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

Herausgeber: Geobotanisches Institut, Stiftung Rübel (Zürich)

Band: 127 (1996)

Artikel: Zur Indikation von Bodennährstoffen in Streuwiesen : Vitalitätsmerkmale ausgewählter Arten und floristischer Parameter als Nährstoffindikatoren in Streuwiesen des Zürcher Voralpengebietes = Indication of soil nutrients in litter meadows : vitality param...

Autor: Graf, Ulrich Hans

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-308991

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 04.09.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Veröffentlichungen des Geobotanischen Institutes der ETH, Stiftung Rübel, Zürich, Heft 127.

Zur Indikation von Bodennährstoffen in Streuwiesen

Vitalitätsmerkmale ausgewählter Arten und floristische Parameter als Nährstoffindikatoren in Streuwiesen des Zürcher Voralpengebietes

Indication of Soil Nutrients in Litter Meadows

Vitality Parameters of Selected Species and Floristic Parameters as Indicators of Soil Nutrients in Litter Meadows in the Pre-Alps of the Canton of Zurich (Northern Switzerland)

Ulrich Hans GRAF

1996

INHALTSVERZEICHNIS

	Vorwort	**5**
1.	**Einleitung und Problemstellung**	**6**
2.	**Untersuchungsgebiete und Methoden**	**11**
2.1.	Untersuchungsgebiete	11
2.1.1.	Rod, Gemeinde Wildberg	12
2.1.2.	Hofschür bei Neuthal, Gemeinde Bäretswil	14
2.1.3.	Neuriedtli bei Samstagern, Gemeinde Richterswil	15
2.2.	Methoden	18
2.2.1.	Einrichten der Transekte	18
2.2.2.	Vegetationsbeschreibung	18
2.2.3.	Bodenkundliche Daten	19
2.2.4	Gradientenanalyse	23
2.2.5.	Statistische Methoden	26
3.	**Resultate**	**30**
3.1.	Vegetation	30
3.1.1.	Übergänge zu den Heuwiesen / Hochstaudenfluren	30
3.1.2.	Pfeifengraswiesen	31
3.1.3.	Kleinseggenrieder	32
3.1.4.	"Landröhrichte"	34
3.2.	Bodenkundliche Gradienten	35
3.2.1.	Allgemeines	35
3.2.2.	Der Nährstoffversorgungsgrad in den Untersuchungsgebieten	36
3.2.3.	Bodenverhältnisse im Rod	38
3.2.4.	Bodenverhältnisse im Neuthal	40
3.2.5.	Bodenverhältnisse im Neuriedtli	42
3.2.6.	Der limitierende Bodenfaktor	45
3.3.	Floristische Gradienten	47
3.3.1	Floristische Gradienten im Rod	47
3.3.2.	Floristische Gradienten im Neuthal	49
3.3.3.	Floristische Gradienten im Neuriedtli	52
3.4.	Reaktion der Vegetation auf die Nährstoffversorgung	57
3.4.1.	Indikation der Bodenparameter durch floristische Daten	57
3.4.2.	Indikation der Bodenparameter durch Vitalitätsparameter einzelner Arten	62
4.	**Diskussion**	**100**
4.1.	Einfluss der Nährstoffversorgung auf die Artenzusammensetzung der Streuwiesen	100
4.2.	Einfluss der Nährstoffversorgung auf die Vitalität der Arten	103
4.2.1.	Nährstoffzeigende Arten (*Filipendula ulmaria*)	104
4.2.2.	Arten, die mittlere Nährstoffgehalte anzeigen(*Holcus lanatus, Phragmites communis, Angelica silvestris, Lysimachia vulgaris, Mentha aquatica*)	105
4.2.3.	Magerkeitszeigende Arten (*Carex davalliana, Carex hostiana, Carex panicea, Molinia coerulea, Galium uliginosum, Parnassia palustris, Potentilla erecta, Ranunculus nemorosus, Succisa pratensis*)	111
4.2.4.	Allgemeine Anmerkungen zum Verhältnis von Vitalität und Standort	116
4.3.	Monitoring von Gradienten	118
4.4.	Schlussfolgerungen für die Naturschutzpraxis	126

Zusammenfassung – Summary **127**
Literaturverzeichnis **134**
Anhang (Tabellen 45 – 64) **140**

VORWORT

Den Leitern dieser Arbeit, den Herren Professoren Dr. F. Klötzli, Dr. E. Landolt und Dr. P.J. Edwards, möchte ich für die Überlassung des Themas und die Beratungen während der Arbeit danken. Ich wurde am Institut freundlich aufgenommen. A. Grünig stand während der Erarbeitung des Forschungsprogrammes für zahlreiche Gespräche zur Verfügung. Die Arbeiten im Labor wurden von E. Schäffer, M. Baldoma, M. Hofbauer und K. Rentsch durchgeführt. Freundlicherweise erklärte sich Dr. H. Oberholzer von der Versuchsanstalt für Pflanzenbau, Zürich-Reckenholz, bereit, die Nitrat-Ammonium-Extrakte zu analysieren. M. Hofbauer, K. Rentsch, Y. Widmer, M. Graf, K. Krug und T. Pünchera gingen mir bei der Datenerhebung im Feld zur Hand. Dr. H. Conradin kartierte die Bodentypen im Neuriedtli, Samstagern. PD Dr. O. Wildi von der WSL, Dr. H.R. Binz und Dr. A. Brülisauer waren mir in Fragen der Statistik und deren Computeranwendung behilflich. A. Hegi zeichnete die Karten. Ihnen allen möchte ich herzlich danken.

Im weiteren bin ich den Eigentümern und Bewirtschaftern der untersuchten Gebiete für die Duldung der Arbeit auf ihrem Land zu Dank verpflichtet.

Das Amt für Raumplanung des Kantons Zürich erteilte mir die nötigen Ausnahmebewilligungen zur Arbeit in geschützten Gebieten. Das Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft unterstützte die Arbeit während dreier Jahre mit einem Forschungskredit.

Zuletzt danke ich meinem damaligen Arbeitgeber, dem WWF Schweiz, der mir die notwendige materielle Sicherheit für die Zeit vor und nach der Dauer des Forschungskredites gab und der durch seine Flexibilität bezüglich meiner Präsenzzeiten im Büro die Forschungstätigkeit erst ermöglichte.

Die Arbeiten im Feld erfolgten in den Sommern 1990–93.

1. EINLEITUNG UND PROBLEMSTELLUNG

Die Erhaltung oligotropher Kleinseggenrasen mit hoher Artenvielfalt ist ein erklärtes Ziel des Naturschutzes. Mit Schutzanordnungen des Gemeinwesens wird heute der direkten Zerstörung von Schutzobjekten durch Trockenlegung, Umbruch oder Düngung wirksam entgegengetreten. Indirekte Düngung kann durch mangelnde Pflege, Laubfall aus naheliegenden Wäldern, eutrophiertes Grundwasser, Rückstau von eutrophiertem Grabenwasser, Einschwemmung aus benachbartem Kulturland oder auch durch die Bewirtschaftung mit zu schweren Maschinen ausgelöst werden (KLÖTZLI 1979). Das Problem der Verbrachung kann ebenfalls durch Schutzanordnungen und Bewirtschaftungsbeihilfen wenigstens teilweise entschärft werden. In jüngerer Zeit wirkt auch der durch die Luftverschmutzung verursachte atmosphärische Stickstoffeintrag als indirekte Düngung. Sein Einfluss auf die Vegetation ist allerdings noch zuwenig klar (ZOBRIST 1983). ELLENBERG (1985) nennt für Deutschland jährliche Einträge von 20 bis 68 kg Stickstoff pro Hektar, BÜCKING (1993) von 10 bis 35 kg. In den Niederlanden sind es bis zu 200 kg Stickstoff pro Hektar (KREUTZER 1989). Gemäss Schätzungen des BUWAL werden in der Schweiz ca. 40 kg Rein-Stickstoff pro Hektar und Jahr aus der Atmosphäre auf dem Boden deponiert (BUNDI et al. 1993). Dies kann die Nitrat-Auswaschung über das Grundwasser erheblich verstärken und zur Bodenversauerung beitragen (BUNDI et al. 1993). BUNDI und Mitarbeiter vermuten zudem, dass der Nährstoffhaushalt der Pflanzen insgesamt aus dem Gleichgewicht gebracht oder stickstoffbedürftige Arten einseitig gefördert werden könnten. Der Nährstoffeintrag aus benachbartem Kulturland stellt ein weiteres ungelöstes Problem für die Konservierung oligotropher Feuchtgebiete dar. Damit befasst sich die vorliegende Arbeit.

Kleinseggenrasen sind oft von Brachflächen oder intensiv genutzten Wirtschaftsflächen umgeben. In beiden Fällen können Nährstoffe in die Kleinseggenrieder eindringen. Häufig bilden sich an der Grenze zum Kulturland Hochstaudenfluren aus, die oft von *Filipendula ulmaria*, *Carex acutiformis* und *Lysimachia vulgaris* dominiert werden. Wird die "Filterkapazität" des Hochstaudensaums überschritten, nimmt die Vitalität der Hochstauden zu (KLÖTZLI 1979). Diese können jährlich um eine gewisse Distanz ins Ried hineinwandern (BOLLER-ELMER 1977), was zur Umwandlung des gesamten Bestandes führen kann (KLÖTZLI 1967; WILDI und KLÖTZLI 1978). BOLLER-ELMER

(1977) nennt den Stickstoffgehalt als limitierenden Faktor für die Produktivität am Rand des Rieds. Im Riedinnern fand sie in einigen Bodenproben jedoch erhöhte Stickstoffgehalte, welche nicht mit einer gesteigerten Produktivität gekoppelt waren. Der Stickstoffgehalt war in diesen Fällen nicht der limitierende Faktor. VERHOEVEN et al. (1983) fanden in niederländischen mesotrophen Flachmooren, die durch eutrophes Grundwasser gedüngt wurden, Stickstoff und Phosphor als limitierende Faktoren, während auf den Heuwiesen Kalium die Biomasseproduktion begrenzte. EGLOFF (1986) betont die Bedeutung des Phosphors für Eutrophierungsvorgänge und hebt hervor, wie wichtig das Fernhalten desselben beim Schutz von Feuchtgebieten ist. Eine Phosphordüngung kann ihre Wirkung jedoch nur bei ausreichendem Stickstoffangebot entfalten (EGLOFF 1983). Die Aushagerung von eutrophierten Flächen ist ein nicht gelöstes Problem. Der Nährstoffaustrag kann durch einen früheren bzw. häufigeren Schnitt erhöht werden, was jedoch meist nicht zur Ausgangsvegetation zurückführt (EGLOFF 1986). Trotzdem sind aus naturschützerischer Sicht auch kurzfristige, einfache Renaturierungen wertvoll, da sich einige typische Vertreter der ursprünglichen Vegetation ansiedeln können (KLÖTZLI 1991). Regenerationen, d.h. Rückführungen in typische, natürliche bzw. naturnahe Verhältnisse können für kompliziert gereifte Ökosysteme wie Hochmoore oder bestimmte Formen von anthropogenem Grünland einen Zeitraum von mehreren hundert Jahren in Anspruch nehmen (KLÖTZLI 1991). Bei KLÖTZLI (1991) wird das Thema ausführlich diskutiert.
Die Diskussion um die Ausdehnung von Puffer- oder vielmehr Umgebungsschutzzonen dauert in Naturschutzkreisen an. Umgebungsschutzzonen sollten langfristig sämtliche lateral eingetragenen Nährstoffe auffangen: Durch ihre Bewirtschaftung sollten gleich viele Nährstoffe abgeführt werden, wie aus dem Umland einsickern. In der Praxis bedeutet dies meist ein Düngeverbot, was zu massiven Ertragseinbussen für die Landwirtschaftsbetriebe führen kann. Der Konflikt ist vorprogrammiert. Deshalb sollte bei der Ausscheidung der Umgebungsschutzzonen versucht werden, diese möglichst schmal zu halten, so dass sie ihre Funktion gerade eben noch erfüllen können. Ein erster Vorschlag für den Kanton Zürich wurde Mitte der 80er Jahre von der BfÖ (1986) erarbeitet. Im Rahmen der eidgenössischen Moorschutzgesetzgebung traten bei seiner Anwendung Unsicherheiten auf, die dazu führten, dass das Problem erneut bearbeitet wurde (HUBER 1990; HEEB und MOSIMANN 1991). Das Ökozentrum Schattweid (STAMM 1992) überprüfte in Zusammenarbeit mit der ETHZ (BLASER und STÄHLI 1991; HIRT und WEBER 1991) die unterschiedlichen Verfahren und schlug ein differenziertes Vorgehen vor.

Unabhängig von der Art der Ausscheidung muss die Wirksamkeit einer Umgebungsschutzzone von Zeit zu Zeit überprüft werden. Dabei müssen Eutrophierungsvorgänge in der Umgebungsschutzzone selbst und im Kerngebiet des Rieds so früh erkannt werden, dass der Eutrophierungsprozess gestoppt werden kann, bevor eine nicht mehr umkehrbare Veränderung der Bestände, eine Sukzession, eingetreten ist.
EGLOFF (1987) weist auf die Gefahr hin, dass Eutrophierungen erst nach Eingriffen in den Wasserhaushalt oder nach einem trockenen Sommer erkannt werden könnten. Die Bestände der meisten Arten unterliegen jährlichen Schwankungen. Daher manifestieren sich Eutrophierungsvorgänge in den Deckungsgraden der Pflanzen mit erheblichen Verzögerungen. KRÜSI (1981) rechnet dafür etwa 10 Jahre. Vegetationsveränderungen als Folge einer Eutrophierung können mit der verbreiteten Aufnahmemethode nach BRAUN-BLANQUET kaum innerhalb nützlicher Frist erfasst werden (PFADENHAUER 1987). Selbst Individuenzählungen eignen sich nur bedingt für die kurzfristige Erfassung von Eutrophierungsvorgängen (EGLOFF 1986, KRÜSI 1981). KRÜSI schlägt eine phänologische Überwachung der Bestände vor, allerdings ohne auszuführen, wie dies praktisch umgesetzt werden sollte. PFADENHAUER (1987) empfiehlt für die kurzfristige Erfassung von Eutrophierungen die Erhebung der Blütenmenge und -vielfalt sowie der Sprosshöhe und -dichte dominanter Arten. EGLOFF (1986) erstellt eine Liste von sogenannten "Warnarten", die auf Eutrophierung stark reagieren (vgl. Tab.1).
In oligotrophen Feuchtgebieten wurden verschiedentlich Arbeiten über die Reaktion einzelner Arten auf Verbrachung und Nährstoffversorgung gemacht, wobei naturschützerische Aspekte meist im Vordergrund standen. ZACHARIAS et al. (1988) vermuten, *Filipendula ulmaria* werde durch Beschattung gefördert. Diese Art lässt sich durch einen zweimaligen Schnitt im Juni und September relativ leicht wieder zurückdrängen (WOLF et al. 1984). GANZERT (1984) findet bei *Schoenus ferrugineus* keinen Einfluss der Witterung auf Fruchtbarkeit, Sprosshöhe und Bestandesdichte. ANDRES et al. (1987) untersuchten die Wirkung von Brachen auf Arten des Kleinseggenrieds. Für *Schoenus nigricans* auf der Brache verzeichnen sie eine vergleichsweise geringere Sprossdichte und einen höheren Wuchs, was sie auf die veränderten Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnisse zurückführen. Feuchtere Flächen weisen Ende Mai mehr blühende Sprosse pro Flächeneinheit auf als trockenere Flächen. *Juncus subnodulosus* wird auf der Brache dichter und höher. Bei *Spiranthes aestivalis, Orchis incarnata* und *Epipactis palustris* stellen sie einen bis zu drei Wochen verzögerten Blühbeginn fest. Sie vermuten, dass

Tab. 1. Warnarten nach EGLOFF (1986). Streuwiesenarten, die aufgrund ihrer Wachstumsreaktion auf indirekte Düngung hinweisen.
"Early warning species" according to EGLOFF (1986): Molinion species, which indicate indirect fertilization by their growth response.

1) Durch Düngung geförderte Arten / *favourized by fertilization*			
a) Streuwiesenarten mit starker Zunahme bzw. Herdenbildung	b) in ungestörten Streuwiesen seltene, bei Eutrophierung häufige Arten	c) Vertreter der Hochstaudenfluren	d) Futtergräser
Centaurea angustifolia	*Agrostis gigantea*	*Carex acutiformis*	*Holcus lanatus*
Cirsium palustre	*Carex acutiformis*	*Eupatorium cannabinum*	*Phleum pratense*
Inula salicina	*Angelica silvestris*	*Filipendula ulmaria*	*Dactylis glomerata*
Mentha aquatica	*Cirsium oleraceum*	*Lysimachia vulgaris*	*Anthoxanthum odoratum*
Pulicaria dysenterica	*Lotus uliginosus*	*Stachys palustris*	*Festuca pratensis*
Selinum carvifolia	*Calamagrostis epigeios*	*Valeriana officinalis*	
Succisa pratensis	*Symphytum officinale*		
Lythrum salicaria	*Juncus subnodulosus*		
Lathyrus pratensis			
e) weitere geförderte Arten			
Caltha palustris	*Hypericum perforatum*	*Galium verum*	*Festuca arundinacea*
Thalictrum flavum	*Silene flos-cuculi*	*Cirsium arvense*	*Pharagmites communis*
Urtica dioica	*Rumex acetosa*	*Solidago serotina*	*Thyphoides arundinacea*
Vicia cracca	*Vincetoxicum officinale*	*Solidago canadensis*	
2) Durch Düngung benachteiligte Arten / *handicapped by fertilization*			
Molinia coerulea	*Carex hostiana*	*Carex panicea*	*Schoenus nigricans*

diese Arten die Streuschicht kaum zu durchstossen vermögen. TAMM (1972) stellte bei *Primula veris* fest, dass mit langsam zunehmender Beschattung eine sofortige Reduktion der Fertilität und eine unmittelbare Verkleinerung von Blattzahlen und -grössen einhergeht. Die Anzahl Individuen bleibt dagegen noch über lange Zeit konstant.
Es sind mir nur wenige Arbeiten bekannt, in welchen ein direkter Zusammenhang zwischen den Nährstoffgehalten der Böden und phänologischen bzw. morphometrischen Daten einzelner Arten untersucht wurde: VOSER (1976) findet bei *Ranunculus friesianus* eine Abhängigkeit der Blattform von Standortsfaktoren wie Tageslänge, Luftfeuchtigkeit und Temperatur. Weiter zeigt sich, dass die Blattform davon abhängt, ob der Spross am Rhizom end- oder seitenständig ist. Stickstoffgehalt und Bodenfeuchtigkeit haben nur einen geringen Einfluss auf die Blattform und keinen Einfluss auf die Artmächtigkeit. *Ranunculus friesianus* wird durch Beweidung gefördert. FINCK (1986) weist bei *Molinia coerulea* und bei *Inula salicina* Rotverfärbungen der

Stengel und Blätter als Folge von Phosphormangel nach. Bei Phosphor-Mangel verzögert sich die Blüte und Fruchtreife bei beiden Arten. Bereits HÜRLIMANN (1951) beobachtet bei *Phragmites communis* eine Rotfärbung der Blätter bei Phospor- oder Nitratmangel.
Trotz dieser Erkenntnisse werden Wachstumsbeobachtungen an einzelnen Arten nur selten zur Überwachung von Schutzgebieten eingesetzt. GLUCH (1980) verwendet in einem Experiment mit *Vaccinium myrtillus, Calamagrostis villosa* und *Deschampsia flexuosa* Biomasseproduktion und Spross- sowie Sprossachsenlängen zur Bioindikation von Belastungen durch Herbizide.
Es ist das Ziel der vorliegenden Arbeit, ein Instrument für die frühzeitige Erfassung kleinräumiger Eutrophierungen in Randzonen von Schutzgebieten zu entwickeln. Es geht darum, Parameter zu finden, die den Nährstoffgehalt des Bodens fein und ohne grosse zeitliche Verzögerung abbilden können. Entsprechend der Empfehlung von PFADENHAUER (1987) formuliere ich die Hypothese für die vorliegende Arbeit also: *"Die Nährstoffverhältnisse im Boden bilden sich kleinräumig besser in der veränderten Ausbildung morphologischer Merkmale der Einzelpflanzen ab als in einer veränderten floristischen Zusammensetzung der betroffenen Vegetation."*
Um diese Hypothese zu prüfen, untersuchte ich drei Kleinseggenrieder, welche in eutrophem Umland liegen. Aufgrund der jeweils ausgebildeten Hochstaudensäume konnte ich ein seitliches Eindringen von Nährstoffen annehmen. Die Rieder liegen ungefähr in der gleichen Höhenstufe. In ihrem ungestörten Teil weisen sie eine ähnliche Vegetation auf.
Falls die Hypothese zutrifft, werden sich einige besonders geeignete Arten finden lassen, die auf derselben Wiese aufgrund unterschiedlich ausgeprägter morphologischer Merkmale auf Eutrophierungsvorgänge hinweisen.

2. UNTERSUCHUNGSGEBIETE UND METHODEN

2.1. UNTERSUCHUNGSGEBIETE

Die drei Gebiete wurden nach folgenden Gesichtspunkten ausgewählt: Es sollten drei Untersuchungsgebiete sein, in welchen ein Kleinseggenried unterhalb des Intensiv-Kulturlandes liegt, entweder an einem Hang oder in einer Mulde. Das Kulturland sollte als Mähwiese und/oder Weide bewirtschaftet und regelmässig gedüngt werden. Am Rand des Rieds sollte eine nur wenige Meter breite

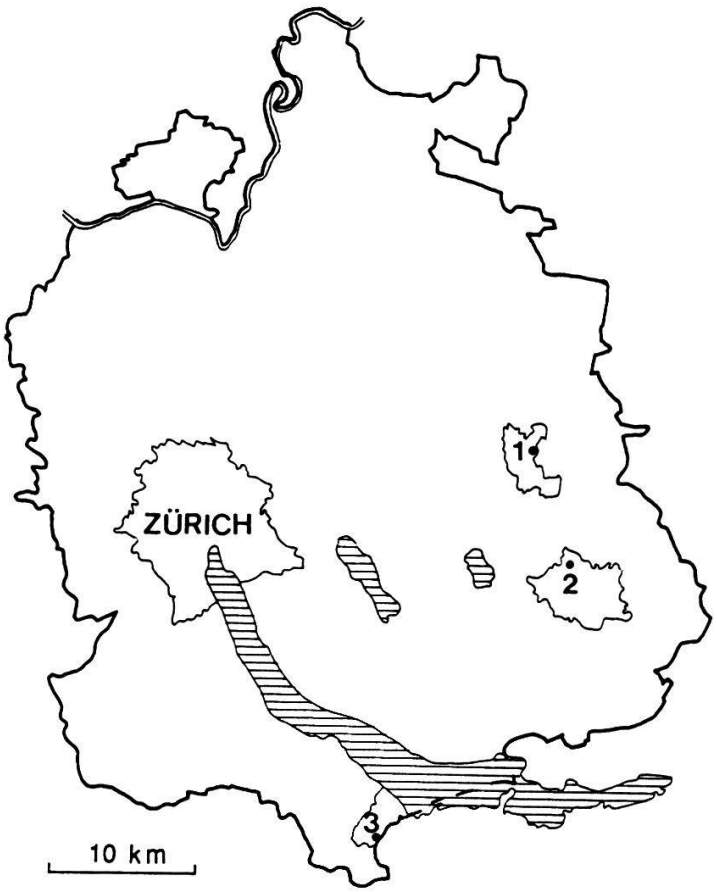


Fig. 1. Übersichtsplan des Kantons Zürich: geographische Lage der Untersuchungsgebiete; **fett**: die fortan im Text benützten Bezeichnungen.
Overview of the Canton Zurich: geographical location of the studied sites; ***bold:*** *the site names further used in the text.*
1) Gemeinde Wildberg: Naturschutzgebiet **Rod**
2) Gemeinde Bäretswil: Naturschutzgebiet Hofschür bei **Neuthal**
3) Gemeinde Richterswil: Naturschutzgebiet **Neuriedtli** bei Samstagern

Hochstaudenflur ausgebildet sein. Es sollte keine Umgebungsschutzzone ausgeschieden sein, so dass ein Nährstoffeintrag aus dem umliegenden Land wahrscheinlich ist. Das Ried sollte jährlich einmal im Herbst geschnitten werden. Weiter sollten die Untersuchungsgebiete mit dem öffentlichen Verkehr von Zürich aus mit vertretbarem Zeitaufwand erreichbar sein.
Die Lage der ausgewählten Gebiete ist aus Fig. 1 ersichtlich.

2.1.1. Rod, Gemeinde Wildberg

Wildberg liegt im Tösstal, einem voralpinen Gebiet im Osten des Kantons Zürich. Der Rod (Koordinaten 705.200/254.050) ist ein grösserer Quellsumpfkomplex, der eng mit dem intensiv genutzten Landwirtschaftsland verzahnt ist. Das Umland wird als Acker (u.a. Mais), Weiden und Mähwiesen bewirtschaftet. Ein Teil des Rod wird von Wald begrenzt. Die Fläche des Rod umfasst 7.3 ha. Er liegt in einer Höhe von 620 bis 660 m auf beiden Seiten eines kleinen, steilen Tälchens, welches sich nach Osten zur Töss hin entwässert.
Der geologische Untergrund besteht auf dem Nordhang des Tälchens aus einer Würmmoränendecke aus dem Bülacherstadium des Linth/Rhein-Gletschers (HANTKE 1980), am Südhang aus Molassenagelfluh. Der Talgrund enthält alluviale Anschwemmungen (WEBER 1924, 1928). Der Boden im Rod besteht aus zwei Komplexen: Am nördlichen Talhang oberhalb des Strässchens ist ein flachgründiger, normal durchlässiger, physiologisch trockener Komplex aus Regosol, regosolischer Kalkbraunerde und schwach stauender Braunerde in starker Hanglage (bis 36% Neigung) bis flacher Kuppenlage (bis 15% Neigung) zu finden. Es handelt sich um Lehmböden bzw. lehmige Sandböden, z.T. um tonigen Schlufflehm. Sie sind skeletthaltig bis skelettreich. Unterhalb und wenig oberhalb des Strässchens und auf der südlichen Talseite findet sich ein Komplex aus ziemlich flachgründigem bis sehr flachgründigem, bis an die Oberfläche dauernd porengesättigtem, mullreichem fahlem Gley und anmoorigem, extrem fahlem Gley in Muldenlage (bis 15% Neigung). Es sind Böden aus Lehm, Schlufflehm, tonigem Schlufflehm oder Ton. Sie sind skelettarm, z. T. skeletthaltig. (FREI et al. 1981).
Der Rod liegt im Übergang von der ziemlich kühlen zur kühlen Temperaturzone, d.h. in der mittleren bis unteren Ackerbaustufe mit einer Jahresmitteltemperatur von 7 bis 8 °C und einer Sommermitteltemperatur von 11 bis 13 °C. Die Vegetationsperiode beträgt 180–200 Tage (SCHREIBER et al. 1977). Das Klima ist feucht bis sehr feucht (jährliche Niederschlagsmenge: 1200–1400 mm; FREI et al. 1981).

Die botanische und zoologische Vielfalt – u.a. Pfeifengras-, Davallseggen-, Kopfbinsenbestände, eine in der Schweiz einmalige Schlammseggenschlenke, Trespen-Halbtrockenrasen sowie Neuntöter, Baumpieper, Feldschwirl und Goldammer (vgl. ARP 1979) – veranlasste die Kantonsregierung, den Rod 1984 mit einer Verordnung unter Schutz zu stellen. Ein jährlicher Streueschnitt auf den Riedflächen ist seither vorgeschrieben. Umgebungsschutzzonen sind nur teilweise oberhalb der Riedflächen festgesetzt worden.
Die Untersuchungsfläche befindet sich am nördlichen Abhang auf einem flacheren Absatz auf Würmmoräne bzw. auf dem Gleykomplex. Sie ist südsüdostexponiert. Die westlich liegende Wirtschaftswiese schliesst ohne Umgebungsschutzzone an. Der Landwirt düngt diese Wiese regelmässig "normal" mit Mist und Jauche. Er war nicht in der Lage, die Düngergaben näher zu beziffern ("ein paar Fuder"). Kunstdünger setzt er nicht ein.

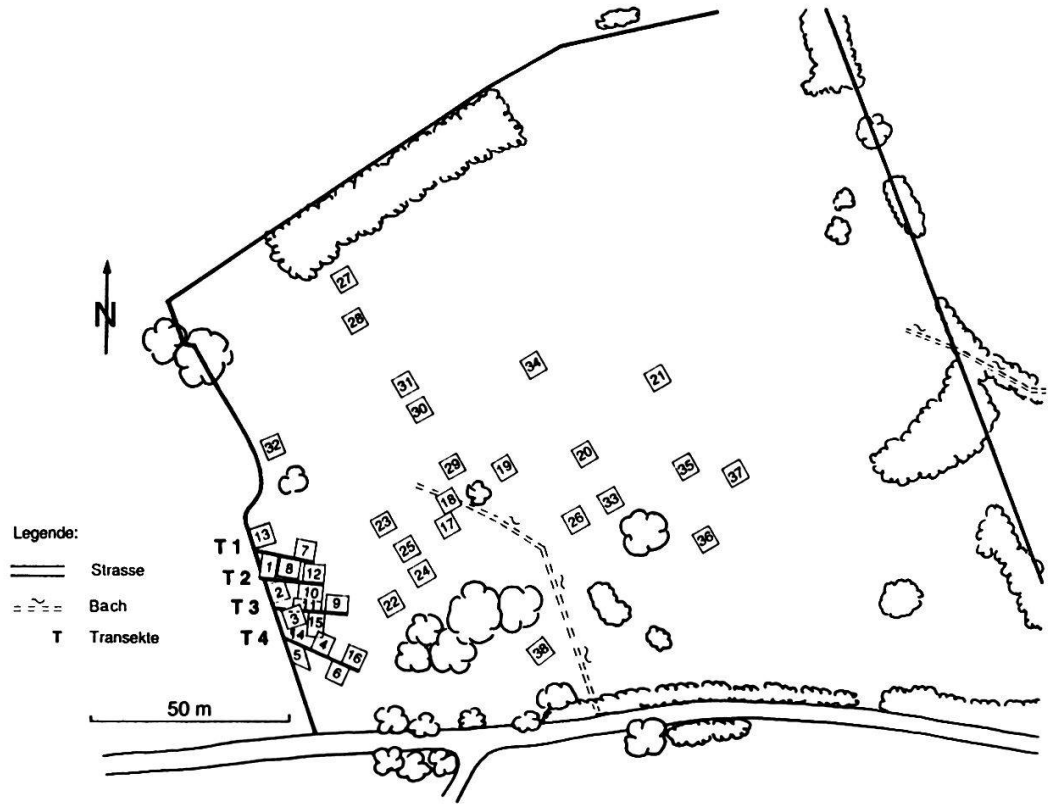


Fig. 2. Rod: Lage der Transekte und der Aufnahmen. Im Text des Kapitels 3 und in der Vegetationstabelle des Anhangs (Tab. 65) sind die Aufnahmenummern um 100 erhöht, um sie von den anderen Gebieten abzuheben.
Rod: positions of the transects and relevés. In the text of chapter 3 and in Table 65 (enclosure) 100 were added to the numbers of relevés to separate them from the relevé numbers of the other sites.

Eingemessen wurden 4 Transekte. Sie begannen 1 m tief in der Wirtschaftswiese, hatten eine Länge von 15 m und liefen in der Fallinie ins Ried hinein (vgl. Fig. 2). Am oberen Ende wachsen sehr wenige Streuwiesenarten.

2.1.2. Hofschür bei Neuthal, Gemeinde Bäretswil

Bäretswil ist wie Wildberg eine Gemeinde des Tösstals. Der Weiler Neuthal liegt am Ausgang einer weiten Talkammer. In deren Zentrum befindet sich eine Mulde mit dem Ried in 698–700 m Höhe (Koordinaten 707.700/245.850). Das Ried ist im Norden begrenzt von einem künstlichen Teich, im Osten und Süden von gedüngten Mähwiesen und im Westen von einer stillgelegten Eisenbahnlinie, bei welcher ein kanalisiertes Bächlein fliesst. Das Ried bedeckt eine Fläche von ca. 1.2 ha. Es ist ein Flachmoor mit vorwiegend Davallseggen- und Kopfbinsen-Beständen. Am östlichen Rand, wo es etwas trockener ist, herrschen Pfeifengrasbestände vor. Ein kleines Feldgehölz, ein Schilfröhricht und ein bultiges Grosseggenried bilden den südwestlichen Teil. Es sind die feuchtesten Teile des Riedes. Das Ried wurde in den 40er Jahren dieses Jahrhunderts durch eine Melioration auf etwa die Hälfte bis einen Viertel seiner ursprünglichen Fläche verkleinert (Aussagen von Anwohnerinnen und Anwohnern).
Der geologische Untergrund besteht aus Würmmoräne aus dem Killwanger Stadium des Linth/Rhein-Gletschers (HANTKE 1980). Die Geländekammer wird im Norden durch einen Moränenwall begrenzt (HOTTINGER et al. 1970). Der Boden im Ried Hofschür ist ein konkaver, flachgründiger, dauernd bis zur Oberfläche vernässter, anmooriger bis antorfiger Fahlgley. Es ist ein skelettfreier bis skelettarmer Boden aus tonigem Lehm oder Ton (PEYER et al. 1985).
Neuthal liegt in der ziemlich kühlen Klimazone, d.h. in der unteren Ackerbaustufe (Jahresmitteltemperatur 7.5–8 °C, mittlere Sommertemperatur 1–13 °C). Das Klima ist feucht bis sehr feucht (Bauma mittlere Niederschläge: 1471 mm im Jahr, an 166.8 Tagen). Die Vegetationsperiode dauert 180 bis 210 Tage (SCHREIBER et al. 1977).
Im Neuthal wurden sechs Transekte eingemessen, davon zwei mit 15 m Länge und vier mit 20 m Länge. Sie befinden sich an der Ostgrenze des Rieds und beginnen 1 m tief in der Wirtschaftswiese. Sie liegen in der Fallinie gegen das Zentrum des Riedes (vgl. Fig. 3). Wie im Rod wachsen am oberen Transektende kaum Streuwiesenarten. Die östlich angrenzende Wirtschaftswiese wird jährlich zwei- bis dreimal geschnitten und im Herbst mit Kühen beweidet. Der Landwirt bringt einmal im Jahr Mist aus. Auch er ist nicht in der Lage, die Menge

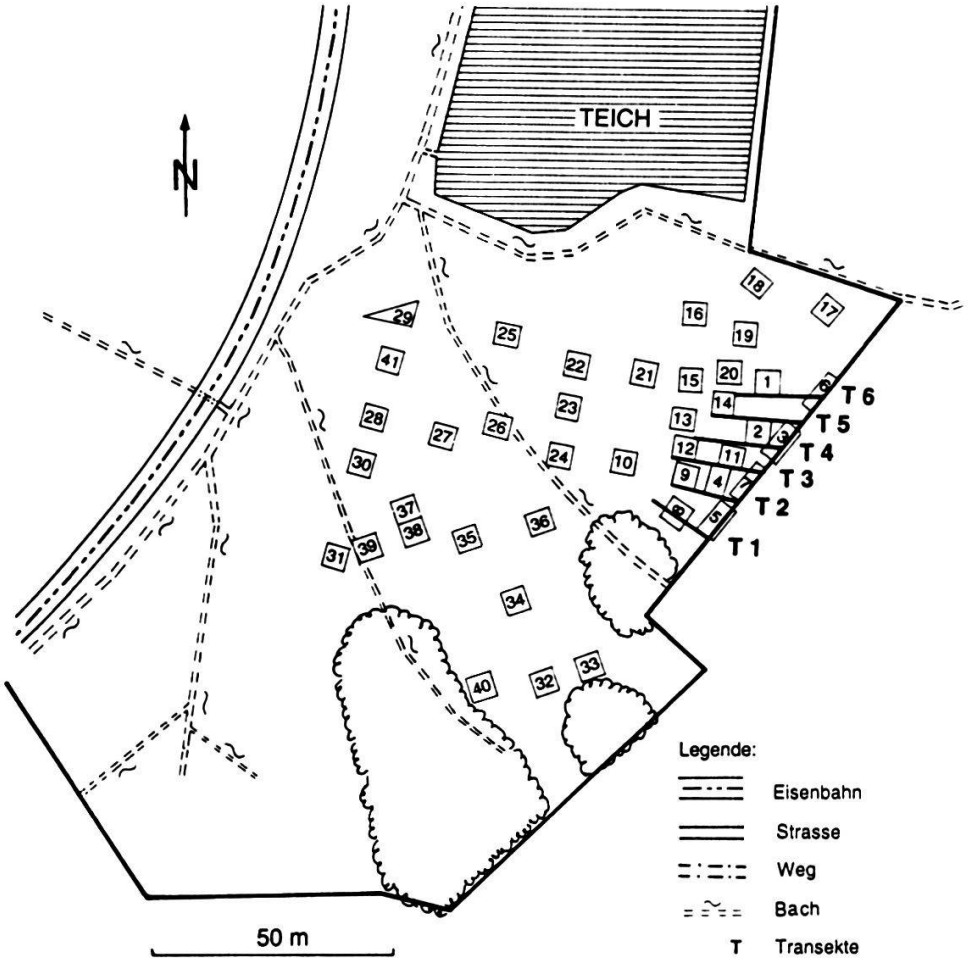


Fig. 3. Neuthal, Ried Hofschür: Lage der Transekte und der Aufnahmen. Im Text des Kapitels 3 und in der Vegetationstabelle der Beilage (Tab. 65) sind die Aufnahmenummern um 200 erhöht, um sie von den anderen Gebieten abzuheben.
Neuthal, Ried Hofschür: positions of the transects and relevés. In the text of chapter 3 and in Table 65 (enclosure) 200 were added to the numbers of relevés to separate them from the relevé numbers of the other sites.

anzugeben. Seit das Ried Hofschür 1991 vom Kanton Zürich mit einer Verordnung unter Schutz gestellt wurde, besteht eine 30 m breite Umgebungsschutzzone auf der Mähwiese. Im Ried ist ein jährlicher Pflegeschnitt frühestens ab dem 1. September vorgeschrieben.

2.1.3. Neuriedtli bei Samstagern, Gemeinde Richterswil

Samstagern befindet sich auf einer Terrasse rund 200 m oberhalb des Zürichsees an der Grenze zu den Voralpen. Das Neuriedtli (Koordinaten 694.800/

227.600) liegt in einer flachen Mulde auf 604–615 m Höhe. Es ist ein Flachmoor mit einer Adlerfarnflur im Süden, einem Hochstaudenried, verschiedenen Pfeifengrasbeständen, Klein- und Grosseggenriedern (HÖHN 1971). Durch den über 1200 m hohen Höhrohnen wird es im Winterhalbjahr schon am Nachmittag beschattet.

Das Neuriedtli ist auf drei Seiten gut gegen einsickernde Nährstoffe abgegrenzt. Im Osten schliesst eine ehemalige Mähwiese an das Neuriedtli an. Sie wird heute nur noch zur Streunutzung einmal im Spätsommer bzw. im Frühherbst geschnitten und nicht mehr gedüngt. Im Süden steigt ein kleiner Würmmoränenwall steil an, der mehrmals jährlich gemäht und beweidet wird. Das Ried ist dort durch eine Adlerfarnflur begrenzt. Im Westen und Nordwesten grenzt ein kleiner, begradigter Quellbach das Ried gegen eine intensiv genutzte Mähwiese ab. Der Bach überschwemmt das Ried nur selten. Ungefähr auf der Kantonsgrenze fliesst ein weiterer begradigter Bach nach Norden, der in der südöstlichen Ecke des Rieds einer Quelle entspringt. Deren Wasser stammt vom höher gelegenen Kulturland. Der Bach ist von einem Hochstaudensaum begrenzt; von Zeit zu Zeit überschwemmt er das Ried. Die beiden Bäche verlassen das Neuriedtli im Norden in einem kleinen Feldgehölz.

