



Laufener Forschungsberichte

Nährstoffökologische Untersuchungen
an Pflanzenarten und Pflanzengemeinschaften
von voralpinen Kalkmagerrasen und Streuwiesen

unter besonderer Berücksichtigung naturschutzrelevanter
Vegetationsänderungen

Antje Jansen

Laufener Forschungsbericht 1

**Nährstoffökologische Untersuchungen
an Pflanzenarten und Pflanzengemeinschaften
von voralpinen Kalkmagerrasen und Streuwiesen
unter besonderer Berücksichtigung naturschutzrelevanter
Vegetationsänderungen**

von

Antje Jansen

Herausgeber:

**Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege
D-83410 Laufen/Salzach, Postfach 83406
Telefon (08682) 7097-7098, Telefax (08682) 1560 und 9497**

1994

Anschrift der Verfasserin:

Dr. Antje Jansen,
Diplom-Biologin
Ökologische Fachgutachten
Propst-Mayr-Straße 4
D-84503 Altötting
Tel.: (08671) 12023
Fax: (08671) 13428

Laufener Forschungsbericht 1

Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

ISSN 0946-5006

ISBN 3-924374-91-0

Die Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege ist eine dem Geschäftsbereich des Bayerischen Staatsministeriums für Landesentwicklung und Umweltfragen angehörende Einrichtung.

Schriftleitung und Redaktion: Dr. Notker Mallach (ANL)

Satz: Anna Mayr (ANL)

Für die Einzelbeiträge zeichnen die jeweiligen Referenten verantwortlich.

Die Herstellung von Vervielfältigungen - auch auszugsweise - aus den Veröffentlichungen der Bayerischen Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege sowie deren Benutzung zur Herstellung anderer Veröffentlichungen bedürfen der schriftlichen Genehmigung.

Druck und Buchbindung: ANL; Umschlag (Druck): Fa. Grauer, Laufen

Druck auf Recyclingpapier (aus 100 % Altpapier)

Vorwort

Mit dem vorliegenden Heft beginnt die Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege die Publikationsreihe "Laufener Forschungsberichte". Diese neue Reihe erscheint zusätzlich zu den "Laufener Seminarbeiträgen" und den "Berichten der ANL". Publiziert werden hier wissenschaftliche Arbeiten, die im Auftrag der ANL in Zusammenarbeit mit den Universitäten und wissenschaftlichen Einrichtungen durchgeführt wurden.

Dazu veranlaßt haben uns folgende Gründe:

Neben der Wissensvermittlung hat die ANL auch die gesetzliche Aufgabe, "anwendungsorientierte ökologische Forschung" zu betreiben; das heißt, Forschungsdefizite zu erkennen und abzubauen, also Forschung für den Naturschutz zu leisten. Die Ergebnisse unserer Forschungsarbeit sollen dabei möglichst direkt und rasch in die konkrete Naturschutzarbeit einfließen.

Wir beginnen die "Laufener Forschungsberichte" mit einer Arbeit über Vegetationsveränderungen von voralpinen Kalkmagerrasen und Streuwiesen. In dieser Arbeit

Dr. Christoph Goppel

Direktor der Bayerischen Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege

Vorwort des Projektleiters

Der Schutz, die Pflege und die Entwicklung extensiv genutzter Grünlandgesellschaften sind traditionelle Schwerpunkte im Aufgabenfeld Naturschutz und Landschaftspflege. Die Gründe hierfür sind sicherlich ihr Reichtum an schönen und seltenen Arten oder auch ihr landschaftsästhetischer Reiz. Für viele sind sie so geradezu das Ideal einer naturverträglich genutzten, bäuerlichen Kulturlandschaft. Weil der kausale Zusammenhang zwischen Nutzung und Schutz schon recht früh erkannt wurde, verlagerten sich die innerfachlichen Schwerpunkte vom rein konservierenden Flächenschutz hin zu dem Bestreben, die herkömmliche Nutzung aufrechtzuerhalten, oder, wo dies nicht mehr möglich war, durch Ersatznutzung zu simulieren. Parallel zum steigenden Flächenverlust durch Melioration und landwirtschaftliche Intensivierung gibt es nun zusätzlich auch Bestrebungen, intensivierte Bereiche zurückzuführen, zu "renaturieren".

Im Hinblick auf die Auswirkungen von Pflegemaßnahmen auf die Wiederherstellung oder Rückführung ehemaliger Magerwiesen bestehen jedoch erhebliche Wissensdefizite. Mit der Vergabe der vorliegenden Arbeit sollte einerseits eine Mehrung des grundlagenorientierten Fachwissens erfolgen, andererseits aber auch anwendungsorientierte Ergebnisse erzielt werden.

Ohne dem geneigten Leser ein gründliches Studium der Arbeit ersparen zu wollen, sei kurz auf folgende naturschutzorientierte Anwendungsaspekte und Ergebnisse hingewiesen:

1. Indikatorsystem

Es wird ein Indikatorsystem entwickelt, das es erlaubt, naturschutzrelevante Vegetationsänderungen bereits vor dem Verschwinden von empfindlichen Arten zu erkennen. Aus der Kenntnis der Nährstoffgehalte im Pflanzenmaterial bestimmter "Kennarten" läßt sich die Entwicklung einer Pflanzengesellschaft prognostizieren.

2. Faktorenanalyse

Es wird die Notwendigkeit aufgezeigt, den "Standort" nicht als bloße Summe von Einzelparametern zu betrachten, sondern das gesamte Standortfaktorenspektrum als

wird insbesondere die nährstoffökologische Komponente untersucht und die Notwendigkeit einer multifaktoriellen Analyse im Rahmen freilandökologischer Bewertung betont. Zur Anwendung kommen dabei mathematisch-statistische Verfahren, denen mehr Bedeutung als bisher beigemessen werden sollte. Es wird eine Methode entwickelt, die die Prognose der Vegetationsentwicklung ermöglicht. Ausgehend davon kann der Handlungsbedarf für ein Naturschutzmanagement extensiv bewirtschafteter Grünlandstandorte abgeleitet werden.

In Vorbereitung sind weitere Ausarbeitungen zum Schwerpunktthema Vegetationsveränderungen. Diese beziehen sich auf die Trockenrasen des Fränkischen Jura und die Sandmagerrasen Nordbayerns.

Möge die neue Reihe dazu dienen, den Elfenbeinturm der reinen wissenschaftlichen Forschung zu verlassen und die Effizienz der Naturschutzarbeit durch fundierte wissenschaftliche Forschungsergebnisse zu steigern.

multivariaten Wirkungskomplex zu begreifen. Die Möglichkeiten des Einsatzes entsprechender statistischer Methoden in der Naturschutzarbeit werden demonstriert.

3. Erfolgskontrolle

Es ist möglich, im Verlauf einer "Sanierungspflege" den Erfolg der Maßnahme durch regelmäßige Stichproben im Sinne der entwickelten Indikatormethode zu kontrollieren. Dies führt zu einer Optimierung der Pflegemaßnahmen und zum effizienteren Einsatz der finanziellen Mittel.

4. Fachliche Entscheidungshilfe

Es kann die Notwendigkeit von standorterhaltenden oder sanierenden Pflegemaßnahmen erkannt werden und in gewissem Maße auch festgelegt werden, durch welche Maßnahmen sich die gewünschte Verschiebung im Spektrum der verfügbaren Nährstoffe erreichen läßt.

5. Kennartenwahl und Pflegezeitpunkt

Es läßt sich festlegen, welche Arten zu welchen Entwicklungszeiten untersucht werden sollen, um dann anhand der Phänologie dieser Arten den geeigneten Pflegezeitpunkt zu bestimmen.

6. Behandlung von "Übergangsgesellschaften"

In der Praxis besteht häufig die Schwierigkeit, Übergänge zwischen verschiedenen Pflanzengesellschaften und Mischtypen zu definieren. Wird zur Bildung von Vegetationsgruppen nicht die Methode der klassischen Pflanzensoziologie verwendet, sondern statt dessen eine Gruppierung nach der Ähnlichkeit der Standortansprüche der vertretenen Arten, so können auch Abfolgen im Übergang von einer vegetationskundlich definierten Gesellschaft zur anderen auf diese Weise betrachtet und die notwendigen Maßnahmen festgelegt werden.

Es ist mir ein besonderes Anliegen, der Autorin, Frau Dr. Antje Jansen, für Ihre erfolgreiche, kreative und engagierte Arbeit zu danken. Möge die Arbeit die angemessene Beachtung in der Naturschutzarbeit finden.

Dipl.Biol. Manfred Fuchs

Fachbereichsleiter Dokumentation und Forschung

1. Einführung	7
1.1 Schutzproblematik: Natürliche Entwicklung zum Wald oder Pflege der halbnatürlichen Gesellschaft	7
1.2 Problemstellung der vorliegenden Arbeit	8
1.3 Auswahl geeigneter Auswertungsmethoden	8
1.3.1 Problemstellung der Auswertung	8
1.3.2 Verwendete Auswertungsmethoden	9
2. Methoden	10
2.1 Bodenuntersuchung	10
2.2 Vegetationsaufnahmen	10
2.3 Pflanzenmaterialanalysen	10
2.4 Auswertung und Statistik	11
3. Auswahl und Lage der Probestellen	12
3.1 Wichtigste Merkmale der Untersuchungsflächen	12
3.2 Mineralstickstoff und lactatlösliches Phosphat in den Böden von Feuchtwiesen und Trockenrasen unterschiedlicher Entwicklungsstadien	14
3.3 Tabelle der wichtigsten Standortvariablen	17
4. Ergebnisse	17
4.1 Nährstoffgehalte einzelner Arten	17
4.1.1 Durchschnittlicher Nährstoffgehalt der einzelnen Arten auf verschiedenen Standorten	18
4.1.2 Durchschnittlicher Nährstoffgehalt im Pflanzenmaterial der zwei Standorttypen	19
4.2 Vergleich der einzelnen Probestellen anhand des mittleren Nährstoffgehaltes im Pflanzenmaterial	19
4.2.1 Ergebnisse	24
4.2.1.1 Nt-Gehalt (Kreuztabelle 3)	24
4.2.1.2 Pt-Gehalt (Kreuztabelle 4)	24
4.2.1.3 Kt-Gehalt (Kreuztabelle 5)	25
4.2.2 Zusammenfassende Bewertung der Ergebnisse des Standortvergleiches	25
5. Auswertung	26
5.1 Vergleich von Standorten	26
5.1.1 Beschreibung der Vorgehensweise	26
5.1.1.1 Verfahren zur Ähnlichkeitsanalyse	26
5.1.1.2 Vergleich der Variablen innerhalb je einer Ähnlichkeitsanalyse	26
5.1.1.3 Vergleich der Gruppierungsergebnisse der verschiedenen Ähnlichkeitsanalysen	27
5.1.2 Vergleich der Gruppen aus der vegetationskundlichen Tabellenarbeit	27
5.1.2.1 Bildung von Gruppen anhand der Stetigkeitstabelle	27
5.1.2.2 Vergleich der Eigenschaften der Vegetation zwischen den Gruppen	29
5.1.2.2.1 Ergebnisse	29
5.1.2.2.1.1 Vergleich der Trockenrasengruppen	30
5.1.2.2.1.1.1 Auswertung und Zusammenfassung der Ergebnisse	32
5.1.2.2.1.1.1.1 Stickstoff und Phosphor als limitierende Nährstoffe	32
5.1.2.2.1.1.1.2 Kalium als potentiell limitierender Nährstoff	33
5.1.2.2.1.1.1.3 Zusammenfassende Bewertung der Ergebnisse	33
5.1.2.2.1.2 Feuchtwiesen	33
5.1.2.2.1.2.1 Gruppenvergleich	33
5.1.2.2.1.2.2 Auswertung und Zusammenfassung der Ergebnisse	34
5.1.2.2.2 Vergleichende Betrachtung der Trockenrasen und der Feuchtwiesen	36
5.1.3 Clusteranalysen	36
5.1.3.1 Clusteranalyse mit Variablen der Bodenqualität	36
5.1.3.1.1 Ergebnisse	37
5.1.3.1.1.1 Ähnlichkeitsdendrogramm der Bodeneigenschaften	37
5.1.3.1.1.1.1 Signifikanztest der Clustervariablen	37

5.1.3.1.1.2	Charakterisierung der Gruppen	38
5.1.3.1.1.3	Vergleich der Gruppen bezüglich der Nichtclustervariablen	38
5.1.3.1.1.3.1	Variablen der effektiven Nährstoffversorgung	38
5.1.3.1.1.3.2	Vegetationskundliche Variablen	40
5.1.3.1.1.3.2.1	Ergebnisse	40
5.1.3.1.1.3.2.2	Auswertung und Diskussion des Einzelgruppenvergleiches	41
5.1.3.2	Diskussion (Vergleich der Trockenrasen und der Feuchtwiesen)	42
5.1.3.3	Clusteranalyse nach vegetationskundlichen Variablen	43
5.1.3.3.1	Ergebnisse	43
5.1.3.3.1.1	Charakterisierung der Gruppen	44
5.1.3.3.1.2	Vergleich der Gruppen anhand der Nichtclustervariablen	46
5.1.3.3.1.2.1	Trockenrasen	47
5.1.3.3.1.2.2	Feuchtwiesen	50
5.1.4	Diskussion	53
5.1.4.1	Diskussion und Vergleich der verschiedenen Ähnlichkeitsanalysen	53
5.1.4.2	Bedeutung der Meßgröße "Nährstoffgehalt" im Pflanzenmaterial und limitierende Nährstoffe	53
5.1.4.3	Denkbare Indikatorfunktionen	54
5.1.4.4	Bedeutung anderer Standortfaktoren für die Pflanzenartenkombination	54
5.2	Korrelationsanalyse	54
5.2.1	Ergebnisse	55
5.2.1.1	Korrelationen innerhalb der zwei Standorttypen	58
5.2.1.1.1	Trockenrasen (Tabelle 14)	58
5.2.1.1.2	Feuchtwiesen (Tabelle 15)	59
5.2.1.1.3	Korrelationen der "typischen" Streuwiesen	59
5.2.2	Diskussion	60
5.3	Untersuchung einzelner Arten bezüglich ihrer Eignung zur Indikation von Standortveränderungen	60
5.3.1	Ergebnisse	61
5.3.2	Diskussion	70
6.	Gesamtdiskussion	72
7.	Zusammenfassung	78
8.	Literatur	79
9.	Anhang	81

Danksagung

Mein besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr. Helmut Rehder für seinen fachlichen Rat und seine stets freundliche Betreuung, insbesondere für seine stete Hilfsbereitschaft bei der Bestimmung schwieriger Belegexemplare teils nur noch fragmentarisch erhaltener Pflanzen.

Herrn Regierungsdirektor Dipl.-Biol. Manfred Fuchs möchte ich für sein Engagement für das Forschungsprojekt danken, das letztendlich die Durchführung der Arbeit an der Bayerischen Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege erst ermöglichte.

Besonders Herrn Direktor Dr. W. Zielonkowski, aber auch den anderen Kollegen der Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege danke ich herzlich für die Unterstützung der Arbeit, nicht zuletzt durch das angenehme Arbeitsklima an der ANL.

Den Herren Dipl.-Biol. Alfred Ringler und Dipl.-Biol. Burghart Quinger vom Alpeninstitut München danke ich für ihre Hilfsbereitschaft bei der Auswahl von geeigneten Probestellen und die Bereitstellung wertvoller Geländekenntnisse.

Auch Herrn Dr. Friedrich Schutz, der mir bei der Auswahl von geeigneten Probestellen sehr hilfreich war, möchte ich an dieser Stelle ganz herzlich danken.

Weiterhin schulde ich Dank Frau Christine Kriebitzsch, die stets sorgfältig die Gesamtstickstoff- und Gesamtkohlenstoffanalysen durchführte.

Besonders herzlich danken möchte ich an dieser Stelle auch Herrn Dipl.-Biol. Andreas Zahn für anregende Diskussionen und seine geduldige Durchsicht des Manuskripts.

Für die ungewöhnlich freundschaftliche Atmosphäre im Labor, sowie ihre Hilfsbereitschaft und stete Geduld mit meinen umfangreichen Versuchsansätzen danke ich Frau Dr. Gisela Schmidt und Frau Dr. Karla Widmann.

Nicht zuletzt danke ich Herrn Udo Schwarzer für die Bereitstellung der edv-Anlage der Fa. Natur und Text, die sehr hilfreich bei der optischen Gestaltung der vorliegenden Arbeit war.

Dr. Antje Jansen

1. Einführung

Die Wiesen, wie wir sie heute kennen, sind Ersatzgesellschaften des Waldes, der ohne den Einfluß des Menschen fast ganz Mitteleuropa bedecken würde. Nach der Auflichtung und späteren Rodung des Waldes entstanden Viehweiden, die durch große Anstrengungen von den "Weideunkräutern" und verbißfesten Sträuchern (Schlehe, Weißdorn, Wacholder) durch die Viehhirten befreit werden mußten (ELLENBERG 1986).

Erst durch die Einführung der Sichel bei der Grünfuttergewinnung wurde es möglich, das Vieh im Winter mit Heu anstelle des bis dahin üblichen Laubheus zu versorgen. Es wurde immer großflächiger Gras geschnitten und als Heu getrocknet und dabei zeigten sich die günstigen Auswirkungen der Mahd: nicht nur, daß das Gras besser ausgenutzt werden konnte, sondern auch, daß durch die Mahd die Weideunkräuter und Sträucher unterdrückt werden können.

So entstand ein neuer Lebensraumtyp, und Pflanzen, die bis dahin nur wenige Sonderstandorte besiedelten, konnten sich stark ausbreiten. Zusätzlich konnten Pflanzen Fuß fassen, die aus den natürlichen Graslandschaften der alpinen Matten, aber auch der osteuropäischen Steppen stammten. Die Wiesen wurden zu ungewöhnlich artenreichen Pflanzengemeinschaften, sie blieben aber weiterhin auf die Bewirtschaftung angewiesen.

Je nach Standort und Bewirtschaftungsweise entstanden sehr unterschiedliche Wiesentypen. Die nährstoffreicheren Flächen wurden als Futterwiesen genutzt, und während die mageren Flächen auf trockenen Standorten auch noch als Weide genutzt werden konnten, eigneten sich die nassen, "sauren" Wiesen nur zur Streugewinnung für die Aufstallung von Haustieren, die ihrerseits in größerem Umfang erst durch Heugewinnung ermöglicht wurde.

Diese traditionellen Wirtschaftsweisen führten dazu, daß sich ausgesprochene Wiesenpflanzengesellschaften entwickeln konnten, die sich mit einer gewissen Variationsbreite immer wieder finden lassen.

Im südbayerischen Raum wurden die trockenen Flächen traditionell mehr als Mähwiesen genutzt (WIEDMANN 1954; PREISS 1974), und nicht wie in anderen Landschaften, beispielsweise im Fränkischen Jura, für die Beweidung mit Schafen. Dadurch entstanden nicht die von Beweidung geprägten Wacholderweiden, sondern die typischen vollsonnigen Magerrasen. Die Böden des Voralpenlandes sind zumeist kalkreich und wurden daher von kalkbedürftigen Pflanzengemeinschaften, den Kalkmagerrasen, besiedelt. Auf den wenigen ähnlichen, aber kalkarmen Standorten verbreiteten sich die mehr säurezeigenden Borstgrasrasen.

1.1 Schutzproblematik: Natürliche Entwicklung zum Wald oder Pflege der halbnatürlichen Gesellschaft

Die zunehmende Intensivierung in der Landwirtschaft führte zu einer starken Abnahme der Magerrasen- und Streuwiesengesellschaften. Diese Entwicklung hatte zur Folge, daß nicht nur früher verbreitete Pflanzenarten, sondern sogar ganze Pflanzengesellschaften aus unserer Landschaft zu verschwinden drohen.

Die neuere Entwicklung der Landwirtschaft, die einerseits zur extremen Intensivierung, aber andererseits zur Brache auf den mageren, unrentablen Standorten führt, verschärft die Situation, denn Brache führt im allgemeinen zur Rückentwicklung des Waldes. Der Wald entspricht zwar der potentiellen natürlichen Vegetation auf dem weitaus größten Teil der Magerwiesen, doch die Erhaltung der nährstoffarmen Wiesen als Elemente der traditionellen Kulturlandschaft ist Grundlage für die Erhaltung der Artenvielfalt dieser Landschaften. Sie steht im Mittelpunkt staatlicher Fördermaßnahmen.

Im Laufe der Zeit spezialisierten sich auch unzählige Tierarten, die jetzt auf den Bestand an Magerwiesen angewiesen sind. Die Bestände dieser Tierarten haben nachweisbar stark unter der Verinselung dieser Wiesentypen zu leiden, und obwohl noch sehr wenige Arbeiten über die Auswirkung von Verinselung auf Pflanzenpopulationen vorliegen, so muß doch angenommen werden, daß sich hier ähnliche Effekte (genetische Verarmung, Gendrift, zu geringe effektive Populationsgrößen) auswirken werden (WILMANN 1984; REMMERT 1989; MÜHLENBERG 1989; PLACHTER 1990; KAULE 1986). Inwieweit der Verlust des genetischen Potentials in den typischen Arten dieser extremen Standorte auch für den Menschen Auswirkungen hat, die über den ästhetischen Verlust hinausgehen, ist nicht absehbar.

Es genügt also nicht, einige Flächen mit musealer Funktion zu pflegen, sondern es muß grundsätzlich entschieden werden, ob den traditionellen Lebensgemeinschaften der Magerwiesen noch Platz in unserer Kulturlandschaft eingeräumt werden soll. Die Erhaltung dieses Artenpotentials erfordert ein umfangreiches Landschaftspflegekonzept, nachdem die neuen landwirtschaftlichen Strukturen die beste Form der Pflege, nämlich die traditionell vielfältige, extensive Bewirtschaftung, nicht mehr gewährleisten.

In der Praxis werden solche Pflegekonzepte schon längere Zeit erstellt. Grundlage sind nur in geringem Umfang wissenschaftliche Untersuchungen, sondern mehr der reiche Erfahrungsschatz der Bearbeiter. Doch bis heute fehlen noch Hintergründe über die exakten Auswirkungen der einzelnen Managementmaßnahmen in der Pflege der extensiven Grünlandstandorte.

Dabei gilt, daß nicht überall das gleiche Pflegekonzept angewandt werden kann. Um möglichst die ganze Vielfalt unterschiedlicher Standorte zu erhalten, die die jeweiligen Erfordernisse der landwirtschaftlichen Nutzung geschaffen hatten, ist bei der Aufstellung von Pflegekonzepten eine Differenzierung dringend erforderlich.

Umfangreicheres Wissen über die nährstoffökologischen Unterschiede verschiedener Standorttypen und über die Wirkungen der Pflegemaßnahmen auf die Qualität der Pflanzen, die für die ganze Lebensgemeinschaft der Magerwiesen von Bedeutung ist, könnte zur erfolgsorientierten Abstimmung der Pflegekonzepte von großer Bedeutung sein.

Besonders wichtig ist die Kenntnis der Zusammenhänge von Pflegemaßnahmen und ihrer kurz- und mittelfristigen Auswirkungen in der Frage der Wiederherstellbarkeit und Rückentwicklung ehemaliger Magerwiesen. Es könnten gezieltere Entscheidungen über den Einsatz von Mitteln für Pflegemaßnahmen getroffen werden, wenn sich genauer als bisher die Erfolgsaussichten von "Wiederherstellungsprogrammen" beurteilen ließen. Auch für die Erfolgskontrolle und für frühzeitiges Erkennen von Fehlentwicklungen stehen bisher keine befriedigenden Methoden zur Verfügung.

1.2 Problemstellung der vorliegenden Arbeit

Die vorliegende Arbeit versucht auf einem Teilgebiet, nämlich dem Nährstoffhaushalt der Vegetation, einen Beitrag zur Klärung derartiger Fragestellungen zu leisten. Über die Messung der effektiven Nährstoffversorgung im Falle einer offensichtlichen Veränderung von Standortfaktoren und Pflegemaßnahmen wird versucht, den Komplex der Faktoren, welche die Artenzusammensetzung und auch Verschiebungen im Artenspektrum bedingen, im Detail zu untersuchen.

Es sollen folgende Fragestellungen bearbeitet werden:

- Welche Faktoren aus dem Komplex "Melioration" sind die grundlegenden Ursachen für die Umwandlung von extensiven Magerwiesen zu gleichförmigen Fettwiesen?
- Welche Faktoren sind limitierend für die Vegetation und wie spielen sie zusammen?
- Welche Nährstoffe limitieren und unter welchen Bedingungen?
- Ist es möglich, ein Indikatorsystem zu erstellen, das die effektive Nährstoffversorgung der Pflanzen zur Prognose von Vegetationsänderungen ausnützt, ohne wiederholte Vegetationsaufnahmen anfertigen zu müssen? Falls ein solches Indikatorsystem möglich ist, stellt sich die Frage, ob besser die Nährstoffgehalte der Gesamtvegetation oder die der Einzelpflanzen

zur Anzeige der effektiven Nährstoffversorgung der Pflanzen eines Standortes geeignet sind.

In der vorliegenden Arbeit wird angenommen, daß jeder Standort eine effektive Nährstoffkapazität besitzt, die sich aus dem Zusammenspiel der Standortfaktoren ergibt, und die einer (theoretischen) Pflanzenart, welche keine Strategien zur Verbesserung ihrer effektiven Nährstoffversorgung besitzt, zur Verfügung steht. Der Nährstoffgehalt dieser (theoretischen) Pflanzenart entspricht der *effektiven Nährstoffkapazität des Standortes*.

Ihr steht gegenüber die *effektive Nährstoffversorgung der einzelnen Art*, die eine Art mit ihren "Strategien" erreichen kann. Die (theoretische) effektive Nährstoffversorgung eines Standortes kann nicht direkt gemessen werden, sie kann jedoch von zwei Seiten eingegrenzt werden:

a) Durch den mittleren Nährstoffzeigerwert, der die Ansprüche der Vegetation anzeigt und dementsprechend auf Flächen, deren Vegetation und Standort im Gleichgewicht steht (stabile Pflanzengemeinschaften), auch die effektive Nährstoffversorgung am Standort beschreibt. (Die N-Zahl nach ELLENBERG 1979 wird in Anlehnung an BOLLER-ELMER 1977 und JANSEN 1986 als Nährstoffzeigerwert bezeichnet.)

b) Durch den mittleren Nährstoffgehalt der Vegetation, der allerdings auch in gewissem Maß von den "Strategien" der einzelnen Arten beeinflusst wird. Doch auf sich gerade verändernden Standorten ist eine bessere Wiedergabe der (theoretischen) effektiven Nährstoffversorgung des Standortes zu erwarten als vom mittleren Nährstoffzeigerwert (der mit der Vegetation mit Verzögerung auf Standortveränderungen reagiert).

Es gilt nun zu untersuchen, welche der vorgefundenen Pflanzenarten in ihrem Nährstoffgehalt möglichst direkt die Standortveränderungen widerspiegeln. Denn die einzelnen Pflanzenarten reagieren voraussichtlich unterschiedlich auf Standortveränderungen, und es müßte dementsprechend mehr und weniger gut geeignete Arten für ein derartiges Indikationssystem geben.

1.3 Auswahl geeigneter Auswertungsmethoden

1.3.1 Problemstellung der Auswertung

Um die effektive Nährstoffversorgung der Pflanzen zu messen, werden möglichst viele einzelne Pflanzen unterschiedlicher Arten zur Zeit ihrer Hauptentfaltung geerntet und ihr Nährstoffgehalt analysiert.

Um aufgrund dieser Analysen zu erfahren, welche Standortfaktoren auf extremen, nährstoffarmen Standorten eng mit der effektiven Nährstoffversorgung der Pflanzen verbunden sind, sollen verschiedene mathematische Analysemethoden verwendet werden.

Grundsätzlich sind folgende Möglichkeiten der Aufarbeitung denkbar:

a) Betrachtung der einzelnen Arten

Die einzelnen Arten werden im Hinblick auf folgende Fragestellungen betrachtet:

- Wie groß ist die Varianz der Nährstoffgehalte der Exemplare einer Art auf verschiedenen Standorten?
- Wie groß ist die Varianz der mittleren Nährstoffgehalte der Pflanzenarten einzelner Standorte?
- Welche Pflanzenarten sind geeignet, um aufgrund signifikanter Unterschiede ihrer Nährstoffgehalte Standortunterschiede anzuzeigen?
- Wie gut sind die einzelnen Pflanzenarten geeignet, diese Standortunterschiede nachzuvollziehen?

b) Betrachtung eines repräsentativen Querschnittes der Arten einzelner Probeflächen

Um ein Bewertungssystem ohne detaillierte Vegetationsaufnahmen zu entwickeln, das möglichst vor einer erkennbaren Veränderung des Artenspektrums dessen Verschiebung prognostizieren kann, werden die Nährstoffgehalte der Pflanzen eines Standortes zunächst unabhängig von den Vegetationsaufnahmen betrachtet.

Das Pflanzenmaterial einer Probefläche wird im Hinblick auf folgende Fragestellungen betrachtet:

- Unterscheiden sich die Probeflächen signifikant im Nährstoffgehalt ihrer Vegetation?
- Welche anderen Faktoren unterscheiden Untersuchungsflächen, deren Vegetation signifikant unterschiedliche Nährstoffgehalte besitzt? Besteht ein nachweisbarer Zusammenhang zwischen diesen Faktoren und dem Nährstoffgehalt?
- Lassen sich reproduzierbare Zusammenhänge von Nährstoffgehalt und Unterschied in einem anderen Standortfaktor finden? Wenn also ein solcher Zusammenhang bei dem Vergleich von zwei Standorten gefunden wird, so muß geprüft werden, ob diese Beziehung für alle Standortvergleichspaare, die darin signifikante Unterschiede zeigen, "in die gleiche Richtung geht".
- Lassen sich Standortgruppen aufgrund signifikant unterschiedlicher Nährstoffgehalte abgrenzen.

c) Betrachtung von Standortgruppen

- Unterscheiden sich die Nährstoffgehalte ein-

zelner Arten, die dadurch einzelne Probeflächen signifikant voneinander abgrenzen, auch in den mittels Ähnlichkeitsanalysen gebildeten Standortgruppen?

1.3.2 Verwendete Auswertungsmethoden

Um zur Klärung dieser Fragen beizutragen, können verschiedene mathematische Verfahren angewandt werden:

a) Signifikanztest der Nährstoffgehalte im Pflanzenmaterial einzelner Untersuchungsflächen

Durch den U-Test, einem von der Verteilung der Variablenwerte unabhängigen Signifikanztest, werden die Arten verschiedener Standorte auf signifikante Unterschiede ihres Nährstoffgehaltes untersucht.

Nur wenn signifikante Unterschiede im Nährstoffgehalt zwischen den einzelnen Arten oder zwischen den Exemplaren einer Art auf verschiedenen Standorten bestehen, kann der Nährstoffgehalt im Pflanzenmaterial sinnvoll zur Bearbeitung der vorliegenden Fragestellung eingesetzt werden.

b) Clusteranalysen

Neben der Auswertung der Stetigkeitstabelle kann eine Gruppierung von Probeflächen auch nach der Ähnlichkeit bestimmter Standorteigenschaften erfolgen. Die Ähnlichkeit bezüglich dieser Variablen wird in der Clusteranalyse quantifiziert (vgl. auch SACHS 1984 und BACKHAUS 1990) und die einander ähnlichen Probeflächen werden in Gruppen zusammengefaßt.

Die Gruppen werden mit dem U-Test auf signifikante Unterschiede ihres mittleren Nährstoffgehaltes im Pflanzenmaterial untersucht (Kap. 5.1.3).

c) Korrelationen

Um mögliche Beziehungen der Standorteigenschaften mit dem Nährstoffgehalt des Pflanzenmaterials festzustellen, werden die Korrelationen zwischen diesen Variablen berechnet. Die Variablen, für die im U-Test signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen nachgewiesen werden konnten, werden in der Korrelationsanalyse auf eine mögliche lineare Abhängigkeit untersucht (vgl. Kap. 5.2).

d) Multiple Regression

Der gleichzeitige Einfluß mehrerer Variablen auf eine Standortgröße kann durch die multiple Regression geprüft werden. So werden der Stickstoff- und der Phosphatgehalt im Pflanzenmaterial gleichzeitig erfaßt und ihr Einfluß auf den Nährstoffgehalt und den Artenschutzwert getestet (Kap. 5.3).

2. Methoden

2.1 Bodenuntersuchung

Da Bodenuntersuchungen arbeitstechnisch sehr aufwendig sind, konnten sie nicht auf allen Untersuchungsflächen durchgeführt werden. Deshalb wurden dreizehn Probeflächen ausgewählt, die möglichst unterschiedliche Entwicklungsstufen der nährstoffarmen Wiesen repräsentieren.

Der Boden der oberen zehn Zentimeter wurde etwa alle sechs Wochen volumengenau (10 x 10 cm) entnommen und untersucht. Folgende Parameter wurden aus je zwei Parallelproben bestimmt:

- PH-Wert: in wässriger Suspension, pH-Meter (WTW).
- Lactatlösliches Phosphat: Calciumlactatauszug mit anschließender photometrischer Messung nach der Molybdänblau-Methode (LANGE 1987).
- Mineralstickstoffgehalt: nach Bremner und Keeney (GERLACH 1973).
- Feinboden-, beziehungsweise Skelettanteil: Die volumengenaue Bodenprobe wird gesiebt. Das Volumen der Steine wird bestimmt und vom Gesamtvolumen abgezogen. So ergibt sich der Feinbodenanteil bezogen auf die Fläche.

Durch die volumengenaue Entnahme konnte der Gehalt an Mineralstickstoff und lactatlöslichem Phosphat auf die Fläche bezogen berechnet werden. Sowohl bei den flachgründigen Böden der Trockenrasen als auch für die Feuchtwiesen (hoher Grundwasserstand) sind die oberen zehn Zentimeter die am stärksten durchwurzelte Schicht und daher für die Nährstoffversorgung der Vegetation bestimmend.

2.2 Vegetationsaufnahmen

Die Vegetationsaufnahmen erfolgten in 6 x 6 m² großen Probeflächen. Es wurde die prozentuale Flächendeckung der Arten geschätzt. Arten mit nur einzelnen Exemplaren werden mit "+" bezeichnet (nach Braun-Blanquet, in ELLENBERG 1979).

Als "mittlere" Zeigerwerte wurden die Mediane der Zeigerwerte nach ELLENBERG (1979) ohne Gewichtung der Flächendeckung der einzelnen Arten verwendet.

Die Vegetationsaufnahmen wurden tabellarisch weiter bearbeitet und eine Stetigkeitstabelle erstellt. Sie ermöglicht eine Gruppierung der Probeflächen nach der Ähnlichkeit ihrer Artenausstattung (KREEB 1983; ELLENBERG 1956). Der Anteil gefährdeter und geschützter Arten wurde in einem Punktesystem ausgedrückt, das die Arten je nach Schutz- oder Gefährdungsstatus in einer Punkteskala bewertet. Das Punktesystem wurde

anhand der Roten Liste (SCHOENFELDER 1987) erstellt.

Dabei erhalten die Arten

- 1 Punkt, wenn sie als "gefährdet",
- 2 Punkte, wenn sie als "stark gefährdet",
- 3 Punkte, wenn sie als "vom Aussterben bedroht" eingestuft sind.

Die Punktesumme wird im folgenden als "Artenschutzwert" einer Probefläche bezeichnet und soll für jeden Standort als indirektes Maß für die "Vegetationsqualität" dienen.

Aus naturschutzfachlicher Sicht ist Beschreibung der "Vegetationsqualität" durch den Anteil an Rote Liste-Arten angreifbar. Denn auch Pflanzengesellschaften mit wenigen Rote Liste-Arten können von hoher Schutzwürdigkeit sein.

Die Verwendung des "Artenschutzwertes" stellt einen Versuch dar, die Nähe der vorhandenen Vegetation zu einer aus menschlicher Sicht erwünschten und "wertvollen" Vegetation zu quantifizieren. Doch aufgrund der Roten Liste zugrunde liegenden Schutzwürdigkeitskriterien erschien die Verwendung des so definierten "Artenschutzwertes" zur Beschreibung der "Qualität" der Pflanzenartenausstattung der Untersuchungsflächen für die vorliegende Fragestellung vertretbar.

2.3 Pflanzenmaterialanalysen

Es wurden die Nährstoffgehalte möglichst vieler Arten einer Probefläche analysiert. Dazu sollten die Pflanzen in einem vergleichbaren Entwicklungszustand sein, weil sich die Nährstoffgehalte naturgemäß im Laufe der Entwicklung verändern. Nach GEBAUER (1987) erweist sich die Phase kurz vor und während der Blütezeit als geeigneter Zeitpunkt, denn da ist die Einzelpflanze optimal entfaltet.

Die Stichprobenzahl für die Pflanzenmaterialanalysen sind immer ähnlich und liegen zwischen 3 und 5 (in einzelnen Fällen bis 8). Aus Platzgründen, und weil sie sowieso in die Berechnung des Standardfehlers eingehen, werden sie in den Tabellen nicht gesondert ausgewiesen.

Mindestens drei Exemplare jeder untersuchten Art wurden auf einer Probefläche geerntet, gewaschen und noch im Gelände mit flüssigem Stickstoff schockgefroren, bevor sie später im Labor getrocknet wurden. Abgestorbene Teile wurden entfernt.

Das oberirdische Material der einzelnen Exemplare wurde möglichst vollständig geerntet und nach der Trocknung homogenisiert. Je nach Menge des Pflanzenmaterials wurden der Gesamtstickstoff- (Nt), Gesamtkohlenstoff- (Ct), Gesamtphosphor (Pt), Gesamtkalium- (Kt), sowie der Nitratgehalt bestimmt.

Für die einzelnen Analysen waren etwa folgende Mengen des homogenisierten Pflanzenmaterials erforderlich: Nt und Ct: 0.1 mg, Pt: 0.2 g, Kt: 10 mg, NO₃: 10 mg.

Der Gesamtstickstoff- und Gesamtkohlenstoffgehalt des Pflanzenmaterials wurde mit einem Elementaranalysator (ANA, Modell 1400) von Carlo Erba bestimmt. Eine genauere Beschreibung des Meßprinzips findet sich bei MÜLLER (1983).

Für die Bestimmung des Gesamtphosphorgehaltes wurde das Pflanzenmaterial in einem Mikro-Kjeldahl-Ansatz aufgeschlossen und anschließend der Phosphatgehalt nach der Molybdat-Vanadat-Methode (LANGE 1987) photometrisch bestimmt.

Für die Kalium- und Nitratbestimmung wurde das pulverisierte Pflanzenmaterial in bidestilliertem Wasser gekocht und anschließend abzentrifugiert. Aus dem Überstand wurde mittels einer Anionen-HPLC-Anlage (Laufmittel: KH₂PO₄-Puffer, pH 2,7; Detektor: UV-Photometer, 210 nm) Nitrat und mit einer Kationen-HPLC-Anlage (Laufmittel: HNO₃ in 30 %igem Methanol; Leitfähigkeitsdetektor) Kalium bestimmt.

Um den Nt- und den Pt-Gehalt im Pflanzenmaterial miteinander gekoppelt in Beziehung zu anderen Variablen setzen zu können, wird das N/P-Verhältnis von den Pflanzen, von denen sowohl der Nt- als auch der Pt-Gehalt gemessen werden konnte (ausreichendes Trockengewicht), berechnet. Das Verhältnis des mittleren Nt- zum mittleren Pt-Gehalt der Vegetation eines Standortes muß also nicht genau damit übereinstimmen, da für die einzelnen Variablen alle Pflanzen, von denen der jeweilige Wert gemessen wurde, berücksichtigt wurden.

Andere Verhältniszahlen (N·P/C, N/K, P/K usw.) werden nicht erwähnt, da sie keine nennenswerten Ergebnisse lieferten.

2.4 Auswertung und Statistik

Um geeignete Tests für die statistische Auswertung auszuwählen, wurden die Analyseergebnisse zunächst auf ihre Verteilung überprüft. Da die Meßdaten keiner Normalverteilung unterliegen und eine relativ geringe Stichprobenzahl vorliegt, wurde nicht der Mittelwert, sondern der in diesem Fall besser geeignete Median verwendet (SACHS 1984). Nur für die Nt-Gehalte der einzelnen Arten auf je einem Standort wurde der Mittelwert verwendet, denn hier ist die Varianz so gering, daß keine große Differenz zwischen beiden Werten besteht; doch die Berechnung des Mittelwertes mit Standardabweichung konnte im verwendeten Statistikprogramm "spss" viel einfacher durchgeführt werden. Der Median wird durch Ausreißer weniger beeinflusst als das arithmetische Mittel. In

beiden Fällen kann der Standardfehler berechnet werden und ist mit angegeben.

Da keine Normalverteilung der Daten vorliegt, wurden auch für weitere statistische Auswertungen nichtparametrische Verfahren verwendet. Sie besitzen zwar eine etwas geringere Testschärfe und es wird nicht die gesamte Information der Daten ausgenutzt, doch sie sind wesentlich weniger anfällig für falsche Testergebnisse aufgrund nicht normalverteilter Daten oder Ausreißern. Besonders für ökologische Untersuchungen ist die Unempfindlichkeit gegen problematische Datenverteilungen bei gleichzeitig hoher Testschärfe (hohe asymptotische Effizienz) von Bedeutung (MÜHLENBERG 1989).

Um zu testen, ob Unterschiede zwischen Gruppen signifikant sind, wurde beim Vergleich zweier unabhängiger Stichproben der U-Test nach Mann und Whitney (verteilungsunabhängiges Gegenstück zum t-Test, SACHS 1984) angewendet, beim Vergleich mehrerer unabhängiger Stichproben der H-Test nach Kruskal und Wallis.

Die Ergebnisse der Signifikanztests werden in "Kreuztabellen" dargestellt, in denen jeder Wert mit allen anderen Werten verglichen wird.

Die Korrelationsanalyse der Standortvariablen erfolgte mit rangtransformierten Daten, da auch bei ihnen keine Normalverteilung gegeben ist. Ergebnis dieser Prozedur ist der Pearsonsche Korrelationskoeffizient für die rangabgestuften Daten. Für die Transformation werden die Werte jeder Variablen der Größe nach geordnet. Sie werden in aufsteigender Reihenfolge ihrem Rang entsprechend numeriert, das heißt mit einem Rangwert belegt. Diese Rangwerte werden in die Korrelationsanalyse eingesetzt.

Wenn der Korrelationskoeffizient gering oder eine Korrelation nicht signifikant ist, so bedeutet das nicht zwingend, daß kein Zusammenhang vorhanden ist, sondern nur, daß kein Zusammenhang nachgewiesen werden kann. Eine hohe und signifikante Korrelation zweier Variablen belegt zwar deren Zusammenhang, ob diese Beziehung jedoch kausal ist, beziehungsweise welcher ökologische Hintergrund dieser Beobachtung zugrunde liegt, muß vorsichtig interpretiert werden.

Das Bestimmtheitsmaß R gibt den Anteil der durch die Korrelation (Koeffizient R) erklärten Varianz wieder. Wenn also beispielsweise zwei Variablen (V₁ und V₂) untereinander nicht korreliert sind, aber beide mit R = 0.4 mit einer dritten Variablen (V₃) signifikant korreliert sind, kann man daraus schließen, daß $(0.4)V_1 + (0.4)V_2 = 0.32 = 32\%$ der Varianz von V₃ durch V₁ und V₂ erklärbar sind.

Für die Clusteranalysen wurden die Daten mittels einer z-Transformation (SACHS 1984) standardisiert. Die z-transformierten Daten streuen alle

um 0 und besitzen eine Varianz von 1. Dadurch werden unterschiedliche Gewichtungen der Variablen vermieden.

Für Regressionsanalysen sind zwei Geraden möglich, je nachdem, welche der zwei eingesetzten Variablen als abhängige und welche als unabhängige Variable definiert wird. Diese Variablendefinition erfolgt nach dem ökologischen Hintergrund des Zusammenhanges zwischen den beiden Variablen. Sie ist insofern von Bedeutung, als sie die Steigung der Regressionsgeraden und damit die Aussage über die Art des Zusammenhanges bestimmt. Je höher die Korrelation der beiden Variablen ist, desto enger wird die "Schere" der beiden Geraden und desto geringer wird der Einfluß der Variablendefinition.

3. Auswahl und Lage der Probeflächen

Zur Bearbeitung der Fragestellung (Kap. 1.2) wurden Probeflächen in zwei unterschiedlichen Magerwiesentypen eingerichtet: In den Kalkmagerasen zwischen Starnberger See (Würmse) und Ammersee sowie in Feuchtwiesen der Rothenrairner Moorlandschaft zwischen Königsdorf und Bad Tölz.

Beide Untersuchungsgebiete sind voralpine Kalklandschaften und die Pflanzengemeinschaften sind durch den hohen Kalkgehalt geprägt. Die Feuchtwiesen, die zur Torfbildung neigen, sind jedoch in vielen Fällen mit einer vom Untergrund weniger geprägten Zwischenmoorvegetation bedeckt.

Diese Probeflächenwahl soll auch den Vergleich der zwei Standorttypen ermöglichen. Denn der in beiden Fällen extreme Wasserhaushalt kann direkt und auch indirekt ein entscheidender Faktor für die Ausbildung und Erhaltung der hochspezialisierten Vegetation sein.

Der Wasserhaushalt wirkt sich insbesondere auf die effektive Nährstoffversorgung stark aus (SCHEFFER 1984), deren Untersuchung ja im Mittelpunkt der vorliegenden Arbeit steht. Der Vergleich dieser zwei Gruppen läßt interessante Ergebnisse erwarten über die Unterschiede der für die Nährstoffversorgung der Pflanzen entscheidenden Parameter auf diesen beiden Flächentypen, die die Standorte einer aus naturschutzfachlicher Sicht sehr wertvollen Vegetation sind.

Wenn Magerwiesen beider Typen landwirtschaftlich intensiver genutzt werden sollen, so erfolgt in der Regel eine gezielte Veränderung der extrem ausgebildeten (vegetationsbestimmenden) Standortfaktoren. Vor allem die Nährstoffversorgung und die Bodenfeuchte werden dann durch verschiedene Maßnahmen (beispielsweise Düngung, Entwässerung oder Umbruch) soweit beeinflußt,

daß günstige Bedingungen für eine Fettwiesenvegetation entstehen, auf die sich die Vegetation dann im Laufe der Zeit auch einstellt. Die Annäherung der Standortbedingungen an die in der Landwirtschaft angestrebten Fettwiesen durch menschliche Eingriffe wird im folgenden sowohl für die Feuchtwiesen als auch für die Trockenrasen als "Melioration" bezeichnet.

Auf brachgefallenen Feuchtwiesen kann im Zusammenhang mit dem Wasserhaushalt auch eine ganz andere Entwicklung ablaufen: Vor allem wenn auch noch alte Drainagesysteme im Laufe der Zeit verfallen, können die nässebedürftigen Torfmoose sich durchsetzen und die andere Vegetation immer stärker bedrängen. Da diese Entwicklung aller Voraussicht nach zur Entstehung eines Hochmoores führt, wurde sie von RINGLER (1985) als "Verhochmoorung" bezeichnet. Diese Bezeichnung wird auch in der vorliegenden Arbeit verwendet, denn sie faßt einen Komplex von Standortveränderungen zusammen. Wesentliche Faktoren der "Verhochmoorung" sind: Konkurrenz der höheren Pflanzen mit Sphagnum-Arten, Wassersättigung und Versauerung des Bodens, Trennung der Wurzeln vom Mineralboden durch nährstoffarmen Torf.

Die Thematik der vorliegenden Arbeit umfaßt auch die Veränderung der vegetationsbestimmenden Faktoren. Dazu wäre eigentlich ein längerer Untersuchungszeitraum erforderlich, um jeweils genau am gleichen Standort Veränderungen der Vegetation (Artenzusammensetzung und Nährstoffgehalte) beobachten zu können. Da diese Beobachtung zu lange andauern müßte, wurden auch Probeflächen einbezogen, die nach Aussagen ortskundiger Pflanzenkenner oder nach älteren Unterlagen vor einiger Zeit noch eine Vegetation trugen, wie sie auf den Trockenrasen oder auf den Feuchtwiesen heute noch zu finden ist. Sie werden als weiter fortgeschrittene Entwicklungsstufe der heute noch vorhandenen Magerwiesen betrachtet, wenn sie in vergleichbarer Lage und nicht zu weit von den Vergleichsflächen entfernt sind.

3.1 Wichtigste Merkmale der Untersuchungsflächen

Es wurden dreißig Probeflächen ausgewählt, von denen von ihrer Lage her betrachtet fünfzehn den Trockenrasen (Nr. 1 bis 15) und fünfzehn den Naßwiesen (Nr. 16 bis 30) zuzuordnen sind. Allerdings sind auch einige der Flächen wechselfeucht und daher nicht eindeutig einem der beiden Typen zuzuordnen.

Die landwirtschaftlich intensivierten Flächen gehören in ihrem aktuellen Zustand eigentlich keinem der beiden Magerwiesentypen mehr an, sie werden ihrer ehemaligen Vegetation und ihrem Standort entsprechend einem der beiden Typen zugerechnet.

Bezüglich ihrer Entwicklungsstufe können die Probeflächen in drei Gruppen eingeteilt werden:

- *Stabile Flächen:* Die (typische) Vegetation steht im Gleichgewicht mit dem "dazu passenden" Standort.
- *Sich verändernde Flächen:* Standort und Vegetation sind nicht im Gleichgewicht. Da die Intensität menschlichen Eingriffs sehr unterschiedlich sein kann, wird diese Gruppe noch weiter unterteilt in Flächen, die sich langsam verändern und Flächen, die sich stark verändern.
- *Umgewandelte Flächen:* Sie trugen früher nachweislich eine typische Trockenrasen-, beziehungsweise Streuwiesenvegetation, die infolge Nutzungsintensivierung vollständig durch eine Fettwiesenvegetation ersetzt wurde.

Diese Einteilung der Flächen gründet in der Beurteilung der Flächen aufgrund ihrer äußerlichen Erscheinung. Bei der Untersuchung von Vegetation und Standort können sich Differenzen bezüglich der Beurteilung ergeben.

a) Trockenrasenflächen:

Die Reihenfolge der Untersuchungsflächen folgt ungefähr ihrem Störungs- und Eutrophierungsgrad. So lassen sich die Untersuchungsflächen 1-7 als ganz gut erhaltene Trockenrasen bezeichnen, 8-12 sind Flächen, deren Standortbedingungen aktuell durch menschliche Eingriffe aus dem Gleichgewicht mit der Vegetation gebracht wurden, während die Flächen 13-15 bereits längere Zeit eutrophiert, beziehungsweise intensiviert sind.

Die einzelnen Probeflächen lassen sich folgendermaßen beschreiben (vgl. auch Vegetationstabelle, Anhang):

1 Maisinger Schlucht: Hanglage, Halbtrockenrasen mit Tendenz zum Arrhenatheretum, einzelstehende Schlehen- und Weißdornbüsche als Zeugen ehemaliger Beweidung, Versaumungszeiger, seit kurzem unter Pflege mit dem Ziel der Restaurierung einer möglichst "typischen" Kalkmagerrasenvegetation. *Sich langsam verändernde Fläche.*

2 Baderbichl: leicht geneigte Fläche, Halbtrockenrasen mit Wechselfeuchtezeigern, in geringem Maß durch landwirtschaftliche Intensivierung (Stallmist) eutrophiert, vergleichsweise dichte und hochwüchsige Vegetation. *Sich langsam verändernde Fläche.*

3 Baderbichl: Hanglage, gut erhaltener Halbtrockenrasen, Gefahr der Eutrophierung durch angrenzende Ackerfläche. *Stabile Fläche.*

4 Kühberg: Hanglage, von PREISS (1974) als sehr gut erhaltener, doch durch Aufforstung bedrohter Kalkmagerrasen beschriebene Fläche, die teils durch Aufforstung und teils durch natürliche Sukzession verwaldet. Relikte der Kalkmagerra-

senvegetation, sehr artenreich durch die Einwanderung von Saumarten. *Sich langsam verändernde Fläche.*

5 Eichelberg: Hanglage, sehr trockener Kalkmagerrasen mit lückenhafter Vegetation, frühere extensive Beweidung wird angenommen, regelmäßige Mahd. *Stabile Fläche.*

6 Pfarrbichl: Hanglage, sehr gut erhaltener Kalkmagerrasen, traditionell regelmäßige Mahd. *Stabile Fläche.*

7 Bäckerbichl: Hanglage, sehr gut erhaltener Kalkmagerrasen, traditionell regelmäßige Mahd. *Stabile Fläche.*

8 Bäckerbichl: beweidete Hangfläche, Relikte der typischen Kalkmagerrasenvegetation, eutrophiert mit Tendenz der weiteren Intensivierung. *Sich stark verändernde Fläche.*

9 Hochgemeinde: Hanglage, ehemaliger Kalkmagerrasen, der durch mangelnde Pflege stark verbuscht war (Humusanreicherung) und im Rahmen eines Restaurierungsprogrammes freigelegt wurde und seit 1988 gepflegt wird. *Sich stark verändernde Fläche.*

10 Hochgemeinde: Hanglage, durch Bewaldungstendenz des ganzen Hanges versaumend, doch noch keine auffällige Humusanreicherung. *Sich langsam verändernde Fläche.*

11 Hardtwiesen: schwach geneigte Lage, leicht eutrophierter Magerrasen, der durch regelmäßige Mahd ohne Düngung rückentwickelt werden soll. *Sich langsam verändernde Fläche.*

12 Pfarrbichl: Hanglage, ursprünglich vermutlich gleiche Vegetation wie Fläche 6, doch nach Verwaldung durch mangelnde Pflege wieder freigelegt und gepflegt seit 1988. *Sich stark verändernde Fläche.*

13 Pfarrbichl: Hanglage, ursprünglich vermutlich ähnliche Vegetation wie Fläche 6, möglicherweise immer etwas nährstoffreicherer Standort, da weiter am Hangfuß (kolluviale Humusanreicherung). Mit Jungvieh beweidet, nur noch Relikte der Trockenrasenvegetation. *Umgewandelte Fläche.*

14 Sechtenbichl: etwa Anfang der 50er Jahre als Ackerland umgebrochen und kurze Zeit bewirtschaftet, vorher Trockenrasenvegetation, seit vielen Jahren wieder Grünland, doch bis vor 1988 intensive landwirtschaftliche Bewirtschaftung, seitdem Versuch der Rückentwicklung durch Mahd ohne Düngung (zweimal jährlich). *Umgewandelte Fläche.*

15 Sechtenbichl: Hanglage unter Fläche 14, Relikte einer Magerrasenvegetation, indirekt eutrophiert durch Düngung oberhalb der Hangkante, Mahd (traditionell vermutlich ein- bis zweimal im Jahr) verhindert natürliche Sukzession. *Umgewandelte Fläche.*

b) Feuchtwiesen

Die untersuchten Feuchtwiesen stammen mit einer Ausnahme aus dem Untersuchungsgebiet zwischen Starnberger See und Ammersee, sowie aus den Rothenrainer Mooren zwischen Bad Tölz und Königsdorf. Nur die Fläche 16 liegt im Haarmoos bei Laufen und wurde zum Vergleich mit den Feuchtwiesen der zwei Hauptgebiete mit einbezogen.

Die Flächen aus dem Gebiet zwischen Starnberger See und Ammersee sind durch ihre nahe Verwandtschaft zu den oft eng mit ihnen verzahnten Magerrasen geprägt. Die Untersuchungsflächen in den Rothenrainer Mooren hingegen sind ursprünglich "typische" Feuchtwiesen auf mittleren unterschiedlichen Entwicklungsstufen.

Die Flächen 22 bis 24 liegen entlang eines Gradienten zunehmender Verbrachung mit starkem Sphagnumwachstum. Auch die Flächen 27 bis 30 sind entlang eines Gradienten gelegen, der von einem Brachestadium mit ausgeprägten und dominanten Molinia-Horsten über zwei abgestuft in der Nutzung intensivierte Schoeneten hin zu einer nassen Variante der Fettwiesen reicht. (Vergleiche auch Abb. 4) Die Flächen 25 und 26 liegen räumlich von den anderen getrennt, aber sie können als fortgeschrittene Sukzessionsstadien der Molinia-Brachen im Anschluß an den Gradienten zwischen den Probeflächen 27 bis 30 aufgefaßt werden.

Die einzelnen Probeflächen lassen sich folgendermaßen beschreiben:

16 Nährstoffreiche Streuwiese im Haarmoos bei Laufen: früher vermutlich bereits leicht intensivierte Nutzung, im Untersuchungszeitraum einmal jährlich gemäht. Ziemlich hohe Biomasseproduktion. *Sich langsam verändernde Fläche.*

17 Hardtwiesen: wechselfeuchte Buckelwiese mit stark verflochtener Kalkmagerrasen- und Feuchtwiesenvegetation, sehr artenreich. *Stabile Fläche* (doch angrenzend an "meliorierte" Fläche 18).

18 Hardtwiesen: direkt angrenzend an Fläche 17, intensivierte Nutzung mit Nivellierung des (ursprünglich buckligen) Reliefs vollständig zur Fettwiese umgewandelt ohne Relikte der ehemaligen Magerwiesenvegetation. *Umgewandelte Fläche.*

19 Hardtwiesen: wechselfeuchte Fläche mit eng verzahnter Feuchtwiesen- und Trockenrasenvegetation, früher angeblich kurze Zeit als Wildacker genutzt (umgebrochen) und daher mit einzelnen Arten der Fettwiesen. *Sich stark verändernde Fläche.*

20 Fettwiese am Mesnerbichl: stark intensivierte und mit Rindern beweidete Fläche. Keine Relikte der ursprünglichen Magerrasenvegetation mehr. *Umgewandelte Fläche.*

21 wechselfeuchter Magerrasen am Mesnerbichl: eng verzahnte Trockenrasen- und Feuchtwiesenvegetation, sehr artenreich, regelmäßige Mahd (einmal jährlich), Gefahr der Eutrophierung von der oben angrenzenden Fettwiese. *Stabile Fläche.*

22 Rothenrainer Moore: "verhochmoorte" Streuwiese mit Tendenz zur Bildung von Bulten und Schlenken. *Sich langsam verändernde Fläche.*

23 Rothenrainer Moore: sehr unregelmäßig (etwa alle 4-5 Jahre) gemähte Pfeifengraswiese auf Zwischenmoortorf. *Stabile Fläche.*

24 Rothenrainer Moore: alle zwei bis drei Jahre gemähte Pfeifengraswiese auf Zwischenmoortorf. *Stabile Fläche.*

25 Rothenrainer Moore: Brachestadium einer Pfeifengraswiesen mit Molinia-Horsten und rasigem Trichophorum-Bestand, schätzungsweise seit ca. 15 Jahren nicht mehr gemäht. *Sich langsam verändernde Fläche.*

26 Rothenrainer Moore: Brachestadium wie Fläche 25, doch bereits längere Zeit brachliegend, Entwicklung zum Bruchwald (Birke und Kiefer) fortgeschritten. *Sich langsam verändernde Fläche.*

27 Rothenrainer Moore: von Molinia-Horsten dominierte Fläche, mit Anfängen der Bruchwaldentwicklung (Birke und Kiefer). *Sich langsam verändernde Fläche.*

28 Rothenrainer Moore: Schoenus ferrugineus als dominante Art, direkt angrenzend an 27, ca. alle zwei bis drei Jahre gemäht. *Sich langsam verändernde Fläche,* anscheinend einige Zeit seltener gemäht.

29 Rothenrainer Moore: Schoenus ferrugineus als dominante Art, direkt angrenzend an 28, etwa alle ein bis zwei Jahre gemäht, möglicherweise leicht aufgedüngt oder indirekte Düngung nach Grundwasserabsenkung. *Sich langsam verändernde Fläche.*

30 Rothenrainer Moore: direkt angrenzend an 29, Schoenus ferrugineus nicht mehr so dominant, mehr Süßgräser, eutrophiert durch Düngung und Grundwasserabsenkung. *Sich stark verändernde Fläche.*

3.2 Mineralstickstoff und lactatlösliches Phosphat in den Böden von Feuchtwiesen und Trockenrasen unterschiedlicher Entwicklungsstadien.

In den Abbildungen 1 a - 1 m sind die aktuellen Gehalte an Mineralstickstoff (N_m) und lactatlöslichem Phosphat (P_i) der Böden im Verlauf des Jahres 1988 dargestellt. Es zeigt sich, daß die Böden der Feuchtwiesen im allgemeinen geringere

N_m - und P_1 -Gehalte aufweisen als die der Trockenrasen.

Auch wird deutlich, daß hohe P_1 -Gehalte und hohe N_m -Gehalte nicht miteinander gekoppelt sein müssen. Nur auf den landwirtschaftlich intensivierten Flächen, deren Vegetation bereits dem umgewandelten Standort entspricht, finden sich sehr hohe N_m - und P_1 -Gehalte zugleich.

