzeitig die Stetigkeit und die mittlere Deckung der Arten angeben. Zusätzlich sind Charakteristika der Gruppen berechnet, wie die mittlere Artenzahl, die mittlere Diversität, die mittlere Eveness und die mittleren Zeigerwerte nach ELLENBERG (1992).

Transformation

Eine zentrale Bedeutung bei der Analyse multivariater Daten hat die Auswahl einer geeigneten Transformation der Daten (BEMMERLEIN-LUX et al. 1994). Transformationen sind Mittel zur gezielten Gewichtung, um auf bestimmte interessierende Phänomene zu fokussieren. PLETL UND SPATZ (1981) lehnen Datentransformation zwar mit der Begründung ab, dies sei Manipulation, übersehen dabei aber, daß auch die „Nicht-Transformation" eine implizite Gewichtung darstellt. Bei der Auswahl einer Transformation sind die statischen, geometrischen und fachwissenschaftlichen (ökologischen) Eigenschaften der Transformationen zu berücksichtigen.

Pflanzensoziologie Deckungswerte und tierökologische Abundanzwerte zeigen eine extrem linkssteile Verteilung (Abb. 2). Für die meisten gängigen statistischen Verfahren ist jedoch eine - zumindest angenähert symetrische Normalverteilung Voraussetzung. Verletzungen dieser Voraussetzung führen zu unerwünschten Verzerrungen in den Daten. In unserem Fall verursacht die linkssteile Verteilung der Daten eine extrem hohe Gewichtung einzelner hoher Dekungswerte. Das Ergebnis einer Analyse untransformierter Daten sind Dominanztypen, die nur durch wenige, dominant werdende Arten determiniert sind. Dies steht im Widerspruch zum pflanzensoziologischen Ansatz, der die gesamte Artenzusammensetzung der Aufnahmen berücksichtigt.

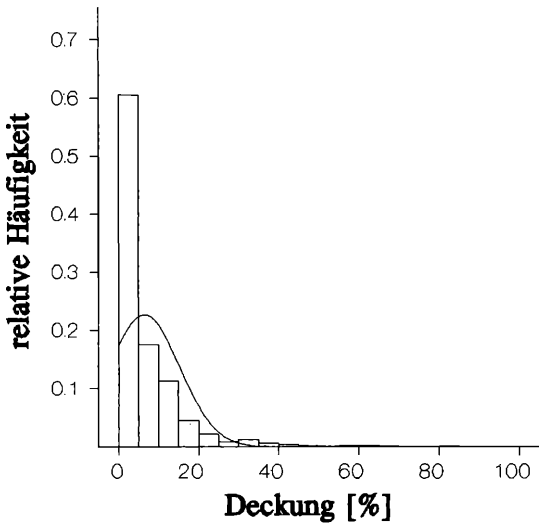


Abbildung 2

Typische Häufigkeitsverteilung pflanzensoziologischer Deckungswerte

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Um die schiefe Verteilung zu kompensieren, werden alle Deckungswerte einer Histogrammtransformation unterzogen. Diese Transformation, die auf der Häufigkeitsverteilung der Deckunswerte im Datensatz basiert, differenziert besonders stark zwischen den Deckungswerten die häufig vorkommen. Das Resultat ist eine ausgewogene Gewichtung der Deckungswerte. Damit wird die Bildung von Dominaztypen in den Analysen verhindert.

Analyse von Dauerflächen

Ein stochastischer Prozess ist definiert als die Veränderung einer abhängigen Variablen als Funktion unabhängiger Dimensionen eines realen oder abstrakten Raumes (LEGENDRE und LEGENDRE 1983, PODANI 1984). Die Achsen (Dimensionen) können die Koordinaten des topographischen Raumes (bei Transsekten), die Zeit (bei Zeitreihen), Standortsfaktoren (bei Cataenen), oder der Maßstab der Beobachtung sein. Ein stochastischer Prozess hat sowohl deterministische und systematische, als auch zufällige Komponenten. Die Vegetation ist die Realisierung eines stochastischen Prozesses, der von den verschiedenen Typen von Achsen abhängig ist (FISCHER 1994b). Bei der Auswertung von Dauerflächen werden zeitliche Prozesse analysiert, wobei es vor allem darauf ankommt, zufällige Variationen von systematischen Effekten zu unterscheiden und den systematischen Effekt zu beschreiben.

Dauerflächen werden seit Beginn der pflanzensoziologischen Forschung erhoben, um Veränderungen der Vegetation zu dokumentieren und zu analysieren. Zu den ältesten Dauerflächen gehören wohl die von LÜDI (1940) auf der Schynigen Platte bei Interlaken, die bis heute beobachtet werden (HEGG 1984). Ziel der Dauerflächenuntersuchungen war bislang vor allem die Analyse der Sukzession. Folglich wurden Dauerflächen vorrangig in Beständen angelegt, in denen eine schnelle Veränderung zu erwarten war. Bei den „Dauerbeobachtungsflächen in ausgewählten Biotopen in Bayern" handelt es sich zum großen Teil jedoch um relativ „stabile" Bestände. Folglich muß bei der Auswertung der vorliegenden Daten besonders auf den Nachweis von Veränderungen wert gelegt werden, d.h. auf eine statistisch abgesicherte Trennung von zufälliger Variation und systematischem Effekt.

Die Auswertung der Daten erfolgte bislang in der Vegetationskunde meist nur deskriptiv durch tabellarische Darstellung der aufeinanderfolgenden Aufnahmen (z.B. RUNGE 1994). Methodisch weiter entwickelt ist die Analyse zeitlicher Prozesse in der zoologischen Populationsökologie (z.B. VARLEY et. al. 1980). Hier werden u.a. die auf Lotka und Volterra zurückgehenden systemdynamischen Modelle eingesetzt, um die zeitlichen Prozesse zu beschreiben, zu verstehen und zu modellieren.

Analyse zeitlicher Prozesse

LEGENDRE und LEGENDRE (1983) unterscheiden bei zeitlichen Prozessen zwischen Trends (monotone Zu- bzw. Abnahme einer Größe) und Oszillationen (mehr oder weniger regelmäßige Zu- und Abnahme). Beide Phänomene sind im biologischen Systemen von starken zufälligen Komponenten überlagert (Abb. 3).

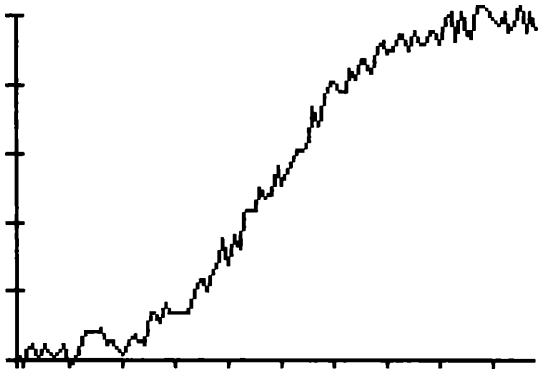


Abbildung 3

Beispiel eines nicht-linearen Trends mit zufälliger Variation

Trends können linear sein und werden dann mittels linearer Regressionsanalsysen beschrieben. In biologischen Systemen sind jedoch eher nicht-lineare Trends zu erwarten. Oszillationen entstehen durch systemdynamische Rückkopplungen und sind eine systemimanente Eigenschaft komplexer Systeme. Sie können nicht als Veränderung des Systems interpretiert werden. Trends dagegen deuten auf Veränderungen (Sukzession) hin.

An Analysemethoden stehen u.a. die Methoden der zeitlichen Autokorrelationsanalyse wie Variagramme, Korrelogramme und Periodogramme oder der Fourier-Analyse zur Verfügung (DUTTNER 1985; LEGENDRE und LEGENDRE, 1983). Diese Methoden sind jedoch für die Analyse kurzer Zeitreihen (50 Zeitpunkte gelten als „kurze" Zeitreihen; BRENCE, 1995) nicht geeignet, da hier nicht zwischen zufälliger Variation und systematischem Effekt unterschieden werden kann. In der Vegetationskunde sind hinreichend langfristige Dauerbeobachtungen selten.

Insbesondere für die o.g. Dauerflächen, bei denen erst 2 Beobachtungszeitpunkte vorliegen, können die üblichen Methoden zur Analyse zeitlicher Prozesse nicht eingesetzt werden.

Nachweis von Veränderungen in kurzen Zeitreihen

Für den Nachweis von Vegetationsveränderungen sind aus statistischen Gründen mehr als 2 Beobachtungen nötig. Bei nur 2 Beobachtungen gibt es keine Möglichkeit, zufällige Variation von einem systematischen Effekt zu unterscheiden. Daher müssen für die Analyse kurzfristiger Veränderungen mehrere parallele Beobachtungen herangezogen werden. Diese Parallelbeobachtungen sollten möglichst im gleichen Vegetationstyp liegen. Mit Hilfe moderner, verteilungsfreier statistischer Verfahren („Monte-Carlo-Methoden" MANLEY 1991) ist es möglich, systematische Veränderungen, die sich in allen (Teil-)Flächen eines Transekts zeigen, von normalen, zufälligen Schwankungen zu unterscheiden. Diese Methoden beruhen darauf, daß sie „mit Hilfe eines Simulationsexperimentes stochastisch unabhängige Realisierungen der Teststatistik unter der Nullhypothese erzeugen" (JÖCKEL 1982). Im Gegensatz zu den traditionellen verteilungsfreien

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Testmethoden, wie dem Vorzeichen-Test, arbeiten die Monte-Carlo-Methoden mit den Verteilungen der jeweiligen Daten. Sie sind daher schärfer als die verteilungsfreien Methoden, d.h. sie können schon kleine Veränderungen nachweisen, während bei den konventionellen verteilungsfreien Testmethoden meist nur offensichtliche Unterschiede signifikant erscheinen. Da diese Analysen sehr rechenaufwendig sind, sind sie erst in jüngster Zeit als Folge der rasanten Entwicklung auf dem Computersektor entwickelt worden.