Der geologische Untergrund besteht aus flacher Würmmoräne aus dem Zürich-Stadium des Linthgletschers (AEPPLI 1894; HÖHN 1971, HANTKE 1980). Die Moräne ist ausgesprochen lehmig. Nebst den beiden Quellbächen findet sich auch ein Grundwasseraufstoss aus der südlich gelegenen Wallmoräne (HÖHN 1971). Aus Gründen des Arbeitsaufwandes konnte ich den Boden nur im Neuriedtli genauer betrachten. Die Bodenkartierung von CONRADIN (1994, vgl. Fig. 4) von der Forschungsanstalt für Pflanzenbau, Zürich Reckenholz, ergab zehn verschiedene Bodentypen: anthropogene und kolluviale lehmige Braunerden, kolluviale und alluviale Braunerde-Gleye, Buntgleye auf Moräne bzw. kolluviale bis alluviale, z.T. anmoorige Fahlgleye und Moor. Die Terminologie richtet sich nach PEYER und FREY (1992).

Das Neuriedtli liegt im Übergangsbereich zwischen der ziemlich kühlen und der ziemlich milden Klimazone, d.h. zwischen der unteren Ackerbaustufe und der oberen Obst-Ackerbaustufe (mittlere Jahrestemperatur 7.5–8.5 °C, mittlere Sommertemperatur 12–13.5 °C). Die Vegetationsperiode beträgt 190–205 Tage.

Soweit es auf Zürcher Hoheitsgebiet liegt, ist das Neuriedtli seit 1986 mit einer Verordnung geschützt. Sie lässt nur noch die Nutzung als Streuland zu, der Schnitt ist ab dem 1. September vorzunehmen. Eine Umgebungsschutzzone wurde nur in der Nordostecke ausgeschieden. Obwohl der im Kanton Schwyz

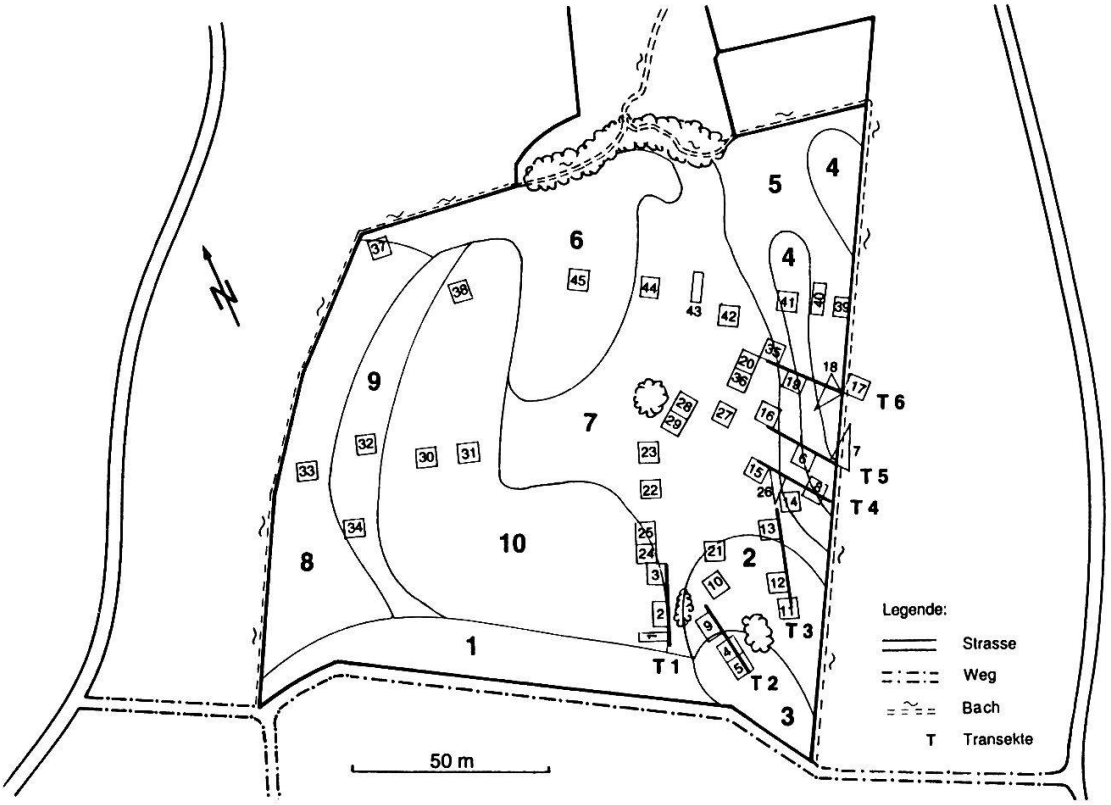


Fig. 4. Neuriedtli, Samstagern: Lage der Transekte und der Aufnahmen. Im Text von Kap. 3 und in Tab. 65 (Beilage) sind die Aufnahmenummern um 300 erhöht, um sie von den anderen Gebieten abzuheben. Die Präzision der Bodenkarte beträgt ca. 5 m. Die Terminologie richtet sich nach PEYER und FREY (1992).
Neuriedtli, Samstagern: positions of the transects and relevés. In the text of chapter 3 and in Table 65 (enclosure) 300 were added to the numbers of relevés to separate them from the relevé numbers of the other sites. The precision of the map is about 5 m.

1 **anthropogene Braunerde** – ***anthropogenic cambisol*** steinhaltig, schluffig-toniger Lehm, mässig tiefgründig, mässig steil (40%)
2 **kolluviale Braunerde** – ***colluvial cambisol***: gleyig und schwach pseudogleyig, skelettarm, schluffig-toniger Lehm, mässig tiefgründig, wenig geneigt, konvex (15%)
3 **kolluvialer Braunerde-Gley** – ***colluvial gleyic cambisol***: kalkfrei, kieshaltig, z.T. über schluffig-tonigem Lehm, ziemlich flachgründig, wenig geneigt, konkav
4 **kolluvial-alluvialer Braunerde-Gley** – ***colluvial-alluvial gleyic cambisol***: vom Bach abgelagert, z.T. über anmoorigem Fahlgley, kalkfrei bis kalkhaltig, kieshaltig, Lehm, ziemlich flachgründig
5 **kolluvial-alluvialer Buntgley** – ***colluvial-alluvial coloured gleysol***: vom Bach abgelagert, z.T. über anmoorigem Fahlgley, kalkarm bis kalkreich, kieshaltig, sandiger bis toniger Lehm, z.T. schluffreich, ziemlich flachgründig, eben
6 **Buntgley** – ***coloured gleysol***: auf Moräne (z.T. anmoorig), grundnass, kalkhaltig bis kalkreich, kieshaltig, schluffiger Lehm, ziemlich flachgründig, eben
7 **Fahlgley** – ***pale gleysol***: stark grundnass, lokal sumpfig, anmoorig, i.a. kalkhaltig bis kalkreich, skeletthaltig, sandig-schluffiger Lehm, flachgründig bis sehr flachgründig
8 **anthropogener Fahlgley** – ***anthropogene pale gleysol***: Auffüllung, stark grundnass, kalkfrei bis kalkhaltig, kieshaltig, im Unterboden Geröll, Lehm bis lehmiger Ton, flachgründig
9 **Fahlgley** – ***pale gleysol***: Torf im Unterboden, sehr stark grundnass, kalkfrei, skelettarm, toniger Lehm, flachgründig
10 **Moor (bis Halbmoor)** – ***peat (to humic gleysol)***: tieftorfig, oberflächlich z.T. wenig zersetzt, sehr stark grundnass bis sumpfig, sauer, sehr flachgründig

liegende Teil formell bis jetzt noch nicht unter Schutz steht, wird er mit Ausnahme eines etwas früheren Schnittermins jedoch in gleicher Weise bewirtschaftet wie der Zürcher Teil. Nach Auskunft der bewirtschaftenden Landwirte gibt die vorgeschriebene späte Mahd Probleme, da die Sonnenscheindauer, bedingt durch die südlich gelegene Bergkette, im September bereits relativ kurz ist. Die geschnittene Streu vermag bei Morgennebel kaum noch zu trocknen.

Im Neuriedtli wurden sechs Transekte eingemessen, fünf mit 20 m Länge, einer mit 25 m Länge. Die nährstoffreichen Enden von drei Transekten liegen im Hochstaudensaum auf der Kantonsgrenze. Bei zwei weiteren Transekten liegt das nährstoffreiche Ende in der südlich gelegenen Adlerfarnflur. Der sechste Transekt im Neuriedtli befindet sich in einem heterogenen Streifen zwischen zwei Pappelgebüschen. Sein oberes Ende liegt in einem *Juncus inflexus*-Bestand, das untere erreicht knapp eine Adlerfarnflur.

2.2. METHODEN

2.2.1. Einrichten der Transekte

Der durch das benachbarte Kulturland verursachte Nährstoffgradient wurde anhand von Transekten untersucht. Dabei lag das eher eutrophe Ende im Intensiv-Kulturland (*Arrhenatheretum*) oder in einem Hochstaudensaum, das eher oligotrophe im Ried (*Molinietum*, *Caricetum davallianae* oder *Primulo-Schoenetum*). Die Länge der Tansekten betrug zwischen 15 und 25 m, je nach der Breite des jeweiligen Übergangs. Die Transekte wurden mit je drei bodeneben eingeschlagenen Eisenrohren markiert, in welche Holzpflöcke eingesetzt wurden. Diese wurden mit einem Draht verbunden. Im Herbst konnten die Pflöcke und Drähte der Mahd wegen entfernt und anschliessend wieder an dieselbe Stelle gesetzt werden. Dieses System erlaubte eine exakte Positionierung der Transekte über längere Zeit.

2.2.2. Vegetationsbeschreibung

Die Aufnahme der Vegetation erfolgte nach der Methode von Braun-Blanquet (Braun-Blanquet 1951, Poore 1955, Dierschke 1994). Entsprechend den Empfehlungen von Müller-Dombois und Ellenberg (1974, S. 45f.) betrugen die Aufnahmeflächen wenn möglich ca. 25 m^2, mindestens aber 20 m^2. Die Auf-

nahmen erfolgten zwischen dem 26. Mai 1992 und dem 28. Juli 1992.
Um der jahreszeitlichen Entwicklung gerecht zu werden, wurde in jedem Gebiet pro Woche ein Tag gearbeitet. Innerhalb eines Gebietes wurden gleichzeitig verschiedene Vegetationstypen erhoben. Die Vegetationsbeschreibung sollte einerseits ein lückenloses Bild der Transekte ergeben, andererseits die Transekte in einen Zusammenhang mit der Gebietsvegetation stellen. Da sich die morphometrische Gradientenanalyse ausschliesslich auf Blütenpflanzen bezieht, wurden die Moose bei den Vegetationsaufnahmen nicht berücksichtigt.
Die Aufnahmen, die nicht auf den Transekten lagen, wurden mit Kompass und Messband von festen Punkten wie Marchsteinen, Bäumen usw., aus angepeilt, aber nicht verpflockt. So war es in der folgenden Saison möglich, die Aufnahmen mit ausreichender Genauigkeit zu wiederholen und in der Vorsaison nicht beachtete frühblühende Arten noch zu erfassen bzw. die Bestimmung einzelner Arten zu verifizieren. Die pflanzensoziologische Tabellenarbeit erfolgte unter Anwendung des von WILDI (1986, 1992) entwickelten Statistikprogramms MULVA-4 mit einer Nachbearbeitung der Tabellen von Hand.
Da sich die vorliegende Arbeit mit Übergängen von Vegetationstypen befasst, wurde bewusst vermieden, "schöne Ausbildungen" der Vegetationseinheiten zu erfassen. Vielmehr sollte die Vegetation zumindest in der Nachbarschaft der eingemessenen Transekte möglichst in allen Facetten und losgelöst von der Vorstellung bestimmter Gesellschaften beschrieben werden. Dass bei der Klassierung der Aufnahmegruppen Widersprüche auftreten, braucht deshalb nicht weiter zu erstaunen. Die Ansprache der Vegetationstypen richtet sich nach den soziologischen Artengruppen gemäss KLÖTZLI (1969) und nach OBERDORFER (1992, 1983). Die Nomenklatur der Gesellschaften folgt KLÖTZLI (1969), die Nomenklatur der Arten HESS et al. (1991).

2.2.3. Bodenkundliche Daten

Im Zusammenhang mit der Reaktion der Pflanzen auf Eutrophierungserscheinungen interessieren vor allem die pflanzenverfügbaren Mengen eines Nährstoffes. Es wurden daher jene Extraktionsmethoden gewählt, deren Resultate den pflanzenverfügbaren Gehalten am nächsten kommen.

2.2.3.1. Entnahme der Bodenproben

Auf jedem Transekt wurden fünf Mischproben aus je drei Einzelproben genommen. Mit der Entnahme von Mischproben sollten grobe Unregelmässigkeiten

im Boden ausgeglichen werden. Zwei Proben stammten von den Enden der Transekte, drei aus dem Übergangsbereich der Vegetation zwischen der Hochstaudenflur und dem ungestörten Kleinseggenried. Die drei Einschläge einer Mischprobe lagen ca. 70 cm voneinander entfernt, in einer Linie senkrecht zum Transekt. Die fünf Mischproben wurden in einem Abstand von mindestens 2 m entnommen. Nach FEDERER et al. (1989) sind Proben von landwirtschaftlichen Böden räumlich unabhängig, wenn sie weiter als 1.2 m voneinander entfernt sind. Bei Abständen von mehr als 0.65 m ist die räumliche Abhängigkeit reduziert.
Die Entnahme erfolgte mit dem 1-Liter- Stechzylinder zwischen dem 27.3. und dem 4.4.1990. In Plastiksäcke verpackt, lagerten die Proben in Kühlboxen, bis sie am nächsten Tag weiterverarbeitet wurden. Zur Zeit der Probennahme lag die Vegetation der Untersuchungsgebiete noch weitgehend in der Winterruhe. Für die Bestimmung der scheinbaren Dichte, des Wassergehaltes und der Nitrat- bzw. Ammoniumgehalte wurde ein Teil der Proben sofort weiterverarbeitet. Der Rest wurde unter Dunkelheit luftgetrocknet, gesiebt (2 mm), die drei Einschläge jeweils zu Mischproben zusammengeführt und bis zur weiteren Verarbeitung aufbewahrt.
Auf den sechzehn Transekten wurden auf diese Weise insgesamt 80 Proben entnommen. Die für den Vergleich mit den morphometrischen und floristischen Daten notwendigen Bodendaten zwischen den Einschlägen wurden durch lineare Interpolation bzw. Extrapolation geschätzt. Dabei entstehende negative Werte wurden gleich Null gesetzt.

2.2.3.2. Analyse der Bodenproben

Bestimmung des Wassergehaltes
Von den drei Einschlägen einer Probennahme wurden gleich grosse Teile zu einer Mischprobe vereinigt. Der nasse Boden wurde gesiebt (4 mm), in Tiegel mit bekanntem Gewicht eingewogen und bei 105 °C während 24 Stunden getrocknet. Anschliessend wurde das Trockengewicht gemessen. Der Wassergehalt in Prozent ist:

$$w = 100 - \frac{\text{Trockengewicht} \times \text{Tiegelgewicht} \times 100}{\text{Feuchtgewicht} - \text{Tiegelgewicht}}$$

Bestimmung des pflanzenverfügbaren Ammonium- und Nitrat-Stickstoffs (NH_4-N und NO_3-N)

Von den drei Einschlägen einer Probe wurden etwa gleich grosse Teile gesiebt (Maschenweite 4 mm), zusammengegeben und gemischt. In Konfitürengläser wurden dreimal 10 g ±0.005 g eingewogen. Zwei Proben wurden bei einer Temperatur von 20 °C und bei Dunkelheit inkubiert. Der Wasserverlust wurde alle 3–4 Tage gemessen und das verdunstete Wasser ersetzt. Die Inkubationen dauerten 14 bzw. 28 Tage. Aus der dritten Probe wurde sofort Nitrat und Ammonium extrahiert: 10 g Frischboden wurde mit 100 ml 2% K_2SO_4-Lösung versetzt, eine Stunde lang horizontal geschüttelt, anschliessend abfiltriert. Die Extrakte lagen bis zur Messung im Tiefkühler. Die Forschungsanstalt für Pflanzenbau, Zürich-Reckenholz, übernahm freundlicherweise die Messungen.

Der Ammonium-Stickstoff- bzw. Nitrat-Stickstoffgehalt des Extraktes wurde nach folgender Formel auf den Gehalt bezüglich der Trockensubstanz des Bodens umgerechnet:

$$a = \frac{b \times 100 \times (100+(100-c) \times 0.01\ d)}{d\ c}$$

a: Stickstoff-Gehalt in ppm Trockensubstanz Boden (mg pro kg)
b: Stickstoff-Konzentration in ppm Lösung (mg pro l Extrakt)
c: Prozentualer Anteil Trockensubstanz am Frischboden
d: Einwaage des Frischbodens

Bestimmung des Orthophosphatgehaltes

Die Bestimmung des Orthophosphatgehaltes erfolgte nach der Methode von Olsen (SCHEFFER und SCHACHTSCHABEL 1982, S. 247): Es wird mit $NaHCO_3$ extrahiert. Ammonium-Molybdat bildet mit dem Extrakt einen blauen Phosphat-Molybdän-Komplex, dessen Konzentration colorimetrisch gemessen wird.

Bestimmung des Gesamtphosphorgehaltes

Die Orthophosphat-Komplexe im Boden unterliegen als Folge von Umkristallisationen einem Alterungsprozess (SCHEFFER und SCHACHTSCHABEL 1982, S. 240 ff.), welcher die Löslichkeit bzw. die Verfügbarkeit vermindert. Deshalb wurden als Vergleich die Gesamtphosphorgehalte bestimmt. Dies geschah nach der Methode von BOHNE et al. (1958): Die luftgetrocknete Erde wird gesiebt, gemörsert und anschliessend mit einer Scheibenschwingmühle gemahlen. Der

Phosphor wird mit konzentrierter Perchlorsäure ($HClO_4$) extrahiert. Anschliessend wird der Extrakt verdünnt, mit einer Molybdat-Vanadat-Mischung angefärbt und die Konzentration colorimetrisch gemessen.

Bestimmung des Kaliumgehaltes
Das Kalium wurde mit der Doppel-Lactat-Methode nach Egner-Riehm (SCHEFFER und SCHACHTSCHABEL 1982, S. 218) extrahiert: Das Kalium wird aus luftgetrockneter, gesiebter (Maschenweite 2 mm) Erde mit angesäuerter Calcium-Lactat-Lösung extrahiert. Dabei wird das Calcium-Lactat mit Salzsäure (HCl) versetzt. Die Messung erfolgt mit einem Flammen-Photospektrometer.

Bestimmung des C-N-Verhältnisses (Gesamtgehalte)
Die Bestimmung erfolgte nach der im Labor des Geobotanischen Institutes üblichen Methode nach MONAR (1965) bzw. EHRENBERGER und GORBACH (1973): Zur Analyse wird der Boden bei 105 °C getrocknet und anschliessend gemörsert. Der Aufschluss geschieht durch Verbrennung. Das Gasgemisch aus CO_2, H_2O und N_2 wird getrennt. Die Bestimmung erfolgt durch die Messung der Wärmeleitfähigkeit (detailliertere Angaben zur Methodik in ANDRES et al. 1987).

2.2.3.3. Auswertung der Bodendaten

Durch die Berechnung der gewichts- und der volumenbezogenen Werte und durch die Inkubationsreihen ergeben sich aus den 7 Substanzen 27 Variablen. Für die weitere Analyse müssen zuerst die Mehrfachbestimmungen eliminiert werden, bzw. aus diesen Variablen sollen die im allgemeinen am besten geeigneten ausgewählt werden. Dabei sollen der Vergleichbarkeit wegen bei allen drei Objekten dieselben Variablen zur weiteren Analyse verbleiben. Die Auswahl erfolgt aufgrund einer Bewertung der Variablen durch eine RANK-Prozedur (ORLOCI 1973) und durch eine Ordination aufgrund einer Hauptkomponentenanalyse.
Der für die floristische Zusammensetzung der Vegetation limitierende Nährstoff wird anhand einer Rangierung nach JANCEY (1979) ermittelt. Die der Rangierung zugrundeliegende Gruppenstruktur ist eine nach Untersuchungsobjekten separierte Minimumvarianz-Clusteranalyse der floristischen Transektaufnahmen. Für jedes Untersuchungsobjekt werden die Transektaufnahmen in sechs Gruppen eingeteilt. Für jeden Bodenfaktor wird der F-Wert berechnet. Er ist der Quotient aus der Varianz zwischen den Gruppen, die durch

den betreffenden Bodenfaktor erklärt wird, und der Varianz innerhalb der Gruppen. Er kann als Mass dafür gelten, wie stark ein Faktor auf die Gruppenstruktur einwirkt. Die F-Werte nehmen keine Rücksicht auf Korrelationen zwischen den zu rangierenden Faktoren.

2.2.4. Gradientenanalyse

2.2.4.1. Floristischer Gradient

Die floristische Erfassung der Gradienten erfolgte mittels Transekten aus kleinen Abschnitten. Zur Bestimmung der optimalen Grösse wurden die Abschnitte zwischen 0.1 m × 0.1 m und 0.5 m × 0.5 m variiert. Abschnitte von 0.5 m Länge und 0.5 m Breite erwiesen sich als am besten geeignet, die fliessenden Übergänge der Vegetation darzustellen. Die Übergänge der Vegetation waren so schmal, dass noch grössere Abschnitte für ihre Beschreibung ausser Betracht fielen. Die erste Erhebung im Sommer 1990 beinhaltete nur Präsenz und Absenz der Arten. In einer zweiten Erhebung im Sommer 1993 wurden die Daten vom ersten Feldsommer der Arbeit vollständig überprüft und zum Zweck einer Zeigerwertanalyse mit den Deckungsgraden ergänzt. Die Auswertung geschah mittels Gruppenzugehörigkeitswerten nach FEOLI und ZUCCARELLO (1986, vgl. Kap. 2.1.5.)

2.2.4.2. Morphometrische Gradienten

Die Erfassung der morphometrischen Gradienten basiert wiederum auf einer Einteilung der Transekte in Abschnitte von 0.5 m. Auf einem 50 cm breiten Streifen wurde die Deckung aller untersuchten Arten erfasst. Die morphometrischen Daten und die Anzahl Pflanzen wurden auf einem 10 cm bzw. 50 cm breiten Streifen erhoben, je nachdem, wie dicht die Pflanzen wuchsen. Keimlinge wurden nicht erfasst. Um die Entwicklung der Arten festhalten zu können, wurden die Datenaufnahmen alle 2 Wochen bis zur einsetzenden Versamung wiederholt. Je nach Art wurden verschiedene Parameter zur Vermessung bzw. zur Zählung ausgewählt. Entsprechend dem Ziel der vorliegenden Arbeit, eine feldtaugliche Methode zur Erkennung von Eutrophierungsvorgängen zu entwickeln, beschränkte ich mich auf gut sichtbare und leicht messbare Merkmale. Tabelle 2 gibt einen Überblick über die bearbeiteten Arten und die erfassten Merkmale. Die Infloreszenzgrössen beziehen sich bei allen Arten auf voll entwickelte Blütenstände. Für die statistische Auswertung wurden jeweils

die zum Zeitpunkt der maximalen Blütenentwicklung erhobenen Daten benutzt. Die untersuchten Arten erfüllen folgende Bedingungen:

1) Sie kommen meistens auf der ganzen Länge der Transekte vor, oder wenigstens sind sie über einen weiten Abschnitt vorhanden. *Phragmites communis* stellt eine Ausnahme dar, da es im Neuriedtli nicht vorkommt. Diese Art vermag durch die Bildung von "Pseudoröhricht" die Pfeifengraswiesen und Kleinseggenrieder unter bestimmten Bedingungen zu überwuchern, und ihre Eindämmung kann sich als recht schwierig erweisen. Deshalb erscheint mir eine genauere Betrachtung trotzdem gerechtfertigt.
2) Es sind Arten mit verschiedenen Zeigerwerten bezüglich der Nährstoffe vertreten.
3) "Warnarten" von EGLOFF (1986, vgl. Tab.1) sind gut vertreten.
4) Die Arten gehören den Poaceen, Cyperaceen und verschiedenen Dicotyledonenfamilien an.

   Bezüglich Nährstoffansprüche lassen sich die Arten in drei Gruppen gliedern:

   a) Arten mit Hauptverbreitung auf nährstoffreichen Böden: Sie kommen kaum auf nährstoffarmen Böden vor. Es sind typische Nährstoffzeiger (Zeigerwert 4). Bearbeitet wurde: *Filipendula ulmaria.*
   b) Arten mit Hauptverbreitung auf mässig nährstoffarmen bis mässig nährstoffreichen Böden: Auf sehr nährstoffarmen oder übermässig gedüngten Böden kommen diese Arten nicht vor (Zeigerwert 3). Bearbeitet wurden: *Holcus lanatus, Phragmites communis, Angelica silvestris, Lysimachia vulgaris, Mentha aquatica.*
   c) Arten mit Hauptverbreitung auf nährstoffarmen Böden: Auf Böden mit guter bis übermässiger Nährstoffversorgung kommen sie im allgemeinen nicht vor oder sind dort nicht konkurrenzfähig. Es handelt sich um typische Magerkeitszeiger (Zeigerwert 2). Bearbeitet wurden: *Molinia coerulea, Carex davalliana, Carex panicea, Carex hostiana, Ranunculus nemorosus, Parnassia palustris, Potentilla erecta, Galium uliginosum, Succisa pratensis.*

Die Nährstoff-Indikatoreigenschaft der ausgewählten Arten wird zweiseitig untersucht: Die erste Auswertung soll prüfen, auf welchen Bodenfaktor die Gesamtmorphometrie der Art am direktesten reagiert. Die zweite Auswertung soll die Frage beantworten, ob ein Merkmal der Art auf die Bodenfaktoren als Ganzes zuverlässig und präzise reagiert.

Soweit metrisch skalierte Merkmale vorliegen, werden die Mittel- und die

Tab. 2. Überblick über die morphometrisch und deskriptiv erfassten Arten und ihre Vitalitätsmerkmale. Von den meisten Parametern wurden Maximal- und Mittelwerte bestimmt (vgl. Kap. 3.4.2.): • = erhoben in 10 cm breiten Transektabschnitten; ◊ = erhoben in 50 cm breiten Transektabschnitten.
Overview over the morphometrically and descriptive redorded species and their vitality parameters. Most of the parameters were recorded as means and maxima (see chapter 3.4.2): • *= recorded in a 10 cm wide strip;* ◊ *= recorded in a 50 cm wide strip.*
Erklärungen / *Explanations*:
1) rote Blattspitzen
2) 5. Blatt unterhalb des Blütenstandes am Haupttrieb
3) nur grösstes Exemplar des 50-cm-Streifens gemessen, im 10-cm-Streifen alle Exemplare gemessen
4) Länge des obersten, voll ausgebreiteten Blattes
5) violette Blattadern und violette Zähnchen der Blätter
6) oberstes Blatt
7) weibliche Ähren
8) rote und schwarze Blattränder; rote, schwarze und helle Flecken auf den Blättern
9) rote Zähnchen der Blätter
10) Anzahl Pflanzen

Merkmal	Deckung	Anzahl Stengel pro Abschnitt	Anzahl blühende Pflanzen pro Abschnitt	Wuchshöhe	Stengeldurchmesser	Zahl der Infloreszenzen	Grösse der Infloreszenzen	Ausbildung von Blütenknospen	Zahl der grundständigen Blätter	Länge der grundständigen Blätter	Fiederung der grundständigen Blätter	Farbmerkmale	Länge des Stengelblattes	Breite des Stengelblattes	Anzahl Blätter in Wirtel od. Rosette	Durchmesser der Wirtel od. Rosetten
Filipendula ulmaria	◊	•	◊	•	•	•	•	•				• [1]	• [2]	• [2]		
Holcus lanatus	◊	•	◊	•			•									
Phragmites communis	◊	•		◊• [3]	◊• [3]		•						◊• [3/4]			
Angelica silvestris	◊	◊		•		•	•	•	•	•	•	• [5]				
Lysimachia vulgaris	◊	◊	◊	◊	◊	◊		◊							◊	
Mentha aquatica	◊	•	◊	•	•	•		•					• [6]			
Molinia coerulea	◊	•		•			•									
Carex davalliana	◊	•		•			• [7]									
Carex panicea	◊	•		•		• [7]										
Carex hostiana	◊	•		•		• [7]										
Ranunculus nemorosus	◊	•	◊	•	•	•	•	•	•	•		• [8]				•
Parnassia palustris	◊	•	◊	•		•		•					•		•	•
Potentilla erecta	◊	•	◊	•		•		•				• [9]				
Galium uliginosum	◊	•	◊	•				◊								•
Succisa pratensis	◊	◊ [10]	◊	•		•		◊							•	•

Maximalwerte mittels indirekter Ordinationen ausgewertet (vgl. Kap. 2.2.5). Da die Werte der Bodenvariablen eine schiefe Verteilung aufweisen, werden sie zu Beginn der Auswertung logarithmiert. Davon ausgenommen ist der Wassergehalt, dessen Werte näherungsweise normal verteilt sind.
Bei der Auswertung der floristischen Daten wurde beobachtet, dass die Zusammenhänge zwischen Boden und Wachstum auf den einzelnen Transektlinien stärker sind als in den Gebieten als Ganzes (vgl. Kap. 6.2). Deshalb werden die Einzelarten ebenfalls transektweise ausgewertet. Es kommt oft vor, dass die interessierende Art nicht auf allen Abschnitten vorkommt und dass sie nur in Form bodenständiger Blätter auftritt. Ausgewertet werden all jene Transektabschnitte, auf denen die interessierende Art vorkommt, unabhängig davon, ob alle Merkmale ausgeprägt sind oder nicht. Die Werte allfällig "fehlender" Merkmale werden als Null angenommen. Da die Arten nicht auf allen Transekten häufig genug vorkommen, ist die Auswertung eingeschränkt. Korrelationen, die auf einem Stichprobenumfang von weniger als fünf Aufnahmen beruhen, sind kaum mehr zu beurteilen (bei $n = 4$: $r_{krit.} = 0.900$ bei $p = 5\%$, einseitig geprüft). Deshalb sind für eine Auswertung der einzelnen Transekte mindestens fünf Abschnitte nötig, auf denen die Art vorkommt. Es kommt vor, dass ein Merkmal auf einzelnen Transekten fehlt oder uniform ausgeprägt ist. Dann wird das betreffende Merkmal nicht ausgewertet. Falls zwei oder mehrere Merkmale eine proportionale Verteilung aufweisen, wird bei der HKA der Vitalitätsparameter nur eines dieser Merkmale berücksichtigt. Dies ist z.B. beim Maximal- und Mittelwert der Fall, wenn auf allen Abschnitten nur ein Exemplar das Merkmal ausbildet, d.h. die Korrelation zwischen diesen Merkmalen $r = 1$ ist.

2.2.5. Statistische Methoden

Zur statistischen Auswertung der floristischen, bodenkundlichen und morphometrischen Daten verwende ich das von WILDI (1994) entwickelte Softwarepacket MULVA-5 sowie das Statistikpaket Statview.
Die traditionelle Methode von Braun-Blanquet verlangt eine homogene Minimalfläche für die Aufnahmen. Bei ihrer Anwendung können deswegen kleinräumige Unterschiede in der Vegetation oft nicht erfasst werden. Eine Lösung dieses Problems bieten die von FEOLI und ZUCCARELLO (1986) entwickelten Gruppenzugehörigkeitsgrade. Das Verfahren beruht auf der Fuzzy set theory. FEOLI und ZUCCARELLO (1986, 1988) schlagen folgendes Vorgehen vor:

1) Ausgangspunkt ist eine Matrix von n Aufnahmen mit m Variablen, z.B. Arten oder Standortsfaktoren. Die n Aufnahmen werden nach einer beliebigen, geeigneten Methode in k Gruppen eingeteilt.
2) Die Mittelwerte jeder der m Variablen werden für jede Klassierungsgruppe berechnet. Dies ergibt eine Matrix von m Zeilen und k Kolonnen.
3) Diese neue Matrix wird transponiert und mit der Ausgangsmatrix multipliziert. Dies ergibt eine dritte Matrix mit k Zeilen und n Kolonnen. Diese k Vektoren können als Ordinationsachsen eingesetzt werden. Dabei entspricht jeder einer Klassierungsgruppe.

Die Werte der dritten Matrix sind ein Mass für die Zugehörigkeit der Aufnahmen zu jeder Gruppe. Mit diesem Verfahren wird es möglich, eine einzelne Aufnahme anteilsmässig verschiedenen Gesellschaften zuzuordnen.
Dieses Verfahren wählte ich zur Beurteilung der floristischen Gradienten. Für jeden Transektabschnitt wird der Gruppenzugehörigkeitsgrad zu den umliegend gefundenen pflanzensoziologischen Einheiten berechnet. Die Referenzgruppen werden durch je 1–4 für die Bestimmung der Vegetationseinheiten benutzten 20–25 m^2 grossen Aufnahmen definiert. Nach Möglichkeit liegen die Referenzflächen in der Nähe des jeweiligen Transektes. Sie sind mehr oder weniger unabhängig von den Transektabschnitten. Bei der Aufschlüsselung der Zugehörigkeiten können scheinbare Widersprüche auftreten. Arten, die in ihrer Gesamtverbreitung im Gebiet nicht speziell auf eine Gesellschaft hinweisen, können dies auf den Transekten durchaus tun, falls die weiteren Gesellschaften, wo diese Art vorkommt, auf dem Transekt nicht vorhanden sind.
Im Idealfall sind die Referenzgruppen voneinander unabhängig. Je ähnlicher sie einander sind, desto grösser wird der Anteil an Überbestimmtheit der Gruppenzugehörigkeiten einer Aufnahme. Beim Vergleich mehrerer pflanzensoziologischer Einheiten wird dies aufgrund der zahlreichen gemeinsamen Arten meistens der Fall sein. In der Darstellung mit Histogrammen kann die Überbestimmtheit durch eine Stauchung auf 100% ausgeglichen werden. Ein Problem entsteht, falls sich zwei Gruppen ähnlicher sind als den restlichen Referenzgruppen. Dann entsteht eine zu ihrer Ähnlichkeit proportionale Überbewertung dieser beiden Gesellschaften.
Das Problem ist mit einem Korrekturfaktor f zu lösen, der bei floristischer Identität zweier Gesellschaften die Zugehörigkeiten zu ihnen halbiert, bei völliger Verschiedenheit zweier Gesellschaften die Zugehörigkeiten zu ihnen unverändert lässt. Dazu kann folgende Formel vorgeschlagen werden:

$$f_a = \frac{n+1-\sum z_i}{n}$$

f_a: Korrekturfaktor für die Zugehörigkeitswerte zur Referenzgruppe a
n: Anzahl Referenzgruppen
z_i: mittlere Zugehörigkeit der Aufnahmen der Referenzgruppe a zur Referenzgruppe i (z_a wird immer nahe bei 1 liegen, aber nicht immer exakt 1 sein)

Ein zweites angewandtes Verfahren beruht ebenfalls auf der Fuzzy set theory. ROBERTS (1986) schlägt eine direkte Ordination vor:

1) Zuerst werden die fuzzy sets der Aufnahmen (d.h. die Gruppenzugehörigkeiten) für hohe (A) und niedere (B) Werte eines bestimmten Standortfaktors berechnet. Fuzzy set heisst in diesem Fall, dass die Werte des Standortfaktors auf Werte zwischen 0 und 1 transformiert werden.
2) Anschliessend wird, basierend auf einer beliebigen floristischen Ähnlichkeitsmatrix, das Fuzzy set jener Aufnahmen (C) berechnet, welche eine hohe Ähnlichkeit mit dem Fuzzy set (A) für die hohen Werte des Standortfaktors haben. Entsprechend wird ein Set (D) für hohe Ähnlichkeiten mit dem Set (B) für niedrige Werte berechnet. Es ist dabei möglich, dass eine bestimmte Aufnahme für beide Sets hohe Zugehörigkeiten aufweist, z.B. ein Bestand mit Trockenheits- **und** Feuchtezeigern.
3) Anschliessend wird mit der anticommutativen*) Differenz der Sets (C) und (D) ein Fuzzy set (E) berechnet. Dieses set bestimmt die Aufnahmen, die dem set (A) mit hohen Werten des Standortfaktors ähnlich sind und gleichzeitig dem Set (B) mit niedrigen Werten des Standortfaktors unähnlich sind. Die Werte von Set (E) werden auf Werte zwischen 0 und 1 relativiert.
4) Die sets (A) und (E) können nun als Achsen für die Ordination der Aufnahmen verwendet werden. Der Korrelationskoeffizient zwischen diesen sets kann als Mass für die Übereinstimmung von Standortfaktor und Floristik gelten. Die zugrundeliegenden Formeln finden sich in ROBERTS (1986).

Hier wurde die direkte Ordination nach ROBERTS zur Beschreibung der Zusammenhänge einzelner floristischer Parameter (entspricht statistisch einem Standortfaktor) mit der Gesamtheit der Bodenfaktoren (entspricht statistisch den flo-

*) ROBERTS (1986) erklärt den Begriff nicht. Commutativ in der Mathematik bedeutet austauschbar, ungerichtet (z. B. die Distanz AB ist gleich der Distanz BA). Anticommutativ heisst somit gerichtet, d.h. $C–D \neq D–C$.

ristischen Aufnahmen) verwendet. Nach Auskunft des Programmautors WILDI (mündl.) braucht die Ordination nach Roberts für eine verlässliche Aussage einen Stichprobenumfang von mindestens 12, besser 20 Aufnahmen. Dies schränkt die Einzeltransektauswertung für bestimmte Morphometriedaten ein. Ein Nachteil der beiden beschriebenen Verfahren ist, dass kein Signifikanzniveau geschätzt werden kann

Die Auswirkung der Bodenparameter auf die Vegetation wird mittels einer indirekten Ordination, d.h. anhand von Korrelationen der floristischen Transektdaten mit der Gesamt-Bodenmatrix, dargestellt. Als floristische Daten werden dazu die Nährstoffzeigerwerte und die Gruppenzugehörigkeiten nach FEOLI und ZUCCARELLO (1988) verwendet (vgl. Abb. 9–11). Die Bodenmatrix wird durch die 1. Achse der Hauptkomponentenanalyse der Bodenfaktoren dargestellt. Da die Achsen der HKA nicht immer in dieselbe Richtung weisen wie die Laufmeter der Transekte, werden die Vorzeichen der Korrelationskoeffizienten nicht berücksichtigt. Die Korrelationen werden für jeden Transekt einzeln berechnet. Ein mittlerer Korrelationskoeffizient für mehrere Transekte wird nach folgender Formel berechnet:

$$r_m = \sqrt{(\Sigma r_i^2) / n}$$

wobei r_i der Korrelationskoeffizient für die einzelnen Transekte ist und n die Anzahl ausgewerteter Transekte. Kritische Werte dazu können nicht angegeben werden. Als Hinweis auf die Zuverlässigkeit des Koeffizienten werden statt dessen die Anzahl signifikanter Korrelationen auf den Einzeltransekten angegeben sowie die Streuung der Werte. Zum Vergleich steht die Berechnung über alle Transekte, auf denen die entsprechenden Parameter überhaupt vorkommen.