Der Jahresverlauf des N_m - und P_1 -Angebotes zeigt prinzipiell immer den gleichen Verlauf:

Im zeitigen Frühjahr ist das im Boden meßbare Angebot maximal und nimmt bis zum Frühsommer

stark ab. Den ganzen Sommer über bleibt der N_m - und der P_1 -Gehalt der Böden gering.

Die dreizehn Standorte, deren Böden untersucht wurden, zeigen den jahreszeitlichen Verlauf des Nährstoffgehaltes im Boden repräsentativ für die unterschiedlichen Entwicklungsstufen der nährstoffarmen Grünlandtypen "Trockenrasen" und "Feuchtwiesen".

Zur Bodenuntersuchung wurden die Untersuchungsflächen 1, 2, 6, 9, 12, 13, 14, 16, 22, 23, 24, 25, 26 herangezogen.

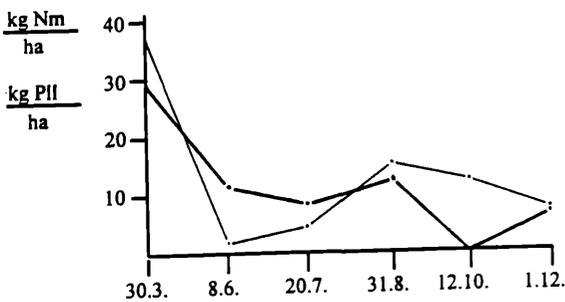
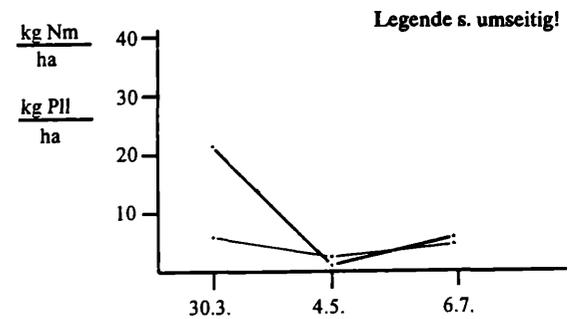


Abbildung 1 a

Probestfläche 1



Legende s. umseitig!

Abbildung 1 b

Probestfläche 2

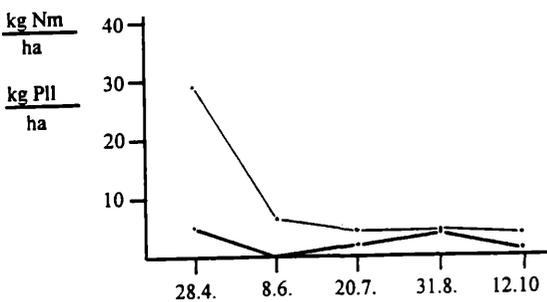


Abbildung 1 c

Probestfläche 6

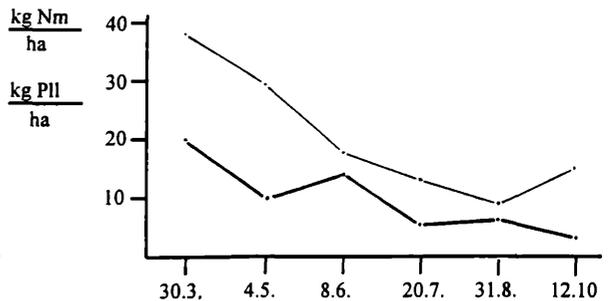


Abbildung 1 d

Probestfläche 9

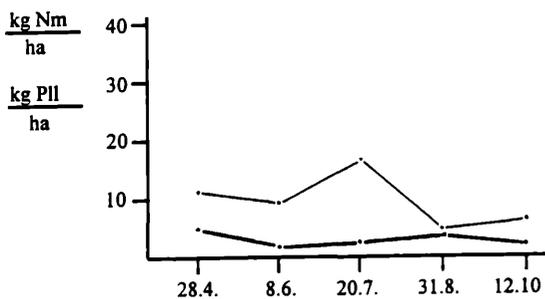


Abbildung 1 e

Probestfläche 12

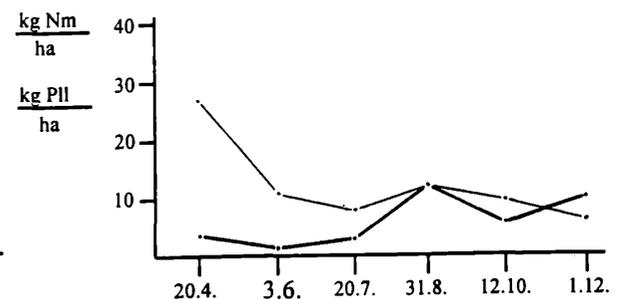


Abbildung 1 f

Probestfläche 13

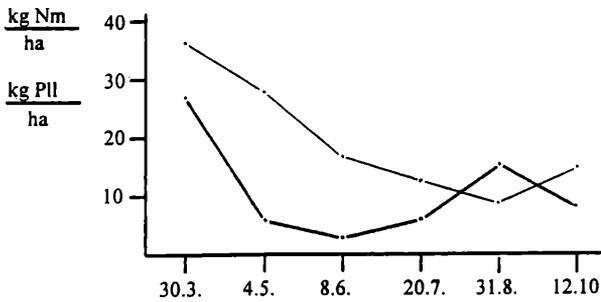


Abbildung 1 g

Probestfläche 14

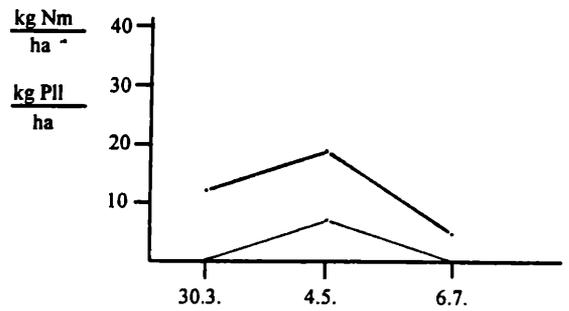


Abbildung 1 h

Probestfläche 16

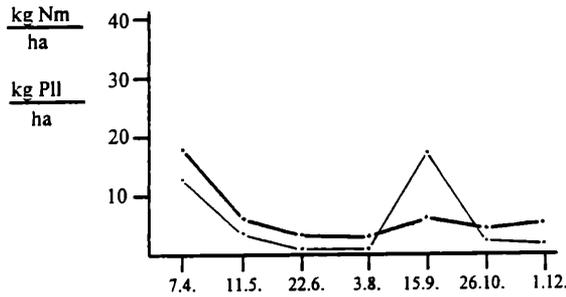


Abbildung 1 i

Probestfläche 22

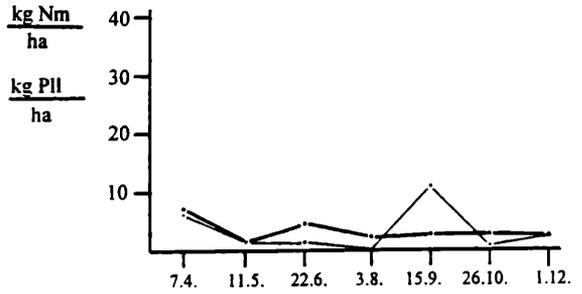


Abbildung 1 j

Probestfläche 23

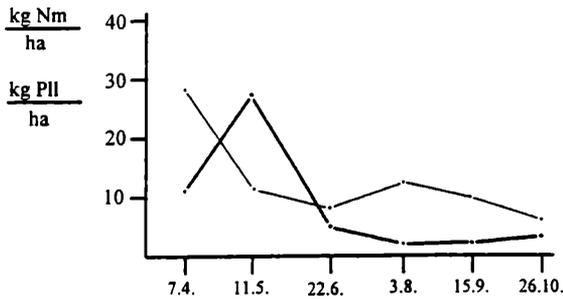


Abbildung 1 k

Probestfläche 24

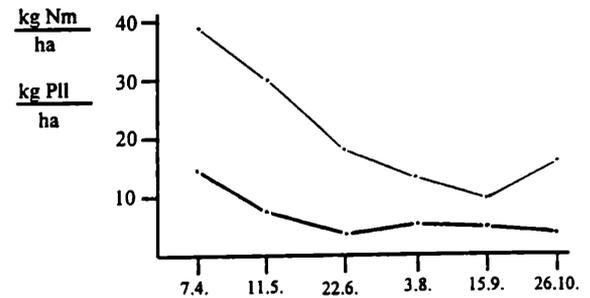


Abbildung 1 l

Probestfläche 25

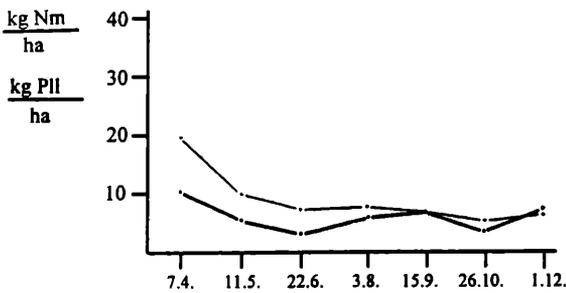


Abbildung 1 m

Probestfläche 26

Abbildung 1

Jahresgang des Mineralstickstoff- und Phosphatgehaltes in den Böden der dreizehn zur Bodenuntersuchung ausgewählten Probestflächen.

— Mineralstickstoff (N_m)
 - - - lactatlösliches Phosphat (P_{II})

3.3 Tabelle der wichtigsten Standortvariablen

Zur weiteren Charakterisierung der Probestellen dienen die Artenzahl, der Artenschutzwert (vgl. S. 10), sowie die Zeigerwerte nach ELLENBERG. Diese Größen sind in Tabelle 1 dargestellt. Es sind die Mediane der Zeigerwerte der einzelnen Probestellen angegeben.

4. Ergebnisse

4.1 Nährstoffgehalte einzelner Arten

Die Nährstoffgehalte einzelner Pflanzen auf verschiedenen Standorten sind im Anhang zusammengestellt.

Die Unterschiede im Nährstoffgehalt von Arten, die in ausreichender Zahl auf mehreren Standorten untersucht wurden, werden mit dem U-Test auf Signifikanz geprüft. Die Ergebnisse des Signifikanztests bezüglich des Nt-Gehaltes einzelner Arten werden in den Kreuztabellen 1 aa bis 1bz (siehe

Anhang) dargestellt. Die Ergebnisse des Signifikanztests bezüglich des Pt-Gehaltes einzelner Arten werden in den Kreuztabellen 2 aa bis bi (siehe Anhang) dargestellt.

Wenn Arten viele signifikante Unterschiede in den Kreuztabellen zeigen, so deutet dies darauf hin, daß sie zur Differenzierung der Standorte geeignet sind.

Aus den Ergebnissen des U-Tests kann noch nicht gesagt werden, ob sich auch Korrelationen der Nährstoffgehalte einzelner Arten mit Standortfaktoren ergeben. Da die Standortfaktoren zwar miteinander sehr eng verknüpft sein können, doch in ihrer Wirkung sehr unterschiedlich sind, kann es durchaus möglich sein, daß zwar die Unterscheidung von Standortgruppen mit den Nährstoffgehalten gut gelingt, aber keine signifikante Korrelation mit einem einzelnen Standortfaktor gefunden werden kann. Die Korrelationen zwischen den Variablen, die die Vegetation eines Standortes beschreiben (Nährstoffzeigerwert und Artenschutzwert), mit den Nt- und Pt-Gehalten einzelner Arten werden im Kapitel 5.3. untersucht.

Tabelle 1

Untersuchungsflächen (UFI), Artenzahlen (AZ), Artenschutzwert (ASW), Mediane der Zeigerwerte nach ELLENBERG (1979).

UFI	AZ	ASW	L	T	K	F	R	N
1	64	1.0	7.0	5.1	3.7	4.3	7.3	3.7
2	62	13.0	6.9	5.0	3.7	4.4	6.6	3.4
3	52	14.0	7.2	4.8	3.6	3.9	7.0	2.7
4	60	13.0	6.7	5.0	4.0	4.1	7.0	2.8
5	50	9.0	7.1	5.4	4.0	3.6	7.3	2.7
6	50	17.5	7.2	4.9	3.8	4.0	7.7	2.9
7	49	14.5	7.0	5.3	4.0	3.8	7.4	2.6
8	44	2.5	7.0	5.2	3.6	4.1	7.3	3.4
9	70	4.0	6.6	5.3	3.8	4.2	7.4	3.9
10	50	12.0	6.8	5.2	4.0	3.9	7.5	3.2
11	59	18.0	7.0	4.9	3.8	4.3	7.2	2.9
12	49	16.0	7.0	5.2	4.0	3.6	7.5	2.8
13	44	5.0	7.1	5.2	3.7	4.2	7.0	4.1
14	37	0.0	6.9	5.1	3.4	4.7	7.2	4.8
15	31	1.0	6.9	4.9	3.8	4.3	6.6	3.3
16	36	8.0	7.3	4.8	3.5	7.2	6.5	2.6
17	51	12.5	7.0	4.7	3.7	4.9	6.1	3.1
18	20	0.0	7.1	5.1	3.5	5.3	7.0	5.4
19	46	22.0	7.3	4.5	3.6	6.0	7.1	3.2
20	28	0.0	7.0	4.9	3.2	4.9	5.7	4.9
21	54	24.0	7.2	4.9	3.8	4.6	6.5	2.5
22	30	24.5	7.5	4.1	3.4	8.0	5.3	2.0
24	43	25.0	7.5	4.1	3.8	7.2	5.5	2.4
25	15	6.5	7.1	4.0	4.1	8.1	4.8	2.0
26	18	6.0	7.2	2.9	8.4	7.7	3.0	2.1
27	25	16.0	7.2	4.4	3.8	6.8	6.1	2.6
28	32	19.0	7.3	4.7	3.7	7.3	6.0	2.4
23	28	12.5	7.4	4.1	3.7	7.3	5.2	2.4
29	36	15.5	7.4	4.7	3.6	7.2	6.8	2.7
30	28	7.0	7.3	4.7	3.4	6.3	6.8	2.8

4.1.1 Durchschnittlicher Nährstoffgehalt der einzelnen Arten auf verschiedenen Standorten

Um festzustellen, welche Arten empfindlicher auf Standortunterschiede reagieren als andere, wird untersucht, wie signifikant die Unterschiede im Nährstoffgehalt einzelner Arten im Bezug auf die Standortunterschiede sind. Wenn eine Pflanzenart oft signifikante Unterschiede zeigt, so deutet dies darauf hin, daß die untersuchte Variable (Nt- oder Pt-Gehalt) stark vom Standort und weniger artspezifisch determiniert ist.

Die Kreuztabellen, die den Vergleich der Nährstoffgehalte einzelner Arten auf verschiedenen Standorten darstellen, sind aus Platzgründen im Anhang zu finden. In Tabelle 2 wird angegeben, wie oft die Unterschiede im Nährstoffgehalt einzelner Arten zwischen je zwei Standorten signifikant sind. Es werden nur Unterschiede mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit $p < 0,05$ berücksichtigt.

Wegen seiner großen Streuung im Pflanzenmaterial wird von Kalium angenommen, daß seine Aufnahme stärker artspezifisch oder durch nicht er-

faßte Standortfaktoren determiniert ist. Auf die Zusammenstellung der signifikanten Abweichungen einzelner Arten auf verschiedenen Standorten wird daher verzichtet.

Insgesamt sind also rund 30% der unterschiedlichen Stickstoffgehalte im Pflanzenmaterial auf verschiedenen Standorten signifikant. Einen besonders hohen Anteil an signifikanten Abweichungen zeigen die Arten *Bromus erectus*, *Buphthalmum salicifolium*, *Galium boreale* und *Carex montana*. Dies deutet darauf hin, daß der Nt-Gehalt dieser Arten eher vom Standort als durch arttypische Eigenschaften determiniert ist.

Der geringe Anteil an signifikanten Unterschieden bei *Leontodon hispidus*, *Peucedanum oreoselinum* und *Tofieldia calyculata* deutet darauf hin, daß hier möglicherweise die artspezifische Determination des Stickstoffgehaltes besonders hoch ist.

Tabelle 3 zeigt den Anteil an signifikanten Unterschieden beim Vergleich des Phosphorgehaltes im Pflanzenmaterial der Standorte. Es wurden nur Arten aufgenommen, die an mehr als drei Standorten in ausreichender Zahl analysiert wurden.

Tabelle 2

Anteil der signifikanten Unterschiede im Gesamtstickstoff-Gehalt je einer Art auf verschiedenen Standorten (es werden alle Standorte, auf denen die Art untersucht wurde, miteinander verglichen).

Art	n (Vergleichspaare)	Vergleichspaare % signifikante Unterschiede
<i>Bromus erectus</i>	10	60
<i>Buphthalmum salicifolium</i>	10	60
<i>Galium boreale</i>	10	60
<i>Carex montana</i>	45	51
<i>Brachypodium pinnatum</i>	10	40
<i>Carex flacca</i>	45	40
<i>Medicago lupulina</i>	10	40
<i>Anthericum ramosum</i>	6	33
<i>Carex panicea</i>	15	33
<i>Potentilla heptaphylla</i>	6	33
<i>Schoenus ferrugineus</i>	15	33
<i>Potentilla erecta</i>	78	32
<i>Holcus lanatus</i>	10	30
<i>Lotus corniculatus</i>	28	29
<i>Carex elata</i>	21	24
<i>Molinia coerulea</i>	45	22
<i>Briza media</i>	21	14
<i>Carex caryophylla</i>	21	14
<i>Helianthemum nummularium</i>	10	10
<i>Trifolium pratense</i>	21	10
<i>Tofieldia calyculata</i>	15	7
<i>Leontodon hispidus</i>	10	0
<i>Peucedanum oreoselinum</i>	6	0
	$\bar{x} = 20,3 \pm 17,5$ $n = 23$	$\bar{x} = 32,3 \pm 18,6$

Tabelle 3

Anteil der signifikanten Abweichungen im Gesamtphosphat-Gehalt je einer Art auf verschiedenen Standorten

Art	n (Vergleichspaare)	Vergleichspaare % signifikante Unterschiede
<i>Tofieldia calyculata</i>	6	83
<i>Medicago lupulina</i>	6	67
<i>Bromus erectus</i>	10	60
<i>Trifolium pratense</i>	15	47
<i>Rhinanthus aristatus</i>	28	36
<i>Carex montana</i>	6	33
<i>Potentilla erecta</i>	55	31
<i>Carex elata</i>	10	30
<i>Holcus lanatus</i>	10	30
<i>Carex flacca</i>	91	27
<i>Lotus corniculatus</i>	28	21
<i>Leontodon hispidus</i>	10	20
<i>Buphthalmum salicifolium</i>	6	17
<i>Molinia coerulea</i>	36	14
<i>Briza media</i>	15	13
<i>Schoenus ferrugineus</i>	15	13
	$x = 21,7 \pm 22,9$ $n = 16$	$x = 33,9 \pm 20,6$

Auch hier sind mehr als 30% aller Unterschiede signifikant, so daß der Pt-Gehalt im Pflanzenmaterial durchaus als geeignete Größe zur Differenzierung der Standorte in Betracht kommt.

4.1.2 Durchschnittlicher Nährstoffgehalt im Pflanzenmaterial der zwei Standorttypen

Die Nt-Gehalte im Pflanzenmaterial sind deutlich unterschiedlich zwischen den Trockenrasen (1,57 bis 2,55%) und den Feuchtwiesen (0,95 bis 1,94%).

Der Pt-Gehalt im Pflanzenmaterial ist in den Trockenrasen (0,66 bis 2,69 mgP/gTG) generell höher als in den Feuchtwiesen (0,62 bis 2,21 mgP/gTG). Der höhere Mittelwert des Pt-Gehaltes der Feuchtwiesen kommt zustande, weil die Probestellen 17 bis 21, die nicht nur von der Artenausstattung, sondern auch vom Pt-Gehalt ihrer Vegetation zwischen den Trockenrasen und den Feuchtwiesen stehen, aufgrund ihres grundwasserbeeinflussten Standortes zu den Feuchtwiesen gerechnet werden.

Der Kt-Gehalt im Pflanzenmaterial streut insgesamt sehr stark, aber tendenziell ist er auf Trockenrasen (5,79 bis 35,44 mgK/gTG) geringer als auf Feuchtwiesen (11,84 bis 42,93 mgK/gTG).

Die Abweichungen zwischen den Trockenrasen und den Feuchtwiesen beruhen offensichtlich auf dem unterschiedlichen Wasserhaushalt dieser beiden Standortgruppen.

4.2 Vergleich der einzelnen Probestellen anhand des mittleren Nährstoffgehaltes im Pflanzenmaterial

Die Nährstoffgehalte des Pflanzenmaterials der einzelnen Probestellen werden durch den U-Test verglichen. Es wird angenommen, daß ein Nährstoff um so besser zur Differenzierung unterschiedlicher Flächen geeignet ist, je mehr signifikante Unterschiede zwischen einzelnen Flächen er aufweist.

Zudem kann geprüft werden, ob sich in Feuchtwiesen und Trockenrasen unterschiedliche Nährstoffe zur Differenzierung eignen.

Auf die einzelnen Vergleichspaare soll in diesem Zusammenhang nicht zu intensiv eingegangen werden, weil die übergreifenden Zusammenhänge durch den Vergleich der Standortgruppen aus den Ähnlichkeitsanalysen (vgl. Kap. 5.1) besser bearbeitet werden können.

Daher werden hier nur besonders auffällige Einzelergebnisse diskutiert. Die Signifikanztabellen für die einzelnen Nährstoffe sind jedoch mit angegeben, damit der Leser im Einzelfall (und auch mit Problemstellungen, die für die vorliegende Arbeit nicht von Bedeutung sind) die Unterschiede im Nährstoffgehalt des Pflanzenmaterials auf verschiedenen Standorten nachvollziehen kann.

Die Signifikanz (U-Test) der Unterschiede im Nährstoffgehalt des Pflanzenmaterials sind in den Kreuztabellen 3, 4 und 5 zusammengefaßt. Die Medianwerte der einzelnen Untersuchungsflächen sind in der Tabelle 4 zu finden.

Tabelle 4**Nährstoffgehalte im Pflanzenmaterial. Mediane und Standardfehler der untersuchten Arten.**

UFl	% Nt	S.D.	n	mgPt/ gTG	S.E.	n	mgKt/ gTG	S.E.	n
1	1.57	0.60	33	1.17	0.62	17	23.54	14.38	29
2	1.94	0.70	27	1.27	0.64	7	17.17	8.80	22
3	1.88	0.61	20	9.93	0.60	19	31.41	14.18	19
4	1.83	0.30	6	0.66	0.67	4	27.85	13.74	6
5	1.67	0.50	10	1.22	0.29	6	12.06	6.63	9
6	1.86	0.63	18	0.99	0.41	15	20.68	8.15	21
7	1.72	0.39	13	0.86	0.35	13	11.13	0.81	2
8	1.88	0.50	16	1.74	0.91	13	19.23	6.02	6
9	2.19	0.68	18	1.96	0.47	4	5.79	4.25	15
10	2.55	0.72	7	2.17	0.83	4	25.94	8.67	7
11	1.97	0.63	8	1.32	0.52	7	35.44	15.11	3
12	2.17	0.84	29	1.33	0.83	14	32.63	29.29	23
13	1.99	0.76	21	2.88	0.97	12	20.25	11.95	21
14	1.98	0.94	14	2.69	1.19	7	20.37	23.04	11
15	1.63	0.52	11	1.37	0.80	9	15.63	7.97	4
16	1.20	0.39	17	1.51	0.96	8	10.79	4.80	16
17	0.95	0.05	2	0.58	0.03	2	32.35		-
18	1.87	0.77	7	2.21	1.11	6	28.78	19.21	3
19	1.86	0.61	5	1.29	0.33	3	42.93	5.76	2
20	1.63	0.74	7	1.85	0.55	7	21.82		1
21	1.94	0.86	5	1.53	0.36	4	11.84	1.46	2
22	1.78	0.47	11	0.65	0.22	5	13.89	6.27	11
23	1.71	0.30	7	0.62	0.14	6	14.52	3.39	7
24	1.60	0.42	15	0.57	0.31	9	16.15	4.07	10
25	1.66	0.37	8	0.95	0.22	2	15.30	3.01	9
26	1.69	0.30	10	0.76	0.10	4	37.68	5.35	9
27	1.62	0.41	9	0.94	0.36	8	35.26	12.80	7
28	1.31	0.36	7	0.76	0.24	7	35.16	6.73	5
29	1.40	0.42	11	0.93	0.62	11	26.01	7.37	8
30	1.39	0.40	12	0.90	0.38	10	21.00	2.75	9

Kreuztabelle 3: Gesamtstickstoff (Nt)-Gehalt im Pflanzenmaterial der einzelnen Probeflächen

Kreuztabelle 4: Gesamtphosphat (Pt)-Gehalt im Pflanzenmaterial der einzelnen Probeflächen

Kreuztabelle 5: Gesamtkalium (Kt)-Gehalt im Pflanzenmaterial der einzelnen Probeflächen

Erläuterung der Kreuztabellen:

ns	nicht signifikant
sg/sh	signifikant geringer/höher p = 0,10
g*/h*	signifikant geringer/höher p = 0,05
g**/h**	signifikant geringer/höher p = 0,01
g***/h***	signifikant geringer/höher p = 0,001

Es wird der Spaltenwert mit dem Zeilenwert verglichen, d.h.:

g* bedeutet, daß die Untersuchungsfläche in der Spalte einen signifikant geringeren Nt-Gehalt aufweist als die in der Zeile.

Beispielsweise bedeutet sg* zwischen den Flächen 1 und 2 in der Kreuztabelle 3, daß der Nt-Gehalt im Pflanzenmaterial von 1 signifikant geringer ist als der von 2.

Kreuztabelle 3

Nt im Pflanzenmaterial der einzelnen Probestellen (UFL 1 - 30)

	UFL1	UFL2	UFL3	UFL4	UFL5	UFL6	UFL7	UFL8	UFL9	UFL10	UFL11	UFL12	UFL13	UFL14	UFL15	UFL16	UFL17	UFL18	UFL19	UFL20	UFL21	UFL22	UFL23	UFL24	UFL25	UFL26	UFL27	UFL28	UFL29
2 sg ^a	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3 sg ^a	ns																												
4 sg ^a	ns																												
5 ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
6 sg ^a	ns																												
7 ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
8 sg ^a	ns																												
9 sg ^a	ns																												
10 sg ^a	ns																												
11 sg ^a	ns																												
12 sg ^a	ns																												
13 sg ^a	ns																												
14 ns	ns																												
15 ns	ns																												
16 sh ^a	sh ^a																												
17 sh ^a	sh ^a																												
18 ns	ns																												
19 ns	ns																												
20 ns	ns																												
21 ns	ns																												
22 sg ^a	ns																												
23 ns	ns																												
24 ns	ns																												
25 ns	ns																												
26 ns	ns																												
27 ns	sh ^a																												
28 ns	sh ^a																												
29 ns	sh ^a																												
30 ns	sh ^a																												

Kreuztabelle 5

K1 im Pflanzenmaterial der einzelnen Probestflächen (UFL 1 - 30)

	UFL1	UFL2	UFL3	UFL4	UFL5	UFL6	UFL7	UFL8	UFL9	UFL10	UFL11	UFL12	UFL13	UFL14	UFL15	UFL16	UFL18	UFL19	UFL20	UFL21	UFL22	UFL23	UFL24	UFL25	UFL26	UFL27	UFL28	UFL29			
2 ns	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
3 sg ^{aa}	sg ^{aa}	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
4 ns	ns	ns	sh ^{aaa}	sh ^a	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
5 sh ^a	sh ^a	sh ^{aaa}	sh ^a	ns	sg ^{aa}	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
6 ns	ns	sh ^a	ns	ns	sg ^{aa}	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
7 ns	ns	sh	ns																												
8 ns	ns	sh ^{aaa}																													
9 sh ^{aaa}																															
10 ns	ns	ns	ns	ns	sg ^{aa}	ns																									
11 sg ^a	sg	ns	ns	sg ^a	ns	sg																									
12 ns	sg	ns	ns	sg ^{aa}	ns																										
13 ns	ns	sh ^{aaa}	ns	sg ^{aa}	ns	sh ^a	ns	ns																							
14 ns	ns	sh ^a	ns	ns	ns	sh	ns	ns																							
15 ns	ns	sh ^a	ns	ns																											
16 sh ^{aa}	sh ^a	sh ^{aaa}	sh ^a	ns	ns	sh ^{aaa}	ns																								
18 ns	ns	ns	ns	ns	sg ^a	ns	ns																								
19 sg ^a	sg ^a	ns	ns	ns	sg ^a	ns	sg ^a																								
20 ns	sg	ns	ns																												
21 ns	ns	ns	ns	ns	sg	ns	ns																								
22 sh	ns	sh ^{aaa}	sh	ns	ns	sh ^{aa}	ns	sh	ns	sh ^{aa}	ns	sh	ns																		
23 ns	ns	sh ^{aa}	ns	sg	ns	sh	ns	sh	ns	sh ^{aa}	sh ^a	sh	ns	sh	ns																
24 ns	ns	sh ^{aa}	ns	sg	ns	sh	ns	sh	ns	sh ^{aa}	sh ^a	sh	ns	sh	ns																
25 ns	ns	sh ^{aa}	ns	ns	ns	sh	ns	sh	ns	sh ^{aa}	sh ^a	sh	ns	sh	ns																
26 ns	ns	sh ^{aa}	ns	sg	ns	sh	ns	sh	ns	sh ^{aa}	sh ^a	sh	ns	sh	ns																
27 sg ^{aa}	sg ^{aa}	ns	sg	sg ^{aa}	sg ^{aa}	sg ^a	ns	sg ^{aa}	ns																						
28 sg ^a	sg ^a	ns	ns	sg ^a	sg ^a	sg ^a	ns	sg ^a	ns																						
29 sg ^{aa}	sg ^{aa}	ns	ns	sg ^{aa}	sg ^{aa}	sg ^{aa}	ns	sg ^{aa}	ns																						
30 sg ^a	sg ^a	ns	ns	sg ^a	sg ^a	sg ^a	ns	sg ^a	ns																						

4.2.1 Ergebnisse

4.2.1.1 Nt-Gehalt (Kreuztabelle 3)

Im Nt-Gehalt des Pflanzenmaterials unterscheiden sich von 435 Vergleichspaaren 100 (=23%) auf einem Signifikanzniveau mit $p < 0.05$ und weitere 33 (=7.6 %) auf einem Niveau mit $p < 0.1$.

Dabei fällt auf, daß einige wenige Flächen sich signifikant von den meisten anderen unterscheiden, während die übrigen Flächen kaum signifikante Unterschiede im Nt-Gehalt ihrer Vegetation zeigen.

Auffällige Einzelergebnisse:

Der Nt-Gehalt im Pflanzenmaterial der Probefläche 1 ist geringer als der auf den anderen Trockenrasen. Von den Feuchtwiesen unterscheidet er sich dagegen kaum signifikant.

Erläuterung:

Der geringere Nt-Gehalt zeigt an, daß die effektive Stickstoffversorgung der Pflanzen auf dieser Trockenrasenfläche vergleichsweise niedrig ist. Sie erreicht ein ähnlich geringes Niveau wie es die Feuchtwiesen im allgemeinen besitzen. Es fragt sich, ob in diesem Fall entgegen der allgemeinen Vorstellung ein Zusammenhang besteht zwischen der zum Arrhenateretum neigenden Vegetation der Fläche 1 mit der schlechteren effektiven Stickstoffversorgung als bei den Mesobrometen.

Der Nt-Gehalt auf Probefläche 10 ist signifikant höher als bei den meisten Trockenrasen und auch signifikant höher als auf den meisten Feuchtwiesen.

Erläuterung:

Der an die Probefläche angrenzende Gehölzaufwuchs wurde zu Beginn des Untersuchungszeitraumes entfernt. Durch die stärkere Besonnung (Erwärmung) wird die Mineralisation der organischen Substanz gefördert und die effektive Versorgung der Pflanzen mit Mineralstickstoff verbessert sich in kurzer Zeit (GERLACH 1973).

Die beiden Feuchtwiesen 16 und 17 sind einander im Nt-Gehalt sehr ähnlich. Sie zeigen mit anderen Probeflächen auch etwa die gleichen signifikanten Unterschiede. Auffallend ist ihr geringerer Nt-Gehalt im Pflanzenmaterial verglichen mit den meisten Trockenrasen und den "verhochmoorenden" und brachgefallenen Feuchtwiesen (22 - 27). Den durch landwirtschaftliche Eutrophierung (indirekt: Entwässerung) geprägten Feuchtwiesen (28 - 30) sind sie im Nt-Gehalt ähnlich und weisen keine signifikanten Unterschiede im Nt-Gehalt der Pflanzen auf.

Erläuterung:

Die Fläche 17 hat ein sehr unregelmäßiges Relief (Buckelwiese) mit trockenen Bereichen, in denen die Nt-Versorgung auch anders sein kann als in den

Senken. Sie grenzt außerdem an landwirtschaftlich intensivierte Flächen an. Fläche 16 kann durch ihre Lage in einer Senke auch von nährstoffreichem Wasser aus angrenzenden landwirtschaftlichen Flächen durchzogen sein. So liegt möglicherweise in beiden Flächen eine indirekte Eutrophierung durch landwirtschaftliche Nutzung vor. Dieser Nährstoffeintrag ist anhand der Vegetation noch nicht erkennbar, obwohl die Stickstoffversorgung hier die Vegetation nicht (mehr?) limitiert, sondern ein anderer (schlechter wasserlöslicher) Nährstoff zum Mangelfaktor wurde und die Ansiedlung nährstoffbedürftiger Arten bisher verhindern konnte.

Möglicherweise entsteht demnach ihre, den eutrophen Flächen entsprechende, effektive Stickstoffversorgung durch den Durchzug nährstoffhaltigen Wassers aus benachbarten Flächen. Denn die meisten Nährstoffe können in größerer Menge in wasserlöslicher Form transportiert werden (SCHEFFER 1984) und der Nährstoffgehalt im Pflanzenmaterial nähert sich an den für eutrophe Flächen typischen Nährstoffgehalt an.

Wenn dieser Zusammenhang bei mehreren Probeflächen gefunden werden kann, so könnte eventuell der Nt-Gehalt als Zeiger für indirekte Eutrophierung von Feuchtwiesen durch nährstoffreiches Wasser aus landwirtschaftlichen Flächen dienen.

Zusammenfassende Bewertung:

Insgesamt erscheint der mittlere Nt-Gehalt des Pflanzenmaterials einer Fläche (zumindest allein betrachtet) nur wenig zur Differenzierung unterschiedlich entwickelter Grünlandflächen geeignet, denn die signifikanten Unterschiede stehen in keinem erkennbaren Zusammenhang mit der Vegetation. So unterscheiden sich eine Fettwiese und ihr benachbarter, floristisch sehr wertvoller wechselfeuchter Magerrasen nicht signifikant im Nt-Gehalt des Pflanzenmaterials. Auch der beweidete und gedüngte ehemalige Kalkmagerrasen (13) weicht im Nt-Gehalt nicht signifikant von dem bestens erhaltenen Magerrasen (6) in gleicher Lage ab.

Diese Ergebnisse sprechen desweiteren gegen die Funktion von Stickstoff als limitierender Nährstoff in den untersuchten Vegetationseinheiten.

Interessant ist der Nt-Gehalt eventuell für die Zuordnung der wechselfeuchten Flächen. Denn generell ist der Nt-Gehalt auf den Feuchtwiesen geringer als auf den trockenen Flächen. Dieser Aspekt wird bei dem Vergleich der Clustergruppen genauer betrachtet (Kap. 5.1).

4.2.1.2 Pt-Gehalt (Kreuztabelle 4)

Im Pt-Gehalt des Pflanzenmaterials unterscheiden sich 37 % der Vergleichspaare auf einem Signifikanzniveau von mindestens 95 % ($p < 0.05$) und 12 % der Vergleichspaare unterscheiden sich

zusätzlich mit mindestens 90 %iger Wahrscheinlichkeit ($p < 0.1$).

Hier betreffen die signifikanten Unterschiede anders als beim Stickstoff nicht nur einzelne, besonders auffällige Probeflächen und sind also nicht auf die Abgrenzung einzelner extremer Standorte von den restlichen Probeflächen beschränkt.

Flächen mit ungewöhnlichen Pt-Gehalten im Pflanzenmaterial:

Auffallend hohe Pt-Gehalte im Pflanzenmaterial, die sich von den anderen Flächen signifikant abheben, finden sich auf den Flächen 13, 14, 18 und 20.

Erläuterung:

Es handelt sich um hoch eutrophe, landwirtschaftlich intensiviert Standorte, die sich auch in der Artenausstattung von den extensiven Magerwiesen stark unterscheiden.

Die trockenen Probeflächen 5, 8, 9, 10 und 11 haben signifikant höhere Pt-Gehalte als die Feuchtwiesen. Doch im Gegensatz zu den vorher erwähnten Flächen (13, 14, 18, 20) sind sie nicht signifikant höher (oder sogar signifikant geringer) als auf den typischen Trockenrasen (2, 3, 4, 6, 7).

Erläuterung:

Die Flächen 8, 9, 10 und 11 sind bezüglich ihrer Vegetation keine typischen Mesobrometen mehr, auch wenn dort noch manche typischen Trockenrasenarten wachsen. Die Fläche 5 trägt einen von der Artenausstattung noch typischen Kalkmagerasen. Durch die hohe effektive Phosphatversorgung erscheint diese Vegetation potentiell gefährdet, denn hier ist nicht mehr Phosphat der limitierende Faktor, wie er es bei den meisten der untersuchten Mesobrometen zu sein scheint.

Die im Nt-Gehalt nicht signifikant verschiedenen trockenen Flächen 6 und 13 sind im Pt-Gehalt hochsignifikant verschieden.

Der floristisch gut erhaltene Kalkmagerrasen 6 hat einen signifikant geringeren Pt-Gehalt im Pflanzenmaterial als die Probefläche 13.

Der Pt-Gehalt ermöglicht hier die Unterscheidung einer landwirtschaftlich intensivierten Fläche (13) von ihrer Ausgangsvegetation (Mesobrometum, Gr. 6).

Auf einem wechselfeuchten Standort können die magere (21) und die eutrophierte Wiese (20) auch durch den Pt-Gehalt nicht signifikant unterschieden werden. Diesen ausgeprägten floristischen Unterschied erfaßt weder der Nt- noch der Pt-Gehalt des Pflanzenmaterials. Die Einzelbetrachtung des Nt- oder Pt-Gehaltes reicht hier zur Differenzierung der beiden Standorte mit sehr unterschiedlicher Vegetation nicht aus.

Die Probefläche 1 unterscheidet sich im Pt-Gehalt nicht von den Trockenrasen, obwohl sie im Nt-Gehalt signifikant abweicht. Dies kann als Hinweis

für eine ungewöhnliche Beziehung des Nt- und des Pt-Gehaltes zur Vegetationsqualität (Artenausstattung) gewertet werden. Es deutet sich an, daß die effektive Nt- und Pt-Versorgung als eine multiple Einflußgröße auf die Vegetationsqualität wirken könnten (vgl. Kap. 5.3).

4.2.1.3 Kt-Gehalt (Kreuztabelle 5)

Auch im mittleren Kt-Gehalt des Pflanzenmaterials bestehen viele signifikante Unterschiede zwischen den einzelnen Probeflächen. Anhand des Kt-Gehaltes lassen sich 36.9 % der Vergleichspaare auf einem Signifikanzniveau mit $p < 0.05$ und weitere 12.1 % auf dem Niveau mit $p < 0.1$ unterscheiden.

Die Feuchtwiesen haben generell einen höheren Kt-Gehalt als die Trockenrasen.

Die hohe Zahl signifikanter Unterschiede deutet darauf hin, daß die effektive Kaliumversorgung auf Standortunterschiede sensibel reagiert. Ob diese Eigenschaft quantifiziert werden kann und reproduzierbar ist, wird in den folgenden Kapiteln (5.1 und 5.2) untersucht.

4.2.2 Zusammenfassende Bewertung der Ergebnisse des Standortvergleiches

Es zeigt sich, daß die einzelnen Untersuchungsflächen im Nährstoffgehalt des Pflanzenmaterials oft signifikant zu unterscheiden sind.

Der Nt-Gehalt des Pflanzenmaterials weist bei 30.6 % der Vergleichspaare signifikante Unterschiede ($p < 0.1$) auf, der Pt-Gehalt bei 49 % der Vergleichspaare und der Kt-Gehalt ebenfalls bei 49 %. Beim Nt-Gehalt werden jedoch viele der signifikanten Unterschiede durch wenige Probeflächen mit ungewöhnlichen Werten verursacht.

Durch die Verteilung der signifikanten Unterschiede beim Pt- und Kt-Gehalt des Pflanzenmaterials deutet sich eine bessere Eignung dieser zwei Größen zur Unterscheidung der Vegetation verschiedener Probeflächen an.

Der Vergleich der einzelnen Untersuchungsflächen kann jedoch nur Aussagen treffen über die Beziehung zwischen je zwei der Flächen. Er liefert Hinweise auf die standortspezifische Eignung des Nährstoffgehaltes im Pflanzenmaterial zur Differenzierung verschiedener Probeflächen, beziehungsweise Standorttypen.

Inwieweit die Unterschiede mit den beobachteten und gemessenen Vegetations- und Standorteigenschaften im Einklang stehen, wird in den nachfolgenden Kapiteln untersucht.

Zu Standortgruppen sollen Probeflächen zusammengefaßt werden, die sich anhand bestimmter Eigenschaften oder durch ihre Artenausstattung ähnlich sind. Allgemeingültige Aussagen über die Abgrenzung von Entwicklungsstufen der Vegetation (Brache, "Verhochmoorung", Düngerwirkungen) werden erst durch den Vergleich dieser Standortgruppen ermöglicht.

5. Auswertung

5.1 Vergleich von Standortgruppen

Nachdem die Nährstoffgehalte der einzelnen Untersuchungsflächen verglichen wurden, sollen nun Standortgruppen gebildet werden. Es wird getestet, ob sich die im Vergleich der Einzelflächen gefundenen Tendenzen durch den Vergleich der Standortgruppen bestätigen lassen und auch die Gruppen sich signifikant unterscheiden. Ziel wäre es, neue Flächen nur aufgrund des Nährstoffgehaltes im Pflanzenmaterial den Gruppen der Ähnlichkeitsanalysen zuordnen zu können und damit eine Aussage über Tendenzen ihrer Vegetationsentwicklung machen zu können.

5.1.1 Beschreibung der Vorgehensweise

Die Probeflächen werden auf zweierlei Weise gruppiert:

I) Durch die vegetationskundliche Auswertung der Stetigkeitstabelle: Die Ähnlichkeit, beziehungsweise Unterschiede der Artenausstattung werden zur Gruppierung verwendet.

II) Durch eine Ähnlichkeitsanalyse bezüglich bestimmter Eigenschaften: Clusteranalyse anhand eines Variablensets.

Die Gruppierung erfolgt mit dem Ziel, daß zwischen den Untersuchungsflächen einer Gruppe geringe Unterschiede in der Vegetationsausbildung oder den zur Gruppierung verwendeten Standorteigenschaften bestehen, während sich zwischen den Probeflächen verschiedener Gruppen möglichst klare Unterschiede ergeben sollten.

5.1.1.1 Verfahren zur Ähnlichkeitsanalyse

I) Auswertung der Stetigkeitstabelle

Die Auswertung der Stetigkeitstabelle ist eine Art der Ähnlichkeitsanalyse:

Zur Gruppierung der Probeflächen anhand ihrer Artenausstattung werden Artengruppen (Differentialarten) ermittelt, deren einzelne Arten mit hoher Stetigkeit in den Flächen je einer Gruppe vorkommen. Die Differentialarten einer Gruppe sollten in den Probeflächen dieser Gruppe möglichst vollständig (hochstet) vorhanden sein, während die Differentialarten anderer Gruppen in dieser Gruppe möglichst nicht oder nur mit geringer Stetigkeit vorkommen sollten.

II) Clusteranalysen

Eine andere Art der Ähnlichkeitsanalyse ist die Clusteranalyse:

Zur Gruppierung der Untersuchungsflächen werden Standorteigenschaften verwendet, die sich in ihrer Wirkung ergänzen, teils in additiver, teils in

synergistischer Weise. Sie werden als Eigenschaftskomplex betrachtet, dessen Einzelelemente variabel sein können. So kann die Steigerung einer Variablen durch die gleichzeitige Veränderung einer anderen ausgeglichen werden und der Eigenschaftskomplex wirkt trotz der geänderten Einzelvariablen in gleicher Weise nach außen, etwa auf die Vegetation.

Die Clustervariablen sollten untereinander nicht zu hoch korreliert sein ($R > 0.9$), denn sonst könnte ein Effekt, der durch mehrere Variablen wiedergegeben wird, überbewertet werden (BACKHAUS et al. 1990). Aus der Korrelationstabelle (Kap. 5.3) geht jedoch hervor, daß alle Korrelationskoeffizienten zwischen den Clustervariablen geringer sind und die Variablen für die Clusteranalyse verwendet werden können.

Zwei wichtige Variablenkomplexe werden mittels Clusteranalyse ausgewertet:

II a) Bodeneigenschaften

Die Bodeneigenschaften können als derartiger Variablenkomplex gedeutet werden, der die Nährstoffversorgung der Pflanzen bestimmt. Die wichtigsten sind der Mineralstickstoff- und Phosphatgehalt des Bodens, die Bodenstruktur und der pH-Wert des Bodens. Diese Variablen werden zu einer Ähnlichkeitsanalyse (Clusteranalyse) herangezogen.

Die Untersuchung der Bodeneigenschaften ist sehr zeitintensiv und wurde daher nur für einen Teil ($n = 13$) der Probeflächen durchgeführt. Die Gruppierung ist daher weniger differenziert.

II b) Vegetationseigenschaften

Die Ähnlichkeit der Vegetation kann neben der Auswertung der Stetigkeitstabelle auch nach den Ansprüchen der Vegetation eines Standortes beurteilt werden. Die Ansprüche der Vegetation an Licht, Temperatur, Kontinentalität, Feuchte, Bodenreaktion und Nährstoffversorgung ihres Standortes werden durch die mittleren Zeigerwerte repräsentiert.

Die Zeigerwerte bilden den Variablenkomplex "Standortansprüche der Vegetation" und werden zu einer weiteren Clusteranalyse herangezogen. Die durch die Zeigerwerte angezeigten Standorteigenschaften beeinflussen sich gegenseitig. Beispielsweise sind Licht und Temperatur miteinander gekoppelt, doch die Temperatur wird zusätzlich noch von der Bodenfeuchte mit beeinflusst. Solche Zusammenhänge sind für die meisten Zeigerwerte zu finden, doch sie sind nicht sehr hoch korreliert.

5.1.1.2 Vergleich der Variablen innerhalb je einer Ähnlichkeitsanalyse

Durch die Verwendung zweier verschiedener Variablenkomplexe für die Clusteranalysen (II a und

II b) ergeben sich unterschiedliche Gruppierungen der Probestflächen. Die Auswertung der Stetigkeitstabelle liefert noch eine weitere Gruppierung der Probestflächen.

Die Gruppen, die jeweils bei einer Clusteranalyse gebildet wurden, werden als erstes bezüglich ihrer Gruppierungsvariablen verglichen, um daraufhin die Variablen mit den deutlichsten Differenzen zwischen den Gruppen für die Charakterisierung der einzelnen Gruppen zu verwenden.

Danach werden die Gruppen, die jeweils in einer Clusteranalyse oder in der Stetigkeitstabelle gebildet wurden, bezüglich der Variablen verglichen, die nicht für die Gruppenbildung benutzt wurden. Je deutlichere Unterschiede sich hier ergeben, desto mehr deutet dies darauf hin, daß die Abgrenzung der Gruppen gut gelungen ist. Das wiederum bedeutet, daß die Variablen, die in diesem Fall zur Clusteranalyse verwendet wurden, beziehungsweise die Differentialarten der Stetigkeitstabelle für die untersuchten Standorttypen gut geeignet zur Bildung homogener Standortgruppen sind.

Innerhalb einer Ähnlichkeitsanalyse kann beim Vergleich zweier Gruppen ein signifikanter Unterschied bezüglich einer nicht zur Gruppierung verwendeten Variablen dahingehend interpretiert werden, daß die Gruppierungsvariablen, die die betrachteten Gruppen signifikant unterscheiden (beziehungsweise das Vorkommen der Differentialarten), mit dieser Variablen in Verbindung stehen.

Auf diese Weise kann beispielsweise die Hypothese getestet werden, daß zwischen der im Boden meßbaren Nährstoffmenge und der effektiven Nährstoffversorgung der Pflanzen kein unmittelbarer Zusammenhang bestehen muß.

5.1.1.3 Vergleich der Gruppierungsergebnisse der verschiedenen Ähnlichkeitsanalysen

Erfolgt durch zwei verschiedene Ähnlichkeitsanalysen die Zuordnung einzelner Flächen in unterschiedliche Flächengruppen, so kann dies ein Hinweis sein, daß das Gleichgewicht von Vegetation und Standort gestört ist.

Beispielsweise kann eine Untersuchungsfläche, die in der Auswertung der Stetigkeitstabelle mit den Kalkmagerrasen typischer Ausbildung zusammengefaßt wird, bei einer weiteren Gruppenbildung anhand ihrer Bodeneigenschaften oder Standortansprüche in eine andere Gruppe fallen. Die unterschiedliche Einordnung könnte ein Hinweis sein, daß die aus dem Rahmen fallende Probestfläche sich zu einer der zwei Gruppen hin entwickelt.

So könnte etwa ein Standort eutrophiert worden sein, doch die Vegetation paßt sich erst allmählich den veränderten Standortbedingungen an. Diese Probestfläche wird durch eine Ähnlichkeitsanalyse

anhand der Bodeneigenschaften in eine andere Gruppe fallen als durch die Auswertung der Stetigkeitstabelle.

Die Ähnlichkeit einer Gruppe von Untersuchungsflächen ist maximal, wenn sie in verschiedenen Ähnlichkeitsanalysen mit jeweils anderen Variablensets immer wieder zu einer Gruppe zusammengefaßt werden. Zwar müssen nicht alle Probestflächen, die in mehreren Clusteranalysen in die gleiche Gruppe geordnet werden, stabil sein (ihre Vegetation im Gleichgewicht mit dem Standort stehen), doch stabile Untersuchungsflächen einer gleichartigen Ausprägung fallen bei jeder Ähnlichkeitsanalyse in eine gemeinsame Gruppe. Abweichungen in der Gruppierung deuten auf eine Tendenz zur Veränderung hin.

Folgende Arbeitshypothese soll geprüft werden: Unter der Voraussetzung, daß die effektive Versorgung der Vegetation in deren Nährstoffgehalt meßbar ist, müßte jede Verschiebung im Artenspektrum, die durch eine veränderte effektive Nährstoffversorgung ausgelöst wird, eine Zuordnung der veränderten Probestfläche in unterschiedliche Gruppen ergeben, wenn einmal nach Ähnlichkeit der Vegetation und ein anderes Mal nach der Ähnlichkeit im Nährstoffgehalt des Pflanzenmaterials gruppiert wird.

5.1.2 Vergleich der Gruppen aus der vegetationskundlichen Tabellenarbeit

5.1.2.1 Bildung von Gruppen anhand der Stetigkeitstabelle

Die Auswertung der Vegetationsaufnahmen (siehe Anhang) erfolgt über die Erstellung einer Stetigkeitstabelle. Diese führt zu einer Gruppierung der Untersuchungsflächen aufgrund gemeinsamer oder einander ausschließender Pflanzenartengruppen (KREEB 1983). Anhand dieser Artengruppen und ihrer Standortansprüche können die Probestflächengruppen genauer charakterisiert werden.

Zur Gruppenbildung werden die Arten mittlerer Stetigkeit zur Stetigkeitstabelle zusammengefaßt. Die Reihenfolge der Arten und die Reihenfolge der Probestflächen wird so lange umgeordnet bis Pflanzenartengruppen entstehen, die in je einem Teil der Probestflächen entweder möglichst vollständig vertreten sind oder möglichst vollständig fehlen. Durch diese gemeinsamen oder fehlenden Artengruppen können nun die Probestflächen zu Gruppen mit ähnlicher Artenausstattung zusammengefaßt werden.

Die Flächengruppen werden anschließend bezüglich der Unterschiede in den Nährstoffgehalten des Pflanzenmaterials je einer Gruppe verglichen. Soweit möglich wird untersucht, ob signifikante Unterschiede, die zwischen zwei Gruppen im

Tabelle 5

Stieligkeitstabelle

	uf12	uf13	uf14	uf15	uf16	uf17	uf18	uf115	uf19	uf112	uf110	uf111	uf113	uf114	uf120	uf118	uf119	uf117	uf121	uf123	uf125	uf126	uf124	uf127	uf128	uf129	uf130	uf116
<i>Carex sempervirens</i>	1	1	1	2	1	4	+			2	+	2				+		+										
<i>Carlina acaulis</i>	+	+	+	+	+	+	+			+							1		+									
<i>Festuca rubra</i>	1	+	+	+	+	1	+	1		2	1																	
<i>Helianthemum nummularium</i>	+	+	+	+	+	+	1			+																		
<i>Quercus robur</i>	+	+	+	+	+	+				+																		
<i>Hieracium pilosella</i>	+	+	+	+	+	+				+																		
<i>Allium carinatum</i>	+	+	+	+	+	+				+		2																
<i>Brachypodium pinnatum</i>	1	2	1	2	1	1		1	2	1	1	1			2													
<i>Rhinanthus glacialis</i>	1	2	1	1	+	2	1			3							1											
<i>Anthriscus ranosus</i>	+	+	+	+	+	2																						
<i>Lotus corniculatus</i>	+	+	+	+	+	+																						
<i>Prunella grandiflora</i>	1	1	1	+	+	+		1																				
<i>Buphtalmum salicifolium</i>	+	+	+	+	+	+				+																		
<i>Polygala chamaebucis</i>	+	+	+	+	+	+				+																		
<i>Koeleria pyramidata</i>	+	+	+	-1	+	+																						
<i>Campanula rotundifolia</i>	1	+	+	+	+																							
<i>Priamula veris</i>	+	+	+	1			2	1				1																
<i>Trifolium montanum</i>	+	+	+	1		1					+																	
<i>Avena pubescens</i>	+	1				3					1	3	3	1														
<i>Carduus defloratus</i>	+					1					2	+	+	+														
<i>Centaurea lacea</i>	+									1		1																
<i>Centaurea scabiosa</i>	+									+																		
<i>Chrysanthemum leucanthemum</i>	1										+																	
<i>Hippocrepis comosa</i>	1	1		1		1				1																		
<i>Knaulia arvensis</i>	+					+																						
<i>Salvia pratensis</i>	+			1		+																						
<i>Gymnadenia conopsea</i>		1	1			+					1																	
<i>Banunculus nemorosus</i>	1	+				+					1																	
<i>Filipendula vulgaris</i>	1					+					+																	
<i>Inula hirta</i>	1			1	2						+																	
<i>Sanguisorba minor</i>	+			+							+																	
<i>Achillea millefolium</i>	1			+		1					+																	
<i>Gallium verum</i>							1				+																	
<i>Peucedanum oreoselinum</i>		1		+		1					+																	
<i>Potentilla heptaphylla</i>			1	1	1						2	1	1	+														
<i>Phyteuma orbiculare</i>				1	1						+																	
<i>Carex davalliana</i>											+																	
<i>Trifolium pratense</i>							+					+	1	1	1													
<i>Gallium mollugo</i> agg. mollugo	1						1				1	1	+															
<i>Cerastium fontanum</i>	1					1					1	2	+															
<i>Medicago lupulina</i>	1											1	+	1														
<i>Veronica chamaedrys</i>	+						1					2	+	+														
<i>Banunculus acris</i>												+	1	1	1													
<i>Dactylis glomerata</i>	1					+						+	1	1	1													
<i>Holcus lanatus</i>	+					+						+	3	2														
<i>Gallium boreale</i>							1					+	1	+														
<i>Polygala amarella</i>																												
<i>Trichophorum cespitosum</i>	+																											
<i>Carex panicea</i>																												
<i>Parnassia palustris</i>																												
<i>Tofieldia calyculata</i>																												
<i>Succisa pratensis</i>																												
<i>Priamula farinosa</i>																												
<i>Dactylorhiza majalis</i>																												

Nährstoffgehalt bestehen, als typische Unterscheidungsmerkmale zwischen den beiden Gruppen dienen können.

Die Gruppenbildung aufgrund von Differentialarten ist in der Stetigkeitstabelle (Tab.5) dargestellt.

Charakterisierung der Gruppen

Dadurch, daß auch gestörte Probeflächen untersucht wurden, die sich teilweise gerade in der Umwandlung zu nährstoffreichen Wiesen befinden, ist auch die Gruppenbildung anhand von Differentialarten nicht so eindeutig möglich wie bei den Probeflächen mit einer stabilen Vegetation, die naturgemäß homogener sind.

Durch gemeinsame und einander ausschließende Artengruppen können folgende Probeflächengruppen gebildet werden:

- Gruppe 1) Probeflächen: 2, 3, 4, 5, 6, 7
Bewertung:
Carex sempervirens-geprägte Mesobrometen, typische Ausbildung
- Gruppe 2) Probeflächen: 8, 9, 15
Bewertung:
Relativ gut erhaltene Mesobrometen, jedoch artenverarmt
- Gruppe 3) Probeflächen: 10, 11, 12
Bewertung:
Gestörte Trockenrasen, Achillea-Ausbildung
- Gruppe 4) Probeflächen: 1, 13, 14, 18, 20
Bewertung:
Eutrophierte, ehemalige Trockenrasen, zu Fettwiesen umgewandelt
- Gruppe 5) Probeflächen: 22, 23, 24, 25, 26
Bewertung:
Verhochmoorende" Streuwiesen
- Gruppe 6) Probeflächen: 16, 27, 28, 29, 30
Bewertung:
Arten- und nährstoffreiche Feuchtwiesen, geringfügige "Melioration"
- Gruppe 7) Probeflächen: 17, 19, 21
Bewertung:
Artenreiche, wechselfeuchte Feuchtwiesen.

werden können, um anhand von Nährstoffanalysen die Zugehörigkeit neuer Flächen in eine der Gruppen, die durch vegetationskundliche Tabellenarbeit gefunden wurden, zu prognostizieren, ohne detaillierte Vegetationsaufnahmen zu benötigen.

Zu diesem Zweck werden zunächst die Medianwerte der Nährstoffgehalte im Pflanzenmaterial der durch Tabellenarbeit gefundenen Gruppen mit ihrem Standardfehler berechnet. Sie sind zur Übersicht in Tabelle 6 dargestellt.

Anschließend werden die mittleren Nährstoffgehalte auf signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen getestet. Dadurch sollen Variablen gefunden werden, die möglichst charakteristisch für die einzelnen Gruppen sind.

Danach werden die Ergebnisse des Vergleichs der einzelnen Gruppen beschrieben und bewertet, mit dem Ziel möglichst zuverlässige, aber leicht zu messende Unterscheidungsgrößen für die Gruppen zu finden.

5.1.2.2.1 Ergebnisse

Zur Übersicht sind die Variablen zum Nährstoffgehalt des Pflanzenmaterials in der Tabelle 6 aufgelistet. Tabelle 7 zeigt den Nährstoffzeigerwert und den Artenschutzwert der Gruppen. Es werden die Medianwerte mit ihrem Standardfehler (S.E.) angegeben.

Tabellen 6 und 7 siehe umseitig!

Die Ergebnisse des Signifikanz-Tests (U-Test) für die Variablen der Tabellen 6 und 7 sind in den Kreuztabellen 6 a) bis 6 g) wiedergegeben.