Bei diesen Analysen wird zunächst die interessiernde Größe, z.B. die Differenz zwischen 2 Gruppenmittelwerten, berechnet. Sodann wird die Zuordnung der Einzelbeobachtungen zu den Gruppen zufällig vertauscht und dann die interessierende Größe für diesen zufällig vertauschten Datensatz berechnet. Die zufällige Vertauschung wird einige tausend mal wiederholt. Aus der Häufigkeit, mit der bei einer Zufallszuordnung der Einzelbeobachtungen zu den Gruppen die Differenz genau so groß oder größer wie beim unsprünglichen Datensatz ist, kann die Irrtumswahrscheinlichkeit berechnet werden, daß die Differenz im ursprünglichen Datensatz größer als Null ist.

Durchzuführende Analysen

Aus obigen Ausführungen ergeben sich die folgenden durchzuführenden Analysen:

1) Überprüfung der Homogenität des Datenmaterials.
2) Untersuchungen zur Verschiebung von Vegeta tionsgrenzen mit multivariaten Methoden wie Ordination und Klassifikation (FISCHER et.al. 1994).
3) Analyse der Änderung der Artenzusammensetzung sowie abgeleiteter Größen wie Zeigerwerte, Artenzahl, Diversität und Eveness mit Monte-Carlo-Methoden.

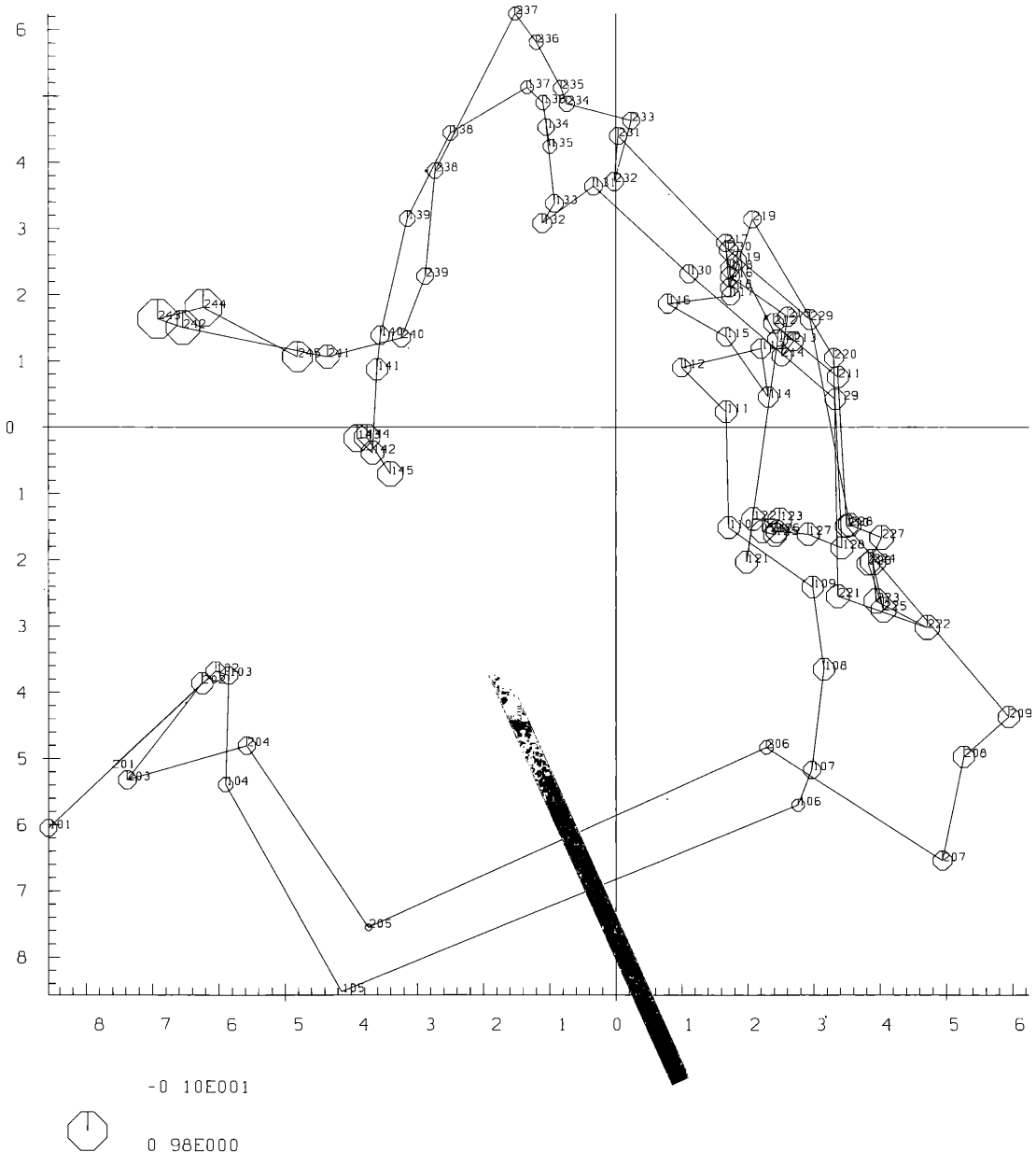


Abbildung 4

Streuungsdiagramm der Hauptkomponentenanalyse des gesamten Transekts

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

3. Überprüfung der Homogenität des Datenmaterials

Für statistische Analysen ist immer eine genügend große Stichprobe aus einer homogenen Grundgesamtheit erforderlich. Über eine Einzelbeobachtung können nie statistisch abgesicherte Aussagen gemacht werden. Eine einzelne Dauerbeobachtungsfläche mit nur einer Wiederholungserhebung kann somit kaum ausgewertet werden, da zufällige Variationen im System von tatsächlichen Effekten bei einem Stichprobenumfang von 2 nicht getrennt werden können. Bei dem vorliegenden Datenmaterial, handelt es sich jedoch nicht um Einzelaufnahmen, sondern um Transekte, die in mehr oder weniger homogene Pflanzenbestände hineingelegt wurden. Zur Überprüfung der Homogenität des Datenmaterials wurde eine Hauptkomponentenanalyse mit standardisierten Variablen sowie eine Gruppierungsanalyse (Klassifikation) nach WILDI (1989) ausgeführt.

Aufgrund des Berichts über die Einrichtung der Dauerflächen (IVL, 1990) sind für das untersuchte Transekt 2 Pflanzengesellschaften, nämlich das Corynephoretum und das Armerio-Festucetum zu erwarten.

Die Ergebnisse der numerischen Analysen sind im folgenden dargstellt.

a. Hauptkomponentenanalyse der Aufnahmen

Abb. 4 zeigt das Ergebnis einer Hauptkomponentenanalyse mit standardisierten Variablen. Im Transekt aufeinander folgende Aufnahmen sind durch eine Linie verbunden. Die Aufnahmenummern 101 - 145 stellen die Ersterhebung aus dem Jahr 1990 auf den Teilflächen 1 - 45 dar, die Aufnahmen 201 - 245 entsprechend die Wiederholungsaufnahmen aus dem Jahr 1995. Deutlich zu sehen ist der große Sprung zwischen den Aufnahmen 105/205 und 106/206. Zwischen diesen Aufnahmen liegt eine deutliche Grenze zwischen den Talfettwiesen (Arrhenatheretum) am Anfang des Transekt und den Magerrasen (Sedo-Scleranthetea, Festuco-Brometea).

Diese Ergebnisse zeigen eindeutig, daß das Datenmaterial nicht als homogene Grundgesamtheit auf-