3. RESULTATE

3.1. VEGETATION

3.1.1. Übergänge zu den Heuwiesen / Hochstaudenfluren

Die Hochstaudenfluren im Neuthal in Bäretswil (Tab. 65 in der Beilage, Aufnahmen 203, 205, 206, 207) und im Neuriedtli in Samstagern (Tab. 65, siehe Beilage, Aufnahmen 301, 306, 308, 317, 319, 337, 339) lassen sich dem *Valeriano-Filipenduletum* zuordnen. Aspektbestimmend ist in beiden Fällen *Filipendula ulmaria*, im Neuthal zusammen mit *Helictotrichon pubescens* und *Rhinanthus alectorolophus*, im Neuriedtli zusammen mit *Holcus lanatus*. *Angelica silvestris* und *Cirsium oleraceum* weisen hohe Stetigkeiten auf, bestimmen den Aspekt jedoch nicht. Die durch MAYER (1939, zit. in KLÖTZLI 1969) vorgenommene Abgrenzung des *Filipenduletum* zum *Molinietum* aufgrund des Vorkommens von *Primula elatior*, *Arrhenatherum elatius* und des Fehlens von *Briza media*, *Chrysanthemum leucanthemum*, *Centaurea jacea*, *Potentilla erecta* und *Ranunculus nemorosus* im *Filipenduletum* deckt sich fast vollständig mit den Beobachtungen im Spierstaudenried im Neuthal und im Neuriedtli.
Das hochstete Auftreten trockenheitsertragender Arten (*Cerastium caespitosum*, *Arrhenatherum elatius*, *Trisetum flavescens*, *Helicotrichon pubescens*, *Trifolium pratense*, *Colchicum autumnale* und *Dactylis glomerata*) lässt bei den Hochstaudenfluren im Neuthal eine gewisse Ähnlichkeit zur trockenen Variante des *Valeriano-Filipenduletum* erkennen. Demgegenüber weist das *Filipenduletum* im Neuriedtli etwas mehr Nässezeiger auf wie *Ranunculus aconitifolius*, *Carex acutiformis*, *Caltha palustris* und *Lythrum salicaria*. Unter den Nässezeigern ist das vollständige Fehlen von *Phragmites communis* im Neuriedtli erwähnenswert. Seine Stelle wird von *Typhoides arundinacea* eingenommen, welches am Bachufer ausserhalb der Vegetationsaufnahmen stellenweise mit Wuchshöhen von über 2 m nahezu bestandsbildend wird. Die Hochstaudenfluren im Neuriedtli fallen weitgehend zusammen mit der Ausdehnung des kolluvial-alluvialen Braunerdegleys. Eine Aufnahme liegt auf anthropogenem Fahlgley (vgl. Fig. 4).
In beiden Objekten finden sich nebst den erwähnten trockenheitsertragenden Arten Vertreter der intensiv genutzten Wiesen wie *Cynosurus cristatus*, *Phleum pratense*, *Anthoxanthum odoratum*, *Holcus lanatus*, *Festuca rubra*,

Galium album , *Vicia cracca* und *Rumex acetosa*. Im Neuthal kommen noch *Taracaxum officinale, Veronica chamaedrys, Lolium perenne, Glechoma hederaceum* und *Plantago lanceolata* hinzu. Im Neuthal nimmt der Übergang von der Futter- zur Streuwiese so wenig Raum in Anspruch, dass zur Erfassung der Hochstaudenflur Aufnahmeflächen mit einer Breite von 8 m und einer Tiefe von 3 m gewählt werden mussten. Ihre äusseren Ränder fallen mit der Bewirtschaftungsgrenze zusammen. Ihre inneren Ränder kommen bereits in die Übergänge zu den Pfeifengraswiesen zu liegen.
Im Rod fehlt die Ausbildung einer eigentlichen Hochstaudenflur.

3.1.2. Pfeifengraswiesen

In den Untersuchungsgebieten existieren drei Formen von Pfeifengraswiesen, z.T. mit Übergangsformen.
Die Aufnahmen vom Neuriedtli, die am Rand an weniger vernässten Stellen liegen, dürften am ehesten der *Filipendula*-Variante des *Saturejo-Molinietum (arundinaceae)* zuzuordnen sein (vgl. Tab. 65 in der Beilage, Aufn. 307, 310, 311, 312, 314, 316, 318, 335, 340, 341). Dazu gehören auch die Adlerfarnbestände am südlichen Abhang. Im Schatten des Adlerfarns finden sich Arten, die sonst eher in Wäldern vorkommen, z.B. *Polygonatum multiflorum* oder *Phyteuma spicatum*. Die Klassierung dieser Bestände bedarf einer Anmerkung: *Molinia* wird als *Molinia coerulea* angesprochen, wobei diese Ansprache unsicher bleibt. In den Beständen fehlen mit Ausnahme von *Scirpus silvaticus* fast sämtliche Arten, welche nach KLÖTZLI (1969) die Hangausbildungen der Pfeifengraswiesen von den Alluvionenausbildungen unterscheiden. *Satureja vulgaris* wächst im Gebiet nur verstreut. Eine andere Möglichkeit wäre auch die Zuweisung zur *Carex-acutiformis*-Variante des *Stachyo-Molinietum typicum*. Jedoch fehlen mit Ausnahme von *Luzula campestris* fast sämtliche Arten, welche die Alluvionenausbildungen der Pfeifengraswiesen von den Hangausbildungen unterscheiden. Vom *Gentiano-Molinietum* im Neuriedtli lassen sich die obengenannten Bestände durch die Arten-Gruppe 25, welche eher mesische Böden anzeigt, unterscheiden (*Festuca pratensis, Carex pallescens, Potentilla sterilis, Trifolium medium*... vgl. Tab. 65 in der Beilage). Gruppe 26, die auf etwas feuchtere und nährstoffreichere Böden hinweist, vermittelt zum *Valeriano-Filipenduletum* (*Silene flos-cuculi, Cynosurus cristatus, Geranium pratense, Typhoides arundinacea*... vgl. Tab. 65 in der Beilage). Die Aufnahmen 304, 305, 309 und 326 leiten durch das Vorkommen von Gruppe 7 (*Carex*

davalliana, Parnassia palustris, Eriophorum latifolium usw.) und aufgrund der schwach vertretenen Gruppen 25 und 26 zum *Gentiano-Molinietum* über.
Gegenüber dem *Saturejo-Molinietum* ist das *Gentiano-Molinietum caricetosum davallianae* durch das Auftreten von Magerkeitszeigern (Gruppe 6: *Polygala amarella, Orchis traunsteineri, Gentiana pneumonanthe* usw.) bzw. Wechselnässe/Magerkeitszeigern (vgl. Tab. 65 in der Beilage, Gruppe 7) erkenntlich. Es findet sich in allen drei Untersuchungsgebieten. Die Aufnahmen im Rod zeigen durch das Fehlen von Gruppe 18 eine gewisse Ähnlichkeit zum *Caricetum davallianae*. Die trockensten Teile des Rod (Aufnahmen 126, 133, 136, 138) setzen sich durch die Gruppe 23 und einzelne Arten der Gruppen 5 und 22 (vgl. Tab. 65 in der Beilage, u. a. *Festuca ovina*, *Primula veris, Bromus erectus, Ononis repens*) von den übrigen Teilen des *Gentiano-Molinietum caricetosum davallianae* ab und vermitteln bereits zum *Gentiano-Molinietum caricetosum montanae*. Im Rod können die an die Intensivwiese anschliessenden Bestände und zwei Aufnahmen in leichter Kuppenlage dem *Gentiano-Molinietum caricetum montanae* zugewiesen werden. Im Neuthal sind es drei unmittelbar an den Hochstaudensaum anschliessende Aufnahmen. Die Nachbarschaft zu den intensiv genutzten Wiesen zeigt sich floristisch durch das Vorkommen einiger Wiesenarten (vgl. Tab. 65 in der Beilage, Gruppe 20: *Dactylis glomerata, Rumex acetosa, Cardamine pratensis*), Trockenheitszeiger (vgl. Tab. 65 in der Beilage, Gruppen 21 und 22) sowie durch das Fehlen der Wechselnässe anzeigenden Gruppen 6 und 7 (z.B. *Gentiana pneumonanthe, Parnassia palustris* usw.). Im Neuriedtli finden sich keine Aufnahmen, die dieser Einheit zugewiesen werden können.

3.1.3. Kleinseggenrieder

Die Kleinseggenrieder im Rod lassen sich zwei Ausbildungen des *Caricetum davallianae* zuordnen. Die etwas nährstoffärmeren und trockeneren Bestände können der typischen Subassoziation zugeteilt werden. Diese zeichnet sich im Rod durch die Präsenz der Trockenheitszeiger/Magerkeitszeiger *Koeleria pyramidata*, *Festuca ovina* und des Wechselfeuchtezeigers/Magerkeitszeigers *Tofieldia calyculata* (vgl. Tab. 65 in der Beilage, Artengruppe 5) aus. Dem *Caricetum davallianae typicum* können auch die Aufnahmen 328, 329, 344 aus dem Neuriedtli zugeteilt werden.
Die etwas feuchtere und nährstoffreichere Ausprägung der Kleinseggenbestände im Rod können dem *Caricetum davallianae bryetosum* zugeordnet

werden. Die augenfälligste Differenz zum *Caricetum davallianae typicum* sind die Knotenbinsenbestände. Das *Caricetum davallianae bryetosum* weist einige Wechselfeuchtigkeitszeiger auf, welche z.T. auf nährstoffreichere Verhältnisse hinweisen und welche im *Caricetum davallianae typicum* weitgehend fehlen (vgl. Tab. 65 in der Beilage, Gruppen 13–15, z.B. *Angelica silvestris, Cirsium palustre, Crepis paludosa, Lythrum salicaria* sowie *Eupatorium cannabinum*). Im Rod fehlt *Equisetum palustre* in der typischen Subassoziation und kann zur Differenzierung der beiden Ausprägungen verwendet werden. Auf einzelnen Flächen wird *Juncus subnodulosus* so mächtig (vgl. Tab. 65 in der Beilage, Aufnahme 128: Deckung 5, Aufnahmen 119, 132: Deckung 4), dass es einige Arten des *Caricetum davallianae* verdrängt, sogar *Carex davalliana* selbst. Die Frage, ob Flächen ohne *Carex davalliana* dem *Caricetum davallianae* zugeordnet werden können, sei dahingestellt. Eine Abtrennung der verarmten von den anderen Knotenbinsenbeständen ist jedoch nicht zwingend. Als Gruppe lassen sich die Knotenbinsenbestände ohne Schwierigkeiten der von KLÖTZLI (1969) vor dreissig Jahren im selben Gebiet gemachten Aufnahme zuordnen.
Ein Teil der Kleinseggenbestände im Neuriedtli (vgl. Tab. 65 in der Beilage, Aufnahmen 302, 303, 322, 323, 331, 338, 343) kann dem *Caricetum davallianae stachyetosum* zugeteilt werden. Vom *Caricetum davallianae typicum* (Aufnahmen 328, 329, 344) unterscheidet es sich durch die Artengruppen 17 und 18 der frischen bis feuchten Böden, welche eine mässige bis gute Nährstoffversorgung anzeigen: *Primula elatior, Anemone nemorosa, Veratrum lobelianum* und *Scirpus silvaticus.* Weiter unterscheidet es sich durch das Auftreten der namengebenden Art *Betonica (= Stachys) officinalis* und durch die Wechselfeuchte- bzw. Wechselnässezeiger *Juncus articulatus* und *Carex elata* vom *Caricetum davallianae typicum* bzw. *bryetosum.*
Die Aufnahmen 321, 325, 330 und 324 im Neuriedtli lassen sich nur schwer einordnen. Sie stammen von meist recht artenarmen Beständen (13, 15, 16 und 28 Arten), welche von Feuchte- und Nässezeigern dominiert werden. Sie zeichnen sich durch das Vorkommen von *Heleocharis pauciflora, Menyanthes trifoliata* und *Pinguicula vulgaris* sowie durch das Fehlen der meisten Arten der übrigen Davallseggenbestände aus. Diese Ausprägung des Kleinseggenrieds ist der bei KLÖTZLI (1969) beschriebenen *Carex-elata*-Variante des *Caricetum davallianae bryetosum* noch am ähnlichsten, obwohl *Carex elata* fehlt. Eine andere Möglichkeit wäre die Zuweisung zum *Primulo-Schoenetum pinguiculetosum*. Vor allem Aufnahme 330 zeigt in diese Richtung (*Schoenus ferrugineus* hat hier Deckung 4). *Schoenus* fehlt allerdings bei den anderen drei Aufnahmen

der Gruppe.
Die Kleinseggenbestände im Neuthal werden zum grössten Teil dem *Primulo-Schoenetum stachyetosum* zugeordnet. Sie heben sich durch Magerkeitszeiger (vgl. Tab. 65 in der Beilage, Gruppe 4) von allen anderen Beständen der drei Untersuchungsgebiete ab: die trockenheitsertragenden *Thymus pulegioides* und *Scabiosa columbaria*, die Wechselfrische anzeigenden *Aquilegia atrata* und *Phyteuma orbiculare* sowie die Wechselfeuchtezeiger *Pinguicula vulgaris* und *Schoenus ferrugineus*. Die Bestände werden zusätzlich durch die hohen Deckungen von *Festuca ovina* s.l., *Carex hostiana, Carex panicea, Carex davalliana, Molinia coerulea,* vereinzelt auch *Carex pulicaris, Centaurea angustifolia* und *Lotus corniculatus* gekennzeichnet. Die Bestände kommen der bei KLÖTZLI (1969) beschriebenen *Lotus-corniculatus*-Variante recht nahe. Einige verschilfte Flächen (vgl. Tab. 65 in der Beilage, Aufnahmen 201, 216, 217, 218, 219, 223, 233) scheinen etwas nährstoffreicher, was am Aufreten von *Primula elatior, Colchicum autumnale, Cirsium oleraceum* und am Fehlen von *Pinguicula vulgaris* erkennbar ist.
Eine zweite Ausprägung der Kleinseggenrasen im Neuthal kann nicht mit Sicherheit einer in KLÖTZLI (1969) beschriebenen Gesellschaft zugeordnet werden (vgl. Tab. 65 in der Beilage, Aufnahmen 222, 224, 225, 226, 229). Die Mächtigkeit von *Schoenus ferrugineus* lässt eine Verwandtschaft zum *Primulo-Schoenetum* als sicher erscheinen, jedoch fehlen die meisten übrigen Magerkeitszeiger, die für das *Primulo-Schoenetum* im Neuthal typisch sind (Artengruppen 4 und 5). Dafür enthalten sie eine Gruppe von Nässe- bis Wechselfeuchtezeigern, welche eine gewisse Ähnlichkeit zu den Formen des Davallseggenrieds (Artengruppe 14: *Crepis paludosa, Juncus subnodulosus, Lythrum salicaria*) bzw. zum Grossseggenried im Neuthal erkennen lassen (Artengruppe 3: *Menyanthes trifoliata, Carex elata, Carex fusca, Juncus articulatus*). Blutweiderich, Fieberklee und Steife Segge sind Arten, die im allgemeinen in Kopfbinsenriedern auch zu finden sind, in der lokalen Form dieser Gesellschaft im Neuthal jedoch nur mit geringer Stetigkeit auftreten. Man könnte die Bestände also zwischen der *Carex-fusca*-Variante des *Caricetum davallianae caricetosum elatae* und dem *Primulo-Schoenetum* einordnen.

3.1.4. "Landröhrichte"

Im Neuriedtli bildet sich kein eigentliches Landröhricht aus, da *Phragmites communis* fehlt.

Im untersuchten Teil des Rod befindet sich nur an einem Ort ein Röhricht. Es liegt am oberen Rand des Gebietes und ist vom intensiv genutzten Landwirtschaftsland durch ein kleines Feldgehölz getrennt. Es besteht praktisch nur aus Schilf. Eine nennenswerte Deckung weisen nur noch *Poa pratensis* s.l. (2), *Agrostis stolonifera* (1) und *Galium aparine* (1) auf. Die Zuordnung zu einer bestimmten Gesellschaft erübrigt sich.
Die Schilfbestände im Neuthal sind stark vernässt. Sie stehen in einer von einem Wassergraben durchzogenen Mulde. Das Schilf bedeckt nicht den ganzen tiefliegenden Bereich des Gebiets. Nur aus Distanz gewinnt man den Eindruck eines terrestrischen Röhrichtes. Das Schilf erreicht nur an einer einzigen Stelle mehr als die Hälfte der Gesamtdeckung. Der Aspekt wird von zahlreichen Gross-Seggen bestimmt. *Carex elata* und *Carex paradoxa* bilden z.T. Bulte aus. Mit hoher Deckung (3–4) sind auch *Carex gracilis, Carex fusca* und *Carex acutiformis* zu finden. Nach KLÖTZLI (1969) könnte das Röhricht im Neuthal einem *Caricetum elatae typicum* oder einem *Caricetum elatae comaretosum* zugeteilt werden. Die Zuweisung bleibt jedoch unsicher. MARTI (1994) empfiehlt, wegen der ungenügenden ökologischen Differenzierung auf eine soziologische Unterteilung der Grossseggenbestände zu verzichten und sie gesamthaft als *Magnocaricetum* zu bezeichnen.

3.2. BODENKUNDLICHE GRADIENTEN

3.2.1. Allgemeines

In den Gebieten Rod und Neuthal handelt es sich beim Boden aller Transekte um Bunt- oder Fahlgley. Im Neuriedtli liegt ein Teil der Proben auf Braunerde, einer auf Braunerdegley und ein dritter auf Bunt- oder Fahlgley (vgl. Fig. 4).
Die Ordination zeigt für die gewichts- und die volumenbezogenen Werte zwar verschobene, aber in der Form sehr ähnliche Bilder (vgl. Fig. 5). Die volumenbezogenen Werte weisen in der ursprünglichen Korrelationsmatrix meistens mehr Varianz auf als die entsprechenden gewichtsbezogenen Werte (vgl. Tab. 45 im Anhang). Daher werden für die weiteren Analysen nur noch die volumenbezogenen Werte berücksichtigt. Sie sind das Produkt aus der scheinbaren Dichte und den gewichtsbezogenen Werten. Die scheinbare Dichte ist somit in die volumenbezogenen Werte voll integriert und muss für die weitere Analyse nicht mehr beachtet werden.

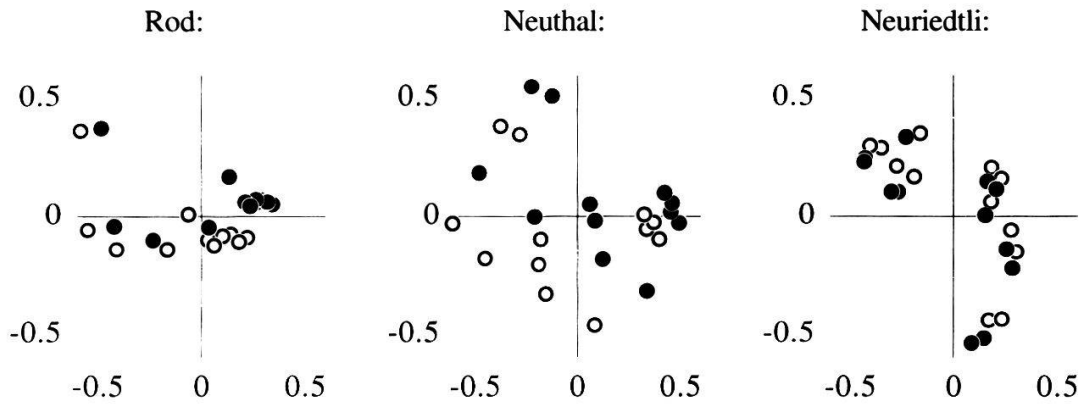


Fig. 5. Ordinationen der Bodenfaktoren (ohne H_2O, Dichte und C/N). Helle Punkte: gewichtsbezogene Werte; schwarze Punkte: volumenbezogene Werte.
Ordinations of soil factors (without H_2O, density and C/N). White points: weight based values; black points: volume based values.

3.2.2. Der Nährstoffversorgungsgrad in den Untersuchungsgebieten

Zum Niveau der Nährstoffversorgung siehe Tab. 3, bzw. Tab. 46–48 im Anhang.

Die Versorgung des Intensiv-Kulturlandes mit mineralisierbarem Stickstoff ist mit 12–30 mg/l etwas geringer als die Werte, welche BOLLER-ELMER (1977) für die Fettwiesen angibt (20–40 mg/l akkumulierten Stickstoff). Aktuell verfügbarer Stickstoff im Intensiv-Kulturland ist mit Gehalten von 3.5–4.5 mg/l sogar bedeutend weniger vorhanden als bei BOLLER-ELMER (1977), welche Werte von 10–20 mg/l für Nitrat und 5–15 mg/l für Ammonium findet. Die in der vorliegenden Arbeit festgestellten Werte liegen leicht über jenen, welche von PETERS (1988) für den A-Horizont von Feuchtwiesen im Frühling (ca. 2 mg/l) gefunden wurden. Vielmehr entsprechen sie seinen Angaben für Quellwald. Die Stickstoffversorgung der am stärksten oligotrophen Teile der Transekte ist mit bis zu durchschnittlich 8 mg/l vergleichbar den Befunden von BOLLER-ELMER (1977), deren Werte sich im Riedinnern zwischen Null und 10 mg/l bewegen. Die aktuellen Ammoniumgehalte im Riedinnern sind höher als am Riedrand, was ebenfalls mit ihren Beobachtungen übereinstimmt.

Die Gesamtphosphorversorgung der Untersuchungsgebiete beläuft sich in den oligotrophen Bereichen der Transekte auf 190 bis 250 mg/l, was von PREISS (1982) und von RUTHSATZ (1990) für *Molinieten* als ausgesprochen phosphor-

Tab. 3. Nährstoffversorgung in den Untersuchungsgebieten: nach Gebieten berechnete mittlere Maximal- und Minimalwerte der Bodenvariablen mit Standardabweichung. Für sämtliche Messwerte vgl. Tab. 46–48 im Anhang.
Nutrient supply of the sites: averages and standard deviations of maxima and meansof the soil varialbes for every site. For the complete data set see appendix, tables 46–48.

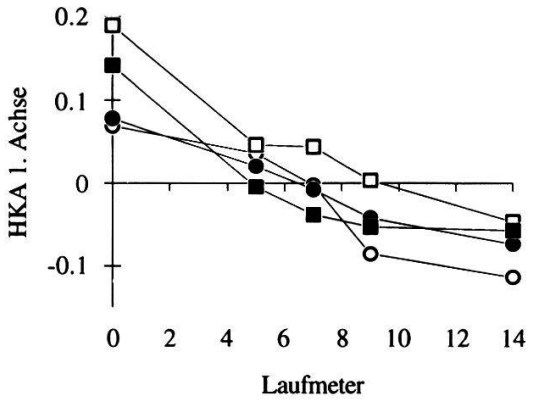
	Wasser-gehalt (Ge-wicht)	NH_4-N aktuell (mg/l)	NO_3-N inkubiert (mg/l)	Gesamt-Phos-phor (g/l)	Ortho-PO_4 (mg/l)	K (mg/l)	C-N-Verhältnis
Rod Minimum	38.0% ±6.9%	1.321 ±0.795	8.209 ±5.381	0.191 ±0.032	0.796 ±0.315	19.362 ±2.442	10.855 ±0.366
Rod Maximum	62.2% ±3.6%	4.446 ±2.534	24.187 ±5.632	0.497 ±0.079	2.125 ±0.290	55.373 ±23.076	17.664 ±4.059
Neuthal Minimum	41.8% ±1.2%	1.109 ±0.561	1.966 ±1.916	0.232 ±0.042	0.531 ±0.098	19.752 ±7.882	10.580 ±0.062
Neuthal Maximum	62.3% ±6.5%	3.542 ±1.732	30.152 ±6.393	0.648 ±0.057	2.120 ±0.457	60.240 ±10.269	12.904 ±0.725
Neuriedtli Minimum	45.9% ±7.9%	1.143 ±0.581	0.946 ±0.832	0.247 ±0.035	0.789 ±0.189	17.414 ±3.413	10.906 ±0.636
Neuriedtli Maximum	73.8% ±7.5%	3.353 ±1.227	12.931 ±10.462	0.418 ±0.077	1.213 ±0.195	46.020 ±22.503	14.683 ±1.053

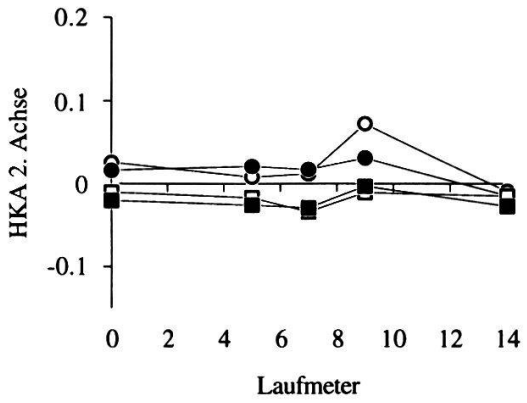
arm bezeichnet wird. Die durchschnittlichen Maximalwerte entsprechen mit 400–650 mg/l den von BRÜNE (1948) angegebenen Werten für das Niedermoor, fallen bei RUTHSATZ (1990) in die Bereiche "normale Werte" (400–500 mg/l) bis "auffallend hohe Werte" (ab ca. 600 mg/l). Die Gehalte an pflanzenverfügbarem Phosphat reichen von ca. 0.5–2.1 mg/l, was 0.84–5 ppm Trockensubstanz (TS) bzw. 0.2–0.4% des Gesamtphosphors entspricht. PREISS (1982) gibt als pflanzenverfügbaren Phosphor 3–10% des Gesamtphosphors an. ANDRES et al. (1987) nennen für das oligotrophe Flachmoor P_2O_5-Gehalte von 1–7 ppm TS. RUTHSATZ (1990) weist mit Ammonium-Lactat-Essigsäure extrahierte minimale Phosphatgehalte von 6–12 mg/l aus. Aufgrund der abweichenden Methodik in der vorliegenden Arbeit (Bikarbonatextraktion nach Olsen) ist ein direkter Vergleich schwierig.
Die mittleren minimalen K-Gehalte bewegen sich mit 17–19 mg/l leicht unter den von PREISS (1982) für *Primulo-Schoeneten* (34–35 mg/l) und *Gentiano-Molinieten* (27–37 mg/l) angegebenen Werten. RUTHSATZ (1990) nennt für Regenerationsflächen auf Niedermooren Werte von 20–30 mg/l "auffallend niedrig" und Werte über 60 mg/l "auffallend hoch". Mit 46–60 mg/l dürften sich die mittleren Maximalwerte der Transekte in der vorliegenden Arbeit im

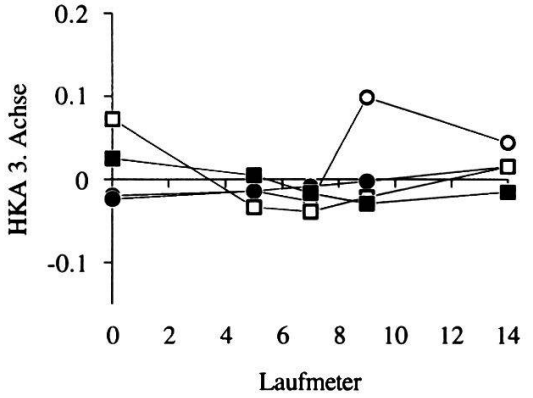
Bereich "normaler" Werte befinden. Im Vergleich mit durchschnittlich gedüngten, landwirtschaftlich genutzten Böden in der Schweiz sind auch die maximalen K-Gehalte auffallend tief: KESSLER (1994) nennt Vorräte von 30'000 bis 60'000 kg K_2O pro Hektare in den obersten 20 cm des Bodens. Nach Angabe von PREISS (1982), dass davon ca. 2–10% pflanzenverfügbar seien, ergibt dies einen K-Gehalt von mindestens 240 mg/l, d.h. einen um 4–5 mal grösseren als die maximalen Gehalte in den Untersuchungsgebieten.
Das C-N-Verhältnis weist mit Werten zwischen 10 und 18 nur geringe Unterschiede zwischen den eher eutrophen und den eher oligotrophen Teilen der Transekte auf. Sie entsprechen den von PREISS (1982) gefundenen Werten für Flachmoorbiotope in Süddeutschland. Nach der Bewertung von KLÖTZLI (1987) sind Sümpfe mit Werten kleiner als 20 als eutroph einzustufen. RUTHSATZ (1990) bezeichnet für Regenerationsflächen auf Niedermooren Werte kleiner als 17 als "auffallend hoch" und Werte grösser als 22 als "auffallend niedrig". Die C-N-Verhältnisse in den untersuchten Gebieten liegen in einem Bereich, welcher für den mikrobiellen Abbau noch günstig ist (vgl. SCHEFFER und SCHACHTSCHABEL 1982, S. 229).

3.2.3. Bodenverhältnisse im Rod

Die Nährstoffgehalte auf den Transekten im Rod nehmen mit zunehmender Entfernung vom Wirtschaftsland fast linear ab (vgl. Fig. 6). Die 1. Achse der Hauptkomponentenanalyse bildet 68.9% der Gesamtvarianz ab und steht für Gesamt-P, Wassergehalt, Ortho-PO_4 und NO_3-N. Alle Faktoren der 1. Achse weisen eine sehr ähnliche räumliche Verteilung auf und korrelieren gut miteinander: Die Korrelation des Gesamt-P mit dem Wassergehalt beträgt $r = 0.934$, jene mit NO_3-N: $r = 0.886$ und jene mit Ortho-PO_4: $r = 0.874$.
Die 2. Achse bildet noch 15.0% der Gesamtvarianz ab und steht für das C-N-Verhältnis. Es zeigt bei Laufmeter 9 auf allen vier Transekten einen Maximalwert, über die gesamten Transektlängen aber keine eindeutige Tendenz. Das C-N-Verhältnis korreliert mit keiner der restlichen Variablen. Die beste Korrelation besteht mit dem Wassergehalt ($r = -0.108$).
Die übrigen Bodenfaktoren NH_4-N und K zeigen auf den 4 Transekten unterschiedliche Verläufe (vgl. Fig. 6, dritte Achse). Die beiden Faktoren sind kaum miteinander korreliert ($r = -0.392$). NH_4-N korreliert am besten mit Ortho-PO_4 ($r = 0.761$), K am besten mit dem Gesamt-P ($r = 0.799$).
Wie die Rangierung der Variablen nach ihrem Anteil an der Varianz zeigt







	Achse 1	Achse 2	Achse 3
Varianz	68.9%	15.0%	9.0%
Wassergehalt	**-0.441**	-0.044	-0.107
NH_4-N	-0.353	0.232	**0.619**
NO_3-N	**0.409**	-0.005	-0.213
Gesamt-P	**0.443**	0.133	0.056
Ortho-PO4	**0.433**	-0.091	-0.042
K	0.359	0.024	**0.722**
C/N	0.038	**0.958**	-0.185

Fig. 6. Nährstoffgradient im Rod: Faktorenwerte der Bodenproben der Transekten auf der 1., 2. und 3. Achse der Hauptkomponentenanalyse der Bodenvariablen, aufgetragen gegen den Abstand zum Wirtschaftsland. Die Faktorenladungen stehen rechts in der Tabelle.
Nutrient gradient in Rod: soil sample scores of the transects on the 1st, 2nd and 3rd axis of the principle component analyses. The Fator loadings are in the table beside.

-o- Transekt 1 -●- Transekt 2 -□- Transekt 3 -■- Transekt 4

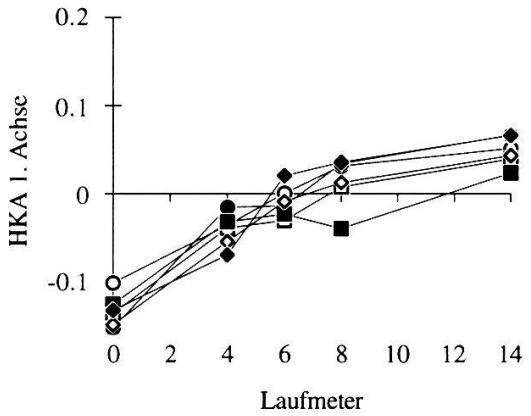
Tab. 4. Rod: Rangierung der Bodenfaktoren nach erklärter, unabhängiger Varianz. Die Rangierung erfolgt nach der RANK-Prozedur (ORLOCI 1973). Die Grenze der erklärten Gesamtvarianz beträgt 95%. nr = nicht rangiert.
Rod: ranking of the soil factors according to explained, independent variance. Ranking follows the RANK-procedure (ORLOCI 1973). The limit of explained total variance is 95%. nr = not ranked.

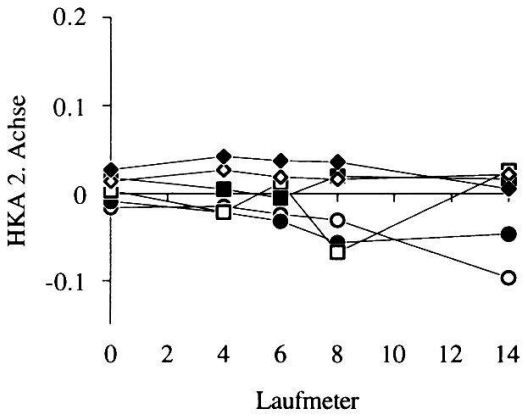
Bodenfaktor	Rang	relative Varianz	kumulative Varianz
Wassergehalt	nr	–	–
NH_4-N	3	8.2%	89.3%
NO_3-N	nr	–	–
Gesamt-P	1	65.6%	65.6%
Ortho-PO_4	5	3.5%	97.6%
K	4	4.9%	94.2%
C/N	2	15.4%	81.0%

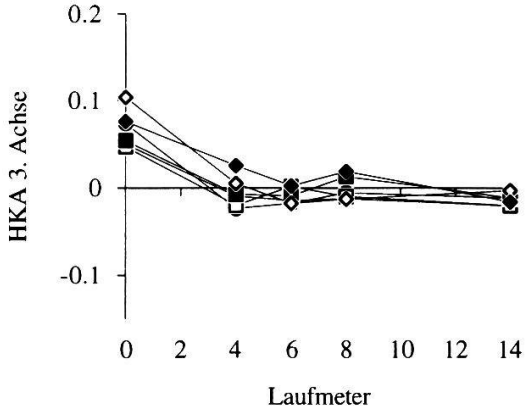
(Tab. 4), ist der Bodengradient im Rod in erster Linie ein Gradient des Gesamtphosphors. Die übrigen Faktoren der 1. Achse der HKA weisen nur noch wenig unabhängige Varianz auf. Zu den einzelnen Messwerten der Bodenfaktoren im Rod siehe Tab. 46 im Anhang.

3.2.4. Bodenverhältnisse im Neuthal

Auch im Neuthal nehmen die Nährstoffgehalte als Ganzes auf den Transekten fast linear mit der Entfernung vom Intensivgrünland ab (vgl. Fig. 7). Die 1. Achse der Hauptkomponentenanalyse bildet 66.5% der Gesamtvarianz der Bodenmatrix ab und steht für Gesamt-P, NO_3-N, K und den Wassergehalt. Die







	Achse 1	Achse 2	Achse 3
Varianz	66.5%	14.7%	11.9%
Wassergehalt	**0.409**	0.238	0.303
NH_4-N	0.163	**-0.903**	-0.109
NO_3-N	**-0.438**	0.034	0.032
Gesamt-P	**-0.449**	-0.038	0.061
Ortho-PO4	-0.371	0.028	**0.606**
K	**-0.415**	-0.291	0.160
C/N	0.321	-0.198	**0.706**

Fig. 7. Nährstoffgradient im Neuthal: Faktorenwerte der Bodenproben der Transekten auf der 1., 2. und 3. Achse der Hauptkomponentenanalyse der Bodenvariablen, aufgetragen gegen den Abstand zum Wirtschaftsland. Die Faktorenladungen stehen rechts in der Tabelle.
Nutrient gradient in Neuthal: soil sample scores of the transects on the 1st, 2nd and 3rd axis of the principle component analyses. The Fator loadings are in the table beside.

-o- Transekt 1 -●- Transekt 2 -□- Transekt 3 -■- Transekt 4 -◇- Transekt 5 -◆- Transekt 6

Tab. 5. Neuthal: Rangierung der Bodenfaktoren nach erklärter, unabhängiger Varianz. Die Rangierung erfolgt nach der RANK-Prozedur (ORLOCI 1973). Die Grenze der erklärten Gesamtvarianz beträgt 95%. nr = nicht rangiert.
Neuthal: ranking of the soil factors according to explained, independent variance. Ranking follows the RANK-procedure (ORLOCI 1973). The limit of explained total variance is 95%. nr = not ranked.

Bodenfaktor	Rang	relative Varianz	kumulative Varianz
Wassergehalt	nr	–	–
NH_4-N	2	14.4%	77.0%
NO_3-N	nr	–	–
Gesamt-P	1	62.7%	62.7%
Ortho-PO_4	5	3.5%	96.7%
K	4	5.2%	93.1%
C/N	3	11.0%	88.0%

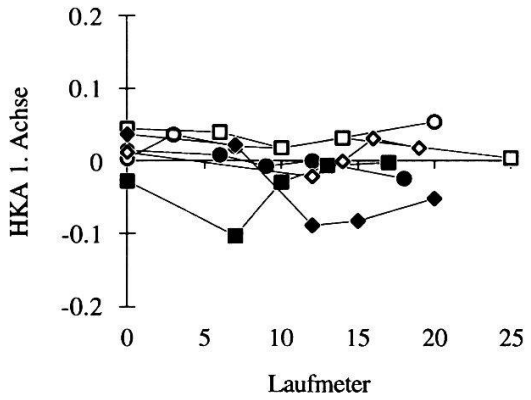
Rangierung der Bodenfaktoren nach ihrem Anteil an der Varianz der gesamten Bodenmatrix zeigt, dass auch im Neuthal der Nährstoffgradient in erster Linie ein Gesamtphosphorgradient ist (vgl. Tab. 5). Er alleine macht über 62% der Gesamtvarianz aus. Mit dem Gesamt-P sehr eng korreliert ist das Nitrat (r = 0.938). Der K-Gehalt (r = 0.84) und der Wassergehalt (r = –0.831) sind mit dem Gesamt-P ebenfalls gut korreliert, weisen aber nur noch wenig unabhängige Varianz auf.
Die 2. Achse der Hauptkomponentenanalyse repräsentiert NH_4-N. Als Faktor mit der zweitgrössten unabhängigen Varianz korreliert er mit keinem der anderen Faktoren. Die grösste Korrelation besteht mit Nitrat (r = –0.342). Das C-N-Verhältnis als drittrangierter Bodenfaktor korreliert mässig stark mit dem Wassergehalt (r = 0.684) und mit dem Gesamt-P (r = – 0.681). NH_4-N weist eine zu den übrigen Faktoren eher gegenläufige Tendenz auf, zeigt aber auf den verschiedenen Transekten kein so geschlossenes Bild wie die Faktoren der 1. Achse.
Die dritte Achse der Hauptkomponentenanalyse steht in erster Linie für das C-N-Verhältnis. Ortho-PO_4, welches ebenfalls eine starke Faktorladung aufweist, trägt nur noch wenig zur Varianz dieser Achse bei. Das C-N-Verhältnis als drittrangierter Bodenfaktor korreliert mässig stark mit dem Wassergehalt (r = 0.684), mit NO_3 (r = –0.621) und mit dem Gesamt-P (r = 0.618). Mit Ortho-PO_4 korreliert das C-N-Verhältnis nur schwach (r = –0.253). Die Faktoren der 3. Achse weisen einen ähnlichen Verlauf auf wie jene der 1. Achse (zu beachten sind die umgekehrten Vorzeichen der Faktorladungen).
Zu den einzelnen Messwerten der Bodenfaktoren im Neuthal vgl. Tab. 47 im Anhang.