Kreuztabelle 6 a: Nt-Gehalt im Pflanzenmaterial

	1	2	3	4	5	6
2	ns					
3	g**	ns				
4	ns	ns	h**			
5	sh	h*	h***	ns		
6	h***	h***	h***	h**	h***	
7	ns	ns	ns	ns	ns	sg

Kreuztabelle 6 b: Pt-Gehalt im Pflanzenmaterial

	1	2	3	4	5	6
2	g***					
3	g**	ns				
4	g***	ns	g*			
5	h**	h***	h***	h***		
6	ns	h***	h**	h***	g*	
7	ns	sh	ns	h*	g**	g*

5.1.2.2 Vergleich der Eigenschaften der Vegetation zwischen den Gruppen

Diese Gruppen sollen nun bezüglich der Nährstoffgehalte ihres Pflanzenmaterials verglichen werden. Ergeben sich signifikante Unterschiede in bestimmten Nährstoffmeßwerten, so stellt sich die Frage, ob diese Meßwerte rückschließend benutzt

Tabelle 6

Nährstoffgehalte im Pflanzenmaterial der Gruppen

Nr.	% Nt	S.E.	mgPt /gTG	S.E.	mgKt /gTG	S.E.	N/P	S.E.	mgNO ₃ ⁻ -N/gTG	S.E.
Gruppe 1	1.72	0.0606	0.856	0.0742	20.22	2.4509	1.78	0.1905	17.60	2.7857
Gruppe 2	1.78	0.1155	1.848	0.2029	7.29	2.9964	1.08	0.0895	31.80	8.4264
Gruppe 3	2.04	0.1184	1.081	0.1689	23.40	2.7107	1.46	0.1676	22.13	8.3138
Gruppe 4	1.63	0.1386	1.848	0.1562	16.49	1.2759	0.80	0.1386	20.18	3.0282
Gruppe 5	1.62	0.0635	0.654	0.0779	14.68	0.9353	2.72	0.3522	20.01	4.0905
Gruppe 6	1.34	0.0808	0.812	0.0456	25.07	2.3238	1.85	0.1501	11.73	2.4855
Gruppe 7	1.91	0.2944	1.244	0.3236	25.51	3.4872	1.61	0.2916	19.91	17.0318

Tabelle 7

Artenschutzwert und Nährstoffzeigerwert der Gruppen

Nr.	ASW	S.E.	NZW	S.E.
Gruppe 1	3.5	2.453	2.75	0.231
Gruppe 2	2.5	0.866	3.40	0.173
Gruppe 3	16.0	1.372	2.90	0.116
Gruppe 4	0.0	0.289	4.80	0.491
Gruppe 5	12.5	5.485	2.10	0.116
Gruppe 6	15.5	3.464	2.60	0.116
Gruppe 7	22.0	3.320	3.10	0.202

Kreuztabelle 6 f: Artenschutzwert

	1	2	3	4	5	6
2	h*					
3	ns	g*				
4	h**	h*	h*			
5	ns	g*	ns	g**		
6	ns	g*	ns	g**	ns	
7	ns	g*	ns	g*	ns	ns

Kreuztabelle 6 g: Nährstoffzeigerwert

	1	2	3	4	5	6
2	sg					
3	ns	h*				
4	g**	sg	g*			
5	h**	h*	h*	h**		
6	ns	h*	h*	h**	g*	
7	ns	h*	ns	h*	g*	ns

Kreuztabelle 6 c: Kt-Gehalt im Pflanzenmaterial

	1	2	3	4	5	6
2	h***					
3	sg	g***				
4	ns	g***	h**			
5	h**	g**	h***	sh		
6	ns	g***	ns	g*	g***	
7	ns	g**	ns	sg	g**	ns

Kreuztabelle 6 d: Nt/Pt im Pflanzenmaterial

	1	2	3	4	5	6
2	h***					
3	ns	g**				
4	h***	ns	h***			
5	g**	g***	g***	g***		
6	ns	g***	ns	g***	h***	
7	h*	ns	ns	ns	h***	sh

Kreuztabelle 6 e: NO₃-Gehalt im Pflanzenmaterial

	1	2	3	4	5	6
2	sg					
3	ns	ns				
4	ns	sh	ns			
5	ns	h*	ns	ns		
6	sh	h***	sh	h*	ns	
7	ns	ns	ns	ns	ns	sg

5.1.2.2.1.1 Vergleich der Trockenrasengruppen

Vergleich der Gruppen 1 und 2:

Von den *Carex sempervirens*-geprägten Trockenrasen (Gruppe 1) unterscheidet sich die artenverarmte Gruppe (2) hochsignifikant durch ihren höheren Pt- und ihren geringeren Kt-Gehalt, sowie ihr geringeres N/P-Verhältnis im Pflanzenmaterial. Ihr NO₃-Gehalt im Pflanzenmaterial ist gering signifikant höher.

Bewertung:

Das Ergebnis deutet darauf hin, daß die Phosphor- und Kaliumversorgung zur unterschiedlichen Ausprägung der Vegetation dieser zwei Gruppen beiträgt.

Vergleich der Gruppen 1 und 3:

Die *Achillea*-Ausbildung der Trockenrasen unterscheidet sich hochsignifikant von der Gruppe 1 durch ihren höheren Nt- und Pt-Gehalt im Pflanzenmaterial. Tendenziell (90 % Wahrscheinlichkeit) ist auch der Kt-Gehalt im Pflanzenmaterial der Gruppe 3 höher.

Das N/P-Verhältnis zeigt keinen signifikanten Unterschied zwischen den zwei Gruppen.

Bewertung:

Wie schon beim Vergleich der Gruppen 1 und 2 erweist sich auch der Pt-Gehalt im Pflanzenmaterial als signifikante Unterscheidungsgröße zu den unbeeinflussten Trockenrasen. Das N/P-Verhältnis im Pflanzenmaterial ist -wie parallel zu Gruppe 2 erwartet wird- geringer als das der Gruppe 1, doch der Unterschied ist statistisch nicht abgesichert.

Vergleich der Gruppen 1 und 4:

Die vollkommen eutrophierten und zu Fettwiesen umgewandelten Trockenrasen (Gruppe 4) unterscheiden sich hochsignifikant von den typischen Kalkmagerrasen (Gruppe 1) durch ihren höheren Pt-Gehalt, sowie ihr geringeres N/P-Verhältnis im Pflanzenmaterial.

Bewertung:

Die zwei Gruppen befinden sich in einem extrem unterschiedlichen Eutrophierungszustand, aber sie zeigen keinen signifikanten Unterschied im Nt-Gehalt ihres Pflanzenmaterials. Aus der Tabelle 6 wird ersichtlich, daß der Nt-Gehalt in der stark eutrophierten Gruppe zwar nicht signifikant, aber doch geringer ist als in der nährstoffarmen Gruppe. Er ist offensichtlich entgegen der allgemein verbreiteten Vorstellung nicht direkt vom Eutrophierungsgrad des Standortes, wie er sich aus der Vegetation ergibt, abhängig.

Im Kt- und NO_3^- -Gehalt des Pflanzenmaterials sind keine signifikanten Unterschiede feststellbar, das heißt, die zwei Variablen sind für die Unterscheidung der beiden Vegetationstypen ebenfalls nicht aussagekräftig.

Das N/P-Verhältnis hingegen ergibt einen hochsignifikanten Unterschied: Es ist in der typischen Trockenrasengruppe wesentlich höher als in der eutrophierten Standortgruppe (4).

Vergleich der Gruppe 1 mit den Feuchtwiesengruppen:

Da die Gruppen 5 - 7 zu einem ganz anderen Standorttyp gehören, wird die typische Trockenrasengruppe (1) nicht mit jeder einzelnen Feuchtwiesengruppe, sondern mit allen zugleich vergleichend betrachtet.

Bewertung:

Innerhalb der Feuchtwiesengruppen besteht eine logische Reihung der Vegetationstypen: "verhochmoorende" Streuwiesenbrachen - reichere Streuwiesen - artenreiche, wechselfeuchte Flächen.

Parallel mit dieser Reihung steigt der Pt-Gehalt und sinkt das N/P-Verhältnis im Pflanzenmaterial. Beide Meßwertreihen überlappen sich mit denen der Trockenrasen. Daher kann kein signifikanter Unterschied zwischen der Feuchtwiesengruppe 6 und der Trockenrasengruppe 1 nachgewiesen werden, während die Gruppe 5 ein signifikant höheres

und die Gruppe 7 ein signifikant geringeres N/P-Verhältnis im Pflanzenmaterial hat als Gruppe 1.

Vergleich der Gruppen 2 und 3:

Interessant ist der Vergleich dieser zwei Standortgruppen mit ihrer auf verschiedene Weise von der typischen Ausbildung der Trockenrasen abgewandelten Vegetation. Die lediglich artenverarmte Gruppe 2 unterscheidet sich von der Achillea-Ausbildung (extensiv landwirtschaftlich beeinflusste Trockenrasen) weder im Nt- noch im Pt-Gehalt, doch ihr Kt-Gehalt im Pflanzenmaterial ist hochsignifikant geringer als in Gruppe 3. Auch im geringeren N/P-Verhältnis des Pflanzenmaterials unterscheidet sich die Gruppe 2 mit hoher Signifikanz von Gruppe 3.

Bewertung:

Der signifikante Unterschied im Kt-Gehalt des Pflanzenmaterials ergibt sich aus dem extrem geringen Kt-Wert der Gruppe 2, während Gruppe 3 auf dem gleichen Niveau liegt, wie die typischen, gut erhaltenen Trockenrasen der Gruppe 1.

Vergleich der Gruppen 2 und 4:

Die artenverarmte Trockenrasengruppe (2) unterscheidet sich von der stark eutrophierten Gruppe (4) durch ihren hochsignifikant geringeren Kt- und ihren gering signifikant höheren NO_3^- -Gehalt im Pflanzenmaterial. Weder im Nt- und Pt-Gehalt noch im N/P-Verhältnis des Pflanzenmaterials kann ein signifikanter Unterschied festgestellt werden.

Bewertung:

Wie bereits beim Vergleich der Gruppen 2 und 3 ausgeführt, deutet auch der Vergleich der Gruppen 2 und 4 darauf hin, daß die Vegetation der lediglich artenverarmten Magerrasen (Gruppe 2) durch ihre mangelhafte Kaliumversorgung erhalten bleibt. Möglicherweise wird dadurch das Eindringen von anspruchsvolleren Arten verhindert. Vielleicht ist die schlechte Kaliumversorgung der Grund, daß die Probeflächen der Gruppe 2 nur an typischen Trockenrasenarten verarmt und nicht in der gesamten Artenausstattung verändert sind.

Vergleich der Gruppe 2 mit den Feuchtwiesen (5-7):

Der Vergleich der Gruppe 2, die keine typischen, sondern artenverarmte Mesobrometen enthält, mit den Feuchtwiesengruppen wird stark vom Unterschied zwischen nassem und trockenem Standort geprägt. Dieser Unterschied ist im Vergleich mit der typischen Trockenrasengruppe 1 besser erfaßt. Ein Vergleich der selbst schon beeinflussten Gruppe 2 mit den verschiedenen Varianten von Feuchtwiesen verspricht keine wesentlichen Ergebnisse für die vorliegende Fragestellung.

Vergleich der Gruppen 3 und 4:

Die Achillea-Ausbildung der Trockenrasen

(Gruppe 3) unterscheidet sich von den stark umgewandelten (ehemaligen) Trockenrasen (Gruppe 4) signifikant durch ihren höheren Nt-, den geringeren Pt- und den höheren Kt-Gehalt im Pflanzenmaterial. Ihr N/P-Verhältnis ist hochsignifikant höher als das der Gruppe 4.

Bewertung:

Hier bestätigt sich das höhere N/P-Verhältnis als Indikatorwert für eine der typischen Ausbildung der Mesobrometen näher stehende Artenzusammensetzung.

Der signifikant höhere Kt-Wert der den Trockenrasen nahestehenden Gruppe 3 zeigt, daß nicht wie in Gruppe 2 die Kaliumversorgung limitierend auf die Vegetation der Gruppe 3 wirken kann.

5.1.2.2.1.1.1 Auswertung und Zusammenfassung der Ergebnisse

Da die Standorttypen Feuchtwiesen und Trockenrasen sich wegen ihrer charakteristischen Unterschiede in der Vegetation, dem Bodentyp, der Pflege, sowie aufgrund ihres unterschiedlichen Wasserhaushaltes auch bezüglich der Nährstoffversorgung extrem unterschiedlich verhalten können, werden die Ergebnisse der Trockenrasen hier zunächst getrennt betrachtet und erst in der abschließenden Diskussion mit den Ergebnissen der Feuchtwiesen verglichen.

5.1.2.2.1.1.1.1 Stickstoff und Phosphor als limitierende Nährstoffe

Werden zwei Gruppen unterschiedlicher Vegetation miteinander verglichen, so zeigt sich, daß die Gruppe mit dem höheren Nährstoffzeigerwert meistens das niedrigere N/P-Verhältnis im Pflanzenmaterial aufweist. Zudem steht in der Regel die Artenausstattung der Gruppe mit dem höheren N/P-Verhältnis der typischen Kalkmagerrasenvegetation näher.

Der mit zunehmender Ähnlichkeit der Vegetation zur typischen Kalkmagerrasenvegetation sinkende Pt-Gehalt des Pflanzenmaterials zeigt die gleiche Reihung an. Doch in zwei Gruppen ist er gleich hoch und die Unterschiede zwischen den anderen Gruppen sind weniger signifikant.

Die Reihung der Gruppen nach der Höhe des Nt-Gehaltes im Pflanzenmaterial zeigt keinen Zusammenhang mit der Ähnlichkeit zur typischen Kalkmagerrasenvegetation.

Auch der Kt-Gehalt ergibt eine Reihung, die anhand der Artenausstattung nicht nachvollzogen werden kann.

Die Reihenfolge der Gruppen nach dem N/P-Verhältnis entspricht der Reihung gemäß dem Nährstoffzeigerwert (NZW). Die Nährstoffzeigerwerte der Gruppen sind hoch korreliert mit dem N/P-Verhältnis im Pflanzenmaterial ($R = -0.9049$).

Reihung der Trockenrasengruppen nach abnehmendem N/P-Verhältnis:

Gruppe	1	3	2	4
N/P	1.80	1.50	1.10	0.80
Pt	0.86	1.08	1.85	1.85
Nt	1.72	2.04	1.78	1.63
Kt	20.20	23.40	7.30	16.50
ASW	13.5	16.0	2.5	0.0
NZW	2.8	2.9	3.4	4.8

Eine Ausnahme in der nach der Höhe des N/P-Verhältnisses im Pflanzenmaterial geordneten Reihung stellt die Gruppe 2 dar. Sie wird in der Reihe hinter die Gruppe 3 eingeordnet, obwohl sie aufgrund ihrer Artenausstattung der typischen Kalkmagerrasenvegetation näher zu stehen scheint als die Gruppe 3.

Zu besserer Übersicht werden die Beziehungen zwischen den Gruppen noch einmal als Diagramm dargestellt (Abb. 2).

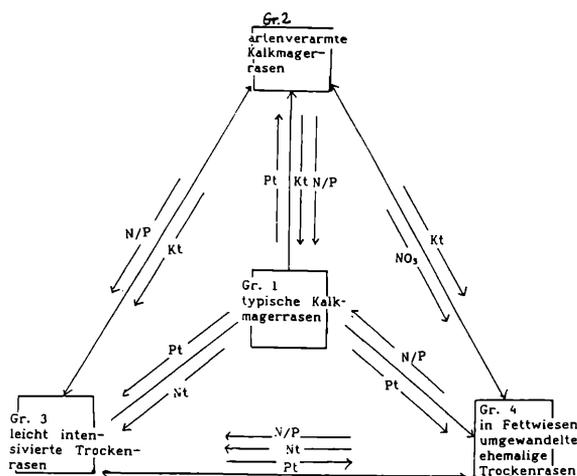


Abbildung 2
Schematische Darstellung der Zusammenhänge unterschiedlicher Entwicklungsstufen der Kalkmagerrasen mit ihren Nährstoffgehalten im Pflanzenmaterial.

Erläuterung:
Im Diagramm wurden nur Unterschiede zwischen den Gruppen berücksichtigt, die mit mindestens 90 prozentiger Wahrscheinlichkeit signifikant sind. Die Gruppen in Pfeilrichtung haben den höheren Wert des jeweiligen Parameters. Da die Vegetation räumliche und zeitliche Übergänge zwischen den Gruppen bilden kann, können die Pfeile auch als Zunahme in Pfeilrichtung, beziehungsweise als Abnahme entgegen der Pfeilrichtung interpretiert werden.

Die Abkürzungen bedeuten:
 Nt Gesamtstickstoffgehalt im Pflanzenmaterial
 Pt Gesamtphosphorgehalt im Pflanzenmaterial
 Kt Gesamtkaliumgehalt im Pflanzenmaterial
 N/P Nt/Pt-Verhältnis des Pflanzenmaterials

5.1.2.2.1.1.2 Kalium als potentiell limitierender Nährstoff

Bei genauerer Untersuchung fällt auf, daß die Gruppe 2 sich durch ihre extrem geringe Kaliumversorgung signifikant von allen anderen unterscheidet. Dies läßt vermuten, daß ihre ungewöhnlich schlechte Kaliumversorgung limitierend auf ihre Vegetation wirkt.

Auswirkungen von Kaliummangel auf die Pflanzen

Für landwirtschaftliche Nutzpflanzen ist bekannt, daß ein Mangel an Kalium oft mit einem Stickstoffüberschuß in der Pflanze verbunden ist (AMBERGER 1979). Dieser Stickstoffüberschuß entsteht, weil der Kaliummangel die Enzymaktivitäten der Pflanze (unter anderem die Nitratreduktase) hemmt und der aufgenommene Stickstoff nicht in Proteine eingebaut werden kann. Er kann also nicht für das Wachstum ausgenutzt werden und reichert sich bezogen auf eine Gewichtseinheit an (vgl. auch Kap. 6).

Beim Vergleich der Trockenrasengruppen 1 und 2 ist der höhere Pt-Gehalt im Pflanzenmaterial der Gruppe 2 mit einem geringeren Kt-Gehalt verbunden, während im Nt-Gehalt keine großen Unterschiede bestehen. Der Kt-Gehalt der Gruppe 2 ist erheblich geringer. Er beträgt nur etwa ein Drittel des Kt-Gehaltes der Gruppe 1.

Die für landwirtschaftliche Nutzpflanzen gefundene Stickstoffanreicherung im Pflanzenmaterial bei Kaliummangel ist hier nicht gegeben, wohl aber ein auffällig hoher Pt-Gehalt im Pflanzenmaterial. Möglicherweise wird im Pflanzenmaterial der Trockenrasen durch den Kaliummangel eine Anreicherung von Phosphor und nicht von Stickstoff induziert. Es kann sich jedoch nicht um den gleichen Mechanismus wie bei der Stickstoffanreicherung handeln, denn Phosphor wird als $H_2PO_3^-$ aufgenommen und nicht reduziert. Anders als der Stickstoff wird Phosphat nicht durch Enzymreaktionen in organische Verbindungen eingebaut (STRASBURGER 1991). Statt dessen fungiert es selbst als Co-Faktor und ist außerdem wesentlich am Energiehaushalt der Pflanzen beteiligt.

Auch wenn die Hypothese zutrifft, daß durch den Kaliummangel der Gesamtphosphatgehalt im Pflanzenmaterial ansteigt, so ist der Mechanismus der Phosphatanreicherung noch unbekannt.

5.1.2.2.1.1.3 Zusammenfassende Bewertung der Ergebnisse

Unter den Bodenbedingungen, die im Untersuchungsraum vorherrschen, scheint Kalium im allgemeinen ausreichend vorhanden zu sein, so daß andere Standortfaktoren oder andere Nährstoffe limitierend wirken.

Doch in einer Gruppe zeigt sich Kalium als potentiell limitierender Nährstoff. Der Kt-Gehalt des

Pflanzenmaterials liegt hier unter der Hälfte der Werte auf den anderen Trockenrasen, während der Nt- und der Pt-Gehalt des Pflanzenmaterials bereits Werte aufweisen, die normalerweise auf nährstoffreichen Standorten gemessen werden. Sowohl Stickstoff als auch Phosphat werden in der Literatur als wesentliche, das heißt oft limitierende, Nährstoffe angegeben und sollten möglichst immer gemeinsam betrachtet werden. Am einfachsten geschieht dies durch die Berechnung des Quotienten Nt/Pt. Doch falls kein linearer Zusammenhang besteht, kann der Quotient der beiden Variablen diese Beziehung nicht ausreichend aufdecken.

Daher wird in Kap 5.3 (Regressionsanalyse) die multiple Beziehung dieser beiden Nährelemente untersucht.

5.1.2.2.1.2 Feuchtwiesen

5.1.2.2.1.2.1 Gruppenvergleich

Vergleich der Gruppen 5 und 6:

Die "verhochmoorenden Streuwiesen" (Gruppe 5) unterscheiden sich signifikant von den arten- und nährstoffreichen Feuchtwiesen (Gruppe 6) durch ihren höheren Nt-Gehalt, sowie ihren geringeren Pt- und Kt-Gehalt des Pflanzenmaterials. Hochsignifikant unterscheiden sie sich auch durch ihr höheres N/P-Verhältnis im Pflanzenmaterial.

Bewertung:

Die Unterschiede in der N- und P-Versorgung deuten darauf hin, daß es mit zunehmender (Zwischenmoor-) Torfbildung und Abkopplung vom Mineralboden zur Steigerung des Nt-Gehaltes im Pflanzenmaterial kommen kann.

Die geringere Phosphatversorgung ist offensichtlich auch eine Folge der Abkopplung der Vegetation vom Mineralboden.

Zu dem -trotz der relativen Nährstoffarmut- gesteigerten Nt-Gehalt des Pflanzenmaterials der Gruppe 5 könnte auch der relative Kaliummangel beitragen, der die Proteinsynthese (AMBERGER 1979) hemmt und daher zur Anreicherung von Stickstoff im Pflanzenmaterial führen kann.

Vergleich der Gruppen 5 und 7:

Die "verhochmoorenden" Streuwiesen unterscheiden sich von den artenreichen, wechselfeuchten Feuchtwiesengruppen durch ihren signifikant geringeren Pt- und Kt-Gehalt, sowie durch ihr signifikant höheres N/P-Verhältnis.

Bewertung:

Der Nt-Gehalt im Pflanzenmaterial beider Gruppen unterscheidet sich nicht signifikant, wenngleich der Median der Gruppe 7 deutlich höher ist als der der Gruppe 5. Der Vergleich dieser zwei Gruppen deutet wieder auf einen Zusammenhang von Torfbildung und geringerer effektiver Phosphatversorgung.

Anders als beim Vergleich der Gruppen 5 und 6 angenommen wurde, erfolgt hier durch den relativen Kaliummangel keine Anreicherung von Stickstoff im Pflanzenmaterial

Vegetationsbestimmender Faktor ist hier möglicherweise das Torfwachstum, das den Anschluß der Vegetation zum Mineralboden unterbricht.

Vergleich der Gruppen 6 und 7:

Die Gruppe (6) "arten- und nährstoffreichere Feuchtwiesen" unterscheidet sich von der Gruppe (7) "artenreiche, wechselfeuchte Feuchtwiesen" durch ihren signifikant geringeren Pt-Gehalt im Pflanzenmaterial. Nur auf sehr geringem Signifikanzniveau unterscheidet sie sich durch ihren geringeren Nt- und NO₃-Gehalt, sowie ihr höheres N/P-Verhältnis.

Bewertung:

Der ausschlaggebende Unterscheidungsfaktor der beiden Gruppen dürfte ihr unterschiedlicher Wasserhaushalt sein, denn die wechselfeuchten Flächen stehen in ihrer Artenausstattung zwischen Trockenrasen und Feuchtwiesen. Es müßten sich also ähnliche Unterschiede wie beim generellen Vergleich der Feuchtwiesen und der Trockenrasen ergeben.

5.1.2.2.1.2.2 Auswertung und Zusammenfassung der Ergebnisse

Um zu prüfen, ob das N/P-Verhältnis im Pflanzenmaterial bei den Feuchtwiesen eine ähnliche Bedeutung hat wie bei den Trockenrasen, wurden auch die Feuchtwiesen nach ihrem abnehmenden N/P-Verhältnis geordnet:

Gruppe	5	6	7
N/P	2.70	1.80	1.60
Pt	0.65	0.81	1.24
Nt	1.62	1.34	1.91
Kt	14.70	25.10	25.50
ASW	12.5	12.5	22.0
NZW	2.1	2.6	3.1
Torf	+	(+)	

Es bestätigt sich, daß das N/P-Verhältnis als Maß für die effektive Nährstoffversorgung der Pflanzen dienen kann. Es steigt, wie bei den Trockenrasen, mit dem Nährstoffzeigerwert der Vegetation der Standortgruppen.

Die Beurteilung der "Vegetationsqualität" mit dem Artenschutzwert kommt hier an ihre Grenzen, denn durch die relative Artenarmut der Zwischen- und Hochmoorstadien ist der Punktwert geringer, ohne daß die Vegetation als weniger selten, beziehungsweise weniger schutzwürdig betrachtet

werden kann.

Das insgesamt ziemlich geringe Signifikanzniveau der Unterschiede zwischen den Gruppen deutet darauf hin, daß die Gruppen, die durch die Ähnlichkeitsanalyse aufgrund von Differentialarten gebildet wurden, nicht sehr homogen sind.

Die Beziehungen zwischen den einzelnen Gruppen lassen sich anschaulich in einem Diagramm (Abb. 3) darstellen, das die Entwicklungstendenzen der Vegetation mit den damit verbundenen Änderungen der Nährstoffgehalte im Pflanzenmaterial verbindet.

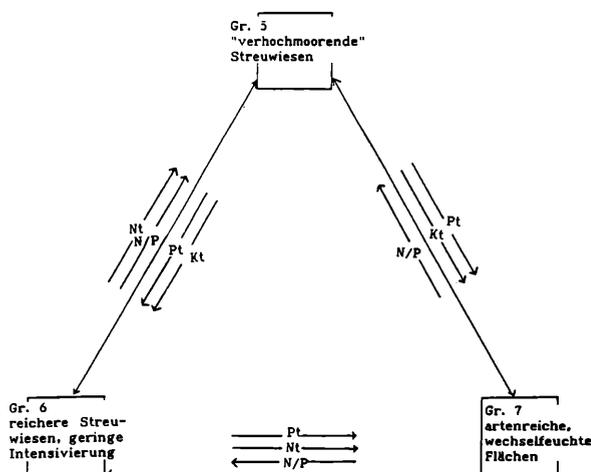


Abbildung 3

Entwicklungstendenzen der Vegetation und Änderungen im Nährstoffgehalt der Pflanzen. (Erläuterung s. Abb. 2)

Feuchtwiesen mit auffälligen Kt-Gehalten im Pflanzenmaterial

Bei der Betrachtung der Kt-Werte fallen (unabhängig von der Zuordnung in Clustergruppen) einige Flächen mit ungewöhnlich hohen oder ungewöhnlich niedrigen Kt-Gehalten des Pflanzenmaterials auf. Diese Flächen sind repräsentativ für eine abgestufte Bewirtschaftungsintensität, beziehungsweise für Entwicklungsreihen der Vegetation. Sie liegen innerhalb eines ziemlich einheitlichen Gebietes und in den meisten Fällen eng benachbart (s. Abb. 4).

- Gruppe K+: K-reich, naß (Ufl 27, 28, 29, 30)
- Gruppe K-: K-arm, naß (Ufl 22, 23, 24, 25, 26)

Mediane des Kt-Gehaltes:

Gruppe	mgK/gTG	S.E.
K+	31.20	2.376
K-	14.68	0.947

Signifikanztest der Kt-Gruppen (U-Test):

Kreuztabelle 6 h: Kt-Gehalt im Pflanzenmaterial

	K+
K-	h***

Erläuterung s. Kreuztabelle 1, S. 82.

Der U-Test bestätigt, daß der Unterschied im mittleren Kt-Gehalt des Pflanzenmaterials der beiden Gruppen hochsignifikant ist.

Eine schematisierte Lageskizze zeigt die Feuchtwiesen, die entlang eines Gradienten von "Verhochmoorung", beziehungsweise Melioration liegen, der mit einem Feuchtegradienten gekoppelt ist. Die Flächen 25 und 26 können als weiter fortgeschrittene Entwicklungsstufen im Anschluß an den Gradienten 29 - 27 betrachtet werden. Da sie räumlich von den anderen Flächen getrennt liegen, sind sie in der Skizze (Abb. 4) nicht eingezeichnet.

So ergeben sich zwei Möglichkeiten der Erklärung des hohen Kt-Gehaltes im Pflanzenmaterial der Gruppe 1:

a) Düngereinfluß aus einer extensiv betriebenen Bewirtschaftung verursacht den erhöhten Kt-Gehalt des Pflanzenmaterials.

b) Der Einfluß des basenreichen Mineralbodens, der bei den Flächen 27 - 30 viel unmittelbarer vorhanden ist als bei den Pfeifengraswiesen auf Zwischenmoortorf (23, 24) und der "verhochmoorenden" Fläche (22), sowie auch bei den Flächen 25 und 26.

Es kann jedoch nicht entschieden werden, welcher der zwei Faktoren ausschlaggebend für die Unterschiede im Kt-Gehalt der Pflanzen ist. Daher werden auch andere Variablen auf signifikante Unterschiede getestet, und es ergibt sich, daß die K-reiche sich in einigen dieser Variablen signifikant von der K-armen Gruppe unterscheidet.

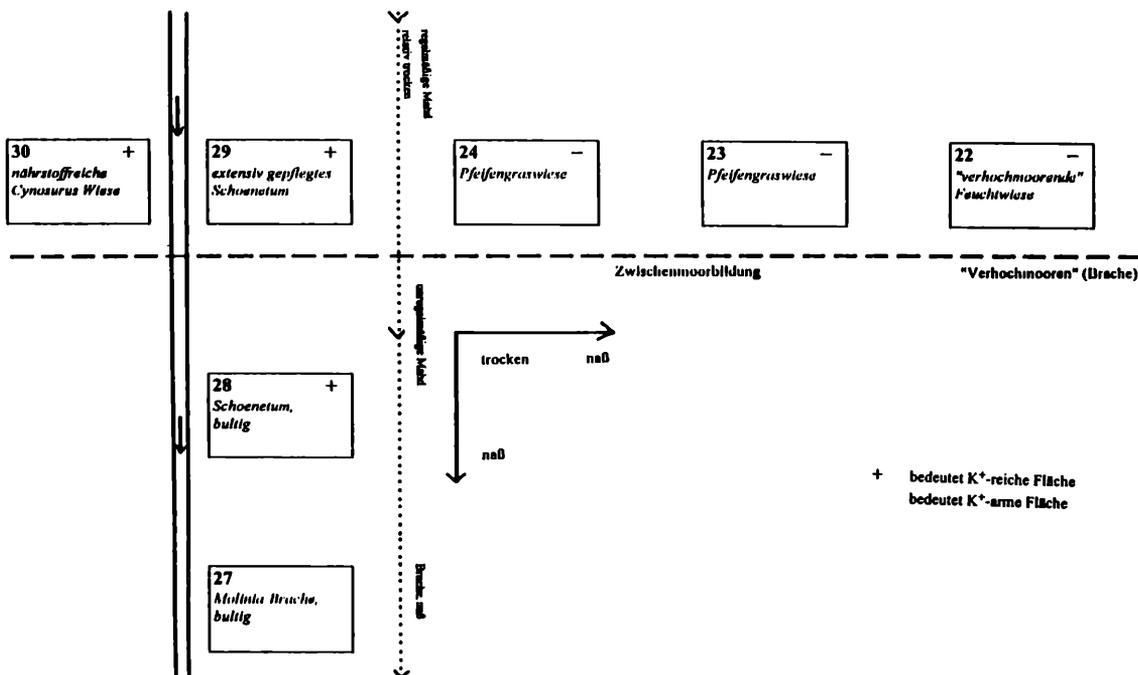


Abbildung 4

Lage der Kallium-reichen Untersuchungsflächen auf dem Bewirtschaftungs- und Feuchtigkeitsgradienten.

Der landwirtschaftliche Einfluß von den weitgehend intensivierten Flächen ist anscheinend durch den tiefen Entwässerungsgraben abgeschirmt. Doch auch auf der Fläche Nr. 29 wurde vermutlich in geringem Maße gedüngt. Das Grundwasser fließt von Fläche Nr. 29 in Richtung der Flächen 27 und 28 und daher sind möglicherweise auch diese beiden Flächen beeinflusst, von denen angenommen wird, daß sie selbst zumindest lange Zeit nicht mehr gedüngt und sehr extensiv (28) oder gar nicht mehr (27) bewirtschaftet wurden. Die Flächen Nr. 22 - 26 liegen hingegen nicht im Grundwasserstrom von Fläche 29.

Signifikant höher sind bei der K-reichen Gruppe:

- mittlerer Temperaturzeigerwert
- mittlerer Reaktionszeigerwert
- mittlerer Nährstoffzeigerwert.

Signifikant geringer sind bei der K-reichen Gruppe:

- Nt-Gehalt des Pflanzenmaterials
- N/P-Verhältnis im Pflanzenmaterial
- mittlerer Feuchtezeigerwert.

Alle signifikant unterschiedlichen Werte sind typisch für landwirtschaftliche Melioration. Es kann

in Erwägung gezogen werden, daß der Einfluß bereits geringer landwirtschaftlicher Intensivierung auf Feuchtwiesen sich im Kt-Gehalt des Pflanzenmaterials manifestiert.

5.1.2.2.2 Vergleichende Betrachtung der Trockenrasen und der Feuchtwiesen

Der mittlere Nitratgehalt im Pflanzenmaterial ist für die Differenzierung von Standortgruppen der ungeeignetste der untersuchten Nährstoffmeßwerte. Dieses Ergebnis wurde nicht erwartet, da der Nitratgehalt zwischen Pflanzenarten, aber auch zwischen Einzelstandorten innerhalb der gleichen Art in Beziehung zur Nährstoffversorgung der Pflanzen steht (GEBAUER 1987).

Für die Unterscheidung der Gruppen eignet sich von den untersuchten Meßwerten am besten das N/P-Verhältnis im Pflanzenmaterial (besser als der Pt- oder Nt-Gehalt). Es kann als Maß für die effektive Nährstoffversorgung der Pflanzen interpretiert werden und es deutet sich ein Zusammenhang mit dem Artenschutzwert und dem Nährstoffzeigerwert an.

Anders als bei den Trockenrasen ist bei den Feuchtwiesen eine geringere effektive Nährstoffversorgung (gemessen am N/P-Verhältnis) nicht unbedingt mit einem geringeren mittleren Nährstoffzeigerwert des Standortes verbunden.

Wird die effektive Nährstoffversorgung am Pt-Gehalt des Pflanzenmaterials gemessen, so steigt sie bei den Feuchtwiesen mit zunehmendem Nährstoffzeigerwert an; auf den Trockenrasen ergibt sich dann keine (der Vegetation entsprechend) sinnvolle Reihung. Das N/P-Verhältnis hingegen liefert als Maßstab für die effektive Nährstoffversorgung auf den Trockenrasen einen engen Zusammenhang mit dem Nährstoffzeigerwert (der ja auch die effektive Nährstoffversorgung indiziert), und es ergibt auch für die Feuchtwiesen eine (gemessen an der Artenausstattung) sinnvolle Reihung, wengleich auf den Feuchtwiesen der Pt-Gehalt etwas besser mit dem Nährstoffzeigerwert und dem Artenschutzwert zusammenhängt.

Die Reihe des N/P-Verhältnisses im Pflanzenmaterial der Trockenrasen überlappt sich mit dem der Feuchtwiesen (vergleiche auch S. 31, Vgl. der Gr 1 mit den Gr 5-7). Seine Zunahme führt bei den Trockenrasen zu der "idealen" Ausbildung der Vegetation, während sie bei den Feuchtwiesen in Richtung "Verhochmoorung" weist.

Für die unterschiedliche Vegetation der Trockenrasen und der Feuchtwiesen in Bereich der Überschneidung der effektiven Nährstoffversorgung müssen die zwei Variablenkomplexe "Eigenschaften eines typischen Trockenrasenstandortes" beziehungsweise "Eigenschaften eines typischen Feuchtwiesenstandortes" postuliert werden, die hauptsächlich durch den Wasserhaushalt und die Torfanreicherung bestimmt werden.

5.1.3 Clusteranalysen

Für den Vergleich der Untersuchungsflächen ist neben der Auswertung der Stetigkeitstabelle eine Gruppenbildung durch eine Clusteranalyse der Standorteigenschaften hilfreich.

Ziel einer Clusteranalyse ist es, die betrachteten Objekte (Untersuchungsflächen) aufgrund ihrer Unterschiede bezüglich bestimmter gemessener Eigenschaften (Bodenqualität, Pflanzennährstoffgehalt, vegetationskundliche Daten) in Gruppen zu unterteilen, wobei die Mitglieder einer Gruppe möglichst ähnlich, die Gruppen zueinander möglichst unähnlich sein sollten.

Der Ablauf der Analyse unterteilt sich in die Quantifizierung der Unterschiede der Flächen und in die Zusammenfassung der Flächen zu Gruppen. Welche Gruppen sich ergeben, ist abhängig von den eingesetzten Variablen.

Die Variablen werden mit der z-Transformation standardisiert, um eine ungleiche Gewichtung zu vermeiden. Durch die Transformation streuen die Daten mit einer Standardabweichung von 1 um den Mittelpunkt 0.

$$Z_i = (x_i - \bar{x})/SD$$

(Z_i transformierter Wert; x_i Variablenwert; \bar{x} Mittelwert; SD Standardabweichung)

Auch die Wahl der Clustermethode beeinflusst das Ergebnis. Das "Complete Linkage"-Verfahren besitzt eine sehr hohe Trennschärfe und wurde deswegen dem "Ward"-Verfahren, das zur Bildung gleich großer Gruppen neigt, und dem "Single Linkage"-Verfahren, das besonders für die Erkennung von Ausreißern geeignet ist, vorgezogen.

Die unterschiedliche Gruppengröße, die mit diesem Verfahren entsteht, erschwert allerdings die Interpretation.

5.1.3.1. Clusteranalyse mit Variablen der Bodenqualität

Die 13 Standorte, deren Böden genauer untersucht wurden, werden in einer Clusteranalyse nach ihren Bodeneigenschaften gruppiert. Als Gruppierungsvariablen dienen:

- der maximale Gehalt an Mineralstickstoff im Oberboden
- der maximale Gehalt an lactatlöslichem Phosphat im Oberboden
- der pH-Wert des Oberbodens
- der Feinerdeanteil im Oberboden Tonne Trockenboden/Hektar (tTB/ha).

Der Mineralstickstoff- und Phosphatgehalt sollen die Nährstoffkapazität des Bodens erfassen. Da die tatsächliche Verfügbarkeit der Nährstoffe auch vom pH-Wert stark beeinflusst wird, muß dieser mit berücksichtigt werden. Der Feinerdeanteil ist nicht nur Ausdruck der Bodenstruktur, sondern mit ihm wird durch das unterschiedliche Gewicht zwischen mineralischem und organischem Boden differenziert.

Die Clustervariablen können als **Faktorenkomplex** betrachtet werden, der die **Bereitstellung der Nährstoffe** wesentlich beeinflusst. Dieser Komplex wird daher im folgenden als **Nährstoffkapazität des Bodens** bezeichnet.

5.1.3.1.1 Ergebnisse

Die von der Clusteranalyse gefundene Gruppierung der Untersuchungsflächen wird in einem Dendrogramm dargestellt. Die Ähnlichkeit der Flächen bezüglich der Clustervariablen kann anhand der Skala der quadrierten euklidischen Distanz bewertet werden.

Anschließend werden die wichtigsten Unterschiede zwischen den Gruppen ermittelt, indem die Signifikanz ihrer unterschiedlichen Variablenausprägungen geprüft wird.

In einem weiteren Schritt werden die Gruppen durch ihre auf diese Weise aufgedeckten typischen Eigenschaften charakterisiert. Bezeichnungen wie "stickstoffreich" oder "phosphatarm" beziehen sich innerhalb der Auswertung dieser Clusteranalyse immer auf den maximalen Gehalt der Böden an Mineralstickstoff beziehungsweise an lactatlöslichem Phosphat, der nicht mit der effektiven Versorgung der Pflanzen übereinstimmen muß.

5.1.3.1.1.1 Ähnlichkeitsdendrogramm der Bodeneigenschaften

Die Ähnlichkeit der Flächen läßt sich sehr anschaulich durch das Ähnlichkeitsdendrogramm darstellen, wobei die auf der Maßskala aufgetragene euklidische Distanz als quantitatives Maß für die Ähnlichkeit verwendet wird.

Durch die "Nährstoffkapazität" des Bodens erfolgt keine Unterscheidung der Feuchtwiesen von den Trockenrasen. Wenn ihre Nährstoffkapazität ähnlich ist, werden sie in einer Gruppe vereinigt.

Es können vier Gruppen von Untersuchungsflächen unterschieden werden:

- Gruppe 1) Ufl 12, 13, 6, 9
- Gruppe 2) Ufl 22, 25, 26
- Gruppe 3) Ufl 2, 6, 23, 24
- Gruppe 4) Ufl 1, 14.

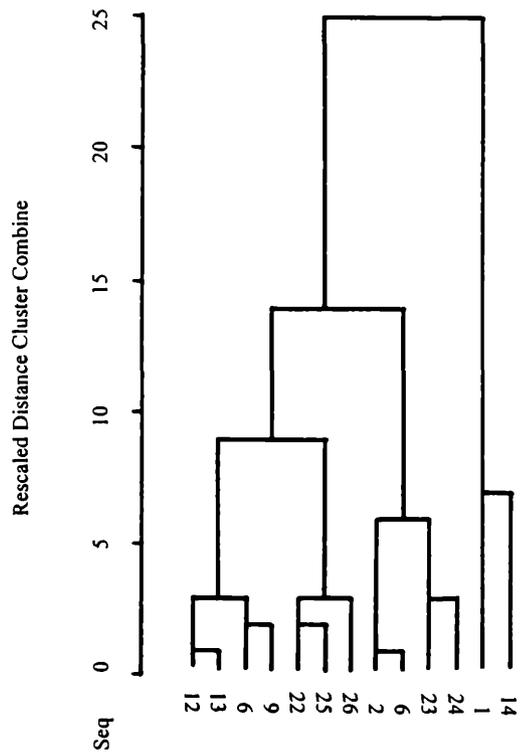


Abbildung 5

Ähnlichkeitsdendrogramm der dreizehn Bodenuntersuchungsflächen aufgrund des Variablenkomplexes "Nährstoffkapazität des Bodens".

Die Ergebnisse des U-Tests dienen zur Ermittlung der wesentlichen Unterschiede zwischen den Gruppen. Sie sind in den Kreuztabellen 7 a) bis 7 d) dargestellt.

5.1.3.1.1.1.1 Signifikanztest der Clustervariablen

Vor den Ergebnissen des Signifikanztests (U-Test) seien die Medianwerte der zur Clusteranalyse verwendeten Variablen in einer Tabelle mit ihrem Standardfehler aufgelistet (Tab. 8).

Die Kreuztabellen 7 a bis 7 d geben die signifikanten Unterschiede der zur Clusteranalyse verwendeten Variablen wieder.

Tabelle 8

Medianwerte der Variablen der "Nährstoffkapazität"

Gr.	kgN _m /ha	S.E.	kgP ₁ /ha	S.E.	pH	S.E.	tTB /ha	S.E.
1	4.89	4.84	19.19	4.62	7.00	0.084	767	62.6
2	14.35	2.38	13.47	3.42	5.04	0.341	828	56.0
3	17.04	5.77	6.96	0.90	5.95	0.632	329	92.7
4	41.60	12.99	33.65	5.11	6.78	0.410	740	132.5

Kreuztabelle 7 a

kgN _m /ha	1	2	3
2	ns		
3	sg	ns	
4	sg	sg	sg

Kreuztabelle 7 b

kgP _i /ha	1	2	3
2	ns		
3	h*	sh	
4	ns	sg	sg

Kreuztabelle 7 c

pH	1	2	3
2	h*		
3	ns	ns	
4	ns	sg	ns

Kreuztabelle 7 d

tTB/ha	1	2	3
2	ns		
3	h*	h*	
4	ns	ns	sg

Erläuterung siehe Kreuztabelle 3.

5.1.3.1.1.2 Charakterisierung der Gruppen

Die Wertung, ob einzelne Variablen als hoch oder gering bezeichnet werden, bezieht sich auf die Varianz dieser Variablen innerhalb der vier Gruppen.

Die vier Gruppen lassen sich folgendermaßen beschreiben:

- 1) Stickstoffarm, basisch, mittleres Phosphatangebot, nur verschiedene (ehemalige) Trockenrasen
- 2) Sauer, mittleres Mineralstickstoff- und Phosphatangebot, nur Feuchtwiesen

3) Phosphatarm, mittel im Mineralstickstoffangebot und pH-Wert, geringe Menge Feinerde, Feuchtwiesen und Trockenrasen

4) Stickstoffreich, phosphatreich, mittlerer pH-Wert, nur (ehemalige) Trockenrasen.

5.1.3.1.1.3 Vergleich der Gruppen bezüglich der Nichtclustervariablen

Es wird untersucht, ob sich zwischen diesen Gruppen auch signifikante Unterschiede ergeben bezüglich der Variablen, die nicht für die Gruppenbildung in der Clusteranalyse verwendet wurden. Wo dies der Fall ist, muß die Auswirkung der Nährstoffkapazität des Bodens auf die jeweilige Variable diskutiert werden.

Falls sich eine derartige Wirkung auf eine Variable nicht nur finden, sondern auch noch quantifizieren läßt, könnte diese Variable zur Indikation der Nährstoffkapazität des Bodens dienen.

Als erstes werden die Variablen getestet, die als Maß für die effektive Nährstoffversorgung der Pflanzen gewertet werden: der Nt-, Pt-, und Kt-Gehalt, sowie das N/P-Verhältnis im Pflanzenmaterial einzelner Standorte.

Im Anschluß daran werden die Variablen getestet, die als Maß für die Ähnlichkeit der Vegetation gewertet werden: Der Artenschutzwert und die Zeigerwerte nach ELLENBERG (1979).

5.1.3.1.1.3.1 Variablen der effektiven Nährstoffversorgung

Signifikante Unterschiede der effektiven Nährstoffversorgung zwischen den Gruppen können durch den U-Test der Nährstoffgehalte des Pflanzenmaterials aufgedeckt werden.

Vor den Ergebnissen des Signifikanztests (U-Test) seien die Medianwerte der nicht zur Clusteranalyse verwendeten Variablen in einer Tabelle (Tab. 9) mit ihrem Standardfehler aufgelistet.

Die Kreuztabellen 8 a bis 8 d geben die signifikanten Unterschiede der einzelnen Variablen zwischen den Gruppen wieder.

Erläuterung: s. Kreuztabelle 3.

Tabelle 9

Mediane der Nichtclustervariablen

Nr.	Nt	S.E.	Pt	S.E.	Kt	S.E.	N/P	S.E.
1	2.07	0.124	1.01	0.468	11.37	4.51	1.10	0.2165
2	1.64	0.014	0.77	0.081	31.75	8.15	1.91	0.3204
3	1.59	0.240	0.93	0.240	31.65	6.76	1.99	0.4013
4	1.69	0.310	1.91	0.920	15.35	7.16	1.25	0.1992

Kreuztabelle 8 a

Nt	1	2	3
2	h*		
3	h*	ns	
4	ns	ns	ns

Kreuztabelle 8 b

Pt	1	2	3
	2	h*	
3	ns	ns	
4	ns	sg	ns

Kreuztabelle 8 c

Kt	1	2	3
2	ns		
3	sg	ns	
4	ns	ns	ns

Kreuztabelle 8 d

N/P	1	2	3
2	g***		
3	g***	ns	
4	ns	h***	h***

Zum Vergleich von 1 und 2:

Die stickstoffarme, basische Gruppe (1) unterscheidet sich von der sauren (2) nicht nur durch ihren höheren Nt-, sondern auch durch einen höheren Pt-Gehalt im Pflanzenmaterial, obwohl ihr P-Angebot im Boden sehr ähnlich ist.

Bewertung:

Für den Nt-Gehalt des Pflanzenmaterials scheint bei gleichem P-Angebot auch der pH-Wert des Bodens von Bedeutung zu sein. Dieses Ergebnis könnte auch bedeuten, daß der Zusammenhang des höheren Nt-Gehaltes mit dem höheren pH-Wert durch die Verbesserung der effektiven P-Versorgung (höherer Pt-Gehalt im Pflanzenmaterial) verursacht werden kann. Der hochsignifikante Unterschied im N/P-Verhältnis des Pflanzenmaterial ist vermutlich stellvertretend für einen typischen Unterschied zwischen Streuwiesen und Trockenrasen.

Zum Vergleich der Gruppen 1 und 3:

Die stickstoffarme Gruppe (1) unterscheidet sich von der phosphatarmer (3) wie folgt: Der Nt-Gehalt des Pflanzenmaterials ist bei Gruppe 1 höher und der Kt-Gehalt tendenziell geringer. Im Pt-Gehalt unterscheiden sie sich unwesentlich.

Bewertung:

Der Stickstoffgehalt des Pflanzenmaterials ist of-

fensichtlich nicht direkt vom Mineralstickstoffangebot des Bodens abhängig. Die höhere Phosphatversorgung des Bodens steht in diesem Fall in enger Beziehung zum höheren Stickstoffgehalt des Pflanzenmaterials.

Zum Vergleich der Gruppen 1 und 4:

Der Vergleich der mineralstickstoffarmen Gruppe (1), die ein mittleres Phosphat-Angebot aufweist, mit der mineralstickstoff- und phosphatreichen Gruppe (4) ergibt weder im Nt- noch im Pt-Gehalt der Pflanzen signifikante Unterschiede.

Bewertung:

Wenn die Hypothese zutrifft, daß die Mineralstickstoffaufnahme durch ein höheres Phosphatangebot gesteigert wird, so genügt den Pflanzen auch ein geringes Mineralstickstoffangebot, um ihren Stickstoffgehalt erheblich zu steigern.

Ab einer gewissen Höhe der P-Versorgung ("mittleres Phosphatangebot") scheinen der Nt- und der Pt-Gehalt im Pflanzenmaterial nicht mehr wesentlich zu steigen und andere Faktor limitieren die Ansiedlung nährstoffbedürftigerer Arten, die vermutlich wieder einen höheren Pt-Gehalt im Pflanzenmaterial erreichen könnten.

Zum Vergleich der Gruppen 2 und 3:

Die phosphatarmer Gruppe (3) unterscheidet sich von der sauren, durchschnittlich nährstoffversorgten Gruppe (2) nicht signifikant im Nährstoffgehalt der Pflanzen.

Bewertung:

Entgegen der Vorstellung, daß ein hohes P-Angebot des Bodens auch eine gute P-Versorgung der Pflanzen ergibt, ist der Pt-Gehalt des Pflanzenmaterials in der phosphatarmer Gruppe nicht signifikant, aber doch höher.

Der Nt-Gehalt des Pflanzenmaterials ist hingegen in der phosphatarmer Gruppe (3) geringer als in der ähnlich mit Mineralstickstoff versorgten Gruppe (2), jedoch nicht signifikant. Das Ergebnis deutet darauf hin, daß für die Verbesserung der effektiven Stickstoffversorgung der Pflanzen das Phosphatangebot des Bodens von größerer Bedeutung ist als die effektive P-Versorgung der Pflanzen.

Zum Vergleich von 3 und 4:

Die phosphatarmer Gruppe (3) unterscheidet sich von der phosphat- und stickstoffreichen Gruppe (4) weder im Pt-Gehalt noch im Nt-Gehalt des Pflanzenmaterials signifikant.

Bewertung:

Der hohe Standardfehler des Pt-Gehaltes der Gruppe 4 verhindert die signifikante Abgrenzung, doch der Median des Pt-Gehaltes ist in der N- und P-reichen Gruppe deutlich höher. Der erwartungsgemäß höhere Pt-Gehalt dieser Gruppe

kann jedoch statistisch nicht abgesichert werden. Ein Grund dafür ist in der Zusammensetzung der Gruppe 4 zu suchen, die nur zwei Flächen enthält, welche außerdem untereinander noch eine große Ähnlichkeitsdistanz aufweisen (siehe Abb. 5).

Zusammenfassung der Ergebnisse (Nährstoffmeßwerte)

Wie schon für die Gruppen aus der Stetigkeitstabelle, so lassen sich auch hier die Beziehungen zwischen den Gruppen in einem Diagramm darstellen (Abb. 6):

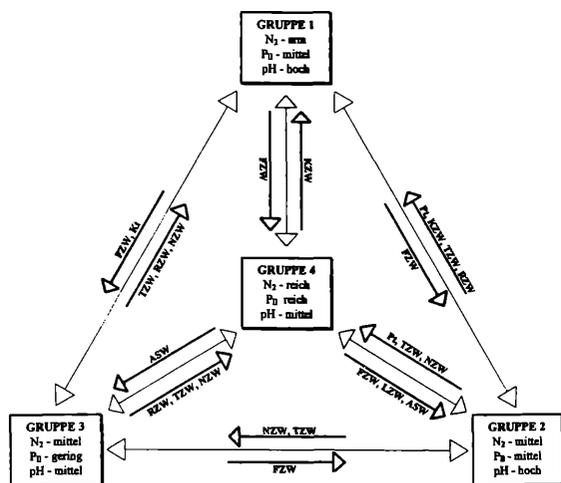


Abbildung 6

Schematische Darstellung der Unterschiede im Nährstoffgehalt des Pflanzenmaterials zwischen den vier Gruppen verschiedener Boden-Nährstoffkapazität

Es deutet sich an, daß die effektive Stickstoffversorgung der Pflanzen, die durch den Nt-Gehalt eingeschätzt wird, mit der Phosphatversorgung am Standort in Verbindung steht.

Weiterhin zeigt sich, daß wider Erwarten auf den untersuchten Trockenrasen die effektive Phosphatversorgung der Pflanzen, die durch den Pt-Gehalt des Pflanzenmaterials wiedergegeben wird, durch einen pH-Anstieg von leicht sauer bis leicht alkalisch verbessert wird.

Der Vergleich der Gruppen 2 und 4 legt nahe, daß die effektive Versorgung der Pflanzen mit Phosphat (zumindest wenn überhaupt Phosphat vor-

handen ist) nur in geringem Maß vom lactatlöslischen Phosphat im Boden abhängt. Wie auch schon in der Literatur diskutiert wird, zeigt sich, daß zumindest auf den nährstoffarmen Wiesen das nach der Lactatmethode gemessene Phosphatangebot im Boden nicht mit der effektiven P-Versorgung übereinstimmt. Wenn die Hypothese zutrifft, daß Phosphat limitierender Faktor bei diesen Standorttypen ist, so muß das effektiv aufgenommene Phosphat als limitierender Wert betrachtet (und gemessen) werden.

Es wird somit deutlich, daß die Gruppierung nach der Nährstoffkapazität im Boden nicht unbedingt mit der effektiven Nährstoffversorgung der Vegetation übereinstimmt.

5.1.3.1.1.3.2 Vegetationskundliche Variablen

Nachdem die Gruppen, die durch die "Bodenqualitätsvariablen" gebildet wurden, bezüglich der Variablen der effektiven Nährstoffversorgung untersucht wurden, sollen sie nun anhand der Eigenschaften ihrer Vegetation verglichen werden. Dazu werden ihre Zeigerwerte und der Artenschutzwert auf signifikante Abweichungen getestet.

5.1.3.1.1.3.2.1 Ergebnisse

Bevor die Variablen, die die Eigenschaften der Vegetation beschreiben, auf signifikante Unterschiede geprüft werden, wurden ihre Medianwerte und ihr Standardfehler berechnet (Tab. 10).

Die Ergebnisse des Signifikanztests werden getrennt für die einzelnen Variablen in den Kreuztabellen 9 a bis 9 g dargestellt.

Wieder werden im Anschluß die wichtigsten Unterschiede zwischen den einzelnen Gruppen beschrieben und bewertet. Die Bedeutung der einzelnen Variablen für die Indikation der Gruppenzugehörigkeit einzelner Untersuchungsflächen wird diskutiert.

Die Kreuztabellen 9 a bis 9 g geben die signifikanten Unterschiede der einzelnen Variablen zwischen den Gruppen wieder.

Erläuterung: s. Kreuztab. 3.

Tabelle 10

Mediane der vegetationskundlichen Variablen

Nr.	LZW	S.E.	TZW	S.E.	KZW	S.E.	FZW	S.E.	RZW	S.E.	NZW	S.E.	ASW	S.E.
1	7.1	0.173	5.2	0.115	3.8	0.009	4.1	0.173	7.5	0.202	3.4	0.375	10.0	4.91
2	7.2	0.115	4.0	0.346	4.1	1.443	8.0	0.115	4.8	0.664	2.0	0.029	6.5	5.34
3	7.4	0.058	4.5	0.260	3.6	0.087	7.2	0.837	6.0	0.404	2.5	0.289	12.8	4.91
4	7.0	0.050	5.1	0.000	3.6	0.150	4.6	0.200	7.3	0.050	4.3	0.550	0.5	0.50

Kreuztabelle 9 a: Lichtzeigerwert

	1	2	3
2	ns		
3	ns	ns	
4	ns	sh	ns

Kreuztabelle 9 b: Temperaturzeigerwert

	1	2	3
2	h*		
3	h*	sg	
4	ns	sg	sg

Kreuztabelle 9 c: Kontinentalitätszeigerwert

	1	2	3
2	ns		
3	ns	ns	
4	sh	ns	ns

Kreuztabelle 9 d: Feuchtezeigerwert

	1	2	3
2	g*		
3	g*	h*	
4	sg	sh	ns

Kreuztabelle 9 e: Reaktionszeigerwert

	1	2	3
2	h*		
3	h*	sg	
4	ns	sg	sg

Kreuztabelle 9 f: Nährstoffzeigerwert

	1	2	3
2	h*		
3	sh	g*	
4	ns	sg	sg

Kreuztabelle 9 g: Artenschutzwert

	1	2	3
2	ns		
3	ns	ns	
4	ns	sh	sh

5.1.3.1.1.3.2.2 Auswertung und Diskussion des Einzelgruppenvergleiches

Aus den Unterschieden der Zeigerwerte lassen sich Zusammenhänge zwischen der Nährstoffversorgung des Bodens und den durch die Zeigerwerte indizierten Umweltbedingungen am Standort aufdecken. Da viele dieser Variablen untereinander

der korreliert sind, sollten diese Zusammenhänge sehr vorsichtig interpretiert werden.

Zum Vergleich der Gruppen 1 und 2:

Die stickstoffarme, basische Gruppe (1) enthält nur Trockenrasen. Sie unterscheidet sich von der sauren Feuchtwiesengruppe (2) durch ihren höheren Temperaturzeigerwert, ihren geringeren Feuchtezeigerwert, ihren höheren Reaktionszeigerwert und ihren höheren(!) Nährstoffzeigerwert. Im Artenschutzwert ergeben sich keine signifikanten Unterschiede.

Bewertung:

Den höheren Nährstoffzeigerwert besitzt die stickstoffarme Gruppe, die aber einen höheren pH-Wert und einen nicht signifikant, aber doch höheren P_i-Gehalt im Pflanzenmaterial aufweist. In diesem Fall tragen die von den Zeigerwerten indizierte höhere Standorttemperatur und geringere Feuchte bei der mineralstickstoffarmen Gruppe sicher zu der vom Nährstoffzeigerwert indizierten effektiv besseren Versorgungslage der Pflanzen bei.

Zum Vergleich der Gruppen 1 und 3:

Die stickstoffarme Gruppe 1 unterscheidet sich von der phosphatarmer Gruppe 3 durch ihren geringeren Feuchtezeigerwert, ihren höheren Temperatur-, Reaktions- und Nährstoffzeigerwert. Der Artenschutzwert ist für beide Gruppen ziemlich hoch, doch zeigt der hohe Standardfehler, daß die einzelnen Flächen innerhalb der Gruppen recht ungleiche Artenschutzwerte besitzen.

Bewertung:

Der höhere Reaktionszeigerwert entspricht dem höheren pH-Wert der Gruppe 1. Der Nährstoffzeigerwert ist hier mit dem höheren P_i-Gehalt des Bodens gekoppelt. Nachdem mit dem Nährstoffzeigerwert Aussagen über die Ansprüche der Pflanzen getroffen werden, ist eine höhere effektive Nährstoffversorgung der Gruppe 1 zu erwarten. Der P_t- und der N_t-Gehalt des Pflanzenmaterials sind auch tatsächlich in dieser Gruppe höher, auch wenn der Unterschied im P_t-Gehalt statistisch nicht abgesichert werden kann.

Zum Vergleich der Gruppen 1 und 4:

Zwischen der mineralstickstoffarmen (1) und der mineralstickstoffreichen Gruppe (4) ergeben sich keine signifikanten Unterschiede in den Zeigerwerten und dem Artenschutzwert.

Bewertung:

Es fällt auf, daß die mineralstickstoffarme Gruppe (1) mit mittlerem Phosphatangebot sich im Artenschutzwert nicht signifikant von der mineralstickstoff- und phosphatreichen Gruppe (4) unter-

scheidet. Dieses Ergebnis deutet darauf hin, daß der Artenschutzwert nicht sehr mit der Mineralstickstoffversorgung zusammenhängt.

Zum Vergleich der Gruppen 2 und 3:

Daß der pH-Wert in den Böden der Gruppe 2 (unsignifikant) geringer ist als der der (phosphatarmen) Gruppe 3 spiegelt sich auch im geringeren Reaktionszeigerwert der Gruppe 2 wieder. Gruppe 2 hat einen niedrigeren Temperatur- und einen höheren Feuchtezeigerwert als Gruppe 3. Auch ihr Nährstoffzeigerwert ist geringer als in der phosphatarmen Gruppe.