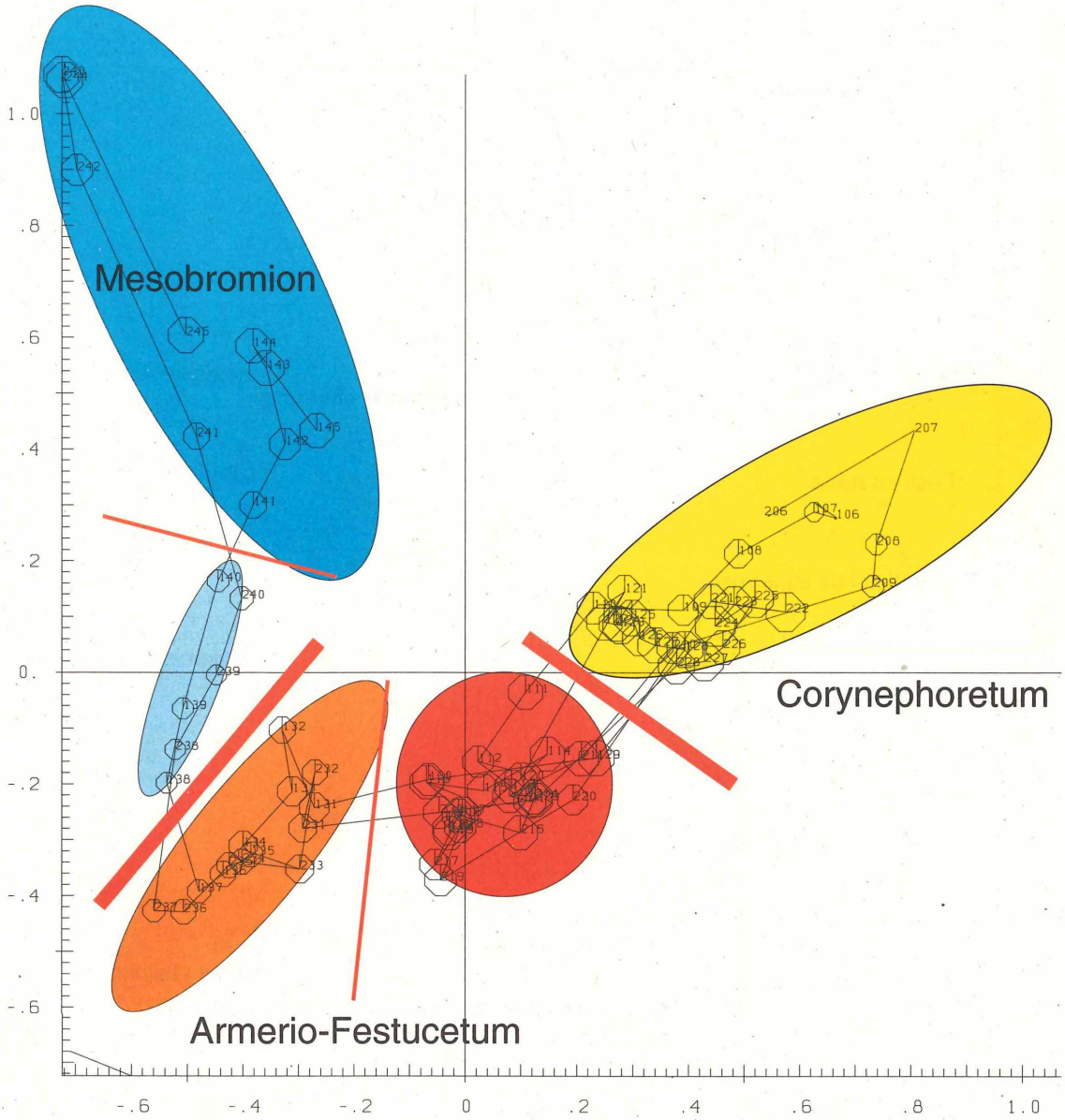


Abbildung 5

Hauptkomponentenanalyse der Magerrasen

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

gefaßt werden darf. Deshalb müssen für die Analysen Teildatensätze gebildet werden. Um die Struktur der Magerrasen genauer zu untersuchen, wurde die Hauptkomponentenanalyse mit einem Teildatensatz ohne die Fettwiesen wiederholt. Die Ergebnisse sind Abb. 5 dargestellt.

Die Hauptkomponetenanalyse (PCA) der Magerrasen stellt die floristische Struktur der Magerrasen dar. Es können 5 Gesellschaften unterschieden werden, das Corynephoretum, 2 Ausbildungen des Armerio-Festucetums sowie 2 Ausbildungen des Meso-Brometums. Der Gradient vom Corynephoretum über das Armerio-Festucetum zum Meso-Bromion erscheint in der Darstellung gekrümmt. Dies ist eine Folge des nicht-linearen Verhaltens der Arten entlang des Transektes und muß bei der Interpretation berücksichtigt werden.

Diese Interpretation der PCA deckt sich mit den Ergebnissen der Klassifikation. (s. Kap. 3.b).

Das zu Abb. 5 gehörige Streuungsdiagramm der Arten ist in Abb. 6 dargestellt. Aus Gründen der Übersichtlichkeit sind nur die 20 am stärksten differenzierenden Arten dargestellt. Eine vollständige Liste aller differenzierenden Arten findet sich in den Tabellen in Kap. 3.b.

Die Pfeile zeigen die Richtung an, in der die Dekkungswerte der Arten zunehmen. (Abb. 5 und 6 muß man sich übereinandergelegt vorstellen). Die Pfeile der Corynephoretum-Arten *Corynephorus canescens* und *Ceratodon purpureus* zeigen in die Richtung in der im Aufnahmendiagramm (Abb. 5) die Aufnahmen des Corynephoretums liegen. Auffällig sind die die beiden „Ruderalisierungszeiger" *Saponaria officinalis* und *Artemisia campestris*, die eine Beeinträchtigung der Corynephoreten durch die angrenzenden Fettwiesen (s. Abb. 4) anzeigen. Die Pfeile der für die Armerio-Festuceten typischen Arten zeigen nach unten. Oben links finden sich die Arten des Meso-Bromions. Auch hier fällt ein „Ruderalisierungszeiger" auf, *Rumex thyrsiflorus*, der auf eine Beeinträchtigung der Magerrasen auch am anderen Ende des Transektes hinweist.