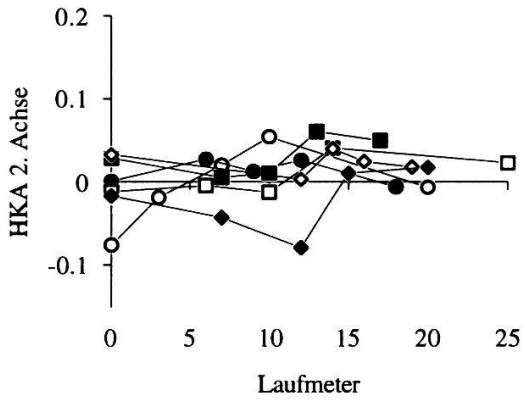
3.2.5. Bodenverhältnisse im Neuriedtli

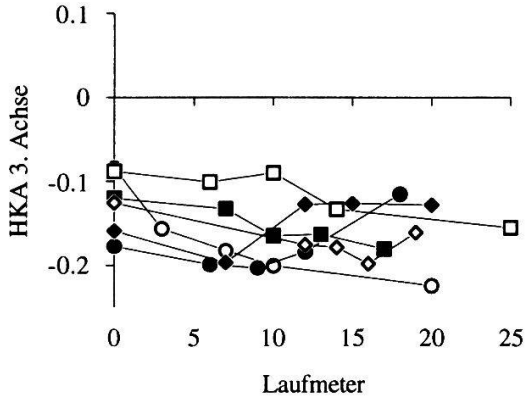
Die Nährstoffverhältnisse im Neuriedtli zeigen kein so einfaches Bild wie in den anderen beiden Gebieten. Bei der Rangierung nach der erklärten Varianz fällt auf, dass keine deutliche Dominanz eines einzelnen Bodenfaktors auftritt (vgl. Tab. 6). Wie im Rod und im Neuthal rangiert der Gesamtphosphorgehalt an erster Stelle, aber mit vergleichsweise wenig erklärter Varianz. Diese erreicht nur 27.5% im Vergleich zu mehr als 62% im Rod oder Neuthal. Der Gesamt-Phosphor weist als einziger Faktor einen grösseren Unterschied zu den anderen Faktoren bezüglich der durch ihn erklärten Varianz auf. Die Rangierung der übrigen Faktoren ergibt lediglich Differenzen von maximal 3.4% der erklärten Varianz. Somit ist eine weitere Gewichtung der Variablen nicht eindeutig möglich.
Auch die Hauptkomponentenanalyse ergibt kein so klares Bild, wie dies bei den beiden andern Untersuchungsobjekten der Fall ist (Fig. 8). Die starke Verteilung der Varianz im Falle des Neuriedtli ist Ausdruck von allgemein schwächeren Korrelationen zwischen den Bodenparametern (vgl. Tab. 49 im Anhang). Die stärkste Korrelation weist das Nitrat mit dem Gesamtphosphor (r = 0.635) bzw. mit dem Orthophosphat auf (r=0.492). Ebenfalls mässig starke Korrelationen zeigt der Gesamtphosphor mit dem Orthophosphat (r = 0.48) bzw. mit dem C-N-Verhältnis (r = –0.45). Die 1. Achse der Hauptkomponentenanalyse steht für diese vier genannten Faktoren. Die 2. Achse bildet NH_4-N und K ab. Diese beiden Faktoren sind ebenfalls mässig stark miteinander korreliert (r = 0.439). Der deutlichste Trend ist beim Wassergehalt zu beobachten (vgl.

Tab. 6. Neuriedtli: Rangierung der Bodenfaktoren nach erklärter, unabhängiger Varianz. Die Rangierung erfolgt nach der RANK-Prozedur (ORLOCI 1973). Die Grenze der erklärten Gesamtvarianz beträgt 95%. nr = nicht rangiert.
Neuriedtli: ranking of the soil factors according to explained, independent variance. Ranking follows the RANK-procedure (ORLOCI 1973). The limit of explained total variance is 95%. nr = not ranked.

Bodenfaktor	Rang	relative Varianz	kumulative Varianz
Wassergehalt	3	14.3%	59.5%
NH_4-N	2	17.7%	45.2%
NO_3-N	7	7.6%	100.0%
Gesamt-P	1	27.5%	27.5%
Ortho-PO4	6	9.7%	92.4%
K	5	11.3%	82.7%
C/N	4	12.0%	71.4%







	Achse 1	Achse 2	Achse 3
Varianz	34.1%	21.3%	14.3%
Wassergehalt	-0.005	0.047	**-0.992**
NH_4-N	0.178	**-0.694**	-0.019
NO_3-N	**-0.509**	-0.101	0.064
Gesamt-P	**-0.567**	0.051	0.036
Ortho-PO4	**-0.460**	-0.287	-0.035
K	0.030	**-0.648**	-0.046
C/N	**0.420**	-0.028	0.088

Fig. 8. Nährstoffgradient im Neuriedtli: Faktorenwerte der Bodenproben der Transekten auf der 1., 2. und 3. Achse der Hauptkomponentenanalyse der Bodenvariablen, aufgetragen gegen den Abstand zum Wirtschaftsland. Die Faktorenladungen stehen rechts in der Tabelle.
Nutrient gradient in Neuriedtli: soil sample scores of the transects on the 1st, 2nd and 3rd axis of the principle component analyses. The factor loadings are in the table beside.

-o- Transekt 1 -●- Transekt 2 -□- Transekt 3 -■- Transekt 4 -◇- Transekt 5 -◆- Transekt 6

Fig. 7, dritte Achse): Vier der sechs Transekte weisen zum Riedinnern hin eine zunehmende Vernässung auf, zwei eher eine leichte Austrocknung. Die Vernässung bleibt bei allen sechs Transekten mit mindestens 48% Wassergehalt hoch. Die Unregelmässigkeit der Achsenwerte der HKA auf den Transekten könnte auf die unterschiedlichen Bodentypen zurückzuführen sein. Der Vergleich der einzelnen Transekte untereinander in bezug auf die Bodentypen kann einen Hinweis darauf geben (Fig. 9): Transekt 1 liegt auf Fahlgley, der im Riedinnern stärker vermoort ist als gegen den Rand. Transekt 2 beginnt auf kolluvialem Braunerdegley und wechselt ungefähr bei Laufmeter 12 auf kolluviale Braunerde. Transekt 3 verläuft bis ca. Laufmeter 16 auf kolluvialer Braunerde, dann

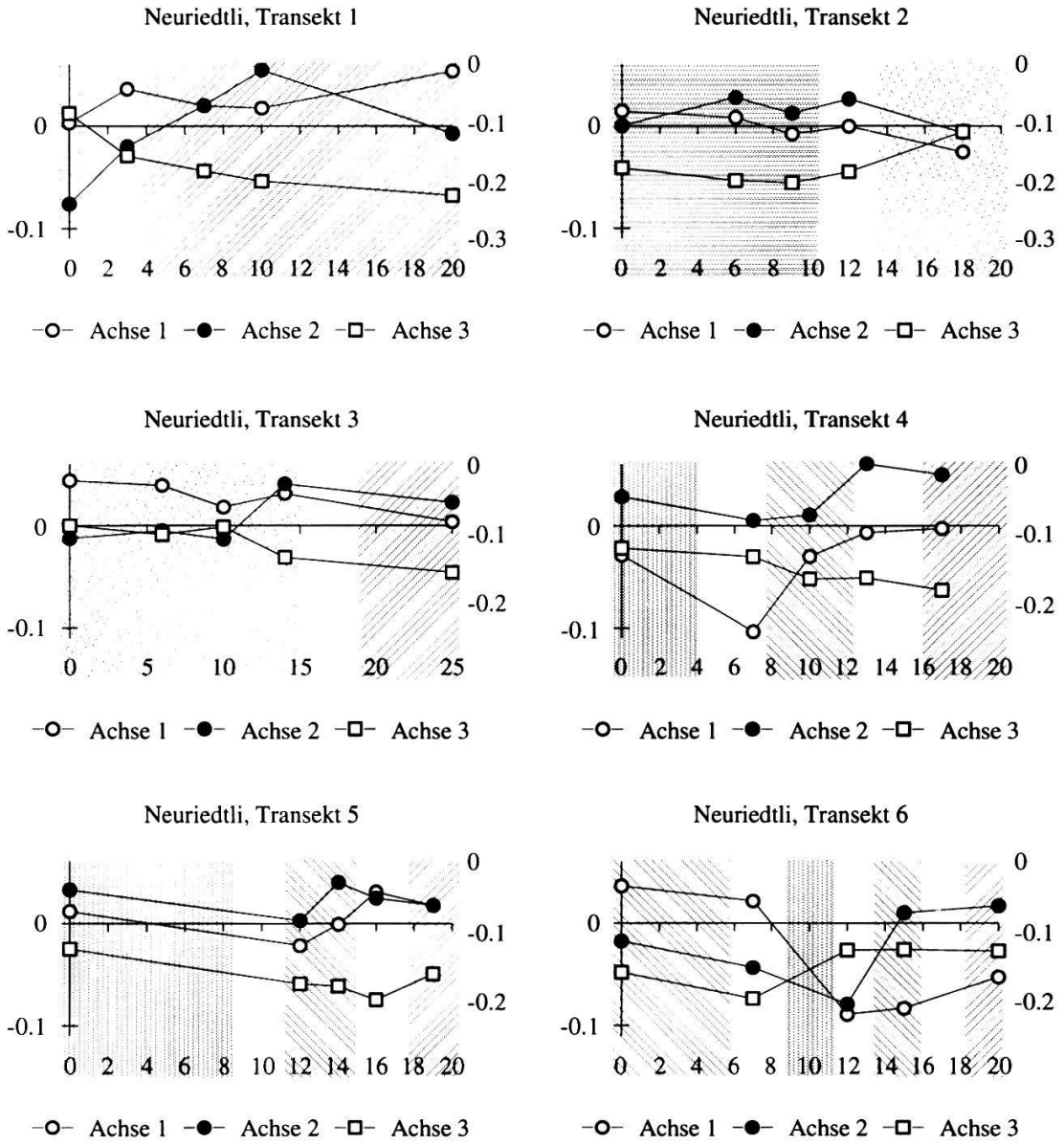
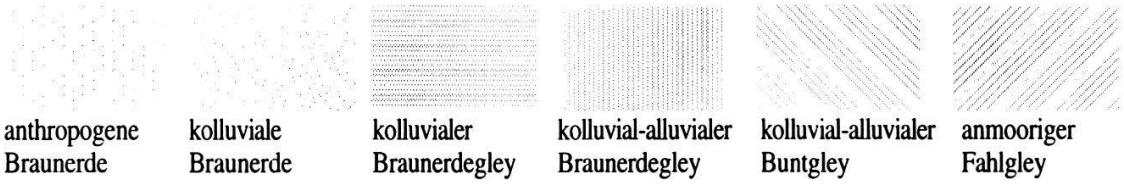


Fig. 9. Neuriedtli: Gradienten der Bodenparameter auf den einzelnen Transekten (Hauptkomponentenanalyse) in Beziehung zu den Bodentypen. Die Erfassung der Bodentypen erfolgte ungefähr alle 5 m. Die X-Achse entspricht dem Laufmeter, die Y-Achse auf der linken Seite dem Faktorwert der Bodenproben auf der 1. und 2. Achse, auf der rechten Seite dem Faktorwert auf der 3. Achse. Zu den Faktorladungen vgl. Fig. 8.
Neuriedtli: gradients of the soil factors on every single transect (pca) in relation to the soil types. The soil types were recorded every 5 m. The x-axis is the distance on the transect.The y-axis on the left side is the factor score of the soil samples on the 1st and 2nd axis, the y-axis on the right side is the factor score on the 3rd axis. Loadings see fig. 8.



auf Fahlgley. Die Transekte 4 und 5 wechseln von alluvial-kolluvialem Braunerdegley über alluvial-kolluvialen Buntgley zu Fahlgley. Transekt 6 beginnt auf alluvial-kolluvialem Buntgley, folgt nachher dem Muster von Transekt 4 und 5. Zur Lage der Transekte bezüglich der Bodentypen vergleiche man die Bodenkarte (Fig. 4).
Bemerkenswert sind die Übergänge zwischen verschiedenen Bodentypen. Zwischen Braunerde und Gleyformen finden sich Minima der 1. und in zwei Fällen auch der 2. Achse der HKA (vgl. Fig. 9). Dagegen zeigen drei von vier Übergängen zwischen Braunerdegley und Buntgley bezüglich allen Bodenparametern ausser dem Wassergehalt einen Maximalwert. Diese Beobachtungen sind mit Vorbehalt zu betrachten, da die Bodenkartierung nur auf etwa 3 Meter genau erfolgen konnte. Aufgrund des topographischen Verlaufes des alluvial-kolluvialen Braunerdegleys und des Buntgleys sowie verschütteter Bodenhorizonte vermute ich, dass der Braunerdegley hier das ehemalige Bachbett darstellt. Die Topographie des Rieds ist in diesem Teil mit Unterschieden im dm-Bereich extrem flach, und der Zeitpunkt der Bachbegradigung ist nicht mehr zu eruieren.
Die einzelnen Messwerte der Bodenfaktoren stehen in Tab. 48 im Anhang.

3.2.6. Der limitierende Bodenfaktor

Der F-Wert der Jancey-Rangierung ist das Verhältnis der Varianzen innerhalb und zwischen den floristischen Gruppen. Er ist ein Mass dafür, wie stark ein Faktor für die Gruppenzugehörigkeit verantwortlich ist. Die F-Werte der einzelnen Bodenfaktoren stehen in Tab. 7. Es fällt auf, dass ausser dem Wassergehalt im Neuriedtli sämtliche gemessenen Bodenfaktoren in allen drei Objekten eine eindeutige Wirkung auf die Vegetation zeigen.
Der Gesamt-Phosphor- oder der Ortho-Phosphat-Gehalt zeigen in allen drei Objekten den stärksten Einfluss auf die Zusammensetzung der Vegetation. Der Wassergehalt spielt im Rod und im Neuthal eine wichtige Rolle, im Neuriedtli dagegen ist er nahezu bedeutungslos. Stickstoff in Form von Ammonium spielt eine untergeordnete Rolle. Das Nitrat ist sehr wichtig für die Ausbildung der Vegetation im Neuthal, mässig wichtig im Neuriedtli und unwichtig im Rod. Der Kaliumgehalt und das C-N-Verhältnis spielen in allen drei Objekten eine untergeordnete Rolle. Daraus folgt, dass von den gemessenen Nährstoffen der Gesamtphosphorgehalt die Ausbildung der Transektvegetation in allen drei Gebieten am meisten begrenzt.

Tab. 7. Janceys Rangierung der Bodenfaktoren: Der F-Wert ist das Verhältnis der Varianz zwischen den Gruppen zur Varianz innerhalb der Gruppen. Je grösser der F-Wert, desto grösser der Einfluss der Variablen auf die Zusammensetzung der Gruppen. Ausser dem Wassergehalt im Neurietli sind alle Werte signifikant. Kritische F-Werte für p=1‰ :
Jancey's ranking of the soil factors: the f-value is the quotient of the varianz between the groups and the group internal variance. A big f-value means a great influence of the variable on thegroup structure. All values are significant with exeption of the water content. Critical values for p= 1‰:
Rod: $F_{krit.}$= 4.87; Neuthal: $F_{krit.}$= 4.64; Neuriedtli $F_{krit.}$= 4.64.

	Rod		Neuthal		Neuriedtli		mittlerer Rang für alle Gebiete
	F-Wert	Rang	F-Wert	Rang	F-Wert	Rang	
Wassergehalt	110.980	2	214.910	3	0.338	7	4.00
NH_4-N aktuell	47.387	6	17.023	7	11.056	5	6.00
NO_3-N inkubiert	58.755	5	215.890	2	29.285	3	3.33
Gesamtphosphor	99.115	3	238.500	1	85.582	1	1.67
PO_4	111.670	1	83.453	5	73.267	2	2.67
K	74.865	4	149.360	4	8.802	6	4.67
C/N	23.137	7	42.345	6	12.969	4	5.67

Dies deckt sich mit der Beobachtung von VERHOEVEN (1995, mündl. Mitt.) in niederländischen und polnischen Flachmooren. Er stellte eine Abhängigkeit des Minimumfaktors von der Dauer der Bewirtschaftung fest: Nach ca. 30 Jahren ununterbrochenen Schnittes wird das Nitrat als Mangelelement von Phosphor abgelöst. Er erklärt dies mit der Wegfuhr von Nährstoffen mit dem Heu oder der Streue, mit der Möglichkeit der Stickstoffnachlieferung aus der Atmosphäre durch Nitrifikation und mit der gegenüber dem Phosphor höheren Mobilität des Nitrates im Boden. Der Phsophor werde zur Hauptsache durch Verwitterungsprozesse nachgeliefert. Bereits in einer früheren Arbeit stellten VERHOEVEN et al. (1983) fest, dass in Niedermooren Kalium für die Vegetation eine untergeordnete Bedeutung hat. Auch PEGTEL (1983) stellt fest, dass der Phosphorversorgung auf oligotrophen Standorten eine dominierende Rolle für die Vegetation zukommt. Eine ausführliche Diskussion zum primär limitierenden Bodenfaktor findet sich in EGLOFF (1986). Dieser kommt ebenfalls zum Schluss, dass auf Mineralböden liegende Streuwiesen und flachgründige Niedermoore primär durch den Phosphor limitiert werden.

3.3. FLORISTISCHE GRADIENTEN

Da das Verfahren zur Beschreibung floristischer Gradienten durch die Gruppenzugehörigkeitsgrade nach FEOLI und ZUCCARELLO (1986) noch nicht gut bekannt ist, soll in der Folge die Wirkung einzelner Arten auf die Gesellschaftszugehörigkeiten der Transektabschnitte illustriert werden. Zur Methodik und zur Bestimmung der zum Verfahren nötigen Referenzflächen vgl. Kap. 2.1.5.

3.3.1. Floristische Gradienten im Rod

Wie bereits erklärt (vgl. Kap. 3.1.2.), lassen sich die 25-m^2-Aufnahmen am Rand des Riedes nicht einer eigenen Gesellschaft zuordnen. Sie müssten nach traditioneller pflanzensoziologischer Zuordnung wie der weitaus grösste Teil aller vier Transekten dem *Gentiano-Molinietum caricetosum montanae* zugewiesen werden.
Der im Vergleich zu den anderen Transektabschnitten üppigere Wuchs der Abschnitte beim Riedrand lässt sich durch den floristischen Einfluss der gedüngten Mähwiese erklären (vgl. Fig. 10 unter "Anteil weiterer Gesellschaften/unerklärt"; zu den Arten, die diesen Einfluss ausmachen vgl. Tab. 8). In den äussersten Abschnitten beträgt der Anteil der intensiv genutzten Mähwiesen ca. 55–100%. In den beiden höher gelegenen Transekten 1 und 2 sinkt er innerhalb ca. 5–6 m auf Null ab, im tiefer gelegenen Transekt 3 bleibt ein Anteil von ca. 10–25% auf der ganzen Länge des Transekts bestehen. Im Transekt 4 sinkt der Anteil der Mähwiese innerhalb 5 m auf ca. 20% ab und steigt ab ca. 10 m wieder auf ca. 40% an. Auf diesen tiefer gelegenen Transekten finden sich *Dactylis glomerata*, *Holcus lanatus*, *Medicago lupulina* und *Plantago*

Tab 8. Rod: Arten verschiedener Vegetationstypen.
Rod: species of different vegetation types.

Mähwiesen und Weiden	Mähwiesen und Streuland	Trockene Wiesen
Arrhenatherum elatius	*Anthoxanthum odoratum*	*Bromus erectus*
Bromus mollis	*Dactylis glomerata*	*Trisetum flavescens*
Lolium perenne	*Holcus lanatus*	
Phleum pratense	*Poa pratensis*	
Poa trivialis	*Cardamine pratensis*	
Glechoma hederaceum	*Plantago lanceolata*	
Medicago lupulina	*Rumex acetosa*	
Ranunculus friesianus	*Taraxacum officinale*	
Trifolium repens	*Trifolium pratense*	
Veronica chamaedrys		

lanceolata über die ganze Länge verteilt.
Im Randbereich zur Mähwiese haben zudem die folgenden Arten ihre Hauptverbreitung: *Carex acutiformis, Carex hirta* und *Equisetum maximum.* Weiter verbreitet, aber am Rand mit höchster Deckung wachsen *Filipendula ulmaria* und *Agrostis stolonifera*. Der floristische Zugehörigkeitsgrad zum *Gentiano-Molinietum caricetosum montanae* steigt von 0–50% am Rand des Rieds innerhalb 3–5 m auf einen Maximalwert von 30–65% an und sinkt anschliessend wieder auf 0–10% ab. *Cirsium palustre* beschränkt sein Vor-

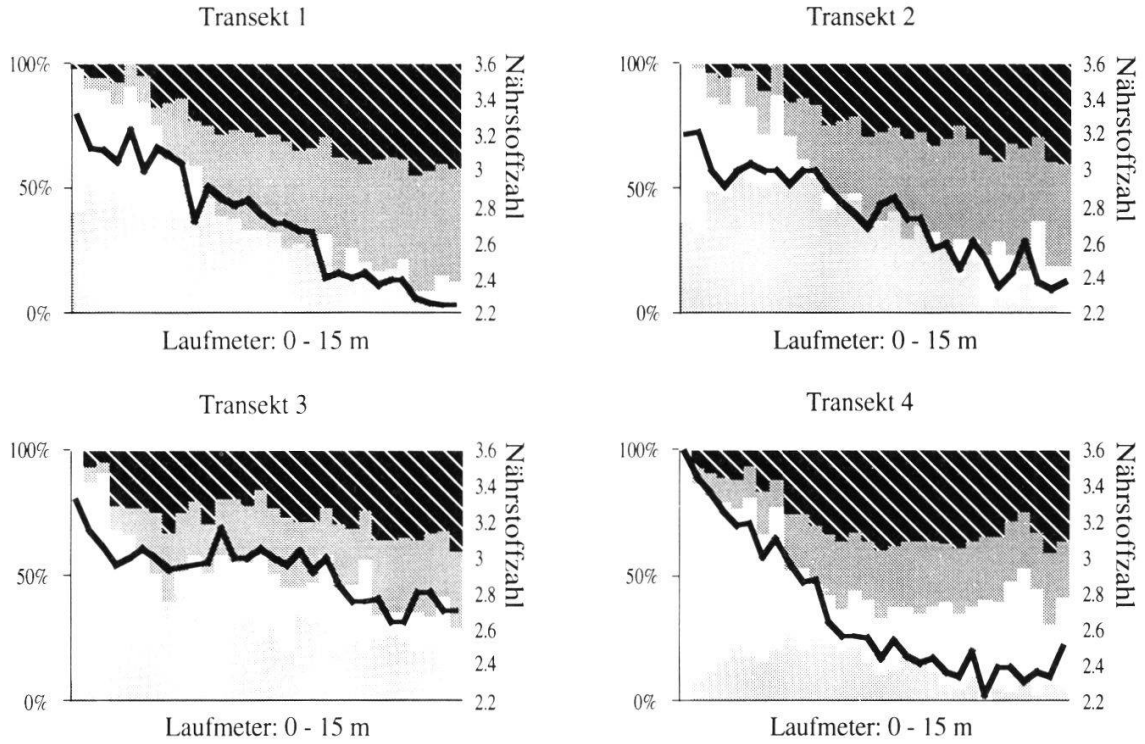


Fig. 10. Rod: floristischer Gradient
– Relative Zugehörigkeiten der Transektaufnahmen zu den pflanzensoziologischen Einheiten. "Weitere Gesellschaften": keine Referenzaufnahmen zur Verfügung; eine Zuordnung zu einer Einheit deshalb nicht möglich.
– Nach Deckungen gewichteter Zeigerwert für die Nährstoffversorgung (Nährstoffzahl)
Rod: floristic gradient
– *Relative belongings of the transect relevés to the phytosociological unities."Weitere Gesellschaften": there were no reference relevés available; a classification to a unit is therefore not possible.*
– *Indicator value for nutrient supply (Nährstoffzahl), weighted to the covering of the species.*

Gentiano-Molinietum caricetosum montanae — *Caricetum davallianae typicum*
Gentiano-Molinietum caricetosum davallianae — weitere Gesellschaften/unerklärt
Nährstoffzahl

kommen auf den Bereich, wo die genannte Gesellschaft am stärksten ausgeprägt ist. Das gleiche gilt mit Ausnahme von Transekt 3 auch für *Lotus corniculatus*. Die höchsten Deckungsgrade von *Galium album* fallen in den Randbereich. Das gleiche gilt für *Koeleria pyramidata* und für *Cirsium oleraceum*. Die Kohldistel kommt auf Transekt 3 auf der ganzen Länge vor.
Das etwas feuchtere *Gentiano-Molinietum caricetosum davallianae* ist in den Transektabschnitten am Rand nicht oder kaum vertreten und nimmt nach dem Riedinnern hin zu. Auf den etwas höher gelegenen Transekten 1 und 2 erreicht es bei 15 m einen Anteil von etwas über 45%. In den tiefer gelegenen Transekten 3 und 4 weist es ab etwa 4–5 m einen mehr oder weniger konstanten Anteil von 25–30% auf.
Beginnend bei Null steigt der Zugehörigkeitsgrad zum *Caricetum davallianae* in allen Transekten gegen das Riedinnere. Auf den bergwärts gelegenen Transekten 1 und 2 verlaufen die Zunahmen fast linear bis zu maximalen Anteilen von ca. 45% bei Laufmeter 15. Auf dem untersten Transekt (4) steigt der Zugehörigkeitsgrad zu Beginn etwas rascher und erreicht ab ca. 7 m einen mehr oder weniger konstanten Wert um 50%. Die Referenzaufnahmen am Ende von Transekt 4 werden bei der soziologischen Klassierung dem Davallseggenried zugewiesen. Die fast stetige Zunahme der Zugehörigkeitsgrade dieser beiden Gesellschaften erlaubt keine Illustration anhand einzelner Arten: Ihre Aufzählung ergäbe fast die gesamte Artengarnitur auf den Transekten.
Generell fällt auf, dass die höher gelegenen Transekte höhere Zugehörigkeitsgrade zum *Gentiano-Molinietum caricetosum montanae* aufweisen als die tiefer gelegenen.

3.3.2. Floristische Gradienten im Neuthal

Die Grenze zum intensiv bewirtschafteten Wirtschaftsland wird der traditionellen Pflanzensoziologie gemäss dem *Valeriano-Filipenduletum* zugeordnet. Der floristische Einfluss der Heuwiese auf die Streulandvegetation lässt sich noch ca. 2–4 m weit ins Ried hinein nachweisen. Auf den äussersten Abschnitten beträgt die Zugehörigkeit zur Heuwiese ca. 45–65% (vgl. Fig. 11 unter "Anteil weiterer Gesellschaften / unerklärt"). Es sind im wesentlichen dieselben Arten wie im Rod (vgl. Tab. 9), die diesen Einfluss ausmachen. Dazu kommen *Agropyron repens*, *Alopecurus pratensis*, *Cynosurus cristatus*, *Lolium perenne*, *Ajuga reptans*, *Alchemilla xanthochlora* und *Rhinanthus alectorolophus*. Nur am äussersten Rand zur Heuwiese auf Stellen mit offenem Boden unter der höchsten Vegetationsschicht wächst zusätzlich *Galeopsis tetrahit*.

Tab. 9. Neuthal: Arten, die auf hohe Zugehörigkeiten hinweisen zum
Neuthal: species which indicate high belongings to

Valeriano-Filipenduletum (bei maximaler Deckung)	*Gentiano-Molinietum caricetosum montanae* (Vorkommen)	*Gentiano-Molinietum caricetosum davallianae* (Vorkommen)
Agrostis stolonifera	*Colchicum autumnale*	*Briza media*
Festuca rubra	*Hypericum perforatum*	*Carex davalliana*
Phragmites communis	*Lysimachia vulgaris*	*Carex flava*
Angelica silvestris	*Plantago lanceolata*	*Carex hostiana*
Filipendula ulmaria	*Polygala amarella*	*Carex pulicaris*
Galium album	*Ranunculus bulbosus*	*Centaurea angustifolia*
Hypericum perforatum	*Scabiosa columbaria*	*Parnassia palustris*
Lysimachia vulgaris	*Valeriana dioeca*	*Thymus pulegioides*
Plantago lanceolata		

Die ersten 4–6 m der Transekte weisen einen Gruppenzugehörigkeitsgrad zum *Valeriano-Filipenduletum* von 40–55% auf, der nach innen hin erst schnell, dann langsamer abfällt. Nach 8-15 m nehmen die Zugehörigkeiten nur noch wenig ab. Bei Transekt 2, 3 und 6 bleiben die Werte ab Laufmeter 10–16 konstant bei ca. 5–15%. Arten, die diesen Bereich charakterisieren, sind aus Tab. 8 ersichtlich. Der Übergang des *Valeriano-Filipenduletum* zum *Molinietum* zeichnet sich durch die höchsten Deckungen von *Helictotrichon pubescens*, *Cirsium oleraceum* (bis 4) und *Lotus corniculatus* (bis 2) aus. Dieser Übergangsbereich kann bei der pflanzensoziologischen Klassierung bereits den Pfeifengraswiesen zugeordnet werden.

Die Zugehörigkeiten zum *Gentiano-Molinietum caricetosum montanae* bewegen sich zwischen 10–20% in den Abschnitten maximaler Ausprägung des *Valeriano-Filipenduletum*, zwischen 20–30 % in den oben beschriebenen Randbereichen des *Valeriano-Filipenduletum* und zwischen 10–20 % in den innersten Bereichen der Transekte. Auf Transekt 1 und 6, wo Werte von 20–25% nie übertroffen werden, können nach der soziologischen Zuordnung keine Abschnitte dieser Gesellschaft zugewiesen werden. Die Zugehörigkeiten zum *Gentiano-Molinietum caricetosum davallianae* steigen von 0–5% mit zunehmendem Abstand zur intensiv genutzten Mähwiese stetig bis auf Werte um 40%. In den Transekten 2 und 3 erreichen sie ab ca. 10 m konstante Werte um 25–30%.

Es ist nur bedingt möglich, den Transektabschnitten mit verschieden grossen Zugehörigkeiten zu diesen beiden Einheiten bestimmte Arten zuzuordnen. Zum einen ist deren floristische Differenzierung im Neuthal gering. Absolut zu-

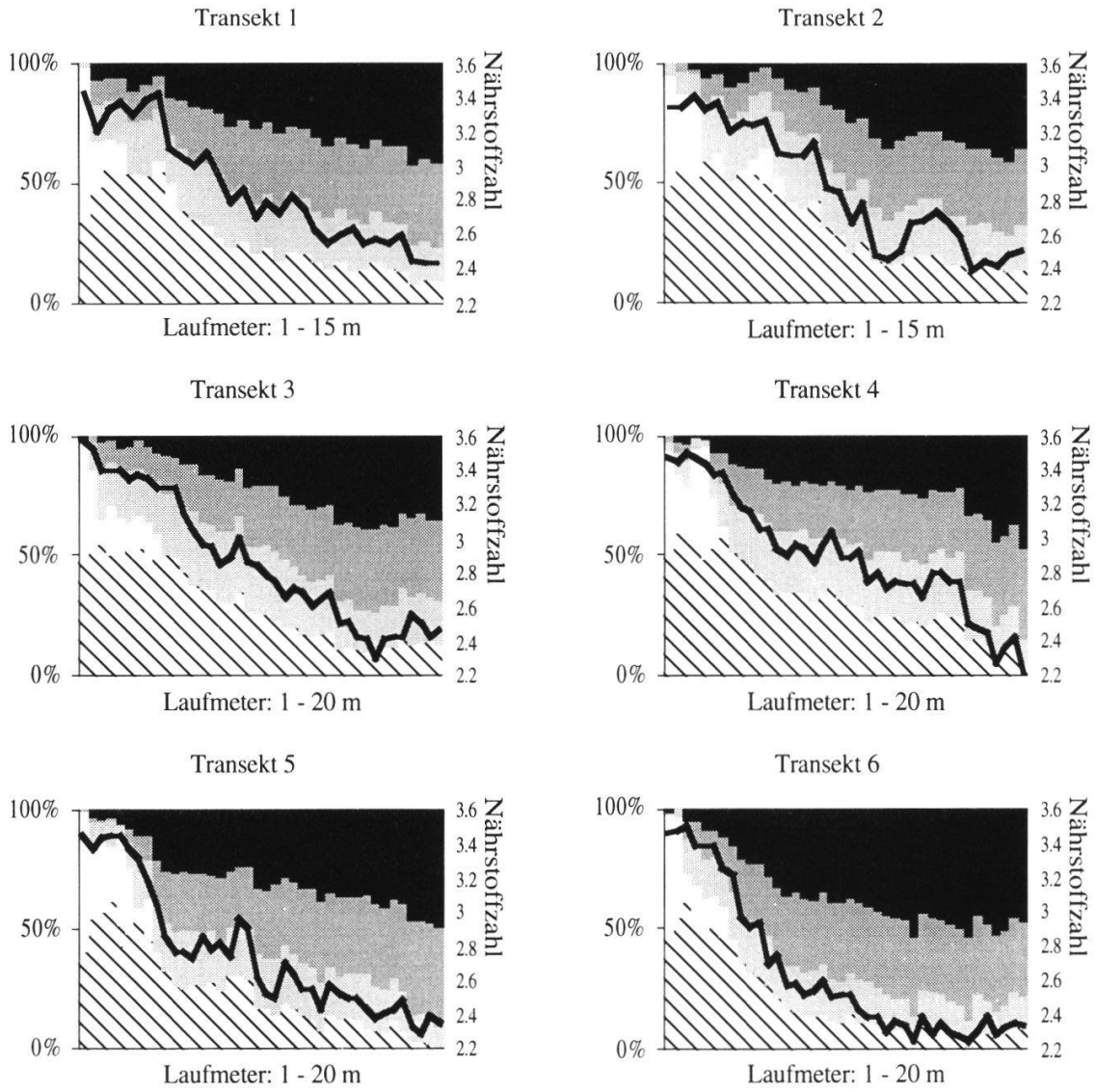


Fig. 11. Neuthal: floristischer Gradient
– Relative Zugehörigkeiten der Transektaufnahmen zu den pflanzensoziologischen Einheiten. "Weitere Gesellschaften" deshalb, weil dafür keine Referenzaufnahmen zur Verfügung stehen und eine Zuordnung deshalb nicht möglich ist.
– Nach Deckungen gewichteter Zeigerwert für die Nährstoffversorgung (Nährstoffzahl).
Neuthal: floristic gradient
– Relative belongings of the transect relevés to the phytosociological unities. "Weitere Gesellschaften": there were no reference relevés available; a classification to a unit is therefore not possible.
– Indicator value for nutrient supply (Nährstoffzahl), weighted to the covering of the species.

Valeriano-Filipenduletum
Gentiano-Molinietum caricetosum montanae
Gentiano-Molinietum caricetosum davallianae
Primulo-Schoenetum stachyetosum
weitere Gesellschaften/unerklärt
Nährstoffzahl

verlässige Trennarten bei den 25-m^2-Aufnahmen sind nur *Carex davalliana*, *Carex hostiana*, *Epipactis palustris*, *Veronica chamaedrys* und *Hypericum perforatum*. Zum andern sind die Zugehörigkeitsgrade zu beiden Gesellschaften immer recht ähnlich und die Änderungen von Abschnitt zu Abschnitt nur gering. Einige Unterschiede lassen sich trotzdem erkennen: Einige Arten des *Gentiano-Molinietum caricetosum montanae* wachsen nur im Randbereich zum *Valeriano-Filipenduletum* oder haben hier ihren Schwerpunkt. Es sind *Colchicum autumnale*, *Aquilegia atrata*, *Hypericum perforatum*, *Scabiosa columbaria* und *Valeriana dioeca*. Die steigende Zugehörigkeit zur feuchteren Pfeifengraswiese zeigt sich zudem floristisch mit einer Anzahl von Arten, welche auch im *Caricetum davallianae* und im *Primulo-Schoenetum* häufig sind (vgl. Tab. 9, rechte Spalte). Dagegen fehlen verschiedene Arten der Mähwiese, die auf Transektabschnitten mit hoher Zugehörigkeit zum *Gentiano-Molinietum caricetosum montanae* noch vorkommen, auf jenen Abschnitten mit grösserer Zugehörigkeit zum *Gentiano-Molinietum caricetosum davallianae* vollständig.
Die Zugehörigkeiten der Transektabschnitte zum *Primulo-Schoenetum stachyetosum* nehmen nach dem Riedinnern hin regelmässig zu. Sie erreichen an den Transektenden Werte von ca. 35–50%. Die Abschnitte ab 13 m auf Transekt 6 und ab 19 m auf den Transekten 4 und 5 lassen sich soziologisch dieser Einheit zuordnen. Hohe Zugehörigkeitsgrade zum Kopfbinsenried sind bedingt durch das Vorkommen von *Eriophorum latifolium*, *Schoenus ferrugineus* und *Gentiana pneumonanthe*.

3.3.3. Floristische Gradienten im Neuriedtli

Entsprechend den komplexen Bodenverhältnissen zeigen sich im Neuriedtli nicht dieselben einfachen Muster wie in den beiden anderen Untersuchungsgebieten (vgl. Fig. 12). Dass nicht alle Gesellschaften auf allen Transekten vertreten sind, täuscht. Dies hängt mit der Wahl der Referenzaufnahmen zusammen. Da alle Gesellschaften einige bis zahlreiche gemeinsame Arten aufweisen, erhalten die meisten Transektabschnitte zu allen durch Referenzgruppen vertretenen pflanzensoziologischen Einheiten Zugehörigkeitswerte grösser als 0. Es scheint mir jedoch wenig sinnvoll, Gruppenzugehörigkeiten zu Einheiten zu berechnen, die weder in der beidseitigen Verlängerung der Transekte noch seitlich von ihnen zu finden sind. Deshalb stehen nicht für alle Transekte dieselben Gesellschaften zum Vergleich an.
Die Hochstaudenfluren im Neuriedtli zählen zum *Valeriano-Filipenduletum*.

Tab. 10. Neuriedtli: Arten, die auf hohe Zugehörigkeiten hinweisen
Neuriedtli: species, which indicate high belongings to

zum *Valeriano-Filipenduletum*	zu "weitere Gesellschaften / unerklärt"
Carex acutiformis	*Anthoxanthum odoratum*
Carex pallescens	*Holcus lanaus*
Angelica silvestris	*Dactylis glomerata*
Caltha palustris	*Cerastium caespitosum*
Cirsium oleraceum	*Festuca rubra*
Convolvulus sepium	*Filipendula ulmaria*
Geum urbanum	*Trisetum flavescens*
Primula elatior	*Galium album*
Ranunculus aconitifolius	*Arrhenatherum elatius*
Scirpus silvaticus	*Rumex acetosa*
Veratrum lobelianum	

Hohe Zugehörigkeitsgrade finden sich nur auf den vom Bach ausgehenden Transekten 4–6 und am Anfang von Transekt 1. Auf Transekt 1 betragen die Werte auf den ersten 2 m 40–50% und fallen anschliessend rasch ab. Ab 4 m schwanken sie um ca. 25%. Transekt 4 weist bis Laufmeter 9 konstant hohe Werte von ca. 50% auf, die anschliessend linear bis gegen Null abnehmen. Transekt 5 weist die höchsten Zugehörigkeitsgrade überhaupt auf: Beginnend mit 45–50% steigen die Werte nach 2.5 m sprunghaft auf 70% und sinken im Hochstaudensaum wieder gegen 45% ab. Auf diesem Transekt fallen die hohen Zugehörigkeiten mit hohen Deckungswerten von 2–5 zusammen. Die Arten dieser Hochstaudenflur treten in folgender Reihenfolge auf: *Galium album* und *Carex acutiformis* nur an beiden Randbereichen, *Festuca rubra*, *Phleum pratense*, *Filipendula ulmaria*, *Angelica silvestris*, soweit die Hochstaudenflur ausgebildet ist. Nur im Übergang zur Pfeifengraswiese wächst *Lysimachia vulgaris*.