Bewertung:

Der höhere Nährstoffzeigerwert der phosphatarmen Gruppe (3) scheint zunächst widersprüchlich zu dem (bisherigen) Befund, daß sich vor allem die Phosphatversorgung im Nährstoffzeigerwert widerspiegelt. Doch in der phosphatarmen Gruppe indizieren die Zeigerwerte eine geringere Bodenfeuchte, eine höhere Temperatur und einen höheren pH-Wert als in der sauren Gruppe (2).

Parallel zur Änderung dieser drei Faktoren verbessert sich jedoch die effektive P-Versorgung (höherer Pt-Gehalt) der Pflanzen. Der vermeintliche Widerspruch, daß die phosphatarmer Gruppe einen hohen Nährstoffzeigerwert besitzt, klärt sich durch die Erhöhung der effektiven Phosphatversorgung in der (boden-) phosphatarmen Gruppe durch günstige pH-, Feuchte- und Temperaturbedingungen.

Zum Vergleich der Gruppen 2 und 4:

Die saure (Feuchtwiesen-) Gruppe (2) mit mittlerem Mineralstickstoff- und Phosphatangebot unterscheidet sich von der neutralen, mineralstickstoff- und phosphatreichen (trockenen) Gruppe (4) durch etwas höhere Licht- und Feuchtezeigerwerte, sowie etwas geringere Temperatur-, Reaktions- und Nährstoffzeigerwerte. Ihr Artenschutzwert ist etwas höher. In Gruppe 4 ist der Pt-Gehalt des Pflanzenmaterials wesentlich, der Nt-Gehalt geringfügig höher als in Gruppe 2.

Bewertung:

Die Standorte der Gruppe 2 sind kühler, nasser und saurer als die der nährstoffreichen Gruppe (4). Dies trägt zu ihrer effektiv geringeren P-Versorgung der Vegetation und dadurch auch zu ihrem geringeren Nährstoffzeigerwert und ihrem etwas höheren Artenschutzwert bei.

Zum Vergleich der Gruppen 3 und 4:

Die phosphatarmer Gruppe (3) unterscheidet sich von der phosphat- und stickstoffreichen Gruppe (4) durch ihren geringeren Temperaturzeigerwert und ihren geringeren Nährstoffzeigerwert. Sie besitzt auch einen höheren Artenschutzwert.

Bewertung:

Die phosphatarmer Gruppe besitzt auch die geringere effektive P-Versorgung. Dementsprechend hat sie einen geringeren Nährstoffzeigerwert als die phosphat- und mineralstickstoffreiche Gruppe (vgl. auch 1/3).

5.1.3.2 Diskussion (Vergleich der Trockenrasen und der Feuchtwiesen)

Die Wahl der Clustervariablen zielt auf keine Trennung der Standortgruppen "Trockenrasen" und "Feuchtwiesen", sondern es werden Gruppen gebildet, deren Einzelflächen sich vor allem in der "Nährstoffkapazität" des Bodens ähnlich sind. Auf diese Weise sollen nicht die typischen Unterschiede zwischen Trockenrasen und Feuchtwiesen, sondern es sollen die bei jedem der beiden Wasserhaushaltstypen gültigen Zusammenhänge der "Nährstoffkapazität" des Bodens mit den Nichtclustervariablen (Zeigerwerte, Nährstoffgehalte im Pflanzenmaterial) herausgearbeitet werden.

Die (durch die Zeigerwerte indizierten) Standortfaktoren Kälte, Nässe und Säure verursachen anscheinend eine effektiv geringere P-Versorgung der Vegetation (gemessen sowohl am Nährstoffzeigerwert als auch am Pt-Gehalt im Pflanzenmaterial) auch bei ähnlich hohen P₁-Gehalten im Boden.

Auf den untersuchten Flächen war ein neutraler pH-Wert mit einer besseren effektiven N- und P-Versorgung der Vegetation (gemessen am Nt- und Pt-Gehalt) verbunden als ein leicht saurer pH-Wert.

Des weiteren deutet sich an, daß der Stickstoffgehalt der Pflanzen nicht so sehr vom Mineralstickstoffangebot, sondern auch wesentlich von der Phosphatversorgung des Bodens abhängig ist.

Es zeigt sich, daß der P₁-Gehalt des Bodens und die effektive P-Versorgung der Pflanzen (gemessen am Pt-Gehalt) nicht übereinstimmen müssen.

Zwei Gruppen (1 und 4), die beide ein relativ gutes P-Angebot aufweisen, während eine ein sehr geringes Nm-Angebot besitzt, unterscheiden sich kaum im Artenschutzwert. Eine dritte Gruppe (3), die ein mittleres Nm-Angebot, aber nur ein geringes P₁-Angebot aufweist, besitzt einen höheren Artenschutzwert als diese beiden Gruppen. Dementsprechend scheint der Artenschutzwert mit der Phosphatversorgung viel stärker zusammenzuhängen als mit der Stickstoffversorgung. In dieser dritten Gruppe ist auch der Pt-Gehalt des Pflanzenmaterials geringer als in den beiden anderen.

Daher kann vermutet werden, daß nicht das geringere P-Angebot des Bodens entscheidend für den höheren Artenschutzwert ist, sondern die effektive P-Versorgung, die hier mit dem maximalen P₁-Gehalt des Bodens übereinstimmt, in anderen Fällen jedoch auch ganz anders sein kann.

Es kann nicht eindeutig geklärt werden, ob das Phosphatangebot des Bodens oder die effektive Phosphatversorgung der Pflanzen für die Verbesserung der effektiven Stickstoffversorgung ausschlaggebend ist. Die Gruppenvergleiche 1/3 und 2/3 sprechen jedoch dafür, daß für die effektive Stickstoffversorgung der Pflanzen das Phosphatangebot im Boden ausschlaggebend ist. Das könnte bedeuten, daß vor allem die P-Versorgung der Bodenmikroorganismen oder der Feinwurzeln bei einem höheren P-Angebot dazu beiträgt, daß die Pflanzen mehr Stickstoff aufnehmen können.

Interessant erscheint, daß bei dem Vergleich der Gruppe 4 mit den Gruppen 2 und 3 ein geringerer Temperaturzeigerwert mit einer schlechteren effektiven Phosphorversorgung einhergeht. Dies deutet darauf hin, daß möglicherweise geringere Standorttemperaturen in erster Linie auf die Bereitstellung oder die Aufnahme von Phosphat begrenzend wirken.

5.1.3.3 Clusteranalyse nach vegetationskundlichen Variablen

Während in der Clusteranalyse der Nährstoffkapazität nur der Teil der Probestflächen verwertet werden konnte, für den auch Bodenuntersuchungen durchgeführt wurden, kann die Clusteranalyse anhand der vegetationskundlichen Variablen alle Probestflächen einbeziehen. Daraus ergibt sich eine feinere Differenzierung der Gruppen und auch eine statistisch bessere Absicherung der Variablenunterschiede.

Als vegetationskundliche Clustervariablen werden alle mittleren Zeigerwerte (ELLENBERG 1979) sowie der Artenschutzwert einer Fläche verwendet. Die mittleren Zeigerwerte der Pflanzen eines Standortes indizieren die Licht-, Temperatur-, Feuchte- und Nährstoffverhältnisse, sowie den pH-Wert und die Kontinentalität des Standortes. Sie liefern eine wertfreie Gruppierung der Untersuchungsflächen nach der Ähnlichkeit ihrer

aktuell vorhandenen Vegetation. Der Artenschutzwert dient als indirektes Maß für die Entwicklung der Vegetation hin zu einer Artenkombination, die bei weniger extremen Standortverhältnissen zu finden ist.

Denn die Verdrängung der konkurrenzschwachen Arten der Magerrasen führt zur Vereinheitlichung der Vegetation, die über den Artenschutzwert (der den am leichtesten verdrängten Arten besonderes Gewicht beimißt) indirekt erfaßt wird.

Da er nur eine von sieben Gruppierungsvariablen ist, wird die subjektiv beeinflusste Variable "Artenschutzwert" nicht zu sehr betont. Andererseits wird dem Anteil schutzwürdiger Arten eine hohe Aussagekraft über die Ähnlichkeit der Vegetation mit der ursprünglich standorttypischen Ausprägung beigemessen, die ihn als gleichberechtigte Variable neben den Zeigerwerten erscheinen läßt.

5.1.3.3.1 Ergebnisse

Die Untersuchungsflächen werden entsprechend ihrer Ähnlichkeit zu Gruppen vereinigt. Die Gruppierung wird im Ähnlichkeitsdendrogramm wiedergegeben.

Von den Variablen, die zur Gruppenbildung verwendet wurden, werden mittels U-Test die wichtigsten, das heißt die signifikanten Unterschiede ermittelt. Sie dienen zur Unterscheidung und Abgrenzung der Gruppen voneinander.

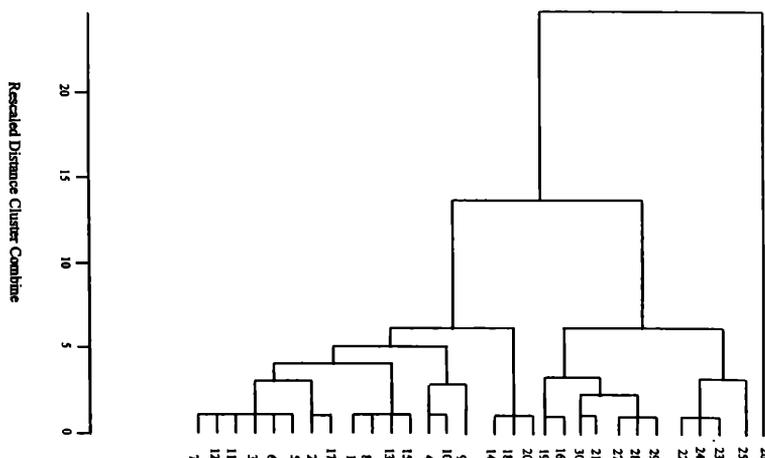
Es können neun Gruppen unterschieden werden, die folgende Untersuchungsflächen vereinigen:

- Gruppe 1: 7, 12, 11, 3, 6, 5
- Gruppe 2: 2, 17
- Gruppe 3: 1, 8, 13, 15
- Gruppe 4: 4, 10, 9
- Gruppe 5: 14, 18, 20
- Gruppe 6: 19, 21
- Gruppe 7: 16, 30, 27, 28, 29
- Gruppe 8: 22, 24, 23
- Gruppe 9: 25, 26.

Abbildung 7

Ähnlichkeitsdendrogramm der 30 Untersuchungsflächen aufgrund der Zeigerwerte und des Artenschutzwertes.

Die quadrierte euklidische Distanz (Skaleneinheit) gilt als Maß für die Ähnlichkeit der einzelnen Untersuchungsflächen.



Die Flächen 25 und 26 werden zu einer Gruppe zusammengefaßt, auch wenn sie eine höhere Ähnlichkeitsdistanz aufweisen als die anderen Gruppen. Sie liegen im Dendrogramm am nächsten zusammen und müssen auch von ihrem Gesamteindruck als nahe verwandt betrachtet werden: Sie liegen räumlich sehr eng zusammen und besaßen vermutlich eine sehr ähnliche Artenausstattung. Beide Flächen sind schon längere Zeit nicht mehr gemäht und sind mit dichten *Molinia*-Bulten zugewachsen, doch liegt 26 bereits länger brach und befindet sich bereits im Zustand der Verbuschung.

5.1.3.3.1.1 Charakterisierung der Gruppen

Die Mediane der für die Clusteranalyse verwendeten Variablen sind zusammen mit ihrem Standardfehler in Tabelle 11 dargestellt. Sie werden mit dem U-Test auf signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen geprüft. Variablen, die signifikante Unterschiede aufweisen, werden zur weiteren Charakterisierung der Gruppen benutzt. Die Ergebnisse des U-Tests sind in den Kreuztabellen 10 a) bis 10 g) dargestellt.

Kreuztabellen 10 a) bis 10 g): Signifikanztest (U-Test) der Unterschiede der Mediane einzelner Variablen zwischen den Clustergruppen.

Erläuterung: s. Kreuztabelle 3.

Kreuztabelle 10 a): Artenschutzwert

	1	2	3	4	5	6	7	8
2	ns							
3	h*	sh						
4	sh	ns	g*					
5	h*	sh	h*	h*				
6	g*	ns	sg	sg	sg			
7	ns	ns	g*	ns	g*	sh		
8	ns	ns	g*	ns	g*	ns	ns	
9	h*	ns	sg	ns	sg	ns	sh	sh

Tabelle 11

Mediane der Clustervariablen

Gr.	ASW	S.E.	LZW	S.E.	TZW	S.E.	KZW	S.E.	FZW	S.E.	RZW	S.E.	NZW	S.E.
1	15.3	2.8868	7.1	0.0577	5.1	0.1732	3.9	0.1155	3.9	0.2021	7.4	0.2021	2.8	0.0866
2*	12.8	2.5000	7.0	0.1000	4.9	0.6500	3.7	0.0000	4.7	0.2500	6.4	0.3000	3.3	0.2000
3	1.0	0.5774	7.0	0.0577	5.2	0.0866	3.7	0.0577	4.3	0.0577	7.2	0.2021	3.6	0.2309
4	12.0	2.5981	6.7	0.0577	5.2	0.0866	4.0	0.0577	4.1	0.0866	7.4	0.1443	3.2	0.3175
5	00.0	0.0000	7.0	0.0577	5.1	0.0577	3.4	0.0866	4.9	0.1732	7.0	0.4330	4.9	0.1732
6*	23.0	1.0000	7.3	0.5000	4.7	0.2000	3.7	0.1000	5.3	0.7000	6.8	0.3000	2.9	0.3500
7	15.5	3.4641	7.3	0.0577	4.7	0.0866	3.6	0.0866	7.2	0.2888	6.5	0.2309	2.6	0.1155
8	24.5	3.6084	7.5	0.0289	4.1	0.0000	3.7	0.1155	7.3	0.2309	5.3	0.0577	2.4	0.1155
9	6.25	0.2500	7.2	0.0500	3.5	0.5500	6.3	2.1500	7.9	0.2000	3.9	0.9000	2.1	0.0500

(* n = 2, statt S.E. wird Abweichung angegeben)

Kreuztabelle 10 b): Lichtzeigerwert

	1	2	3	4	5	6	7	8
2	ns							
3	ns	ns						
4	h*	sh	h*					
5	ns	ns	ns	g*				
6	sg	ns	sg	sg	sg			
7	g**	g*	g*	g*	g*	ns		
8	g*	sg	g*	g*	g*	sg	g*	
9	ns	ns	sg	sg	ns	ns	sh	sh

Kreuztabelle 10 c): Temperaturzeigerwert

	1	2	3	4	5	6	7	8
2	ns							
3	ns	ns						
4	ns	ns	ns					
5	ns	ns	ns	ns				
6	ns	ns	sh	sh	ns			
7	h**	ns	h*	h*	h*	ns		
8	h*	sh	h*	h*	h*	sh	h*	
9	h*	ns	sh	sh	sh	ns	h*	sh

Kreuztabelle 10 d): Kontinentalitätszahl

	1	2	3	4	5	6	7	8
2	ns							
3	sh	ns						
4	ns	sg	g*					
5	h*	sh	h*	h*				
6	ns	ns	ns	ns	sg			
7	h*	ns	ns	h*	sg	ns		
8	ns	ns	ns	sh	ns	ns	ns	
9	g*	ns	sg	sg	sg	ns	sg	sg

Kreuztabelle 10 e): Feuchtezahl

	1	2	3	4	5	6	7	8
2	g*							
3	sg	sh						
4	ns	sh	ns					
5	g*	ns	g*	g*				
6	g*	ns	sg	sg	ns			
7	g**	sg	g*	g*	g*	sg		
8	g*	sg	g*	g*	g*	sg	ns	
9	g*	ns	sg	sg	sg	ns	sg	ns

Kreuztabelle 10 f): Reaktionszahl

	1	2	3	4	5	6	7	8
2	h*							
3	ns	sg						
4	ns	sg	ns					
5	sh	ns	ns	ns				
6	sh	ns	ns	ns	ns			
7	h**	ns	h*	h*	ns	ns		
8	g*	sg	g*	g*	g*	sh	ns	
9	g*	ns	sg	sg	sg	ns	sh	ns

Kreuztabelle 10 g): Nährstoffzeigerwert

	1	2	3	4	5	6	7	8
2	g*							
3	g*	ns						
4	sg	ns	ns					
5	g*	sg	g*	g*				
6	ns	ns	sh	ns	sh			
7	ns	sh	h*	h*	h*	ns		
8	h*	sh	h*	h*	h*	sh	h*	
9	h*	ns	sh	sh	sh	ns	sh	ns

Die Auswertung des U-Tests der Clustervariablen und die daraus folgende Charakterisierung ist bei der großen Gruppenzahl schwierig. Um hier Fehlinterpretationen zu vermeiden, werden die Gruppen 1 - 5 (Trockenrasen) und die Gruppen 6 - 9 (Feuchtwiesen) getrennt betrachtet. Die Aufteilung in diese zwei großen Einheiten ist auch im Dendrogramm vorgegeben.

Die Wertung, ob Einzelvariablen als hoch oder gering bezeichnet werden, bezieht sich auf die Varianz dieser Variablen innerhalb der Trockenrasengruppen 1 - 5, beziehungsweise innerhalb der Feuchtwiesengruppen 6 - 9.

Zusammenstellung der wichtigsten Gruppeneigenschaften:

Erhaltene und umgewandelte Trockenrasen (incl. wechselfeuchte Flächen):

Gruppe 1) Hoher Artenschutzwert, sehr geringer Feuchtezeigerwert, hoher Reaktionszeigerwert, geringer Nährstoffzeigerwert.

Bewertung:

In dieser Gruppe sind die floristisch gut erhaltenen, typischen Kalkmagerasen vereinigt.

Gruppe 2) Relativ hoher Artenschutzwert, erhöhter Feuchtezeigerwert, erniedrigter Reaktionszeigerwert, (höherer NZW als 1).

Bewertung:

In dieser Gruppe sind die wechselfeuchten Magerrasen mit extensivem landwirtschaftlichem Einfluß vereinigt.

Gruppe 3) Geringer Artenschutzwert, (erhöhter TZW), erhöhter Nährstoffzeigerwert.

Bewertung:

Über längere Zeit allmählich eutrophierte Trockenrasen, typische Tendenz zum Arrhenatheretum.

Gruppe 4) Relativ hoher Artenschutzwert, geringer Lichtzeigerwert, hoher Kontinentalitätszeigerwert.

Bewertung:

Alle Untersuchungsflächen dieser Gruppe zeigen Verbuschungstendenzen. Durch die damit verbundenen Bodenveränderungen sind sie auch etwas eutrophiert.

Gruppe 5) Geringer Artenschutzwert, geringer Kontinentalitätszeigerwert, hoher Feuchtezeigerwert, hoher Nährstoffzeigerwert.

Bewertung:

Es handelt sich um eine Gruppe von nährstoffreichen Wiesen auf ehemaligen Trockenrasen-Standorten.

Feuchtwiesen:

Die Feuchtwiesenbrachen der Gruppe 9 fallen in vielen Variablen aus dem Rahmen. Sie können als dritte eigenständige Gruppe aufgefaßt werden. Für die Entscheidung, ob eine Variable der Gruppen 6 bis 8 besonders hoch oder besonders gering ausgeprägt ist, wird die Gruppe 9 deshalb nur dann, wenn der Unterschied offensichtliche Bedeutung für die Vegetation besitzt, als Vergleichswert berücksichtigt.

Gruppe 6) Hoher Artenschutzwert, geringer Feuchtezeigerwert, hoher Reaktionszeigerwert, etwas erhöhter Nährstoffzeigerwert.

Bewertung:

Diese Gruppe vereinigt wechselfeuchte Magerwiesen.

Gruppe 7) Etwas verringerter Kontinentalitätszeigerwert, etwas erhöhter Nährstoffzeigerwert, mittlerer Artenschutzwert.

Bewertung:

Die Gruppe vereinigt relativ nährstoffreiche, gut erhaltene Feuchtwiesen mit leichter Entwässerungstendenz und geringer landwirtschaftlicher Intensivierung.

Gruppe 8) Hoher Artenschutzwert, erhöhter Licht- und Feuchtezeigerwert, geringer Reaktions- und Nährstoffzeigerwert.

Bewertung

"Verhochmoorende" Feuchtwiesen: 24 wird etwa alle 2-3 Jahre gemäht, 23 wurde etwa 10 Jahre nicht mehr gemäht und 22 ist bereits sehr weit im Zwischenmoorcharakter entwickelt.

Gruppe 9) Geringer Artenschutzwert, geringer Lichtzeigerwert, geringer Temperaturzeigerwert, hoher Feuchtezeigerwert, geringer Reaktionszeigerwert, geringer Nährstoffzeigerwert.

Bewertung:

Die zwei Flächen der Gruppe 9 sind Brachestadien eines Molinietums. Die Flächen stehen im Übergangsbereich zwischen zwei verschiedenen, vom Wasserregime abhängigen Brachetypen:

Entstehung eines baumfreien, torfmoosgeprägten Zwischenmoores oder Entwicklung zum Moorwald auf Flachmoortorf (unter Einfluß des Mineralbodens).

5.1.3.3.1.2 Vergleich der Gruppen anhand der Nichtclustervariablen

Nach der Gruppenbildung mittels der Zeigerwerte und des Artenschutzwertes werden die gefundenen Gruppen jetzt bezüglich der Variablen verglichen, die nicht zur Gruppierung verwendet wurden. (Die Signifikanz der Unterschiede im Nährstoffgehalt des Pflanzenmaterials zwischen den einzelnen Untersuchungsflächen innerhalb der Gruppen kann den Kreuztabellen 3-5 entnommen werden.)

Ziel ist es, Zusammenhänge der die Vegetation und den Standort beschreibenden Clustervariablen mit dem Nährstoffgehalt des Pflanzenmaterials zu finden, die zur Indikation der Versorgungslage am Standort oder zur Prognose von Vegetationsänderungen dienen könnten.

Als wichtigste Nichtclustervariablen werden die Nährstoffgehalte der Pflanzen innerhalb der einzelnen Gruppen bezüglich signifikanter Unterschiede getestet.

Um eine möglichst große Stichprobenzahl zu erreichen, wurden für diesen Test die Mediane der Variablen aller Arten der Clustergruppe und nicht nur die Medianwerte der Variablen für die einzelnen Probeflächen verwendet. Die Medianwerte der Clustergruppen sind in Tabelle 12 dargestellt.

Kreuztabellen 11 a bis 11 e: Signifikanz der Variablenunterschiede zwischen den einzelnen Clustergruppen.

Kreuztab. 11 a: Nt-Gehalt des Pflanzenmaterials

	1	2	3	4	5	6	7	8
2	ns							
3	ns	ns						
4	ns	ns	ns					
5	ns	ns	ns	ns				
6	ns	ns	ns	ns	ns			
7	h**	ns	h*	h*	h*	sh		
8	h*	ns	ns	h***	ns	ns	g**	
9	ns	ns	ns	h**	ns	ns	g**	ns

Kreuztab. 11 b: Pt-Gehalt des Pflanzenmaterials

	1	2	3	4	5	6	7	8
2	ns							
3	sg	ns						
4	ns	ns	ns					
5	g*	sg	ns	ns				
6	sg	ns	ns	ns	sh			
7	ns	ns	h*	ns	h*	ns		
8	h***	h*	h***	h*	h***	h***	h**	
9	ns	ns	h*	ns	h***	h**	ns	g**

Tabelle 12

Medianwerte der Nährstoffgehalte im Pflanzenmaterial der Cluster-Gruppen

Nr.	Nt	S.E.	Pt	S.E.	Kt	S.E.	N/P	S.E.	mgNO ₃ ⁻ -N/gTG	S.E.
1	1.79	0.0606	0.968	0.0554	21.59	3.5738	1.76	0.1126	17.78	3.2332
2	1.86	0.2281	0.863	0.4027	14.82	2.7771	1.61	0.3291	27.00	9.3964
3	1.67	0.0866	1.666	0.2102	16.60	1.1980	1.15	0.0895	20.18	3.3198
4	2.14	0.2136	1.716	0.4682	8.56	3.8971	1.23	0.2165	30.34	6.3826
5	1.90	0.3089	1.870	0.3704	15.80	5.0258	0.79	0.0404	35.24	10.2884
6	2.00	0.1530	1.486	0.1351	25.51	3.4872	1.16	0.2742	19.91	17.0318
7	1.34	0.0808	0.812	0.0456	24.67	3.3053	1.83	0.1415	7.81	1.1460
8	1.62	0.0644	0.586	0.0736	13.45	0.6640	2.78	0.3811	17.05	4.0905
9	1.55	0.1184	0.834	0.0935	16.52	1.2817	1.90	0.2800	21.39	9.8554

Kreuztab. 11 c: Kt-Gehalt des Pflanzenmaterials

	1	2	3	4	5	6	7	8
2	ns							
3	ns	ns						
4	ns	ns	ns					
5	ns	ns	ns	ns				
6	ns	ns	sg	ns	ns			
7	ns	ns	ns	ns	ns	ns		
8	h***	ns	h*	ns	ns	h**	h***	-
9	h*	ns	ns	ns	ns	h**	h*	ns

5.1.3.3.1.2.1 Trockenrasen

Als signifikant werden beim folgenden Gruppenvergleich nur Unterschiede mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit $p < 0,05$ bezeichnet. Der Artenschutzwert und der Nährstoffzeigerwert werden als wichtige Kenngrößen mit der Bezeichnung der Gruppen in Klammern angegeben. Zeigerwerte, die für den Gruppenvergleich benutzt werden, unterscheiden sich um mindestens 0.2 Einheiten.

Vergleich der Gruppen 1 und 2:

Die Gruppe 1 (gut erhaltene Kalkmagerrasen, ASW: 15.3, NZW: 2.8, hoher Reaktions- und geringer Feuchtezeigerwert) unterscheidet sich signifikant durch ihre geringen Feuchte- und Nährstoff-, beziehungsweise ihren hohen Reaktionszeigerwert von der Gruppe 2 (wechselfeuchte Magerrasen, ASW: 12.8, NZW: 3.3). Bezüglich der Nährstoffmeßwerte unterscheiden sich die Gruppen nicht signifikant.

Bewertung:

Durch die Zeigerwerte werden geringe Unterschiede in der Bodenfeuchte, dem Säuregrad und dem Nährstoffbedürfnis der Pflanzen indiziert, die in den Nährstoffmeßwerten des Pflanzenmaterials nicht signifikant nachweisbar sind. Immerhin ist das N/P-Verhältnis bei der Gruppe 2 (wie aufgrund des geringen Artenschutzwertes zu erwarten) geringer.

Vergleich der Gruppen 1 und 3:

Die Gruppe 3 (langfristig eutrophierende Trockenrasen, ASW: 1.0, NZW: 3.6) unterscheidet sich signifikant von der Gruppe 1 (gut erhaltene Kalkmagerrasen, ASW: 15.3, NZW: 2.8, hoher Reaktions-, geringer Feuchtezeigerwert) durch ihren Artenschutzwert und Nährstoffzeigerwert. Bezüglich der Nährstoffmeßwerte unterscheiden sie sich zwar deutlich, aber nur gering signifikant durch ihren höheren Pt-Gehalt und ihr signifikant geringeres N/P-Verhältnis im Pflanzenmaterial.

Bewertung:

Da im Nt-Gehalt des Pflanzenmaterials kein signifikanter und im Pt-Gehalt nur ein gering signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen 1 und 3 festgestellt werden konnte, jedoch das N/P-Verhältnis einen hochsignifikanten Unterschied zeigt, wird angenommen, daß das Zusammenspiel der N- und P-Versorgung wichtiger ist als die Versorgung mit einem der beiden Elemente.

Die Vermutung, daß es sich beim Zusammenhang des Nt- und des Pt-Gehaltes im Pflanzenmaterial um eine multiple Beziehung handelt, wird noch (Kap. 5.3) weiter geprüft.

Die Zeigerwerte der Gruppe 3 indizieren einen geringeren pH-Wert und einen höheren Feuchtegrad am Standort. Diese beiden Faktoren sind vermutlich auf eine Weiterentwicklung des flachgründigen Trockenrasen-Bodens zurückzuführen.

Kreuztab. 11 d: N/P-Verhältnis des Pflanzenmat.

	1	2	3	4	5	6	7	8
2	ns							
3	h***	h*						
4	ns	ns	sg					
5	h***	h***	h*	h*				
6	h*	ns	ns	ns	ns			
7	ns	ns	g***	ns	g***	sg		
8	g***	g**	g***	g*	g***	g***	g***	-
9	ns	ns	g**	ns	g***	g*	ns	sh

Kreuztab. 11 e: Nitratgehalt des Pflanzenmat.

	1	2	3	4	5	6	7	8
2	ns							
3	ns	ns						
4	ns	ns	ns					
5	ns	ns	ns	ns				
6	ns	ns	ns	ns	ns			
7	ns	ns	h*	sh	ns	sh		
8	ns							
9	ns							

Im Vergleich von je zwei Standortgruppen werden nicht immer alle Variablen aus der Gruppenbeschreibung verwendet. Wenn eine Eigenschaft bei den zwei zu vergleichenden Gruppen gleich ist (z.B. hoher Artenschutzwert in beiden Gruppen) so wird dies beim Vergleich der beiden Gruppen nicht gesondert erwähnt. Andererseits werden Standorteigenschaften, die in der Gesamtheit aller Gruppen keine besondere Rolle spielen, gerade bei den zwei zu vergleichenden Gruppen aber ihre extreme Ausbildung besitzen, in den Vergleich dieser zwei Flächen einbezogen.

Da auch im Ähnlichkeitsdendrogramm die Trockenrasen und die Feuchtwiesen getrennt werden, und der Vergleich von einzelnen Feuchtwiesen- gruppen mit einzelnen Trockenrasen keine für die vorliegende Fragestellung interessanten Ergebnisse erwarten läßt, werden nur die Untergruppen innerhalb dieser zwei großen Einheiten miteinander verglichen.

Vergleich der Gruppen 1 und 4:

Die Gruppe 4 (Verbuschungsflächen, ASW: 12.0, NZW: 3.2, geringer Lichtzeigerwert) unterscheidet sich signifikant von der Gruppe 1 (gut erhaltene Kalkmagerrasen: ASW: 15.3, NZW: 2.8, geringer Feuchtezeigerwert) signifikant durch ihren höheren Lichtzeigerwert. Doch sie unterscheidet sich in keinem der gemessenen Nährstoffparameter signifikant.

Bewertung:

Die Verbuschung führte zwar offensichtlich zu einer Förderung von weniger lichtbedürftigen Arten, doch (bisher) nur zu einer geringfügigen Abnahme des Artenschutzwertes.

Der deutlich höhere Nt- und Pt-Gehalt, sowie das geringere N/P-Verhältnis des Pflanzenmaterials der Gruppe 4 können nicht signifikant abgesichert werden.

Doch die Reihung, die sich im N/P-Verhältnis ergibt, stimmt mit der am Artenschutzwert orientierten Reihung überein: Je höher der mittlere Artenschutzwert einer Gruppe, desto höher ist ihr N/P-Verhältnis im Pflanzenmaterial. Für die Korrelation des Artenschutzwertes mit dem N/P-Verhältnis des Pflanzenmaterials ergibt sich ein Korrelationskoeffizient $R = 0.8770$ (vgl. S. 49 Reihung).

Vergleich der Gruppen 1 und 5:

Die Gruppe 1 (gut erhaltene Kalkmagerrasen, ASW: 15.3, NZW 2.8, hoher Reaktions- und geringer Feuchtezeigerwert) unterscheidet sich signifikant von der Gruppe 5 (umgewandelte Trockenrasen, ASW: 0.0, NZW: 4.9, hoher Feuchtezeigerwert) durch ihren Artenschutzwert, sowie durch ihren höheren Kontinentalitäts-, beziehungsweise ihre geringeren Feuchte- und Nährstoffzeigerwerte. Ihr Pt-Gehalt im Pflanzenmaterial ist signifikant geringer und ihr N/P-Verhältnis hochsignifikant höher als das der Gruppe 5.

Bewertung:

Interessant ist, daß bei diesen extrem unterschiedlichen Gruppen kein signifikanter Unterschied im Nt-Gehalt des Pflanzenmaterials festgestellt werden kann. Der Pt-Gehalt zeigt einen signifikanten Unterschied, doch nur das N/P-Verhältnis des Pflanzenmaterials unterscheidet die Gruppen auf dem höchsten Signifikanzniveau.

Damit erweist sich das N/P-Verhältnis wieder als zuverlässigster der gemessenen Nährstoffparameter für die Indikation von Eutrophierungstendenzen und Vegetationsänderungen.

Durch den geringeren Kontinentalitäts- und den höheren Feuchtezeigerwert der Gruppe 5 wird ein gemäßigeres Kleinklima auf diesen "meliorierten" Standorten angezeigt.

Vergleich der Gruppen 2 und 3:

Die Gruppe 2 (wechselfeuchte Magerrasen, ASW: 12.8, NZW: 3.3, niedriger Reaktionszeigerwert, höherer Feuchtezeigerwert) unterscheidet sich

von der Gruppe 3 (langfristig eutrophierende Trockenrasen, ASW: 1.0, NZW: 3.6, erhöhter Temperaturzeigerwert) nur gering signifikant im Artenschutzwert, dem Nährstoff-, sowie ihrem geringeren Reaktionszeigerwert. Von den Nährstoffmeßwerten ist nur ihr N/P-Verhältnis signifikant unterschiedlich (höher).

Bewertung:

Das Ergebnis bestätigt wieder, daß ein hohes N/P-Verhältnis im Pflanzenmaterial kennzeichnend ist für eine optimale Versorgung der typischen Trockenrasenvegetation. Denn die Gruppe 2 besitzt einen höheren Artenschutzwert und ein höheres N/P-Verhältnis im Pflanzenmaterial als die Gruppe 3. Es zeigt sich, daß auch eine langsam erfolgende Änderung von Standort und Vegetation durch das N/P-Verhältnis des Pflanzenmaterials widerspiegelt wird.

Vergleich der Gruppen 2 und 4:

Die Gruppe 4 (Verbuschungsflächen, ASW: 12.0, NZW: 3.2) besitzt einen sehr ähnlichen Artenschutz- und Nährstoffzeigerwert wie Gruppe 2 (wechselfeuchte Magerrasen, ASW: 12.8, NZW: 3.2). Sie unterscheidet sich von Gruppe 2 durch ihre höheren Reaktions- und Kontinentalitätszeigerwerte, sowie durch ihren geringeren Lichtzeigerwert. Im Nährstoffgehalt des Pflanzenmaterials unterscheiden sie sich nicht signifikant. Doch tendenziell, das heißt statistisch nicht abgesichert, ist in Gruppe 2 der Pt-Gehalt des Pflanzenmaterials deutlich geringer und das N/P-Verhältnis deutlich höher.

Bewertung:

Daß die Gruppe 2 den typischen (ungestörten) Kalkmagerrasen näher steht als Gruppe 4, kommt nicht nur durch ihren etwas höheren Artenschutzwert, sondern auch durch ihr (allerdings nicht signifikant) höheres N/P-Verhältnis im Pflanzenmaterial zum Ausdruck. (Vergleiche auch die Vegetationstabelle, Anhang).

Vergleich der Gruppen 2 und 5:

Die Gruppe 2 (wechselfeuchte Magerrasen, ASW: 12.8, NZW: 3.3, geringer Reaktionszeigerwert) unterscheidet sich von der Gruppe 5 (umgewandelte Trockenrasen, ASW: 0.0, NZW: 4.9) durch ihren signifikant geringeren Pt-Gehalt und ihr hochsignifikant höheres N/P-Verhältnis im Pflanzenmaterial.

Bewertung:

Wie schon beim Vergleich der Gruppen 1 und 5 unterscheidet sich die Gruppe 5 am deutlichsten durch ihr signifikant geringeres N/P-Verhältnis im Pflanzenmaterial von der Magerrasengruppe (2). Obwohl zur Gruppe 5 Probeflächen mit ganz anderer Artenausstattung gehören (Fettwiesenarten), bestätigt sich auch in diesem Fall das N/P-Verhältnis im Pflanzenmaterial als Indikatorwert für die Ähnlichkeit mit der typischen Kalkmagerrasenvegetation.

Vergleich der Gruppen 3 und 4:

Die Gruppe 3 (langfristig eutrophierende Trockenrasen, ASW: 1.0, NZW: 3.6)) unterscheidet sich von der Gruppe 4 (Verbuschungsflächen, ASW: 12.0, NZW: 3.2, hoher Kontinentalitäts-, geringer Lichtzeigerwert) signifikant im Artenschutzwert, sowie in den Kontinentalitäts- und Lichtzeigerwerten. Gruppe 3 unterscheidet sich in keinem der für sich allein betrachteten Nährstoffgehalte signifikant von Gruppe 4, doch zeigt sie ein signifikant geringeres N/P-Verhältnis im Pflanzenmaterial.

Bewertung:

Das N/P-Verhältnis zeigt an, daß eine allmähliche, wengleich geringfügige, Nutzungsintensivierung tiefgreifender auf die Trockenrasenvegetation wirken kann als jahrelange Verbuschung infolge mangelnder Pflege. Der Nt- und der Pt-Gehalt des Pflanzenmaterials können für sich allein diese Standortbewertung nicht signifikant liefern und es deutet sich wieder eine synergistische Wirkung der Stickstoff- und der Phosphatversorgung an.

Vergleich der Gruppen 3 und 5:

Die Gruppe 3 (langfristig eutrophierende Trockenrasen, ASW: 1.0, NZW: 3.6) unterscheidet sich signifikant von der Gruppe 5 (umgewandelte Trockenrasen, ASW: 0.0, NZW: 4.9) im Artenschutzwert und im Nährstoffzeigerwert, sowie durch ihren geringeren Feuchte- und den höheren Kontinentalitätszeigerwert. Bezüglich der Nährstoffmeßwerte unterscheidet sie sich nur durch ihr höheres N/P-Verhältnis im Pflanzenmaterial. Der Nt- und auch der Pt-Gehalt der Gruppe 5 sind deutlich, doch nicht signifikant höher als in Gruppe 3.

Bewertung:

Obwohl die Gruppe 5 einen - wengleich statistisch nicht absicherbar - höheren Nt- und Pt-Gehalt im Pflanzenmaterial besitzt als die Gruppe 3 ist ihr N/P-Verhältnis geringer. Das bedeutet, daß die effektive P-Versorgung bei dem höheren Eutrophierungsgrad (wie er vom Nährstoffzeigerwert angezeigt wird) stärker erhöht ist als die effektive N-Versorgung der Pflanzen.

Vergleich der Gruppen 4 und 5:

Die Gruppe 4 (ASW: 12.0, NZW: 3.2, hoher Reaktionszeigerwert, sowie geringer Licht- und Kontinentalitätszeigerwert) unterscheidet sich von der Gruppe 5 (ASW: 0.0, NZW: 4.9, hoher Feuchtezeigerwert) signifikant im Artenschutzwert, sowie im Licht-, Kontinentalitäts- und im Feuchtezeigerwert. Sie unterscheidet sich auch signifikant durch ihr höheres N/P-Verhältnis im Pflanzenmaterial.

Bewertung:

Auch der Vergleich der Gruppen 4 und 5 bestätigt, daß sich das N/P-Verhältnis des Pflanzenmaterials mit der durch Artenschutz- und Nährstoffzeigerwert indizierten Eutrophierung und "Verschlechterung" der Vegetation gleichsinnig verändert. Eutrophierung und "Verschlechterung" der Vege-

tion gehen einher mit einer Abnahme des N/P-Verhältnisses des Pflanzenmaterials.

Eine Selbsteutrophierung, wie sie auf Trockenrasen beim Fortschreiten der Brache zu erwarten ist, bleibt in ihren Wirkungen auf die Vegetation weit hinter der intensiven, landwirtschaftlichen Nutzung zurück.

Zusammenfassung der Ergebnisse für die Trockenrasen:

Wie erwartet zeigt sich bei den Trockenrasen, daß ein Anstieg im Nährstoffzeigerwert mit einer Abnahme des Artenschutzwertes verbunden ist. Bereits durch geringe Intensivierung der Nutzung (Beweidung, Düngung) wird eine Weiterentwicklung des flachgründigen Bodens verursacht, die das Eindringen nährstoffbedürftiger Arten ermöglicht.

Stickstoff wird allgemein als ein, die Artenkombination wesentlich beeinflussender, Nährstoff angesehen. Eine so herausragende Bedeutung der tatsächlichen (effektiven) Stickstoffversorgung der Pflanzen konnte nicht gefunden werden. Denn der Unterschied im Nt-Gehalt des Pflanzenmaterials von Wirtschaftswiesen (auf ehemaligen Trockenrasenstandorten) einerseits und von Kalkmagerassen andererseits konnte nicht statistisch signifikant abgesichert werden, während der Unterschied im N/P-Verhältnis des Pflanzenmaterials hochsignifikant war.

Bedeutung des N/P-Verhältnisses im Pflanzenmaterial:

Es zeigt sich, daß das N/P-Verhältnis die meisten signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen aufweist. Der Zusammenhang von Nährstoffzeigerwert und Artenschutzwert mit dem N/P-Verhältnis wird deutlich, wenn die Gruppen nach ihrem abnehmenden N/P-Verhältnis aufgereiht werden.

Reihung der Trockenrasengruppen nach abnehmendem N/P-Verhältnis des Pflanzenmaterials:

Gruppe	1	2	4	3	5
N/P	1.76	1.61	1.23	1.15	0.79
Pt	0.97	0.86	1.72	1.67	1.87
Nt	1.79	1.86	2.14	1.67	1.90
Kt	21.60	14.80	8.60	16.60	15.80
ASW	15.3	12.8	12.0	1.0	0.0
NZW	2.8	3.3	3.2	3.6	4.9

Das abnehmende N/P-Verhältnis kann als Anzeiger für eine Verbesserung der effektiven Nährstoffversorgung der Vegetation betrachtet werden. Der Artenschutzwert wird als Maß für die "Vegetationsqualität" angesehen, und so deutet dieser Zusammenhang darauf hin, daß das N/P-Verhält-

nis möglicherweise als indirektes Maß für die zu erwartende "Vegetationsqualität" dienen kann.

Bei einer Entwicklung von Kalkmagerrasen zu Wirtschaftswiesen nimmt das N/P-Verhältnis kontinuierlich ab, obwohl auch ein erheblicher Wandel in der Artenausstattung erfolgt.

Das N/P-Verhältnis im Pflanzenmaterial erweist sich auch als guter Indikator für den Versorgungsgrad der Vegetation. Doch es deutet sich eine synergistische Wirkung von N- und P-Versorgung an, wobei zumindest bei Trockenrasen die effektive Phosphatversorgung der Pflanzen der einflussreichere Faktor zu sein scheint. Da aber die Erfassung einer synergistischen Wirkung durch die Bildung des Quotienten beider Faktoren nur andeutungsweise möglich ist, wird in Kap. 5.3 versucht, anhand einer multiplen Regressionsanalyse die Wechselwirkung der N- und P-Versorgung einzugrenzen.

Auswirkungen von Brache oder Nutzungsintensivierung:

Es fällt auf, daß die Verbuschungsgruppe eine höhere effektive Nährstoffversorgung aufweist als durch den Nährstoffzeigerwert der Vegetation zu erwarten wäre. Durch die Standortänderung mit der Verbuschung, beziehungsweise mit der Beseitigung des Gehölzaufwuchses durch gezielte landschaftspflegerische Maßnahmen, ist die Nährstoffversorgung der Pflanzen verbessert worden. Hier liegt ein Fall der "Überernährung" der noch vorhandenen Trockenrasenvegetation vor, dem eine Verschiebung im Artenspektrum folgen wird. Verbuschung fördert bereits in den ersten Stadien die Ausbreitung von weniger lichtbedürftigen Arten, die jedoch auch zu einem höheren Arten-

schutzwert der Fläche beitragen können (z.B. *Convallaria*, *Polygonatum*).

Verbuschung schützt vor Einstrahlung und Austrocknung und führt daher zu einem günstigeren Wasserhaushalt der Trockenrasen. Dies kann auch der Grund sein, daß zwischen den zwei Gruppen "Verbuschungsflächen" und "wechselfeuchte Magererrasen" kein signifikanter Unterschied in der effektiven Nährstoffversorgung (gemessen am N/P-Verhältnis im Pflanzenmaterial) nachgewiesen werden konnte.

Bei den untersuchten Flächen wirkte sich bereits eine geringe landwirtschaftliche Intensivierung viel stärker auf die Vegetation aus (Verschiebung im Artenspektrum) als die ersten Stadien der Verbuschung.

Zur besseren Übersicht lassen sich die Beziehungen zwischen den Gruppen noch einmal als Diagramm darstellen (Abb. 8).

5.1.3.1.2.2 Feuchtwiesen

In den Feuchtwiesen kann die effektive Versorgung von anderen Faktoren als bei den Trockenrasen bestimmt sein. Der Wasserhaushalt beeinflusst Durchlüftung und Temperatur des Bodens und kann durch die Torfbildung eine ganz andere Bodenstruktur erzeugen. Daher muß der Vergleich der Feuchtwiesen zunächst unabhängig von den Ergebnissen aus dem Vergleich der Trockenrasengruppen interpretiert werden.

Vergleich der Gruppen 6 und 7:

Die Gruppe 6 (wechselfeuchte Magerwiesen, ASW: 23.0, NZW: 2.9, höherer Reaktions- und geringer Feuchtezeigerwert) unterscheidet sich

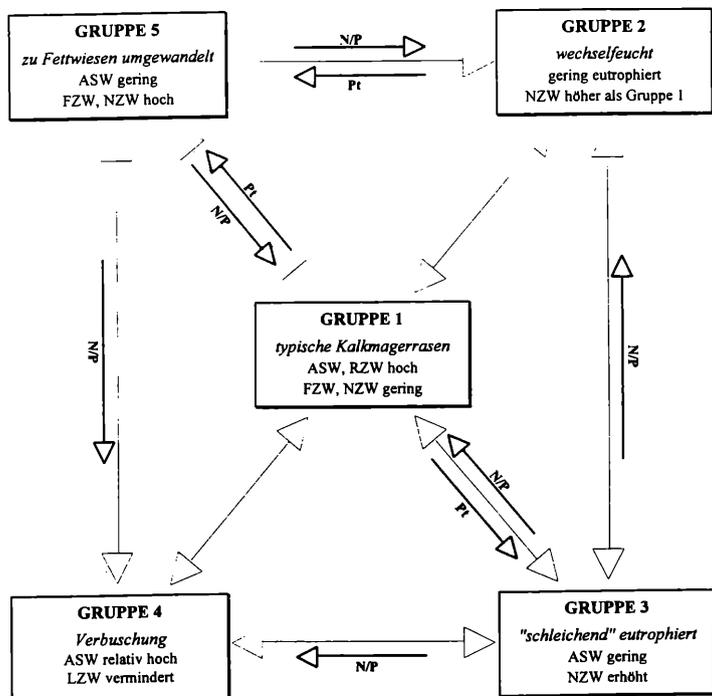


Abbildung 8

Schematische Darstellungen der Beziehungen zwischen den Gruppen

(Erläuterung: siehe Abb. 2)

von der Gruppe 7 (nährstoffreiche Feuchtwiesen, ASW: 15.5, NZW: 2.6) nur gering signifikant im Artenschutzwert, Feuchtezeigerwert, sowie durch ihren höheren Nt- und NO₃-Gehalt, beziehungsweise ihr geringeres N/P-Verhältnis im Pflanzenmaterial.

Bewertung:

Der höhere Artenschutzwert von einer der einander sonst ziemlich ähnlichen Gruppen geht mit einem gering höheren Reaktions- und einem etwas niedrigeren Feuchtezeigerwert einher. Geringere Bodenfeuchte und höherer pH-Wert verbessern allgemein auf Feuchtwiesen die Nährstoffversorgung der Pflanzen, was auch durch den höheren Nährstoffzeigerwert in der Gruppe indiziert wird. Die bessere Versorgung zeigt sich auch im höheren Pt- und im signifikant höheren Nt-Gehalt des Pflanzenmaterials.

Anders als bei den Trockenrasen ist hier das N/P-Verhältnis des Pflanzenmaterials bei der Gruppe mit geringem Artenschutzwert höher. Im Bereich der Feuchtwiesen scheint dieser Wert, der von der Anzahl geschützter oder gefährdeter Pflanzen abhängt, nicht so gut zur Beschreibung der "Vegetationsqualität" geeignet zu sein wie bei den Trockenrasen.

Dieser Befund muß jedoch noch anhand der anderen Feuchtwiesengruppen geprüft werden, denn die Vegetation der Gruppe 6 steht den Trockenrasen nahe und der Vergleich mit den "reinen" Feuchtwiesen kann durch andere Faktoren, die zwischen Trockenrasen und Feuchtwiesen grundsätzlich verschieden sind, überlagert werden.

Vergleich der Gruppen 6 und 8:

Die Gruppe 6 (wechselfeuchte Magerwiesen, ASW: 23.0, NZW: 2.9, geringer Feuchtezeigerwert) unterscheidet sich von der Gruppe 8 ("verhochmoorende" Feuchtwiesen, ASW: 24.5, NZW: 2.4, geringer Reaktionszeigerwert) hochsignifikant durch ihren höheren Pt- und ihren höheren Kt-Gehalt im Pflanzenmaterial. Das N/P-Verhältnis ihres Pflanzenmaterials ist hochsignifikant geringer als das der Gruppe 8.

Bewertung:

Nicht nur der Pt- sondern auch der Nt-Gehalt im Pflanzenmaterial ist bei Gruppe 6 höher, wenngleich nicht signifikant. Doch das N/P-Verhältnis ist hochsignifikant geringer als in Gruppe 8. Das bedeutet, daß der Pt-Gehalt des Pflanzenmaterials stärker erhöht ist als sein Nt-Gehalt.

Die Gruppe 6 nimmt eine vermittelnde Stellung zu den Trockenrasen ein, während Gruppe 8 die klassischen Feuchtwiesen vereinigt. Beide sind etwa gleichwertig im (hohen) Artenschutzwert und so können die hier gefundenen Unterschiede als die trennenden Eigenschaften der trockenen zu den wechselfeuchten Mesobrometen, wie sie vor allem im Hardtwiesengebiet zu finden sind, angesehen werden.

Der Unterschied im Kt-Gehalt ist ein Hinweis auf

die Tendenz, daß der Kt-Gehalt im Pflanzenmaterial bei Feuchtwiesen generell etwas höher ist als bei Trockenrasen.

Vergleich der Gruppen 6 und 9:

Die Gruppe 6 (wechselfeuchte Magerwiesen, ASW: 23.0, NZW: 2.9, hoher Reaktions- und geringer Feuchtezeigerwert) unterscheidet sich von der Gruppe 9 (Molinia-Brachen, ASW: 6.25, NZW: 2.1, geringer Temperatur- und hoher Kontinentalitätszeigerwert) durch den signifikant höheren Pt- und Kt-Gehalt, sowie durch das geringere N/P-Verhältnis ihres Pflanzenmaterials.

Bewertung:

Die Gruppe 9 fällt in vielen Eigenschaften aus dem Rahmen der anderen Feuchtwiesen. Grund dafür ist die weit fortgeschrittene Verbrachung und Verwässerung dieser ehemaligen Feuchtwiesen.

Die Nährstoffarmut des Pflanzenmaterials ist vermutlich durch die Abkopplung vom Mineralboden (Torfanreicherung) begründet. Daher unterscheidet sie sich von der, zu den Trockenrasen vermittelnden, Gruppe 6 vor allem in ihrer Bodenstruktur, so daß die Unterschiede im Nährstoffgehalt hauptsächlich durch die zwei Bodentypen begründet sind. Wie zu erwarten, ist die Mineralstoffernährung auf dem mineralischen Boden höher als auf dem Torfboden.

Vergleich der Gruppen 7 und 8:

Die Gruppe 7 (nährstoffreiche Feuchtwiesen, ASW: 15.5, NZW: 2.6) unterscheidet sich von der Gruppe 8 ("verhochmoorende" Feuchtwiesen, ASW: 8.0, NZW: 2.4, geringer Reaktionszeigerwert) durch ihren hochsignifikant geringeren Nt-, und ihren hochsignifikant höheren Pt- und Kt-Gehalt im Pflanzenmaterial. Das N/P-Verhältnis ihres Pflanzenmaterials ist hochsignifikant geringer als das der Gruppe 8.

Bewertung:

Die Unterschiede in den Zeigerwerten indizieren, daß die Gruppe 7 stärker vom Kontakt zum Mineralboden geprägt ist: Ihr Feuchtezeigerwert ist geringer, ihr Temperatur- und Reaktionszeigerwert sind etwas höher als bei Gruppe 8. Dies trägt neben einer etwas intensiveren landwirtschaftlichen Nutzung (Melioration) zu ihrer besseren effektiven Nährstoffversorgung bei, die auch durch den höheren Nährstoffzeigerwert indiziert wird. Das geringere N/P-Verhältnis steht im Zusammenhang mit der weniger typischen Ausbildung der Feuchtwiesenflora ("geringere Vegetationsqualität").

Ähnlich wie bei den Trockenrasen ist in diesem Fall das höhere N/P-Verhältnis als Indikationswert für "bessere" Vegetationsqualität zu werten, und ist hier möglicherweise dem Artenschutzwert überlegen, der bei der "Verhochmoorung" (Artenverarmung) nicht mehr so aussagekräftig für die Vegetation sein kann.

Vergleich der Gruppen 7 und 9:

Die Gruppe 7 (nährstoffreiche Feuchtwiesen, ASW: 15.5, NZW: 2.6) unterscheidet sich von der Gruppe 9 ("Molinia-Brachen" mit Verbuschungstendenz, ASW: 6.25, NZW: 2.1, geringe Temperatur- und Reaktions-, aber hohe Kontinentalitäts- und Feuchtezeigerwerte) durch ihren hochsignifikant geringeren Nt- und ihren höheren Kt-Gehalt im Pflanzenmaterial. Ihr N/P-Verhältnis ist sehr ähnlich.

Bewertung:

Die Gruppe 9 könnte als weiterführendes Brachestadium der Gruppe 7 interpretiert werden. Der durch die Brache offensichtlich geförderte hohe Nt-Gehalt der Pflanzen scheint bei den typischen Feuchtwiesen ein Zeichen für die Anreicherung von organischem Material im Boden zu sein. Während in Gruppe 9 auch der Kt-Gehalt im Pflanzenmaterial höher liegt, ist ihr Pt-Gehalt dem der Gruppe 7 sehr ähnlich.

Dieses Ergebnis deutet darauf hin, daß in Torfböden die effektive P-Versorgung geringer oder zumindest nicht besser ist als auf mineralischen Böden, während die effektive Stickstoffversorgung nicht zwingend durch die Torfanreicherung verschlechtert, sondern in manchen Fällen (Niedermoortorf) sogar verbessert werden kann.

Vergleich der Gruppen 8 und 9:

Die Gruppe 8 ("verhochmoorende" Feuchtwiesen, ASW: 24.5, NZW: 2.4, hoher Lichtzeigerwert) unterscheidet sich von der Gruppe 9 ("Molinia-Brachen", ASW: 6.25, NZW: 2.1, geringer Temperatur- und Reaktions-, sowie hoher Feuchtezeigerwert) durch den hochsignifikant geringeren Pt-Gehalt und das höhere N/P-Verhältnis im Pflanzenmaterial.

Bewertung:

Durch die Zeigerwerte werden für die Gruppe 9 ein geringerer pH-Wert und eine geringere Standorttemperatur sowie Lichtmangel angezeigt. Diese Faktoren stehen vermutlich in Zusammenhang mit der Artenarmut der Gruppe 9. Obwohl Brachflächen meist artenreich sind, kennzeichnet die Gruppe 9 eine ausgeprägte Artenarmut. Eine wesentliche Ursache dafür könnte das starke vegetative Wachstum der dominanten Art (*Molinia caerulea*) sein, durch das kleinere, lichtbedürftige Arten verdrängt werden.

Zusammenfassung der Ergebnisse:

Auch für die Feuchtwiesengruppe scheint das N/P-Verhältnis im Pflanzenmaterial eine ähnliche Bedeutung zu haben wie für die Trockenrasen. Generell ist es bei Feuchtwiesen höher als bei den Trockenrasen, was auf eine insgesamt bessere effektive Nährstoffversorgung der Trockenrasen schließen läßt. So steht eine, (in der Artenkombination) zu den Trockenrasen vermittelnde, Gruppe auch im N/P-Verhältnis zwischen den Trockenrasen und Feuchtwiesen vergleichbarer "Vege-

tationsqualität".

Die Sonderstellung der Gruppe 6 (zwischen Trockenrasen und Feuchtwiesen) wird auch im N/P-Verhältnis ihrer Vegetation deutlich: Das geringere N/P-Verhältnis der Gruppe 6 paßt, gemessen am Artenschutz- und am Nährstoffzeigerwert, besser zu den trockenen Flächen als zu den Feuchtwiesen, denn Trockenrasen zeigen allgemein ein geringeres N/P-Verhältnis als Feuchtwiesen.

Die mit der "Verhochmoorung" einhergehende Nährstoffarmut zeigt sich auch in einer Zunahme des N/P-Verhältnisses im Pflanzenmaterial. Brache, die zum Verbuschen führt, ist hingegen von einer Abnahme des N/P-Verhältnisses begleitet, was auf eine Verbesserung der effektiven Nährstoffversorgung schließen läßt.

Die Mahd spielt auf den Feuchtwiesen eine wichtige Rolle, da die typischen Streuwiesenarten eine starke vegetative Vermehrung zeigen, und dadurch die vegetationsbestimmende Rolle der effektiven Nährstoffversorgung überlagert werden kann. Die Abweichung des Artenschutzwertes der Gruppe 9 in der nach abnehmendem N/P-Verhältnis geordneten Reihung der Feuchtwiesengruppen ist vermutlich auf das übermächtige vegetative Wachstum von *Molinia* zurückzuführen, das trotz der geeigneten (mageren) effektiven Nährstoffversorgung viele gefährdete Arten verdrängt (die zum hohen Artenschutzwert beitragen könnten).

Es zeigt sich die Tendenz, daß Torfanreicherung zu einer relativen Verbesserung der effektiven N-Versorgung und gleichzeitiger Abnahme der effektiven P-Versorgung führt (gemessen an den Nt- und Pt-Gehalten im Pflanzenmaterial).

Eine Erklärung bietet die naturgemäß geringere Artenzahl der schützenswerten Zwischen- und Hochmoorflächen, deren Artenschutzwert unabhängig von der "Qualität" der Vegetation nie in einen mit den artenreichen Trockenrasen vergleichbaren Bereich vordringen kann.

Aufreihung der Feuchtwiesengruppen nach abnehmendem N/P-Verhältnis:

Gruppe	8	9	7	6
N/P	2.78	1.90	1.83	1.16
Pt	0.59	0.83	0.81	1.49
Nt	1.62	1.55	1.34	2.00
Kt	13.50	16.50	24.70	25.50
ASW	24.5	6.3	15.5	23.0
NZW	2.4	2.1	2.6	2.9

Die im N/P-Gehalt angezeigte effektive Ernährung der Pflanzen entspricht auf den Feuchtwiesen nicht dem Artenschutzwert. Sie geht - mit einer Ausnahme (Gr. 9) - parallel mit dem Nährstoffzeigerwert in der Reihe "Verhochmoorende Feuchtwiesen (8) - Molinia-Brachen (9) - nährstoffreiche Feuchtwiesen (7) - wechselfeuchte Magerwiesen (6)".

Diese Reihung bestätigt die Vorstellung, daß Brache und Verhochmooren von Feuchtwiesen zur Abnahme der effektiven Phosphatversorgung beitragen, während Bewirtschaftung und Trockenheit die effektive Nährstoffversorgung der Vegetation stark erhöhen können.

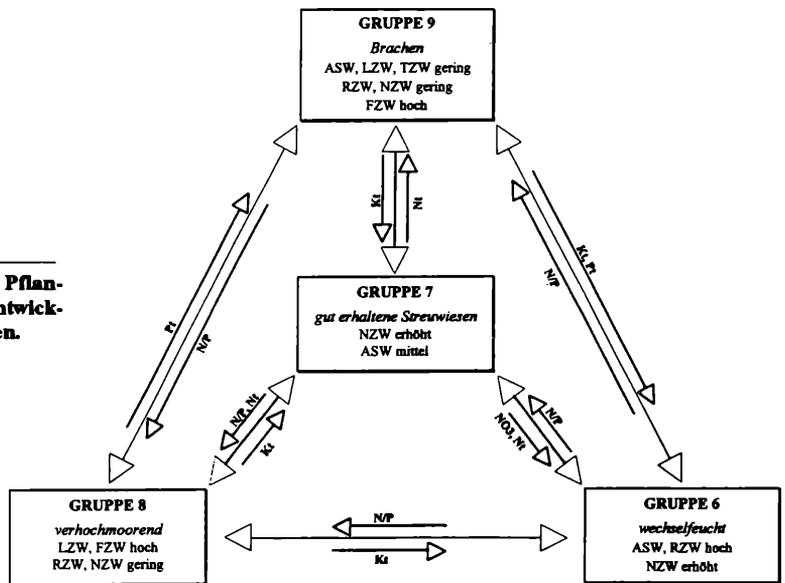
Dieser Zusammenhang kann als Bestätigung für die Aussagekraft des N/P-Verhältnisses bezüglich der effektiven Nährstoffversorgung auch auf den Feuchtwiesen interpretiert werden.