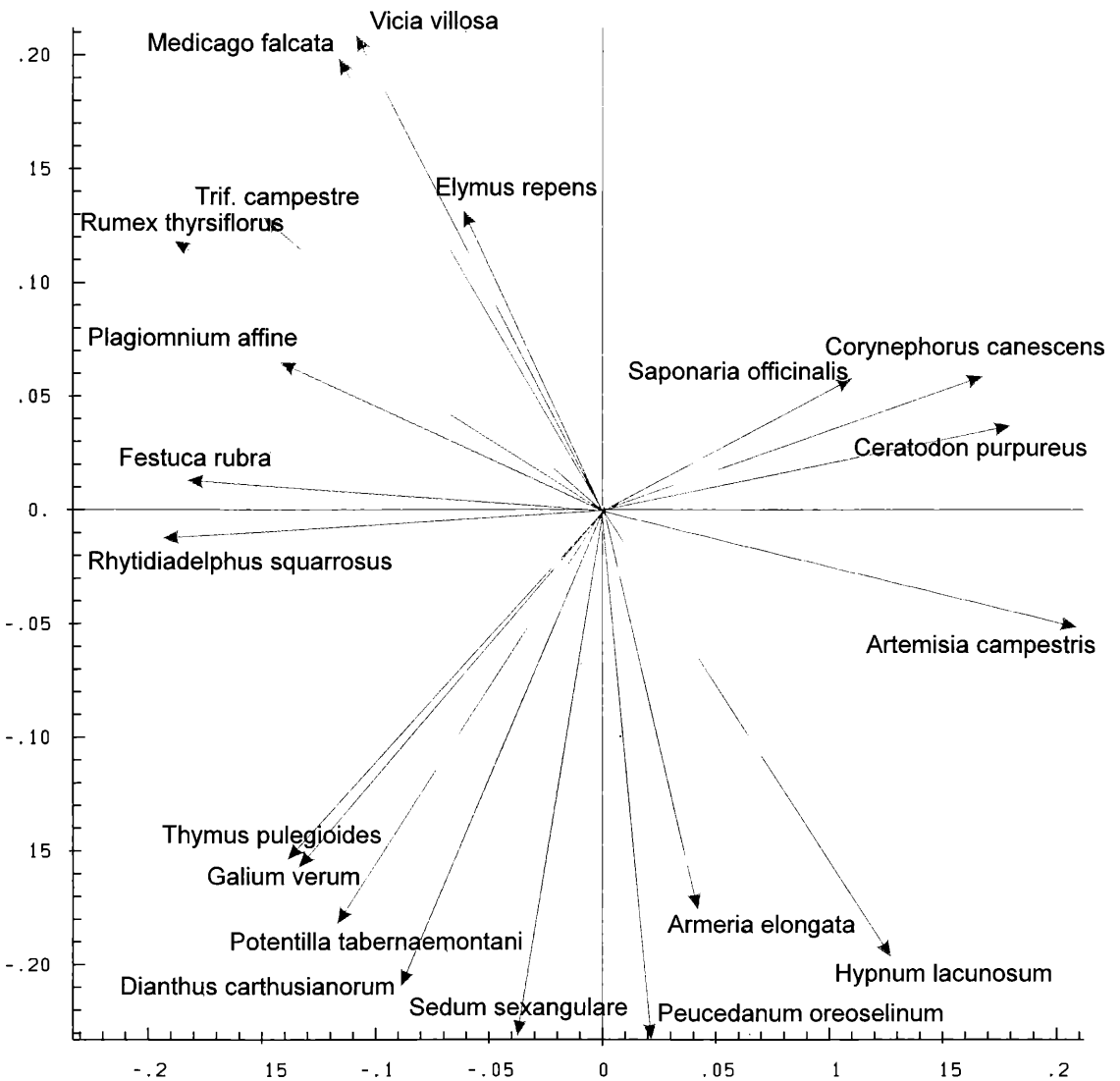


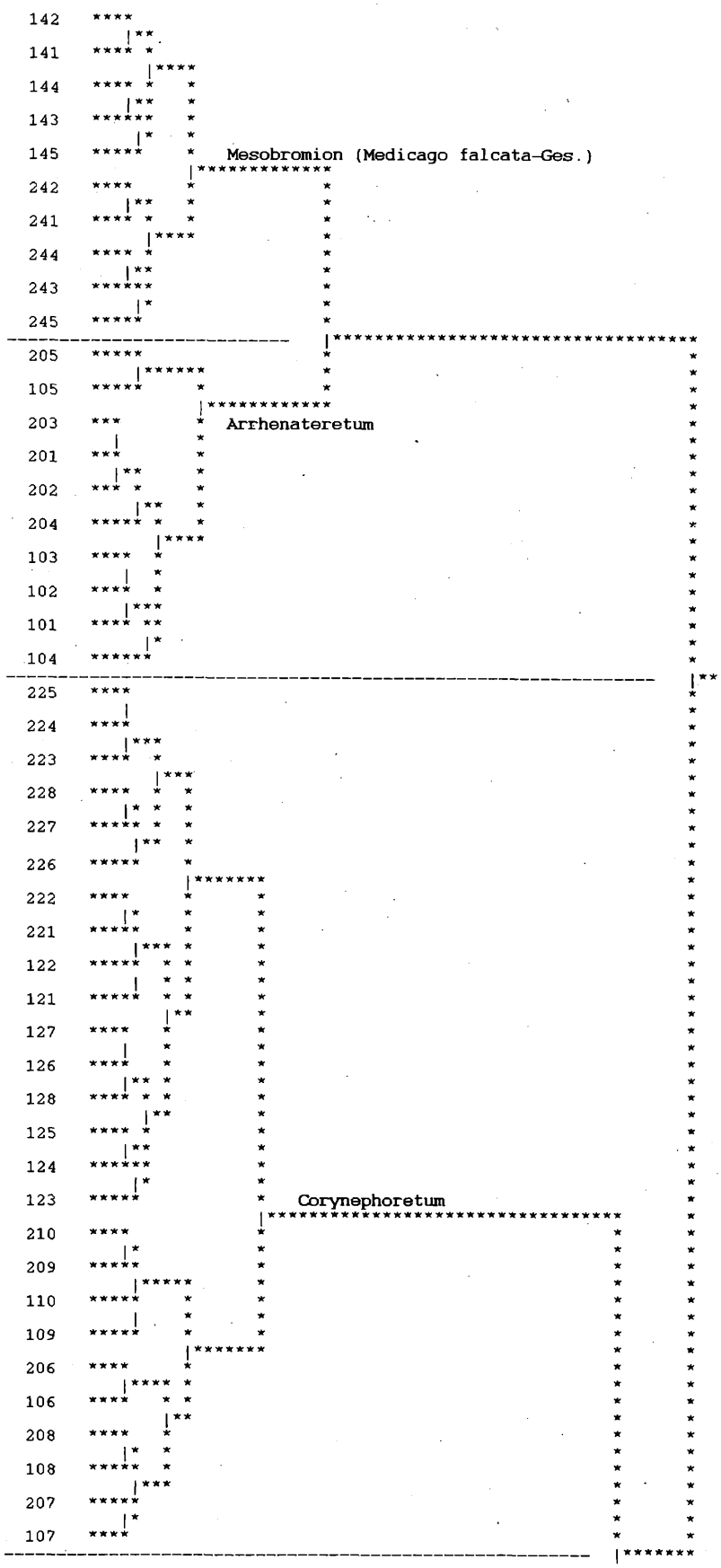
Abbildung 6

Streuungsdiagramm der 20 am stärksten differnzierenden Arten der Magerrasen

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

b. Klassifikation der Aufnahmen

Das Dendrogramm der Klassifikation nach WILDI (1989) ist in Abb. 7 dargestellt. Die Grenzen zwischen den Vegetationseinheiten sind mit waagrechten, gestrichelten Linien gekennzeichnet. Tab. 1 zeigt die aufgrund der numerischen Analyse sortierte Tabelle. Die synoptische Gesellschaftstabelle (Fischer 1994b) mit den abgeleiteten Kenngrößen mittlere Artenzahl, mittlere Diversität, mittlere Evenness und den mittleren Zeigerwerten ist in Tab. 2 dargestellt.