Auffällig ist der hohe unerklärte Anteil der Vegetation auf den Abschnitten mit den höchsten Zugehörigkeiten zum *Valeriano-Filipenduletum*. Durch die enge räumliche Kopplung sind getrennte Aussagen über die Auswirkungen einzelner Arten auf die Zugehörigkeitsgrade zu diesen beiden Gruppen nur mit Vorbehalt möglich. Auf den Abschnitten mit hoher Zugehörigkeit zum *Valeriano-Filipenduletum* finden sich zahlreiche allgemein verbreitete Arten (vgl. Tab. 10, rechte Spalte) und einzelne Arten der Pfeifengraswiesen wie *Inula salicina*, *Hypericum perforatum* und *Ononis repens*.

Besonders hervorzuheben ist der Zusammenhang zwischen dem Bodentyp (vgl.

Tab. 11. Neuriedtli: Arten, die auf hohe Zugehörigkeiten hinweisen zum
Neuriedtli: species, which indicate high belongings to

Gentiano-Molinietum	*Caricetum davallianae typicum*	*Gentiano-Molinietum* **und** *Caricetum davallianae*
Carex flacca *Colchicum autumnale* *Chrysanthemum leucanth.* *Euphrasia rostkoviana* *Galium uliginosum* *Rhinanthus alectorolophus* *Trifolium pratense* *Vicia cracca*	*Carex lepidocarpa* *Mentha aquatica*	*Carex davalliana* *Carex hostiana* *Carex panicea* *Carex pulicaris* *Molinia coerulea* *Succisa pratensis* *Potentilla erecta*

Fig. 9) und den hohen Zugehörigkeitsgraden zum *Valeriano-Filipenduletum.* Auf den Transekten 4–5 befinden sich hohe Zugehörigkeiten auf dem kolluvial-alluvialen Braunerdegley. Auf dem kolluvial-alluvialen Buntgley sind die Zugehörigkeiten z.T. noch hoch, fallen aber mit zunehmender Distanz zum Braunerdegley ab. Auf dem torfigen Fahlgley sind sie auf Transekt 4 und 5 tief, auf Transekt 6 mit 40–50% immer noch recht hoch. Dabei fallen offenbar weniger die Wasserverhältnisse bzw. der Vergleyungsgrad oder der Sauerstoffmangel ins Gewicht als vielmehr der Einfluss des Baches: Die beiden Transekte 2 und 3 liegen ebenfalls zu grossen Teilen auf Braunerde und Braunerdegley, ohne dass das *Valeriano-Filipenduletum* besonders stark ausgebildet wäre. Der hohe Zugehörigkeitsgrad am Anfang von Transekt 1 fällt mit der anthropogenen Braunerde zusammen. Bei den eben gemachten Aussagen ist zu berücksichtigen, dass die Bodenkarte nur eine Genauigkeit von ca. ±3 m aufweist.
Das *Saturejo-Molinietum* tritt nur auf den Transekten 2, 3 und 6 mit grösseren Zugehörigkeiten in Erscheinung. Für Transekt 2 weist es über die ganze Länge Werte um 30% ohne grosse Schwankungen auf. Auf Transekt 3 schwanken die Werte zwischen 30% und 40%, wobei die Zugehörigkeiten ab Laufmeter 17 ganz leicht sinken. Die Zugehörigkeiten zum *Saturejo-Molinietum* auf Transekt 6 schwanken um 25% bis Laufmeter 11 und steigen anschliessend auf Werte um 30% in jenen Bereichen, wo das *Valeriano-Filipenduletum* am stärksten entwickelt ist. Bei Transekt 5 dagegen steigen die Zugehörigkeiten zum *Saturejo-Molinietum* mit sinkenden Zugehörigkeiten zum *Valeriano-Filipenduletum.* Sie überschreiten Werte von 20% jedoch nicht. Auf Transekt 4 ist die maximale Ausbildung des *Saturejo-Molinietum* mit Zugehörigkeiten zwischen 15 und 20% am Rand des *Valeriano-Filipenduletum.* Relativ hohe Zugehörigkeiten zum *Saturejo-Molinietum* sind Ausdruck des Vorhandenseins von *Tri-*

folium medium und wahrscheinlich von *Pimpinella major*, *Helictotrichon pubescens* und *Lotus corniculatus*. Weitere Zuordnungen von Arten lassen sich wegen der geringen Differenzen zwischen den Zugehörigkeiten nicht machen. Die Zugehörigkeiten zum *Gentiano-Molinietum caricetosum davallianae* und zum *Caricetum davallianae typicum* zeigen auf den Transekten 4–6, auf denen beide Gesellschaften vertreten sind, einen ungefähr parallelen Verlauf. Tabelle 11 zeigt die Arten, welche in diesen beiden Gesellschaften die hohen Zugehörigkeiten verursachen.
Auf den Transekten 1–3 nimmt die Übergangsgesellschaft zum *Primulo-Schoenetum* die Stelle des *Caricetum davallianae typicum* ein. Transekt 1 und 2 weisen mehr oder weniger konstante Zugehörigkeitswerte zwischen 20 und 30% bzw. 25 und 35% auf. Auf Transekt 3 schwanken die Zugehörigkeitswerte zur Übergangsgesellschaft wellenförmig mit je 3 Minima und 3 Maxima. Die Minimalwerte betragen zwischen 10 und 25%, die Maximalwerte ca. 30%. Die Übergangsgesellschaft wird weitgehend durch die Absenz von Arten und nur durch eine kleine Artengruppe (vgl. Tab. 65 in der Beilage) vom *Caricetum davallianae typicum* differenziert. Die Arten, die die hohen Zugehörigkeiten zur Übergangsgesellschaft verursachen, sind deswegen dieselben wie beim *Caricetum davallianae typicum*. Zusätzlich ist *Menyanthes trifoliata* auf Transekt 1 zu erwähnen (sichtbar in der kleinen Spitze bei den letzten 1.5 Laufmetern). Die anderen differenzierenden Arten fehlen auf diesen drei Transekten. Die Zugehörigkeiten zum *Caricetum davallianae stachyetosum* auf den Transekten 1 und 2 verlaufen nahezu parallel zur Übergangsgesellschaft. Auf Transekt 1 steigen die Werte auf den ersten 4 Laufmetern von Null auf 50% und bleiben anschliessend mehr oder weniger konstant bis hin zu den letzten 1.5 m. Die Werte auf Transekt 2 bewegen sich auf der ganzen Länge zwischen 15 und 20%. In den Zuordnungen auf Transekt 1 zeigt sich eine Schwäche der gewählten Methode: In seiner Verlängerung finden sich nur die Gesellschaften *Valeriano-Filipenduletum*, *Caricetum davallianae* und die Übergangsgesellschaft zum *Schoenetum*. Es stehen also auch nur diese als Vergleiche zur Verfügung. Es ist somit möglich, dass Arten auf diesem Transekt zu einer bestimmten Gesellschaft die höchste Affinität zeigen, obwohl sie sonst in einer anderen, hier nicht vertretenen Gesellschaft typisch sind. Die Arten, die auf Transekt 1 im wesentlichen zu den hohen Zugehörigkeitsgraden zum *Caricetum davallianae stachyetosum* führen, sind solche, die normalerweise dem *Gentiano-Molinietum caricetosum montanae* zugezählt werden: *Betonica officinalis*, *Potentilla erecta*, *Briza media*, *Prunella vulgaris*, *Ranunculus nemorosus* und *Lotus corniculatus*.

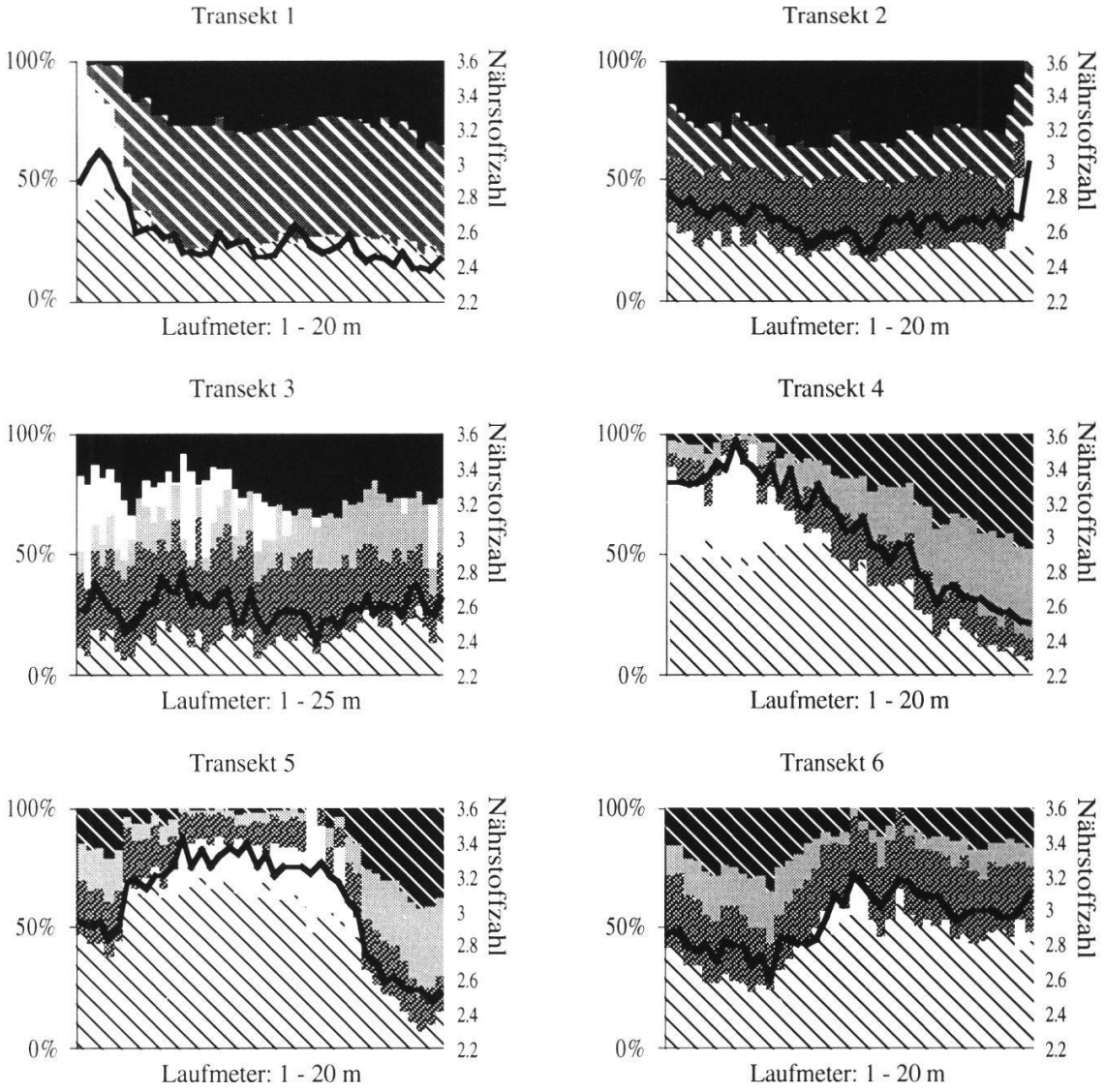


Fig. 12. Neuriedtli: floristischer Gradient
– Relative Zugehörigkeiten der Transektaufnahmen zu den pflanzensoziologischen Einheiten. "Weitere Gesellschaften" deshalb, weil dafür keine Referenzaufnahmen zur Verfügung stehen und eine Zuordnung deshalb nicht möglich ist.
– Nach Deckungen gewichteter Zeigerwert für die Nährstoffversorgung (Nährstoffzahl).
Neuriedtli: floristic gradient
– Relative belongings of the transect relevés to the phytosociological unities. "Weitere Gesellschaften": there were no reference relevés available; a classification to a unit is therefore not possible.
– Indicator value for nutrient supply (Nährstoffzahl), weighted to the covering of the species

Valeriano-Filipenduletum
Caricetum davallianae typicum
Saturejo-Molinietum equisetetosum
Übergang Caricetum davallianae / Schoenetum
Gentiano-Molinietum caricetosum davallianae
weitere Gesellschaften/unerklärt
Caricetum davallianae stachyetosum
Nährstoffzahl

Die Verbreitung der Adlerfarnfluren lässt sich mit Hilfe der Gruppenzugehörigkeiten nicht darstellen. Sie finden sich an Orten mit hoher und mit niedriger Zugehörigkeit zum *Valeriano-Filipenduletum* als auch an Orten mit hoher bis niedriger Zugehörigkeit zum *Saturejo-Molinietum*. Ihre Verbreitung beschränkt sich auf die Braunerden und z.T. auf Braunerdegley.
Die Transekte 2 und 3 zeigen ebenfalls die Grenzen der gewählten Darstellungsart für die floristischen Gradienten. Auf Transekt 2 ist zwar eine floristische Abfolge zu erkennen. Er weist Arten auf, die nur am oberen Ende auftreten wie *Mentha aquatica*, *Phleum pratense*, *Juncus inflexus*, *Juncus effusus*, Arten, die nur im mittleren Bereich auftreten wie *Juncus articulatus*, *Epipactis palustris* und Arten, die nur im unteren Bereich auftreten wie *Holcus lanatus*, *Festuca pratensis*, *Galium album*, *Ononis repens*, *Polygonatum multiflorum*, *Convolvulus sepium*. Die Differenzen sind jedoch gering. Der ganze Transekt wird nach der pflanzensoziologischen Klassierung derselben Einheit, dem Übergang vom *Saturejo-Molinietum* zum *Gentiano-Molinietum* zugewiesen. Selbst die Wahl je einer Referenzaufnahme an jedem Ende des Transektes erbrachte keine Abfolge von Gruppenzugehörigkeiten.
Transekt 3 verläuft von einem Abhang aus in den flachen Bereich des Neuriedtli (vgl. Fig. 4). Der Übergang vom Hang zum flachen Teil bei Laufmeter 17 fällt mit dem Wechsel des Bodens von kolluvialer Braunerde zu torfigem Fahlgley zusammen. Die Adlerfarnflur verschwindet mit dem Wechsel des Bodentyps. Die Sparte "andere Gesellschaften/unerklärt" weist im Bereich des Adlerfarns bzw. der Braunerde unter starken Schwankungen ziemlich hohe Werte bis über 40% auf. Am untersten Teil der Braunerde und auf dem torfigen Fahlgley nehmen die Zugehörigkeiten zum *Gentiano-Molinietum* und zur Übergangsgesellschaft *Caricetum davallianae/Primulo-Schoenetum* etwas zu. Auf der ganzen Transektlänge weist das *Saturejo-Molinietum* mit relativ starken Schwankungen Zugehörigkeiten um 30–40% auf (vgl. Fig. 12).

3.4. REAKTION DER VEGETATION AUF DIE NÄHRSTOFFVERSORGUNG

3.4.1. Indikation der Bodenparameter durch floristische Daten

Die Nährstoffzahl weist mit einem Koeffizienten von $r = 0.868 \pm 0.227$ von den berechneten, nach Deckungen gewichteten Zeigerwerten die beste mittlere Korrelation mit der Bodenmatrix auf, gefolgt von der Humuszahl mit $r = 0.761$

± 0.218 (vgl. Tab. 12). Die Zeigerwerte für Bodenfeuchtigkeit, fliessendes Bodenwasser und Bodenreaktion vermögen die Bodenvariablen in den untersuchten Gebieten nicht sehr gut darzustellen. Die Nährstoffzahlen erweisen sich auch für die einzelnen Untersuchungsgebiete als gute Indikatoren der Bodenmatrix. Lediglich auf den Transekten 2 und 3 im Neuriedtli werden mit r = 0.312 bzw. r = –0.243 keine signifikanten Zusammenhänge ersichtlich. Der nächstkleinste Wert liegt für Transekt 3 im Rod bei r = –0.792. Die übrigen Werte bewegen sich für das Neuriedtli um r = 0.85 und für Rod und Neuthal bei r = 0.95.

Alle Zusammenhänge der Gruppenzugehörigkeiten nach FEOLI und ZUCCARELLO (1988) mit der Bodenmatrix sind signifikant (vgl. Tab. 12). Die Zugehörigkeiten zum *Primulo-Schoenetum* sind mit r = 0.949 ± 0.021 die beste Indikation für die Bodenmatrix. Ebenfalls sehr gute Korrelationen mit kleiner Streuung zeigen die Zugehörigkeiten zum *Caricetum davallianae stachyetosum* und zum *Gentiano-Molinietum caricetosum davallianae*. Die Zugehörigkeit zum *Valeriano-Filipenduletum* korreliert ebenfalls gut mit der Bodenmatrix, weist aber eine erhebliche Streuung mit r = 0.801 ± 0.259 auf. Die eine Hälfte dieser Streuung wird durch den Wert von Transekt 2 im Neuriedtli verursacht (r = –0.053), zur anderen Hälfte durch die Werte der Transekte 1 und 3 ebenfalls aus dem Neuriedtli (r = –0.662 bzw. r = 0.5). Auf diesen drei Transekten sind die Nährstoffgradienten schwach ausgebildet, und der Verlauf der 1. und 2. Achse der HKA ist z.T. unterschiedlich (vgl. Fig. 8 und Fig. 9). Daher ist der floristische Gradient mit Ausnahme der ersten 5 m von Transekt 1 auf diesen Achsen unklar ausgebildet (vgl. Fig. 12).

Die mittleren, nach einzelnen Transekten berechneten Korrelationskoeffizienten stimmen mit jenen, die über alle Transekte gemeinsam berechnet wurden, nur bedingt überein. Sehr gut stimmen sie für die Zugehörigkeiten zum *Primulo-Schoenetum* überein, sowie für die Nährstoffzahl, die Humuszahl und bedingt für die Zugehörigkeit zum *Valeriano-Filipenduletum*. Die Grösse und die geringe Streuung eines Korrelationskoeffizienten geben keinen Hinweis darauf, dass die gemeinsame Auswertung aller Transekte das gleiche Resultat liefert wie ein mittlerer Wert der Auswertungen einzelner Transekte (vgl. Tab.12 Zugehörigkeiten zum *Gentiano-Molinietum caricetosum davallianae*). Eine mögliche Erklärung dafür liegt in den unterschiedlichen Nährstoffniveaus auf den Transekten (vgl.Tab. 48 im Anhang). Es ist möglich, dass dadurch auf den einzelnen Transekten klar ausgeprägte Gradienten bei einer Gesamtauswertung verdeckt werden. Das Umgekehrte, dass ein Korrelationskoeffizient

bei der Gesamtauswertung grösser wird als der gemittelte Korrelationskoeffizient aus den Einzeltransektauswertungen, tritt nur bei der Humuszahl auf. Dabei ist die Differenz sehr gering.

Eine alternative Auswertung zur indirekten Ordination der floristischen Daten, d.h. der Korrelation mit der ersten Achse der HKA der Bodenfaktoren, ist die direkte "fuzzy ordination" nach ROBERTS (1986). Auch in diesem Verfahren werden jeweils die mittleren Zeigerwerte oder die nach FEOLI und ZUCCHARELLO (1988) berechneten Gesellschaftszugehörigkeiten der Aufnahmen als y-Achsen

Tab. 12. Mittlere Korrelationen und Standardabweichung verschiedener floristischer Masse mit der 1. Achse der HKA der Bodenfaktoren. Berechnung nach Einzeltransekten. Bei den Zugehörigkeiten zu pflanzensoziologischen Einheiten sind im mittleren Wert nur jene Transekte berücksichtigt, auf denen die maximale Zugehörigkeit zur entsprechenden Einheit > 0 ist. Stichprobenumfänge: N=30 oder n=40 auf den Einzeltransekten. Kritische Werte für r:
Average correlations and standarddeviations with the 1st axis of the pca for different floristic parameters. Calculation based on single transects. In case of belongings to phytosociological units, only those transects are taken for calculation which have a maximum belonging to the unit in question > 0.
Sample sizes: N=30 od n=40 on the single transects. Critical values of r:
n=30: bei p=1%: r_{krit}=0.456, bei p=1‰: r_{krit}=0.562
n=40: bei p=1%: r_{krit}=0.308, bei p=1‰: r_{krit}=0.495

	mittlerer Korrelationskoeffizient	s	Korrelationskoeffizient über alle Transekte gerechnet
Varianz auf 1. Achse der HKA (Mittelwert)	70.8%	±15.7%	43.7%
Zeigerwerte:			
Feuchtezahl	0.644	±0.274	0.433
Reaktionszahl	0.455	±0.244	0.300
Nährstoffzahl	**0.868**	±0.227	-0.847
Humuszahl	0.761	±0.218	0.778
fliessendes Bodenwasser	0.565	±0.259	0.246
Zugehörigkeiten zum:			
Valeriano-Filipenduletum	**0.801**	±0.259	-0.731
Gentiano-Molinietum caric. montanae	0.504	±0.283	0.102
Gentiano-Molinietum caric. davallianae	**0.872**	±0.067	0.030
Saturejo-Molinietum	0.422	±0.218	-0.338
Caricetum davallianae stachyetosum	**0.850**	±0.068	-0.564
Übergang *Caricetum davall./ Primulo-Schoenetum*	0.704	±0.182	-0.398
Caricetum davallianae typicum	0.783	±0.189	-0.433
Primulo-Schoenetum	**0.949**	±0.021	0.930

der Ordinationen eingesetzt (entspricht Fuzzy set A, vgl. Kap. 2.1.5.). Für die x-Achse werden aufgrund der gemessenen Bodennährstoffgehalte Erwartungswerte für diese Gruppenzugehörigkeiten bzw. Zeigerwerte als scheinbare Variable berechnet (entspricht Fuzzy set E). Die Korrelation zwischen den beiden Achsen kann als Mass betrachtet werden, wie stark die Zeigerwerte bzw. die Gesellschaftszugehörigkeiten von der Bodenmatrix abhängen.
Die Korrelationskoeffizienten bei dieser Auswertung sind generell viel niedriger und die Streuungen sehr viel grösser als bei der indirekten Ordination (vgl. Tab.13). Die beiden Verfahren werten die floristischen Variablen nicht genau gleich: Die Nährstoffzahl ist von den Zeigerwerten bei beiden Verfahren der beste Indikator für die Bodenmatrix. Die Humuszahl jedoch, die bei der indirekten Ordination den zweitbesten Zeigerwert darstellt, wird durch die direkte Ordination als schlechtester Zeigerwert ausgewiesen. Auch bei den Zugehörigkeitsgraden zu den pflanzensoziologischen Gruppen sind Differenzen vorhanden: Die Zugehörigkeiten zum *Primulo-Schoenetum* ergeben mit der indirekten Ordination die beste Korrelation überhaupt, mit der direkten Ordination bloss die zweitschlechteste. Bei der direkten Ordination korreliert die Zugehörigkeit zum *Caricetum davallianae stachyetosum* am besten, welche bei der indirekten Ordination bloss die drittstärkste Korrelation aufweist.
Die mittleren, nach einzelnen Transekten berechneten Korrelationskoeffizienten stimmen sowohl bei der indirekten als auch bei der direkten Ordination nur bedingt mit den über alle Transekte berechneten überein. Sie stimmen sehr gut für die Zugehörigkeiten zum *Saturejo-Molinietum*, zum Übergang *Caricetum davallianae/Primulo-Schoenetum*, zum *Primulo-Schoenetum* und bedingt für die Nährstoffzahl überein. Es kommt vor, dass über alle Transekte berechnete Korrelationskoeffizienten grösser sind als die mittleren, nach einzelnen Transekten berechneten. Dies kommt auch bei Variablen vor, deren Korrelationen im Verfahren der indirekten Ordination bei der Auswertung über alle Transekte stark vermindert wird (vgl. Tab. 12 und Tab. 13: Zugehörigkeit zum *Gentiano-Molinietum caricetosum montanae*).
Die direkte Ordination wertet alle Variablen gleich stark. Durch die Korrelation mit der 1. Achse der HKA erfolgt hier bereits eine Gewichtung bezüglich der Faktorladungen. Dies ist ein Vorteil der direkten gegenüber der indirekten Ordination, und zwar dann, wenn alle Variablen ungefähr gleich stark zur Varianz beitragen. Dieser Vorteil fällt weniger ins Gewicht, wenn bei der HKA sehr viel Varianz auf die erste Achse fällt. In der vorliegenden Arbeit ist dies für die Bodenmatrix mit durchschnittlich 70% der Fall.

Tab. 13. Roberts "direct ordination": mittlere Korrelationen und Standardabweichung verschiedener floristischer Masse mit entsprechenden scheinbaren Variablen der Roberts Ordination. Die Berechnung erfolgt nach Einzeltransekten. Bei den Zugehörigkeiten zu pflanzensoziologischen Einheiten sind im mittleren Wert nur jene Transekte berücksichtigt, auf denen die maximale Zugehörigkeit zur entsprechenden Einheit > 0 ist. Ein Signifikanzniveau oder kritische Werte können nicht angegeben werden.
Robert's direct ordination: average correlation and standard deviation of different floristic parameters with the corresponding apparent variables of the Robert's ordination. The calculation is based on single transects. In case of belongings to phytosociological units only those transects are taken for calculation, which have a maximum belonging to the unit in question > 0. A level of signigicance or critical values can not be given.

	mittlerer Korrelations-koeffizient	Streu-ung s	Korrelations-koeffizient über alle Transekte gerechnet
Zeigerwerte:			
Feuchtezahl	0.387	±0.201	-0.017
Reaktionszahl	0.364	±0.215	0.189
Nährstoffzahl	**0.485**	±0.222	0.414
Humuszahl	0.362	±0.168	0.372
fliessendes Bodenwasser	0.446	±0.182	0.371
Zugehörigkeiten zum:			
Valeriano-Filipenduletum	0.476	±0.274	0.628
Gentiano-Molinietum caric. montanae	0.341	±0.193	0.464
Gentiano-Molinietum caric. davallianae	**0.496**	±0.223	0.304
Saturejo-Molinietum	0.443	±0.254	0.429
Caricetum davallianae stachyetosum	**0.593**	±0.213	0.689
Übergang Caricetum davall./ Primulo-Schoenetum	**0.533**	±0.176	0.528
Caricetum davallianae typicum	**0.557**	±0.237	0.335
Primulo-Schoenetum	0.347	±0.141	0.364

Die Interpretation der Ergebnisse aus der direkten Ordination wird dadurch erschwert, dass kein Signifikanzniveau angegeben werden kann und bis jetzt noch wenig Erfahrungen über die Aussagekraft der so berechneten Korrelationskoeffizienten vorhanden sind. Die Streuung für die starken Korrelationen fällt bei der indirekten Ordination sehr viel geringer aus, und das Verfahren ist für meine Vorstellung leichter interpretierbar. Ich halte aus diesen Gründen die indirekte Ordination für die vorliegende Arbeit für geeigneter.

3.4.2. Indikation der Bodenparameter durch Vitalitätsparameter einzelner Arten

3.4.2.1. Nährstoffzeigende Arten (Zeigerwert 4)

Filipendula ulmaria

Filipendula ulmaria ist nur auf den Transekten im Neuthal und im Neuriedtli für eine Auswertung häufig genug vorhanden. Neun der insgesamt sechzehn Transekte können ausgewertet werden. Die Stichprobenumfänge liegen zwischen sechs und dreissig Abschnitten pro Transekt. *Filipendula ulmaria* wächst auf den riedwärts gelegenen Transektabschnitten z.T. nur noch in der Form von bodenständigen Blättern.

Verhältnisse der Vitalitätsparameter zueinander:

Die Korrelationen der erhobenen Vitalitätsparameter untereinander variieren kaum zwischen den Untersuchungsgebieten. Eine Ausnahme ist die Ausbildung von Blütenknospen, welche im Neuthal praktisch keinen Zusammenhang mit einem anderen Merkmal hat ($0.025 \leq r \leq 0.200$), im Neuriedtli jedoch mit Stengel- und Blattmassen höhere Korrelationen aufweist ($-0.536 \leq r \leq -0.699$). Die Korrelationsmatrix für alle Gebiete befindet sich im Anhang (Tab. 50). Die Zusammenhänge der Deckung von *Filipendula ulmaria* mit den anderen Merkmalen sind schwach bis mittelstark: $r_{min} = 0.141$ mit der mittleren Rispenlänge, $r_{max} = 0.609$ mit der Anzahl Stengel.

Die vegetativen Merkmale weisen unter sich relativ starke positive Zusammenhänge auf. Am stärksten ist die Beziehung zwischen Stengeldurchmesser und Wuchshöhe mit einem Korrelationskoeffizienten von $r \geq 0.902$. Es fällt auf, dass die mittlere Blattbreite mit allen anderen Merkmalen bis zu doppelt so grosse Korrelationskoeffizienten bildet wie die maximale Blattbreite. Die Präsenz von roten Blattspitzen ist von allen anderen Merkmalen unabhängig ($r_{max} = 0.203$ mit der Ausbildung von Blütenknospen).

Bei den generativen Merkmalen fallen die Unabhängigkeiten der Rispengrösse ($r_{max} = 0.272$) und der Anzahl blühender Pflanzen ($r_{max} = 0.282$) von allen anderen Merkmalen auf. Die Anzahl Rispen dagegen weist mässig enge bis enge Zusammenhänge mit Stengelmassen und Blattlänge auf ($0.590 \leq r \leq 0.827$).

Reaktion der Gesamtvitalität auf einzelne Bodenfaktoren:

Die Art reagiert mit ihrem Wachstum am stärksten auf den Gesamtphosphorgehalt im Oberboden (vgl. Tab. 14). Der zweitwichtigste Faktor für die Vitalität

Tab. 14. *Filipendula ulmaria*: Reaktion der Gesamtvitalität auf die einzelnen Bodenfaktoren; mittlere Korrelationskoeffizienten der 1. Achse der HKA der Morphometrie mit den einzelnen Bodenfaktoren für das Neuthal, das Neuriedtli und beide Objekte gemeinsam. s = Standardabweichung des Gesamtmittels.
Filipendula ulmaria: response of total vitality to the single soil factors; average correlation coefficients of the 1st axis of pca of morphometry with the single soil factors. Calculated for Neuthal, Neuriedtli and for both sites together. s = standard deviation ot total average.

Anzahl Transekte	Neu-thal 6	Neu-riedtli 3	Gesamt-mittel 9	s	Anteil Transekte mit signifikanten Korrelationen p≤5%	p≤1%
Wassergehalt	0.586	0.555	0.576±0.197		7 / 9	5 / 9
NH_4-N	0.543	0.173	0.455±0.235		4 / 9	0 / 9
NO_3-N	0.574	0.557	0.568±0.153		8 / 9	5 / 9
Phosphor	0.621	0.607	0.617±0.180		7 / 9	5 / 9
PO_4	0.560	0.526	0.549±0.170		8 / 9	4 / 9
K	0.537	0.397	0.494±0.218		5 / 9	4 / 9
C/N	0.587	0.539	0.571±0.245		7 / 9	4 / 9

von *Filipendula ulmaria* ist der Feuchtegradient, gefolgt vom C-N-Verhältnis. Die Unterschiede zwischen den Untersuchungsgebieten sind mit Ausnahme des Ammonium-Stickstoffs und des Kaliums relativ gering. Wie die relativ grossen Standardabweichungen der Korrelationskoeffizienten von 27–51% zeigen, bestehen jedoch zwischen den einzelnen Transekten erhebliche Unterschiede.

Reaktion einzelner Vitalitätsparameter auf die Bodenmatrix:
Die Korrelationen der einzelnen Merkmale von *Filipendula ulmaria* mit der ersten Achse der HKA der Bodenmatrix unterscheiden sich von Transekt zu Transekt und von Gebiet zu Gebiet erheblich. Die Streuung zwischen den Transekten liegt zwischen 30% und 64% der Korrelationskoeffizienten. Die Anzahl signifikant mit der 1. Achse der Bodenmatrix korrelierender Merkmale hängt nicht vom Stichprobenumfang auf den Transekten ab. Auch vom Anteil der Abschnitte, in welchen das interessierende Merkmal ausgeprägt ist, sind die Korrelationskoeffizienten unabhängig.
Die vegetativen Merkmale zeigen die Nährstoffversorgung besser an als die generativen. Die maximale Wuchshöhe hat den engsten Zusammenhang mit der Bodenmatrix, gefolgt von der maximalen Blattlänge (vgl. Tab. 15). Die Korrelationen sind für beide Merkmale bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $p \leq 5\%$ auf 7 von 9 Transekten signifikant. Die Differenzen zwischen den sieben stärksten Korrelationen sind gering. Die etwas geringere Standard-

Tab. 15. *Filipendula ulmaria*: Indikation der Gesamtnährstoffversorgung durch einzelne Vitalitätsparameter. Korrelationen der Vitalitätsparameter mit der 1.Achse der HKA der Bodenmatrix. Mittlere Korrelationskoeffizienten im Neuthal, im Neurietli und Gesamtmittel. s = Standardabweichung des Gesamtmittels.
Filipendula ulmaria: indication of overall nutrient supply by single vitality parameters. Correlation of vitality parameters with the 1st axis of pca of the soil matrix. Average correlation coefficients of Neuthal, Neuriedtli and total average. s = standard deviation of total average.

Anzahl Transekte	Neu-thal 6	Neu-riedtli 3	Gesamt-mittel 9	s	Rang des Gesamt-mittels	Anteil Transekte mit signifikanten Korrelationen p≤5%	p≤1%
Deckung	0.591	0.439	0.545	±0.275	5	6/9	4/9
Anzahl Triebe	0.470	0.433	0.458	±0.157	13	4/9	4/9
maximale Wuchshöhe	0.579	0.522	0.561	±0.223	2	7/9	3/9
mittlere Wuchshöhe	0.576	0.480	0.546	±0.206	4	7/9	2/9
maximaler Stengeldurchmesser	0.574	0.411	0.526	±0.242	8	7/9	2/9
mittlerer Stengeldurchmesser	0.549	0.353	0.492	±0.236	11	5/9	2/9
maximale Blattlänge	0.528	0.604	0.555	±0.168	3	7/9	4/9
mittlere Blattlänge	0.519	0.571	0.537	±0.175	6	6/9	4/9
maximale Blattbreite	0.498	0.583	0.528	±0.193	7	7/9	4/9
mittlere Blattbreite	0.510	0.551	0.524	±0.158	9	7/9	4/9
Blattspitzen rot	0.435	0.312	0.393	±0.253	15	4/8	1/8
Blütenknospen vorhanden	0.307	0.326	0.317	±0.153	17	2/6	1/6
Anzahl fertile Triebe	0.507	0.124	0.420	±0.246	14	3/9	3/9
maximale Anzahl Infloreszenzen	0.468	0.583	0.509	±0.222	10	5/9	4/9
mittlere Anzahl Infloreszenzen	0.455	0.483	0.465	±0.278	12	4/9	3/9
maximale Infloreszenzlänge	0.410	0.105	0.340	±0.186	16	2/9	1/9
mittlere Infloreszenzlänge	0.321	0.102	0.269	±0.157	18	1/9	1/9
Gesamtvitalität	0.598	0.725	0.643	±0.217	1	8/9	5/9

abweichung von 30% gegenüber 40% macht deutlich, dass die maximale Blattlänge die Bodenwerte am zuverlässigsten anzeigt. Die Deckung weist die viertgrösste mittlere Korrelation mit der Bodenmatrix aus, die Werte streuen jedoch sehr stark. Die Standardabweichung dieser Korrelation ist halb so gross wie der Koeffizient. Von allen generativen Merkmalen korreliert die Anzahl Blütenstände mit Rang 9 noch am besten mit der Bodenmatrix ($r = 0.509 \pm 0.222$). Die Korrelationen der Maximalwerte der Vitalitätsparameter mit der Bodenmatrix sind, verglichen mit jenen der Mittelwerte, durchwegs höher.
Besser als irgendein einzelnes Merkmal vermag die Gesamtvitalität (Korrelation der 1. Achse der HKA der Vitalitätsparameter mit der 1. Achse der HKA der Bodenvariablen) die Bodenmatrix abzubilden ($r = 0.643 \pm 0.217$). Obwohl die Streuung auch in diesem Fall recht hoch ist, sind auf acht der neun ausgewerteten Transekte signifikante Zusammenhänge zu sehen ($p \leq 5\%$).

3.4.2.2. Arten, die mittlere Nährstoffgehalte anzeigen (Zeigerwert 3)

Holcus lanatus

Die Verbreitung von *Holcus lanatus* in den Untersuchungsgebieten erlaubt eine Auswertung von zehn der sechzehn Transekten. Die Stichprobenumfänge belaufen sich auf 5 bis 21 Abschnitte pro Transekt.

Verhältnisse der Vitalitätsparameter zueinander:

Wuchshöhen und Rispenlängen korrelieren in allen drei Untersuchungsgebieten gut miteinander (r = 0.756). Es bestehen kaum Unterschiede zwischen den Gebieten. Die Beziehung dieser beiden Parameter zur Anzahl blühender Pflanzen ist zwischen den Untersuchungsgebieten ebenfalls konstant, jedoch nur von geringer Stärke (r = 0.303).

Die Deckung korreliert mit der Anzahl Pflanzen in allen Gebieten gut (r = 0.632), die Korrelationen mit allen anderen Merkmalen sind im Neuriedtli um etwa einen Faktor 10 kleiner als in den beiden anderen Gebieten. Die Korrelationsmatrix befindet sich im Anhang (Tab. 51).

Reaktion der Gesamtvitalität auf einzelne Bodenfaktoren:

Das Wachstum von *Holcus lanatus* reagiert in den untersuchten Gebieten am direktesten auf die Versorgung mit Orthophosphat bzw. Gesamtphosphor (vgl. Tab. 16). In zweiter Linie wird die Vitalität der Art vom C-N-Verhältnis und vom Wassergehalt bestimmt. Die Versorgung mit Stickstoff scheint eine untergeordnete Rolle zu spielen, wobei der Einfluss von Ammonium noch geringer ist als jener des Nitrats.

Diese Zusammenhänge sind nur schwach bis mässig stark ausgeprägt. Wegen der grossen Streuungen (zwischen 49% und 68%) sowie des geringen Anteils an Transekten, welche signifikante Korrelationen aufweisen, können die Zusammenhänge nicht als gesichert betrachtet werden. Etwas zuverlässiger ist einzig die Korrelation zwischen der Gesamtvitalität und dem Gesamtphosphor. Die Streuung zwischen den Transekten beträgt hier 36.6%, und die Zusammenhänge sind auf vier der zehn Transekte signifikant (p=5%).

Reaktion einzelner Vitalitätsparameter auf die Bodenmatrix:

Die grossen Streuungen der mittleren Korrelationskoeffizienten von 35–62% zeigen, dass es bei den Reaktionen der einzelnen Vitalitätsparameter von *Holcus*

Tab. 16. *Holcus lanatus*: Reaktion der Gesamtvitalität auf die einzelnen Bodenfaktoren; mittlere Korrelationskoeffizienten der 1. Achse der HKA der Morphometrie mit den einzelnen Bodenfaktoren für den Rod, das Neuthal, das Neuriedtli und alle drei Objekte gemeinsam. s = Standardabweichung des Gesamtmittels.
Holcus lanatus: response of total vitality to the single soil factors; average correlation coefficients of the 1st axis of pca of morphometry with the single soil factors. Calculated for Rod, Neuthal, Neuriedtli and for all 3 sites together. s = standard deviation ot total average.