Zu besserer Übersicht werden die Beziehungen zwischen den Gruppen noch einmal als Diagramm dargestellt (Abb. 9).

Abbildung 9

Verhalten der Nährstoffmeßgrößen im Pflanzenmaterial zwischen verschiedenen Entwicklungsstufen (Gruppen) der Feuchtwiesen.

(Erläuterung: siehe Abb. 2)



5.1.4 Diskussion

5.1.4.1 Diskussion und Vergleich der verschiedenen Ähnlichkeitsanalysen

Die drei verschiedenen Arten der Ähnlichkeitsanalyse ergeben Gruppen unterschiedlicher Homogenität:

Die Gruppenbildung anhand von Differentialartengruppen (Auswertung der Stetigkeitstabelle) ergibt für die stabilen Standorte relativ homogene Gruppen. Die Vegetation der Standorte, die sich gerade verändern, kann jedoch nur sehr schwer zu homogenen Gruppen zusammengefaßt werden und führt auch hier zu einer geringeren Signifikanz der Differenzen der Nährstoffgehalte und der mittleren Zeigerwerte zwischen den einzelnen Gruppen.

Andererseits scheint hier die ansonsten problematische Entscheidung, ob ein Standort und seine Vegetation im Gleichgewicht und daher stabil sind, eher möglich als durch die anderen Ähnlichkeitsanalysen. Denn lückenhafte Differentialartengruppen einzelner Probestellen in der Stetigkeitstabelle weisen auf aktuelle Verschiebungen im Artenspektrum hin.

In der Clusteranalyse anhand der Variablen der Versorgungskapazität werden nur die dreizehn

der untersuchten dreißig Standorte behandelt, für die Bodenuntersuchungen vorliegen. Da diese Probestellen möglichst alle Varianten von Standorttypen repräsentieren sollten, sind auch die Cluster relativ inhomogen. Die große Varianz innerhalb der Gruppen verursacht die geringe Zahl signifikanter Differenzen bezüglich der nicht zur Clusterbildung verwendeten Variablen.

Die homogensten Gruppen ergeben sich durch die Clusteranalyse anhand der Zeigerwerte und des Artenschutzwertes. Die Nichtclustervariablen zeigen hier die am stärksten signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen, was ein Zeichen

für Homogenität innerhalb der Gruppen und für eine gut gelungene Abgrenzung zwischen den Gruppen ist. Da die Pflanzenarten nicht berücksichtigt werden, sondern nur ihre Standortansprüche, werden auch die Gruppen der Standorte gut erfaßt, die sich gerade in Veränderung befinden und daher in ihrer Artenzusammensetzung nicht mehr einheitlich sind.

5.1.4.2 Bedeutung der Meßgröße "Nährstoffgehalt" im Pflanzenmaterial und limitierende Nährstoffe

In den beiden Standorttypen "Feuchtwiesen" und "Trockenrasen" ergeben sich Unterschiede bezüglich der Faktoren, die die Artenkombination beeinflussen. Während Phosphat auf den Trockenrasen der bei weitem am stärksten limitierende (vegetationsbestimmende) Nährstoff zu sein scheint, deutet sich auf den Feuchtwiesen auch ein Zusammenhang der "Vegetationsqualität" mit der effektiven Stickstoffversorgung an.

Es ergeben sich jedoch auch viele Hinweise darauf, daß weder Stickstoff noch Phosphat allein limitierende Nährstoffe sind, sondern daß beide gemeinsam betrachtet werden sollten. So ergibt dann das N/P-Verhältnis auch eine bessere Diffe-

renzung zwischen Standortgruppen sowohl der Trockenrasen als auch der Feuchtwiesen, wenn gleich diese Abgrenzung der Standortgruppen tendenziell immer noch bei den Trockenrasen eindeutiger erscheint.

Das Zusammenwirken von Phosphat und Stickstoff für die effektive Ernährung der Pflanzen kann unterschiedlich verursacht werden: Die positive Wirkung von Phosphat auf die effektive Stickstoffversorgung der Pflanzen könnte entweder durch Phosphat im Boden verursacht werden (was sich in der Auswertung Clusteranalyse mit den Variablen der Nährstoffkapazität des Bodens andeutet). Oder sie könnte durch Auswirkungen von Phosphat auf die Stickstoffaufnahme (und -weiterverarbeitung) in der Pflanze bedingt werden (wie man aus der Auswertung der Clusteranalyse mit vegetationskundlichen Variablen folgern könnte). Möglicherweise sind auch beide Wirkungsweisen gegeben. Nach welchen Mechanismen die fördernde Wirkung von Phosphat verursacht werden könnte, kann hier nicht geklärt werden.

Wenn Stickstoff und Phosphat ausreichend für nährstoffbedürftigere Arten verfügbar sind, und nur wenig Kalium verfügbar ist (was sehr selten der Fall zu sein scheint), dann kann eventuell auch Kalium die Rolle des limitierenden Nährstoffes übernehmen. Dieser Befund erscheint zwar ungewöhnlich, doch konnte kein anderer Standortfaktor gefunden werden, der limitierend auf die Vegetation und zugleich auf die Verfügbarkeit von Kalium wirkt, so daß ein kausaler Zusammenhang in Erwägung gezogen werden muß.

5.1.4.3 Denkbare Indikatorfunktionen

Allgemein gilt, daß die Unterschiede der nicht zur Gruppenbildung verwendeten Variablen, die signifikant sind, in einem begrenzten Umfang auch zur Indikation der Gruppenzugehörigkeit von neuen Flächen verwendet werden können. So können unter Umständen innerhalb der Clusteranalyse mit Variablen der "Nährstoffkapazität" (Kap. 5.1.3.1) signifikante Unterschiede der Standortansprüche von Pflanzenarten und signifikante Unterschiede der effektiven Nährstoffversorgung zur Einordnung weiterer Flächen benutzt werden, von denen keine Messungen zur "Nährstoffkapazität" vorliegen.

Auch bei den Gruppen der Stetigkeitstabelle könnten die effektive Nährstoffversorgung (Nährstoffgehalt im Pflanzenmaterial) oder die Standortansprüche der Pflanzenarten zur Gruppenzuordnung weiterer Probeflächen herangezogen werden.

Die Zuordnung weiterer Probeflächen zu Gruppen aus der Clusteranalyse nach vegetationskundlichen Daten kann auch durch Nährstoffgehalte der Pflanzen erreicht werden, wenn diese sich für die einzelnen Gruppen signifikant unterscheiden.

5.1.4.4 Bedeutung anderer Standortfaktoren für die Pflanzenartenkombination

Standorttemperatur, Säuregrad und Feuchtigkeit sind neben den Pflegekriterien die wichtigsten Faktoren, die eine limitierende Wirkung auf die Vegetation ausüben können. Es deutet sich an, daß der Säuregrad und die Standorttemperatur ihrerseits vor allem wieder auf die effektive P-Versorgung der Pflanzen wirken.

Wenn ein limitierender Faktor sich so verändert, daß er keine limitierende Wirkung mehr besitzt, so ändert sich die Vegetation so lange, bis wieder ein Standortfaktor in das Minimum gerät und die weitere Veränderung der Vegetation begrenzt.

5.2 Korrelationsanalyse

Die Zusammenhänge der gemessenen Variablen untereinander lassen sich am besten in Form einer Korrelationsmatrix darstellen. Es werden die Korrelationskoeffizienten zwischen den Variablen in Tabellenform aufgelistet und je nach Signifikanzniveau mit * ($p < 0.01$) oder ** ($p < 0.001$) gekennzeichnet. Da die Daten von der Normalverteilung abweichen, wurden Rangkorrelationen (Pearsons Rangkoeffizient) errechnet (s. Kap. 3.4).

Die Probeflächen können als Reihe von Trockenrasen über wechselfeuchte Magerwiesen bis hin zu typischen Streuwiesen betrachtet werden. Dann ist es sinnvoll, zur Korrelationsanalyse alle Flächen zusammen zu verwenden.

Sie können aber auch als zwei große Gruppen (Trockenrasen und Feuchtwiesen) angesehen werden, zwischen denen die wechselfeuchten Flächen eine vermittelnde Position einnehmen. Dann müssen die Gruppen getrennt in die Korrelationsanalyse eingehen.

Da beide Betrachtungsweisen zu unterschiedlichen Ergebnissen führen können, werden mehrere Korrelationsanalysen durchgeführt. Es ergeben sich folgende Matrizen:

- Tab. 13: Korrelationen aller Flächen
- Tab. 14: Korrelationen nur der Trockenrasen
- Tab. 15: Korrelationen nur der Feuchtwiesen (und wechselfeuchten Flächen)
- Tab. 16: Korrelationen nur der "typischen Streuwiesen".

Die wechselfeuchten Flächen mit Streuwiesencharakter sind schwierig einzuordnen und werden zunächst in der Feuchtwiesengruppe erfaßt (vgl. auch Kap. 5.1.4). Um Fehlinterpretationen durch diese, zu den Trockenrasen vermittelnde Gruppe zu vermeiden, werden in einer weiteren Korrelationsmatrix nur die "typischen" Streuwiesen berücksichtigt (Tab. 16). Als "typische" Streuwiesen werden die Flächen der Gruppen 7 (nährstoffreiche Feuchtwiesen), 8 ("verhochmoorende"

Feuchtwiesen) und 9 (Molinia-Brachen) der Clusteranalyse mit vegetationskundlichen Daten verwendet (s.Kap 5.1.4).

5.2.1 Ergebnisse

In der Tabelle 13 sind die Korrelationen der einzelnen Variablen auf allen 30 Untersuchungsflächen dargestellt. Für die Auswertung werden signifikante Korrelationen mit einem Koeffizienten $R > 0.5$ berücksichtigt. Andere Korrelationen werden nur ausgewertet, wenn sie von besonderer Bedeutung sind.

Die wichtigsten Korrelationen mit der Artenzahl, dem Nährstoffzeigerwert, dem Artenschutzwert, sowie dem Nt- und dem Pt-Gehalt des Pflanzenmaterials sollen ausführlicher betrachtet werden. (Wenn diese Variablen auch untereinander korreliert sind, werden diese Korrelationen für beide Variablen aufgeführt.)

Anteil Charakterarten		
/Artenschutzwert:		$R = 0.7118^{**}$
Artenzahl	/Temperaturzeigerwert:	$R = 0.5553^{**}$
	/Feuchtezeigerwert:	$R = -0.6790^{**}$
	/Reaktionszeigerwert:	$R = 0.6069^{**}$
Nährstoffzeigerwert		
/Lichtzeigerwert:		$R = -0.6350^{**}$
/Temperaturzeigerwert:		$R = 0.6298^{**}$
/Reaktionszeigerwert:		$R = 0.5338^{**}$
/Artenschutzwert:		$R = -0.6071^{**}$
/Pt-Gehalt der Pflanzen:		$R = 0.7067^{**}$
/Nt-Gehalt der Pflanzen:		$R = 0.3819$
Artenschutzwert		
/Anteil Charakterarten:		$R = 0.7118^{**}$
/Nährstoffzeigerwert:		$R = -0.6071^{**}$
/Pt-Gehalt der Pflanzen:		$R = -0.5316^{*}$
/Nt-Gehalt der Pflanzen:		$R = -0.0474$
Nt-Gehalt der Pflanzen		
/Temperaturzeigerwert:		$R = 0.5416^{**}$
/Feuchtezeigerwert:		$R = -0.5427^{**}$
/Reaktionszeigerwert:		$R = 0.5437^{**}$
/C/N der Pflanzen:		$R = -0.8580^{**}$
/Pt-Gehalt Pflanzen:		$R = 0.5805^{**}$
Pt-Gehalt der Pflanzen		
/Temperaturzeigerwert:		$R = 0.6252^{**}$
/Nährstoffzeigerwert:		$R = 0.7067^{**}$
/Artenschutzwert:		$R = -0.5316^{*}$
/Nt-Gehalt Pflanzen:		$R = 0.5805^{**}$

Die aufgeführten Korrelationskoeffizienten stammen aus der Korrelationsmatrix für alle dreißig Standorte. Kritische Ergebnisse können nachfolgend anhand der nach Gruppen aufgeteilten Korrelationstabellen 14 - 16 geprüft werden.

Es zeigt sich, daß sowohl der Nährstoffzeigerwert als auch der Artenschutzwert nur sehr gering mit dem Nt-Gehalt des Pflanzenmaterials korreliert sind. Der Pt-Gehalt des Pflanzenmaterials hinge-

gen zeigt eine signifikante Korrelation mit dem Artenschutzwert ($R = -0.53^{*}$) und eine noch engere Korrelation mit dem Nährstoffzeigerwert ($R = 0.71^{**}$). Das bedeutet, daß die effektive Stickstoffversorgung in keinem nachweisbaren Zusammenhang mit dem Nährstoffzeigerwert steht, während die effektive Phosphatversorgung sich deutlich im Nährstoffzeigerwert ausdrückt: Je höher die effektive P-Versorgung ist, desto höher ist auch der Nährstoffzeigerwert.

Daß die Korrelation des Pt-Gehaltes mit dem Artenschutzwert geringer ist als die mit dem Nährstoffzeigerwert, ist einleuchtend, denn auf den Artenschutzwert wirken noch viele andere Faktoren als nur die vom Nährstoffzeigerwert indizierte effektive Nährstoffversorgung. Und nicht einmal die effektive Nährstoffversorgung ist durch den Pt-Gehalt vollständig erfaßt.

Kalium im Pflanzenmaterial zeigt hier keinen Zusammenhang mit Artenschutzwert und Nährstoffzeigerwert.

Da Charakterarten vielfach auch schützenswerte Arten sind, ist ihr prozentualer Anteil deutlich mit dem Artenschutzwert korreliert. Es kann jedoch keine Variable gefunden werden, die den Anteil an Charakterarten wesentlich beeinflusst. Offensichtlich sind andere als die gemessenen Faktoren für den Anteil an Charakterarten entscheidend, und möglicherweise handelt es sich um unterschiedliche Faktoren in den beiden Standorttypen.

Der Feuchte- und der Reaktionszeigerwert sind mit dem Nährstoffzeigerwert korreliert. Beide stehen miteinander in enger Beziehung ($R = 0.84^{**}$). Das bedeutet, daß sie offensichtlich (vermutlich in synergistischer Wirkung) einen erheblichen Einfluß auf die Nährstoffversorgung der Pflanzen ausüben.

Erläuterung der Variablen der Tabellen 13 - 16 :

SUMCH	Summe der vorhandenen Charakterarten der als schützenswert eingestuften Pflanzengemeinschaften.
PROCH	prozentualer Anteil dieser Arten an der Gesamtartenzahl
ARTENZA	Gesamtartenzahl
LZW	Lichtzeigerwert
TZW	Temperaturzeigerwert
KZW	Kontinentalitätszeigerwert
FZW	Feuchtezeigerwert
RZW	Reaktionszeigerwert
NZW	Nährstoffzeigerwert
GEFSCH	Artenschutzwert
NTPM	mittlerer Nt-Gehalt im Pflanzenmaterial
CNPM	mittleres C/N-Verhältnis des Pflanzenmaterials
PTPM	mittlerer Pt-Gehalt des Pflanzenmaterials
KTPM	mittlerer Kt-Gehalt im Pflanzenmaterial

Das vorangestellte "R_" bedeutet, daß für alle Variablen die Rangkorrelationen berechnet wurden (vgl. Kap. 3.4).

Tabelle 13

Korrelationsmatrix für alle 30 Probestellen

Correlations:	R_PROCH	R_ARTZAH	R_LZW	R_TZW	R_KZW	R_FZW	R_RZW	R_NZW	R_GEFSCH	R_NTPM	R_CNPM	R_PTPM	R_KTPM
R_PROCH	1.0000	.3588	.1741	.0338	.3631	-.3708	.2927	-.4156	.7118**	.1341	-.2511	-.2686	.0403
R_ARTZAH	.3588	1.0000	-.4854*	.5553**	.2112	-.6790**	.6069**	.3142	.2077	.4084	-.3954	.1222	-.0855
R_LZW	.1741	-.4854*	1.0000	-.6940**	-.2932	.6241**	-.5061*	-.6350**	.4880*	-.4727*	.4712*	-.4855*	.0333
R_TZW	.0338	.5553**	-.6940**	1.0000	.1248	-.8456**	.8121**	.6298**	-.3708	.5416**	-.4009	.6252**	-.2575
R_KZW	.3631	.2112	-.2932	.1248	1.0000	-.2986	.1471	-.3479	.1999	.1820	-.2864	-.1741	-.0052
R_RZW	-.3208	-.6790**	.6241**	-.8456**	-.2986	1.0000	-.8459**	-.4672*	.1070	-.5427**	.5227*	-.3829	.0660
R_CNPM	.2927	.6069**	-.5061*	.8121**	1.0000	.5338*	1.0000	.5338*	-.0888	.5437**	-.5401*	.4722*	.0033
R_PTPM	-.4156	.3142	-.6350**	.6298**	-.3479	-.4672*	.5338*	1.0000	-.6071**	.3819	-.2346	.7067**	.1126
R_KTPM	.7118**	.2077	.4880*	-.3708	.1999	.1070	-.0888	-.6071**	1.0000	-.0474	-.0917	.5805**	.1425
R_GEFSCH	.2077	.4084	-.4727*	.5416**	.1820	-.5427**	.5437**	.3819	-.0474	1.0000	-.8580**	-.2868	-.0450
R_NTPM	.1341	.4084	-.4727*	.5416**	.1820	-.5427**	.5437**	.3819	-.0474	1.0000	-.8580**	-.2868	-.0450
R_CNPM	-.2511	-.3954	.4712*	-.4009	-.2864	.5227*	-.5401*	-.2346	-.0917	-.8580**	1.0000	1.0000	-.0652
R_PTPM	-.2686	.1222	-.4855*	.6252**	-.1741	-.3829	.4722*	.7067**	-.5316*	.5805**	-.2868	1.0000	-.1306
R_KTPM	.0403	-.0855	.0333	-.2575	-.0052	.0660	.0033	.1126	.1425	-.0450	-.0652	-.1306	1.0000

N of cases: 30

1-tailed Signif: * - .01 ** - .001

Tabelle 14

Korrelationsmatrix, nur Trockenrasen

Correlations:	R_PROCH	R_ARTZAH	R_LZW	R_TZW	R_KZW	R_FZW	R_RZW	R_NZW	R_GEFSCH	R_NTPM	R_CNPM	R_PTPM	R_KTPM
R_PROCH	1.0000	.6313*	.2510	-.2011	.2138	-.0608	.0590	-.3794	.7551**	.0968	-.0559	-.2416	-.0362
R_ARTZAH	.6313*	1.0000	.0085	.2291	-.0781	-.5802	.3098	.0725	.5428	.0298	.2559	-.0206	-.1098
R_LZW	.2510	.0085	1.0000	-.4087	-.0936	.4767	.0287	-.5601	.6343*	.0029	-.2055	-.4189	-.2715
R_TZW	-.2011	.2291	-.4087	1.0000	-.5462	-.7398**	.5872	.7381**	-.3531	.1805	.2500	.7721**	-.0280
R_KZW	.2138	-.0781	-.0936	-.5462	1.0000	.3380	-.5286	.5866	.1363	.1064	-.1241	-.3040	.0972
R_FZW	-.0608	.4767	.7398**	-.7398**	.3380	1.0000	-.5843	.7236*	.0993	-.1689	-.2389	-.5282	-.1508
R_RZW	.0590	.3098	.0287	.5872	-.5286	-.5843	1.0000	.6353*	.0213	.1339	.0050	.5027	.3006
R_CNPM	-.3794	.0725	-.5601	.7381**	-.5866	-.7236*	.6353*	1.0000	-.5132	.0762	.0652	.5960*	.3722
R_PTPM	.7551**	.5428	.6343*	-.3531	.1363	.0993	.0213	-.5132	1.0000	.0858	-.1343	-.4299	-.0782
R_KTPM	-.0362	-.1098	-.2715	.0972	-.0280	-.1508	.3006	-.0782	-.4299	1.0000	-.8069**	.4108	-.1126
R_GEFSCH	.0968	.0298	.0029	.1805	.1064	-.1689	.0050	.0652	.0858	1.0000	1.0000	-.0746	-.0884
R_NTPM	-.0559	.2559	-.2055	.2500	-.1241	-.2389	.0050	1.0000	-.8069**	1.0000	1.0000	1.0000	-.0609
R_CNPM	-.0559	.2559	-.2055	.2500	-.1241	-.2389	.0050	1.0000	-.8069**	1.0000	1.0000	1.0000	-.0609
R_PTPM	-.2416	-.0206	-.4189	.7721**	-.3040	-.5282	.5960*	.3722	-.4299	.4108	-.0746	1.0000	-.0609
R_KTPM	-.0362	-.1098	-.2715	-.0280	.0972	-.1508	.3006	-.0782	-.4299	1.0000	-.0884	-.0609	1.0000

N of cases: 15

1-tailed Signif: * - .01 ** - .001

Tabelle 15

Korrelationsmatrix, nur Feuchtwiesen

Correlations:	R_PROCH	R_ARTZAH	R_LZW	R_TZW	R_KZW	R_FZW	R_RZW	R_NZW	R_GEFSCH	R_NTPTM	R_CNPH	R_PTPTM	R_KTPM
R_PROCH	1.0000	.1075	.4663	.0351	.5070	-.8037**	.5844	-.7995**	.7771**	.0740	-.3808	-.4488	.1632
R_ARTZAH	.1075	1.0000	-.1181	-.0516	.1708	.0129	.1037	-.1002	.3664	.0424	-.2350	-.3908	.1507
R_LZW	.4663	-.1181	1.0000	-.2397	-.1633	-.4015	.1454	-.3839	.2955	-.1922	.3095	-.2303	.1690
R_TZW	.0351	-.0516	-.2397	1.0000	.3172	-.3568	.4723	.0511	-.3001	.1420	.0750	.3083	-.5592
R_KZW	.5070	.1708	-.1633	.3172	1.0000	-.6102*	.3528	-.5757	.5030	-.1055	-.1535	-.3520	-.0607
R_FZW	-.8037**	.0129	-.4015	-.3568	-.6102*	1.0000	-.5371	1.0000	-.4765	.0060	-.1618	.3540	-.0058
R_RZW	.5844	.1037	.1454	.4723	.3528	-.5371	1.0000	-.2053	.2574	.1996	-.2396	.0734	-.0145
R_NZW	-.7995**	-.1002	-.3839	.0511	-.5757	.7633**	-.2053	1.0000	-.7375**	.2544	.1149	.7575**	-.1371
R_GEFSCH	.7771**	.3664	.2955	-.3001	.5030	-.4765	.2574	1.0000	1.0000	.1239	-.4772	-.5966*	.4198
R_NTPTM	.0740	.0424	-.1922	.1420	.0060	.0060	.1996	.1239	.1239	1.0000	-.7510**	.5594	.2150
R_CNPH	-.3808	-.2350	.3095	.0750	-.1535	.1618	-.2396	.1149	-.4772	-.7510**	1.0000	-.0721	-.2968
R_PTPTM	-.4488	-.3908	-.2303	.3083	-.3520	.3540	.0734	.7575**	-.5966*	.5594	-.0721	1.0000	-.1327
R_KTPM	.1632	.1507	.1690	-.5592	-.0607	-.0058	-.0145	-.1371	.4198	-.2150	-.2968	-.1327	1.0000

N of cases: 15 1-tailed Signif: * - .01 ** - .001

Tabelle 16

Korrelationsmatrix, nur typische Streuwiesen

Correlations:	R_PROCH	R_SUNCH	R_ARTZAH	R_LZW	R_TZW	R_KZW	R_FZW	R_RZW	R_NZW	R_GEFSCH	R_NTPTM	R_CNPH	R_PTPTM	R_KTPM
R_PROCH	1.0000	.6343	.1879	.1167	.1635	-.0934	.1574	-.1226	-.2511	.5133	-.0960	.0061	-.1673	.0085
R_SUNCH	.6343	1.0000	.8755**	.6711	.5573	-.4805	-.2323	.3061	.1195	.7093	-.4867	.4283	-.1726	-.1726
R_ARTZAH	.1879	.8755**	1.0000	.7883*	.5765	-.5449	-.3688	.4401	.2749	.6063	-.5207	.5015	-.0704	-.2757
R_LZW	.1167	.6711	.7883*	1.0000	.2751	-.6706	.2236	.2505	.1566	.6281	-.0240	.0190	-.4672	-.3324
R_TZW	.1635	.5573	.5765	.2751	1.0000	-.7140	-.6213	.8477**	.7283*	.0351	-.8496**	.8327*	-.5540	-.0680
R_KZW	-.0934	-.4805	-.5449	-.6706	-.7140	1.0000	.4056	-.6639	-.5279	-.2488	.3160	-.3271	-.1246	.3738
R_FZW	.1574	-.2323	-.3688	-.2236	-.6213	.4056	1.0000	-.7931*	-.8945**	-.0563	.6632	-.6370	-.2113	-.2069
R_RZW	-.1226	.3061	.4401	.2505	-.7931*	-.6639	-.7931*	1.0000	.9386**	.0077	-.7527*	.7680*	-.4138	.0883
R_NZW	-.2511	.1195	.2749	.1566	.7283*	-.5279	-.8945**	.9386**	1.0000	-.1732	-.6874	.7040	.3515	.1716
R_GEFSCH	.5133	.7093	.6063	.6281	.0351	-.2488	-.0563	.0077	-.1732	1.0000	.0144	-.0839	-.5049	.0306
R_NTPTM	-.0960	-.4867	-.5207	-.0240	-.8496**	.3160	.6632	-.7527*	.0144	1.0000	1.0000	-.9893**	-.5087	-.1407
R_CNPH	.0061	.4283	.5015	.0190	.8327*	-.3271	.7040	.7680*	.7040	-.0039	-.9893**	1.0000	.5078	.0931
R_PTPTM	-.1673	-.1390	-.0704	-.4672	.5540	-.1246	-.2113	.4138	.3515	-.5049	-.5087	1.0000	1.0000	-.1452
R_KTPM	.0085	-.1726	-.2757	-.3324	-.0680	.3738	-.2069	.0883	.1716	.0306	-.1407	-.5078	-.1452	1.0000

N of cases: 10 1-tailed Signif: * - .01 ** - .001

Temperatur-, Feuchte- und Reaktionszeigerwert korrelieren hoch mit der Artenzahl. Da diese Korrelation bei den nach Trockenrasen und Feuchtwiesen getrennten Flächen sehr viel geringer ist, handelt es sich vermutlich um eine Scheinkorrelation, die durch die Zusammenfassung zweier Standortgruppen verursacht wird. Denn die Trockenrasen sind in der Regel artenreicher und besitzen naturgemäß andere Temperatur-, Feuchte- und Reaktionszeigerwerte.

Ein typischer Fall einer Scheinkorrelation ist die Beziehung zwischen dem Nt- und dem Pt-Gehalt im Pflanzenmaterial. Die gesonderte Betrachtung der Korrelationsmatrizen von Trockenrasen und Feuchtwiesen zeigt, daß innerhalb der Gruppen keine Korrelation besteht. Der Nt-Gehalt wird offensichtlich stärker als Pt von pH und Feuchte beeinflusst. Diese Korrelation ist nur sinnvoll, wenn der Übergang zwischen den beiden untersuchten Standorttypen als kontinuierliche Vegetationsabfolge interpretiert wird (vgl. S. 54).

Es wird deutlich, daß die Interpretation der Korrelationsmatrix für alle dreißig Probestellen nicht immer vertrauenswürdige Ergebnisse liefert. Daher sollen vor allem die nach Standorttypen getrennten Korrelationstabellen zur Interpretation herangezogen werden.

5.2.1.1 Korrelationen innerhalb der zwei Standorttypen

Um Scheinkorrelationen (beziehungsweise Korrelationen, die nur sinnvoll sind, wenn ein kontinuierlicher Übergang der beiden Standorttypen unterstellt wird) aufzudecken, werden die Trockenrasen und Feuchtwiesen auch noch einmal getrennt betrachtet.

5.2.1.1.1 Trockenrasen (Tabelle 14)

Auch hier werden signifikante Korrelationen mit einem Koeffizienten $R > 0.5$ ausgewertet und nur wo dies von besonderer Bedeutung zu sein scheint, werden andere Korrelationen berücksichtigt.

Anteil Charakterarten	
/Feuchtezeigerwert:	R = -0.8037**
/Reaktionszeigerwert:	R = 0.5844
/Nährstoffzeigerwert:	R = -0.7995**
/Artenschutzwert:	R = 0.7771**
Nährstoffzeigerwert	
/Anteil Charakterarten:	R = -0.7995**
/Feuchtezeigerwert:	R = 0.7633**
/Artenschutzwert:	R = -0.7375**
/Pt-Gehalt der Pflanzen:	R = 0.7575**
/Nt-Gehalt der Pflanzen:	R = 0.2544
Artenschutzwert	
/Anteil Charakterarten:	R = 0.7771**
/Nährstoffzeigerwert:	R = -0.7375**
/Pt-Gehalt der Pflanzen:	R = -0.5966**
/Nt-Gehalt der Pflanzen:	R = 0.1239
Nt-Gehalt der Pflanzen	
/Pt-Gehalt Pflanzen:	R = 0.5594

Pt-Gehalt der Pflanzen	
/Nährstoffzeigerwert:	R = 0.7575**
/Artenschutzwert:	R = -0.5966**
/Nt-Gehalt Pflanzen:	R = 0.5594

Der Anteil an Charakterarten an der Vegetation beeinflusst den Artenschutzwert deutlich. Er selbst ist abhängig von den durch den Nährstoff-, Feuchte- und Reaktionszeigerwert angezeigten Standortfaktoren.

Der Reaktionszeigerwert ist nur gering mit dem Nährstoffzeigerwert korreliert ($R = -0.2053$). Offensichtlich hat der Säuregrad des Bodens innerhalb der untersuchten Trockenrasentypen keinen großen Einfluß auf die effektive Nährstoffversorgung der Pflanzen.

Der Nährstoffzeigerwert ist hoch korreliert mit der effektiven Phosphatversorgung der Pflanzen (Pt-Gehalt im Pflanzenmaterial) und dem vom Reaktionszeigerwert indizierten hohen pH-Wert am Standort. Seine geringe Korrelation mit dem Nt-Gehalt zeigt, daß hier kein Zusammenhang des Nährstoffzeigerwertes mit der effektiven Stickstoffversorgung der Pflanzen nachweisbar ist. Dieses Ergebnis deutet darauf hin, daß Phosphat hier limitierend ist.

Der enge Zusammenhang von Nährstoff- und Feuchtezeigerwert deutet darauf hin, daß die effektive Nährstoffversorgung der Pflanzen vom Wasserhaushalt stark beeinflusst wird. Der Nährstoffzeigerwert selbst ist noch mit dem Pt-Gehalt des Pflanzenmaterials korreliert, während der Pt-Gehalt mit dem Feuchtezeigerwert nur unerheblich zusammenhängt. Das bedeutet, daß die P-Versorgung gemeinsam mit dem Wasserhaushalt die (vom Nährstoffzeigerwert angezeigte) effektive Nährstoffversorgung stark beeinflussen.

Da der Nährstoffzeigerwert mit dem Anteil an Charakterarten (und damit mit dem Artenschutzwert der Trockenrasen) zusammenhängt, besteht letztendlich ein Zusammenhang des Artenschutzwertes mit dem Pt-Gehalt und dem Feuchtezeigerwert (den beiden wichtigsten Variablen der effektiven Nährstoffversorgung), auch wenn bei ihrer gesonderten Betrachtung keine signifikante Korrelation nachgewiesen werden kann.

Der geringe Koeffizient der Korrelation des Nährstoffzeigerwertes mit dem Stickstoffgehalt des Pflanzenmaterials bedeutet nicht, daß kein Zusammenhang zwischen den Variablen bestehen kann, sondern nur, daß kein Zusammenhang nachgewiesen werden kann.

Um zu prüfen, ob eine wechselseitige Beeinflussung der Auswirkungen der Stickstoff- und der Phosphatversorgung auf den Nährstoffzeigerwert vorliegt, wird die multiple Regression dieser beiden Variablen mit dem Nährstoffzeigerwert berechnet. Es ergibt sich ein multipler Korrelationskoeffizient $R_{\text{mult}} = 0.7328^{**}$. Dieser Koeffizient ist geringer als der einfache Korrelationskoeffizient des Pt-Gehaltes mit dem Nährstoffzeigerwert.

Daraus läßt sich ableiten, daß auf den untersuchten Trockenrasen die effektive Stickstoffversorgung der Vegetation offensichtlich nicht wesentlich zu der vom Nährstoffzeigerwert angezeigten effektiven Nährstoffversorgung der Vegetation beiträgt. Unter Hinzunahme der Stickstoffversorgung wird der Zusammenhang der Phosphatversorgung auf den Nährstoffzeigerwert sogar verschlechtert. Auf den untersuchten Trockenrasen scheint also nicht die effektive Stickstoff-, sondern ganz wesentlich die effektive Phosphatversorgung der Pflanzen limitierend (vegetationsbestimmend) zu sein.

5.2.1.1.2 Feuchtwiesen (Tabelle 15)

Auch aus der Korrelationsmatrix der Feuchtwiesen sollen die wichtigsten Korrelationen betrachtet werden.

Anteil Charakterarten		
/Artenzahl:	R = 0.6313*	
/Artenschutzwert:	R = 0.7551**	
Artenzahl	/Feuchtezeigerwert:	R = 0.5802
Nährstoffzeigerwert		
/Temperaturzeigerwert:	R = 0.7381**	
/Feuchtezeigerwert:	R = -0.7236*	
/Reaktionszeigerwert:	R = 0.6353*	
/Artenschutzwert:	R = -0.5132	
/Pt-Gehalt der Pflanzen:	R = 0.5960*	
/Nt-Gehalt der Pflanzen:	R = 0.3819	
Artenschutzwert		
/Anteil Charakterarten:	R = 0.7551**	
/Lichtzeigerwert:	R = 0.6343*	
/Nährstoffzeigerwert:	R = -0.5132	
Pt-Gehalt der Pflanzen		
/Temperaturzeigerwert:	R = 0.7721**	
/Nährstoffzeigerwert:	R = 0.5960*	

Der Zusammenhang der Artenzahl mit dem Anteil an Charakterarten weist darauf hin, daß zur Erhöhung der Artenzahl die Charakterarten mehr beitragen als andere Arten.

Bei den Feuchtwiesen beeinflusst offensichtlich der Anteil an Charakterarten den Artenschutzwert. Das heißt, die typischen Arten sind auch die gefährdeten. Daraus läßt sich ableiten, daß nicht in erster Linie die einzelnen Arten, sondern besonders deren typischer Lebensraum (beziehungsweise die typische Gesellschaft) bedroht ist.

Der Zusammenhang des Artenschutzwertes mit dem Lichtzeigerwert gründet vermutlich in der Beschattung und Verdrängung der lichtbedürftigen Rosettenpflanzen durch aufwachsende Molinia-, Schoenus- oder Seggenbulle in den charakteristischen Brachestadien. Die lichtbedürftigen Rosettenpflanzen werden auch durch Nutzungsänderungen und -intensivierung verdrängt und sind daher häufig gefährdete Pflanzen. Rosettenpflanzen werden durch Beweidung stärker belastet als andere Pflanzen. Der hohe Lichtbedarf

dieser niedrigwüchsigen Pflanzen wird auf "meliorierten" Standorten mit höherwüchsiger Vegetation schnell zum Selektionsfaktor.

Es besteht nur ein geringer Zusammenhang zwischen dem Artenschutzwert und dem Nährstoffzeigerwert. Der Nährstoffzeigerwert ist aber wieder enger mit dem Pt- als mit dem Nt-Gehalt im Pflanzenmaterial korreliert. Für die Nährstoffversorgung der Pflanzen ist Phosphat dementsprechend auch hier als limitierender Nährstoff zu betrachten.

Der Artenschutzwert ist bei den Feuchtwiesen signifikant ($R = 0.6343^*$) mit dem Licht- und unsignifikant ($R = -0.5132$) mit dem Nährstoffzeigerwert korreliert.

Der Nährstoffzeigerwert ist hoch korreliert mit dem Temperaturzeigerwert.

Zusammenfassung der Ergebnisse, Feuchtwiesen

Anders als bei den Trockenrasen kann die Variation des Artenschutzwertes nur unbefriedigend durch die untersuchten Variablen in der Feuchtwiesengruppe wiedergegeben werden: Das Bestimmtheitsmaß R (vgl. Kap. 3.4) gibt den prozentualen Anteil der durch die korrelierte Variable erfaßten Variation wieder. Die Summe der R ist für den Artenschutzwert bei den untersuchten Variablen so gering, daß angenommen werden muß, daß wichtige Einflußgrößen nicht erfaßt wurden. Eine zentrale Rolle spielen vermutlich: Tradition der Pflege, Artenpotential in der Umgebung, Keimungs- und Etablierungsfähigkeit der Pflanzen.

Die Struktur der Vegetation ist dichter mit stark verflochtenem Wurzelfilz und kaum freiliegendem Boden, während sie auf Trockenrasen typischerweise sehr lückenhaft bleibt und auch die obere Bodenschicht bei weitem nicht so dicht durchwurzelt ist wie in den Feuchtwiesen (vgl. auch PFA-DENHAUER 1985). Pflanzen die unter den veränderten Standortbedingungen wachsen können, besiedeln "meliorierte" Trockenrasen vermutlich viel schneller als "meliorierte" Feuchtwiesen.

Die Korrelation von Nährstoff- und Temperaturzeigerwert läßt den Schluß zu, daß die effektive pflanzliche Versorgung bei den Feuchtwiesen von den Temperaturverhältnissen wesentlich beeinflusst wird. Der Nährstoffzeigerwert hängt mit der Phosphatversorgung enger zusammen als mit der Stickstoffversorgung, und daher ergibt sich die bemerkenswerte, hochsignifikante Korrelation des Pt-Gehaltes im Pflanzenmaterial mit dem Temperaturzeigerwert (mit dem der Nt-Gehalt jedoch nicht in Zusammenhang steht).

5.2.1.1.3 Korrelationen der "typischen" Streuwiesen

Die wechselfeuchten Flächen, deren Vegetation zwischen Trockenrasen und Feuchtwiesen vermittelt, werden ausgeschlossen. Zu den "typischen"

Streuwiesen werden die Clustergruppen 7, 8 und 9 (Kap. 5.1.4) gerechnet (Tab. 16).

Die Korrelation des Nährstoffzeigerwertes mit dem Feuchte- und mit dem Reaktionszeigerwert wird durch den Ausschluß der wechselfeuchten Flächen noch deutlicher.

Anders als in Tabelle 16 ist hier der Nt-Gehalt des Pflanzenmaterials signifikant mit dem Temperatur- und dem Reaktionszeigerwert korreliert. Nährstoff- und Feuchtezeigerwert stehen im Zusammenhang mit dem Nt-Gehalt, doch die Korrelationen sind nicht signifikant.

Für die "typischen" Streuwiesen zeigt sich, daß der Pt-Gehalt am stärksten mit dem Temperaturzeigerwert (wie auch in Tabelle 16), dem Artenschutzwert und dem Nt-Gehalt des Pflanzenmaterials zusammenhängt. Die Korrelationen sind jedoch in keinem Fall signifikant. Sie können nur als Hinweis gewertet werden, daß die Phosphat- und hier auch die Stickstoffversorgung die Artenausstattung beeinflussen, selbst aber vom Temperaturhaushalt abhängig sind.

Ansonsten wurden nur unwesentliche Abweichungen zur Korrelationstabelle 16 gefunden, die nicht ausführlicher diskutiert werden.

Zusammenfassung der Ergebnisse

Für die Feuchtwiesen spielen Pflege und Bodenstruktur eine wichtige Rolle für die Artengemeinschaft. Darin unterscheiden sie sich von den Trockenrasen, die mehr von der effektiven Nährstoffversorgung abhängig sind, wobei die Phosphatversorgung eine bedeutendere Rolle spielt als die Stickstoffversorgung. Die Kaliumversorgung erscheint in diesem Zusammenhang unbedeutend und wird stärker von anderen Einflußgrößen bestimmt.

Werden nur "typische" Streuwiesen in die Korrelationsanalyse einbezogen, so ändert sich nur wenig: Der Nährstoffzeigerwert steht kaum in Zusammenhang mit dem Nt-Gehalt des Pflanzenmaterials. Mit dem C/N-Verhältnis des Pflanzenmaterials und dem Pt-Gehalt steht er jedoch in sehr enger Beziehung. Es scheint, daß der Einfluß der Stickstoffversorgung auf den Nährstoffzeigerwert dessen Beziehung zum Artenschutzwert sogar verringert, denn der Pt-Gehalt hat eine höhere Korrelation mit dem Artenschutzwert als der Nährstoffzeigerwert.

Es bleibt also die Tatsache, daß für Feuchtwiesen außer der Nährstoffversorgung noch eine wichtige Einflußgröße auf den Artenschutzwert zu suchen ist.

5.2.2 Diskussion

Anders als bei der Betrachtung einzelner Arten zeigt der mittlere Nährstoffzeigerwert eines Standortes keine Korrelation mit dem Nt-Gehalt des Pflanzenmaterials. Dieses Ergebnis steht anscheinend im Widerspruch zu den bisherigen Un-

tersuchungen. Bisher war der mittlere Nt-Gehalt im Pflanzenmaterial immer mit dem Nährstoffzeigerwert korreliert gefunden worden (ELLENBERG 1979; JANSEN 1986).

Doch in der vorliegenden Untersuchung wurde nicht das ganze Spektrum der Nährstoffzeigerwerte erfaßt, sondern nur zwei Standorttypen, in denen niedrige Nährstoffzeigerwerte überwiegen, solange ihre Vegetation nicht durch Eutrophierung verändert wird. Innerhalb dieser Standorttypen sind die Nährstoffzeigerwerte nur gering mit dem Stickstoffgehalt der Pflanzen korreliert ($R_{\text{alleUF1}} = 0.3819$; $R_{\text{TR}} = 0.2544$; $R_{\text{Strw}} = 0.0762$). Für die "typischen" Streuwiesen ist die Korrelation zwar wesentlich besser ($R = -0.6874$), doch nicht signifikant.

Dies deutet darauf hin, daß auf extremen, beziehungsweise nährstoffarmen Standorten der untersuchten Typen Stickstoff nicht (mehr?) limitierend ist. Wenn Phosphat limitierend ist, können alle Veränderungen des Standortes, die die effektive P-Versorgung der Pflanzen erhöhen, zu einer Veränderung der Vegetation führen.

Beachtenswert ist der Temperaturzeigerwert, der mit den wichtigsten Variablen eine hohe Korrelation aufweist. Die Temperatur am Standort scheint eine zentrale Rolle für die Versorgung der Pflanzen zu spielen. Bei der getrennten Betrachtung der zwei Standorttypen (Trockenrasen und Feuchtwiesen) zeigt sich, daß der Temperaturzeigerwert vor allem auf den Feuchtwiesen diese starken Korrelationen zeigt. Dies könnte mit der relativen Erwärmung durch Entwässerungsmaßnahmen zusammenhängen, und es wäre erforderlich, in weiterführenden Arbeiten die Bedeutung dieses Standortfaktors abzugrenzen. Vor allem wegen methodischer Probleme wurde die Bedeutung der Standorttemperatur bisher nie ausreichend untersucht. Ansätze finden sich bei REHDER (1970). Der Kt-Gehalt des Pflanzenmaterials korreliert mit keinem der gemessenen Parameter signifikant. Die Kaliumversorgung scheint in der Regel für die Artenausstattung der Untersuchungsflächen nicht limitierend zu sein (vgl. aber Kap. 5.1.3.2).

5.3 Untersuchung einzelner Arten bezüglich ihrer Eignung zur Indikation von Standortänderungen

Wegen ihrer unterschiedlichen ökologischen Anpassungen und Strategien hinsichtlich der Nährstoffaufnahme und -ökonomie ist zu erwarten, daß unterschiedliche Pflanzenarten verschieden auf Standortveränderungen reagieren (KINZEL 1982). Pflanzenarten, deren Nährstoffgehalte eindeutig auf die Standortveränderungen reagieren, könnten möglicherweise als Indikatoren für beginnende Veränderungen der Vegetation dienen, die an der Artenkombination noch nicht erkennbar sind. Deshalb wird der Zusammenhang zwischen der effektiven Nt- und Pt-Versorgung der einzelnen Arten an verschiedenen Standorten (Nt- und

Pt-Gehalt des Pflanzenmaterials) mit dem Artenschutzwert und dem Nährstoffzeigerwert der jeweiligen Probestfläche geprüft.

Der mittlere Nährstoffzeigerwert der Probestflächen wird dabei als Maß für die effektive Nährstoffversorgung des Standortes betrachtet, denn es wird impliziert, daß die vorhandene Vegetation (und mit ihr der Nährstoffzeigerwert) anzeigt, in welchem Umfang unter den gegebenen ökologischen Bedingungen Nährstoffe für die Pflanzen effektiv verfügbar sind. Die effektive Nährstoffversorgung am Standort hängt also nicht nur von der Nährstoffmenge, sondern von vielen Standortfaktoren ab (vgl. Kap. 5.1). Allerdings gleicht sich der Nährstoffzeigerwert auf sich verändernden Standorten erst langsam mit der Veränderung der Vegetation an die neuen Standortverhältnisse an. Er reagiert also mit Verzögerung auf Standortveränderungen.

Für einzelne Arten wird die Korrelation zwischen ihrem Nt- und Pt-Gehalt an den verschiedenen Standorten und dem mittleren Nährstoffzeigerwert der Standorte (als Maß der "effektiven Nährstoffkapazität" ihrer Standorte) berechnet. Ebenso wird die Korrelation der Nt- und Pt-Gehalte mit dem Artenschutzwert der Standorte (als Maß für die "Vegetationsqualität") ermittelt.

5.3.1 Ergebnisse

Die Regressionsgeraden mit den Korrelationskoeffizienten sind in den Abbildungen 6 - 22 dargestellt. Die Koeffizienten der multiplen Korrelation des Nt- und Pt-Gehaltes im Pflanzenmaterial mit dem Artenschutzwert, sowie mit dem Nährstoffzeigerwert werden bei den Abbildungen mit angegeben.

Bei der Regressionsanalyse wurde davon ausgegangen, daß der Nährstoffzeigerwert (für Abb a und b), beziehungsweise der Artenschutzwert (für Abb. c und d) die abhängigen, und die gemessenen Nährstoffgehalte des Pflanzenmaterials die unabhängigen Variablen sind.

Die Steigung m (= Regressionskoeffizient) der Regressionsgeraden kann aus der jeweiligen Geradengleichung $y = m \cdot x + b$ entnommen werden, die neben den Abbildungen angegeben ist.

Die Steigung der Regressionsgeraden beschreibt die Stärke und die Richtung der Reaktion einer Art auf Veränderungen der vom Nährstoffzeigerwert angezeigten "effektiven Nährstoffkapazität", beziehungsweise auf Veränderungen der durch den Artenschutzwert beschriebenen "Vegetationsqualität".

Die Steigung der Geraden ist in der Gleichung der Regressionsgeraden angegeben (vgl. Kap. 3.4). Die gefundenen Zusammenhänge sind jedoch erst bei höheren und möglichst signifikanten Korrelationen so deutlich, beziehungsweise die Reaktion einer Pflanzenart auf Veränderungen ist so einheitlich, daß die Ergebnisse für die Diagnose von Standortveränderungen und die Prognose von

Veränderungen im Artenspektrum von Interesse sein können.

Es zeigt sich, daß das Verhalten der Arten bezüglich der vom Nährstoffzeigerwert indizierten "effektiven Versorgungskapazität" und bezüglich der vom Artenschutzwert indizierten "Vegetationsqualität" sehr unterschiedlich ist. Beispielsweise kann eine Erhöhung des mittleren Nährstoffzeigerwertes für eine Art mit einer Steigerung (z.B. Abb. 7), für eine andere Art mit einer Abnahme (z.B. Abb. 6) des Nt-Gehaltes im Pflanzenmaterial verbunden sein. Eine Kausalität dieser Beziehung kann jedoch erst bei hohen und bei signifikanten Korrelationen angenommen werden.

Der Zusammenhang des Nt- oder des Pt-Gehaltes mit dem Artenschutzwert und dem Nährstoffzeigerwert (die ja untereinander mit einem Koeffizienten von $R = -.6071^*$ korreliert sind) ist nicht immer gleichartig. Für manche Arten laufen die beiden Geraden gleichsinnig, für andere Arten verlaufen sie gegensinnig.

Die multiple Korrelation des Nt- und Pt-Gehaltes mit dem Artenschutzwert, beziehungsweise mit dem Nährstoffzeigerwert ist in den meisten Fällen besser als die Korrelationen des Nt- oder des Pt-Gehaltes allein.

Erläuterung der Abbildungen 6 - 22 :

Für die Regressionsgeraden wurde jeweils der Nährstoffzeigerwert, beziehungsweise der Artenschutzwert als abhängige Variablen definiert.

Für jede Art sind in den Abbildungen a) - d) folgende Regressionsgeraden dargestellt:

- a) Nt-Gehalt der Art /mittlerer Nährstoffzeigerwert am Standort
- b) Pt-Gehalt der Art /mittlerer Nährstoffzeigerwert am Standort
- c) Nt-Gehalt der Art /Artenschutzwert der Probestfläche
- d) Pt-Gehalt der Art /Artenschutzwert der Probestfläche

Für die Korrelationskoeffizienten R gilt:

R_{Nt} : Koeffizient der Korrelation mit dem Nt-Gehalt im Pflanzenmaterial

R_{Pt} : Koeffizient der Korrelation mit dem Pt-Gehalt im Pflanzenmaterial

R_{mult} : Koeffizient der multiplen Korrelation mit dem Nt- und dem Pt-Gehalt im Pflanzenmaterial

- (*) signifikant mit 90 % Wahrscheinlichkeit
- * signifikant mit 95 % Wahrscheinlichkeit
- ** signifikant mit 99 % Wahrscheinlichkeit
- *** signifikant mit 99.9 % Wahrscheinlichkeit

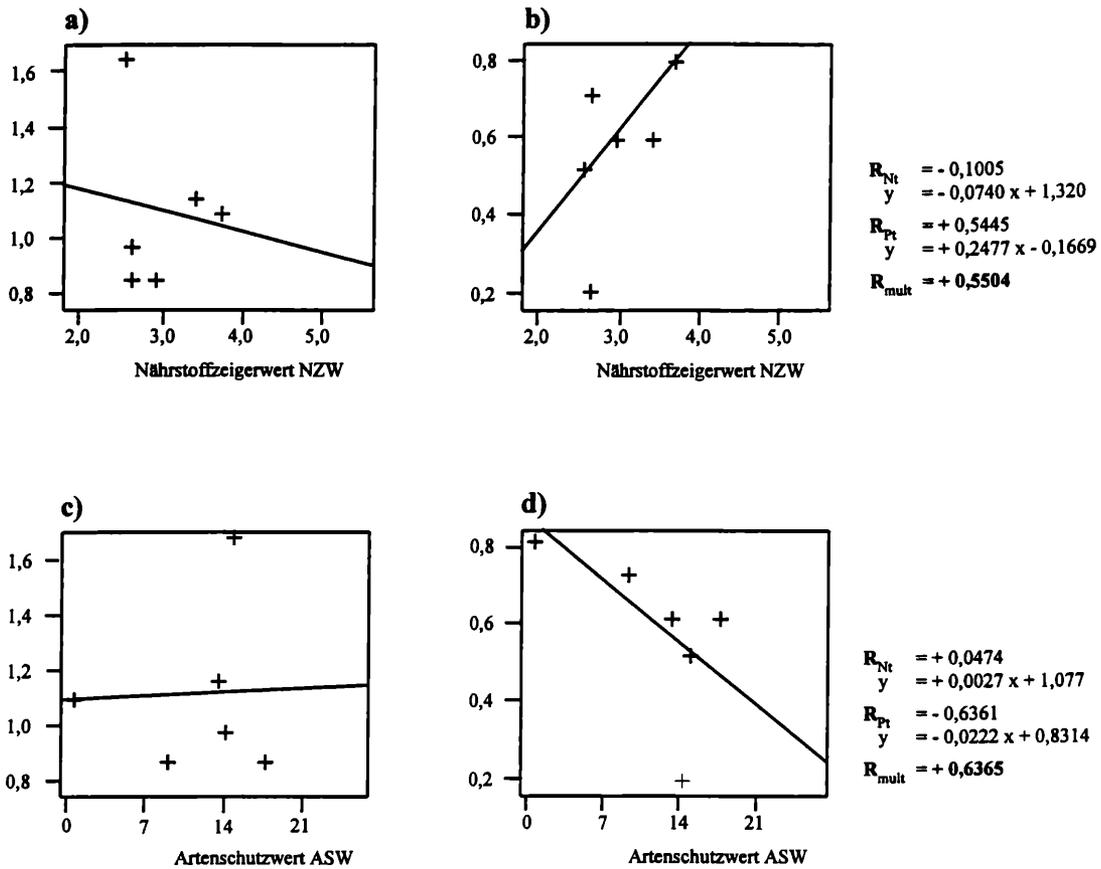


Abbildung 6: *Brachypodium pinnatum*

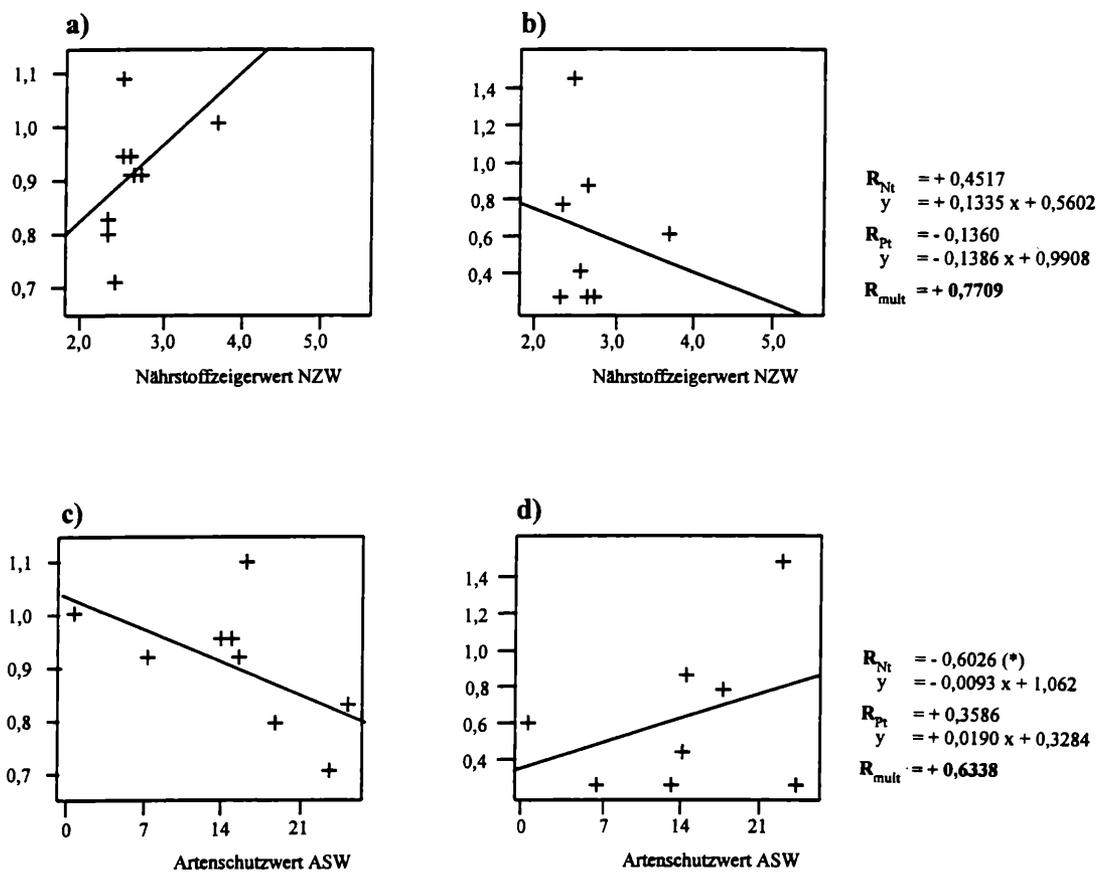


Abbildung 7: *Briza media*

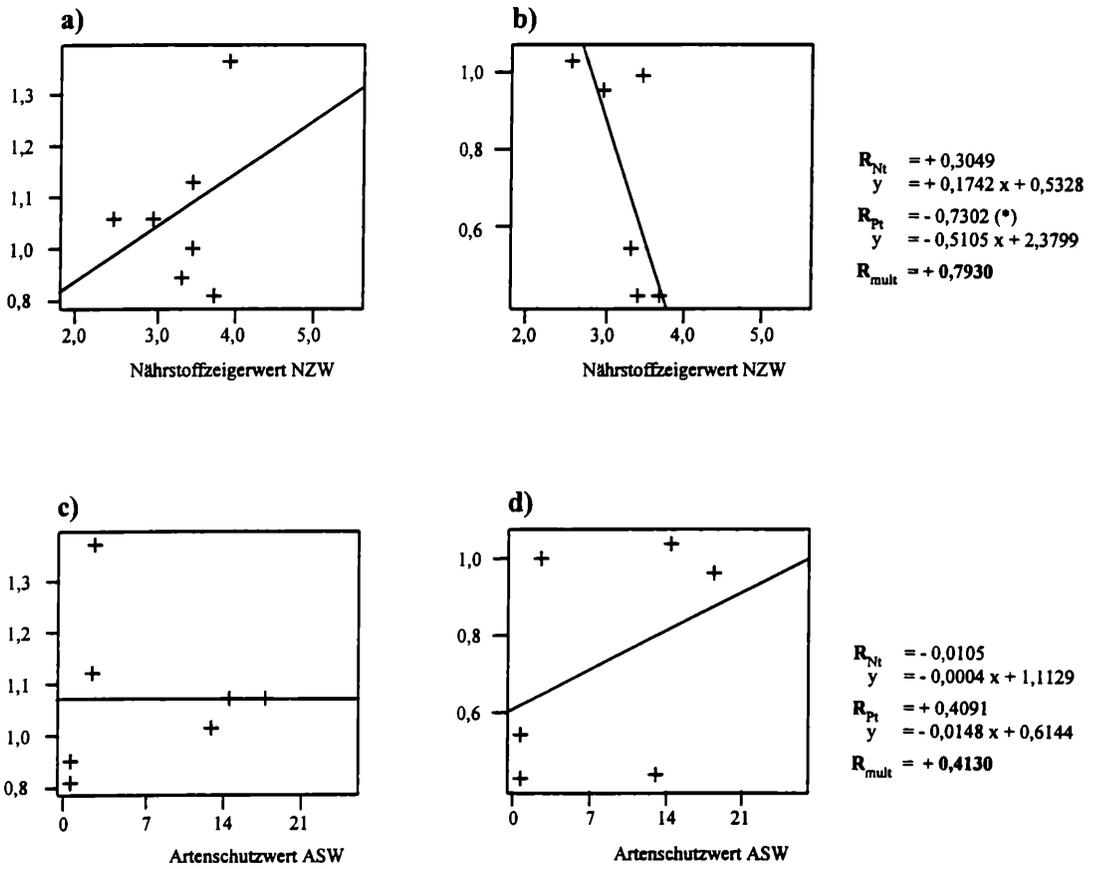


Abbildung 8 : *Bromus erectus*

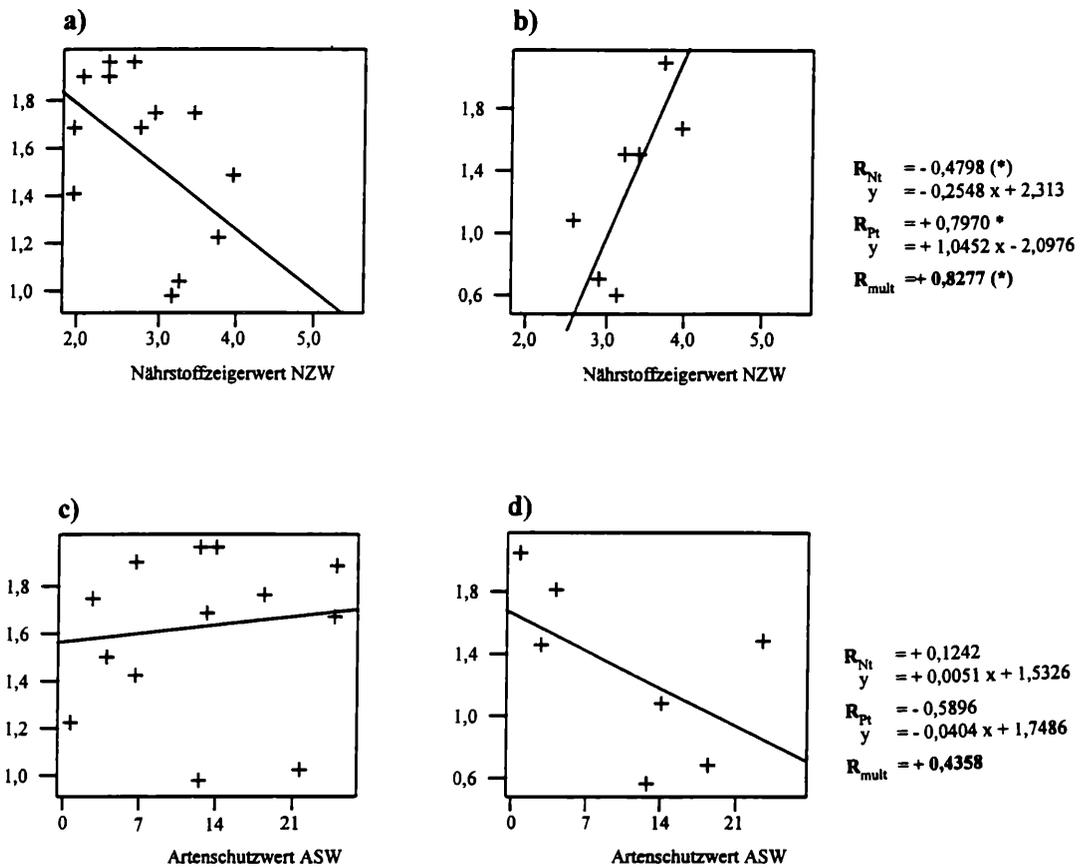
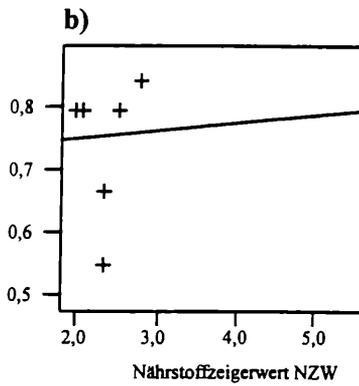
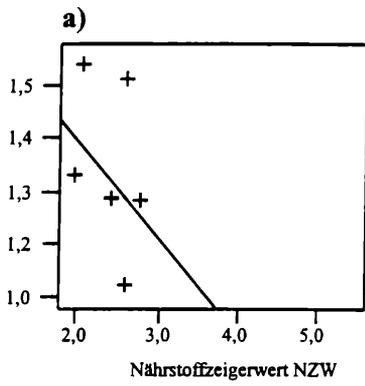