©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

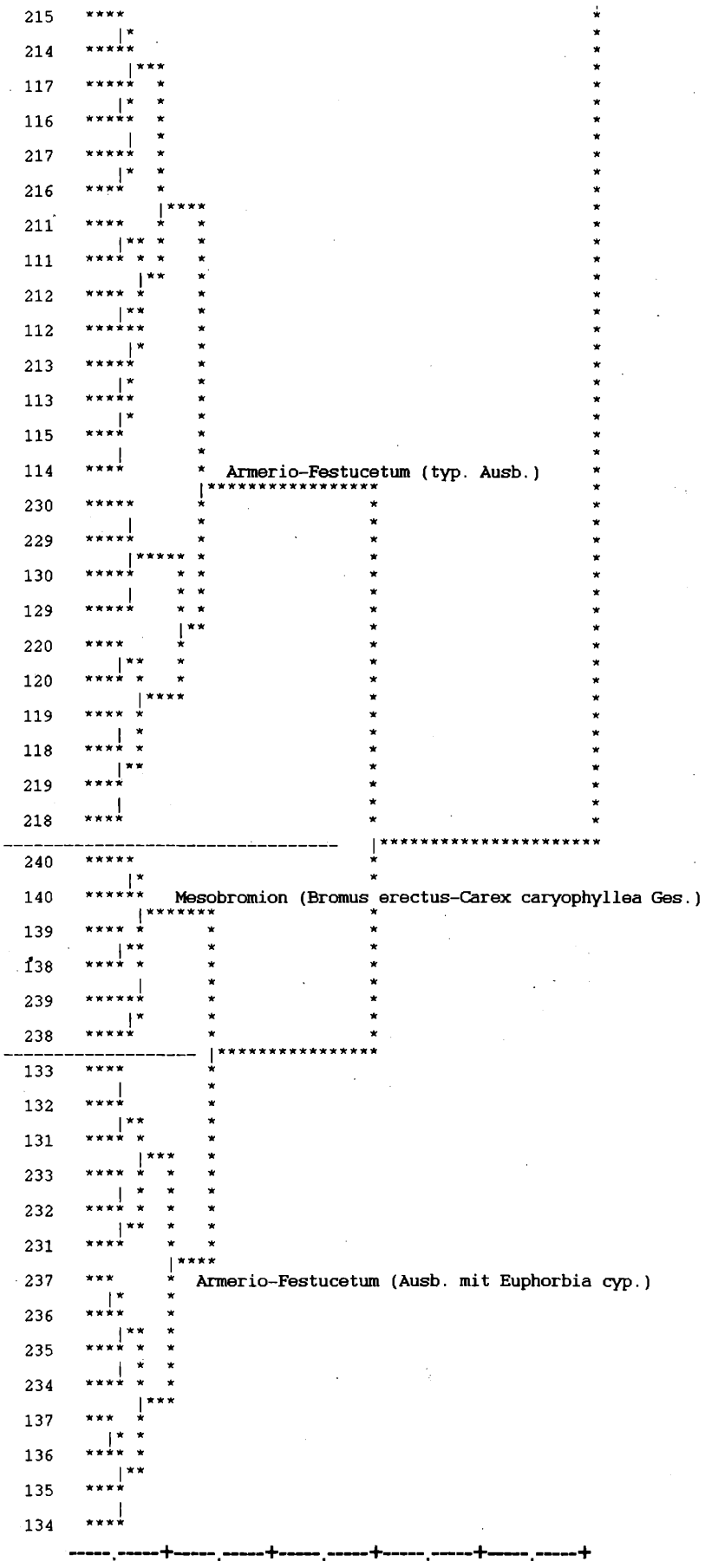


Abbildung 7

Dendrogramm der Aufnahmen

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Tabelle 1

Pettstadt Transsekt 2, Aufnahmen 1990 und 1995
Numerische Klassifikation nach WILDI (1989), nur signifikat differenzierende Arten (p<1%)

```
+-----------------+-------------------------------------------------------------------------------------------------------------
|                 |
| RELEVE GROUP NO.|333333333333333333333333333444444444444444444444444455555555555555556666661111111111222222222
+-----------------+-------------------------------------------------------------------------------------------------------------
|                 |
|                 |222212211211112121122211121212221222211111212212112221212111112211221222122211111211112222
|                 |022202222222222222000101002221121111111111111131113333333333333333333344444444444400000000000
| RELEVE NO.      |837281472518358466797090669001594439219375687028603121455427636789890051142352435542314123
+-----------------+-------------------------------------------------------------------------------------------------------------
|  43 Poly pili 6 | 11a+ a1+1  +11 111       1  +    +  + +
|  35 Cory cane 7 |aa1aba1babaaab1b+aa a + +a11a  +                 +
|  44 Jasi mont 7 |++++ +++++ +1 ++++*++   1 + +  +
|  29 Cera purp 7 |11+b+ba1baa1aa1b+1111111111aa1 1 +  ++ +     +   + +1
|  10 Erop vern 7 | +111111111a+1a1111+1 m11++++  +1      1++    + +1   +     1++   +  +           1+1+ +
|  17 Arab thal 7 |+ 1+++ 1 +1a 1+1+1+1 +11m1+    ++ +     ++ +  +  ++++  ++ ++        +     *+ *  1 ++
|  32 Hier pilo12 |++1a*1 +1 1a+ b 1  +  +   3  a131aa a+ a+++  a+ +1+
|  13 Arte camp12 |aaabaaa1aa1aa1aa111aaaa+1a1aab1111aaa+1111111111+++++++++ +  ++   +              +1
|  16 Rume acet12 |1++111+++1+1+11+a+1111++1 11+1a1111 11+1+1 + 1+ +1  +    + 11 +1
|  12 Myos stri12 |1111+111+1+1+ ++1+111m11m+1++1+1++1+11+1++1+ +1+++ + +++++ ++ + +     ++ +
|  28 Clad furc12 |baaaa+a  1    1 a+1b1b1+11 b 33a133331111131311b1 a a a a  ++ a1+
|   4 Hypn lacu12 |434a4a33+3+aab3143a43433aa3434333334344343344434333433a3b3aa3ab11  +        +   +
|  20 Sedu rupe12 | 1a1 11++a++++1+a+         a11a11a+b+11 1 a1ab a+111111++1 ++ a1++1a
|   8 Arme elon12 |++++ *1++1 +++++++ 1 a+1++111aa1bbbabaab1a111+b11+11a1++++1+++1++*++  *  *  * *
|   3 Peuc oreo12 |11a111+a1111a1a1111a1aaabbbaabbbbbbb3aabababaabbaababbbb3bbbbbbbbbba1 ++ +1 + +11 *  +
|   9 Sedu tele12 |+ 1* + +   +* 1 +++1+a1aaa+1111+111a+1a111+11++1+ ++1+ ++++ ++  + +   +  1  +*1*+++   +
|   5 Sedu sexa12 |+ 1+*++++++1 ++111+1+ + 1a111111baaa1+aaaa1aa111a1aa1a1bb11bb1bba11111         11+
|  23 Dian cart10 |+    *  + +      + *+    * aa+1 1a13  31b1b3b1 3b1aa1abbab1aaaaa111 +     **
|  27 Luzu camp10 |                         +++13+1a1+a ++1ba 1 1 a 11 11+1a11a1ba+ 1 ++
|  56 Pelt rufe10 |                                +  + 1    + b a   + 11   11  11 11+
|  18 Pote tabe10 |      +     +1 1          +11+b+ +11b +1111ab+a3++1+++3a3a1aaa3baaaa111        +  +
|  14 Thym pule10 | +        +  +        +   111a+1+ 111a11111111a11+a1a+bab11aa1aa11a1  1++1+ ++1+
|  19 Gali veru10 |   +    +   +             +11 +  +111 11a+1aa+11a+1111111111111a1111a1 1  a        +1+ +++
|  51 Plan lanc11 |                          1    1              +   1++++  + ++++++ +
|  42 Euph cypa11 |    * +            1 a1+  +  + +             a   13331b1baa  a1+
|  36 Abie abie11 |   1          +           +aa +1   1+ + +   ++ 1 +a11 3333 a313bb1b             1
|  24 Saxi gran11 |     *1 +     *+ +        1ba  a   b  a    1*b 1 11bbaa1b11aa1aa1+aa+1 a+ 1+ +
|  30 Clim dend11 |        +                 +    +   +  + +*   1   11 +11111 aa1aa1+  ++ ++
|  46 Plan lanc11 |                             + +    +*       +   +1a111+1+1 ++11  1   a1 a11 + +
|  41 Hype perf15 |                    + +++ +      +++ ++11  +1   + + + + +                    +  +
|  25 Arrh elat15 |+ * 1           + +a+aab     1++a11 +a 1 1+ + + +  +              +  111++11+a11+111  111 +
|   6 Cera arve14 | ++   *1   1+  ++1 + ++1  1++11++1aa11a1111111111111111111111111111a1 1b+ b1a+ +   1111
|   1 Achi mill14 | + + ++11++1a1+1*1++  +++ 1 1++11+1111aaaa+a+1a+1a111a1a1a1aa1aaa1 +1+311b1b111a++a11
|   7 Pimp saxi14 |          ++++    + ++ +11+1+1 +++1+11+1+ +++11++1 1  +++  ++ ++111111 11111 1111 1++++ +
|   2 Fest rubr14 | + + *++++ +++++++ + +1111+++11+a1a11a1a1aa1a+a1a1111a1a1aaaaa11aa11b1bb3bbbb333aaabb3abbb
|  15 Fest ovin14 |    +             ++++ 1bb+  ++++11 1+ 1+1 ++ +++   1 1+1++11 aa1a1a 1111+1 11+ 33bbaab111
|  75 Raco cane 9 |11 ++             b+3   33                                                      11
|  40 Holo umbe 9 |m  111    1       1mm+11mm++      +  +        +                                  mm1
|  63 Vale dent 9 |                  + +   11                                                      11++  +  *
|  57 Rhin sero 5 |                                                          1 1 11   ++
|  50 Heli pube 4 |          +         +    +  +                          ++1  1+ 111 1 11 1a +      1
|  45 Brom erec 4 | +          +                                           1++1 a1 1aabbbba          ab+   +
|  84 Care cary 4 |                                                                  111111
|  47 Vici angu 2 |                  * +           *                  +++    +    **+  ++ 1 +1+ *  +1
|  34 Trif camp 2 |                                                   +++ + +++++  ++  + +++1++++1+
|  59 Tara laev 2 |                                          *       *+*+ + 1  + ++ +   +  11a         +
|  48 Medi falc 2 |      +  +   + +          +    +               1+   + +     ++     +aba3331aaa        +
|  66 Vici vill 2 |               *                                 + +              +  a  3a31+aa
| 121 Vici hirs 2 |                                                                    a+a
|  22 Rhyt squa 3 |                          +    +       +       + 13bb3b333333333344444a3b+3b+b 11 3a311ba3
|  21 Rume thyr 3 |                       ++                 +   +1+1+1++++11+11111aababbaaaabaa111++11a11
|  78 Poa  angu 3 |                  + +1  1               +  + +  +++ + 1     11  11 a1a aaa     1 1 +babb
|  31 Plag affi 3 |                                        +    +   +1+1 1111+++1   ++1++1313b  1b1b13ba
|  39 Sapo offi 1 | +    +  1  *+ +111 1   aa                     + +                          aaaa1aaaaa
|  54 Elym repe 1 |                                                                     ++  111 1a1a1a11a
|  68 Dauc caro 1 |                                                                           111+1111+1
|  64 Vici crac 1 |                                                                 +         11a1a1a11a
|  77 Fest prat 1 |                                                                  1+          aaa aaa
|  81 Brac sale 1 |                                                                            1 111  +
|  72 Chae bulb 1 |                                                                           +1 1+1bab3
+-----------------+-------------------------------------------------------------------------------------------------------------
```

Legende zu Tab. 1:

3: Corynephoretum
4: Armerio-Festucetum (typ. Ausb.)
5: Armerio-Festucetum (Ausb. m. Euphorbia cyparissia)
6: Mesobromion (Bromus erectus-Carex caryophyllea-Ges.)
1: Mesobromion (Medicago falcata-Ges.)
2: Arrhenateretum

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Tabelle 2

Synoptische Gesellschaftstabelle
Pettstadt Transsekt 2, Aufnahmen 1990 und 1995

GESELLSCHAFT.NR.:		3	4	5	6	1	2
ZAHL DER AUFNAHMEN:		26	24	14	6	10	10
MITTLERE ARTENZAHL:		24	28	34	27	21	20
MITTLERE DIVERSITÄT:		.92	1.00	1.14	.97	.92	1.00
MITTLERE EVENNESS :		67	69	74	68	70	77
Polytrichum piliferum	MF	5.2	2.1				
Corynephorus canescens	KG	9.3	2.2				
Jasione montana	KG	7.1	1.0				
Ceratodon purpureus	MF	10.2	5.2	1.1			
Erophila verna agg.	KG	9.2	5.1	3.1	3.0		5.1
Arabidopsis thaliana	KG	8.1	4.0	5.0	2.0	3.0	3.1
Hieracium pilosella	KG	6.2	7.3	1.0			
Artemisia campestris agg.	KG	10.3	10.2	7.0	2.0		2.1
Rumex acetosella subsp. tenuifolius	KG	10.1	8.1	4.1			
Myosotis stricta	KG	10.1	10.1	6.0	2.0	3.0	
Cladonia furcata	MF	7.3	9.4	6.2	2.0		
Hypnum lacunosum	MF	10.6	10.7	10.5	5.1	1.0	1.0
Sedum rupestre agg.	KG	6.2	8.2	9.1	7.2		
Armeria elongata	KG	8.1	10.3	10.1	7.0	4.0	
Peucedanum oreoselinum	KG	10.2	10.4	10.4	10.4	6.1	4.1
Sedum telephium agg.	KG	7.2	10.2	7.1	3.0	6.1	4.0
Sedum sexangulare	KG	8.1	10.2	10.3	10.2		3.1
Dianthus carthusianorum subsp. carthusian.	KG	3.0	8.4	10.3	7.1	2.0	
Luzula campestris agg.	KG		8.2	9.2	7.1		
Peltigera rufescens	MF		3.2	6.2	2.0		
Potentilla tabernaemontani	KG	2.1	9.2	10.4	10.3	2.1	1.0
Thymus pulegioides	KG	2.0	10.2	10.3	7.2	9.1	
Galium verum agg.	KG	1.0	8.2	10.2	10.2	2.2	6.1
Plantago lanceolata subsp. sphaerostachya	KG		2.1	8.0	2.0		
Euphorbia cyparissias	KG	2.2	2.2	9.4			
Abietinella abietina	MF	1.1	5.1	9.5	5.4		1.2
Saxifraga granulata	KG	2.1	5.3	10.3	10.2	5.2	
Climacium dendroides	MF	+.0	3.1	9.2	7.1	2.0	
Plantago lanceolata subsp. lanceolata	KG		3.0	9.1	2.2	7.2	
Hypericum perforatum	KG	2.0	5.1	2.0		1.0	1.0
Arrhenatherum elatius	KG	4.2	6.1	1.0	5.1	10.1	7.1
Cerastium arvense	KG	5.1	10.2	10.2	8.2	7.3	4.2
Achillea millefolium agg.	KG	8.1	10.2	10.2	8.2	10.3	5.2
Pimpinella saxifraga agg.	KG	4.1	9.1	6.1	10.2	8.2	7.1
Festuca rubra agg.	KG	8.1	10.2	10.2	10.3	10.5	10.4
Festuca ovina agg.	KG	3.2	7.1	7.2	8.2	8.1	10.4
Racomitrium canescens	MF	3.4					2.2
Holosteum umbellatum	KG	5.2	2.0				3.2
Valerianella dentata	KG	2.1					6.1
Rhinanthus serotinus agg.	KG			3.2	3.0		
Helictotrichon pubescens	KG	1.0	+.0	5.1	7.2	3.2	1.2
Bromus erectus agg.	KG	1.0		6.2	10.4		4.3
Carex caryophyllea	KG				10.2		
Vicia angustifolia	KG	1.0	+.0	4.0	7.0	5.1	2.1
Trifolium campestre	KG			6.0	5.0	10.1	
Taraxacum laevigatum agg.	KG		+.0	6.1	3.0	4.2	1.0
Medicago falcata	KG	2.0	1.1	4.0	2.0	10.4	1.0
Vicia villosa	KG	+.0		1.0	2.0	8.4	
Vicia hirsuta	KG					3.2	
Rhytidiadelphus squarrosus	MF		2.1	10.6	10.8	9.4	9.4
Rumex thyrsiflorus	KG	1.0	1.0	10.1	10.3	10.3	10.2
Poa angustifolia	KG	2.1	1.0	5.1	5.2	5.3	7.3
Plagiomnium affine	MF		+.0	7.1	5.1	10.3	8.4
Saponaria officinalis	KG	5.2		1.0			10.3
Elymus repens	KG					5.1	9.2
Daucus carota	KG						10.1
Vicia cracca agg.	KG				2.0		10.2
Festuca pratensis	KG				3.1		6.3
Brachythecium salebrosum	MF						5.1
Chaerophyllum bulbosum	KG						9.3
Brachythecium albicans	MF	6.1	7.1	6.2	5.1	10.3	7.2
Trifolium arvense	KG	3.1	6.1	4.1	2.0	3.2	1.0
Rhytidium rugosum	MF	2.1	3.0	2.1	2.2		
Sedum acre	KG	2.1	2.2	5.1			1.0
Vicia lathyroides	KG	2.1		2.1	3.0	1.0	2.0
Zeigerwerte :							
Licht		7.2	7.1	6.6	6.5	7.2	7.0
Temperatur		5.6	5.4	5.8	6.0	5.6	6.0
Kontinentalität		4.1	3.7	4.1	4.5	5.2	4.3
Feuchte		3.5	3.9	4.5	4.8	4.0	5.1
Reaktion		4.5	5.5	5.6	5.7	6.3	6.5
Stickstoff		2.5	2.3	2.6	2.9	3.8	4.7