Anzahl Transekte	Rod 4	Neu-thal 3	Neu-riedtli 3	Gesamt-mittel 10	s	Anteil Transekte mit signifikanten Korrelationen p≤5%	p≤1%
Wassergehalt	0.508	0.472	0.265	0.433	±0.240	2/10	2/0
NH_4-N	0.332	0.421	0.299	0.362	±0.244	1/10	1/10
NO_3-N	0.506	0.385	0.298	0.403	±0.199	2/10	1/10
Phosphor	0.599	0.452	0.264	0.458	±0.247	4/10	2/10
PO_4	0.453	0.486	0.444	0.464	±0.170	2/10	1/10
K	0.541	0.371	0.351	0.424	±0.273	3/10	1/10
C/N	0.601	0.442	0.112	0.436	±0.245	2/10	2/10

lanatus auf die Bodenmatrix erhebliche Unterschiede zwischen den Transekten gibt. Die Zusammenhänge sind schwach bis mässig ausgeprägt ($0.359 \leq r \leq 0.505$, vgl Tab.17).
Die vegetativen Vitalitätsparameter geben die Bodenverhältnisse besser wieder als die generativen. Die Indikatoreigenschaft der Anzahl Pflanzen pro Tran-

Tab. 17. *Holcus lanatus*: Indikation der Gesamtnährstoffversorgung durch einzelne Vitalitätsparameter. Korrelationen der Vitalitätsparameter mit der 1.Achse der HKA der Bodenmatrix. Mittlere Korrelationskoeffizienten im Rod, im Neuthal, im Neuriedtli und Gesamtmittel. s = Standardabweichung des Gesamtmittels.
Holcus lanatus: indication of overall nutrient supply by single vitality parameters. Correlation of vitality parameters with the 1st axis of pca of the soil matrix. Average correlation coefficients of Rod, Neuthal, Neuriedtli and total average. s = standard deviation of total average.

Anzahl Transekte	Rod 4	Neu-thal 3	Neu-riedtli 3	Gesamt-mittel 10	s	Rang des Ge-samt-mittels	Anteil Transekte mit signifikanten Korrelationen p≤5%	p≤1%
Deckung	0.486	0.564	0.161	0.440	±0.250	3	3/9	1/9
Anzahl Pflanzen	0.399	0.474	0.034	0.371	±0.229	6	2/10	0/10
Anzahl blühende Pflanzen	0.325	0.465	0.182	0.359	±0.184	8	1/8	0/8
maximale Wuchshöhe	0.559	0.539	0.386	0.505	±0.227	1	3/10	2/10
mittlere Wuchshöhe	0.504	0.510	0.388	0.474	±0.170	2	3/10	2/10
maximale Rispenlänge	0.544	0.449	0.212	0.428	±0.260	5	3/10	2/10
mittlere Rispenlänge	0.413	0.402	0.211	0.359	±0.210	7	3/10	1/10
Gesamtvitalität	0.546	0.452	0.218	0.431	±0.257	4	3/10	2/10

sektabschnitt liegt dazwischen. Die beste Bodenindikation erfolgt durch die Wuchshöhen (r = 0.505), gefolgt von der Deckung (r = 0.440). Die maximale Wuchshöhe streut mit 35% des Korrelationskoeffizienten am wenigsten von allen Parametern. Auch bei *Holcus lanatus* weisen die Maximalwerte der Vitalitätsparameter die grösseren Korrelationen auf als ihre Mittelwerte.
Auf dem grössten Teil der Transekte sind die Zusammenhänge der Vitalitätsparameter mit der Bodenmatrix nicht signifikant. Daraus muss geschlossen werden, dass *Holcus lanatus* keine zuverlässigen Aussagen über die Nährstoffversorgung des Bodens machen kann.

Phragmites communis

Phragmites communis wächst nur im Rod und im Neuthal. An diesen beiden Orten ist die Art auf allen Transekten gut vertreten. Somit können Daten von zehn der sechzehn Transekte ausgewertet werden. Die Stichproben umfassen zwischen 10 und 26 Abschnitte pro Transekt.

Verhältnisse der Vitalitätsparameter zueinander:
Die Korrelationen der Vitalitätsparameter untereinander ergeben z.T. erhebliche Unterschiede zwischen den beiden Untersuchungsorten. So sind im Rod die Zusammenhänge zwischen der Ausbildung von Knospen und den anderen Vitalitätsparametern auf noch schwach bis mittelstark ($0.153 \leq r \leq 0.658$) zu taxieren. Im Neuthal zeigt dieses Merkmal nur eine einzige nennenswerte

Tab. 18. *Phragmites communis*: Reaktion der Gesamtvitalität auf die einzelnen Bodenfaktoren; mittlere Korrelationskoeffizienten der 1. Achse der HKA der Morphometrie mit den einzelnen Bodenfaktoren für den Rod, das Neuthal und beide Objekte gemeinsam. s = Standardabweichung des Gesamtmittels.
Phragmites communis: response of total vitality to the single soil factors; average correlation coefficients of the 1st axis of pca of morphometry with the single soil factors. Calculated for Rod, Neuthal and for both sites together. s = standard deviation ot total average.

	Rod	Neu-thal	Gesamt-mittel s	Anteil Transekte mit signifikanten Korrelationen	
Anzahl Transekte	4	6	10	p≤5%	p≤1%
Wassergehalt	0.121	0.265	0.219±0.144	0/10	0/10
NH_4-N	0.213	0.380	0.324±0.201	2/10	0/10
NO_3-N	0.241	0.264	0.255±0.120	0/10	0/10
Phosphor	0.156	0.235	0.207±0.117	0/10	0/10
PO_4	0.130	0.286	0.236±0.112	0/10	0/10
K	0.076	0.255	0.203±0.131	0/10	0/10
C/N	0.327	0.347	0.339±0.127	1/01	0/10

Korrelation mit einem Koeffizienten von r ≥ 0.1 auf, und zwar jene mit der maximalen Rispenlänge (r = 0.300). Ein anderes Beispiel ist die mittlere Stengeldicke, die im Rod mit immerhin 3 anderen Merkmalen sehr hohe Korrelationen aufweist (r ≥ 0.9), während im Neuthal die entsprechenden Werte 0.29 nicht überschreiten.
Die Korrelationen von Stengelzahl, Blattlängen, Rispengrössen und Wuchshöhen untereinander weisen weniger grosse Unterschiede zwischen dem Rod und dem Neuthal auf.
Für beide Orte ist der engste Zusammenhang zwischen der mittleren Blattlänge und der mittleren Wuchshöhe zu finden (r = 0.942), gefolgt vom Verhältnis zwischen maximaler Wuchshöhe und maximaler Stengeldicke (r = 0.831).
Schwache Zusammenhänge existieren noch zwischen der Deckung und der maximalen Wuchshöhe und (r_{max} = 0.459), sowie zwischen der mittleren Stengeldicke und der mittleren Blattlänge (r_{max} = 0.307). Weitere Zusammenhänge sind nicht erkennbar. Die vollständige Korrelationsmatrix findet sich im Anhang (Tab. 52).

Tab. 19. *Phragmites communis*: Indikation der Gesamtnährstoffversorgung durch einzelne Vitalitätsparameter. Korrelationen der Vitalitätsparameter mit der 1.Achse der HKA der Bodenmatrix. Mittlere Korrelationskoeffizienten im Rod, im Neuthal und Gesamtmittel. s = Standardabweichung des Gesamtmittels. • = uniforme Merkmalsausprägung oder Merkmal nicht ausgebildet, weshalb keine Korrelation gerechnet werden kann.
Phragmites communis: indication of overall nutrient supply by single vitality parameters. Correlation of vitality parameters with the 1st axis of pca of the soil matrix. Average correlation coefficients of Rod, Neuthal and total average. s = standard deviation of total average.

	Rod	Neu-thal	Gesamt-mittel	s	Rang des Gesamt-mittels	Anteil Transekte mit signifikanten Korrelationen	
Anzahl Transekte	4	6	10			p≤5%	p≤1%
Deckung	0.420	0.441	0.433	±0.258	1	2/10	1/10
Anzhl Stengel	0.192	0.277	0.246	±0.127	9	0/10	0/10
Knospen vorhanden	0.139	0.463	0.261	±0.184	8	0/4	0/4
Anzahl blühender Stengel	0.091	•	0.091	±0.083	13	0/2	0/2
mittlere Wuchshöhe	0.132	0.252	0.212	±0.114	11	0/10	0/10
maximale Wuchshöhe	0.346	0.448	0.411	±0.270	2	4/10	1/10
mittlere Stengeldicke	0.173	0.232	0.210	±0.113	12	0/10	0/10
maximale Stengeldicke	0.214	0.417	0.350	±0.240	3	2/10	1/10
mittlere Rispenlänge	0.265	0.306	0.289	±0.140	6	1/7	0/7
maximale Rispenlänge	0.269	0.327	0.309	±0.182	5	2/9	1/9
mittlere Blattlänge	0.175	0.321	0.272	±0.154	7	1/10	0/10
maximale Blattlänge	0.068	0.430	0.336	±0.245	4	3/10	2/10
Gesamtvitalität	0.156	0.259	0.224	±0.132	10	0/10	0/10

Reaktion der Gesamtvitalität auf einzelne Bodenfaktoren:
Die Vitalität des Schilfes scheint in den untersuchten Gebieten weitgehend unabhängig vom Wassergehalt des Bodens und der Nährstoffversorgung zu sein. Keiner der erfassten Bodenparameter korreliert auf mehreren Transekten signifikant mit der Gesamtvitalität (vgl. Tab. 18). Das C-N-Verhältnis und der aktuelle Ammonium-Gehalt des Bodens weisen mit Koeffizienten von $r = 0.339 \pm 0.234$ bzw. $r = 0.324 \pm 0.341$ die stärksten Korrelationen mit der Gesamtmorphometrie auf. In beiden Fällen ist die Streuung zwischen den Transekten mit 85% bzw. 97% des Koeffizienten sehr gross, und nur auf einem bzw. zwei Transekten ist der Zusammenhang signifikant.

Reaktion einzelner Vitalitätsparameter auf die Bodenmatrix:
Die Zusammenhänge der einzelnen Vitalitätsparameter mit der Bodenmatrix sind schwach ausgeprägt. Auch hier sind die Streuungen zwischen den Transekten ungefähr halb so gross bis gleich gross wie die Korrelationskoeffizienten selbst (vgl. Tab. 19). Einzig für die Deckung ($r = 0.433 \pm 0.258$, bei zwei von zehn signifikanten Korrelationen) oder die maximale Wuchshöhe ($r = 0.411 \pm 0.270$ bei vier von zehn signifikanten Korrelationen) kann ein Zusammenhang mit der Bodenmatrix angenommen werden.

Angelica silvestris
Angelica silvestris wächst auf insgesamt neun der sechzehn Transekte genügend häufig für eine Auswertung. Im Neuthal kommt sie auf den auswertbaren Transekten lediglich mit grundständigen Blättern vor. Die Stichprobenumfänge betragen zwischen fünf und sechzehn Abschnitte pro Transekt.
Verhältnisse der Vitalitätsparameter zueinander:
Die grössten Unterschiede zwischen den Untersuchungsobjekten zeigen sich in den Korrelationen der Anzahl Pflanzen mit allen anderen Vitalitätsparametern sowie in den Korrelationen der Ausbildung von Knospen mit Wuchshöhen und Doldengrössen. Die übrigen Vitalitätsparameter unterscheiden sich in ihren Verhältnissen zueinander kaum zwischen den Untersuchungsobjekten.
Die Deckung weist mit allen anderen Parametern nur schwache bis mässig starke Zusammenhänge auf ($0.216 \leq r \leq 0.441$). Der engste Zusammenhang besteht zwischen den Doldengrössen und der Wuchshöhe mit $r = 0.984$ für die Mittelwerte, gefolgt von der Korrelation zwischen Doldengrösse und Anzahl Dolden mit $r = 0.850$ für die Maximalwerte. Die Längen der grundständigen Blätter korrelieren ebenfalls sehr stark mit deren Fiederungsgrad ($r = 0.842$ für

Tab. 20. *Angelica silvestris*: Reaktion der Gesamtvitalität auf die einzelnen Bodenfaktoren; mittlere Korrelationskoeffizienten der 1. Achse der HKA der Morphometrie mit den einzelnen Bodenfaktoren für den Rod, das Neuthal, das Neuriedtli und alle drei Objekte gemeinsam. s = Standardabweichung des Gesamtmittels.
Angelica silvestris: response of total vitality to the single soil factors; average correlation coefficients of the 1st axis of pca of morphometry with the single soil factors. Calculated for Rod, Neuthal, Neuriedtli and for all 3 sites together. s = standard deviation ot total average.

Anzahl Transekte	Rod 3	Neu-thal 3	Neu-riedtli 3	Gesamt-mittel 9	s	Anteil Transekte mit signifikanten Korrelationen p≤5%	p≤1%
Wassergehalt	0.334	0.410	0.267	0.342	±0.198	0/9	0/9
NH_4-N	0.353	0.745	0.273	0.501	±0.234	1/9	0/9
NO_3-N	0.272	0.330	0.363	0.324	±0.174	0/9	0/9
Phosphor	0.313	0.426	0.312	0.355	±0.208	0/9	0/9
PO_4	0.404	0.711	0.295	0.502	±0.297	4/9	1/9
K	0.213	0.598	0.074	0.369	±0.279	1/9	1/9
C/N	0.282	0.352	0.402	0.349	±0.231	1/9	0/9

die Maximalwerte). Die für alle Gebiete gemeinsam berechnete Korrelationsmatrix findet sich im Anhang (vgl. Tab. 53).

Reaktion der Gesamtvitalität auf einzelne Bodenfaktoren:

Zuverlässige Aussagen zur Reaktion der Gesamtvitalität von *Angelica silvestris* auf einzelne Bodenfaktoren lassen sich kaum machen. Die stärkste Reaktion zeigt die Art gleichermassen auf den Ammonium- und den Orthophosphatgehalt (vgl. Tab. 20). Obwohl diese Korrelationen wenigstens mässig stark sind, muss ihre Aussagekraft aufgrund der grossen Streuung von 47–75% der Koeffizienten eingeschränkt werden. Die Korrelation mit dem Orthophosphat ist wenigstens auf vier der neun Transekte bei 5% Irrtumswahrscheinlichkeit signifikant und kann als mässig zuverlässig betrachtet werden.

Alle anderen Zusammenhänge sind nur auf einem oder gar keinem Transekt signifikant und müssen deshalb als zufällig betrachtet werden.

Reaktion einzelner Vitalitätsparameter auf die Bodenmatrix:

Entsprechend den Zusammenhängen zwischen Gesamtvitalität und einzelnen Bodenfaktoren sind auch die Zusammenhänge zwischen einzelnen Vitalitätsparametern und der Bodenmatrix bestenfalls mässig stark ausgeprägt, und ihre Aussagekraft relativ schwach.

Die generativen Merkmale wie Doldenzahl und -grösse sowie die Ausbildung von Knospen sind von der Bodenmatrix unabhängig (r_{max} = 0.266, Signifikanz wird auf keinem Transekt erreicht, vgl. Tab. 21).

Tab. 21. *Angelica silvestris*: Indikation der Gesamtnährstoffversorgung durch einzelne Vitalitätsparameter. Korrelationen der Vitalitätsparameter mit der 1.Achse der HKA der Bodenmatrix. Mittlere Korrelationskoeffizienten im Rod, im Neuthal, im Neuriedtli und Gesamtmittel. s = Standardabweichung des Gesamtmittels.• = uniforme Merkmalsausprägung oder Merkmal nicht ausgebildet, weshalb keine Korrelation gerechnet werden kann.
Angelica silvestris. indication of overall nutrient supply by single vitality parameters. Correlation of vitality parameters with the 1st axis of pca of the soil matrix. Average correlation coefficients of Rod, Neuthal, Neuriedtli and total average. s = standard deviation of total average.• = uniform expression of the parameter or parameter not present. Therefor correlations can not be calculated.

Anzahl Transekte	Rod 3	Neu-thal 3	Neu-riedtli 3	Gesamt-mittel 9	s	Rang des Ge-samt-mittels	Anteil Transekte mit signifikanten Korrelationen p≤5%	p≤1%
Deckung	0.490	0.546	0.669	0.573	±0.234	1	3/9	3/9
Anzahl Pflanzen	0.243	0.664	0.174	0.379	±0.236	4	0/8	0/8
Knospen	0.255	•	0.229	0.240	±0.166	14	0/5	0/5
Wuchshöhe	0.300	•	0.424	0.367	±0.161	7	1/6	0/6
maximale Anzahl Grundblätter	0.182	0.325	0.354	0.297	±0.183	10	0/9	0/9
mittlere Anzahl Grundblätter	0.200	0.287	0.504	0.354	±0.252	8	2/9	1/9
maximale Blattlänge	0.433	0.647	0.492	0.532	±0.259	2	4/9	2/9
mittlere Blattlänge	0.500	0.630	0.263	0.489	±0.274	3	3/9	1/9
maximaler Fiederungsgrad	0.069	0.497	0.276	0.331	±0.232	9	0/9	0/9
mittlerer Fiederungsgrad	0.207	0.553	0.270	0.375	±0.239	5	1/9	0/9
Anzahl Dolden	0.307	•	0.216	0.266	±0.126	11	0/6	0/6
maximale Doldengrösse	0.296	•	0.225	0.263	±0.109	12	0/6	0/6
mittlere Doldengrösse	0.296	•	0.216	0.259	±0.081	13	0/6	0/6
Gesamtvitalität	0.348	0.467	0.280	0.373	±0.217	6	1//9	0/9

Die engsten Zusammenhänge zur Bodenmatrix zeigen die Deckung (r = 0.573) und die Blattlängen (r = 0.532 bzw. r = 0.489 für Maximal- und Mittelwerte). Die Korrelation der Deckung mit der Bodenmatrix streut am wenigsten (s = 41% des Koeffizienten gegenüber 49% bzw. 56%). Die Zuverlässigkeit dieser Korrelationen ist eingeschränkt. Lediglich auf vier (maximale Blattlänge) bzw. drei Transekten wird ein Signifikanzniveau von 5% erreicht.
Die übrigen vegetativen Vitalitätsmerkmale reagieren nur schwach auf die Bodenmatrix ($0.297 \leq r \leq 0.379$). Mit einer Ausnahme sind die Korrelationen auf keinem oder nur auf einem einzigen Transekt signifikant.
Die Gesamtvitalität korreliert ebenfalls nur schwach mit der Bodenmatrix (vgl. Tab. 21) bei einer Streuung von 58% des Koeffizienten. Der Zusammenhang ist auf einem einzigen Transekt signifikant.

Lysimachia vulgaris

Die Vitalitätsparameter von *Lysimachia vulgaris* konnten auf vierzehn Transekten in allen Gebieten ausgewertet werden. Die Stichprobenumfänge bewegen sich zwischen 12 und 36 Abschnitten pro Transekt.

Verhältnisse der Vitalitätsparameter zueinander:

Die Wuchshöhen sind, über alle Gebiete betrachtet, unabhängig von allen anderen Vitalitätsparametern ($0.002 \leq r \leq 0.210$). Zwischen den einzelnen Orten bestehen jedoch grosse Unterschiede. Dies erhellt sich aus den Korrelationen zwischen maximaler Stengeldicke und maximaler Wuchshöhe: Rod: $r = 0.84$; Neuthal: $r = 0.03$; Neuriedtli: $r = 0.35$. Die Korrelationen der anderen Vitalitätsparameter untereinander unterscheiden sich weniger stark zwischen den Gebieten. Die Differenzen sind meist kleiner als 50% des grössten Koeffizienten. Die Anzahl Pflanzen auf den Transektabschnitten ist einzig mit der Deckung mässig stark korreliert ($r = 0.552$). Diese weist mit den Maximalwerten von Stengeldicke, Blütenzahl und Quirlblätterzahl sowie mit der Anzahl blühender Pflanzen Korrelationen von $r > 0.5$ auf. Die Zusammenhänge zwischen allen anderen Vitalitätsparametern sind mässig stark bis schwach. Die grösste Korrelation besteht zwischen der maximalen Blütenzahl pro Pflanze und der maximalen Anzahl blühender Pflanzen ($r = 0.671$) gefolgt von der Korrelation der maximalen Blütenzahl mit der Ausbildung von Blütenknospen ($r = 0.583$). Die vollständige Korrelationsmatrix findet sich im Anhang (Tab. 54).

Tab. 22. *Lysimachia vulgaris*: Reaktion der Gesamtvitalität auf die einzelnen Bodenfaktoren; mittlere Korrelationskoeffizienten der 1. Achse der HKA der Morphometrie mit den einzelnen Bodenfaktoren für den Rod, das Neuthal, das Neuriedtli und alle drei Objekte gemeinsam. s = Standardabweichung des Gesamtmittels.
Lysimachia vulgaris: response of total vitality to the single soil factors; average correlation coefficients of the 1st axis of pca of morphometry with the single soil factors. Calculated for Rod, Neuthal, Neuriedtli and for all 3 sites together. s = standard deviation ot total average.

	Rod	Neu-thal	Neu-riedtli	Gesamt-mittel	s	Anteil Transekte mit signifikanten Korrelationen	
Anzahl Transekte	3	6	5	14		p≤5%	p≤1%
Wassergehalt	0.323	0.491	0.220	0.378	±0.202	6/14	3/14
NH_4-N	0.372	0.429	0.161	0.343	±0.182	6/14	3/14
NO_3-N	0.321	0.454	0.302	0.378	±0.161	5/14	4/14
Phosphor	0.308	0.483	0.330	0.399	±0.180	8/14	4/14
PO_4	0.328	0.381	0.230	0.323	±0.162	7/14	2/14
K	0.316	0.421	0.193	0.333	±0.185	5/14	3/14
C/N	0.254	0.439	0.324	0.366	±0.206	6/14	2/14

Reaktion der Gesamtvitalität auf einzelne Bodenfaktoren:
Die Reaktion der Gesamtvitalität von *Lysimachia vulgaris* auf einzelne Bodenfaktoren (d.h. die Korrelation der 1. Achse der HKA der Vitalitätsparameter mit einzelnen Bodenfaktoren) ist relativ schwach ausgeprägt, die Streuungen zwischen den Transekten im Vergleich zu den Korrelationskoeffizienten mit 42%–56% des Korrelationskoeffizienten relativ hoch (vgl. Tab. 22). Am direktesten reagiert das Wachstum der Art auf den Gesamtphosphorgehalt (r = 0.399), gefolgt vom Nitratgehalt und dem Wassergehalt (r = 0.378). Die Differenz zu den übrigen Bodenfaktoren ist jedoch gering.

Reaktion einzelner Vitalitätsparameter auf die Bodenmatrix:
Die Zusammenhänge zwischen einzelnen Vitalitätsparametern und der Bodenmatrix sind ebenfalls mässig bis schwach ausgeprägt. Die Unterschiede zwischen den einzelnen Transekten sind relativ gross. Die Standardabweichung schwankt um 34% des Korrelationskoeffizienten für die mittlere Wuchshöhe und um 62% für die mittlere Blütenzahl pro Pflanze.
Die vegetativen Vitalitätsparameter von *Lysimachia vulgaris* reagieren stärker

Tab. 23. *Lysimachia vulgaris*: Indikation der Gesamtnährstoffversorgung durch einzelne Vitalitätsparameter. Korrelationen der Vitalitätsparameter mit der 1.Achse der HKA der Bodenmatrix. Mittlere Korrelationskoeffizienten im Rod, im Neuthal, im Neuriedtli und Gesamtmittel. s = Standardabweichung des Gesamtmittels. • = uniforme Merkmalsausprägung oder Merkmal nicht ausgebildet, weshalb keine Korrelation gerechnet werden kann.
Lysimachia vulgaris: indication of overall nutrient supply by single vitality parameters. Correlations of vitality parameters with the 1st axis of pca of the soil matrix. Average correlation coefficients of Neuthal, Neuriedtli and total average. s = standard deviation of total average.

	Rod	Neu-thal	Neu-riedtli	Gesamt-mittel	s	Rang des Ge-samt-mittels	Anteil Transekte mit signifikanten Korrelationen	
Anzahl Transekte	3	6	5	14			p≤5%	p≤1%
Deckung	0.311	0.414	0.299	0.355	±0.185	6	6/14	0/14
Anzahl Pflanzen	0.165	0.246	0.295	0.251	±0.121	9	2/14	1/14
Knospen	0.139	•	0.150	0.146	±0.079	13	0/6	0/6
Anzahl blühende Pflanzen	0.266	0.243	0.236	0.246	±0.126	10	1/13	0/13
maximale Wuchshöhe	0.463	0.613	0.487	0.540	±0.224	2	10/14	9/13
mittlere Wuchshöhe	0.517	0.595	0.523	0.554	±0.221	1	9/14	8/14
maximale Stengeldicke	0.325	0.509	0.241	0.393	±0.230	4	6/14	3/14
mittlere Stengeldicke	0.365	0.520	0.212	0.401	±0.235	3	6/14	3/14
maximale Blütenzahl	0.290	0.243	0.138	0.222	±0.117	12	1/14	0/14
mittlere Blütenzahl	0.240	0.317	0.077	0.233	±0.146	11	2/14	1/14
maximale Quirlblätterzahl	0.143	0.473	0.276	0.347	±0.180	8	6/14	3/14
mittlere Quirlblätterzahl	0.163	0.482	0.247	0.352	±0.183	7	5/14	2/14
Gesamtvitalität	0.195	0.463	0.233	0.372	±0.194	5	7/14	3/14

und zuverlässiger auf den Nährstoffgehalt im Boden als die generativen. Die beste Bodenindikation erfolgt durch die Wuchshöhe (r = 0.554), deren Zusammenhang mit der Bodenmatrix auf zwei Dritteln aller Transekten bei $p \leq 5\%$ signifikant ist (r = 0.401), gefolgt von der mittleren Stengeldicke, die noch auf sechs Transekten einen signifikanten Zusammenhang mit der Bodenmatrix aufweist (vgl. Tab. 23). Blütenzahl pro Pflanze, Anzahl blühender Pflanzen und die Ausbildung von Blütenknospen sind von der Nährstoffversorgung durch den Boden unabhängig ($0.146 \leq r \leq 0.246$). Bei allen Vitalitätsmassen zeigen die mittleren Werte die Bodenmatrix besser an als die Maximalwerte.
Die Indikation der Bodenmatrix durch die Gesamtvitalität der Art ist eher schwach. Mit einem Korrelationskoeffizienten von r = 0.372 liegt sie zwischen jener der vegetativen und jener der generativen Merkmale.

Mentha aquatica

Mentha aquatica wächst nur im Rod häufig genug, dass die Transekte einzeln ausgewertet werden können. Vier Transekte können ausgewertet werden. Die Stichprobenumfänge betragen zwischen elf und neunzehn Abschnitte pro Transekt.

Verhältnisse der Vitalitätsparameter zueinander:
Wuchshöhen, Stengeldicken und Blattlängen von *Mentha aquatica* sind am stärksten miteinander verbunden ($0.805 \leq r \leq 0.873$). Ebenfalls eng ist der Zu-

Tab. 24. *Mentha aquatica*: Reaktion der Gesamtvitalität auf die einzelnen Bodenfaktoren; mittlere Korrelationskoeffizienten der 1. Achse der HKA der Morphometrie mit den einzelnen Bodenfaktoren für den Rod. s = Standardabweichung.
Mentha aquatica: response of total vitality to the single soil factors; average correlation coefficients of the 1st axis of pca of morphometry with the single soil factors. Calculated for Rod. s = standard deviation.

	Rod	s	Anteil Transekte mit signifikanten Korrelationen	
Anzahl Transekte	4		p≤5%	p≤1%
Wassergehalt	0.200	±0.132	0/4	0/4
NH4-N	0.243	±0.136	0/4	0/4
NO3-N	0.163	±0.137	0/4	0/4
Phosphor	0.285	±0.176	1/4	0/4
PO4	0.273	±0.140	0/4	0/4
K	0.200	±0.102	0/4	0/4
C/N	0.225	±0.185	1/4	0/4

sammenhang zwischen der Anzahl Blütenstände und der Wuchshöhe (r = 0.724 für die Mittelwerte) und noch mässig eng zwischen der Anzahl Blütenstände und der Blattlänge (r = 0.545). Die Anzahl Stengel korreliert mässig stark mit allen anderen Vitalitätsparametern, ausser mit der Ausbildung von Knospen. Alle anderen Vitalitätsparameter sind voneinander mehr oder weniger unabhängig. Die vollständige Korrelationsmatrix ist dem Anhang (Tab. 55) zu entnehmen.

Reaktion der Gesamtvitalität auf einzelne Bodenfaktoren:
Die Gesamtvitalität von *Mentha aquatica* zeigt im Rod weder auf die Nährstoffversorgung noch auf die Bodenfeuchtigkeit eine nennenswerte Reaktion (vgl. Tab. 24). Alle Korrelationen zwischen der 1. Achse und den Bodenfaktoren sind sehr klein bei sehr grossen Streuungen.

Reaktion einzelner Vitalitätsparameter auf die Bodenmatrix:
Auch die einzelnen Vitalitätsparameter reagieren nur schwach auf den Bodengradienten. Der einzige erwähnenswerte Zusammenhang besteht mit der Anzahl Stengel (r = 0.419, vgl. Tab. 25). Alle anderen Korrelationen sind schwach und höchstens auf einem der vier Transekte signifikant auf dem 5%-Niveau.

Tab. 25. *Mentha aquatica*: Indikation der Gesamtnährstoffversorgung durch einzelne Vitalitätsparameter. Korrelationen der Vitalitätsparameter mit der 1.Achse der HKA der Bodenmatrix. Mittlere Korrelationskoeffizienten im Rod. s = Standardabweichung.
Mentha aquatica: indication of overall nutrient supply by single vitality parameters. Correlations of vitality parameters with the 1st axis of pca of the soil matrix. Average correlation coefficients of Rod. s = standard deviation of total average.

Anzahl Transekte	Rod 4	s	Rang	Anteil Transekte mit signifikanten Korrelationen p≤5%	p≤1%
Deckung	0.351	±0.164	4	1/4	0/4
Anzahl Stengel	0.419	±0.175	1	2/4	0/4
Knospen	0.378	±0.222	3	1/4	0/4
Anzahl blühende Pflanzen	0.384	±0.296	2	1/3	1/3
maximale Wuchshöhe	0.235	±0.142	8	0/4	0/4
mittlere Wuchshöhe	0.213	±0.075	12	0/4	0/4
maximale Stengeldicke	0.208	±0.128	13	0/4	0/4
mittlere Stengeldicke	0.214	±0.122	11	0/4	0/4
maximale Anzahl Blütenstände	0.252	±0.150	6	1/4	0/4
mittlere Anzahl Blütenstände	0.235	±0.136	7	0/4	0/4
maximale Länge des obersten Blattes	0.218	±0.049	10	0/4	0/4
mittlere Länge des obersten Blattes	0.222	±0.049	9	0/4	0/4
Gesamtvitalität	0.266	±0.106	5	0/4	0/4

3.4.2.3. Magerkeitszeigende Arten (Zeigerwert 2)

Carex davalliana

Carex davalliana wächst eher in den Zentren der Rieder. Nur im Neuthal und im Neuriedtli wächst sie bis nahe genug an den Rand, dass die Transekte ausgewertet werden können. Sieben der sechzehn Transekte können ausgewertet werden. Die Stichprobenumfänge betragen zwischen 6 und 30 Abschnitte pro Transekt.

Verhältnisse der Vitalitätsparameter zueinander:

Die erfassten Vitalitätsparameter sind voneinander nur schwach abhängig. Die maximale Ährenlänge und die Anzahl Stengel pro Abschnitt korrelieren mit einem Koeffizienten von r = 0.452 am stärksten miteinander, gefolgt vom Verhältnis Anzahl blühender Pflanzen zur Anzahl Stengel (r = 0.415) und vom Verhältnis maximaler Ährenlänge zu maximaler Wuchshöhe (r = 0.398). Alle anderen Vitalitätsparameter sind voneinander mehr oder weniger unabhängig (r_{max} = 0.303). Die meisten ihrer Korrelationen differieren von Untersuchungsobjekt zu Untersuchungsobjekt bis zu einem Faktor 10. Die Korrelationsmatrix befindet sich im Anhang (Tab. 56).

Reaktion der Gesamtvitalität auf einzelne Bodenfaktoren:

Eine zuverlässige Aussage darüber, welcher Bodenfaktor für die Vitalität von

Tab. 26. *Carex davalliana*: Reaktion der Gesamtvitalität auf die einzelnen Bodenfaktoren; mittlere Korrelationskoeffizienten der 1. Achse der HKA der Morphometrie mit den einzelnen Bodenfaktoren für das Neuthal, das Neuriedtli und beide Objekte gemeinsam. s = Standardabweichung des Gesamtmittels.
Carex davalliana: response of total vitality to the single soil factors; average correlation coefficients of the 1st axis of pca of morphometry with the single soil factors. Calculated for Neuthal, Neuriedtli and for both sites together. s = standard deviation ot total average.

Anzahl Transekte	Neu-thal 3	Neu-riedtli 4	Gesamt-mittel 7	s	Rang des Ge-samt-mittels	Anteil Transekte mit signifikanten Korrelationen p≤5%	p≤1%
Wassergehalt	0.440	0.481	0.464	±0.307	3	2/7	1/7
NH4-N	0.417	0.481	0.448	±0.307	4	2/7	1/7
NO3-N	0.200	0.471	0.375	±0.302	7	1/7	1/7
Phosphor	0.367	0.465	0.430	±0.294	5	2/7	1/7
PO4	0.357	0.472	0.427	±0.294	6	1/7	1/7
K	0.371	0.473	0.479	±0.290	2	1/7	1/7
C/N	0.437	0.546	0.507	±0.296	1	2/7	1/7

Carex davalliana limitierend wirkt, lässt sich anhand des erhobenen Datenmaterials nicht machen. Die Korrelationen sind im besten Fall auf zwei von sieben Transekten signifikant. Trotzdem lassen sich einige Tendenzen erkennen: Am direktesten ist die Abhängigkeit vom C-N-Verhältnis (r = 0.507 ± 0.296, vgl. Tab. 26). In zweiter Linie scheint die Kalium-Versorgung auf das Wachstum der Art zu wirken, gefolgt vom Feuchtegradienten. Der Stickstoff beeinflusst die Vitalität allenfalls in der Form von Ammonium. Zu beachten sind bei allen Korrelationen die grossen Streuungen zwischen den einzelnen Transekten mit Abweichungen von den Koeffizienten zwischen 58% und 81%.

Reaktion einzelner Vitalitätsparameter auf die Bodenmatrix:
Von allen betrachteten Vitalitätsparametern von *Carex davalliana* gibt die Deckung mit Abstand die beste und zuverlässigste Indikation der Bodenmatrix (r = 0.617 ± 0.306, vgl. Tab. 27). Die Streuung zwischen den einzelnen Transekten ist relativ gross, jedoch sind die Verhältnisse wenigstens auf drei der fünf auswertbaren Transekten signifikant. Soweit *Carex davalliana* auf Transekt 4 und 5 im Neuriedtli vorkommt, beträgt die Deckung uniform 2. Deshalb ist eine Auswertung nicht möglich. Die Wuchshöhen weisen als zweitbeste Bodenindikatoren mässig gute Korrelationen mit der Bodenmatrix auf. Für die mittlere Wuchshöhe beträgt der Koeffizient r = 0.515 ± 0.324.
Die generativen Vitalitätsmerkmale von *Carex davalliana* reagieren nicht auf

Tab. 27. *Carex davalliana:* Indikation der Gesamtnährstoffversorgung durch einzelne Vitalitätsparameter. Korrelationen der Vitalitätsparameter mit der 1.Achse der HKA der Bodenmatrix. Mittlere Korrelationskoeffizienten im Neuthal, im Neuriedtli und Gesamtmittel. s = Standardabweichung des Gesamtmittels.
Carex davalliana: indication of overall nutrient supply by single vitality parameters. Correlations of vitality parameters with the 1st axis of pca of the soil matrix. Average correlation coefficients of Neuthal, Neuriedtli and total average. s = standard deviation of total average.

Anzahl Transekte	Neu-thal 3	Neu-riedtli 4	Gesamt-mittel 7	s	Rang des Ge-samt-mittels	Anteil Transekte mit signifikanten Korrelationen p≤5%	p≤1%
Deckung	0.567	0.685	0.617	±0.306	1	3/5	3/5
Anzahl Stengel	0.341	0.685	0.372	±0.163	5	0/7	0/7
Anzahl blühende Pflanzen	0.339	0.394	0.339	±0.205	6	1/7	0/7
maximale Wuchshöhe	0.429	0.340	0.449	±0.244	3	2/7	1/7
mittlere Wuchshöhe	0.374	0.463	0.515	±0.324	2	3/7	2/7
maximale Ährenlänge	0.151	0.599	0.285	±0.192	7	0/7	0/7
mittlere Ährenlänge	0.186	0.354	0.185	±0.102	8	0/7	0/7
Gesamtvitalität	0.363	0.185	0.425	±0.289	4	2/7	1/7

die Versorgung mit Bodennährstoffen (r_{max} = 0.339, signifikant auf keinem Transekt).
Die Gesamtvitalität der Art eignet sich mit einem Korrelationskoeffizienten von r = 0.425 ± 0.289 und einem Anteil von nur zwei von sieben Transekten mit signifikanten Korrelationen nicht mehr gut für eine Bodenindikation.

Carex hostiana

Obwohl *Carex hostiana* in den Untersuchungsgebieten weit verbreitet ist, ist die Art auf den Transekten nicht häufig anzutreffen. Eine Auswertung ist lediglich auf insgesamt sechs Transekten im Rod und im Neuriedtli möglich. Die Stichprobenumfänge liegen zwischen fünf und zehn Abschnitten pro Transekt.

Verhältnisse der Vitalitätsparameter zueinander:
Die Zusammenhänge der Deckung mit allen anderen Vitalitätsparametern zeigen grosse Differenzen zwischen den Untersuchungsgebieten. Einzig die Korrelation mit der Anzahl blühender Pflanzen ist überall etwa gleich (r = 0.613). Die Korrelationen der übrigen Vitalitätsparameter untereinander differieren nur unbedeutend zwischen den Untersuchungsgebieten. Die maximalen Wuchshöhen und die maximale Anzahl Ähren sind mit einer Korrelation von r = 0.885 sehr eng gekoppelt. Die Korrelationen zwischen der Anzahl Pflanzen und den maximalen Wuchshöhen bzw. der maximalen Anzahl Ähren sind mit Koeffizienten von r = 0.769 bzw. r = 0.709 ebenfalls stark. Die Anzahl blühender

Tab. 28. *Carex hostiana*: Reaktion der Gesamtvitalität auf die einzelnen Bodenfaktoren; mittlere Korrelationskoeffizienten der 1. Achse der HKA der Morphometrie mit den einzelnen Bodenfaktoren für den Rod, das Neuriedtli und beide Objekte gemeinsam. s = Standardabweichung des Gesamtmittels.
Carex hostiana: response of total vitality to the single soil factors; average correlation coefficients of the 1st axis of pca of morphometry with the single soil factors. Calculated for Rod, Neuriedtli and for both sites together. s = standard deviation ot total average.

	Rod	Neu-riedtli	Gesamt-mittel	s	Anteil Transekte mit signifikanten Korrelationen	
Anzahl Transekte	2	4	6		p≤5%	p≤1%
Wassergehalt	0.646	0.500	0.553	±0.301	2/6	0/6
NH_4-N	0.667	0.500	0.562	±0.285	2/6	0/6
NO_3-N	0.661	0.501	0.543	±0.321	2/6	0/6
Phosphor	0.668	0.474	0.531	±0.361	2/6	0/6
PO_4	0.663	0.448	0.569	±0.275	2/6	0/6
K	0.663	0.515	0.557	±0.308	2/6	0/6
C/N	0.666	0.496	0.564	±0.316	2/6	0/6

Pflanzen dagegen ist mehr oder weniger unabhängig von allen anderen Parametern, mit Ausnahme der Deckung (r_{max} = 0.387). Die vollständige Korrelationsmatrix befindet sich im Anhang (Tab. 57).