Abbildung 9 : *Carex flacca*



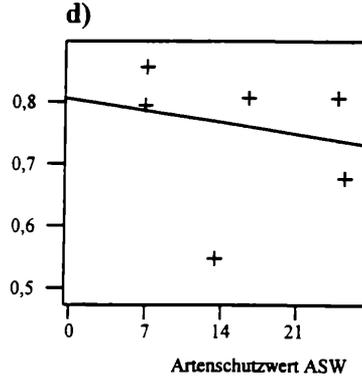
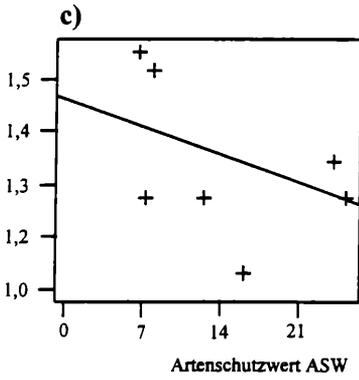
$$R_{Nt} = -0,3564$$

$$y = -0,1801 x + 1,7849$$

$$R_{Pt} = +0,0456$$

$$y = +0,0180 x + 0,7048$$

$$R_{mult} = +0,6761$$



$$R_{Nt} = -0,4738$$

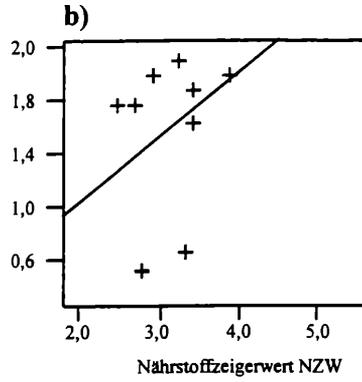
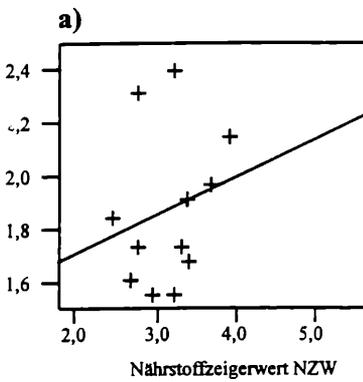
$$y = -0,0085 x + 1,4704$$

$$R_{Pt} = -0,2066$$

$$y = -0,0030 x + 0,7924$$

$$R_{mult} = +0,3859$$

Abbildung 10 : *Carex elata*



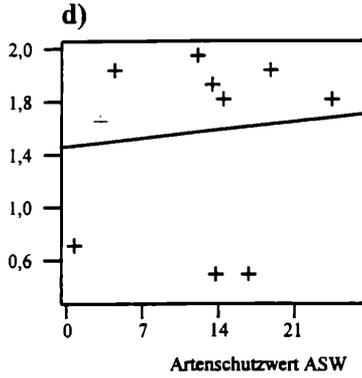
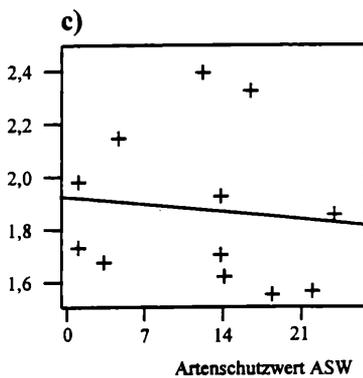
$$R_{Nt} = +0,2141$$

$$y = +0,1508 x + 1,4017$$

$$R_{Pt} = +0,2937$$

$$y = +0,4734 x + 0,0526$$

$$R_{mult} = +0,3872$$



$$R_{Nt} = -0,1539$$

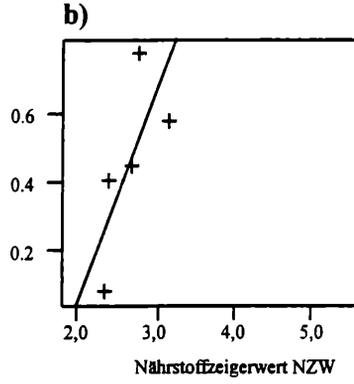
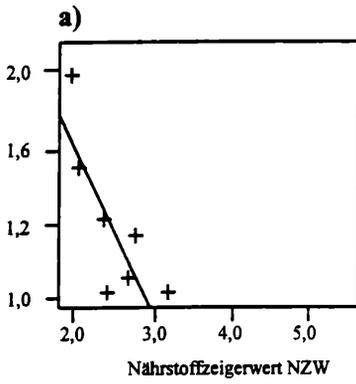
$$y = -0,0057 x + 1,9438$$

$$R_{Pt} = -0,1221$$

$$y = -0,0114 x + 1,3809$$

$$R_{mult} = +0,1234$$

Abbildung 11 : *Carex montana*



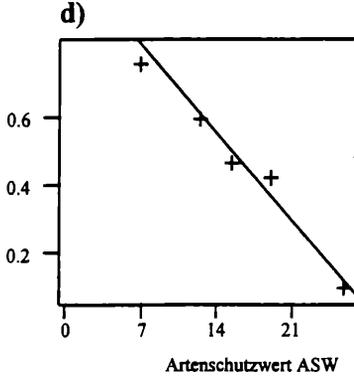
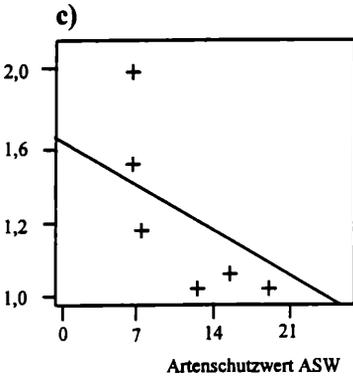
$$R_{Nt} = -0,7646 *$$

$$y = -0,7946 x + 3,2450$$

$$R_{Pt} = +0,6845$$

$$y = +0,5563 x - 1,0289$$

$$R_{mult} = +0,6979$$



$$R_{Nt} = -0,5364$$

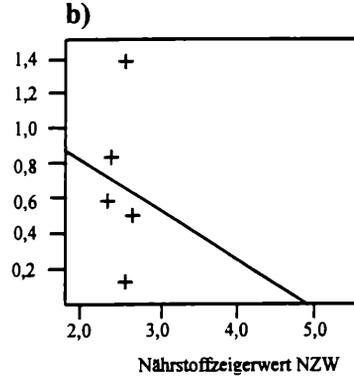
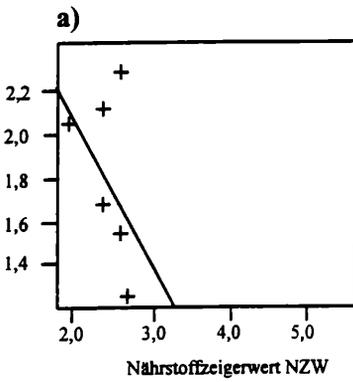
$$y = -0,0302 x + 1,6531$$

$$R_{Pt} = -0,9906 **$$

$$y = +0,0351 x + 1,0163$$

$$R_{mult} = +0,9939 **$$

Abbildung 12: Carex panicea



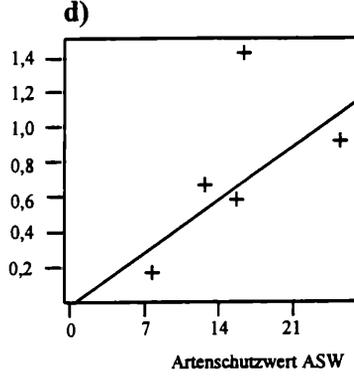
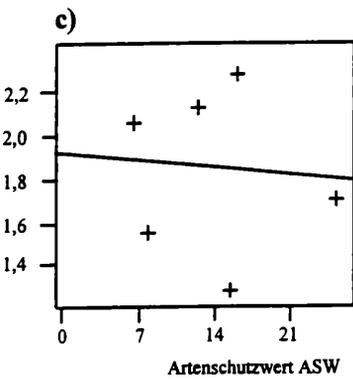
$$R_{Nt} = -0,4467$$

$$y = -0,7238 x + 3,627$$

$$R_{Pt} = -0,0789$$

$$y = -0,2889 x + 1,466$$

$$R_{mult} = +0,5358$$



$$R_{Nt} = -0,1206$$

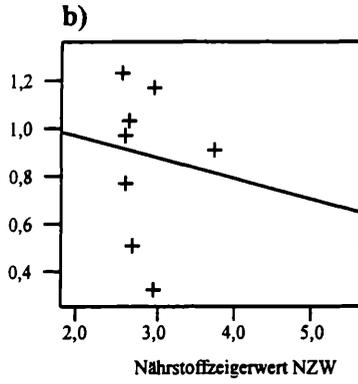
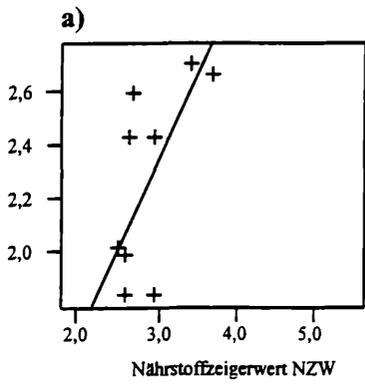
$$y = -0,0074 x + 1,955$$

$$R_{Pt} = -0,5598$$

$$y = -0,0440 x + 0,0538$$

$$R_{mult} = +0,8060$$

Abbildung 13: Galium boreale



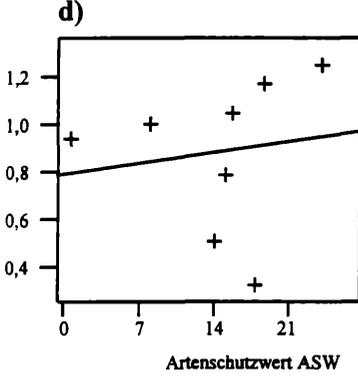
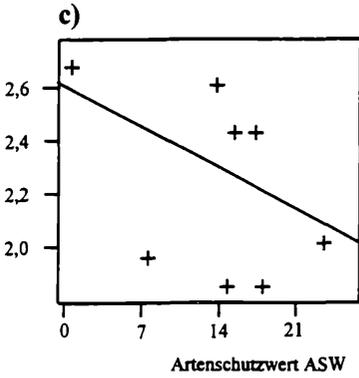
$$R_{Nt} = +0,6511 (*)$$

$$y = +0,4497 x + 0,9265$$

$$R_{Pt} = -0,1190$$

$$y = -0,0965 x + 1,140$$

$$R_{mult} = +0,6087$$



$$R_{Nt} = -0,4154$$

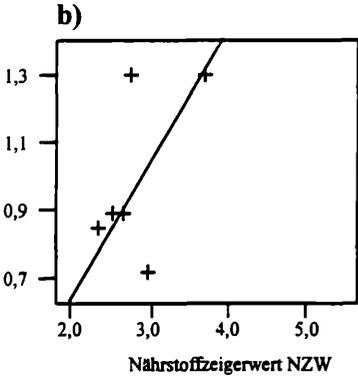
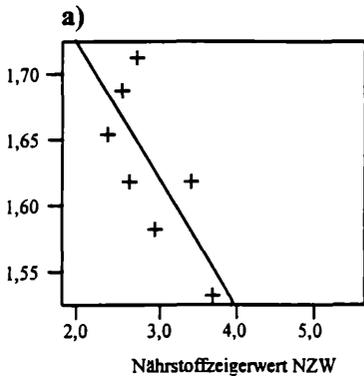
$$y = -0,0179 x + 2,475$$

$$R_{Pt} = +0,1694$$

$$y = +0,0076 x + 0,7616$$

$$R_{mult} = +0,4450$$

Abbildung 14: *Lotus corniculatus*



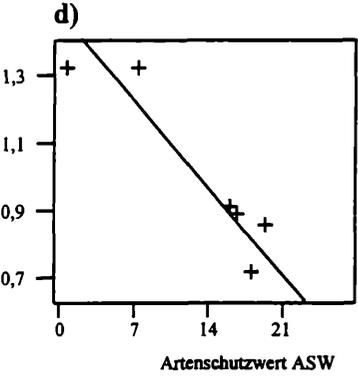
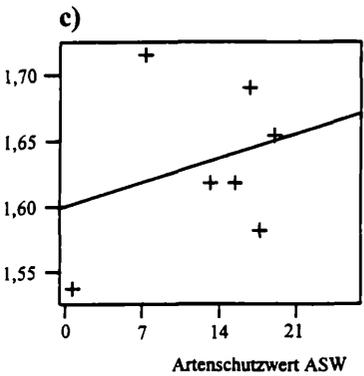
$$R_{Nt} = -0,6817 (*)$$

$$y = -0,0923 x + 1,9031$$

$$R_{Pt} = +0,6398$$

$$y = +0,3555 x - 0,0184$$

$$R_{mult} = +0,9701 **$$



$$R_{Nt} = +0,2709$$

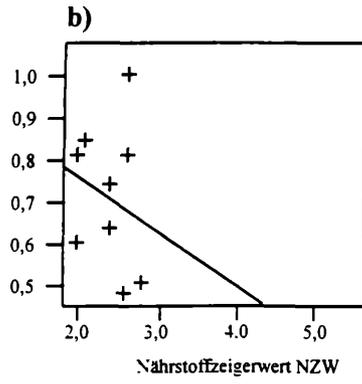
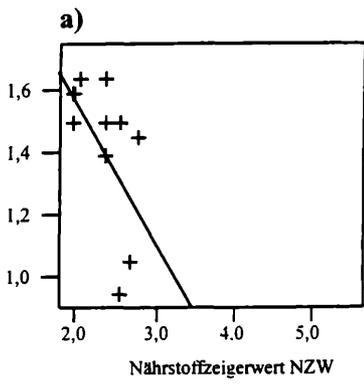
$$y = +0,0026 x + 1,5996$$

$$R_{Pt} = -0,9495 **$$

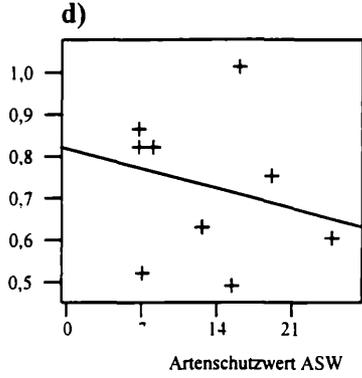
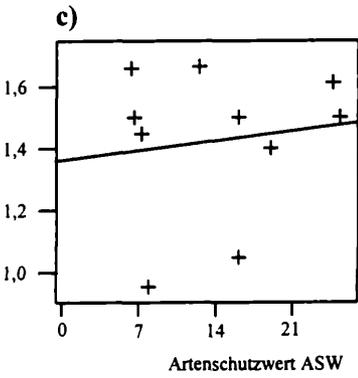
$$y = -0,0336 x + 1,420$$

$$R_{mult} = +0,9917 **$$

Abbildung 15: *Leontodon hispidus*

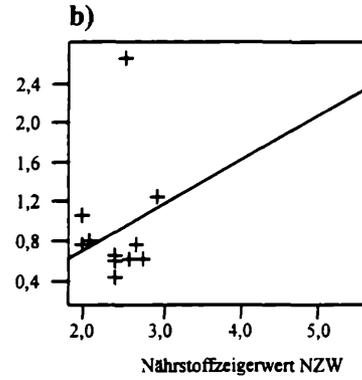
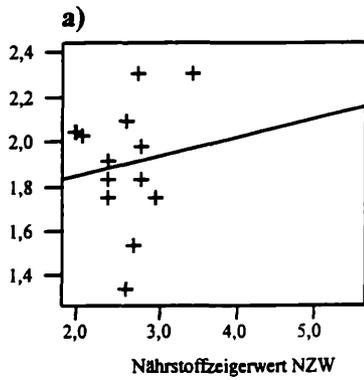


$R_{Nt} = -0,5545 (*)$
 $y = -0,4676 x + 2,544$
 $R_{Pt} = -0,2278$
 $y = -0,1238 x + 1,015$
 $R_{mult} = +0,5847$

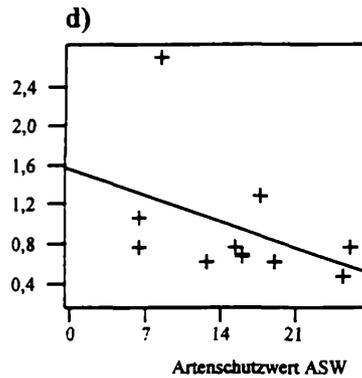
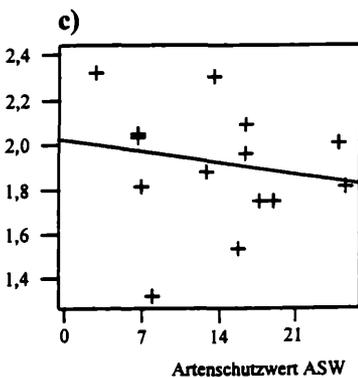


$R_{Nt} = +0,1440$
 $y = +0,0048 x + 1,3545$
 $R_{Pt} = -0,2340$
 $y = -0,0060 x + 0,7944$
 $R_{mult} = +0,5674$

Abbildung 16: Molinia coerulea

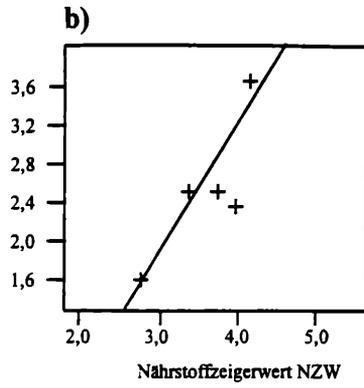
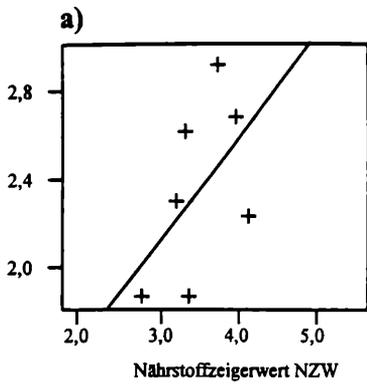


$R_{Nt} = +0,1472$
 $y = +0,1037 x + 1,6348$
 $R_{Pt} = +0,1981$
 $y = +0,4063 x - 0,056$
 $R_{mult} = +0,4821$



$R_{Nt} = -0,2070$
 $y = -0,0082 x + 2,011$
 $R_{Pt} = -0,4573$
 $y = -0,0448 x + 1,616$
 $R_{mult} = +0,5564$

Abbildung 17: Potentilla erecta



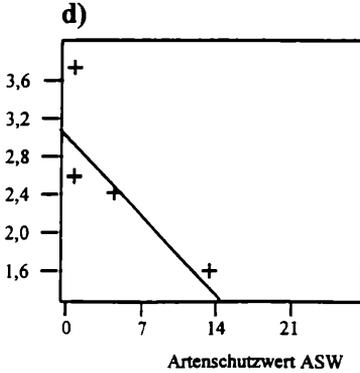
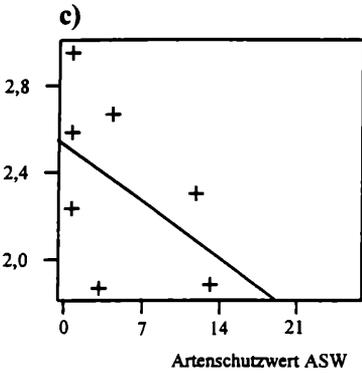
$$R_{Nt} = +0,4632$$

$$y = +0,4119 x + 0,9299$$

$$R_{Pt} = +0,8227 (*)$$

$$y = +1,2016 x - 1,696$$

$$R_{mult} = +0,8818$$



$$R_{Nt} = -0,4662$$

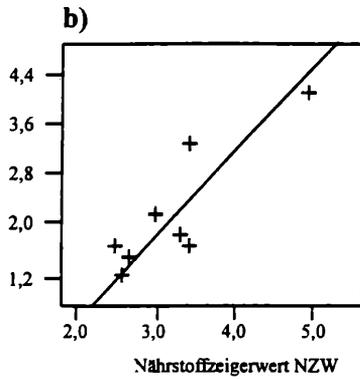
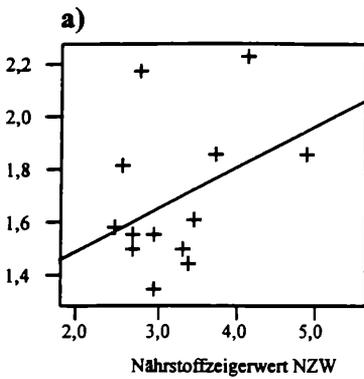
$$y = -0,0344 x + 2,533$$

$$R_{Pt} = -0,8103 (*)$$

$$y = -0,1162 x + 3,034$$

$$R_{mult} = +0,9817 *$$

Abbildung 18: Primula veris



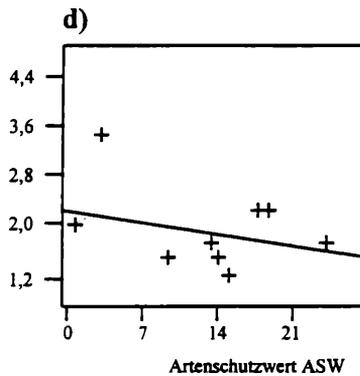
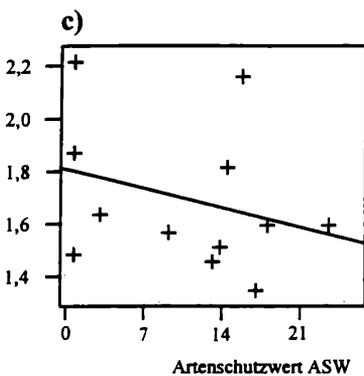
$$R_{Nt} = +0,4226$$

$$y = +0,1710 x + 1,5618$$

$$R_{Pt} = +0,8590 **$$

$$y = +1,1228 x - 1,6504$$

$$R_{mult} = +0,8616 **$$



$$R_{Nt} = -0,3249$$

$$y = -0,0113 x + 2,219$$

$$R_{Pt} = -0,3945$$

$$y = -0,0342 x + 2,373$$

$$R_{mult} = -+0,4236$$

Abbildung 19: Rhinanthus aristatus

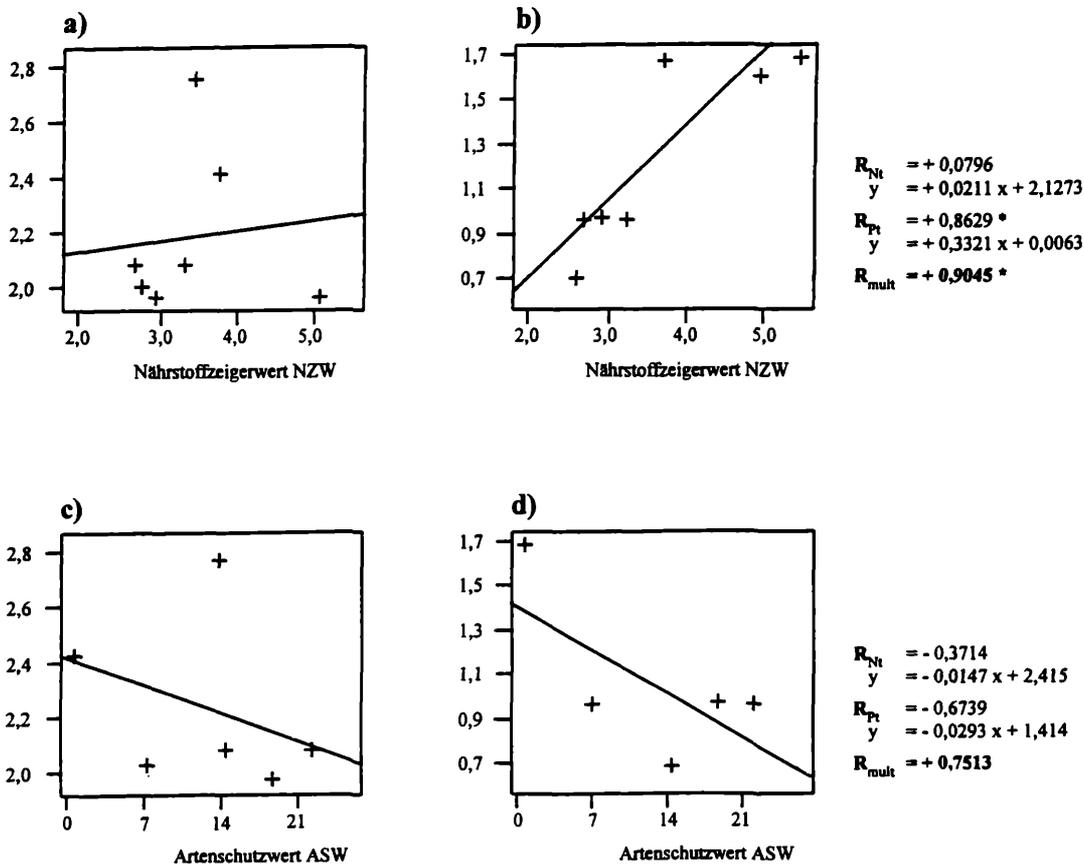


Abbildung 20: *Trifolium pratense*

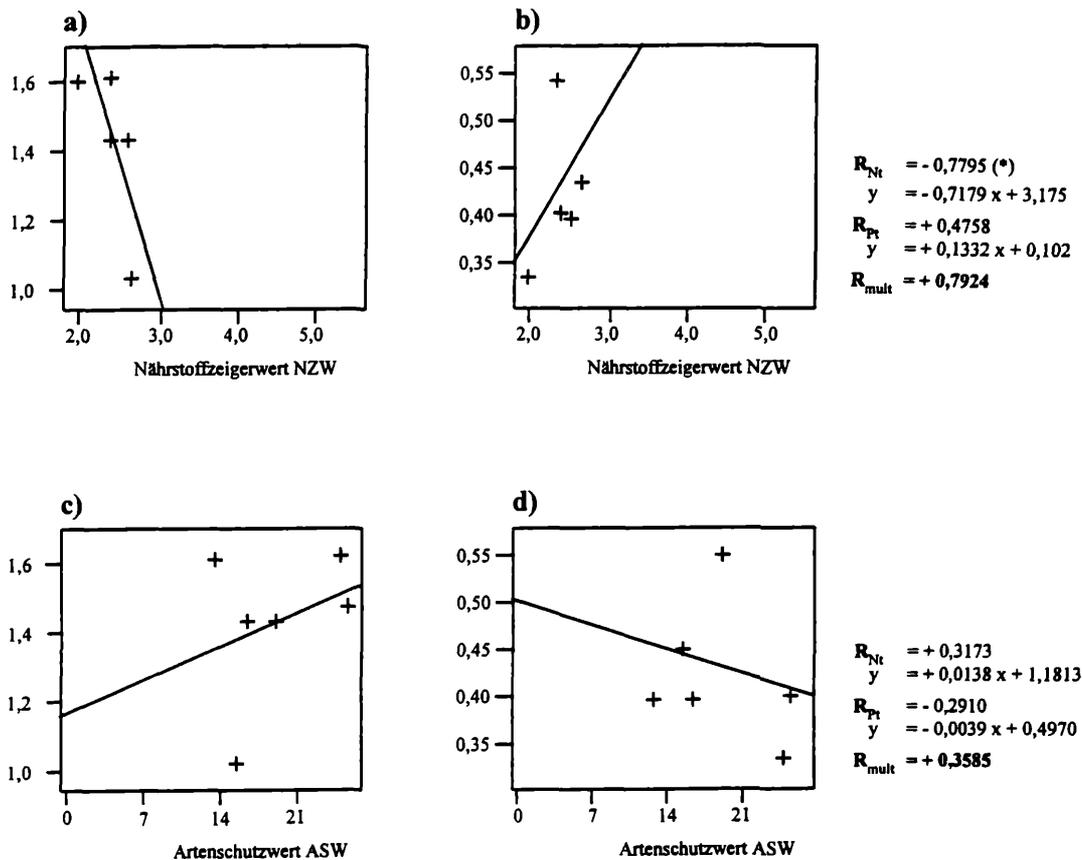
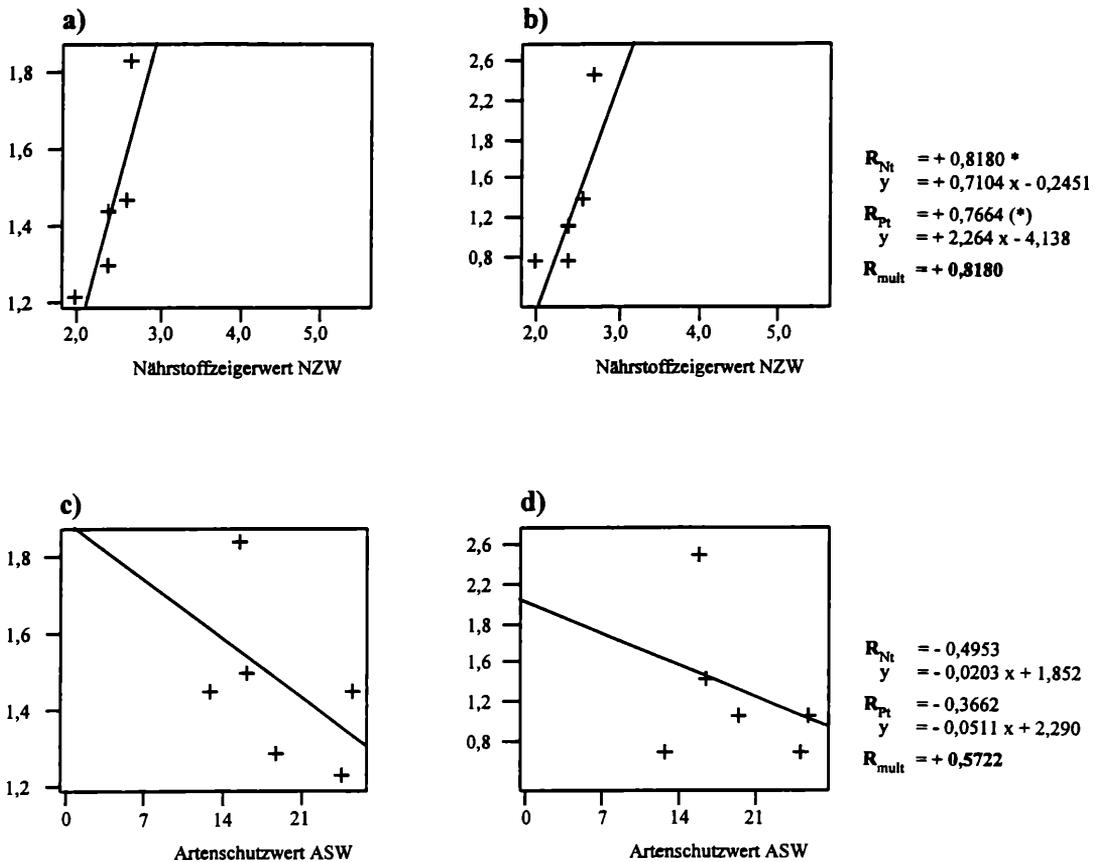


Abbildung 21: *Schoenus ferrugineus*

Abbildung 22 : *Tofieldia calyculata*

Folgende Reaktionsmuster ergeben sich aus den Regressionsgeraden:

a) Arten, deren Nt-Gehalt mit zunehmendem Nährstoffzeigerwert des Standortes steigt

aa) und ihr Pt-Gehalt sinkt:

Briza media, *Bromus erectus*, *Lotus corniculatus*

ab) und ihr Pt-Gehalt steigt:

Carex montana, *Potentilla erecta*, *Primula veris*, *Rhinanthus aristatus*, *Trifolium pratense*, *Tofieldia calyculata*

b) Arten, deren Nt-Gehalt mit zunehmendem Nährstoffzeigerwert des Standortes sinkt

ba) und ihr Pt-Gehalt sinkt:

Galium boreale, *Molinia coerulea*

bb) und ihr Pt-Gehalt steigt:

Brachypodium pinnatum, *Carex flacca*, *Carex elata*, *Carex panicea*, *Leontodon hispidus*, *Schoenus ferrugineus*

c) Arten, deren Nt-Gehalt mit zunehmendem Artenschutzwert steigt

ca) und ihr Pt-Gehalt sinkt:

Brachypodium pinnatum, *Carex flacca*, *Leontodon hispidus*, *Molinia coerulea*, *Schoenus ferrugineus*

cb) und ihr Pt-Gehalt steigt:

keine

d) Arten, deren Nt-Gehalt mit zunehmendem Artenschutzwert sinkt

da) und ihr Pt-Gehalt sinkt:

Carex elata, *Carex panicea*, *Potentilla erecta*, *Primula veris*, *Rhinanthus aristatus*, *Trifolium pratense*, *Tofieldia calyculata*

db) und ihr Pt-Gehalt steigt:

Briza media, *Bromus erectus*, *Carex montana*, *Galium boreale*, *Lotus corniculatus*.

5.3.2 Diskussion

Wie bereits in den vorhergegangenen Kapiteln sollen der mittlere Nährstoffzeigerwert als Maß für die "effektive Nährstoffkapazität" und der Artenschutzwert als Maß für die "Vegetationsqualität" dienen.

Aus den Regressionsanalysen ergeben sich folgende Reaktionsmuster der Pflanzen auf einen höheren Nährstoffzeigerwert (= höhere "effektive Nährstoffkapazität") am Standort:

I) Arten, deren Nährstoffgehalt mit dem Nährstoffzeigerwert der Probestellen ansteigt (vgl. nur Nt: aa, nur Pt: bb, beide: ab).

Wenn sie in verschiedenen "stabilen" Pflanzengemeinschaften vorkommen, können sie in denen mit einer höheren Nährstoffversorgung dieses bessere Angebot ausnutzen.

Wenn sie auf Standorten vorkommen, die sich ge-

rade im Prozeß der Eutrophierung befinden, können sie sich noch behaupten und ebenfalls mehr Nährstoffe aufnehmen. Ob sie den sich ändernden Konkurrenzbedingungen auf Dauer gewachsen sind, kann damit jedoch nicht gesagt werden. Wenn sich ein neues Gleichgewicht zwischen Vegetation und Standort eingestellt hat, können vielleicht andere Arten, deren ökologisches Optimum in diesem Bereich (Standortzustand) liegt, die Situation besser nutzen und die auf magere Standorte spezialisierte Art verdrängen.

So wird beispielsweise die Trockenrasenpflanze *Primula veris* in dem typischen Trockenrasen Nr. 4 gefunden und hat dort einen geringen Pt-Gehalt (1.6 mgP/gTG). In der entbuschten und eutrophierten Probefläche Nr. 9 hat sie einen höheren Pt-Gehalt (2.4 mgP/gTG), in der gering landwirtschaftlich eutrophierten Fläche 15 mit Beweidung hat sie einen noch höheren Pt-Gehalt (2.6 mgP/gTG), in der landwirtschaftlich intensivierten Fläche 13 ist ihr Pt-Gehalt bereits sehr hoch (3.7 mgP/gTG). In der Umgebung der Probefläche 13 hat sich offensichtlich schon das neue Gleichgewicht zwischen Vegetation und Standort eingestellt und *Primula veris* wird hier nur noch vereinzelt gefunden, obwohl sie mit hoher Wahrscheinlichkeit vor der Intensivierung hier verbreitet war, und in der Probefläche noch häufig ist. Dies deutet darauf hin, daß *Primula veris* zwar das bessere Angebot zu nutzen versteht (höhere Nt- und Pt-Gehalte im Pflanzenmaterial), auf Dauer jedoch in den "fetteren" Pflanzengemeinschaften anderen Arten unterlegen ist. Andere Standortfaktoren wie beispielsweise Beschattung, Mahd, lückenhafte Vegetation (Keimungsmöglichkeiten) können dabei eine Rolle spielen.

II) Arten, deren Nährstoffgehalt (vgl. S. 70 nur Nt: bb, nur Pt: aa, beide: ba) mit dem Nährstoffzeigerwert der Probeflächen sinkt, leiden bei den verbesserten Ernährungsbedingungen bereits unter dem Konkurrenzdruck anderer Pflanzen, die besser an die veränderten Standortbedingungen angepaßt sind. Diese Reaktion läßt sich etwa am Pt-Gehalt von *Bromus erectus* auf den Probeflächen 7, 15 und 1 nachvollziehen (Nr. 7: NZW 2.6, Pt 1.02; Nr. 15: NZW 3.3, Pt 0.56; Nr.1: NZW 3.7, Pt 0.45). Auch für die Reaktion der Arten auf eine höhere "Vegetationsqualität" ergeben sich zwei verschiedene Reaktionsmuster, die in der Regel eine Umkehrung der Reaktionsmuster der Pflanzen bezüglich des Nährstoffzeigerwertes sind (Artenschutzwert und Nährstoffzeigerwert sind negativ korreliert). Sie sollen zur Vollständigkeit auch ausgeführt werden, denn einzelne Arten können (trotz der allgemeinen negativen Korrelation der beiden Variablen) einen hohen Artenschutzwert und einen relativ hohen Nährstoffzeigerwert haben, und in diesem Fall ist ihre Reaktion bezüglich des Artenschutzwertes keine Umkehrung ihrer Reaktion bezüglich des Nährstoffzeigerwertes.

I) Steigt der Nährstoffgehalt (vgl. S. 70 nur Nt: ca,

nur Pt: db, beide: cb) von Pflanzenarten mit dem Artenschutzwert der Probeflächen, so wird angenommen, daß diese mit zunehmend "extremen" Bedingungen immer besser in der Lage sind, Stickstoff oder Phosphat aufzunehmen, beziehungsweise, daß sie mit zunehmender Verschiebung des Artenspektrums hin zu den Pflanzengemeinschaften nährstoffarmer Wiesen immer besser Stickstoff oder Phosphat aufnehmen können. Unter effektiv nährstoffreicheren Bedingungen und der Konkurrenz von Pflanzen, deren ökologisches Optimum in diesem Bereich liegt, sind sie dazu nur in geringerem Maß fähig.

II) Sinkt der Nährstoffgehalt (vgl. S. 70 nur Nt: db, nur Pt: ca, beide: da) einer Art mit steigendem Artenschutzwert, so wird angenommen, daß sie (bei zugleich sinkendem Nährstoffzeigerwert des Standortes) sich am unteren Rand ihres ökologischen Toleranzbereiches befindet, oder (bei zugleich steigendem Nährstoffzeigerwert) daß sie die Konkurrenz von Arten, die auf andere extreme Standortfaktoren (z.B. Austrocknung, Säuregrad) spezialisiert sind, schwer erträgt.

Welche Reaktionen tatsächlich auftreten, ist in der Zusammenfassung der Ergebnisse, S.78 dargestellt. Viele davon haben jedoch sehr geringe Korrelationen und lassen also keine eindeutige Reaktion erkennen. Sie werden möglicherweise von anderen Faktoren in ihrem Vorkommen und in ihrem Nt- und Pt-Gehalt (= Qualität des Pflanzenmaterials) limitiert.

Folgende Arten zeigen jedoch signifikante Korrelationen:

<i>Briza media</i>	Pt/ Artenschutzwert	R = -.6026(*)
<i>Bromus erectus</i>	Pt/ Nährstoffzeigerwert	R = -.7302(*)
<i>Carex flacca</i>	Pt/ Nährstoffzeigerwert	R = .7970*
	Nt/ Nährstoffzeigerwert	R = -.4798(*)
	Nährstoffzeigerwert	R _{mult} = .8277(*)
	Pt/ Artenschutzwert	R = -.5896
<i>Carex panicea</i>	Artenschutzwert	R _{mult} = .9939*
<i>Carex panicea</i>	Nt/ Nährstoffzeigerwert	R = -.7646*
	Pt/ Nährstoffzeigerwert	R = -.6845
	Pt/ Artenschutzwert	R = -.9906**
<i>Leontodon hispidus</i>	Nt/ Nährstoffzeigerwert	R = -.6817(*)
	Pt/ Nährstoffzeigerwert	R = .6398
	Nährstoffzeigerwert	R _{mult} = .9701**
	Pt/ Artenschutzwert	R = -.9495**
	Artenschutzwert	R _{mult} = .9917**
<i>Molinia coerulea</i>	Nt/ Nährstoffzeigerwert	R = -.5545(*)
<i>Primula veris</i>	Artenschutzwert	R _{mult} = .9817*

Rhinanthus aristatus		
Nährstoffzeigerwert		$R_{mult} = .8616^{**}$
Schoenus ferrugineus		
Nt/ Nährstoffzeigerwert		$R = -.7795(^*)$
Tofieldia calyculata		
Nt/ Nährstoffzeigerwert		$R = .8180^*$
Pt/ Nährstoffzeigerwert		$R = .7664(^*)$
Trifolium pratense		
Pt/ Nährstoffzeigerwert		$R = .8629^*$
Nährstoffzeigerwert		$R_{mult} = .9045^*$

Die angeführten Arten sollten in weiterführenden Arbeiten bezüglich einer Indikatorfunktion untersucht werden, denn sie spiegeln die effektive Nährstoffversorgung am Standort am besten wider. Besonders Arten, deren Nt- oder Pt-Gehalte, beziehungsweise deren multiple Beziehung mit dem Artenschutzwert korreliert sind, können eventuell eine wertvolle Indikator-Rolle übernehmen.

Modell der Indikatorfunktion des Nährstoffgehaltes einer Pflanzenart

Der Zusammenhang des ökologischen Optimums einer Art, die sehr direkt auf die Versorgungskapazität eines Standortes reagiert (zum Beispiel *Primula veris*), mit ihrem Nährstoffgehalt (d.h. ihrer effektiven Nährstoffversorgung) ist in Abbildung 27 modellhaft dargestellt.

Der Nährstoffgehalt, an dem das ökologische Optimum überschritten wird, könnte zur Festsetzung eines "ökologisch optimalen" Nährstoffgehaltes der Pflanze führen. Dieser kann als Richtwert zur Indikation von optimalen Verhältnissen für das Vorkommen dieser Art interpretiert und getestet werden.

Gesetzt den Fall eine Art, für die so ein Richtwert gefunden werden konnte, ist Charakterart einer Assoziation, so sollte der Nährstoffgehalt dieser Art als Indikatorwert für optimale Verhältnisse nicht nur für diese Art, sondern auch für die Assoziation geprüft werden.

Der Nährstoffzeigerwert entspricht der effektiven Nährstoffversorgung (und damit dem Nährstoffgehalt) am ökologischen Optimum.

6. Gesamtdiskussion

Zusammenhang des Nährstoffzeigerwertes mit dem Nährstoffangebot im Boden und dem Nährstoffgehalt des Pflanzenmaterials

Die Untersuchung bestätigt, daß die unterschiedliche effektive Versorgung der Pflanzen an verschiedenen Standorten im Nährstoffgehalt des Pflanzenmaterials gemessen werden kann, wenn gleich sich erhebliche artspezifische Unterschiede zeigen.

Im Widerspruch zu mehreren vorhergehenden Arbeiten (ELLENBERG 1979, GEBAUER 1987, JANSEN 1986) wurde keine nennenswerte Korrelation von Nährstoffangebot im Boden (gemessen am maximalen Nährstoffgehalt) und Nährstoffzeigerwert der Vegetation gefunden. Dieser scheinbare Widerspruch klärt sich dadurch, daß in der vorliegenden Arbeit nur jeweils innerhalb eines Biotoptyps gearbeitet wurde, und nicht wie bei den genannten Untersuchungen eine Spannweite unterschiedlicher Biotoptypen - von eutrophen Ruderalgesellschaften bis hin zu nährstoffarmen Hochmooren - erfaßt wird. Innerhalb einer homogenen Standortgruppe ist ein viel schwächerer Zusammenhang zu erwarten, weil die mittleren Nährstoffangebote der Probeflächen sehr eng zusammenliegen und andere Standortfaktoren (Konkurrenz, Pflege) in stärkerem Umfang die Unterschiede in der Artenausstattung determinieren.

Auch der sonst häufig gefundene Zusammenhang des mittleren Nährstoffzeigerwertes einzelner Probeflächen mit dem mittleren Nährstoffgehalt der Pflanzen dieser Probeflächen tritt innerhalb eines Standorttyps nicht so deutlich zutage. Denn innerhalb einer Standortgruppe verursachen andere Faktoren eine relativ große Varianz der mittleren Nährstoffgehalte der Pflanzen.

Ähnliches gilt für die Pflanzenarten: Innerhalb der

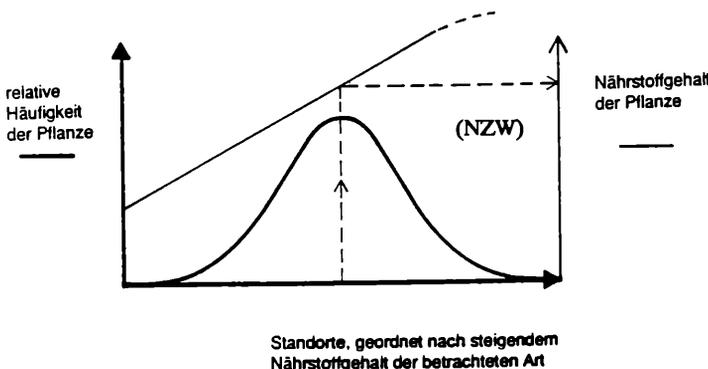


Abbildung 27

Modellhafte Darstellung der Indikatorfunktion "Nährstoffgehalt" am Beispiel von *Primula veris*.

Der Nährstoffgehalt der Pflanzen am Punkt ihres Verbreitungsoptimums kann als wichtiger Meßwert für die Definition eines Nährstoffzeigerwertes benutzt werden.

ganzen Breite der Nährstoffzeigerwerte besteht eine positive Korrelation zwischen dem Nährstoffzeigerwert und Nährstoffgehalt der Arten (GEBAUER 1987, JANSEN 1986). Denn im allgemeinen haben Arten (im ökologischen Optimum) mit einem höheren Nährstoffzeigerwert auch einen höheren Nährstoffgehalt (vgl. ELLENBERG, 1979). Innerhalb einer annähernd homogenen Standortgruppe ist dies nicht zu erwarten, denn sie enthält Pflanzen mit sehr ähnlichen Nährstoffzeigerwerten, und die Spannweiten des Nährstoffgehaltes einzelner Arten mit ähnlichen Zeigerwerten können sich durchaus überlappen (vgl. Abb. 28).

Der Nährstoffzeigerwert einer Art indiziert die effektive Versorgung dieser Art auf Standorten ihres ökologischen Verbreitungsoptimums. Doch die gesamte Spannweite des potentiellen Nährstoffgehaltes einer Art kann nicht durch ihren Nährstoffzeigerwert erfaßt werden.

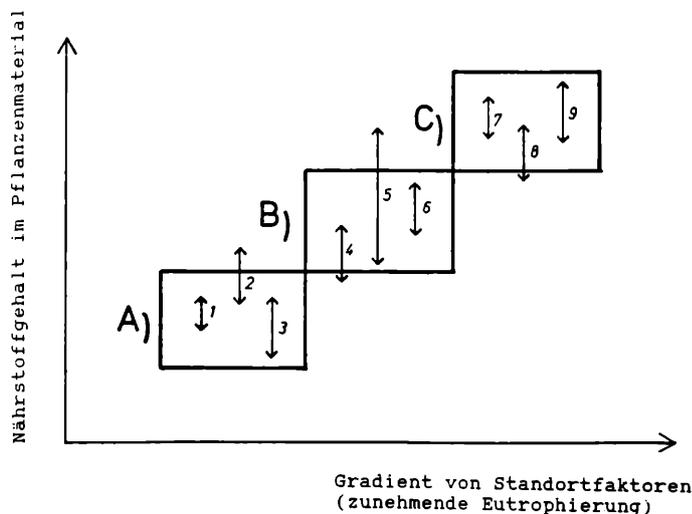
Bei den Pflanzen "extremer" Standorte ist das ökologische Optimum im allgemeinen weit von ihrem physiologischen entfernt. (Zu den Begriffen "ökologisches" und "physiologisches Optimum" vergleiche ELLENBERG 1986.)

Höhere Nährstoffgehalte im Pflanzenmaterial einzelner Arten können als Annäherung an deren

Abbildung 28

Varianz der Nährstoffgehalte im Pflanzenmaterial in Abhängigkeit von der Unterschiedlichkeit der Standorte.

Die Pfeile stellen die Spannweite der möglichen Nährstoffgehalte einzelner Arten dar, die zugehörigen Nummern stehen für unterschiedliche Pflanzenarten.



Aus der Skizze wird deutlich, daß eine geringe Korrelation zwischen den Variablen des Standortgradienten und dem mittleren Nährstoffgehalt der einzelnen Arten innerhalb einer Standortgruppe (A, B, oder C) zu erwarten ist, während die Unterschiede bei einer Abfolge verschiedener Standortgruppen zu einer höheren Korrelation zwischen diesen beiden Variablen führen kann.

Nährstoffgehalt am ökologischen Optimum als Richtwert für das Indikatorsystem

Ausgangspunkt der vorliegenden Untersuchung war die Überlegung, daß Veränderungen der Vegetation eines Standortes erfolgen, wenn sich die Standortbedingungen dahingehend ändern, daß sich die vorhandenen Pflanzen nicht mehr in ihrem ökologischen Optimum befinden. Solange sie sich im ökologischen Optimum befinden, erreichen sie die unter Konkurrenzbedingungen höchstmögliche Ausnutzung der Bodennährstoffkapazität. Auf Standorten außerhalb ihres ökologischen Optimums werden sie jedoch von Pflanzen, die dort optimale Nährstoffnutzungsstrategien besitzen, zurückgedrängt.

physiologisches Optimum, zumindest bezüglich der Nährstoffversorgung, gedeutet werden (vgl. Abb. 27). Das physiologische Optimum wird unter Freilandbedingungen vermutlich nicht erreicht. Dementsprechend wird auch der dem physiologischen Optimum entsprechende Nährstoffgehalt unter Freilandbedingungen nicht erreicht. Denn wenn sich der Standort verändert und die Nährstoffversorgung vom ökologischen Optimum in Richtung des physiologischen Optimums einer Art geht, wird diese Art, wie bereits erwähnt, von anderen Arten verdrängt, die in diesem Bereich ihr ökologisches Optimum haben.

Möglichkeiten des Indikatorsystems mit Berücksichtigung der praktischen Anwendung

Ziel der Untersuchung war es, zu prüfen, ob sich der Zusammenhang von Nährstoffgehalt der Pflanzen und Standorteigenschaften verwenden läßt, um zu beurteilen, inwieweit sich Pflanzenarten in ihrem ökologischen Optimalbereich befinden (in dem sie sich langfristig halten können). Abweichungen vom Nährstoffgehalt, der für das ökologische Optimum typisch ist, können zur Pro-

gnose von Artenverschiebungen dienen (vgl. Abb. 27).

Der erforderliche Nachweis, daß die Nährstoffgehalte in den Pflanzen sich durch eine veränderte effektive Nährstoffversorgung ändern, konnte für mehrere Pflanzengemeinschaften (Kap. 5.1.3) und Arten (Kap. 5.3) erbracht werden.

Für einen Teil der Arten ergibt sich ein so eindeutiger Zusammenhang von Nährstoffgehalt und "Vegetationsqualität" (Artenschutzwert), daß den Pflanzen in ihrem ökologischen Optimum ein bestimmter Nährstoffgehalt zugeordnet werden kann, wenn der Verbreitungsschwerpunkt bekannt ist und einem Artenschutzwert (innerhalb eines Standorttyps) zugeordnet werden kann.

Somit erscheint eine Indikation des ökologischen Optimums einzelner Arten durch ihren Nährstoffgehalt prinzipiell möglich zu sein. Voraussetzung für eine praktische Verwertung dieses Ergebnisses im Rahmen eines Indikatorsystems ist jedoch, daß Arten ausgewählt werden, deren Nährstoffgehalt in möglichst direkter Weise von der effektiven Versorgungskapazität der Standorte abhängt. Denn die Arten, die über besondere Strategien verfügen, um die Versorgungskapazität des Standortes optimaler zu nutzen (z.B. Leguminosen bezüglich ihres Stickstoffgehaltes oder Halbparasiten wie Rhinanthus), sind in ihrer effektiven Nährstoffaufnahme nicht so sehr vom Standort abhängig. Sie müßten erst sehr viel tiefgreifender bezüglich ihrer Reaktion und ihrem Verhalten an unterschiedlichen Standorten untersucht werden, bevor sie zur Indikation von Standortverhältnissen in Frage kommen könnten.

Verändert sich die effektive Versorgung eines Standortes, so sind zwei verschiedene Reaktionsmuster der Pflanzen denkbar:

a) Die Pflanze reagiert auf eine verbesserte potentielle Versorgungslage durch eine stärkere Nährstoffaufnahme. Diese ist im Pflanzenmaterial meßbar.

Beispiele hierfür sind *Tofieldia calyculata* und *Primula veris*, deren Nt- und Pt-Gehalte mit steigendem mittlerem Nährstoffgehalt des jeweiligen Standortes zunehmen (vgl. Abb. 10-26).

b) Die Pflanze wird durch Konkurrenz der Pflanzen, die hier ihr ökologisches Optimum besitzen, so "bedrängt", daß sie trotz der eigentlich verbesserten Nährstoffversorgung nur noch eine geringere Menge an Nährstoffen aufnehmen kann (vgl. Abb. 29).

Beispiele hierfür sind *Leontodon hispidus*, *Molinia coerulea* oder *Schoenus ferrugineus*, deren Nt-Gehalte mit steigendem mittlerem Nährstoffzeigerwert des jeweiligen Standortes abnehmen. Allerdings steigen die Pt-Gehalte von *Leontodon* und *Schoenus* mit dem steigenden Nährstoffzeigerwert der Standorte. Diese beiden Arten verhalten sich also bezüglich des Pt-Gehaltes nach dem Reaktionsmuster a) (s. Abb. Einzelarten).

Die Art 1 wird im Modell (Abb. 29) auf zwei Standorten (I, II) gefunden. Ihr Nährstoffgehalt ist am Standort I signifikant höher als auf II. Falls es sich um eine Art handelt, die unmittelbar auf die Standortverhältnisse reagiert (Indikatorart), wobei sie dem Reaktionsmuster a) folgen möge, so kann ihr unterschiedlicher Nährstoffgehalt auf den beiden Standorten folgendermaßen interpretiert werden:

Am Standort II ist ihr Nährstoffgehalt im Rahmen des üblichen, es besteht kein signifikanter Unterschied zwischen dem Nährstoffgehalt der Art 1 und dem mittleren Nährstoffgehalt auf diesem Standort (basikline Pfeifengraswiese).

Auf einer anderen basiklinen Pfeifengraswiese (Standort I) wird die Art 1 mit einem Nährstoffgehalt gefunden, der den standorttypischen Rahmen deutlich übersteigt: Sie zeigt eine Entwicklung der Vegetation ihres Standortes in Richtung Kohldistelwiese an.

Wenn Art 1 ihren Verbreitungsschwerpunkt in der Vegetationseinheit "Kohldistelwiese" hätte, so würde ihr Nährstoffgehalt am Standort I etwa ih-

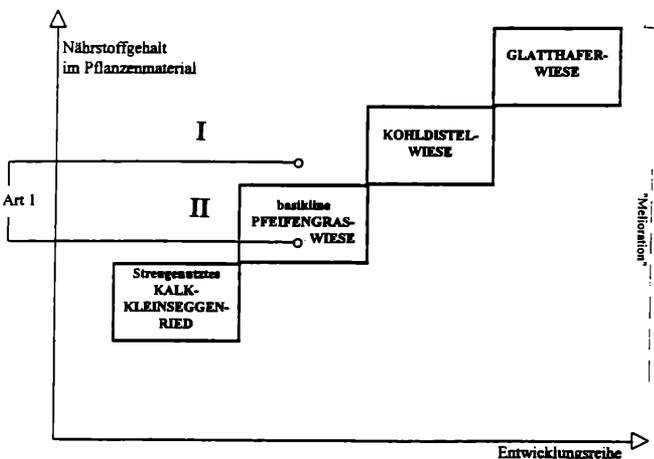


Abbildung 29

Modell des Zusammenhangs des Nährstoffgehaltes im Pflanzenmaterial einer Art mit ihrem Vorkommen in verschiedenen Flächentypen, dargestellt am Beispiel einer Entwicklungsreihe aus dem Bereich des Feuchtgrünlandes.

(Die Entwicklungsreihe wurde von PFADENHAUER 1989 beschrieben.)

rem ökologischen Optimum entsprechen, während der Nährstoffgehalt am Standort II auf eine Verringerung der effektiven Nährstoffversorgung hinweist.

Prinzipiell könnten sich Pflanzen beider Verhaltensweisen als Indikatoren eignen, doch sollten die Reaktionen möglichst eindeutig und reproduzierbar verlaufen.

Es werden jedoch Arten mit dem Reaktionsmuster a) als Indikatorarten vorgezogen, da Arten mit Reaktionsmuster b) nicht so unmittelbar auf Standortänderungen reagieren. Außerdem zeigen zumindest die erwähnten Beispielsarten für b) eine unterschiedliche Richtung des N- und des Pt-Gehaltes in der Reaktion auf eine vom mittleren Nährstoffzeigerwert der einzelnen Standorte angezeigte höhere effektive Nährstoffversorgung. Bei der Verwendung von Arten mit dem Reaktionsmuster a) ergeben sich keine Probleme bezüglich der Richtung (Eutrophierung oder Ausmagerung) der Standortveränderung.

In beiden Fällen (a und b) ändern sich erst die Nährstoffgehalte in einer Pflanze, bevor sie von anderen Arten, die ihr ökologisches Optimum unter den neuen Standortverhältnissen erreichen, verdrängt wird.

Der Indikatorwert der Nährstoffgehalte einzelner Arten

Die Methodik, die in der vorliegenden Arbeit zum Eignungstest für potentielle Indikatorarten durchgeführt wurde, erweist sich als praxisorientiertes Untersuchungsverfahren für das ökologische Verhalten einzelner Arten. Die Variable "Artenschutzwert" als Maß für Vegetationsqualität zeigt insbesondere für den Biotoptyp "Magerrasen" eine Korrelation mit der effektiven Nährstoffversorgung der Pflanzen. Anhand der zugehörigen Regressionsgeraden wird dadurch in der Praxis die Indikation der so definierten Vegetationsqualität möglich.