Legende zu Tab. 2:

3: Corynephoretum
4: ArmerioFestucetum (typ. Ausb.)
5: ArmerioFestucetum (Ausb. m. Euphorbia cyparissia)
6: Mesobromion (Bromus erectus-Carex caryophyllea-Ges.)
1: Mesobromion (Medicago falcata-Ges.)
2: Arrhenateretum

Erläuterung zur Tabelle:
Ziffer vor dem Punkt : Stetigkeit in 10er Stufen
+ := 0- 5% Stetigkeit
1 := 5-15% Stetigkeit usw.
Ziffer hinter dem Punkt : Wurzel aus der mittleren Deckung (mittl.Deckung = Summe der Deckungswerte / Stetigkeit)
0 :=< 5% Deckung
1 := 1% Deckung
2 := 4% Deckung usw.
9 := 81% Deckung

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Die Analysen zeigen, daß das Transekt nicht nur 2 Gesellschaften umfaßt, wie im Bericht vom IVL (1990) angeben, sondern 6:

1. Arrhenateretum (5 Teilfächen: 1-5)
2. Corynephoretum (13 Teilflächen: 6-10, 21-28)
3. Armerio-Festucetum typ. Ausbildung (12 Teilflächen: 11-20, 29-30)
4. Armerio-Festucetum Ausbildung mit Euphorbia cyparissias (7 Teilflächen: 31-37)
5. Bromus erectus-Carex caryophyllea-Ges. (Mesobromion) (3 Teilflächen:38-40)
6. Medicago falcata-Gesellschaft (Mesobromion) (5 Teilflächen: 41-45)

Die Teilfächen 21 - 29 wurden vor einigen Jahren abgeschoben um die Entwicklung einer Silbergras-flur zu iniziieren. Wie die Ergebnisse der Klassifikation und Ordination zeigen, kann diese Maßnahme als erfolgreich eingestuft werden. Die abgeschobenen Flächen wurden sowohl in der Klassifikation als auch in der Ordination eindeutig zu den Silbergrasfluren gestellt.

4. Nachweis der Verschiebung der Vegetationsgrenzen mittels Klassifikation und Ordination

Zum Nachweis der Verschiebung von Vegetationsgrenzen können sowohl die Ergebnisse der Klassifikation als auch die der Ordination herangezogen werden.

Zum Nachweis mittels Klassifikation wird anhand des Dendrogramms (Abb. 7) überprüft, ob die Wiederholungsaufnahmen jeder Teilfläche der gleichen Gruppe zugeordnet wurden, wie die Erstaufnahmen. Eine sorgfältige Überprüfung des Dendrogramms ergab, daß alle Wiederholungsaufnahmen dem gleichen Vegetationstyp zugeordnet wurden, wie die Erstaufnahmen. Eine Verschiebung von Vegetationsgrenzen kann also aufgrund der Klassifikation ausgeschlossen werden.

Um die Verschiebung von Vegetationsgrenzen mittels Ordination zu überprüfen, wurde in dem Streuungsdiagramm der PCA die Erstaufnahmen jeder Teilfläche mit den Wiederholungsaufnahmen durch Pfeile verbunden. Diese Pfeile stellen dar, wie sich die Aufnahmen im floristischen Raum von 1990 bis 1995 bewegt haben. Die Verschiebung einer Vegetationsgrenze würde bedeuten, daß sich eine Aufnahme von der Ersterhebung zur Wiederholungsaufnahme aus dem Bereich einer Gesellschaft in den Bereich einer anderen Gesellschaft bewegt hat. Wie aus Abb. 8 zu ersehen ist, kreuzt kein Pfeil eine Vegetationsgrenze.

Auch aufgrund der Ordination kann also eine Verschiebung von Vegetationgrenzen ausgeschlossen werden.

5. Analyse der Änderung der Artenzusammensetzung sowie abgeleiteter Größen mittels Monte-Carlo-Methoden

In Abb. 9 sind in dem Streungsdiagramm der PCA mit Ellipsen die Bereiche des floristischen Raumes gekennzeichnet, in denen 95% aller Aufnahmen jeweils einer Gesellschaft liegen. Dabei sind die Aufnahmen der Ersterhebung (1990) in Blau, die der Wiederholungserhebung (1995) in Rot dargestellt. Verschiebungen der Zentren dieser Ellipsen zeigen Vegetationsveränderungen (z.B. Sukzession) an.

Bei allen Vegetationstypen - außer der Bromus erectus-Carex caryophyllea-Gesellschaft, die nur mit 3 Aufnahmen vertreten ist - hat eine Verschiebung der Schwerpunkte der Gesellschaft, bezogen auf den Ursprung des Koordinatensystems, nach außen stattgefunden. Dies deutet darauf hin, daß sie sich 1995 stärker unterscheiden als 1990.

Für die Gesellschaften, für die mindestens 10 Teilflächen vorliegen, können diese Veränderungen der floristischen Struktur mittels Monte-Carlo-Tests statistisch abgesichert werden.

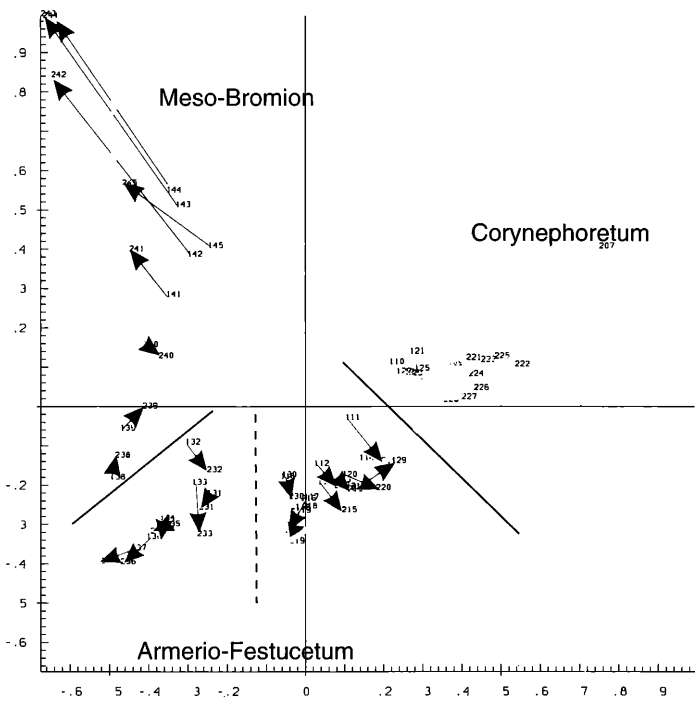


Abbildung 8

Verschiebung der Aufnahmen von 1990 bis 1995 im floristischen Raum

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

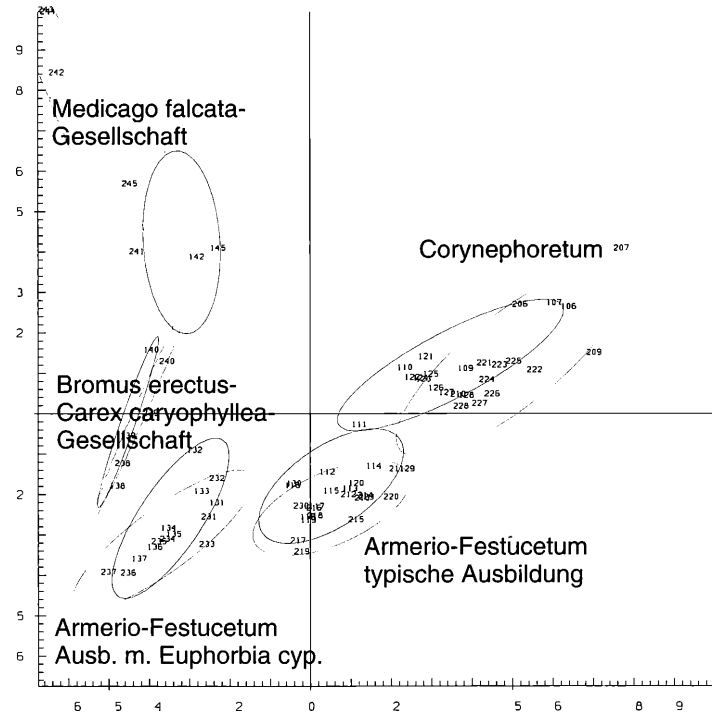


Abbildung 9

Verschiebungen der Gesellschaften von 1990 (blau) nach 1995 (rot)