Reaktion der Gesamtvitalität auf einzelne Bodenfaktoren:
Ein einzelner Bodenfaktor, auf den das Wachstum von *Carex hostiana* besonders empfindlich reagiert, lässt sich für die Untersuchungsgebiete nicht angeben. Die Korrelationen der Gesamtvitalität mit den Bodenvariablen sind alle ungefähr gleich und mit Koeffizienten von $0.531 \leq r \leq 0.569$ mässig stark (vgl. Tab. 30). Die Streuungen liegen zwischen 48% und 68% der Korrelationskoeffizienten. Auf jeweils zwei der sechs Transekte sind die Zusammenhänge signifikant bei p = 5%.

Reaktion einzelner Vitalitätsparameter auf die Bodenmatrix:
Von den einzelnen Vitalitätsparametern reagiert die Deckung am stärksten (r = 0.628, vgl. Tab. 31). Alle anderen Korrelationen sind sich sehr ähnlich ($0.484 \leq r \leq 0.516$). Die Streuungen sind mit Werten zwischen 44% und 62% der Koeffizienten hoch. Von jedem Merkmal ist jeweils nur eine einzige Korrelation auf einem Transekt mit der Bodenmatrix signifikant. Eine sichere Aussage über die Reaktion von *Carex hostiana* auf die Nährstoffversorgung im Boden ist somit aufgrund der vorhandenen Daten nicht möglich.

Tab. 29. *Carex hostiana*: Indikation der Gesamtnährstoffversorgung durch einzelne Vitalitätsparameter. Korrelationen der Vitalitätsparameter mit der 1.Achse der HKA der Bodenmatrix. Mittlere Korrelationskoeffizienten im Rod, im Neuriedtli und Gesamtmittel. s = Standardabweichung des Gesamtmittels.
Carex hostiana: indication of overall nutrient supply by single vitality parameters. Correlations of vitality parameters with the 1st axis of pca of the soil matrix. Average correlation coefficients of Neuthal, Neuriedtli and total average. s = standard deviation of total average.

Anzahl Transekte	Rod 2	Neu-riedtli 5	Gesamt-mitte s 12	Rang des Ge-samt-mittels	Anteil Transekte mit signifikanten Korrelationen p≤5%	p≤1%
Deckung	0.633	0.626	0.628±0.277	1	1/4	0/4
Anzahl Pflanzen	0.522	0.513	0.516±0.321	3	1/6	0/6
Anzahl blühende Pflanzen	0.638	0.417	0.502±0.262	4	1/6	0/6
maximale Wuchshöhe	0.523	0.484	0.497±0.294	5	1/6	0/6
mittlere Wuchshöhe	0.523	0.479	0.494±0.278	6	1/6	0/6
maximale Anzahl Ähren	0.523	0.468	0.487±0.270	7	1/6	0/6
mittlere Anzahl Ähren	0.523	0.463	0.484±0.271	8	1/6	0/6
Gesamtvitalität	0.658	0.472	0.541±0.319	2	2/6	0/6

Zu den Korrelationen der Wuchshöhen und der Ährenzahlen mit der Bodenmatrix im Rod noch eine Anmerkung: Auf diesen Transekten bildete die Art jeweils nur auf einem Abschnitt diese Merkmale aus. Es handelt sich somit um einen Präsenz/Absenz-Vergleich, weshalb die Korrelationskoeffizienten identisch sind.

Carex panicea

Carex panicea ist in allen Gebieten und Vegetationstypen gut vertreten. Zwölf der sechzehn Transekte können hinsichtlich des Wachstums der Art ausgewertet werden. Die Stichprobenumfänge betragen 5 bis 26 Abschnitte pro Transekt.

Verhältnisse der Vitalitätsparameter zueinander:

Die Korrelationen der Vitalitätsparameter unter sich zeigen kaum Unterschiede zwischen den verschiedenen Untersuchungsobjekten. Hervorzuheben ist dagegen die Unabhängigkeit sämtlicher Masse voneinander (r_{max} = 0.319). Die Korrelationsmatrix für alle Untersuchungsobjekte ist im Anhang (Tab. 58).

Reaktion der Gesamtvitalität auf einzelne Bodenfaktoren:

Das Wachstum von *Carex panicea* hängt in erster Linie von den Gradienten des Orthophosphates und des Nitrates ab ($r \geq 0.520$, vgl. Tab. 30). Obwohl die Streuungen zwischen den Transekten mit Werten von 55% des Korrelationskoeffizienten gross sind, dürfen diese Einflüsse gesamthaft betrachtet als zuver-

Tab. 30. *Carex panicea*: Reaktion der Gesamtvitalität auf die einzelnen Bodenfaktoren; mittlere Korrelationskoeffizienten der 1. Achse der HKA der Morphometrie mit den einzelnen Bodenfaktoren für den Rod, das Neuthal, das Neuriedtli und alle drei Objekte gemeinsam. s = Standardabweichung für das Gesamtmittel.
Carex panicea: response of total vitality to the single soil factors; average correlation coefficients of the 1st axis of pca of morphometry with the single soil factors. Calculated for Rod, Neuthal, Neuriedtli and for all 3 sites together. s = standard deviation ot total average.

Anzahl Transekte	Rod 2	Neu-thal 5	Neu-riedtli 5	Gesamt-mittel 12	s	Anteil Transekte mit signifikanten Korrelationen p≤5%	p≤1%
Wassergehalt	0.049	0.633	0.461	0.506	±0.296	6/12	3/12
NH_4-N	0.075	0.535	0.482	0.466	±0.319	5/12	3/12
NO_3-N	0.077	0.631	0.498	0.520	±0.291	6/12	2/12
Phosphor	0.078	0.659	0.347	0.482	±0.326	4/12	1/12
PO_4	0.158	0.607	0.524	0.522	±0.290	5/12	4/12
K	0.233	0.604	0.440	0.491	±0.272	4/12	1/12
C/N	0.191	0.638	0.381	0.486	±0.294	4/12	1/12

lässig gelten, da die Korrelationen auf fünf bzw. sechs der zwölf Transekte signifikant sind. Auch der Feuchtegradient wirkt noch zumindest mässig stark auf die Vitalität der Art (r = 0.506 ± 0.296). Am wenigsten abhängig ist die Vitalität vom Ammoniumgehalt, wobei auch dieser Faktor noch eine leichte Wirkung ausübt (r = 0.466 ± 0.319).

Reaktion einzelner Vitalitätsparameter auf die Bodenmatrix:
Die Abhängigkeiten der einzelnen Merkmale von *Carex panicea* von der Bodenmatrix unterscheiden sich sowohl zwischen den Gebieten als auch zwischen den Transekten eines Gebietes stark. Die Streuung zwischen den Transekten liegt zwischen 46% und 65% vom Wert der Korrelationskoeffizienten.
Von den erfassten einzelnen Vitalitätsmerkmalen zeigen nur die Wuchshöhen etwas stärkere Korrelationen mit der Bodenmatrix (r = 0.520 vgl. Tab. 31) sowie als weiteres vegetatives Merkmal die Deckung. Die generativen Merkmale (Anzahl Ähren, Anzahl blühende Pflanzen) zeigen einen schwachen Zusammenhang mit der Nährstoffversorgung. Die Unterschiede zwischen den Zusammenhängen der vegetativen und der generativen Vitalitätsparameter mit der Bodenmatrix äussern sich auch im Anteil Transekte mit signifikanten Korrelationen (vier gegenüber zwei von zwölf). Dieser geringe Anteil zeigt, dass die Bodenindikation durch einzelne Vitalitätsparameter nicht zuverlässig ist.
Die Gesamtvitalität von *Carex panicea* macht mit einer Korrelation von r =

Tab. 31. *Carex panicea*: Indikation der Gesamtnährstoffversorgung durch einzelne Vitalitätsparameter. Korrelationen der Vitalitätsparameter mit der 1.Achse der HKA der Bodenmatrix. Mittlere Korrelationskoeffizienten im Rod, im Neuthal, im Neuriedtli und Gesamtmittel. s = Standardabweichung des Gesamtmittels.
Carex panicea: indication of overall nutrient supply by single vitality parameters. Correlations of vitality parameters with the 1st axis of pca of the soil matrix. Average correlation coefficients of Rod, Neuthal, Neuriedtli and total average. s = standard deviation of total average.

Anzahl Transekte	Rod 2	Neu-thal 5	Neu-riedtli 5	Gesamt-mittel 12 s	Rang des Ge-samt-mittels	Anteil Transekte mit signifikanten Korrelationen p≤5%	p≤1%
Deckung	0.457	0.250	0.567	0.441±0.239	4	4/12	4/12
Anzahl blühende Pflanzen	0.285	0.250	0.378	0.315±0.155	7	2/12	0/12
maximale Wuchshöhe	0.075	0.718	0.261	0.494±0.320	3	4/12	1/12
mittlere Wuchshöhe	0.129	0.758	0.257	0.520±0.322	1	4/12	3/12
maximale Anzahl Ähren	0.234	0.483	0.379	0.408±0.189	5	2/12	1/12
mittlere Anzahl Ähren	0.190	0.527	0.258	0.387±0.232	6	2/12	0/12
Gesamtvitalität	0.014	0.631	0.475	0.510±0.325	2	5/12	4/12

0.510 die zuverlässigste Aussage über die Nährstoffversorgung. Ihre Korrelationen sind auf fünf der zwölf Transekte signifikant. Die grosse Streuung zwischen den einzelnen Transekten (64% des Korrelationskoeffizienten) bzw. die grossen Unterschiede zwischen den Untersuchungsgebieten relativieren allerdings auch diese Indikation.

Molinia coerulea

Molinia coerulea ist in allen Gebieten weit verbreitet. Es können dreizehn der sechzehn Transekte hinsichtlich des Wachstums der Art ausgewertet werden. Die Stichprobenumfänge betragen dreizehn bis zwanzig Abschnitte pro Transekt.

Verhältnisse der Vitalitätsparameter zueinander:

Bei *Molinia coerulea* wurden nur Deckung, Anzahl Stengel pro Abschnitt, Wuchshöhe und Rispenlänge erhoben. Die Verhältnisse der Vitalitätsparameter zueinander variieren stark zwischen den Untersuchungsgebieten. Das Verhältnis der Wuchshöhen zu den Rispenlängen z.B gestaltet sich im Rod und im Neuriedtli sehr ähnlich ($0.506 \leq r \leq 0.651$), sieht aber im Neuthal und über alle Gebiete gerechnet völlig anders aus ($0.000 \leq r \leq 0.163$).

Die Vitalitätsparameter sind voneinander unabhängig ($r_{max} = 0.262$). Einzige Ausnahme bildet die Korrelation der Deckung mit der Anzahl Stengel (r =

Tab. 32. *Molinia coerulea*: Reaktion der Gesamtvitalität auf die einzelnen Bodenfaktoren; mittlere Korrelationskoeffizienten der 1. Achse der HKA der Morphometrie mit den einzelnen Bodenfaktoren für den Rod, das Neuthal, das Neuriedtli und alle drei Objekte gemeinsam. s = Standardabweichung des Gesamtmittels.

Molinia coerulea: response of total vitality to the single soil factors; average correlation coefficients of the 1st axis of pca of morphometry with the single soil factors. Calculated for Rod, Neuthal, Neuriedtli and for all 3 sites together. s = standard deviation ot total average.

Anzahl Transekte	Rod 4	Neu-thal 6	Neu-riedtli 3	Gesamt-mittel 13	s	Anteil Transekte mit signifikanten Korrelationen p≤5%	p≤1%
Wassergehalt	0.570	0.599	0.406	0.551	±0.235	11/13	10/13
NH_4-N	0.648	0.580	0.282	0.550	±0.291	9/13	9/13
NO_3-N	0.512	0.570	0.308	0.503	±0.227	9/13	6/13
Phosphor	0.618	0.651	0.475	0.605	±0.236	11/13	10/13
PO_4	0.631	0.586	0.401	0.564	±0.246	11/13	11/13
K	0.517	0.560	0.335	0.503	±0.198	10/13	7/13
C/N	0.279	0.404	0.234	0.335	±0.195	4/1	2/13

0.731). Es ist gleichzeitig die einzige Korrelation, die in allen Gebieten ungefähr gleich gross ist. Die Korrelationsmatrix findet sich im Anhang (Tab. 59).

Reaktion der Gesamtvitalität auf einzelne Bodenfaktoren:
Die Gesamtvitalität von *Molinia coerulea* reagiert am stärksten auf den Gesamtphosphorgehalt (vgl. Tab. 32). In zweiter Linie wirken auf das Wachstum der Art das Orthophosphat, der Wassergehalt und der aktuelle Ammoniumgehalt. Deren Korrelationen mit der 1. Achse der HKA der Vitalitätsparameter sind fast identisch. Die Streuungen zwischen den einzelnen Transekten sind für alle Bodenfaktoren mit Werten zwischen 39% und 58% der Korrelationskoeffizienten hoch. Das C-N-Verhältnis spielt für die Vitalität des Pfeifengrases keine Rolle.

Reaktion einzelner Vitalitätsparameter auf die Bodenmatrix:
Bei der Betrachtung der einzelnen Vitalitätsparameter fällt zunächst auf, dass im Vergleich zu anderen Arten der Anteil an Transekten, auf welchen die Beziehungen zwischen den Vitalitätsmerkmalen und der Bodenmatrix signifikante Korrelationen bilden (vgl. Tab. 33), relativ hoch ist. Dies obwohl die Zusammenhänge nur mässig eng und die entsprechenden Streuungen hoch sind (37% – 54% der Korrelationskoeffizienten). Unter den einzelnen Massen bildet die Deckung die Bodenmatrix am besten ab, gefolgt von den Mittelwerten von Wuchshöhe und Rispenlänge. Die Maximalwerte dieser Parameter sind für den

Tab. 33. *Molinia coerulea*: Indikation der Gesamtnährstoffversorgung durch einzelne Vitalitätsparameter. Korrelationen der Vitalitätsparameter mit der 1.Achse der HKA der Bodenmatrix. Mittlere Korrelationskoeffizienten im Rod, im Neuthal, im Neuriedtli und Gesamtmittel. s = Standardabweichung des Gesamtmittels.
Molinia coerulea: indication of overall nutrient supply by single vitality parameters. Correlations of vitality parameters with the 1st axis of pca of the soil matrix. Average correlation coefficients of Rod,Neuthal, Neuriedtli and total average. s =s tandard deviation of total average.

Anzahl Transekte	Rod 4	Neu-thal 6	Neu-riedtli 3	Gesamt-mittel 13	s	Rang des Ge-samt-mittels	Anteil Transekte mit signifikanten Korrelationen p≤5%	p≤1%
Deckung	0.822	0.450	0.364	0.576	±0.296	1	8/13	7/13
Anzahl Stengel	0.554	0.349	0.481	0.452	±0.214	5	7/13	5/13
maximale Wuchshöhe	0.307	0.548	0.298	0.434	±0.237	7	6/13	3/13
mittlere Wuchshöhe	0.498	0.620	0.431	0.544	±0.273	3	8/13	6/13
maximale Rispenlänge	0.269	0.574	0.258	0.436	±0.237	6	7/13	5/13
mittlere Rispenlänge	0.439	0.648	0.420	0.542	±0.203	4	10/13	9/13
Gesamtvitalität	0.640	0.617	0.344	0.574	±0.237	2	11/13	8/13

Bodenzustand weniger aussagekräftig.
Die zuverlässigste Aussage über die Bodenmatrix macht die Gesamtmorphometrie (1. Achse der HKA der Vitalitätsparameter). Ihr mittlerer Korrelationskoeffizient ist fast gleich gross wie jener der Deckung. Hingegen ist die Streuung geringer, und das Signifikanzniveau von $p \leq 5\%$ wird auf fast allen Transekten erreicht.

Galium uliginosum

Galium uliginosum wächst in allen Gebieten zahlreich und ist weit verbreitet. Eine Auswertung ist auf zwölf der sechzehn Transekte möglich. Die Stichprobenumfänge liegen zwischen 5 und 22 Abschnitten pro Transekt.

Verhältnisse der Vitalitätsparameter zueinander:
Die meisten Relationen der Vitalitätsparameter zueinander sind sich in den einzelnen Untersuchungsgebieten sehr ähnlich. Ausnahmen bilden die Zusammenhänge zwischen Deckung und Wuchshöhen bzw. der Ausbildung von Knospen und die Zusammenhänge zwischen Wuchshöhen und der Anzahl blühender Pflanzen. Die Korrelationskoeffizienten zeigen hier Unterschiede zwischen den Gebieten bis zu einem Faktor 10. Die engsten Zusammenhänge zwischen den Vitalitätsparametern besteht zwischen der Anzahl Pflanzen und der Deckung ($r = 0.678$), den maximalen Quirldurchmessern ($r = 0.518$) und den maximalen Wuchshöhen ($r = 0.458$). Die vollständige Korrelationsmatrix

Tab. 34. *Galium uliginosum*: Reaktion der Gesamtvitalität auf die einzelnen Bodenfaktoren; mittlere Korrelationskoeffizienten der 1. Achse der HKA der Morphometrie mit den einzelnen Bodenfaktoren für den Rod, das Neuthal, das Neuriedtli und alle drei Objekte gemeinsam. s = Standardabweichung des Gesamtmittels.
Galium uliginosum: response of total vitality to the single soil factors; average correlation coefficients of the 1st axis of pca of morphometry with the single soil factors. Calculated for Rod, Neuthal, Neuriedtli and for all 3 sites together. s = standard deviation ot total average.

Anzahl Transekte	Rod 4	Neu-thal 4	Neu-riedtli 4	Gesamt-mittel 12	s	Anteil Transekte mit signifikanten Korrelationen p≤5%	p≤1%
Wassergehalt	0.492	0.334	0.475	0.439	±0.199	2/12	0/12
NH_4-N	0.419	0.347	0.360	0.377	±0.187	3/12	0/12
NO_3-N	0.400	0.240	0.588	0.433	±0.246	3/12	0/12
Phosphor	0.428	0.291	0.528	0.427	±0.239	3/12	2/12
PO_4	0.431	0.292	0.389	0.375	±0.245	2/12	0/12
K	0.174	0.293	0.494	0.347	±0.195	0/12	0/12
C/N	0.245	0.315	0.383	0.319	±0.126	0/12	0/12

befindet sich im Anhang (Tab. 60).

Reaktion der Gesamtvitalität auf einzelne Bodenfaktoren:
Die einzelnen Bodenfaktoren haben nur einen beschränkten Einfluss auf die Gesamtvitalität von *Galium uliginosum* (vgl. Tab. 34). Die Streuung zwischen den Transekten ist mit Werten von 39%–65% der Korrelationskoeffizienten hoch, und der Anteil Transekte, auf denen die Zusammenhänge signifikant sind, ist mit maximal drei von zwölf gering. Obwohl eine zuverlässige Aussage deswegen nicht möglich ist, lässt sich trotzdem eine Tendenz erkennen: Die Vitalität hängt am direktesten vom Feuchtegradienten ab ($r = 0.439 \pm 0.199$). Von den Nährstoffen korreliert der Nitratgehalt am stärksten mit dem Wachstum ($r = 0.433$), mit kleiner Differenz gefolgt vom Gesamtphosphorgehalt ($r = 0.427$). Das C-N-Verhältnis übt den geringsten Einfluss aus.

Reaktion einzelner Vitalitätsparameter auf die Bodenmatrix:
Entsprechend den schwachen Zusammenhängen zwischen Gesamtvitalität und einzelnen Bodenfaktoren sind auch die Zusammenhänge zwischen Gesamtboden und einzelnen Vitalitätsparametern relativ schwach ausgebildet. Bei

Tab. 35. *Galium uliginosum*: Indikation der Gesamtnährstoffversorgung durch einzelne Vitalitätsparameter. Korrelationen der Vitalitätsparameter mit der 1.Achse der HKA der Bodenmatrix. Mittlere Korrelationskoeffizienten im Rod, im Neuthal, im Neuriedtli und Gesamtmittel. s = Standardabweichung des Gesamtmittels. • = uniforme Merkmalsausprägung oder Merkmal nicht ausgebildet, weshalb keine Korrelation gerechnet werden kann.
Galium uliginosum: indication of overall nutrient supply by single vitality parameters. Correlations of vitality parameters with the 1st axis of pca of the soil matrix. Average correlation coefficients of Neuthal, Neuriedtli and total average. s = standard deviation of total average. • = uniform expression of the parameter or parameter not present. Therefor correlations can not be calculated.

Anzahl Transekte	Rod 4	Neu-thal 4	Neu-riedtli 4	Gesamt-mittel 12	s	Rang des Ge-samt-mittels	Anteil Transekte mit signifikanten Korrelationen p≤5%	p≤1%
Deckung	0.384	0.091	0.569	0.417	±0.236	3	2/11	0/12
Anzahl Pflanzen	0.387	0.256	0.416	0.360	±0.177	9	2/12	0/12
Knospen	0.432	0.357	•	0.397	±0.202	8	1/8	1/8
Anzahl blühende Pflanzen	0.340	0.330	0.515	0.404	±0.222	5	2/12	1/12
maximale Wuchshöhe	0.355	0.285	0.528	0.402	±0.228	6	2/12	0/12
mittlere Wuchshöhe	0.340	0.330	0.527	0.409	±0.265	4	2/12	0/12
maximaler Quirldurchmesser	0.395	0.486	0.416	0.434	±0.251	1	4/12	1/12
mittlerer Quirldurchmesser	0.359	0.480	0.405	0.418	±0.256	2	3/12	1/12
Gesamtvitalität	0.449	0.281	0.438	0.397	±0.212	7	2/12	0/12

maximal vier von zwölf Transekten sind signifikante Korrelationen zu finden. Die Streuungen der Korrelationskoeffizienten zwischen den einzelnen Transekten betragen 49%–64%. Deswegen sind die Aussagen über die Zusammenhänge zwischen Bodenmatrix und einzelnen Vitalitätsparametern nicht zuverlässig.
Der Quirldurchmesser ist mit einer Korrelation von r = 0.434 ± 0.251 für die Maximalwerte am stärksten von der Bodenmatrix abhängig (vgl. Tab. 35) danach folgt die Deckung. Die Unterschiede zwischen den Korrelationen der verschiedenen Vitalitätsparametern und der Bodenmatrix sind äusserst klein (<0.05).
Die Gesamtvitalität korreliert ebenfalls nur schwach mit der Bodenmatrix (r = 0.397 ± 0.212). Die Korrelationen sind nur auf 2 der 12 Transekte signifikant.

Parnassia palustris

Parnassia palustris wächst in den Untersuchungsgebieten nur zerstreut. Im Neuthal und im Neuriedtli können insgesamt acht Transekte ausgewertet werden. Die Stichprobenumfänge betragen zwischen 5 und 32 Abschnitte pro Transekt.
Zu den Beziehungen zwischen dem Wachstum von *Parnassia palustris* und den Bodenverhältnissen sei eine Anmerkung angebracht: Die geringe Wuchsdichte der Art bringt eine geringe Datendichte mit sich. Auf zahlreichen Transekt-

Tab. 36. *Parnassia palustris*: Reaktion der Gesamtvitalität auf die einzelnen Bodenfaktoren; mittlere Korrelationskoeffizienten der 1. Achse der HKA der Morphometrie mit den einzelnen Bodenfaktoren für das Neuthal, das Neuriedtli und beide Objekte gemeinsam. s = Standardabweichung des Gesamtmittels.
Parnassia palustris: response of total vitality to the single soil factors; average correlation coefficients of the 1st axis of pca of morphometry with the single soil factors. Calculated for Neuthal, Neuriedtli and for both sites together. s = standard deviation ot total average.

Anzahl Transekte	Neu-thal 4	Neu-riedtli 4	Gesamt-mittel 8	s	Anteil Transekte mit signifikanten Korrelationen p≤5%	p≤1%
Wassergehalt	0.550	0.370	0.469	±0.266	3/8	1/8
NH_4-N	0.404	0.405	0.404	±0.144	3/8	1/8
NO_3-N	0.623	0.318	0.473	±0.305	2/8	1/8
Phosphor	0.550	0.294	0.441	±0.266	2/8	1/8
PO_4	0.546	0.384	0.472	±0.244	3/8	1/8
K	0.515	0.415	0.468	±0.260	3/8	1/8
C/N	0.580	0.284	0.457	±0.308	2/8	2/8

abschnitten beruhen die Daten für Stengel-, Stengelblatt- und Blütenmasse auf einem einzigen Exemplar. Auf Transekt 3 im Neuthal fand sich auf der ganzen Länge lediglich ein voll ausgebildetes Exemplar, so dass die Korrelationen dieser Merkmale hier wie als Präsenz/Absenz-Auswertung angesehen werden müssen. Die geringe Wuchsdichte ergibt beim Vergleich der Einzelmerkmale mit der gesamten Bodenmatrix eine Reihe hoher, signifikanter Korrelationen, die jedoch mit Vorsicht betrachtet werden müssen.

Verhältnisse der Vitalitätsparameter zueinander:
Die Verhältnisse der erhobenen Vitalitätsparameter untereinander differieren zwischen den beiden Untersuchungsobjekten im allgemeinen nicht stark. Ausnahmen sind die Verhältnisse der Deckung zu den generativen Merkmalen und zur Blattlänge sowie die Verhältnisse der Anzahl blühender Pflanzen zu Höhe, Blütenzahl und Blattlängen.
Die Wuchshöhen korrelieren mit Koeffizienten von r = 0.949 (Maximalwerte) und r = 0.943 (mittlere Werte) sehr gut mit den Blattlängen. Auch mit den

Tab. 37. *Parnassia palustris*: Indikation der Gesamtnährstoffversorgung durch einzelne Vitalitätsparameter. Korrelationen der Vitalitätsparameter mit der 1.Achse der HKA der Bodenmatrix. Mittlere Korrelationskoeffizienten im Neuthal, im Neuriedtli und Gesamtmittel. s = Standardabweichung des Gesamtmittels.
Parnassia palustris: indication of overall nutrient supply by single vitality parameters. Correlations of vitality parameters with the 1st axis of pca of the soil matrix. Average correlation coefficients of Neuthal, Neuriedtli and total average. s = standard deviation of total average.

Anzahl Transekte	Neu-thal 4	Neu-riedtli 4	Gesamt-mittel 8	s	Rang des Ge-samt-mittels	Anteil Transekte mit signifikanten Korrelationen p≤5%	p≤1%
Deckung	0.361	0.440	0.402	±0.287	12	1/8	0/8
Anzahl Stengel pro Abschnitt	0.454	0.313	0.389	±0.210	11	1/8	0/8
Vorhandensein von Knospen	0.102	0.411	0.299	±0.233	14	1/8	1/8
Anzahl blühender Pflanzen	0.274	0.284	0.279	±0.195	15	0/8	0/8
maximale Wuchshöhe	0.486	0.449	0.468	±0.228	5	2/8	0/8
mittlere Wuchshöhe	0.479	0.372	0.429	±0.207	6	2/8	0/8
maximale Blütenzahl pro Pflanze	0.464	0.329	0.402	±0.181	9	1/8	0/8
mittlere Blütenzahl pro Pflanze	0.454	0.340	0.401	±0.216	10	3/8	0/8
maximale Stengelblattlänge	0.450	0.361	0.408	±0.224	7	2/8	0/8
mittlere Stengelblattlänge	0.464	0.359	0.415	±0.229	8	1/8	0/8
maximale Rosettenblätterzahl	0.656	0.288	0.507	±0.308	4	1/8	1/8
mittlere Rosettenblätterzahl	0.666	0.374	0.540	±0.315	3	2/8	1/8
maximaler Rosettendurchmesser	0.670	0.446	0.569	±0.255	2	3/8	1/8
mittlerer Rosettendurchmesser	0.660	0.466	0.571	±0.292	1	2/8	1/8
Gesamtvitalität	0.403	0.397	0.400	±0.171	13	2/8	0/8

Blütenzahlen zeigen sie sehr starke Korrelationen ($r = 0.881$ für die mittleren Werte). Weiter sehr gut korreliert sind die Verhältnisse der Anzahl Stengel pro Transektabschnitt zu Wuchshöhe, Blütenzahl und Blattlänge ($0.820 \leq r \leq 0.899$ für die maximalen Werte) sowie die Blütenzahlen und die Blattlängen ($r = 0.875$ für die maximalen Werte). Die Rosettendurchmesser zeigen nur schwache bis mässige Zusammenhänge zu allen anderen Vitalitätsparametern ($-0.072 \leq r \leq 0.537$). Die Anzahl Rosettenblätter ist von allen anderen Parametern unabhängig ($r_{max} = 0.287$). Die vollständige Korrelationsmatrix befindet sich im Anhang (Tab. 61).

Reaktion der Gesamtvitalität auf einzelne Bodenfaktoren:
Die Zusammenhänge zwischen dem Wachstum von *Parnassia palustris* und den einzelnen Bodenfaktoren sind nur mässig stark ausgeprägt. Die Gesamtvitalität reagiert am direktesten auf das Orthophosphatangebot des Bodens, auf den Wasser- und den Kaliumgehalt. Die Differenzen zwischen diesen Korrelationen sind verschwindend klein (vgl. Tab. 36). Die zweitwichtigste Gruppe von Bodenparametern bildet das C-N-Verhältnis, der Nitrat- und der Gesamtphosphorgehalt. Angesichts der grossen Streuungen von 51%–74% der Korrelationskoeffizienten und der Unterschiede zwischen den Untersuchungsgebieten müssen alle Zusammenhänge relativiert werden. Einzig die Korrelation der Ammoniumversorgung mit der Gesamtvitalität weist mit 35% des Korrelationskoeffizienten eine deutlich geringere Streuung auf. Es ist allerdings die am schwächsten ausgebildete Korrelation.

Reaktion einzelner Vitalitätsparameter auf die Bodenmatrix:
Die Beziehungen der einzelnen Vitalitätsmerkmale zur Bodenmatrix sind durch grosse Streuungen zwischen den Transekten gekennzeichnet (43%–77% der Korrelationskoeffizienten) sowie durch den geringen Anteil an Transekten mit signifikanten Zusammenhängen. Auch hier sind zuverlässige Aussagen also nicht möglich.
Die Rosettenmerkmale bilden die Bodenmatrix am besten ab. Die Korrelation mit dem Rosettendurchmesser ist mit $r = 0.571 \pm 0.292$ am grössten danach folgt die Anzahl Rosettenblätter (vgl. Tab. 37). Im Falle des Rosettendurchmessers liefert der maximale Wert aufgrund der geringeren Streuung und des höheren Anteils an Transekten mit signifikantem Zusammenhang eine etwas zuverlässigere Aussage. Im Falle der Anzahl Rosettenblätter ist es aus denselben Gründen der Mittelwert.
Die Vitalitätsmerkmale der fertilen Triebe bilden eine zweite Gruppe, deren

Korrelationen mit der Bodenmatrix bereits deutlich schwächer sind ($0.401 \leq r \leq 0.468$). Innerhalb dieser Gruppe bildet die Wuchshöhe die Bodenmatrix am besten ab, gefolgt von Stengelblattlänge und Anzahl Blüten pro Pflanze. Die Maximalwerte ergeben jeweils die etwas bessere Aussage über die Bodenmatrix als die Mittelwerte.
Die Gesamtvitalität streut zwar am wenigsten zwischen den einzelnen Transekten (43% des Koeffizienten), hat aber mit einem Korrelationskoeffizienten von $r = 0.403$ nur einen eher schwachen Zusammenhang mit der Bodenmatrix.

Potentilla erecta

Potentilla erecta ist in den Untersuchungsgebieten ausgesprochen häufig. Fünfzehn der sechzehn Transekte können ausgewertet werden. Die Stichprobenumfänge betragen 8 bis 40 Abschnitte pro Transekt.

Verhältnisse der Vitalitätsparameter zueinander:
Die Verhältnisse der meisten Vitalitätsparameter zueinander unterscheiden sich nicht erheblich zwischen den einzelnen Untersuchungsgebieten. Eine Ausnahmen bilden lediglich die Verhältnisse der Wuchshöhen zu drei weiteren Merkmalen, der Ausbildung von Knospen , der Anzahl blühender Pflanzen und der Präsenz roter Blattspitzen. Diese Korrelationen können bis zu einem Faktor 10 zwischen den Untersuchungsorten differieren.
Die Vitalitätsparameter sind im allgemeinen voneinander ziemlich unabhängig.

Tab. 38. *Potentilla erecta*: Reaktion der Gesamtvitalität auf die einzelnen Bodenfaktoren; mittlere Korrelationskoeffizienten der 1. Achse der HKA der Morphometrie mit den einzelnen Bodenfaktoren für den Rod, das Neuthal, das Neuriedtli und alle drei Objekte gemeinsam. s = Standardabweichung des Gesamtmittels.
Potentilla erecta: response of total vitality to the single soil factors; average correlation coefficients of the 1st axis of pca of morphometry with the single soil factors. Calculated for Rod, Neuthal, Neuriedtli and for all 3 sites together. s = standard deviation ot total average.

Anzahl Transekte	Rod 4	Neu-thal 6	Neu-riedtli 5	Gesamt-mittel 15	s	Anteil Transekte mit signifikanten Korrelationen p≤5%	p≤1%
Wassergehalt	0.222	0.362	0.320	0.316	±0.196	2/15	1/15
NH_4-N	0.142	0.335	0.387	0.316	±0.192	3/15	1/15
NO_3-N	0.201	0.286	0.220	0.244	±0.119	1/15	0/15
Phosphor	0.133	0.371	0.307	0.302	±0.171	2/15	1/15
PO_4	0.172	0.402	0.322	0.327	±0.194	3/15	0/15
K	0.222	0.384	0.377	0.346	±0.178	4/15	0/15
C/N	0.192	0.285	0.317	0.275	±0.167	2/15	0/15

Die Zusammenhänge zwischen der Anzahl Blütenstände pro Abschnitt und der Anzahl blühender Pflanzen bzw. der Anzahl Stengel sind mit Korrelationen von r = 0.553 bzw. r = 0.504 am engsten. Weiter ist nur die Korrelation zwischen der maximalen Wuchshöhe und der Anzahl Stengel noch einigermassen gross (r = 0.491). Die Korrelationsmatrix befindet sich im Anhang (Tab. 62).

Reaktion der Gesamtvitalität auf einzelne Bodenfaktoren:
Die Gesamtvitalität von *Potentilla erecta* ist in den Untersuchungsgebieten weitgehend unabhängig von einzelnen Bodenfaktoren (r_{max} = 0.346 für Kalium, vgl. Tab. 38). Die Streuungen sind mit 49%–63% der Korrelationskoeffizienten sehr gross. Der überwiegende Teil der Korrelationen auf den einzelnen Transekten ist nicht signifikant. Mögliche Aussagen zu diesen Zusammenhängen sind daher nicht verlässlich. Der Einfluss des Kaliums auf das Wachstum ist mit einem Anteil von vier auf den fünfzehn Transekten am häufigsten signifikant.

Tab. 39. *Potentilla erecta*: Indikation der Gesamtnährstoffversorgung durch einzelne Vitalitätsparameter. Korrelationen der Vitalitätsparameter mit der 1.Achse der HKA der Bodenmatrix. Mittlere Korrelationskoeffizienten im Rod, im Neuthal, im Neuriedtli und Gesamtmittel. s = Standardabweichung des Gesamtmittels. • = uniforme Merkmalsausprägung oder Merkmal nicht ausgebildet, weshalb keine Korrelation gerechnet werden kann.
Potentilla erecta: indication of overall nutrient supply by single vitality parameters. Correlations of vitality parameters with the 1st axis of pca of the soil matrix. Average correlation coefficients of Rod,Neuthal, Neuriedtli and total average. s = standard deviation of total average. • = uniform expression of the parameter or parameter not present. Therefor correlations can not be calculated.

Anzahl Transekte	Rod 4	Neu-thal 6	Neu-riedtli 5	Gesamt-mittel 15	s	Rang des Ge-samt-mittels	Anteil Transekte mit signifikanten Korrelationen p≤5%	p≤1%
Deckung	0.241	0.410	0.263	0.325	±0.210	3	4/15	0/15
Anzahl Stengel	0.184	0.368	0.277	0.298	±0.152	5	1/15	0/15
Knospen	0.427	0.397	0.390	0.404	±0.245	1	3/12	1/12
Anzahl blühende Pflanzen	0.280	0.450	0.265	0.354	±0.204	2	4/15	1/15
maximale Wuchshöhe	0.177	0.227	0.387	0.281	±0.152	6	4/15	1/15
mittlere Wuchshöhe	0.199	0.312	0.411	0.325	±0.165	4	4/15	2/15
maximale Blütenstandszahl	0.235	0.231	0.242	0.236	±0.172	10	2/15	0/15
mittlere Blütenstandszahl	0.268	0.229	0.325	0.274	±0.154	8	2/15	0/15
Blütenstandszahl pro Abschnitt	0.251	0.243	0.189	0.229	±0.134	11	1/15	0/15
rote Blattspitzen	0.214	•	0.279	0.257	±0.084	9	1/8	1/8
Gesamtvitalität	0.189	0.331	0.260	0.275	±0.164	7	1/15	1/15

Reaktion einzelner Vitalitätsparameter auf die Bodenmatrix:
Der Einfluss der Bodenmatrix auf einzelne Vitalitätsparameter von *Potentilla erecta* ist ebenfalls relativ schwach bis sehr schwach. Die Ausbildung von Knospen ist am direktesten von der Bodenmatrix abhängig ($r = 0.404 \pm 0.245$, vgl. Tab. 39). Auch die Anzahl blühende Pflanzen, die Deckung und die mittlere Wuchshöhe werden nur schwach von der Bodenmatrix beeinflusst ($0.325 \leq r \leq 0.354$). Die Streuung dieser Korrelationen zwischen den Transekten ist mit 50%–65% der Korrelationskoeffizienten gross. Alle anderen Vitalitätsparameter sind mehr oder weniger unabhängig von der Bodenmatrix ($r < 0.3$). Der Anteil Transekte mit signifikanten Korrelationen ist mit maximal vier von fünfzehn klein, weshalb diese Aussagen nicht als zuverlässig gelten können.

Ranunculus nemorosus
Die weite Verbreitung von *Ranunculus nemorosus* in den Untersuchungsgebieten erlaubt die Auswertung von vierzehn der sechzehn Transekten. Die Stichprobenumfänge bewegen sich zwischen 6 und 23 Abschnitten pro Transekt.

Verhältnisse der Vitalitätsparameter zueinander:
Die Verhältnisse der meisten der erhobenen Vitalitätsmerkmale zueinander sind in allen Untersuchungsgebieten ähnlich. Nur die Beziehung der Farbmerkmale von grundständigen Blättern und der Deckung zu den anderen Merkmalen

Tab. 40. *Ranunculus nemorosus*: Reaktion der Gesamtvitalität auf die einzelnen Bodenfaktoren; mittlere Korrelationskoeffizienten der 1. Achse der HKA der Morphometrie mit den einzelnen Bodenfaktoren für den Rod, das Neuthal, das Neuriedtli und alle drei Objekte gemeinsam. s = Standardabweichung des Gesamtmittels.
Ranunculus nemorosus: response of total vitality to the single soil factors; average correlation coefficients of the 1st axis of pca of morphometry with the single soil factors. Calculated for Rod, Neuthal, Neuriedtli and for all 3 sites together. s=standard deviation ot total average.