Für die Feuchtwiesen gilt die Eignung des Artenschutzwertes nur eingeschränkt, denn wenn durch "Verhochmooring" die Artenzahl und die Deckung der Arten stark abnimmt, ist damit auch die Punktezahl des Artenschutzwertes stark verringert. Da sich der Artenschutzwert in der vorliegenden Definition bei den Trockenrasen zur Quantifizierung der "Vegetationsqualität" bewährt hat, wurde er aus Gründen der Einheitlichkeit für alle Probeflächen benutzt. Es ist zu überlegen, ob ein Bezug des Artenschutzwertes auf die Artenzahl (Quotient Artenschutzwert/Artenzahl) auf Feuchtwiesen eine treffendere Einschätzung erbringen könnte. Inwieweit sich dadurch allerdings - wie man vermuten könnte - für andere Standorttypen eine unpräzisere Aussage über die Vegetationsqualität ergeben würde, müßte überprüft werden.

Die Indikation von Standortverhältnissen kann um so treffender erfolgen, je mehr Arten eine gleich-

artige Entwicklung einer Probefläche anzeigen. Damit möglichst viele und möglichst geeignete Indikatorarten zur Verfügung stehen, sollten nicht nur die Arten, die in der vorliegenden Untersuchung als Indikatorarten vorgeschlagen werden (Kap. 5.3), anhand einer möglichst großen Stichprobenzahl auf möglichst vielen Standorten getestet werden, sondern es sollten in ähnlicher Weise noch weitere Arten bezüglich ihrer Indikatoreignung untersucht und geeignete ausgewählt werden.

Nachdem gezeigt werden konnte, daß sich die Methode der Nährstoffanalyse des Pflanzenmaterials zur Indikation und Prognose von Standortveränderungen eignet, wäre weiterführend eine Untersuchung an sehr fein abgestuften Standortgradienten hilfreich. In einem Gradienten sollte eine Abfolge erfaßt werden von langjährig unveränderten Standorten mit einer "erwünschten" Vegetation über solche, bei denen sich eine Veränderung der Standortbedingungen abzeichnet, aber noch keine Veränderung der Vegetation (signifikante Verschiebung der Artmächtigkeiten, neue Arten) sichtbar ist, bis hin zu Standorten, die die gleiche Veränderung der Standortfaktoren hinter sich haben und deren Vegetation sich bereits entsprechend den neuen Standortverhältnissen verändert hat.

Problem der Konzentrationsmessung anstelle des Nährstoffgehaltes der Gesamtpflanze

Durch den Bezug der Nährstoffgehalte auf Gramm Trockengewicht und nicht auf die Gesamtpflanze wird der Teil der verbesserten effektiven Nährstoffversorgung nicht erfaßt, der unmittelbar in stärkere Biomasseproduktion umgesetzt wird.

Auch in dieser Verwertungsweise können sich unterschiedliche Verhaltensweisen der einzelnen Arten ergeben. Doch nachdem tatsächlich signifikante Unterschiede in der gleichen Art auf verschiedenen Standorten gemessen werden, kann angenommen werden, daß der Umsatz in stärkeres Wachstum langsamer vor sich geht als die Aufnahme und sich ein Fließgleichgewicht zwischen Aufnahme und Verarbeitung ergibt. Für diese Problematik erweist sich auch der zur Ernte gewählte Zeitpunkt zur Blütezeit als glückliche Wahl, denn mit einer starken quantitativen Vermehrung der Biomasse einer Art ist zu dieser Zeit nicht mehr zu rechnen. Wird die Qualität der Biomasse speziell für die Samenbildung verwendet, so spielt dies keine Rolle, da die gesamte (oberirdische) Pflanze homogenisiert wird und die lokale Anreicherung keine Auswirkungen mehr hat.

Pflanzenarten, die eine ausgeprägte Nährstoffökonomie zeigen (Molinia coerulea, Schoenus ferrugineus, PFADENHAUER 1985), erscheinen zunächst weniger geeignet, da sie ihre Nährstoffe auch im nicht untersuchten Rhizom- und Wurzelmaterial speichern, und auch mehr Nährstoffe ent-

halten als es den Standortgegebenheiten entspricht. In der Praxis erweisen sich in der vorliegenden Untersuchung *Molinia coerulea* und *Schoenus ferrugineus* bezüglich ihres Nt-Gehaltes als relativ gut, *Schoenus* jedoch bezüglich seines Pt-Gehaltes als ungeeignet zur Standortdifferenzierung (vgl. Kap. 5.3 Einzelarten).

Diskussion der Ergebnisse der verschiedenen mathematischen Auswertungsverfahren

Bei der Cluster- und der Korrelationsanalyse hat sich gezeigt, daß der Nährstoffzeigerwert sich als treffende Größe für den Zusammenhang der Vegetation mit der effektiven Versorgung eines Standortes bewährt. Das Zeigerwertsystem kann jedoch nicht so sensibel auf die Standortveränderung reagieren wie die (vom Nährstoffgehalt der Pflanzen angezeigte) effektive Nährstoffversorgung der Pflanzen, da sich die Zeigerwerte erst als Folge einer Verschiebung des Artenspektrums verändern.

Clusteranalysen

Sie erweisen sich als gute Methode zur Gruppierung von Standorten nach unterschiedlichen Kriterien. Bei Probeflächen, die keiner reinen Vegetationseinheit (Assoziation) mehr entsprechen, zeigt sich, daß die Clusteranalyse nach vegetationskundlichen Variablen (Zeigerwerten und Artenschutzwert) für eine homogene Gruppierung der Standorte besser geeignet ist als die Ähnlichkeit der Artenkombination. Denn die Ansprüche der Pflanzenarten, wie sie durch die Zeigerwerte indiziert werden, sind offensichtlich bei sich gerade verändernden Standorten einheitlicher als die Artenausstattung aus pflanzensoziologischer Sicht.

Durch die Möglichkeit, nach unterschiedlichen Variablensätzen zu gruppieren, können verschiedenartige Fragestellungen gezielt bearbeitet werden. Auch die schwer meßbare Pflege von Standorten kann so bearbeitet werden, was jedoch für die vorliegende Arbeit keine wesentlichen Ergebnisse erwarten ließ.

Regressionsanalysen

Sie führen bei den Variablenpaaren, die miteinander in Beziehung stehen, zu einer Quantifizierung dieser Beziehung. Zudem ermöglichen sie durch den Regressionskoeffizienten die qualitative Beschreibung des Verhaltens einzelner Arten im Hinblick auf bestimmte Standortänderungen. Innerhalb einheitlicher Standortgruppen kann jedoch auch die Regressionsanalyse meist keine eindeutigen Korrelationen zwischen Nährstoffgehalt und Artenschutz-, beziehungsweise Nährstoffzeigerwert mehr finden. Denn innerhalb solcher Gruppen ist die Varianz des Nährstoffgehaltes sehr groß verglichen mit der in diesem Bereich

ungenauen Differenzierung durch den Nährstoffzeigerwert.

Multiple Regression

Durch die multiple Regression wurde das Zusammenspiel von Stickstoff und Phosphor in ihrer vegetationsbestimmenden Wirkung festgestellt. Für freilandökologische Fragestellungen, wie der Frage nach vegetationsbestimmenden (limitierenden) Faktoren, ist sie von besonderer Bedeutung. Die für die effektive Nährstoffversorgung der Vegetation vorliegende multiple Kausalität ist immer noch unzureichend erforscht (KINZEL 1982) und kann letztendlich nur mit multivariaten Verfahren analysiert werden.

Indikationseignung der einzelnen Nährstoffe

Bei der Suche nach limitierenden Nährstoffen wurden bisher meist die Ergebnisse aus Bodenuntersuchungen mit der Vegetation eines Standortes verglichen. Sie sind meist widersprüchlich und führten dazu, daß verschiedenste Meinungen über den limitierenden Nährstoff auf nährstoffarmen Wiesen entwickelt wurden. Während EGLOFF (1986) in sich schlüssig beweist, daß Phosphor der limitierende Faktor auf Feuchtwiesen ist, ergaben die Untersuchungen von PFADENHAUER und MAAS (1986), daß hier Stickstoff und Kalium von größerer Bedeutung sein müssen.

Aus der vorliegenden Untersuchung geht hervor, daß die im Boden gemessene Nährstoffmenge auf den extremen Standorten, die auf der Suche nach dem limitierenden Nährstoff oft betrachtet wird, nur gering mit der effektiven Versorgung der Pflanzen korreliert ist. Denn diese wird offensichtlich stark durch andere Faktoren (ungünstiger Wasserhaushalt, extreme Temperaturverhältnisse etc.) beeinflußt, die die effektive Verfügbarkeit der vorhandenen Nährstoffe einschränken.

a) Stickstoff

Der Nt-Gehalt variiert stark und es konnte nicht schlüssig geklärt werden, ob ein Zusammenhang des Nt-Gehaltes allein mit den vegetationsprägenden Standortfaktoren besteht. Wird jedoch das Zusammenspiel von N und P betrachtet, so wird deutlich, daß sich die beiden in ihrer Wirkung ergänzen. Sowohl das N/P-Verhältnis als auch die multiple Beziehung der beiden ergeben eindeutige Zusammenhänge mit den Vegetationskennwerten Nährstoffzeigerwert und "Artenschutzwert".

Beim Stickstoff kann allerdings eine ehemals limitierende Wirkung unterstellt werden, die jedoch in keinem nennenswerten Ausmaß gefunden wurde. Als Erklärung dafür bietet sich die Luftverschmutzung (Stickoxide) an, die in neuerer Zeit vermutlich eine permanente Stickstoffdüngung durch das Abregnen der Luftschadstoffe verursacht.

b) Phosphor

In der vorliegenden Arbeit wurde Phosphor in den meisten Fällen sowohl auf Trockenrasen als auch auf Feuchtwiesen als wichtigster, die Artenkombination bestimmender Nährstoff gefunden. Noch deutlicher wird diese Wirkung meist, wenn Phosphor und Stickstoff gemeinsam betrachtet werden, wobei es Hinweise gibt, daß der Stickstoffgehalt der Pflanzen möglicherweise von der Phosphorversorgung mit beeinflußt wird.

Es sollte in weiterführenden Arbeiten versucht werden, das Zusammenspiel von Phosphat und Stickstoff zu klären und die ursächlichen Mechanismen aufzudecken.

Möglicherweise hat Phosphat erst in neuerer Zeit die Rolle des vegetationsbestimmenden Nährstoffes, die, wie mehrere Autoren fanden, früher eventuell dem Stickstoff zukam. Denn wie bereits erwähnt erfolgt eine permanente Stickstoffdüngung durch Stickoxide, die als Heizungs- und Verkehrsabgase in die Luft gelangen.

Phosphat hingegen findet man in viel geringerem Maß und nicht gasförmig, sondern an Staubteilchen gebunden in der Luft. Der Phosphateintrag aus der Luft ist daher im allgemeinen vernachlässigbar gering.

Da Phosphat auch in viel geringerem Maß als die Stickstoffverbindungen (vor allem Nitrat) im Wasser gelöst und transportiert wird (SCHEFFER 1984), ist bei Feuchtwiesen der Phosphateintrag aus benachbarten Flächen mit dem Grundwasserstrom zu vernachlässigen.

Möglich ist jedoch ein P-Eintrag durch Staubteilchen, sei es durch die Verfrachtung feinkörniger Dünger oder bloßliegender Ackererde durch den Wind, oder durch den Eintrag von Bodenteilchen mit dem Oberflächenabfluß aus phosphatreichen Flächen.

Desweiteren kann sich auch die Verfügbarkeit des Bodenphosphates verändern und eine indirekte P-Düngung bewirken. Vor allem die Veränderung des pH-Wertes eines Standortes kann die Verfügbarkeit von Phosphat für die Pflanzen wesentlich beeinflussen, denn Bodenphosphat liegt nur in einem sehr engen pH-Bereich (leicht sauer) optimal gelöst vor.

c) Kalium

Es konnte keine signifikante Korrelation des Kt-Gehaltes mit den Vegetationskennwerten "Arten-schutzwert" und "Nährstoffzeigerwert" (das heißt kein Hinweis auf eine limitierende Wirkung) gefunden werden. Es gibt jedoch einige Hinweise (Kap.Clusteranalysen), daß Kalium in einzelnen Fällen doch für die Differenzierung der Untersuchungsflächen geeignet ist. Der Sonderfall einer limitierenden Wirkung von Kalium konnte nur zwischen den Gruppen "typische Kalkmagerrasen" und "artenverarmte Kalkmagerrasen" gefunden werden. Stickstoff und Phosphor sind in diesem

Fall offensichtlich nicht mehr im Mangelbereich. Möglicherweise ist dieser Zusammenhang jedoch nicht kausal, sondern die Folge eines anderen differenzierenden Faktors, von dem die Kaliumversorgung der Pflanzen abhängt.

Für Feuchtwiesen ergeben sich Hinweise (vgl. Kap. 5.1.2), daß eine landwirtschaftlich bedingte Eutrophierung (Düngung) am Kt-Gehalt erkannt werden kann. Bei beiden Standorttypen ist ein anderer denkbarer Faktor der Basengehalt des Bodens, der die effektive Kaliumversorgung möglicherweise beeinflußt.

Zusammenhänge zwischen Nährstoffmeßwerten und verschiedenen Bewirtschaftungsweisen

Die Auswirkungen der Pflegesysteme auf den Nährstoffgehalt im Pflanzenmaterial werden am besten durch die Clusteranalyse untersucht. In der vorliegenden Arbeit kann diese Thematik nur in ihren Grundzügen beleuchtet werden, doch die Ergebnisse leisten einen wichtigen Beitrag für die weitere Bearbeitung dieser Fragestellung: Die Cluster sind auch bezüglich ihrer Pflegekriterien (vgl. Beschreibung der Clustergruppen Kap. 5.1.3) als Gruppen zu interpretieren, wenngleich diese Einteilung hier weit gefaßt wird. Signifikante Unterschiede im Nährstoffgehalt des Pflanzenmaterials zwischen Clustergruppen, denen eindeutige Pflegesysteme zugeordnet werden könnten, können eventuell zur Auswahl von Pflegemaßnahmen herangezogen werden, mit denen ein bestimmtes Entwicklungsziel erreicht werden soll.

Vergleich der Trockenrasen und der Feuchtwiesen

Grundsätzliche Unterschiede bestehen zwischen den zwei untersuchten Standorttypen in mehreren Eigenschaften: Die Trockenrasenpflanzen haben durchschnittlich höhere Nährstoffgehalte, die sie direkt den gut durchlüfteten Böden entnehmen könnten, wenn die anderen Standortverhältnisse (Wasserhaushalt, pH-Wert) dies zuließen. Viele Streuwiesenpflanzen besitzen dagegen eine effizientere Nährstoffökonomie und verbreitete, typische Streuwiesenpflanzen zeigen einen internen Kreislauf der Nährstoffe, der es ihnen ermöglicht, auf den sehr armen und wassergesättigten Böden zu existieren.

Der Zusammenhang der mittleren Nährstoffgehalte mit der "Vegetationsqualität" ist auf den Streuwiesen nicht so eng, was vermutlich nicht nur auf diese Nährstoffökonomie langlebiger Arten zurückzuführen ist, sondern auch auf einen stärkeren limitierenden Einfluß anderer Standortfaktoren (z.B. Mahd: die wiederholte Auflichtung wirkt als Lichtfaktor) auf die Artenkombination.

Auswirkungen auf praktische Naturschutzfragen

Wenn es gelingt, die vorgestellte Methode der In-

dikation von Standort- beziehungsweise Vegetationsqualität und der Prognose von Artenverschiebungen zur "Serienreife" zu entwickeln, so ergäben sich folgende Möglichkeiten der Anwendung im praktischen Naturschutz:

a) Es wird eine frühzeitige Prognose von Änderungen der Artenausstattung auf schützenswerten Flächen ermöglicht.

b) Es wird angestrebt, über eine Einwirkung auf einen anderen Standortfaktor die effektive Nährstoffversorgung (zielgerichtet) so zu beeinflussen, daß eine limitierende Wirkung auf die Vegetation auf dem ursprünglichen (gewünschten) Niveau erfolgen kann.

Dies könnte auf unterschiedlichste Weise geschehen, beispielsweise durch gezielte Mahd zur Zeit der Hauptentfaltung einer Pt-reichen Art, oder durch Förderung des versauernden Sphagnenwachstums durch Grundwasserstau.

c) Durch die Kenntnis des Nährstoffgehaltes von Indikatorarten in ihrem ökologischen Optimum soll zusätzlich eine Erfolgskontrolle von bereits durchgeführten Pflegeplänen ermöglicht werden.

Ein weiterer Vorteil der vorgeschlagenen Methode ist ihre vegetationschonende Anwendung. Die mageren Standorte sollten wegen ihrer Schutzbedürftigkeit nicht zu stark durch eine Bearbeitung belastet werden. Da jedoch für diese Untersuchung keine Bodenproben erforderlich sind und auch nur einzelne Pflanzenexemplare geerntet werden müssen, erscheint eine Bearbeitung dieser aus naturschutzfachlicher Sicht hochwertigen Flächen vertretbar. Die Bedeutsamkeit der zu erwartenden Ergebnisse für Zustandsdiagnose und Schutzbemühungen bei ähnlichen Flächen machen eine derartige Untersuchung wünschenswert.

Weiterführende Auswertung des geernteten Pflanzenmaterials

Eine weiterführende Anwendung der Methodik auf langfristig vegetationskundlich beobachteten Dauerflächen könnte eine erhebliche Arbeitserleichterung und dadurch sehr viel umfangreichere Ergebnisse bewirken.

Durch die genaue Kenntnis der Tradition der Pflege und eventueller Veränderungen in neuerer Zeit, die sich (noch) nicht auf die Artenkombination ausgewirkt haben, könnte in relativ kurzer Zeit geprüft werden, ob prognostizierte Verschiebungen im Artenspektrum auf derartig lang beobachteten Flächen tatsächlich erfolgen.

Zudem können die Ergebnisse noch zur Biologie und Populationsbiologie einzelner Arten, für die Erforschung des Faktorenkomplexes Pflege, Nährstoffversorgung, Konkurrenz und Artenschutz von großer Bedeutung sein.

Es ergibt sich beispielsweise folgender interessan-

te Aspekt für die Erforschung der Biologie einzelner Pflanzenarten: Die Nährstoffanalyse einzelner Pflanzenarten kann auch für die Untersuchung der Differenz zwischen dem physiologischen und dem ökologischen Optimum eingesetzt werden. Weiterführend sollte auch an eine genetische Untersuchung der geernteten Pflanzen gedacht werden ("genetisches Fingerprinting"), die die Auswirkungen der starken Verinselung und der sicher bereits erfolgenden genetischen Veränderung der Pflanzen (Gendrift) erhellt. Für gezielte Artenschutzmaßnahmen könnten die zu erwartende Ergebnisse wegweisend sein.

7. Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit belegt, daß die effektive Nährstoffversorgung der Pflanzen auf extremen Standorten nicht zuverlässig durch Bodenuntersuchungen erfaßt werden kann, da nicht das Nährstoffangebot allein über deren effektive Aufnahme entscheidet. Statt dessen können die in den Pflanzen gefundenen Nährstoffgehalte ermittelt und als Maß für die effektive Nährstoffversorgung verwendet werden.

Zudem weisen die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit darauf hin, daß nicht immer nur ein Nährstoff limitierend wirkt, sondern daß möglicherweise mehrere Nährstoffe (vor allem Stickstoff und Phosphor) in wechselseitiger Abhängigkeit einen Wirkungskomplex bedingen (s. Kap. 5.3), der limitierend auf die Vegetation wirkt.

Es wird deutlich, daß zumindest für die untersuchten Trockenrasenflächen grundsätzlich Phosphat als limitierend betrachtet werden muß, wenngleich ein Teil dieser Wirkung jedoch möglicherweise darauf beruht, daß es die Stickstoffaufnahme mit beeinflusst. Auch auf den untersuchten Streuwiesen scheint Phosphor im Pflanzenmaterial eine wichtige Rolle zu spielen. Hier wird er jedoch noch mehr durch Stickstoffgehalt in seiner vegetationsbestimmenden Rolle ergänzt.

Auf den Streuwiesen scheinen außerdem in höherem Maß als auf den Trockenrasen andere Standortfaktoren eine limitierende Bedeutung zu haben. Sie bewirken eine Veränderung der effektiven Versorgung, die sich auch auf die Nährstoffgehalte im Pflanzenmaterial auswirkt.

Bei Kalium konnte kein schlüssiger und mit signifikanten Korrelationen verbundener Beweis für eine limitierende Wirkung gefunden werden, jedoch gibt es einige Hinweise (Kap. 5.1.3), daß es in einzelnen Fällen doch für die Differenzierung der Untersuchungsflächen geeignet ist. Möglicherweise ist dieser Zusammenhang jedoch nicht kausal, sondern die Folge eines anderen differenzierenden Faktors, von dem die Kaliumversorgung der Pflanzen abhängt.

So ergeben sich Hinweise, daß auf Streuwiesen eine landwirtschaftlich bedingte Eutrophierung (Düngung) am Kt-Gehalt erkannt werden kann. Der Basengehalt des Bodens ist ein anderer denkbarer Faktor, der möglicherweise auf beiden untersuchten Standorttypen die effektive Kaliumversorgung beeinflußt.

8. Literaturverzeichnis

- AERTS, R.; BERENDSE, F. (1988):
The effect of increased nutrient availability on vegetation dynamics on wet heathlands. *Vegetatio* 76: 63-69
- AGREN, G.; BOSATTA, E. (1988):
Nitrogen saturation of terrestrial ecosystems. *Environmental Pollution* 54: 185-197
- AMBERGER, A. (1979):
Pflanzenernährung, UTB, Ulmer Verlag, Stuttgart
- BACKHAUS, K. et al. (1990):
Multivariate Analysemethoden, 6. Auflage, Springer Verlag, Berlin
- BAKKER, J.P.; De VRIES, Y. (1985):
The results of different cutting regimes in grassland taken out of the agricultural system. In: Münstersche Geographische Arbeiten, 20
- BOLLER-ELMER, K. C. (1977):
Stickstoff-Düngungseinflüsse von Intensivgrünland auf Streu- und Moorwiesen. Veröff. Geobot. Inst., ETH Zürich, Stiftung Rübel, Bd. 63.
- BÖCKER, R.; KOWARIK, I.; BORNKAMM, R. (1983):
Untersuchungen zur Anwendung der Zeigerwerte nach Ellenberg. *Verh. Ges. f. Ökol. (Festschr. Ellenberg)*, Bd. XI:35 - 56
- BREMNER, J.M.; KEENEY, D.R. (1965):
Steam distillation methods for determination of ammonium, nitrate and nitrite. *Anal. Chim. Acta* 32: 485-495
- BRIEMLE, G. (1985):
Vegetations- und Standortentwicklung auf Niedermoor unter dem Einfluß verschiedener Pflegemaßnahmen - erste Tendenzen nach fünf Versuchsjahren. *TELMA*, Bd. 15: 197-221
- BRIEMLE, G. (1986):
Vergleich der Stickstoff-Mineralisation mit der N-Zahl Ellenberg's am Beispiel einer Streuwiese im Voralpenland. *Natur und Landschaft*, Heft 11: 423 - 427
- CHAPIN, F.S. (1980):
The mineral nutrition of wild plants. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 11:233-260
- DIERSCHKE, H. (1980):
Erstellung eines Pflegeplanes für Wiesenbrachen des Westharzes auf pflanzensoziologischer Grundlage. *Verh. d. Ges. f. Ökol. Bd. VIII, Freising-Weißenstefan*: 205 - 212
- EGLOFF, T. (1982):
Der Phosphor als primär limitierender Nährstoff in Streuwiesen (Molinion). Düngungsversuche im unteren Reusstal. *Ber. d. Geobot. Inst. d. ETH Zürich, Stiftung Rübel*, Heft 50: 119-148
- EGLOFF, T. (1986):
Auswirkungen und Beseitigung von Düngungseinflüssen auf Streuwiesen. Veröff. d. Geobot. Inst. d. ETH Zürich, Stiftung Rübel, 89. Heft
- EGLOFF, T. (1987):
Gefährdet wirklich der Stickstoff (aus der Luft) die letzten Streuwiesen? *Natur und Landschaft*, Heft 11
- ELLENBERG, H. (1956):
Grundlagen der Vegetationsgliederung. In: H. Walter, Einführung in die Phytologie, Ulmer Verlag, Stuttgart
- ELLENBERG, H. (1964):
Stickstoff als Standortfaktor. *Ber. Dtsch. Bot. Ges.* 77: 82-92
- ELLENBERG, H. (1977):
Stickstoff als Standortfaktor, insbesondere für mitteleuropäische Pflanzengesellschaften. *Oecol. Plant.* 12: 1-22
- ELLENBERG, H. (1979):
Zeigerwerte der Gefäßpflanzen Mitteleuropas. 2. Auflage, Goltze, Göttingen
- ELLENBERG, H. (1986):
Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen, Ulmer Verlag, Stuttgart
- FICHTNER, K. (1991):
Der Einfluß des Stickstoffangebots auf das Wachstum unterschiedlich nitrophiler annueller Pflanzen und die Wechselwirkungen zwischen Stickstoffhaushalt und Photosynthese bei *Phaseolus lunatus* und transgenem *Nicotiana tabacum*. Diss. Univ. Bayreuth
- FÖHSE, D.; CLAASSEN, N.; JUNGK, A. (1988):
Phosphorus efficiency of plants. *Plant and Soil* 110: 101-109
- FRESCO, L.F.M.; HERMANS, E.; Van der LANS, W. (1984):
Soil phosphorus as a factor controlling vegetation composition in moist hayfields: a statistical evaluation of some methods for the determination of the available phosphate. *Plant and Soil* 78, 259-269
- GANZERT, C.; PFADENHAUER, J. (1986):
Seasonal dynamics of shoot nutrients in *Schoenus ferrugineus* (Cyperaceae). *Holarct. Ecol.* 9: 137-142, Copenhagen
- GEBAUER, G. (1987):
Vergleichende Untersuchungen zum Nitrathaushalt von Pflanzen unterschiedlicher ökologischer und systematischer Gruppen. Diss. Techn. Univ. München
- GEBAUER, G.; REHDER, H.; WOLLENWEBER, B. (1988):
Nitrate, nitrate reduction and organic nitrogen in plants from different ecological and taxonomic groups of central europe. *Oecologia* 75: 371-385
- GERLACH, A. (1973):
Methodische Untersuchungen zur Bestimmungen der Stickstoffnettomineralisation. Goltze, Göttingen
- GIGON, A. (1986):
Stickstoff- und Wasserversorgung von Trespen-Halbtrockenrasen (Mesobromion) im Jura bei Basel. *Ber. Geobot. Inst. ETH Zürich, Stiftung Rübel*, 38: 28 - 85
- GIGON, A. (1983):
Welches ist der wichtigste Standortfaktor für die floristischen Unterschiede zwischen benachbarten Pflanzengesellschaften? Untersuchungen an alpinen Rasen auf Silikat, Karbonat und Serpentin. *Verh. d. Ges. f. Ökol. (Festschr. Ellenberg)*, Bd. 11: 145 - 160
- GÖKCEOGLU, M.; REHDER, H. (1977):
Nutrient turnover studies in alpine ecosystems. III Communities of lower altitudes dominated by *Carex sempervirens* Vill. and *Carex ferruginea* Scop.. *Oecologia* 28: 317-331
- GÖRS, S. (1951):
Lebenshaushalt der Flach- und Zwischenmoorgesellschaften im württembergischen Allgäu. Veröff. Landesstelle Landschaftspflege und Naturschutz 20: 169-246

- GRIME, J. P. (1979):**
Plant Strategies and Vegetation Processes, John Wiley and Sons, Chichester
- JANIESCH, P.; MELLIN, C. et al. (1990):**
Die Aktivierung von Samenbanken ehemaliger Feuchtwiesen und -wälder als Grundlage für Renaturierungen. In: Verh. d. Ges. f. Ökol., Bd. 20, Freising-Weihenstephan
- JANSEN, A. (1987):**
Vergleich verschiedener Methoden zur Überprüfung der Stickstoffzeigerwerte nach Ellenberg am Beispiel einiger oberbayerischer Pflanzengesellschaften. Dipl. Arbeit, Techn. Univ. München
- JUPP, A.P.; NEWMAN, E.I. (1987):**
Phosphorus uptake from soil by *Lolium perenne* during and after severe drought. J. of Appl. Ecol. 24: 979-990
- KAPFER, A.; PFADENHAUER, J. (1986):**
Vegetationskundliche Untersuchungen zur Pflege von Pfeifengras-Streuwiesen. Natur und Landschaft, 61. Jg., Heft 11
- KAULE, G. (1986):**
Arten- und Biotopschutz, Ulmer Verlag, Stuttgart
- KERSHAW, K. A. (1973):**
Quantitative and Dynamic Plant Ecology, Edward Arnold (Publishers) Limited, London
- KINZEL, H. (1982):**
Pflanzenökologie und Mineralstoffwechsel, Ulmer Verlag, Stuttgart
- KREEB, K. H. (1983):**
Vegetationskunde, Ulmer Verlag, Stuttgart
- KUHN, U. et al. (1982):**
Rückzug von Nährstoffen bei *Molinia coerulea* im Herbst. Ber. Geobot. Inst. ETH Zürich, Stiftung Rübel, 49: 146-153
- LANGE, B. et al. (1987):**
Photometrische Analysen, VCH Weinheim
- LARCHER, W. (1984):**
Ökologie der Pflanzen, UTB, Ulmer Verlag, Stuttgart
- LEE, J.A.; STEWART, G.R. (1970):**
Ecological aspects of nitrogen assimilation. Adv. Bot. Res. 6: 2 - 43
- MAAS, D. (1988):**
Keimung und Etablierung von Streuwiesenpflanzen nach experimenteller Ansaat. Natur und Landschaft, 63. Jahrgang, Heft 10: 411 - 415
- MAAS, D. (1989):**
Biomasseentwicklung von Streuwiesenpflanzen verschiedener Herkunft in Abhängigkeit von der Bewirtschaftungsintensität. In: Verh. d. Ges. f. Ökol., Bd. XIX/2, Osnabrück: 346 - 355
- MENGEL, K. (1982):**
Factors of plant nutrient availability relevant to soil testing. Plant and Soil 64: 129-138
- MENGEL, K. (1984):**
Ernährung und Stoffwechsel der Pflanzen. VEB Gustav Fischer Verlag, Jena
- MORTON, A.J. (1977):**
Mineral nutrient pathways in a *Molinietum* in autumn and winter. J. Ecol. 65: 993-999
- MÜHLENBERG, M. (1989):**
Freilandökologie, UTB, Quelle & Meyer Verlag, Heidelberg
- MÜLLER, M. (1983):**
Ökophysiologische Untersuchungen zum Stickstoffumsatz verschiedener Lemnaceen. Dipl. arb., Techn. Univ. München
- NASSERY, H. (1970):**
Phosphate absorption by plants from habitats of different phosphate status. II Absorption and incorporation of phosphate by intact plants. New Phytol. 69: 197-203
- NASSERY, H. (1971):**
Phosphate absorption by plants from habitats of different phosphate status. III Phosphate fractions in the roots of intact plants. New Phytol. 70: 949-951
- NASSERY, H.; HARLEY, J.L. (1968):**
Phosphate absorption from habitats of different phosphate status. I Absorption and incorporation of phosphate by excised roots. New Phytol. 68: 13-20
- OBERDORFER, E. (1983):**
Pflanzensoziologische Exkursionsflora, Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart
- PFADENHAUER, J. (1981):**
Grundlagen, Möglichkeiten und Grenzen der Moor-Renaturierung. In: Daten und Dokumentation zum Umweltschutz 31, S. 75 - 82
- PFADENHAUER, J. (1989):**
Gedanken zur Pflege und Bewirtschaftung voralpiner Streuwiesen aus vegetationskundlicher Sicht. Schriftenr. Bay. Landesamt f. Umweltschutz, Heft 95: 25-42
- PFADENHAUER, J.; KAPFER, A.; MAAS, D. (1987):**
Renaturierung von Futterwiesen auf Niedermoorort durch Aushagerung. Natur und Landschaft 62, Heft 10
- PLACHTER, H. (1989):**
Zur biologischen Schnellansprache und Bewertung von Gebieten. Schr.reihe f. Landsch.pfl. und Nat.sch., Heft 29: 107-135, Bonn-Bad Godesberg
- PLACHTER, H. (1990):**
Naturschutz, UTB, Fischer Verlag, Stuttgart
- POSCHLOD, P.; DEFFNER, A.; BEIER, B.; GRUNICKE, U. (1990):**
Untersuchungen zur Diasporenbank von Samenpflanzen auf beweideten, gemähten, brachgefallenen und aufgeforscteten Kalkmagerrasenstandorten. In: Verh. d. Ges. f. Ökol., Bd. 20, Freising-Weihenstephan
- PREISS, H. (1974):**
Typen von ungedüngten Trockenrasen und deren Verbreitung im Landschaftsschutzgebiet "Eberfinger Drumlinfelder". Zulassungsarbeit Techn. Univ. München
- PREISS, H. (1982):**
Vegetation und Nährstoffumsatz in Flachmoor-Biotopen im Raum von Bad Tölz unter Berücksichtigung der Auswirkungen von Nutzungsänderungen, Diss. Techn. Univ. München
- REHDER, H. (1970):**
Zur Ökologie, insbesondere Stickstoffversorgung subalpiner und alpiner Pflanzengesellschaften im Naturschutzgebiet Schachen (Wettersteingebirge). Diss. Bot. Bd. 6, Cramer, Lehre
- REHDER, H. (1975):**
Phytomasse- und Nährstoffverhältnisse einer alpinen Rasengesellschaft (*Caricetum Firmac*). Verh. d. Ges. f. Ökol., Wien: 93 - 99
- REHDER, H. (1982):**
Nitrogen relations of ruderal communities (*Rumicion alpini*) in the northern calcareous alps. Oecologia 55: 120-129
- REHDER, H.; SCHÄFER, A. (1978):**
Nutrient turnover studies in alpine ecosystems. IV Communities of the central alps and comparative survey. Oecologia 34: 309-327
- REMMERT, H. (1989):**
Ökologie, Springer Verlag, Berlin

- RINGLER, A. (1981):**
Feuchtgebiete Bayerns - Verluste, Bedeutung, Erhaltung. Tagungsber. Akad. f. Natursch. und Landsch.pfl. Heft 10: 21 - 36
- RINGLER, A. (1982):**
Verbreitung, Standort, Vegetation und Landschaftshaushalt von Buckelfluren in Südbayern. Laufener Seminarberichte 6/82, Akad. f. Natursch. und Landsch.pfl.: 25 - 113
- RUNGE, M. (1983):**
Physiology and ecology of nitrogen nutrition. In: O.L. Lange, P.S. Nobel, C.B. Osmond, H. Ziegler (eds) Encyclopedia of Plant Physiology, New Series, Vol. 12 C, Springer Berlin-Heidelberg-New York, pp 163-200
- SACHS, L. (1984):**
Angewandte Statistik, 6. Aufl., Springer Verlag, Berlin-Heidelberg-New York-Tokyo
- SCHEFFER, F.; SCHACHTSCHABEL, P. et al.(1984):**
Lehrbuch der Bodenkunde, 11. neubearbeitete Auflage, Enke Verlag, Stuttgart
- SCHEGK, L. (1983):**
Die zeitlichen und tiefenabhängigen Schwankungen wichtiger Pflanzennährstoffe in der Bodenlösung ungedüngter Niedermoorstandorte. Dipl. arb. Techn. Univ. München-Weihenstephan
- SCHMIDT, W. (1985):**
Mahd ohne Düngung - vegetationskundliche und ökologische Ergebnisse aus Dauerflächenuntersuchungen zur Pflege von Brachflächen. In: Schreiber K.-F. (Hrsg.): Sukzession auf Grünlandbrachen. Symp. d. IVV, Stuttgart-Hohenheim, Münstersche Geographische Arbeiten 20.
- SCHÖNFELDER, P. (1987):**
Rote Liste gefährdeter Farn- und Blütenpflanzen Bayerns, Neubearbeitung 1986, Schriftenreihe des Bayerischen Landesamtes für Umweltschutz, Heft 72
- SCHWABE, A.; KRATOCHWIL, A.; BAMMERT, J. (1989):**
Sukzessionsprozesse im aufgelassenen Weidfeld-Gebiet des "Bannwald-Flüh" (Südschwarzwald) 1976 - 1988. Mit einer vergleichenden Betrachtung statistischer Auswertungsmethoden. Tuexenia 9: 351-370, Göttingen
- SCHWARTZE, P.; SCHREIBER, K.-F.; VOGEL, A. (1989):**
Einfluß von unterschiedlichem Management auf Vegetation und Standortfaktoren im Feuchtwiesengebiet "Düsterdieker Niederung". In: Verh. d. Ges. f. Ökol., Bd. XIX/2, Osnabrück
- SEIBERT, P. (1980):**
Ökologische Bewertung von homogenen Landschaftsteilen, Ökosystemen und Pflanzengesellschaften. Ber. d. Akad. f. Nat.sch. u. Landsch.pfl., 12: 10 - 58
- STEINGEN, S. E. (1986):**
Grünlandgesellschaften unterschiedlicher Bewirtschaftung am Moosanger bei Füssen. Dipl.arb. Univ. Bayreuth
- STÖCKLIN, J.; GISI, U. (1984):**
Bildung und Abbau der Streu in bewirtschafteten und brachliegenden Mähwiesen. In: Schreiber K.-F. (Hrsg.): Sukzession auf Grünlandbrachen. Symp. IVV, Stuttgart-Hohenheim, Münstersche Geographische Arbeiten 20
- TILMAN, D. (1987):**
Secondary succession and the pattern of plant dominance along experimental nitrogen gradients. Ecological monographs, 57(3), ed. Ecol. Soc. of Amer.
- VITOUSEK, P. (1982):**
Nutrient cycling and nutrient use efficiency. The American Naturalist, Vol. 119, Nr. 104
- WAGNER, G. (1976):**
Typen von ungedüngten Feuchtwiesen und ihre Verbreitung im Landschaftsschutzgebiet "Eberfinger Drumlinfeld". Zulassungsarbeit Techn. Univ München
- WEBER, J.; PFADENHAUER, J. (1987):**
Phänologische Beobachtungen auf Streuwiesen unter Berücksichtigung des Nutzungseinflusses (Rothenrainer Moorgebiet bei Bad Tölz). Ber. Bay. Bot. Ges., 58: 153 - 177
- WIEDMANN, W. (1954):**
Die Trockenrasen zwischen Würm- und Ammersee, Ber. Bay. Bot. Ges., Bd 30: 126 - 162
- WILMANN, O. (1984):**
Ökologische Pflanzensoziologie, Quelle & Meyer Verlag, Heidelberg
- WOLF, G.; WIECHMANN, H.; FORTH, K. (1984):**
Vegetationsentwicklung in aufgegebenen Feuchtwiesen und Auswirkungen von Pflegemaßnahmen auf Pflanzenbestand und Boden. Natur und Landschaft, Heft 7/8
- ZELESNY, H.; SCHEKLE, E. (1989):**
Vegetationskundliche und nährstoffökologische Untersuchungen im Übergangsbereich von Intensivgrünland zu Streuwiese. In: Verh. d. Ges. f. Ökol., Bd. XIX/2, Osnabrück: 478 - 487
- ZIELONKOWSKI, W. (1973):**
Wildgrasfluren der Umgebung Regensburgs. Vegetationskundliche Untersuchungen an einem Beitrag zur Landespflanze. Hoppea, Denkschriften der Regensburgischen Botanischen Gesellschaft, Bd. 31

9. Anhang

Inhaltsübersicht:

- a) **Kreuztabellen zur Signifikanz der Unterschiede im Nt- und im Pt-Gehalt einzelner Arten auf verschiedenen Standorten (S. 82 - 86)**
- b) **Nährstoffmeßwerte der einzelnen Arten auf verschiedenen Standorten (S. 87 - 105)**
- c) **Übersichtstabelle der Vegetation der untersuchten Flächen (S. 106 - 112).**

Diese Tabelle stellt eine rein tabellarische, nach Artnamen und Probestflächennummern geordnete Auflistung der Pflanzenarten auf den einzelnen Probestflächen dar, wobei auch die Artmengen nach der Braun-Blanquet'schen Skala angegeben sind. Auf eine weitergehende soziologische Bearbeitung wurde verzichtet, da für die Fragestellung der vorliegenden Arbeit die Bildung von Standortgruppen anhand einer Teiltabelle (vgl. Kap. 5.1.2, Stetigkeitstabelle) sinnvoller war. Außerdem mußten zur Bearbeitung der vorliegenden Fragestellung auch besonders Flächen ausgewählt werden, die sich gerade in Veränderung befinden und daher für eine soziologische Auswertung nur begrenzt in Frage kommen.

Kreuztabelle 1: Signifikanz der Unterschiede im Nt-Gehalt einzelner Arten auf verschiedenen Standorten**aa) *Achillea millefolium***

	1	2
2	ns	
13	ns	ns

aj) *Carex echinata*

	24	26
26	ns	
30	ns	ns

ab) *Anthericum ramosum*

	3	6	12
6	ns		
12	h*	ns	
5	ns	ns	g*

ak) *Carex caryophylla*

	1	2	3	5	7	8
2	ns					
3	ns	ns				
5	ns	ns	ns			
7	g*	ns	ns	g*		
8	ns	ns	ns	ns	ns	
15	ns	ns	ns	ns	h*	ns

ac) *Anthoxanthum odoratum*

	2	25
25	h*	
30	h*	ns

al) *Carex elata*

	16	22	23	24	26	27
22	ns					
23	ns	ns				
24	h*	ns	ns			
26	ns	ns	g	g*		
27	h*	h*	ns	ns	h*	
30	ns	ns	g	ns	h	ns

ad) *Bellis perennis*

	8	18
18	ns	
20	g*	g*

am) *Carex flacca*

	1	3	4	8	9	17	19	22	25
3	g*								
4	ns	ns							
8	g*	ns	ns						
9	ns	ns	ns	ns					
17	ns	h*	h*	h*	h*				
19	ns	h*	h*	h*	ns	ns			
22	ns	ns	ns	ns	ns	g*	g*		
25	ns	h*	ns	g	ns	g*	g*	ns	
26	g*	ns	ns	ns	ns	g*	g*	ns	g*

ae) *Brachypodium pinnatum*

	1	3	5	6
3	ns			
5	h*	ns		
6	h*	ns	ns	
7	ns	ns	g*	g*

af) *Briza media*

	1	3	7	21	28	29
3	ns					
7	ns	ns				
21	h*	h*	h*			
28	h	ns	ns	ns		
29	ns	ns	ns	ns	ns	
30	ns	ns	ns	ns	ns	ns

an) *Carex montana*

	1	2	3	4	8	9	10	11	15
2	ns								
3	h	h*							
4	h	h	ns						
8	h*	h*	ns	ns					
9	ns	g*	g*	g*	g**				
10	g*	g*	g*	g*	g*	ns			
11	h*	h*	ns	h*	ns	h**	h*		
15	h*	ns	ns	ns	ns	h*	h*	g*	
19	ns	ns	ns	ns	ns	h*	h*	ns	ns

ag) *Bupththalmum salicifolium*

	3	5	6	7
5	ns			
6	ns	h*		
7	ns	ns	g*	
9	g*	g*	g*	g*

ao) *Carex panicea*

	17	24	25	28	29
24	ns				
25	g*	ns			
28	ns	g*	h*		
29	ns	ns	h*	ns	
30	ns	ns	h*	ns	ns

ah) *Bromus erectus*

	1	7	9	11
7	ns			
9	g*	g*		
11	g*	ns	h*	
15	ns	ns	h*	h*

ap) *Chrysanthemum leucanthemum*

	18
20	ns

ai) *Calluna vulgaris*

	25
26	g*

ap) *Cynosurus cristatus*

	18	20
20	ns	
30	ns	ns

aq) *Dactylis glomerata*

	1
14	ns

ar) *Euphorbia cyparissias*

	9
10	g*

as) *Euphorbia verrucosa*

	10
12	ns

at) *Galium boreale*

	16	23	24	25
23	g*			
24	g*	h		
25	g*	ns	ns	
29	ns	h*	h*	h*

au) *Galium mollugo*

	1
9	ns

av) *Helianthemum nummularium*

	2	5	6	8
5	ns			
6	ns	ns		
8	h*	ns	ns	
12	ns	ns	ns	ns

aw) *Hippocrepis comosa*

	2
6	ns

ax) *Holcus lanatus*

	1	14	18	20
14	ns			
18	h*	ns		
20	h*	h	h*	
30	ns	ns	ns	ns

ay) *Inula hirta*

	6
13	ns

az) *Knautia arvensis*

	1	2	3
2	ns		
3	h	h	
15	h*	h*	ns

ba) *Lathyrus pratensis*

	2
13	h

bb) *Leontodon hispidus*

	6	27	28	29
27	ns			
28	ns	ns		
29	ns	ns	ns	
30	ns	ns	ns	ns

bc) *Linum catharticum*

	1	3
3	ns	
16	h*	h*

bd) *Lotus corniculatus*

	1	2	6	7	11	16	29
2	ns						
6	ns	ns					
7	h*	ns	ns				
11	h*	h*	h*	ns			
16	h*	h	ns	ns	ns		
21	h*	ns	ns	ns	ns	ns	
29	ns	ns	ns	ns	g*	ns	g*

be) *Medicago lupulina*

	2	8	13	14
8	g*			
13	ns	ns		
14	ns	h*	ns	
20	h*	h*	ns	ns

bf) *Molinia coerulea*

	16	22	23	24	25	26	27	28	29
22	g**								
23	g**	ns							
24	g	ns	ns						
25	g*	ns	ns	ns					
26	g*	ns	ns	ns	ns				
27	g*	ns	ns	ns	ns	ns			
28	g	ns	ns	ns	ns	ns	ns		
29	ns	h*	h*	h*	ns	h*	h*	h	
30	g	ns							

bg) *Peucedanum oreoselinum*

	5	6	12
6	ns		
12	ns	ns	
13	ns	ns	ns

bh) *Polygala chamaebuxus*

	4	6
6	ns	
8	ns	ns

bi) *Potentilla erecta*

siehe Seite 84!

bj) Potentilla heptaphylla

	5	9	12
9	ns		
12	ns	g*	
15	ns	ns	h*

bk) Primula veris

	1	13	15	(4)	(8)	(9)
13	h					
15	ns	ns				
(4)	h	h	h			
(8)	h	h	h	ns		
(9)	ns	ns	ns	ns	ns	
(10)	ns	ns	ns	ns	ns	ns

bl) Prunella vulgaris

	1	16
16	ns	
24	ns	ns

bm) Ranunculus acris

	1	8	13	14	20
8	ns				
13	ns	ns			
14	ns	ns	ns		
20	h*	h*	h*	h*	
29	ns	h	ns	h*	ns

bn) Ranunculus nemorosus

	4
10	ns

bo) Rhinanthus glacialis

	2	3	5	6	7	8	11	14	15
3	ns								
5	ns	ns							
6	ns	ns	ns						
7	ns	ns	ns	g*					
8	ns	ns	ns	ns	ns				
11	ns	ns	ns	ns	ns	ns			
14	g*	ns	ns	g*	ns	ns	ns		
15	ns								
21	ns								

bp) Salvia pratensis

	1
13	g*

bq) Schoenus ferrugineus

	22	23	24	27	28
23	ns				
24	ns	ns			
27	ns	ns	ns		
28	ns	ns	ns	ns	
29	h*	h*	h*	h*	h*

br) Sesleria varia

	6
8	ns

bs) Silene nutans

	1	7	8
7	ns		
8	ns	ns	
15	ns	ns	ns

bt) Stachys officinalis

	1
12	ns

bu) Thesium pyrenaicum

	3
12	ns

bv) Tofieldia calyculata

	22	23	24	27	28
23	ns				
24	ns	ns			
27	g*	ns	ns		
28	ns	ns	ns	ns	
29	ns	ns	ns	ns	ns

bw) Trichophorum alpinum

	22	25
25	ns	
26	ns	ns

bx) Trifolium pratense

	1	3	11	18	19	20
3	ns					
11	h*	ns				
18	ns	ns	ns			
19	h	ns	ns	ns		
20	h*	ns	ns	ns	ns	
30	h	ns	ns	ns	ns	ns

by) Vaccinium oxycoccus

	22
26	ns

bi) Potentilla erecta

	4	6	8	12	16	23	24	25	26	27	28	29
6	h*											
8	ns	g*										
12	ns	ns	ns									
16	h**	h*	h**	h*								
23	h	ns	h	ns	g*							
24	h*	ns	h*	ns	g*	ns						
25	ns	ns	ns	ns	g*	ns	ns					
26	ns	ns	ns	ns	g*	ns	ns	ns				
27	ns	ns	ns	ns	g***	ns	ns	ns	ns			
28	h**	ns	h**	ns	g*	ns	ns	ns	ns	h**		
29	h**	ns	h**	h*	ns	ns	h*	h***	h*	h***	h*	
30	ns	ns	ns	ns	g	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

Kreuztabelle 2: Signifikanz der Unterschiede im Pt-Gehalt einzelner Arten auf verschiedenen Standorten
(nur Stichproben mit mind. 3 pro Ufl, außer bei *Carex flacca* und *Pot. erect.*)

aa) *Achillea millefolium*

1
13 g

ab) *Anthericum ramosum*

3	5	6
5 g*		
6 ns	h*	
12 ns	ns	ns

ac) *Bellis perennis*

18
20 ns

ad) *Brachypodium pinnatum*

1	6
6 ns	
7 h	ns

ae) *Briza media*

1	7	21	28	29
7 ns				
21 g*	g*			
28 ns	ns	ns		
29 ns	ns	ns	ns	
30 ns	ns	h	ns	ns

af) *Bromus erectus*

1	2	7	11
2 ns			
7 g*	g		
11 g*	g*	ns	
15 g*	ns	ns	h*

ag) *Bupthalmum salicifolium*

3	5	6
5 g*		
6 ns	ns	
7 ns	ns	ns

ah) *Carex caryophyllea*

2
8 g

ai) *Carex echinata*

24	26
26 ns	
30 ns	ns

aj) *Carex elata*

22	23	24	26
23 h*			
24 ns*	ns*		
26 ns	ns	ns	
30 ns	g*	ns	g*

ak) *Carex flacca*

siehe Seite 86!

al) *Carex montana*

2	9	10
9 ns		
10 ns	ns	
15 h	h*	h*

am) *Carex panicea*

24	28
28 g*	
29 g*	ns

an) *Chrysanthemum leucanthemum*

18
20 ns

ao) *Cynosurus cristatus*

18	20
20 ns	
30 h	ns

ap) *Hippocrepis comosa*

3
7 h*

aq) *Holcus lanatus*

14	15	18	20
15 ns			
18 ns	g*		
20 g*	g*	g	
30 ns	g	ns	ns

ar) *Inula hirta*

6
12 g*

as) *Knautia arvensis*

1	3
3 h*	
15 ns	g*

at) *Leontodon hispidus*

6	27	28	29
27 ns			
28 ns	ns		
29 ns	ns	ns	
30 g*	ns	g*	g

au) *Linum catharticum*

3
16 g*

av) Lotus corniculatus

	1	3	6	7	11	16	21
3	h						
6	h*	ns					
7	ns	ns	g*				
11	ns	g*	g*	ns			
16	ns	ns	g*	ns	ns		
21	ns	ns	g*	ns	ns	ns	
29	ns	g	g	ns	ns	ns	ns

aw) Medicago lupulina

	8	13	14
13	ns		
14	ns	ns	
20	h*	h*	ns

ax) Molinia coerulea

	16	22	23	25	26	27	28	29
22	ns							
23	ns	ns						
25	ns	ns	ns					
26	ns	g*	g	ns				
27	ns	g*	g	ns	ns			
28	ns	ns	ns	ns	ns	ns		
29	ns	ns	ns	ns	h*	h*	ns	
30	ns	ns	ns	ns	h	h*	ns	ns

ay) Peucedanum oreoselinum

	6	12
12	ns	
13	g*	g*

az) Potentilla erecta

siehe rechts unten!

ba) Potentilla heptaphylla

	12
15	g*

bb) Primula veris

	1	13
13	g*	
15	ns	ns

bc) Ranunculus acris

	1	14
14	ns	
20	ns	ns

bd) Rhinanthus aristatus

	3	6	7	8	11	14	15
6	ns						
7	ns	ns					
8	ns	ns	ns				
11	g*	g	g*	ns			
14	g*	g*	g*	g*	g*		
15	ns	ns	ns	ns	ns	h*	
21	g*	ns	g	ns	ns	h*	ns

be) Scabiosa columbaria

	7
8	g*

bf) Schoenus ferrugineus

	22	23	24	27	28
23	ns				
24	ns	ns			
27	g*	ns	ns		
28	g*	ns	ns	g	
29	g	ns	ns	ns	ns

bg) Silene nutans

	7	8
8	g*	
15	ns	ns

bh) Tofieldia calyculata

	22	23	27
23	ns		
27	g*	g*	
29	g*	g*	g*

bi) Trifolium pratense

	1	11	18	19	20
11	h*				
18	ns	g*			
19	h	ns	h*		
20	ns	g*	ns	g*	
30	h	ns	h*	ns	h*

ak) Carex flacca

	1	3	4	6	8	9	11	17	19	22	23	24	25
3	ns												
4	g	g											
6	g	g	ns										
8	ns	ns	ns	ns									
9	ns	g	ns	ns	ns								
11	ns	ns	h*	h*	h	h							
17	h*	h	h*	h*	h**	h*	ns						
19	h*	ns	h*	h*	h	h*	ns	g*					
22	g*	g*	ns	ns	ns	ns	g**	g**	g**				
23	ns	ns	ns	ns	ns	ns	g	g*	g*	ns			
24	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	g	g	ns	ns		
25	ns	ns	ns	ns	ns	ns	g	g*	g*	ns	ns	ns	
26	g	g*	ns	ns	ns	ns	g*	g**	g**	ns	ns	ns	ns

az) Potentilla erecta

	6	12	16	22	23	24	25	26	27	29
12	h*									
16	g*	g*								
22	h*	ns	h*							
23	h*	ns	h*	ns						
24	ns	ns	h*	ns	ns					
25	ns	ns	h*	g*	ns	ns				
26	h*	ns	h*	ns	ns	ns	ns			
27	h*	ns	h*	ns	ns	ns	h	ns		
28	ns	ns	h*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	
29	h*	ns	h*	ns	ns	ns	h	ns	ns	ns

Nährstoffgehalt der Pflanzenarten

Cd	UF	% N	S.E.	% C	S.E.	mg P	S.E.	mg K	S.E.	yg NO ₃ N	S.E.
						g TG		g TG		g TG	
1	Achillea millefolium	1.22	0.05	40.65	1.83	0.976	0.095	19.57	3.68	9.30	
2		1.34	0.15	45.63	0.51			7.39		68.33	1584.02
13		<u>1.26</u>	0.11	<u>46.77</u>	0.19	<u>2.026</u>	<u>0.317</u>	<u>12.05</u>	1.47	<u>13.10</u>	4.62
		1.26	0.03	45.63	1.68	1.500	0.525	12.05	3.51	13.10	17.45
2	Agrimonia eupatoria	1.30	0.05	45.29	2.19	1.036	0.026	11.16	2.22	22.30	3.41
12		<u>2.44</u>		<u>45.46</u>				<u>18.98</u>		<u>250.89</u>	
		1.87	0.57	45.38	0.09	1.036		15.07	3.91	136.59	114.29
4	Allium carinatum	<u>2.70</u>		<u>46.24</u>							
		2.70		46.24				3.79		7.99	
5	Andromeda polifolia	<u>1.28</u>	0.17	<u>50.37</u>	0.91			11.05	4.75	31.91	9.62
		1.28		<u>50.37</u>				<u>11.05</u>		<u>31.91</u>	
6	Anthericum ramosum	1.56	0.11	42.96	2.54	1.081		15.65	6.47	3.78	
3		1.59	0.05	46.97	0.42	1.297	0.026	5.32	2.50		
5		1.49	0.13	46.82	0.48	0.991	0.078	13.93	4.54		
6		<u>1.34</u>	0.05	<u>47.98</u>	0.14	<u>1.081</u>	<u>0.143</u>	<u>11.79</u>	1.43	<u>6.87</u>	3.10
12		1.53	0.07	46.90	1.45	1.081	0.088	12.68	2.98	5.33	1.54
7	Anthoxanthum odoratum	2.10	0.17	46.64	0.14			14.03	4.17	16.58	0.01
24		1.64	0.16	44.93	0.16			13.09	0.18	4.76	0.68
25		1.20	0.15	45.98	0.20			12.22	2.96	4.73	0.61
30		<u>0.86</u>	0.14	<u>44.84</u>	0.18			<u>12.66</u>	3.00	<u>5.31</u>	3.61
99		1.42	0.36	45.46	0.52			12.88	1.81	5.04	3.42
99											
8	Anthyllis vulneraria	<u>1.92</u>	0.05	<u>45.63</u>	0.28			<u>8.70</u>	5.69	<u>10.72</u>	14.51
		1.92		<u>45.63</u>				<u>8.70</u>		<u>10.72</u>	

Nährstoffgehalt der Pflanzenarten

Cd	UF	% N	S.E.	% C	S.E.	mg P	S.E.	mg K	S.E.	yg NO3N	S.E.	S.E.
						g TG		g TG		g TG		
9 Arrhenatherum elatius	12	0.47		45.16				9.32	0.17	85.13		19.36
	13	0.83	0.35	45.56	0.40			<u>8.37</u>	2.28	<u>35.24</u>		9.79
	14	<u>0.90</u>	0.08	<u>46.30</u>	0.35			8.85	0.48	60.19		24.95
		0.83		45.56								
10 Atropa bella-donna	9	<u>2.99</u>	0.24	<u>45.28</u>	0.45			<u>1.72</u>	2.92	<u>105.92</u>		39.53
		2.99		45.28				1.72		<u>105.92</u>		
11 Bellis perennis	8	1.79	0.20	45.09	0.10	2.734	0.501					
	15	1.81		42.18				27.22	0.00	13.31		
	18	2.09	0.18	44.94	0.84	3.466	0.085	15.06	7.19	74.66		13.87
	20	<u>2.64</u>	0.08	<u>43.27</u>	0.22	<u>3.490</u>	0.427	<u>48.08</u>	6.62	<u>14.32</u>		2.20
		1.95	0.25	44.11	0.84	<u>3.466</u>	0.218	27.22	9.53	14.32		17.71
12 Brachypodium rupestre	1	1.10	0.05	46.71	0.39	0.811	0.078	22.90	4.18	1.74		
	2	1.16	0.01	47.25	0.40	0.586		15.17	1.64	3.19		31.38
	3	0.96	0.12	42.17	2.60	0.217	0.041	29.38	3.77	4.16		0.38
	5	0.85	0.05	47.95	0.26	0.721	0.078	2.18	0.71	3.86		1.71
	6	0.81	0.08	46.71	0.09	0.586	0.224	10.36	4.14	3.14		
	7	<u>1.71</u>	0.65	<u>45.01</u>	0.09	<u>0.536</u>	0.040					0.70
		1.03	0.26	46.71	1.67	0.586	0.172	15.17	7.85	<u>3.86</u>		
13 Briza media	1	1.01	0.11	46.23	0.34	0.566	0.079	10.54	3.99	8.09		2.46
	3	0.97	0.08	46.80	0.33	0.280	0.005	31.48	4.53	3.92		7.38
	7	0.95	0.12	43.92	0.17	0.433	0.036					
	21	0.73	0.04	41.27	2.53	1.486	0.288					
	24	0.84		44.74		0.226	0.000					
	27	1.12		48.30				39.66		5.74		
	28	0.80	0.07	45.31	0.56	0.773	0.194	34.98	1.51	5.89		1.35
	29	0.94	0.18	47.15	1.11	0.884	0.435	25.02	14.49	6.59		3.42
	30	<u>0.94</u>	0.17	<u>47.97</u>	2.07	<u>0.256</u>	0.115	<u>19.77</u>	3.63	<u>9.62</u>		2.45
		0.94	0.06	46.23	1.17	0.450	0.181	28.25	8.41	6.24		1.65