a. Corynephoretum

Das Corynephoretum ist mit 13 Teilfächen im Transekt repräsentiert. Die Verschiebung des Schwerpunkts der Gesellschaft ist mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von p<0.001 hoch signifikant. Eine Veränderung der Vegetation hat also nachweislich stattgefunden.

In Tab. 3 sind die signifikant zwischen den Jahren differenzierenden Arten dargestellt. Nur wenige Arten haben in ihrer Menge (Stetigkeit und/oder Deckung) abgenommen : *Achillea millefolium agg., Arabidopsis thaliana* und *Cerastium arvense.* Die meisten signifikant differenzierenden Arten haben in ihrer Menge zugenommen. Zwei Arten sind neu dazugekommen: *Cladonia portentosa* und *Cladonia subulata.* Ein Großteil der Arten mit positiver Populationsentwicklung sind Moose und Flechten.

Tabelle 3

Synoptische Gesellschaftstabelle der signifikant differenzierenden Arten des Corynephoretum
(p = Irrtumswahrscheinlichkeit; n. s. = nicht signifikant)

Aufnahmejahr:	1990	1995	
Zahl der Aufnahmen:	13	13	
Mittlere Artenzahl:	25 ↗	29	(p< 001)
Mittlere Diversität:	.91	.95	(n.s.)
Mittlere Evenness	66	65	(n.s.)
Achillea millefolium agg.	9 1 ↘	6.0	(p=.001)
Arabidopsis thaliana	8 2 ↘	8.1	(p=.006)
Cerastium arvense	5.1 ↘	5 0	(p=.028)
Armeria elongata	8 1 ↗	9 1	(p=.014)
Artemisia campestris agg	10 2 ↗	10 3	(p=.008)
Brachythecium albicans	5 1 ↗	7 2	(p=.013)
Cladonia furcata	5 2 ↗	10 3	(p<.001)
Cladonia portentosa	↗	6 1	(p=.004)
Cladonia subulata	↗	4 2	(p=.033)
Hieracium pilosella	5.1 ↗	6 2	(p=.026)
Hypnum lacunosum	10.5 ↗	10 6	(p<.001)
Racomitrium canescens	2 4 ↗	5 4	(p=.031)
Sedum telephium agg.	6.2 ↗	8.2	(p=.043)
Sedum rupestre agg.	6.0 ↗	6 2	(p=.004)
Veronica arvensis	4.1 ↗	8 1	(p=.013)
Zeigerwerte			
Licht	7.6	7.6	(n.s.)
Temperatur	5.4 ↘	5.1	(p=.011)
Kontinentalität	4.3 ↗	4.6	(p=.001)
Feuchte	2.9 ↘	2.8	(p=.005)
Reaktion	4.6	4.5	(n.s)
Stickstoff	2.5 ↘	2.2	(p< 001)

Erläuterung zur Tabelle:
Ziffer vor dem Punkt : Stetigkeit in 10er Stufen
+ := 0- 5% Stetigkeit
1 := 5-15% Stetigkeit usw.
Ziffer hinter dem Punkt Wurzel aus der mittleren Deckung
(mittl.Deckung = Summe der Deckungswerte / Stetigkeit)
0 :=< 5% Deckung
1 := 1% Deckung
2 := 4% Deckung usw
9 := 81% Deckung
↘ Abnahme
↗ Zunahme

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Drei Arten, *Achillea millefolium* agg., *Arabidopsis thaliana* und *Cerastium arvense* haben in ihrer Menge signifikat abgenommen. Sie sind nach OBERDORFER (1978 und 1994) als halbruderale Pionierarten zu betrachten. Ihre Abnahme zeigt eine Verbesserung der Ausprägung der Gesellschaft an. Die wird unterstützt durch die Zunahme zweier Klassencharakterarten, *Sedum rupestre* agg. und *Veronica arvensis.* Unter den restlichen Arten, die zugenommen haben, finden sich viele Kryptogamen sowie „abbauende Begleiter" wie *Artemisia campestris, Hieracium piloselle* und *Sedum telephium*, die eine Sukzession zum Armerio-Festucetum anzeigen.

Von den abgeleiteten Daten zeigt die Artenzahl eine hoch signifikante Zunahme ($p<.001$) von durchschnittlich 25 auf 29 Arten. Dies ist zu erwarten, da mehr Arten zu- als abgenommen haben. In der Diversität und der Evenness ist jedoch keine Veränderung nachweisbar.

Bei den Zeigerwerten zeigt sich eine signifikante Abnahme der Temperaturzahl und eine Zunahme der Kontinentalitätszahl. Die beiden Zeigerwerte sind großklimatische Parameter. Es ist kaum anzunehmen, daß sich das Großklima bei Pettstadt innerhalb von nur 5 Jahren signifikant geändert hat. Vielmehr dürfte es sich hier um einen Artefakt der Zeigerwerte handeln, da viele der Flechten und Moose, die sich in den Flächen vermehrt haben, sehr niedrige Temperatur- und hohe Kontinentalitätszahlen haben. Die Veränderung der Zeigerwerte ist damit eine Folge der durch Sukzession veränderten Lebensformenspektren und nicht der Umweltbedingungen.

Bei den edaphischen Zeigerwerten zeigen die Feuchte- und die Stickstoffzahl signifikante Abnahmen. Auch hier kann vermutet werden, daß die Änderung der Zeigerwerte eine Folge der Änderung der Lebensformenspektren ist. *Racomitrium canescens*, das seine Stetigkeit von ca. 20% auf 50% steigerte, hat einen extrem niedrigen Zeigerwert für Feuchte von 1. Ob die Vermehrung durch Veränderung der Bodenfeuchte verursacht wurde ist nicht nachweisbar. Ähnlich verhält es sich mir der Stickstoffzahl, da viele der in die Fläche eingewanderten Flechten die Stickstoffzahl 1 haben. Die Deckung der Kryptogamen hat von 15-75% im Jahr 1990 auf 40-80% im Jahr 1995 zugenommen.

b. Armerio-Festucetum

Die typische Variante des Armerio-Festucetums ist mit 12 Teilflächen im Transekt vertreten. Wie beim Corynephoretum ist die Verschiebung des Schwerpunktes der Gesellschaft mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $p<0.001$ hoch signifikant. Eine Vegetationsveränderung hat auch hier seit 1990 nachweislich stattgefunden.

Wie im Corynephoretum hat *Achillea millefolium agg.* abgenommen, wenn auch nicht so stark. Ein Rückgang in der Stetigkeit verbunden mit einer Zunahme der mittleren Deckung ist bei *Hieracium pilosella* zu beobachten. Ein drastischer Rückgang ist bei *Erophila verna agg.* zu verzeichnen. Die Arten, die in ihrer Menge abgenommen haben sind nach OBERDORFER (1978) als Begleiter des Armerio-Festucetum einzustufen. Zugenommen haben drei Kennarten, *Artemisia campestris* (KC), *Potentilla neumanniana* (DO) sowie *Saxifraga granulata* (DA). Die zeigt wie beim Corynephoretum eine Verbesserung der Ausprägung der Gesellschaft an. Unter den restlichen Arten mit positiver Entwicklung finden sich gehäuft „Lückenpioniere" (OBERDORFER 1978), wie *Cladonia furcata, Peltigera rufescens* und *Sedum rupestre*. Sie deuten auf mechanische Störungen durch Schafe, Kaninchen, Pflegemaßnahmen oder andere Einflüsse hin.

Wie im Corynephoretum haben die meisten signifikant differenzierenden Arten ihre Population vergrößert. Dennoch hat sich die mittlere Artenzahl nicht signifikant erhöht. Auch die Diversität und die Evenness muß als konstant betrachtet werden.

Bei den mittleren Zeigerwerten zeigen sich bei der Licht-, der Kontinentalitäts-, der Feuchte-, der Reaktions- und der Stickstoffzahl statistisch signifikante Unterschiede. Wie beim Corynephoretum diskutiert, muß hier aber angezweifelt werden, ob dies durch Standortsveränderungen oder durch Veränderungen der Lebensformenspektren verursacht ist. Die Deckung der Kryptogamen hat von 45-60% im Jahr 1990 auf 70-90% im Jahr 1995 zugenommen. Die Unterrschiede sind mit großer Wahrscheinlichkeit wieder ein Artefakt als Folge der Verschiebung der Lebensformenspektren.

6. Zusammenfassung

Die Überpüfung der Homogenität des Datenmaterials hat ergeben, daß das Transekt aus 6 Vegetationstypen - nicht nur aus 2, wie bei IVL (1990) angegeben, besteht. Deutlich unterschieden werden kann eine Arrhenaterion-Gesellschaft, zwei Meso-Bromion-Gesellschaften, zwei Armerio-Festucetum-Gesellschaften so wie ein Corynephoretum.

Die Überprüfung der Verschiebung der räumlichen Grenzen zwischen den Gesellschaften mittels Ordination und Klassifikation hat gezeigt, daß sich die Grenzen in der Zeit von 1990 bis 1995 nachweislich nicht verschoben haben.

Veränderungen konnten jedoch innerhalb der Gesellschaften, die durch genügend viele Aufnahmen dokumentiert sind, statistisch abgesichert nachgewiesen werden.

So ist das Corynephoretum artenreicher geworden, was vor allen auf das Einwandern einiger Kryptogamen in die Flächen zurückzuführen ist. Bei der Diversität und der Evenness zeigt sich dagegen kein signifikanter Unterschied. Abgenommen haben Arten der halbruderalen Pioniergesellschaften, was die Zunahme einiger Kennarten, eine Verbesserung der Corynephoreten anzeigt. Eine Zunahme der „abbauenden Begleiter" zeigt jedoch eine Sukzession zum Armerio-Festucetum an.

Im Armerio-Festucetum konnte keine signifikante Veränderung der Artenzahl, Diversität und Evenness beobachtet werden. Bei der floristischen Struktur haben sich jedoch auch hier statistisch abgesicherte Veränderungen gezeigt. Zunahmen zeigen neben einer Reihe von Kennarten vor allem „Lükkenpioniere", die auf mechanische Störungen in den Flächen hinweisen.

Einige mittlere Zeigerwerte zeigen statisch signifikante Unterschiede zwischen den beiden Jahren. Bei der Interpretation dieser Unterschiede zeigt sich jedoch der zweifelhafte Wert der Zeigerwerte als Er-

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Tabelle 4

Synoptische Gesellschaftstabelle der signifikant differenzierenden Arten des Armerio-Festucetum, typische Variante

(p = Irrtumswahrscheinlichkeit; n. s. = nicht signifikant)

Aufnahmejahr:	1990	1995	
Zahl der Aufnahmen:	12	12	
Mittlere Artenzahl	29	29	(n.s.)
Mittlere Diversität:	99 1	02	(n.s.)
Mittlere Evenness	68	70	(n.s.)
Achillea millefolium agg	10.2 ↘	9.1	(p<.01)
Erophila verna agg.	8 1 ↘	2.0	(p=.01)
Hieracium pilosella	8.2 ↘	7.3	(p= 04)
Abietinella abietina	4.1 ↗	7.1	(p=.04)
Artemisia campestris agg	10 2 ↗	10.2	(p= 01)
Cladonia portentosa	↗	4.0	(p=.03)
Cladonia rangiferina	↗	8.1	(p< 01)
Cladonia furcata	8.2 ↗	10.5	(p<.01)
Luzula campestris agg.	8.2 ↗	8.3	(p=.04)
Peltigera rufescens	2.0 ↗	4.2	(p=.04)
Peucedanum oreoselinum	10.4 ↗	10 4	(p= 03)
Potentilla neumanniana (= P tabenaemontani)	8.2 ↗	10.3	(p< 01)
Saxifraga granulata	4.2 ↗	5.3	(p=.03)
Sedum rupestre agg.	7.1 ↗	10.3	(p< 01)
Zeigerwerte			
Licht	7.4 ↘	7.2	(p< 01)
Temperatur	5.4	5.3	(n.s.)
Kontinentalität	4.2 ↗	4.4	(p=.02)
Feuchte	3.2 ↘	3.2	(p= 01)
Reaktion	5.7 ↘	5.5	(p< 01)
Stickstoff	2.3 ↘	2.2	(p=.04)

Erläuterung zur Tabelle:
Ziffer vor dem Punkt : Stetigkeit in 10er Stufen
+ := 0- 5% Stetigkeit
1 := 5-15% Stetigkeit usw.
Ziffer hinter dem Punkt Wurzel aus der mittleren Deckung
(mittl.Deckung = Summe der Deckungswerte / Stetigkeit)
0 :=<.5% Deckung
1 := 1% Deckung
2 := 4% Deckung usw.
9 := 81% Deckung
↘ Abnahme
↗ Zunahme

satz für Messungen. Signifikante Unterschiede der Zeigerwerte belegen eine Veränderung der Vegetation, die jedoch nicht notwendigerweise auf einer Veränderung der Standortsbedingungen, die die Zeigerwerte anzeigen sollen, beruhen muß.

7. Literatur

BEMMERLEIN-LUX, F; H.S. FISCHER; LINDACHER, R. (1994):
Umwandlung von Artmächtigsskalen und Bedeutung skalarer Transformationen in der Vegetationskunde: Hoppea, Denkschr. Regensb. Bot. Ges. 55, Hohenester-Festschrift: 645-656.

BENCE, J. R. (1995):
Analysis of short time series: correcting for autocorrelation. Ecology 76,2: 628-639.

DUTTNER, R. (1985):
Geostatistik. Teubner, Stuttgart, 160 S.

ELLENBERG, H., et al. (1991):
Zeigerwerte von Gefäßpflanzen Mitteleuropas.- Skripta Geobotanika IX, 1-122.

FISCHER, H. S. (1994):
Simulation der räumlichen Verteilung von Pflanzengesellschaften auf der Basis von Standortskarten.- Veröff. Geobot. Inst. ETH, Stiftung Rübel, Zürich. Heft 122. 143 S.

FISCHER, H. S; BEMMERLIN-LUX, F. A. (1989):
An outline for data analysis in phytosociology: past and present.- Vegetatio 81:17-28. Reprinted in: L. Mucina; M. B. Dale (1989) Numercial Syntaxonomy. Advances in vegetation science 10. Kluwer, Dordrecht.

FISCHER, H. S; BEMMERLEIN-LUX, F. A. (1994):
Numerische Methoden in der Ökologie. Teil II: Auswertemethoden. Kursskript. IFANOS, Nürnberg. 134 S.

FISCHER, H. S. (1994a):
Simulation der räumlichen Verteilung von Pflanzengesellschaften auf der Basis von Standortskarten. Dargestellt am Beispiel des MaB-Testgebiets Davos.- Veröff. geobot. Inst. ETH, Stiftung Rübel, Zürich. 122: 143 S.

—— (1994b):
Zur Darstellung großer pflanzensoziologischer Tabellen.- Hoppea, Denkschr. Regensb. Bot. ges. 55, Hohenester-Festschrift: 637-644.

HEGG, O. (1984):
50jährige Dauerflächenbeobachtungen im Nardetum auf der Schynigen Platte ob Interlaken.- Verh. Ges. f. Ökol. (Bern 1983), 12: 159-166.

IVL (1990):
Anlage von Dauerflächen in ausgewählten Biotopen in Bayern. Bericht erstellt im Auftrag der ANL.

JÖCKEL, K.-H. (1982):
Eigenschaften und effektive Anwendung von Monte-Carlo-Tests.- Diss. Univ. Dortmund. 85 S.

LEGENDRE, L; LEGENDRE, P. (1983):
Numerical Ecology. Elsevier. Amsterdam, Oxford, New York. 415 pp.

LÜDI, W. (1940):
Die Veränderung von Dauerflächen in der Vegetation des Alpengartens Schynigen Platte innerhalb des Jahrzehnts 1928/29 - 1938/39.- Ber. Geobot. Forsch. Inst. Rübel 1939: 93-148.

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

MANLEY, B. F. J. (1991):
Randomization and Monte Carlo Methods in Ecology.- Chapman and Hall. London, New York et al. 281 S.

PLETL, L; SPATZ, G. (1981):
Biometrische Klassifikation und Ordination von vegetationskundlichen Bestandsaufnahmen und Standortsmerkmalen auf Allgäuer Alpweiden.- Informationsverarbeitung Landwirtschaft, Heft 2. 177 S.

PODANI, J. (1984):
Spatial Processis in the Analysis of Vegetation: Theory and Review.- Acta Bot. Hungaria 30(1-2): 75-118.

RIPLEY, B. D. (1981):
Spatial Statistics.- J. Wiley & Sons, Inc. (Wiley Series in Probability and Mathematical Statistics). New York et al. 252 pp.

RUNGE, F. (1994):
Dauerquadrat-Untersuchungen auf den Inseln Baltrum und Langeoog.- Tüxenia 14: 263-268

VARLEY, G.C; G. R. GRADWELL; M. P. HASSEL (1980):
Populationsökologie der Insekten. Thieme. Stuttgart, New York. 211 S.

WILDI, O. (1989):
A new numerical solution to traditional phytosociological tabular classification.- Vegetatio 81: 95-106. Reprinted in: L. Mucina, M. B. Dale (1989) Numercial Syntaxonomy. Advances in vegetation science 10. Kluwer, Dordrecht.

Anschrift des Verfassers:

Dr. H. S. Fischer
IFANOS-Institut für
angewandte ökologische Studien
Hessestraße 4
90443 Nürnberg

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Berichte der Bayerischen Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Jahr/Year: 1995

Band/Volume: 19_1995

Autor(en)/Author(s): Fischer Hagen S.

Artikel/Article: Auswertung der geobotanischen Dauerbeobachtungen in ausgewählten Biotopen in Bayern - Konzept und exemplarische Auswertung eines Sandmagerrasentransekts 249-263