Nährstoffgehalt der Pflanzenarten

	UF	% Nt	S.E.	% C	S.E.	mgP gTG	S.E.	mgK gTG	S.E.	ygNO3 gTG	S.E.
14 Bromus erectus	1	0.86	0.06	45.62	0.31	0.451	0.026	12.30	18.38	11.76	4.25
	2	0.99		46.93		0.451	0.026	12.92	0.87	1.51	1.80
	7	1.11	0.13	45.06	0.06	1.025	0.150				
	8	1.22		45.21		0.991		1.26	2.44	12.67	0.72
	9	1.61	0.09	45.04	0.09	0.946	0.075				
	11	1.09	0.05	45.09	0.28	0.562	0.017				
15 Bromus hordeaceus	15	0.89	0.03	43.83	0.19	0.026	0.043	12.30	3.37	11.76	3.22
		1.09	0.10	45.09	0.17						
16 Buphthalmum salicifolium	1	0.83	0.08	46.19	0.71			8.19	6.19	6.20	1.37
	14	0.95	0.18	46.12	0.36			8.19		6.20	
17 Calluna vulgaris	3	1.26	0.07	47.56	0.06	0.721	0.065	32.78	7.86	32.30	1.69
	5	1.37	0.05	46.57	0.32	1.036	0.032	12.27	2.43	55.09	3.38
	6	1.17	0.04	45.90	0.70	0.586	0.506	13.37	8.67	40.56	
	7	1.53	0.10	44.41	0.23	0.856	0.229				
	9	2.77	0.38	46.18	0.50			2.35	10.43	71.58	136.06
		1.37	0.46	46.18	0.91	0.789	0.130	12.82	8.78	36.43	11.34
18 Campanula patula	22	1.42	0.01	52.00	0.07			5.36	0.30	33.00	4.40
	25	1.23	0.06	51.73	0.58			16.70	0.61	9.32	2.87
	26	1.63	0.07	49.81	1.19			12.00	0.29	2.73	
19 Campanula rotundifolia		1.42	0.12	51.73	0.63			12.00	3.27	9.32	8.74
	3	1.80	0.06	48.49	0.11	0.811	0.052	21.17	2.79	532.56	303.67
		1.80		48.49		0.811		21.17		532.56	
	1	1.38	0.46	49.27	1.36			9.07	3.03	48.26	10.12
		1.38		49.27				9.07		48.26	

Nährstoffgehalt der Pflanzenarten

Cd	UF	% N	S.E.	% C	S.E.	mg P	S.E.	mg K	S.E.	yg NO3N	S.E.
						g TG		g TG		g TG	
20 Carex caryophylllea	1	1.62	0.14	43.03	0.11			16.51	15.10	23.65	28.05
	2	1.91	0.13	46.18	0.32	0.863	0.164	35.64	5.32	37.49	7.14
	3	1.80	0.16	46.72	0.24			17.17	4.37	40.49	
	5	1.72	0.12	44.68	0.25			23.99	4.46	29.65	4.13
	6	2.59		45.28				16.90	2.63	201.58	102.66
	7	2.05	0.09	45.90	0.18	0.608	0.192	10.56	6.26	41.55	6.77
	8	1.85	0.11	44.22	0.54	1.608	0.162	19.50	3.14	30.18	18.37
	12	2.04		44.72		1.554		94.83	5.75	48.37	5.40
	15	1.60	0.03	44.39	0.55			15.72		42.73	
	99	1.85	0.12	44.72	0.57	1.209	0.029	17.17		40.49	
22 Carex echinata	99										
	24	1.29	0.25	45.89	0.11	0.362	0.251		3.32	8.46	2.10
	26	1.54	0.05	46.40	0.27	0.902	0.046	19.30			
	30	1.85	0.73	45.64	0.20	0.812	0.133				
23 Carex elata		1.54	0.16	45.89	0.22	0.812	0.156	19.30		8.46	
	16	1.53	0.14	49.28	0.23	0.811	0.130	3.33	1.47	9.20	3.46
	22	1.36	0.06	49.27	2.48	0.541	0.052	15.14		2.27	
	23	1.28	0.09	47.85	0.18	0.676	0.104				
	24	1.28	0.05	47.71	0.20	0.811	0.145				
	26	1.55	0.07	46.22	0.23	0.789	0.273				
	27	1.15	0.05	45.18	1.25	0.858	0.007				
	30	1.30	0.08	47.40	0.12						
	99	1.30	0.07	47.71	0.88	0.800	0.092	9.24	5.92	5.74	
	16	0.74	0.08	48.23	0.28			7.63		4.87	
25 Carex flava		0.74		48.23							
26 Carex humilis	5	1.39	0.08	46.95	0.18	1.283	0.041	6.61	3.55	17.60	30.11
	7	1.73	0.34	46.88	0.86	1.056	0.607	11.71	1.72	26.68	1.86
	10	1.95	0.13	47.40	0.21	1.044	0.007	21.31	4.24	6.23	5.90
		1.73	0.16	46.95	0.15	1.056	0.069	11.71		17.60	

Nährstoffgehalt der Pflanzenarten

Cd	UF	% N	S.E.	% C	S.E.	mg P	S.E.	mg K	S.E.	yg NO3N	S.E.	S.E.
						g TG		g TG		g TG		
27 Carex montana	1	1.96	0.03	44.98	1.32			13.82	0.13	41.92	14.98	
	2	1.91	0.07	46.35	0.45	1.959	0.117	21.73	3.38	40.40	10.22	
	3	1.61	0.09	44.72	0.46	1.756	0.000	34.71	1.95	20.69		
	4	1.74	0.07	47.69	0.51	0.494	0.282	25.44	4.92	18.23	0.01	
	8	1.67	0.06	47.18	0.33	1.659		13.82		36.36		
	9	2.14	0.08	45.56	0.08	2.081	0.141					
	10	2.42	0.14	47.20	0.31	2.116	0.228	34.22	2.45	32.77	0.07	
	11	1.57	0.06	44.90	0.34	2.071	0.052	23.40	9.38	10.59	4.89	
	12	2.37	0.03	44.66	0.21	0.435	0.245	15.26	11.96	25.14	1.06	
	13					0.741						
	15	1.75	0.03	45.87	0.50							
	19	1.55	0.25	45.03	0.49			29.82	7.11	16.87	23.74	
	21	1.83	0.11	44.94	0.21	1.841		21.20	4.35	19.91	1.05	
		1.79	0.10	45.30	0.66	1.799	0.304	22.57	4.20	22.92	5.23	
24 Carex flacca	1	1.24	0.19	47.42	0.38	2.072	0.298	15.70	13.72	49.71	12.68	
	3	1.93	0.06	46.49	0.26	1.081	0.180	48.98	0.00	49.83		
	4	1.68	0.11	47.70	0.14			30.34	23.77	45.00	1.07	
	6							23.61	3.16	38.48	1.19	
	8	1.76	0.08	47.68	0.11	1.459	0.185	18.50	0.44	31.21	2.44	
	9	1.47	0.20	45.60	0.15	1.832		15.06	0.09	9.51		
	11	1.78		46.17		0.687		28.02		6.64		
	17	0.99	0.03	46.15	0.52	0.590	0.143					
	19	1.03	0.12	46.50	0.19	1.531	0.169					
	22	1.72	0.20	46.58	0.39							
	23	1.92	0.54	48.93	0.20			15.09	1.50	14.84	7.10	
24	1.90	0.09	47.78	0.40			14.67	1.78	29.90	9.17		
25	1.43	0.02	45.59	2.54			13.07	0.27	14.30	3.99		
26	1.89	0.14	47.67	0.41			18.33	0.55	63.29	6.28		
		1.72	0.13	46.58	0.44	1.459	0.331	17.04	6.05	21.28	8.86	
								17.69	2.47	30.56		

Nährstoffgehalt der Pflanzenarten

C/d	UF	% N	S.E.	% C	S.E.	mg P g TG	S.E.	mg K g TG	S.E.	yg NO ₃ N g TG	S.E.	
29 Carex ornithopoda	12	<u>1.53</u>	0.04	<u>47.57</u>	0.09			<u>128.64</u>		<u>71.11</u>		
		1.53	0.00	47.57				128.64		71.11		
30 Carex panicea	17	0.91	0.05	44.65	1.04	0.564	0.117					
		1.26	0.31	46.99	0.51	0.110	0.062	11.38	0.53	71.25	14.61	
		2.01	0.07	48.33	0.43			20.82	1.52	96.56	72.75	
		1.55		46.52				16.85				
		0.88	0.05	45.77	0.08	0.406	0.057					
		0.98	0.03	45.04	0.13	0.464	0.026					
31 Carex sempervirens	9	<u>1.22</u>	0.14	<u>45.64</u>	0.39	0.766		<u>16.85</u>	2.73	<u>83.91</u>	12.66	
		1.22	0.18	45.77	0.56	0.464	0.189					
32 Centaurea iacea	29	<u>1.53</u>	0.29	<u>44.20</u>	1.15			<u>7.29</u>	4.34	<u>14.78</u>	3.55	
		1.53	0.00	44.20				7.29		14.78		
34 Centaurea scabiosa	27	1.57	0.01	47.63	0.27			14.47	1.05	47.24	3.63	
		<u>1.29</u>	0.13	<u>43.66</u>	0.01	0.786		<u>44.08</u>	3.37	<u>27.17</u>	13.78	
		1.43	0.14	45.65	1.99	0.786		29.28	14.81	37.21	10.04	
35 Cerastium fontanum	14	1.22	0.11	45.29	1.43			12.11		1.65		
		1.28	0.11	47.28	0.16	1.936	0.402	14.55	1.05	30.86	13.81	
		<u>1.80</u>	0.10	<u>48.70</u>	1.64	1.126	0.195	<u>44.72</u>	5.53	<u>11.75</u>	3.43	
36 Chrysanthemum leucanthemum	20	<u>1.28</u>	0.17	<u>47.28</u>	0.98	1.530	0.405	<u>14.55</u>	9.41	<u>11.75</u>	8.43	
		1.79	0.13	43.60	0.62	3.183	0.125	21.21	8.79	49.96	7.00	
36 Chrysanthemum leucanthemum	13	1.79		43.60				21.21		49.96		
		1.80	0.08	45.87	0.25	1.576	0.395	17.36	1.08	111.54		
		1.43	0.13	45.54	0.14	1.621	0.156					
36 Chrysanthemum leucanthemum	20	<u>1.18</u>	0.06	<u>43.60</u>	0.15	1.599	0.023	<u>17.36</u>		<u>111.54</u>		
		1.43	0.11	45.54	0.66							

Nährstoffgehalt der Pflanzenarten

Cd	UF	% N	S.E.	% C	S.E.	mg P	S.E.	mg K	S.E.	yg NO3N	S.E.	S.E.
						g TG		g TG		g TG		
37	Cirsium vulgare	2.66	0.10	44.51	0.43			1.48	2.60	154.22	50.26	
		<u>2.66</u>	<u>0.00</u>	<u>44.51</u>				<u>1.48</u>	<u>0.00</u>	<u>154.22</u>		
38	Clematis vitalba	3.26	0.18	45.49	0.94			1.24	0.08	1012.39	-77.41	
		<u>3.26</u>	<u>0.00</u>	<u>45.49</u>				<u>1.24</u>	<u>0.00</u>	<u>1012.39</u>		
39	Cynanchum vincetoxicum	2.52	0.14	45.69	0.25			1.49	0.01	31.80	2.17	
		<u>3.48</u>		<u>47.23</u>		2.476		<u>13.00</u>	<u>0.00</u>	<u>431.58</u>		
		<u>3.00</u>	<u>0.48</u>	<u>46.46</u>	<u>0.77</u>	<u>2.476</u>		<u>7.25</u>	<u>5.76</u>	<u>231.69</u>	<u>199.98</u>	
40	Cynosurus cristatus	0.85	0.06	44.61	0.64	1.081	0.221					
		0.95	0.07	43.90	0.35	1.531	0.325					
		0.92	0.18	48.11	2.62	0.566	0.211	24.31	2.81	5.39	1.64	
		<u>0.92</u>	<u>0.03</u>	<u>44.61</u>	<u>1.22</u>	<u>1.081</u>	<u>0.279</u>	<u>24.31</u>		<u>5.39</u>		
41	Dactylis glomerata	0.91	0.12	42.40	1.22	0.382	0.013	14.68	6.88	33.05	9.39	
		3.11	0.01	45.31	0.14			16.16				
		<u>0.98</u>	<u>0.10</u>	<u>45.18</u>	<u>0.94</u>			<u>3.77</u>	<u>1.41</u>	<u>8.83</u>	<u>2.59</u>	
		<u>0.98</u>	<u>0.64</u>	<u>45.18</u>	<u>0.84</u>	<u>0.382</u>		<u>14.68</u>	<u>3.58</u>	<u>4.15</u>	<u>2.74</u>	
42	Euphorbia amygdaloides							13.51		226.32		
		2.38		46.22								
		<u>2.38</u>		<u>46.22</u>				<u>13.51</u>		<u>226.32</u>		
43	Euphorbia cyparissias	2.84	0.12	46.82	0.52			8.31	1.47	30.34	14.21	
		3.53	0.12	47.94	0.48	2.580	0.163	0.97	7.57	36.89	35.42	
		<u>2.64</u>	<u>0.38</u>	<u>46.33</u>	<u>0.44</u>			<u>27.34</u>	<u>30.36</u>	<u>133.99</u>	<u>24.14</u>	
		<u>2.84</u>	<u>0.26</u>	<u>46.82</u>	<u>0.47</u>	<u>2.580</u>		<u>17.83</u>	<u>20.02</u>	<u>36.89</u>	<u>29.92</u>	
44	Euphorbia verrucosa	3.59	0.24	47.61	0.23	2.941	0.068	17.29	7.10	20.57		
		3.57	0.08	47.33	1.13	3.108		25.97	6.59	804.23	204.74	
		<u>3.58</u>	<u>0.01</u>	<u>47.47</u>	<u>0.14</u>	<u>3.025</u>	<u>0.084</u>	<u>21.63</u>	<u>4.34</u>	<u>412.40</u>	<u>391.83</u>	

Nährstoffgehalt der Pflanzenarten

Cd	UF	% N	S.E.	% C	S.E.	mg P g TG	S.E.	mg K g TG	S.E.	yg NO3N g TG	S.E.
45 Festuca rubra	9	$\frac{0.91}{0.91}$	0.09	$\frac{45.95}{45.95}$	0.08			$\frac{1.37}{1.37}$	1.14	$\frac{7.08}{7.08}$	1.26
46 Fragaria vesca	9 10	1.67	0.16	46.06	0.29	1.357	0.029	$\frac{3.44}{22.75}$ 13.10	2.98	49.92	17.21
47 Galium boreale	16 23 24 25 27 29	1.54 2.16 1.72 2.08 2.34 1.28	0.22 0.11 0.21 0.17 0.16 0.03	46.28 47.26 46.23 46.68 48.63 44.53	0.82 0.49 1.20 0.39 0.27 0.33	0.139 0.586 0.901 1.464 0.570 0.586	0.077 0.091 0.901 0.039 0.036 0.383	18.98 12.87 17.00 16.33 37.87 31.20 17.99	0.95 1.04 0.45 3.91 1.85 7.22	11.43 17.05 29.72 21.50 6.92 17.06 17.06	4.36 6.59 6.91 0.64 1.43 6.58
48 Galium mollugo	1 9 13	1.53 1.78 1.78	0.11 0.15 0.02	43.73 44.50 46.28	2.05 1.19 0.05	0.856	0.094	22.51 5.00 45.65 22.51	7.15 4.35 13.92 11.73	8.43 98.62 67.12 67.12	3.02
49 Galium verum	12 13	1.71 1.63	0.08 0.03	48.38 48.31	0.10 0.21	0.969 2.206	0.065 0.182	16.95 7.83	2.62 0.32	5.80 5.98	0.76 1.07
50 Trifolium rubrum	12	$\frac{2.03}{2.03}$	0.06	$\frac{46.91}{46.91}$	0.08	0.811	0.022	$\frac{14.71}{14.71}$	2.66	$\frac{4.27}{4.27}$	1.12
51 Helianthemum nummularium	2 3 5 6 8 12	1.92 1.77 1.83 1.73 1.87 1.83	0.06 0.15 0.16 0.06 0.16 0.05	39.83 47.88 47.00 45.12 46.48 46.48	0.32 0.27 0.32 0.14 0.23 2.32	0.783	0.039	20.97 8.30 21.59 20.19 20.58	7.19 2.08 4.75 0.16 0.39	33.78 48.45 7.49 17.76 25.77	5.69 0.02 0.31 3.71 11.82

Nährstoffgehalt der Pflanzenarten

	UF	% Nt	S.E.	% C	S.E.	mg P	S.E.	mg K	S.E.	yg NO3N	S.E.	S.E.
						g TG		g TG		g TG		
52 Hieracium pilosella	1	1.34		46.28				14.20		22.22		
	2	1.56	0.18	46.27	0.76			30.52		13.37		
	6	<u>1.49</u>	0.13	<u>46.37</u>	0.27	0.856	0.026	34.45	10.99	3.63		1.76
		<u>1.49</u>	0.06	<u>46.28</u>	0.03	<u>0.856</u>		<u>30.52</u>	5.85	<u>13.37</u>		5.37
53 Hippocrepis comosa	3	3.38	0.16	48.30	0.20	0.968	0.015	16.66	5.33	359.88		34.07
	7	<u>1.98</u>	0.50	<u>45.45</u>	0.10	<u>0.218</u>	0.195	<u>16.66</u>		<u>359.88</u>		
		<u>2.68</u>	0.70	<u>46.08</u>	1.43	<u>0.593</u>	0.375	<u>16.66</u>		<u>359.88</u>		
54 Holcus lanatus	1	1.32	0.03	45.48	0.08			16.49	2.02	21.69		5.73
	13					0.375						
	14	1.43	0.24	44.46	0.66	1.181	0.395	15.80	6.43	52.89		12.95
	15	0.81	0.08	43.17	0.28							
	18	1.06	0.02	45.28	0.05	1.351	0.156					
	20	0.98	0.02	43.53	0.07	1.891	0.130					
	30	<u>1.34</u>	0.16	<u>51.59</u>	2.84	<u>0.578</u>	0.410	<u>25.12</u>	7.50	<u>2.80</u>	<u>21.69</u>	
	1.19	0.18	44.87	2.43	1.181	0.438	16.49	2.69	21.69		14.46	
55 Hypericum perforatum	9	2.70	0.20	47.26	0.59			<u>4.65</u>	0.12	<u>34.13</u>		7.78
		<u>2.70</u>		<u>47.26</u>				<u>4.65</u>		<u>34.13</u>		
56 Inula hirta	3	1.70	0.06	48.26	0.01	0.856		22.28	3.27	3.72		
	6	1.56	0.24	46.23	0.54	0.631	0.104	29.39	7.15	37.52		16.40
	12	<u>1.62</u>	0.13	<u>46.08</u>	0.25	<u>0.856</u>	0.013	<u>26.42</u>	3.05	<u>3.62</u>		0.27
	1.02	0.04	46.48	0.59	0.856	0.065	26.42	2.05	3.72		9.79	
57 Juncus articulatus	16	<u>0.68</u>	0.16	<u>48.41</u>	0.03			<u>9.56</u>	1.86	<u>8.25</u>		11.54
		<u>0.68</u>		<u>48.41</u>				<u>9.56</u>		<u>8.25</u>		
58 Juncus effusus	16	<u>1.01</u>	0.08	<u>47.56</u>	0.53			<u>5.78</u>	1.15	<u>16.86</u>		0.97
		<u>1.01</u>		<u>47.56</u>				<u>5.78</u>		<u>16.86</u>		

Nährstoffgehalt der Pflanzenarten

Cd	UF	% N	S.E.	% C	S.E.	mg P	S.E.	mg K	S.E.	yg NO ₃ N	S.E.	S.E.	
						g TG		g TG		g TG			
59 <i>Knautia arvensis</i>	1	1.76	0.12	45.67	0.36	0.901	0.078	42.43	6.16	19.92	3.01		
	2	1.70	0.08	47.65	0.25	1.239	0.169	20.22	6.31	23.02	7.07		
	3	1.41	0.11	46.36	0.50	0.793	0.079	28.49	4.50	13.17	2.91		
	15	1.43	0.02	44.15	1.14	1.046	0.125	28.49	6.41	19.92	2.84		
		1.57	0.10	46.02	1.01	0.974	0.129						
60 <i>Lotus corniculatus</i>	1	2.53	0.09	44.70	0.94	0.892	0.093	16.69	11.19	9.77	4.60		
	2	2.55	0.24	43.02	1.92			25.00	8.58	36.54	0.00		
	3	2.49	0.05	43.49	3.62	0.517	0.217	53.21	1.71	10.05	3.96		
	6	2.36	0.26	45.76	0.53	0.340	0.145	10.24	5.32	6.34	2.32		
	7	1.89	0.30	44.95	0.72	0.811	0.345						
	11	1.88	0.05	44.70	0.38	1.171	0.156	10.11	2.61	19.75	0.36		
	16	2.00	0.17	45.62	0.45	0.946	0.182						
	21	2.01	0.11	45.37	0.10	1.243	0.188						
	25							18.48					
	29	2.32	0.07	46.86	0.63	1.023	0.227	25.63	4.65	14.05	9.98		
30	2.32	0.18	44.95	0.66	0.946	0.189	27.41	4.96	8.08	3.37			
							21.74		10.05				
61 <i>Lathyrus pratensis</i>	2	3.78	0.11	50.54	1.10			9.77	1.78	242.03	15.63		
	13	3.33	0.13	47.99	0.32	2.746	0.206	6.22	0.66	9.81	0.45		
		3.56	0.23	49.27	1.28	2.746		8.00	1.78	125.92	116.11		
62 <i>Leontodon hispidus</i>	1	1.54	0.19	45.40	0.25	1.327		31.79	6.39				
	2	1.62		38.44				18.91	0.00				
	6	1.58	0.08	44.56	0.46	0.721	0.050	39.23	12.90	3.91	1.18		
	27	1.69	0.18	45.29	0.80	0.902	0.071	41.63	15.84	5.73	0.69		
	28	1.66	0.09	45.51	0.65	0.845	0.059	55.04	4.93	6.96	0.38		
	29	1.62	0.13	43.80	0.74	0.887	0.111	42.13	5.28	25.42	1.90		
30	1.72	0.15	43.16	0.34	1.287	0.133	40.09	3.24	6.35	6.21			
		1.62	0.03	44.56	0.65	0.895	0.175	40.09	2.98				

Nährstoffgehalt der Pflanzenarten

Cd	UF	% N	S.E.	% C	S.E.	mg P g TG	S.E.	mg K g TG	S.E.	yg NO3N g TG	S.E.	
63	Linum carthaticum	1	1.69	0.04	47.70	0.74		23.88	26.70	21.31	6.66	
		3	1.64	0.03	49.41	0.28	0.466	0.048	28.59	4.22	2.38	0.72
		16	1.02	0.06	44.81	0.05	1.547	0.366	26.24	2.36	11.85	9.47
		1.64	0.19	47.70	1.33	1.007	0.541					
64	Lolium perenne	12	2.04		45.60		13.58					
		14	1.36	0.39	46.23	0.74	6.58	0.42	19.28	19.28	9.13	
		1.36		46.23								
65	Luzula campestris	5	2.66	0.49	73.21	26.79				43.30		
		15	2.05	0.03	45.40	0.15	1.601	0.168	10.83	2.01	17.92	0.72
		21	3.15		100.00				20.78			
		2.66	0.32	73.21	15.76	1.601		15.81	4.98	30.61	12.69	
66	Lysimachia vulgaris	16	1.71	0.17	49.43	0.26		9.59	0.34	11.70		
			1.71		49.43			9.59		11.70		
67	Lythrum salicaria	16	1.03	0.04	45.37	0.40		7.43	2.39	35.57	3.16	
68	Medicago lupulina	2	2.87	0.02	46.85	0.16			9.25	0.36	104.91	18.49
		8	3.22	0.05	44.84	0.48	2.251	0.213				
		12	1.76		45.35							
		13	3.08	0.34	45.65	0.12	2.521	0.171	18.84	29.01	27.05	4.32
		14	2.76	0.13	42.79	0.09	1.848	0.333				
		2.52	0.16	44.58	0.42	1.945	0.065	14.05	4.80	65.98	38.93	
		2.82	0.42	45.10	1.17	2.098	0.194					
69	Mentha arvensis	16	1.02	0.07	44.01	0.77		10.74	1.45	24.03	4.02	
			1.02		44.01		1.036		10.74	24.03		
		1.02		44.01		1.036		10.74	1.45	24.03	4.02	
70	Menyanthes trifoliata	22	2.80	0.12	46.17	0.27		16.37	2.30	84.67	23.82	
			2.80		46.17			16.37		84.67		

Nährstoffgehalt der Pflanzenarten

	UF	% Nt	S.E.	% C	S.E.	mg P	S.E.	mg K	S.E.	yg NO ₃ N	S.E.
			S.E.		S.E.	g TG	S.E.	g TG	S.E.	g TG	S.E.
71 <i>Molinia coerulea</i>	16	0.94	0.13	48.87	1.58	0.811	0.091	13.23	3.25		
	22	1.62	0.07	46.60	0.20	0.586	0.039	13.33	1.24	15.53	6.86
	23	1.67	0.14	47.19	0.30	0.631	0.026	17.61	3.19	43.32	1.59
	24	1.49	0.14	47.27	0.09			12.79	1.01	25.38	14.19
	25	1.48	0.22	45.78	0.56	0.811	0.117	20.26		3.15	
	26	1.64	0.13	46.87	0.27	0.856	0.091	13.89	2.50	0.90	
	27	1.48	0.08	47.26	0.48	0.991	0.104	26.07	13.85	7.83	0.75
	28	1.38	0.13	46.27	0.40	0.744	0.072	32.77	22.18	19.75	12.82
	29	1.06	0.01	45.49	0.25	0.496	0.042				
	30	1.46	0.24	44.75	0.46	0.537	0.090	33.08	5.66	34.55	8.89
		1.48	0.21	46.74	0.43	0.744	0.092	17.61	5.64	17.64	9.06
72 <i>Parnassia palustris</i>	16	1.02	0.12	43.92	1.67	2.702	0.195	8.39	1.54	42.87	4.81
		1.02		43.92		2.702		8.39		42.87	
73 <i>Peucedanum oreoselinum</i>	5	1.31	0.02	46.58	0.13	1.328	0.013	10.62	8.43	23.02	12.33
	6	1.28	0.02	46.47	0.66	1.171	0.052	22.40	2.87	13.62	4.06
	12	1.40	0.10	46.97	0.24	1.306	0.039	24.79	4.10	0.66	
	13	1.26	0.03	46.63	0.16	2.380	0.273	20.41	2.38	4.27	0.76
		1.29	0.04	46.61	0.14	1.317	0.349	21.41	4.09	8.95	6.45
74 <i>Peucedanum palustre</i>	16	1.03	0.20	44.70	0.09			10.86	1.98	26.15	5.59
		1.03		44.70				10.86		26.15	
75 <i>Phleum pratense</i>	2	0.70	0.05	46.29	1.50			6.45	1.78	30.98	0.70
		0.70		46.29				6.45		30.98	
76 <i>Phyteuma comosa</i>	12	2.53	0.36	46.57	0.62			26.54	1.84	789.48	294.69
		2.53		46.57				26.54		789.48	
77 <i>Poa pratensis</i>	12	2.99	0.01	45.98				12.48	2.32	59.11	25.89
	13	0.54	0.18	46.56	0.93			10.72	2.37	66.98	
		1.77	1.23	46.27	0.29			11.60	0.88	63.05	3.94

Nährstoffgehalt der Pflanzenarten

Cd	UF	% N	S.E.	% C	S.E.	mg P	S.E.	mg K	S.E.	yg NO ₃ N	S.E.
						g TG		g TG		g TG	
78 <i>Polygala amarella</i>	2	2.56	0.44	49.24	0.10			12.18	3.05	6.99	1.69
	3	2.22	0.16	49.01	0.26	0.753		10.56		7.29	7.66
	24	<u>1.61</u> 2.22	0.08 0.27	<u>47.52</u> 49.01	0.30 0.50	0.753		<u>11.37</u>	0.81	<u>13.31</u> 7.29	1.82
79 <i>Polygala chamaebuxus</i>	4	1.43	0.10	51.05	0.12	0.003		6.88	6.04	1.70	0.14
	6	1.64	0.11	49.16	1.39	1.040	0.022	25.53	5.38	5.45	1.10
	8	1.43	0.10	51.05	0.12						
	10	1.85		51.94							
	12	<u>1.57</u> 1.57	0.11 0.12	<u>46.87</u> 51.05	0.28 1.46	0.865 0.865	0.302	16.28 16.28	7.02 5.38	7.31 5.45	0.88 1.62
	6	3.28	0.04	45.76	0.12			29.05	1.14	590.81	210.41
80 <i>Polygonatum odoratum</i>	12	<u>4.78</u> 4.03	0.78 0.75	<u>47.62</u> 46.69	0.07 0.93			26.68 27.87	26.77 1.18	40.73 315.77	156.51 275.04
	4	2.33	0.17	47.13	0.19	1.353	0.120	12.68	5.12	12.29	0.38
81 <i>Potentilla erecta</i>	6	1.78	0.13	46.16	0.47			15.12	3.95	11.83	9.22
	8	2.33	0.17	47.13	0.19						
	12	1.94	0.15	46.84	0.68	0.613	0.073	12.17	3.93	7.32	0.96
	16	1.35	0.13	46.10	0.40	2.702	0.125	8.45	0.28	13.40	3.05
	22	2.01	0.12	45.94	0.31	0.721	0.039	11.34	4.65	5.38	10.95
	23	1.86	0.19	45.56	0.56	0.595	0.145	18.20	1.65	11.87	1.95
	24	1.79	0.15	44.85	0.36	0.421	0.265	14.76	1.25	4.70	0.70
	25	2.04	0.14	46.36	0.38	1.081	0.208	9.08	4.20	44.08	5.43
	26	2.03	0.19	47.15	0.72	0.757	0.078	14.87	1.76	90.23	0.00
	27	2.08	0.10	48.38	0.72	0.631	0.097	29.37	2.21	9.70	0.71
	28	1.72	0.06	44.98	0.60	0.696	0.039	30.43	9.24	18.33	4.14
	29	1.53	0.04	43.63	0.23	0.737	0.085	27.82	3.49	15.73	2.92
	30	1.82	0.20	74.12	14.97			19.94	1.35	17.49	2.06
			<u>1.90</u>	0.08	<u>46.26</u>	0.45	<u>0.721</u>	0.135	<u>14.87</u>	2.24	<u>12.29</u>

Nährstoffgehalt der Pflanzenarten

Cd		UF	% N	S.E.	% C	S.E.	mg P	S.E.	mg K	S.E.	yg NO3N	S.E.
							g TG		g TG		g TG	S.E.
82	Potentilla heptaphylla	1	1.86	0.04	43.80	0.23			11.70	6.76	9.87	19.06
		5	2.10	0.19	44.61	0.31			13.10	4.41	61.45	22.39
		9	1.78	0.15	45.87	0.23						
		12	2.15	0.02	44.34	0.10	1.059	0.274	14.81	3.37	20.52	8.42
		15	1.70	0.15	45.87	0.23	1.930	0.130	9.10	0.92	9.75	0.07
			1.86	0.11	44.61	0.60	1.495	0.436	12.40	1.65	15.20	
											14.92	
83	Potentilla tabernaemontani	7	2.30		36.36		1.492					
		8	2.15	0.14	45.19	0.59	2.665	0.133	15.07	3.68	90.01	29.38
							2.071	0.587	15.07		90.01	
84	Primula farinosa	22	2.28	0.05	44.64	0.74			13.56	4.72	27.24	
85	Primula veris	1	2.94	0.39	45.19	0.40	2.589	0.169	65.85	1.87	21.35	22.19
		4	1.91	0.04	45.44	0.27	1.599	0.065	35.10	6.74	7.67	0.06
		8	1.91	0.04	45.44	0.27						
		9	2.69	0.08	45.43	0.74	2.393	0.004				
		10	2.29	0.21	42.36	0.52			13.34	1.17	15.32	0.76
		13	2.21	0.15	47.09	0.29	3.715	0.203	21.09	7.62	18.59	1.08
		15	2.61	0.29	46.04	0.18	2.611	0.495				
			2.23	0.08	40.78	4.12						
86	Prunella vulgaris	1	1.28	0.04	46.73	0.27	0.864	0.081	10.47	5.93	3.68	
		2	1.37	0.00	48.21	1.69						
		16	1.19	0.12	45.68	0.76			22.55	0.00	36.78	
		24	1.50		42.56		0.541					
		30	1.17	0.04	43.00	0.08	1.137	0.031	16.51	6.04	20.23	16.55
			1.20	0.10	45.68	1.63	0.864	0.172				

Nährstoffgehalt der Pflanzenarten

	UF	% Nt	S.E.	% C	S.E.	mgP gTG	S.E.	mgK gTG	S.E.	ygNO3 gTG	S.E.
87 Ranunculus acris	1	1.87	0.54	43.04	1.95	1.298	0.052	34.21	20.12	15.02	6.89
	2	1.30		42.73		0.016		30.78		104.52	
	8	2.53	0.40	46.21	0.37						
	12	1.73	0.22	46.59	0.06						
	13	2.09	0.39	46.57	0.04			9.28	0.57	2.58	2.86
	14	2.37	0.13	46.30	0.09	3.691	1.098	7.92	1.78	35.94	
	20	1.12	0.03	43.77	0.13	1.351	0.139				
	24	2.67	0.16	46.88	0.35			21.38	0.16	10.05	1.83
	29	1.47	0.26	44.56	1.51	0.856	0.026	35.07	3.91	15.04	7.65
		1.07	0.36	46.21	1.02	1.320	1.061	26.08	7.84	15.03	29.43
88 Ranunculus bulbosus	2	2.30	0.17	44.93	0.23	2.167	0.187	29.47	0.00	3.99	0.00
	3	1.91	0.13	45.58	0.46	1.414	0.128	53.89		14.99	
	13	2.28		45.85		4.524		21.86		24.81	
		2.26	0.11	45.58	0.27	2.167	0.899	29.47	9.25	14.99	6.01
89 Ranunculus nemorosus	1	1.09	0.16	45.82	0.25			18.83	11.76	31.65	9.27
	4	1.89	0.10	45.63	0.16	0.007	0.480	52.09	8.77	21.01	4.39
	10	2.19	0.16	45.06	0.23			38.22	7.65	39.39	5.76
	19	2.65	0.42	44.33	0.33			32.86	5.76	75.87	34.43
		2.04	0.45	45.35	0.43	0.007		35.54	3.46	35.52	15.84
		2.28	0.18	44.05	0.37			0.56	0.00	1.78	0.00
90 Rhinanthus aristatus	2	1.86	0.09	44.69	0.36	1.661	0.055	33.97	6.71	7.85	1.16
	3	1.90	0.09	45.01	0.88	1.486	0.156	53.83	4.39	17.33	4.89
	5	1.97	0.27	45.44	0.22	1.580	0.028	9.88	2.46	48.97	27.93
	6	1.77	0.13	44.93	0.49	2.204	0.420	25.82	8.71	6.14	0.77
	7	2.22	0.13	43.56	0.25	1.261	0.091				
	8	2.07	0.33	43.69	0.43	3.421	0.643				
	11	1.95	0.09	43.50	0.46	2.251	0.182				
	12	2.59		46.01							
	13	2.62	0.03	44.71	1.31			14.42	3.81	2.56	0.00
	14	2.30	0.13	40.84	0.53	4.329	0.634				
	15	1.93	0.28	43.39	0.14	1.909	0.238				
21	1.99	0.09	42.75	0.44	1.711	0.166					
	1.99	0.10	44.05	0.40	1.810	0.194	20.12	15.38	7.00	13.62	

Nährstoffgehalt der Pflanzenarten

Cd	UF	% N	S.E.	% C	S.E.	mg P g TG	S.E.	mg K g TG	S.E.	yg NO ₃ N g TG	S.E.
91 <i>Trifolium montanum</i>	11	2.18	0.01	45.43	0.11	1.284	0.065				
	19	<u>2.00</u>	0.08	<u>45.06</u>	0.30	<u>1.244</u>	0.013				
		<u>2.09</u>	0.09	<u>45.25</u>	0.19	<u>1.264</u>	0.020				
92 <i>Trifolium pratense</i>	1	2.44	0.15	45.29	1.67	1.666	0.182	21.69	4.37	3.46	2.40
	2	2.75	0.28	47.61	0.28					7.32	
	3	2.07	0.10	46.57	0.25	0.676	0.104	39.39	3.33	11.33	5.41
	11	1.99	0.09	45.57	0.10	0.973	0.089				
	18	2.24	0.14	45.31	0.16	1.666	0.065				
	19	2.08	0.05	45.02	0.31	0.974	0.100				
	20	2.00	0.08	44.76	0.60	1.621	0.052				
30	<u>2.06</u>	0.15	<u>45.33</u>	0.63	<u>0.969</u>	0.311	<u>39.40</u>	4.86	<u>22.27</u>	<u>9.33</u>	6.57
	<u>2.08</u>	0.13	<u>45.32</u>	0.45	<u>0.974</u>	0.201	<u>39.39</u>	5.11	<u>9.33</u>	<u>9.33</u>	5.43
93 <i>Rumex acetosa</i>	14	<u>1.23</u>	0.14	<u>46.40</u>	0.29	<u>60.30</u>		<u>60.30</u>	47.13	<u>29.40</u>	11.66
		<u>1.23</u>	0.00	<u>46.40</u>						<u>29.40</u>	
94 <i>Salvia pratensis</i>	1	1.95	0.14	46.84	0.83			29.46	28.11	757.19	376.71
	13	<u>2.60</u>	0.18	<u>46.60</u>	0.18			18.24	0.18	1723.95	42.02
		<u>2.28</u>	0.33	<u>46.67</u>	0.07						
95 <i>Schoenus ferrugineus</i>	22	1.64	0.16	46.20	0.29	0.339	0.026	<u>23.85</u>	5.61	<u>1240.57</u>	483.38
	23	1.62	0.16	46.73	0.51	0.406	0.065	9.16	4.17	21.13	4.75
	24	1.50	0.06	45.40	0.06	0.406	0.117	8.13		26.04	
	27	1.42	0.02	45.78	0.08	0.406	0.013				
	28	1.43	0.05	45.14	0.37	0.541	0.052				
	29	<u>1.03</u>	0.01	<u>44.80</u>	0.16	<u>0.451</u>	0.033				
	<u>1.47</u>	0.18	<u>45.59</u>	0.56	<u>0.406</u>	0.058	<u>8.65</u>	0.52	<u>23.59</u>	<u>23.59</u>	2.46
96 <i>Sesleria varia</i>	6	1.56	0.12	46.51	0.40	1.210		18.09	7.70	13.37	3.30
	8	<u>1.48</u>	0.04	<u>46.75</u>	1.98	<u>0.006</u>	0.125	<u>18.21</u>	0.28	<u>47.11</u>	319.86
		<u>1.52</u>	0.04	<u>45.63</u>	0.12	<u>0.608</u>	0.602	<u>18.15</u>	0.06	<u>30.24</u>	16.87

Nährstoffgehalt der Pflanzenarten

Cd	UF	% N	S.E.	% C	S.E.	mg P	S.E.	mg K	S.E.	yg NO ₃ N	S.E.
						g TG		g TG		g TG	
97 <i>Silene nutans</i>	1	1.26	0.08	45.67	0.21			8.93	5.43	17.57	7.67
	7	1.59	0.16	45.39	0.05	1.036	0.073				
	8	1.39	0.05	44.87	0.16	2.206	0.286				
	15	1.25	0.06	44.34	0.14	1.045	0.201				
		1.33	0.10	45.13	0.38	1.045	0.338				
98 <i>Stachys officinalis</i>	1	1.59	0.15	41.82	1.40	2.017	0.013	23.18	3.63	18.48	16.68
	12	1.36	0.08	45.65	0.25	0.934	0.019	46.81	0.00	0.81	0.00
		0.00	0.00	0.00	0.00	1.480	0.542	34.99	11.82	9.65	8.84
99 <i>Stachys sylvatica</i>	9	1.48	0.12	43.74	1.92			9.82	4.53		
		1.44	0.15	44.81	0.49						
		1.44	0.00	44.81	0.00						
100 <i>Succisa pratensis</i>	16							9.82			
								15.49	0.80	7.85	1.71
								15.49		7.85	
101 <i>Tanacetum corymbosum</i>	12	1.17	0.09	45.97	0.35	2.634	0.091			1.90	
	13	1.21	0.08	47.27	0.17	2.308	0.137	9.46	1.67	5.60	1.86
		1.19	0.02	46.62	0.65	2.471	0.163	9.46		3.75	1.85
102 <i>Thesium pyrenaicum</i>	3	2.93	0.12	46.09	0.13	2.611	0.208	36.94		22.58	
	12	2.67	0.46	44.71	0.71			38.71	4.43	22.13	53.84
		2.80	0.13	45.40	0.69	2.611		37.83	0.89	22.36	0.23
103 <i>Thlaspi perfoliatum</i>	13	2.41	0.26	45.68	0.25	3.691		34.28	4.93	50.01	4.04
	14	3.00		42.87				34.83		13.22	
		2.71	0.30	44.28	1.41	3.691		34.56	0.28	31.62	18.40
104 <i>Thymus praecox</i>	2	1.36	0.17	44.90	1.51			24.37	5.48	14.69	3.88
	3	1.48	0.13	43.21	3.93	0.533		23.19	9.31	17.79	5.22
		1.42	0.06	44.06	0.85	0.533		23.78	0.59	16.24	1.55

Nährstoffgehalt der Pflanzenarten

	UF	% Nt	S.E.	% C	S.E.	mg P g TG	S.E.	mg K g TG	S.E.	yg NO3N g TG	S.E.
105 <i>Tofieldia calyculata</i>	22	1.26	0.04	46.29	0.47	0.766	0.026	19.55	3.36	44.35	20.16
	23	1.45	0.12	47.45	1.84	0.865	0.065	14.69	0.20	78.41	
	24	1.44	0.13	45.76	0.27	1.081		19.55	1.58	7.06	3.46
	27	1.49	0.08	47.60	1.07	1.405	0.112	31.92	4.32	3.86	0.55
	28	1.33	0.05	46.90	0.58	1.177		20.86	4.22	81.51	37.01
	29	1.86	0.22	55.23	2.14	2.705	0.177	26.84	2.20	7.78	0.53
		<u>1.45</u>	<u>0.17</u>	<u>47.18</u>	<u>2.73</u>	<u>1.243</u>	<u>0.560</u>	<u>20.20</u>	<u>4.97</u>	<u>26.07</u>	<u>22.42</u>
106 <i>Tragopogon pratensis</i>	2	2.16	0.22	48.17	0.42			9.66	1.22	97.24	2.36
	16	1.76		50.30				10.99			
		<u>1.96</u>	<u>0.20</u>	<u>49.24</u>	<u>1.07</u>			<u>10.33</u>	<u>0.67</u>	<u>97.24</u>	
107 <i>Trichophorum alpinum</i>	1	1.00	0.03	44.83	0.49						
	2	2.73	0.16	47.63	0.16			8.72	3.02	20.01	1.10
	22	2.07	0.12	47.33	0.14			12.07	4.23	5.57	4.51
	24	2.11	0.07	47.43	0.15			5.55	3.32	41.38	29.77
	25	1.79	0.32	46.65	0.29			14.46	0.00	7.24	0.00
	26	2.30	0.46	47.46	0.24			10.40	2.57	13.63	10.34
		<u>2.09</u>	<u>0.50</u>	<u>47.40</u>	<u>0.81</u>						
108 <i>Scabiosa columbaria</i>	2	2.69		47.67				0.19			
	7	1.62	0.06	44.91	0.44	0.856	0.062				
	8	1.52	0.08	45.24	0.32	1.864	0.182				
109 <i>Trisetum flavescens</i>	1	1.62	0.34	45.24	0.80	1.360	0.504	0.19			
	7	1.00	0.03	44.83	0.22	17.22		17.22	3.99	2.12	0.68
		<u>1.64</u>	<u>0.03</u>	<u>44.27</u>	<u>0.33</u>	<u>0.721</u>	<u>0.189</u>	<u>17.22</u>	<u>0.00</u>	<u>2.12</u>	<u>0.68</u>
		<u>1.32</u>	<u>0.32</u>	<u>44.55</u>	<u>0.28</u>	<u>0.721</u>	<u>0.000</u>				
110 <i>Vaccinium oxycoccus</i>	22	1.35	0.20	49.79	1.00			16.58	3.80	2.74	2.43
	26	1.45	0.07	49.45	0.90	20.23		20.23	0.79	22.80	11.55
		<u>1.40</u>	<u>0.05</u>	<u>49.62</u>	<u>0.17</u>	<u>18.41</u>		<u>18.41</u>	<u>1.83</u>	<u>12.77</u>	<u>10.03</u>
111 <i>Veronica agrestis</i>	13	1.76	0.53	43.55	0.03			24.73	22.05	49.38	8.90
	14	2.20	0.26	43.43	0.52	2.527	0.663	19.23	4.99	9.91	0.17
	18	2.65	0.59	61.20	19.40	27.92		27.92	29.09	42.43	108.85
		<u>2.20</u>	<u>0.26</u>	<u>43.55</u>	<u>5.13</u>	<u>2.527</u>	<u>0.000</u>	<u>24.73</u>	<u>2.51</u>	<u>42.43</u>	<u>11.39</u>
112 <i>Veronica chamaedrys</i>	13	2.10	0.23	46.71	0.40	2.955	0.272	29.77	3.94	20.18	3.84

Nährstoffgehalt der Pflanzenarten

Cd	UF	% N	S.E.	% C	S.E.	mg P g TG	S.E.	mg K g TG	S.E.	yg NO ₃ N g TG	S.E.
113 <i>Vicia sepium</i>	14	2.10	46.71	4.10 4.18	0.13 0.14	2.955	29.77	10.21 10.21	2.17	59.53 59.53	13.09
114 <i>Viola hirta</i>	1 11	3.37 3.30 3.34	43.51 42.24 42.88	0.09 0.04	0.84 0.64		43.16 43.16	14.45	14.45	5.32 24.18 14.75	11.22 9.43
115 <i>Taraxacum officinale</i>	13 14 18	2.53 2.33 2.78 2.53	47.52 45.56 44.34 45.56	0.27 0.06 0.10 0.13	0.35 0.54 0.13 0.92	4.437 2.904 3.783 3.783	30.70	9.89	9.89	3.98	1.70
116 <i>Heracleum sphondyleum</i>	2	2.36 2.36	45.31 45.31	0.09	0.39						
117 <i>Aster bellidiflorum</i>	6	2.73 2.73	45.72 45.72	0.01	0.28	1.979 1.979	24.55 24.55	5.20	5.20	16.73 16.73	16.95
118 <i>Asperula cynanchica</i>	3	2.61 2.61	42.80 42.80	0.59	3.54		10.29 10.29	1.34	1.34	24.37 24.37	13.57
119 <i>Plantago media</i>	1	1.39 1.39	36.40 36.40	0.16	0.24	1.261 1.261	11.75 11.75	2.02	2.02		
120 <i>Carex rostrata</i>	22						0.23 0.23				
121 <i>Ranunculus montanus</i>	6	2.63 2.63	46.70 46.70	0.18	0.20	0.779 0.779	28.76 28.76	3.26	3.26	25.65 25.62	3.18

Übersichtstabelle der Vegetation der untersuchten Flächen

Untersuchungsfläche	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30		
<i>Agrimonia eupatoria</i>	1																															
<i>Ajuga genevensis</i>								+																								
<i>Ajuga reptans</i>	+							+							+																	
<i>Alchemilla vulgaris</i>	+	+																	2													
<i>Allium carinatum</i>			+	1	+	+					1																					
<i>Alnus glutinosa</i>																+																
<i>Andromeda polifolia</i>																										+						
<i>Anemone narcissiflora</i>																																
<i>Anthericum ramosum</i>		+	2	2	4	4			+	+	3						1															
<i>Anthoxanthum odoratum</i>	+	2	+	+	+	+			+	1	+	+					+		+	+	2			+	1	1						
<i>Anthyllus vulneraria</i>							1																									
<i>Aposeris foetida</i>	+																															
<i>Aquilegia atrata</i>																																
<i>Arabis hirsuta</i>	+							+								+																
<i>Arnica montana</i>																																
<i>Arrhenatherum elatius</i>													2					1														
<i>Asperula cynanchica</i>			+		1																											
<i>Asperula tinctoria</i>																																
<i>Aster bellidiastrum</i>							+																									
<i>Astrantia major</i>				+																												
<i>Atropa bella-donna</i>									1																							
<i>Avena pratensis</i>		4					2	+																								
<i>Avena pubescens</i>	3	1								1	1	4	1	3																		
<i>Bartsia alpina</i>																																
<i>Bellis perennis</i>								+					1	1				2														
<i>Berberis vulgaris</i>									1																							
<i>Betula pubescens</i>				+																												
<i>Brachypodium pinnatum</i>	2	1	2	1	2	1	2		1		+	2																				
<i>Briza media</i>	1	+	1	+	1	+	+	+		1	+																					
<i>Bromus erectus</i>	4	2	2	2	1	2	2	+	+	+	2	2																				
<i>Bromus hordeaceus</i>																																
<i>Buphthalmum salicifolium</i>			2	1	2	+	+		1			+																				
<i>Calamintha alpina</i>																																
<i>Calluna vulgaris</i>		+	+																													
<i>Campanula glomerata</i>	+			+					+																							
<i>Campanula patula</i>																																
<i>Campanula rapunculoides</i>																																
<i>Campanula rotundifolia</i>	+	1	+	1						1																						
<i>Capsella bursa-pastoris</i>													+																			

Untersuchungsfläche	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30						
Pflanzenart																																			
<i>Carduus defloratus</i>	+	+	+	1		1	1			+	2					1		1																	
<i>Carex caryophylla</i>	1	3	3		+	2	+	+			1	+	1		1	+	2		+																
<i>Carex davalliana</i>											+				+		+	+		+			+						+	+					
<i>Carex echinata</i>															+		+	+			+		1	+					1						
<i>Carex elata</i>																3						+	+	1											
<i>Carex ericetorum</i>							+																												
<i>Carex flacca</i>	1	1	+	+		+	+	2			+	+				+		1	1	1	+	1	+	1	+		+	+	1						
<i>Carex flava</i>																		+																	
<i>Carex hostiana</i>																			+																
<i>Carex humilis</i>							+				+										+														
<i>Carex montana</i>	2	2	2	3	3		1	+	2	+	3	3	1	1	3	3	1	1	3	3															
<i>Carex ornithopoda</i>	+								+	+																									
<i>Carex panicea</i>	+															1		+				+	1	1	1	+									
<i>Carex pulicaris</i>																																			
<i>Carex rostrata</i>																																			
<i>Carex sempervirens</i>																																			
<i>Carina acaulis</i>											2	2																							
<i>Carum carvi</i>	+	+	+								+					1																			
<i>Centaurea jacea</i>	1															1																			
<i>Centaurea scabiosa</i>																																			
<i>Cephalanthera rubra</i>																																			
<i>Cerastium fontanum</i>													1	2	1																				
<i>Cerastium holsteoides</i>																																			
<i>Chamaecytisus ratisbonensis</i>																																			
<i>Chrysanthemum leucanthemum</i>	+	1									+		1																						
<i>Cirsium arvense</i>																																			
<i>Cirsium eriophorum</i>																																			
<i>Cirsium oleraceum</i>																																			
<i>Cirsium palustre</i>																																			
<i>Cirsium vulgare</i>	+																																		
<i>Clematis vitalba</i>																																			
<i>Colchicum autumnale</i>	+	+																																	
<i>Convallaria majalis</i>																																			
<i>Cornus sanguinea</i>																																			
<i>Coryllus avellana</i>																																			
<i>Crataegus laevigata</i>																																			
<i>Crataegus monogyna</i>																																			
<i>Crepis mollis</i>																																			
<i>Crepis praemorsa</i>		+									+																								

Untersuchungsfläche	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30						
Pflanzenart																																				
<i>Cynanchum vincetoxicum</i>									1			+																								
<i>Cynosurus cristatus</i>	1	1																																		
<i>Dactylis glomerata</i>	+	1						+										1		2																
<i>Dactylorhiza maculata</i>												+	1					2																		
<i>Dactylorhiza majalis</i>																										1										
<i>Daucus carota</i>											+					+																				
<i>Dianthus carthusianorum</i>			1															+																		
<i>Drosera anglica</i>																																				
<i>Drosera rotundifolia</i>																																				
<i>Epipactis palustris</i>																																				
<i>Equisetum palustre</i>																																				
<i>Erica carnea</i>																																				
<i>Eriophorum angustifolium</i>																																				
<i>Eriophorum latifolium</i>																																				
<i>Euonymus europaeus</i>									+																											
<i>Eupatorium cannabinum</i>																																				
<i>Euphorbia amygdaloides</i>													+																							
<i>Euphorbia cyparissias</i>	+								1	+		1																								
<i>Euphorbia verrucosa</i>										2		1																								
<i>Euphrasia stricta</i>											1																									
<i>Fagus sylvatica</i>																																				
<i>Festuca ovina</i>	+																																			
<i>Festuca pratensis</i>			1																																	
<i>Festuca rubra</i>		1	+						1	+	2	1	+	+																						
<i>Filipendula vulgaris</i>		2																																		
<i>Fragaria vesca</i>																																				
<i>Frangula alnus</i>																																				
<i>Galium aparine</i>																																				
<i>Galium boreale</i>																																				
<i>Galium lucidum</i>	1																																			
<i>Galium mollugo</i>	1	2							1																											
<i>Galium pumilum</i>																																				
<i>Galium uliginosum</i>																																				
<i>Galium verum</i>	1																																			
<i>Gentiana asclepiadea</i>																																				
<i>Gentiana clusii</i>		+	1																																	
<i>Gentiana verna</i>		+																																		
<i>Gladiolus palustris</i>																																				
<i>Glechoma hederacea</i>																																				

Untersuchungsfläche	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
Pflanzenart																															
<i>Globularia punctata</i>					+		+		+		+																				
<i>Gymnadenia conopsea</i>			1	1		+	+				1										+					1					
<i>Helianthemum nummularium</i>		+	1	+	1	+	+	1		+	+	1									+										
<i>Hepatica nobilis</i>								+																							
<i>Heracleum sphondylium</i>		1																													
<i>Hieracium pilosella</i>		+			+	+	+	+																							
<i>Hieracium sylvaticum</i>				+				1	+																						
<i>Hippocrepis comosa</i>		+	1	1	1		1	2	+	+	+	+	1	+		4			+		1										
<i>Holcus lanatus</i>		1	+						+	+											+									1	
<i>Hypericum perforatum</i>		+						+													+										
<i>Hypochoeris radicata</i>																															
<i>Inula hirta</i>		1			1	2	+			+	+	+																			
<i>Juncus articulatus</i>																1															
<i>Juncus effusus</i>																+					+										
<i>Knautia arvensis</i>		+					+	+			+																1				
<i>Knautia dipsacifolia</i>																															
<i>Koeleria pyramidata</i>					1	+	1		1	+																					
<i>Laserpitium latifolium</i>			+	+								+																			
<i>Lathyrus pratensis</i>		+	1					+					1	1																	
<i>Leontodon hispidus</i>		+	1	1			+		+	+	1					+					+	+				1	1	2	1		
<i>Linum catharticum</i>		1	+	1	+	+	+				+	+									+	+									
<i>Linum viscosum</i>							+	+				1	2																		
<i>Liparis loeselii</i>																															
<i>Listera ovata</i>		+																													
<i>Lolium perenne</i>									+				+	1																	
<i>Lonicera xylosteum</i>									+																						
<i>Lotus corniculatus</i>		1	+	1		+				+		1			+	1															
<i>Luzula campestris</i>		+						+							+																
<i>Lysimachia vulgaris</i>																2															
<i>Lythrum salicaria</i>																															
<i>Medicago lupulina</i>		1	2					+					2	+																	
<i>Mentha aquatica</i>																															
<i>Mentha arvensis</i>																+															
<i>Molinia arundinacea</i>																															
<i>Molinia coerulea</i>																2	4		+												
<i>Mycelis muralis</i>																															
<i>Ophrys apifera</i>								+																							
<i>Orchis morio</i>																															
<i>Orchis ustulata</i>									+																						

Untersuchungsfläche	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30		
Pflanzenart																																
<i>Origanum vulgare</i>	1											+																				
<i>Orobancha gracilis</i>					+																											
<i>Parnassia palustris</i>																1																
<i>Pastinaca sativa</i>																																
<i>Peucedanum oreoselinum</i>		+	1			1	+	1	+	1	1	2	+				1															
<i>Peucedanum palustre</i>																																
<i>Phleum pratense</i>																			+													
<i>Phragmites communis</i>																				+												
<i>Phyteuma orbiculatis</i>						+	+		1	+	+									+												
<i>Picea abies</i>																																
<i>Pimpinella saxifraga</i>																																
<i>Pinguicula alpina</i>																																
<i>Pinus sylvestris</i>																																
<i>Plantago lanceolata</i>	1	1	1	1	1	1	1	1			1	2	1	1	1							1										
<i>Plantago media</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
<i>Platanthera bifolia</i>																																
<i>Poa pratensis</i>																																
<i>Poa trivialis</i>																																
<i>Polygala amara</i> agg.																																
<i>Polygala amarella</i>																																
<i>Polygala chamaebuxus</i>																																
<i>Polygala vulgaris</i>																																
<i>Polygonatum odoratum</i>																																
<i>Polygonum viviparum</i>																																
<i>Populus tremula</i>																																
<i>Potentilla alba</i>																																
<i>Potentilla erecta</i>																																
<i>Potentilla heptaphylla</i>																																
<i>Potentilla tabernaemontani</i>																																
<i>Primula farinosa</i>																																
<i>Primula veris</i>	1	1	+	1	+	+	+	+	1	+	+	1	1	1	1																	
<i>Prunella grandiflora</i>																																
<i>Prunella vulgaris</i>																																
<i>Quercus robur</i>																																
<i>Ranunculus acris</i>																																
<i>Ranunculus bulbosus</i>																																
<i>Ranunculus montanus</i>																																
<i>Ranunculus nemorosus</i>	1	1																														
<i>Rhannus catharticus</i>																																

Untersuchungsfläche	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30					
Pflanzenart																																			
<i>Rhamnus frangula</i>				+														+																	
<i>Rhinanthus alectorolophus</i>																																			
<i>Rhinanthus aristatus</i>												1	+																						
<i>Rhinanthus glacialis</i>	1	1	2	1	1	+	2	+			1						1																		
<i>Rhinanthus minor</i>																																			
<i>Rhynchospora alba</i>																																			
<i>Rosa arvensis</i>				+					+																										
<i>Rubus fruticosus</i>									2																										
<i>Rubus idaeus</i>									2																										
<i>Rumex acetosa</i>	+												1	+																					
<i>Sagina procumbens</i>	+																																		
<i>Salix repens</i>	+	+		+	+					+	+	+	+		1																				
<i>Salvia pratensis</i>	+	+			1		+			+		+																							
<i>Sanguisorba minor</i>	+	+		+	+					+	+	+	+		1																				
<i>Sanguisorba officinalis</i>								+							+	+	1	+																	
<i>Scabiosa columbaria</i>			+		+	+	1																												
<i>Schoenus ferrugineus</i>																																			
<i>Scorzonera humilis</i>							+																												
<i>Serratula tinctoria</i>																																			
<i>Sesleria varia</i>																																			
<i>Silene nutans</i>	+				+		+	+					+																						
<i>Silene vulgaris</i>					+																														
<i>Solidago virgaurea</i>																																			
<i>Sonchus oleraceus</i>																																			
<i>Sorbus aria</i>										+																									
<i>Stachys officinalis</i>	1	+		1	+	+	+	+	1		1	+			+	+	+				1														
<i>Succisa pratensis</i>											+																								
<i>Tanacetum corymbosum</i>	1									+		1																							
<i>Taraxacum officinale</i>	+	1	+		+		+	+	+	+	+	1	1	+																					
<i>Tetragonolobus maritimus</i>																																			
<i>Teucrium montanum</i>																																			
<i>Thesium pyrenaicum</i>																																			
<i>Thesium rostratum</i>																																			
<i>Thlaspi perfoliatum</i>																																			
<i>Thymus praecox</i>																																			
<i>Thymus serpyllum</i>																																			
<i>Tofieldia calyculata</i>																																			
<i>Tragopogon pratensis</i>		+																																	
<i>Trichophorum alpinum</i>																																			

Untersuchungsfläche	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30		
Pflanzenart																																
<i>Trichophorum cespitosum</i>																	+															
<i>Trifolium arvense</i>																	+															
<i>Trifolium campestre</i>												+																				
<i>Trifolium dubium</i>														+																		
<i>Trifolium hybridum</i>										+																						
<i>Trifolium medium</i>	2	2	+																													
<i>Trifolium montanum</i>	2	+	1	+		1	+								+		1	+	1													
<i>Trifolium pratense</i>	1							+			+		1																		1	
<i>Trifolium repens</i>													2	+																	1	
<i>Trifolium rubens</i>											1																					
<i>Trisetum flavescens</i>												2	1								3											
<i>Trollius europaeus</i>																			+													
<i>Vaccinium oxycoccus</i>																																
<i>Verbascum densiflorum</i>									+																							
<i>Veronica agrestis</i>																																
<i>Veronica arvensis</i>								+																								
<i>Veronica chamaedrys</i>	1				+			+					1	1																		
<i>Viburnum lantana</i>													2	+	1																	
<i>Vicia cracca</i>		+																														
<i>Vicia sepium</i>																																
<i>Vincetoxicum hircundinaria</i>									2																							
<i>Viola hirta</i>	+			+							+																					
<i>Viola riviniana</i>		+																														