Anzahl Transekte	Rod 4	Neu-thal 6	Neu-riedtli 5	Gesamt-mittel 15	s	Anteil Transekte mit signifikanten Korrelationen p≤5%	p≤1%
Wassergehalt	0.255	0.473	0.545	0.454	±.254	4/15	1/15
NH_4-N	0.255	0.437	0.462	0.406	±.240	5/15	1/15
NO_3-N	0.282	0.455	0.397	0.396	±.218	3/15	1/15
Phosphor	0.276	0.457	0.489	0.428	±.238	3/15	1/15
PO_4	0.265	0.331	0.467	0.368	±.201	2/15	0/15
K	0.253	0.360	0.501	0.391	±.251	5/15	0/15
C/N	0.426	0.421	0.463	0.437	±.222	4/15	2/15

zeigen grössere Unterschiede zwischen den Gebieten.
Die Korrelationen zwischen Deckung restlichen Merkmalen weisen im Rod und im Neuthal ähnliche Werte auf. Im Neuriedtli sind sie um ca. einen Faktor 10 schwächer. Der Zusammenhang der Deckung mit der Anzahl blühender Pflanzen ist mässig (r = 0.479, mit der Anzahl Stengel auf dem Abschnitt schwach (r = 0.304) ausgebildet. Zu allen anderen Merkmalen besteht kaum ein Zusammenhang ($0.013 \leq r \leq 0.282$).
Die Masse der grundständigen Rosetten (Anzahl und Länge der Blätter, Roset-

Tab. 41. *Ranunculus nemorosus*: Indikation der Gesamtnährstoffversorgung durch einzelne Vitalitätsparameter. Korrelationen der Vitalitätsparameter mit der 1. Achse der HKA der Bodenmatrix. Mittlere Korrelationskoeffizienten im Rod, im Neuthal, im Neuriedtli und Gesamtmittel. s = Standardabweichung des Gesamtmittels.
Ranunculus nemorosus: indication of overall nutrient supply by single vitality parameters. Correlations of vitality parameters with the 1st axis of pca of the soil matrix. Average correlation coefficients of Rod, Neuthal, Neuriedtli and total average. s = standard deviation of total average.

Anzahl Transekte	Rod 4	Neu-thal 6	Neu-riedtli 5	Gesamt-mittel 15	s	Rang des Ge-samt-mittels	Anteil Tran-sekte mit signifikanten Korrelationen p≤5%	p≤1%
Deckung	0.260	0.528	0.285	0.384	±0.213	14	3/15	2/15
Anzahl Stengel	0.334	0.418	0.391	0.385	±0.214	13	3/14	1/14
Knospen vorhanden	0.596	0.349	0.463	0.459	±0.256	1	3/12	3/12
Anzahl blühende Pflanzen	0.571	0.365	0.396	0.444	±0.240	2	4/15	1/15
maximale Wuchshöhe	0.337	0.382	0.497	0.409	±0.233	7	3/14	1/14
mittlere Wuchshöhe	0.399	0.421	0.472	0.431	±0.270	4	3/14	1/14
maximale Stengeldicke	0.403	0.426	0.472	0.434	±0.277	3	3/14	1/14
mittlere Stengeldicke	0.367	0.420	0.461	0.418	±0.248	6	4/14	1/14
maximale Blütenzahl pro Pflanze	0.398	0.418	0.298	0.378	±0.230	15	5/14	3/14
mittlere Blütenzahl pro Pflanze	0.394	0.411	0.292	0.373	±0.224	16	5/14	3/14
Blütenzahl pro Abschnitt	0.330	0.384	0.497	0.408	±0.239	8	5/14	1/14
maximale Blattlänge	0.255	0.410	0.455	0.385	±0.253	12	4/14	2/14
mittlere Blattlänge	0.256	0.419	0.455	0.389	±0.257	11	4/14	1/14
maximale Rosettenblätterzahl	0.268	0.417	0.398	0.371	±0.208	17	3/14	1/14
mittlere Rosettenblätterzahl	0.277	0.410	0.398	0.370	±0.212	18	3/14	1/14
Rosettenblätterzahl pro Abschnitt	0.299	0.398	0.338	0.352	±0.189	19	3/14	1/14
maximaler Rosettendurchmesser	0.260	0.415	0.474	0.395	±0.243	10	3/14	1/14
mittlerer Rosettendurchmesser	0.256	0.421	0.496	0.405	±0.250	9	3/14	1/14
rote Blattränder	0.277	0.385	0.281	0.327	±0.147	21	1/12	1/12
schwarze Blattränder	0.411	0.341	0.258	0.342	±0.198	20	2/14	1/14
rote Blattflecken	0.265	0.368	0.062	0.296	±0.179	23	3/12	0/12
schwarze Blattflecken	0.287	0.285	0.340	0.306	±0.198	22	1/15	0/15
helle Blattflecken	0.066	0.235	0.334	0.261	±0.156	24	0/11	0/11
Gesamtvitalität	0.346	0.466	0.432	0.422	±0.245	5	4/15	2/15

tendurchmesser) korrelieren unter sich ($0.711 \leq r \leq 0.902$) sowie mit den Stengeldurchmessern und den Wuchshöhen ($0.723 \leq r \leq 0.931$) gut bis sehr gut. Ihr Zusammenhang mit den Blütenzahlen ist mässig eng bis eng ($0.438 \leq 0.718$). Die Korrelationen zwischen Blütenzahlen und Anzahl Stengel, Wuchshöhen und Stengeldicken sind ebenfalls mässig stark bis stark ($0.589 \leq r \leq 0.775$). Mit einem Korrelationskoeffizienten von $r = 0.917$ ist der Zusammenhang zwischen Wuchshöhe und Stengeldicke sehr eng. Auch das Verhältnis zwischen der Anzahl Stengel und allen Stengel- und Rosettenmerkmalen ist mit Korrelationen zwischen $0.583 \leq r \leq 0.906$ eng bis sehr eng. Die vollständige Korrelationsmatrix befindet sich im Anhang (Tab. 63).

Reaktion der Gesamtvitalität auf einzelne Bodenfaktoren:
Einzelne Bodenfaktoren wirken sich höchstens mässig stark auf das Wachstum von *Ranunculus nemorosus* aus. Die Bodenfeuchtigkeit übt den grössten Einfluss aus, danach das C-N-Verhältnis und der Gesamtphosphor (vgl. Tab. 40). Orthophosphat beeinflusst die Gesamtvitalität am schwächsten. Es ist zu beachten, dass die Differenzen zwischen den Faktoren relativ gering sind. Die Korrelationskoeffizienten betragen zwischen $0.368 \leq r \leq 0.454$, und der Rang der Faktoren ist von Ort zu Ort unterschiedlich. Der Anteil an Transekten mit signifikanten Korrelationen ist mit maximal fünf von vierzehn gering. Die Streuungen der Korrelationen sind mit Werten von 54%–70% der Koeffizienten gross. Eine zuverlässige Aussage über die Reaktion der Gesamtvitalität auf einzelne Bodenfaktoren ist daher kaum möglich.

Reaktion einzelner Vitalitätsparameter auf die Bodenmatrix:
Der lose Zusammenhang zwischen der Bodenmatrix und der Vitalität von *Ranunculus nemorosus* äussert sich auch in den Korrelationen der einzelnen Vitalitätsparameter mit der 1. Achse der HKA der Bodenfaktoren.
Die Ausbildung von Knospen weist mit einem Koeffizienten von $r = 0.459$ die grösste Korrelation mit der Bodenmatrix aus. Der Zusammenhang ist jedoch lediglich auf drei von zwölf Transekten signifikant (vgl. Tab. 41). An zweiter Stelle folgt die Korrelation mit der Anzahl blühender Pflanzen, deren Zusammenhang mit der Bodenmatrix auf vier Transekten signifikant ist. Die Streuung beider Zusammenhänge beträgt ca. 54% des Korrelationskoeffizienten.
Nach den genannten Merkmalen zeigen Stengeldicken und Wuchshöhen die stärksten Korrelationen mit der Bodenmatrix, dann folgen die Masse der Rosetten. Die Blütenzahlen pro Pflanze, Anzahl der Rosettenblätter und Farb-

merkmale sind von der Bodenmatrix nur schwach abhängig. Die Zusammenhänge der Anzahl Blüten pro Pflanze mit dem Boden sind mit einem Anteil von 4 auf fünfzehn Transekten am häufigsten signifikant.
Die Korrelation der Gesamtvitalität mit der Bodenmatrix ist mit einem Koeffizienten von r = 0.422 vergleichsweise gross und mit vier von fünfzehn Transekten mit signifikanten Zusammenhängen relativ zuverlässig.
Bei allen Merkmalen fällt die grosse Streuung auf. Sie beträgt 45%–64% der Korrelationskoeffizienten und ist von deren Grösse unabhängig.

Succisa pratensis

Succisa pratensis kann auf insgesamt elf der sechzehn Transekte in allen Untersuchungsgebieten ausgewertet werden. Die Stichprobenumfänge bewegen sich zwischen 8 und 33 Abschnitten pro Transekt.

Verhältnisse der Vitalitätsparameter zueinander:
Die meisten Verhältnisse der Vitalitätsmerkmale zueinander sind in allen drei Untersuchungsgebieten ähnlich. Wuchshöhen und Köpfchenzahlen haben mit Korrelationen von $0.725 \leq r \leq 0.876$ den engsten Zusammenhang zweier Merkmale (vgl. Tab. 64 im Anhang). Der zweitstärkste Zusammenhang besteht zwischen Anzahl Rosettenblättern und Rosettendurchmessern ($0.511 \leq r \leq 0.856$). Ebenfalls sehr eng ist die Korrelation der Deckung mit der Anzahl Pflanzen ($0.693 \leq r \leq 0.840$).

Tab. 42. *Succisa pratensis*: Reaktion der Gesamtvitalität auf die einzelnen Bodenfaktoren; mittlere Korrelationskoeffizienten der 1. Achse der HKA der Morphometrie mit den einzelnen Bodenfaktoren für den Rod, das Neuthal, das Neuriedtli und alle drei Objekte gemeinsam. s = Standardabweichung des Gesamtmittels.
Succisa pratensis: response of total vitality to the single soil factors; average correlation coefficients of the 1st axis of pca of morphometry with the single soil factors. Calculated for Rod, Neuthal, Neuriedtli and for all 3 sites together. s = standard deviation ot total average.

Anzahl Transekte	Rod 3	Neu-thal 5	Neu-riedtli 4	Gesamt-mittel 12	s	Anteil Transekte mit signifikanten Korrelationen p≤5%	p≤1%
Wassergehalt	0.327	0.334	0.290	0.318	±0.115	2/11	0/11
NH_4-N	0.367	0.375	0.454	0.401	±0.260	4/11	2/11
NO_3-N	0.302	0.262	0.392	0.320	±0.191	1/11	1/11
Phosphor	0.320	0.357	0.403	0.365	±0.181	2/11	1/11
PO_4	0.297	0.330	0.458	0.371	±0.201	4/11	2/11
K	0.372	0.286	0.466	0.375	±0.229	3/11	0/11
C/N	0.486	0.303	0.520	0.433	±0.225	5/11	2/11

Die Anzahl Rosettenblätter korreliert nicht oder schwach mit den Wuchshöhen und den Köpfchenzahlen ($0.073 \leq r \leq 0.377$). Die Korrelationen der Rosettendurchmesser mit denselben Merkmalen sind mässig stark ($0.389 \leq r \leq 0.557$). Die Verhältnisse der Anzahl Rosettenblätter zu Deckung, Anzahl Pflanzen und Ausbildung von Knospen variieren stark von Gebiet zu Gebiet: Die Korrelationen schwanken jeweils zwischen $0.040 \leq r \leq 0.530$ bzw. $-0.045 \leq r \leq 0.574$ bzw. $-0.062 \leq r \leq 0.433$. Das Verhältnis der Anzahl Pflanzen zu Wuchshöhen und Köpfchenzahlen ist zwischen den Objekten zwar konstant, die Korrelationen fallen bei der Berechnung über alle Objekte jedoch bis zu sechsmal grösser aus als bei der Berechnung innerhalb der einzelnen Objekte. Die Korrelationsmatrix für alle Gebiete befindet sich im Anhang (Tab. 64).

Reaktion der Gesamtvitalität auf einzelne Bodenfaktoren:
Succisa pratensis reagiert nur schwach bis mässig auf einzelne Bodenfaktoren (vgl. Tab. 42). Den direktesten Einfluss auf das Wachstum der Art übt das C-N-Verhältnis aus, danach folgt der aktuelle Ammoniumgehalt und der Kaliumgehalt. Die Korrelationen dieser Verhältnisse streuen mit Unterschieden von 52%–65% der Koeffizienten sehr stark. Sie sind nur auf vier bis fünf der elf Transekte signifikant. Das Wachstum der Art ist von der Bodenfeuchtigkeit und vom Nitratgehalt unabhängig.

Reaktion einzelner Vitalitätsparameter auf die Bodenmatrix:
Die Bodenindikation der einzelnen Vitalitätsparameter von *Succisa pratensis* ist allenfalls mässig gut ($r_{max} = 0.486$).
Die Zusammenhänge der vegetativen Merkmale mit der Bodenmatrix sind allgemein enger als jene der generativen. Die Anzahl Pflanzen wird am direktesten von den Bodenverhältnissen bestimmt (vgl. Tab.43). Die Korrelationen sind jedoch bloss auf drei von zwölf Transekten signifikant. Als zweites folgt eine Gruppe von Merkmalen die grundständigen Rosetten betreffend. Obwohl die Korrelationen hier niedriger ausfallen und die Streuungen mit Werten von 42%–54% der Koeffizienten grösser sind, ist der Anteil an Transekten mit signifikanten Zusammenhängen hier etwas grösser als im Falle des Merkmals "Anzahl Pflanzen."
Auffallend ist die Diskrepanz zwischen den Verhältnissen der Bodenmatrix und der mittleren bzw. der maximalen Anzahl Rosettenblätter ($r = 0.465$ bzw. $r = 0.379$). Im Falle der Wuchshöhen verhält es sich genau umgekehrt: Der maximale Wert korreliert etwas besser mit der Bodenmatrix als der mittlere

Wert (r = 0.380 bzw. r = 0.327). Der Zusammenhang zwischen Deckung und Bodenmatrix rangiert in der Mitte, ist aber nur schwach ausgeprägt (r = 0.393). Es gibt nur geringe Unterschiede zwischen den Verhältnissen der einzelnen Vitalitätsparameter zur Bodenmatrix. Lediglich zwischen Rang 14 und 15 (Anzahl Köpfchen und Anzahl blühende Pflanzen) ist die Differenz grösser als 0.05. Der allgemein niedrige Anteil an Transekten mit signifikanten Zusammenhängen reduziert die Aussagekraft dieser Korrelationen. Etwas besser ist sie nur im Falle der Masse an den grundständigen Rosetten.
Aufgrund des relativ grossen Anteils an Transekten mit einem signifikanten Zusammenhang erlaubt die mittlere Anzahl Rosettenblätter die zuverlässigste Aussage über die Gesamtnährstoffversorgung. Die zweitbeste Indikation erfolgt durch den maximalen Rosettendurchmesser.
Die Korrelation der Gesamtvitalität mit der Bodenmatrix ist jenen der Rosettenmerkmale vergleichbar. Die Streuung ist jedoch mit 50% des Korrelationskoef-

Tab. 43. *Succisa pratensis*: Indikation der Gesamtnährstoffversorgung durch einzelne Vitalitätsparameter. Korrelationen der Vitalitätsparameter mit der 1.Achse der HKA der Bodenmatrix. Mittlere Korrelationskoeffizienten im Rod, im Neuthal, im Neuriedtli und Gesamtmittel. s = Standardabweichung des Gesamtmittels. • = uniforme Merkmalsausprägung oder Merkmal nicht ausgebildet, weshalb keine Korrelation gerechnet werden kann.
Succisa pratensis: indication of overall nutrient supply by single vitality parameters. Correlations of vitality parameters with the 1st axis of pca of the soil matrix. Average correlation coefficients of Neuthal, Neuriedtli and total average. s = standard deviation of total average. • = uniform expression of the parameter or parameter not present. Therefor correlations can not be calculated.

Anzahl Transekte	Rod 3	Neu-thal 5	Neu-riedtli 4	Gesamt-mittel 12	s	Rang des Ge-samt-mittels	Anteil Transekte mit signifikanten Korrelationen p≤5%	p≤1%
Deckung	0.321	0.439	0.381	0.393	±0.241	7	3/12	2/12
Anzahl Pflanzen	0.455	0.485	0.510	0.486	±0.186	1	3/12	3/12
Knospen vorhanden	0.302	0.364	0.370	0.355	±0.231	10	2/0	2/10
Anzahl blühende Pflanzen	•	0.234	0.228	0.231	±0.110	15	0/6	0/6
maximale Wuchshöhe	0.460	0.233	0.428	0.380	±0.204	8	2/11	1/11
mittlere Wuchshöhe	0.399	0.250	0.335	0.327	±0.174	12	1/11	0/11
maximale Köpfchenzahl	0.413	0.252	0.389	0.353	±0.178	11	1/11	0/11
mittlere Köpfchenzahl	0.336	0.246	0.350	0.312	±0.183	14	0/11	0/11
Köpfchenzahl pro Abschnitt	0.308	0.267	0.370	0.319	±0.163	13	0/11	0/11
maximale Rosettenblätterzahl	0.427	0.334	0.394	0.379	±0.197	9	4/12	0/12
mittlere Rosettenblätterzahl	0.638	0.377	0.407	0.465	±0.193	2	6/12	2/12
Rosettenblätterzahl je Abschnitt	0.476	0.326	0.455	0.412	±0.204	6	2/12	1/12
maximaler Rosettendurchmesser	0.632	0.250	0.459	0.443	±0.240	3	5/12	0/12
mittlerer Rosettendurchmesser	0.625	0.283	0.421	0.436	±0.205	4	4/12	0/12
Gesamtvitalität	0.555	0.335	0.388	0.417	±0.209	5	2/12	2/12

fizienten hoch und der Zusammenhang lediglich auf zwei von elf Transekten signifikant. Deswegen ist die Aussagekraft der Gesamtvitalität über die Bodenmatrix beschränkt.

3.4.2.4. Übersicht: Merkmale mit guten Zeigereigenschaften

Die Vitalität der untersuchten Arten kann die Bodenverhältnisse nur bedingt wiedergeben. Bei lediglich neun der fünfzehn untersuchten Arten findet sich eines oder mehrere Vitalitätsmerkmale, deren mittlere Korrelationen mit der Bodenmatrix für alle Transekte grösser als r = 0.5 sind (vgl. Tab. 44).
Selbst diese Zusammenhänge müssen in ihrer überwiegenden Mehrheit als zufällig betrachtet werden. Verlangt man als Verlässlichkeitsmass, dass 70% der Korrelationen signifikant sind, so verbleiben gerade drei Arten mit zehnVitalitätsparametern, die zur Indikation der Bodenverhältnisse als geeignet betrachtet werden können. Es fällt auf, dass der Anteil signifikanter Beziehungen nicht mit der Grösse der mittleren Korrelationskoeffizienten zusammenhängt.

Filipendula ulmaria erweist sich als jene Art, deren Vitalität am zuverlässigsten auf die Nährstoffversorgung im Boden reagiert. Die Abhängigkeit ihrer Gesamtvitalität von der Bodenmatrix ist auf 89% der Transekte signifikant mit einer durchschnittlichen Korrelation von r = 0.643. Dazu kommen eine Reihe weiterer Merkmale, die mit einem Anteil von 78% signifikanter Korrelationen ebenfalls zuverlässig auf die Bodenmatrix reagieren. Diese Beziehungen sind etwas weniger stark. Zu nennen sind: Wuchshöhen, Blattbreiten, Blattlängen und Stengeldurchmesser. Der Maximalwert eines Merkmals weist jeweils die besseren Korrelationen auf als der entsprechende Mittelwert. Die Merkmale, welche mit der Fortpflanzung direkt zusammenhängen, reagieren weniger stark auf die Bodenverhältnisse.
Die zweite Art ist *Molinia coerulea*. Auch bei ihr zeigt die Gesamtvitalität die Bodenverhältnisse am genauesten an. Mit einem Anteil von 85% signifikanter Korrelationen ist dieses Mass ein zuverlässiger Bodenindikator. Die Anzeige der Bodenverhältnisse ist mit einer Korrelation von r = 0.574 allerdings nicht so genau wie bei der Gesamtvitalität von *Filipendula ulmaria*. Mit der Rispenlänge verfügt *Molinia coerulea* auch über ein Einzelmerkmal, welches die Bodenverhältnisse noch einigermassen zuverlässig anzeigt. Beim Pfeifengras weisen die Mittelwerte der Vitalitätsparameter genauer auf die Bodenverhältnisse hin als die Maximalwerte.
Als dritte Art, die allenfalls für eine Bodenindikation geeignet sein könnte, ist

Tab. 44. Übersicht: Vitalitätsparameter mit relativ guten Zeigereigenschaften für die Bodenmatrix (r≥0.5): Art und Merkmal, über alle Transekte gemittelte Korrelation mit Streuung, Anteil der bei p=5% signifikanten Korrelationen. **Fett:** Merkmale mit einem Anteil von über 70% signifikanter Korrelationen mit der Bodenmatrix.
Overview: vitality parameters with relatively good indication qualities for soil matrix (r≥0.5): species and parameter, correlation and standard deviation calculated for all transects. Part of transects with significant correlations (p=5%). ***Bold:*** *parameters which have a part of more than 70% significant correlations with the soil matrix.*

Art	Merkmal	mittlere Korrelation	Streuung	Signifikanzanteil
Filipendula ulmaria	**Gesamtvitalität**	**0.643**	**±0.217**	**89%**
	maximale Wuchshöhe	**0.561**	**±0.223**	**78%**
	maximale Blattlänge	**0.555**	**±0.168**	**78%**
	mittlere Wuchshöhe	**0.546**	**±0.206**	**78%**
	Deckung	0.545	±0.275	67%
	mittlere Blattlänge	0.537	±0.175	67%
	maximale Blattbreite	**0.528**	**±0.193**	**78%**
	maximaler Stengeldurchmesser	**0.526**	**±0.242**	**78%**
	mittlere Blattbreite	**0.524**	**±0.158**	**78%**
	maximale Anzahl Infloreszenzen	0.509	±0.222	56%
Holcus lanatus	maximale Wuchshöhe	0.505	±0.227	30%
Angelica silvestris	Deckung	0.573	±0.234	33%
	maximale Blattlänge	0.532	±0.259	44%
Lysimachia vulgaris	mittlere Wuchshöhe	0.554	±0.221	64%
	maximale Wuchshöhe	**0.540**	**±0.224**	**71%**
Carex davalliana	Deckung	0.617	±0.306	60%
	mittlere Wuchshöhe	0.515	±0.324	43%
Carex hostiana	Deckung	0.628	±0.277	25%
	Gesamtvitalität	0.541	±0.319	33%
	Anzahl Pflanzen	0.516	±0.321	17%
	Anzahl blühende Pflanzen	0.502	±0.262	17%
Carex panicea	mittlere Wuchshöhe	0.520	±0.322	33%
	Gesamtvitalität	0.510	±0.325	42%
Molinia coerulea	Deckung	0.576	±0.296	62%
	Gesamtvitalität	**0.574**	**±0.237**	**85%**
	mittlere Wuchshöhe	0.544	±0.273	62%
	mittlere Rispenlänge	**0.542**	**±0.203**	**77%**
Parnassia palustris	mittlerer Rosettendurchmesser	0.571	±0.292	25%
	maximaler Rosettendurchmesser	0.569	±0.255	38%
	mittlere Rosettenblätterzahl	0.540	±0.315	25%
	maximale Rosettenblätterzahl	0.507	±0.308	13%

Lysimachia vulgaris zu nennen. Bei ihr ist es nicht die Gesamtvitalität, sondern die maximale Wuchshöhe, die dazu in Frage kommt. Die mittlere Wuchshöhe weist zwar einen leicht grösseren Korrelationskoeffizienten auf, der Anteil signifikanter Korrelationen ist in ihrem Falle aber kleiner.
Bei weiteren Arten treten zwar durchaus Merkmale auf, deren mittlere Korrelationskoeffizienten mit der Bodenmatrix gleich gross oder grösser sind als die vorhin genannten (vgl. Tab. 44). Es stellt sich jedoch die Frage nach der Verlässlichkeit von Aussagen über diese Zusammenhänge. Wenn wie z.B. bei *Carex hostiana* die Zusammenhänge nur auf einem Viertel aller ausgewerteten Transekte signifikant sind, kann eine Eignung für die Bodenindikation nicht angenommen werden.

4. DISKUSSION

4.1. EINFLUSS DER NÄHRSTOFFVERSORGUNG AUF DIE AUSBILDUNG UND DIE ARTENZUSAMMENSETZUNG DER STREUWIESEN

Die Vegetation der Untersuchungsgebiete kann in 12 pflanzensoziologische Einheiten eingeteilt werden (vgl. Tab. 65). Deren räumliche Verteilung ist in allen drei Gebieten vergleichbar. Auch die Übergänge zwischen den Einheiten sehen sich überall ähnlich: Vom *Valeriano-Filipenduletum* bzw. *Gentiano-Molinietum*, die beide eine gewisse Ähnlichkeit zu Heuwiesen aufweisen, nähert sich die Vegetation gegen das Riedzentrum mit sinkenden Bodennährstoffgehalten kontinuierlich dem *Caricetum davallianae typicum* bzw. *Primulo-Schoenetum stachyetosum* an. Informationen zu den sich ändernden Artenzusammensetzungen befinden sich in Kap. 3.3.
Die Abhängigkeit der Streulandvegetation von der Nährstoffversorgung war schon Gegenstand zahlreicher Untersuchungen. Bereits ZÜRN (1963) beobachtete nach 15 Jahren Volldüngung einer Borstgras-Pfeifengraswiese auf Gleyboden die weitgehende Umstellung des Bestands: Bei einem steigenden Gräseranteil verschwanden *Molinia coerulea* und *Nardus stricta* vollständig und *Anthoxanthum odoratum* fast vollständig. Die Leguminosen nahmen zu, während der Käuteranteil sank. Dabei übten physiologisch basische Dünger einen fast doppelt so grossen Einfluss aus wie physiologisch saure Dünger. Nach KLÖTZLI (1979) werden durch indirekte Düngung Molinion-Arten zugunsten der Filipendulion-Arten verdrängt. Sichtbar ist dies am Vorrücken von z.B. *Filipendula ulmaria*, *Valeriana officinalis* coll., *Eupatorium cannabinum* und *Carex acutiformis* sowie an erhöhter Vitalität von Schilf und *Deschampsia caespitosa*. Der Verdrängungsmechanismus besteht in einer Schattenunterdrückung der Molinion-Arten. Durch Beschattung des Oberbodens und veränderte Durchwurzelung werden die Mineralisierungsprozesse verändert (alle Angaben nach KLÖTZLI 1979). In den untersuchten Gebieten trifft diese Beobachtung für die Spierstaude zu. Die anderen genannten Arten spielen in den Hochstaudenfluren bzw. den Übergängen zwischen Intensivgrünland und Streuland eine untergeordnete Rolle.
PEGTEL (1983) stellte in einem Gewächshausexperiment mit ungestörten Rasenziegeln aus einem *Cirsio-Molinietum* fest, dass das Verhältnis der Biomassen von Monokotyledonen zu Dikotyledonen sowohl unter Stickstoffdüngung als

auch unter Phosphatdüngung sinkt. ZÜRN (1963) fand dies ebenfalls bei PK-Düngung; bei NPK-Düngung werden jedoch die Gräser massiv zu Lasten der Kräuter gefördert. Gemäss BRIEMLE (1994) reduziert eine Aushagerung einer Fettwiese (ein- bis mehrschürig, ohne Düngung) die Gesamtdeckung der Gefässpflanzen bis auf die Hälfte; die Lücken werden sofort von Moosen gefüllt. Allgemein nehmen die Kräuter ab und die Gräser zu; bei extensiver Bewirtschaftung nehmen auch die Leguminosen ab, Doldengewächse verschwinden fast vollständig, *Holcus lanatus* und *Trisetum flavescens* gelangen zur Dominanz; die Artenzahlen verändern sich jedoch nicht (BRIEMLE 1994). In einem Flachmoor auf Podzol bzw. Torf beobachteten BOEYE und VERHEYEN (1994) dagegen, dass die Existenz des *Caricion davallianae* bzw. ein Gradient von oligotrophen zu eher eutrophen Verhältnissen direkt von der Basenzufuhr (Ca^{2+}, K^{+}, Mg^{2+}, Na^{+}) durch Bewässerungswasser abhing. Der Nährstoffeintrag durch das Wasser (NH_4^{+}, Cl^{-}, SO_4^{2-}, NO_3^{-}, PO_4^{3-} und HCO_3^{-}) übte einen geringeren Einfluss aus: Die Autoren fanden relativ eutrophe Vegetation auf leichten Erhebungen, benachbart zu ombrotrophem Hochmoor, ausserhalb des Einflussbereichs des Grundwassers. Das eher oligotrophe *Caricion davallianae* dagegen wuchs in tieferen Lagen, wo es vom Bewässerungswasser mit Nährstoffen und Basen versorgt wurde. In der vorliegenden Untersuchung ist die Situation hinsichtlich der Basenversorgung einheitlich gut: die Gebiete werden von Wasser aus kalkhaltiger Moräne versorgt. Mit der Arbeit von BOEYE und VERHEYEN (1994) vergleichbare Reaktionen der Vegetation konnten nicht beobachtet werden. Die Reaktion der Vegetation auf die Nährstoffgehalte im Boden ist sehr ausgeprägt (vgl. Fig. 10–12).

Eine ausführliche Diskussion über die Auswirkung der Düngung in Molinion-Gesellschaften und über die limitierenden Nährstoffe findet sich in EGLOFF (1986).

Umstritten ist bis jetzt die Frage, ob Pflanzeninhaltsanalysen oder Bodenanalysen als Grundlage zur Beurteilung der Nährstoffversorgung dienen sollen. ZELESNY (1994) betont die Aussagekraft der Pflanzenanalysen. Diese lassen in den meisten Fällen Schlüsse auf die Ernährungssituation zu, während sich die Ermittlung des pflanzenverfügbaren Phosphors und Kaliums aus der Bodenlösung als wenig aussagekräftig zur Charakterisierung der trophischen Gradienten erweist (ZELESNY 1994). Derselben Auffassung sind auch EGLOFF (1986), PEGTEL (1987) und MAAS (1990). Auch die Pflanzeninhaltsanalysen können schwer einzuschätzende Ergebnisse liefern, wie ZELESNY (1994) selbst feststellt: die Nitrophytenvegetation auf einer Brache lässt höhere Nährstoffgehalte in der Phytomasse vermuten, als tatsächlich gefunden werden. Die Gehalte

in *Filipendula ulmaria* und *Primula veris* sind bis doppelt so gross wie der Durchschnitt aller Arten, jene der ebenfalls als Nitrophyten bezeichneten *Lysimachia vulgaris* und *Phragmites communis* jedoch nur durchschnittlich (ZELESNY 1994). Bei KLÖTZLI (1987) dagegen ergibt die Pflanzeninhaltsanalyse nur eine ungenügende Eutrophierungsindikation, aber das pflanzenverfügbare Nitrat und Calcium im Boden sowie die Leitfähigkeit des Bodenwassers zeigen die Gradienten sehr gut an. PETERS (1988) betont die hohen Korrelationen zwischen dem pflanzenverfügbaren Bodennitrat und den Gesamtstickstoffgehalten in der Phytomasse.
Molinion-Kennarten weisen im frühen bis optimalen Blühstadium relativ niedrige NPK-Gehalte auf (BALATOVA-TULACKOVA 1993). *Schoenus ferrugineus, Molinia coerulea* und wahrscheinlich vielen anderen Arten nährstoffarmer Standorte ist eine hochentwickelte Fähigkeit eigen, eben diese Elemente im Herbst in die Überwinterungsorgane zurückzuverlagern (GANZERT 1984, GANZERT und PFADENHAUER 1986). Gemäss KUHN et al. (1978) zieht *Molinia coerulea* 84% der Stickstoff- und 89% der Phosphorgehalte der oberirdischen Sprossteile zurück. MARKERT et al. (1988) stellten dazu bei *Molinia coerulea* eine starke Anreicherung von Nährstoffen fest. Diese Fähigkeit, die auch von anderen Arten nährstoffarmer Standorte bekannt ist, werden als Grund genannt, warum Pflanzeninhaltsanalysen die Nährstoffversorgung besser wiedergeben als Bodenanalysen (EGLOFF 1986, PEGTEL 1987, MAAS 1990). Sie machen aber gleichzeitig auch darauf aufmerksam, dass das Nährstoffangebot am Standort der Pflanze nur mittelbar mit der physiologischen Versorgung zusammenhängt.

Die vorliegende Arbeit stützt sich ausschliesslich auf Analysen der Bodennährstoffgehalte. Im allgemeinen ist die Reaktion der Gesamtvegetation auf die Bodenbeschaffenheit sehr deutlich, was die Brauchbarkeit der Bodenanalysen für die Beurteilung der Nährstoffversorgung bestätigt: Die Gruppenzugehörigkeiten zu den festgestellten Gesellschaften korrelieren mit der Bodenmatrix mässig bis sehr gut. Die Koeffizienten erreichen Werte zwischen $r = 0.422$ bis $r = 0.949$. Die Ähnlichkeiten zu den trockeneren Gesellschaften des *Saturejo-Molinietum equisetetosum* und *Gentiano-Molinietum caricetosum montanae*, nach KLÖTZLI (1969) Grundwasserlinientypen 3 und 4 spiegeln die Bodenverhältnisse deutlich weniger gut wider als die Ähnlichkeiten zu den feuchteren Gesellschaften des *Valeriano-Filipenduletum, Gentiano-Molinietum caricetosum davallianae, Caricetum davallianae* und *Primulo-Schoenetum*, nach KLÖTZLI (1969) Grundwasserlinientypen 5 und 6. Die Gesellschaften,

zu denen die berechneten Ähnlichkeiten die Bodenverhältnisse weniger gut wiedergeben, sind Gesellschaften des Überganges. Die Ansprache des *Saturejo-Molinietum* im Neuriedtli blieb unsicher. Es befindet sich zwischen dem *Valeriano-Filipenduletum* und dem feuchteren *Gentiano-Molinietum* bzw. liegt als "Insel" eingebettet ins *Valeriano-Filipenduletum.* Das *Gentiano-Molinietum caricetosum montanae* ist im Rod beim Übergang zwischen Intensivgrünland und Streuland zu finden und mit einer Anzahl Arten des Intensivgrünlandes durchsetzt. Im Neuthal bildet es lediglich einen schmalen Streifen zwischen dem *Valeriano-Filipenduletum* und dem feuchteren *Gentiano-Molinietum caricetosum davallianae* bzw. *Primulo-Schoenetum.* Die Ähnlichkeit zum *Primulo-Schoenetum* eignet sich in den untersuchten Gebieten mit Abstand am besten für eine Indikation der Bodennährstoffversorgung.

4.2. EINFLUSS DER NÄHRSTOFFVERSORGUNG AUF DIE VITALITÄT DER ARTEN

Die Reaktionen einzelner Arten auf die Nährstoffverhältnisse im Boden wurden vorab in der landwirtschaftlichen Forschung untersucht. KÖCK und HOLLAUS (1981) stellten z.B. in einer Goldhaferwiese auf mässig saurem Boden (pH-Wert ca. 5) unter P-K-Düngung und Mistgabe einen sinkenden Gräseranteil fest. *Trisetum flavescens* und *Poa trivialis* erfuhren eine relative Förderung, *Dactylis glomerata, Poa pratensis* und *Festuca pratensis* gleichzeitig einen Rückgang. *Dactylis glomerata* wird durch N-Düngung gefördert. EGLOFF (1986) führt *Dactylis glomerata* denn auch als "Warnart" bei indirekter Düngung in Riedern an. DIETL (1982, 1983) sieht *Poa trivialis, Ranunculus repens, Agropyron repens* und *Rumex obtusifolius* an feuchten Standorten unter starker Stickstoff- oder Volldüngung bzw. Stalldüngung gefördert. Unter starkem Weidedruck oder bei häufigem Schnitt wird *Poa trivialis* zurückgedrängt. Bei mässiger Düngung erhöht sich die Konkurrenzkraft von *Festuca pratensis*, die aber auf ein noch weiter erhöhtes Nährstoffangebot nicht mehr reagieren kann. Auch *Trisetum flavescens* findet sein Optimum bei mässiger Düngung. Ist die Nährstoffzufuhr zu stark, verliert es seine Konkurrenzkraft wieder. Nach BRACKER (1981) ist die Förderung von *Poa trivialis* durch Gülle in Lücken von einer genügenden Wasserversorgung abhängig. STAUB (1986) bestätigt bei seinen Beobachtungen auf nur extensiv genutztem Grünland die Förderung von *Trisetum flavescens* unter P-K-Düngung. Er beobachtete gleichzeitig, dass *Knautia arvensis, Galium mollugo* und *Lolium perenne* nur auf den gedüngten

Flächen vorkommen. BRACKER (1981) dagegen sieht *Lolium perenne* durch die Ausbringung von Gülle zurückgedrängt. Er stellt eine Förderung von *Poa annua, Stellaria media* und *Taraxacum officinale* bei Gülleausbringung fest. Nur bei starker Düngung (N, NPK oder Stalldüngung) gefördert werden nach DIETL (1982) *Lolium perenne*, *Poa annua* und *Stellaria media*. Die Konkurrenzkraft von *Taraxacum officinale* steigt bereits bei einer mässigen Düngung.

Zur Reaktion einiger der untersuchten Arten auf Standortsunterschiede habe ich erstaunlich wenig Literatur gefunden. In den folgenden Abschnitten soll darüber eine kurze Übersicht gegeben werden.

4.2.1. Nährstoffzeigende Arten

Filipendula ulmaria

In den untersuchten Gebieten reagiert die Spierstaude am stärksten auf das Angebot an Gesamtphosphor und auf die Wasserversorgung. Die Kaliumversorgung spielt eine untergeordnete Rolle. Bezüglich Phosphor stimmen die Befunde mit ZELESNY (1994) überein. Bei ihm ist das Kalium jedoch wichtiger: ein Mehrangebot an verfügbarem P und K am Rand zur Wirtschaftswiese ist verantwortlich für das Vorhandensein von *Filipendula ulmaria*. Er bezieht sich auf Pflanzeninhaltsanalysen. Die Art weist überdurchschnittlich hohe Nährstoffgehalte auf, was ihren Nährstoffbedarf deutlich macht (ZELESNY 1994). Nach den Angaben von BALATOVA-TULACKOVA (1993) stimmt dies nur im Vergleich mit Molinion-Kennarten. Die von BOLLER-ELMER (1977) bestimmten Stickstoffgehalte der Spierstaude liegen im Durchschnitt der gesamten Vegetation.

Filipendula ulmaria besitzt ihren Verbreitungsschwerpunkt mit hoher Vitalität am Streuwiesenrand, vermag jedoch in einzelnen Streuwiesen bis weit gegen das Zentrum vorzudringen (ZELESNY 1994). Die Vitalität sinkt gegen das Streuwiesenzentrum hin ab, was an den Blattgrössen besonders gut zu sehen ist (ZELESNY 1994). Diese Angaben können durch die vorliegende Arbeit bestätigt werden: nebst der Gesamtvitalität geben maximale Wuchshöhe und maximale Blattlänge die Bodennährstoffversorgung am besten wieder. Die Spierstaude ist von den untersuchten Arten diejenige, die auf den Nährstoffgradienten am deutlichsten reagiert.

Nach Aufgabe der Nutzung erreicht *Filipendula ulmaria* im allgemeinen hohe Deckungsgrade, was zu einem Anteil der Arten aus der Formation "Feuchtwiesen" (nach KORNECK und SUKOPP 1988) von bis zu 50% führt (ZELESNY 1994).

ZACHARIAS et al. (1988) beobachteten eine Förderung der Spierstaude bei Beschattung. Wird nach einer längeren Bracheperiode ein Zweischnittregime eingeführt, verliert *Filipendula ulmaria* innert weniger Jahre ihre Dominanz völlig (WOLF et al. 1984). Der Schnittzeitpunkt spielt für ihre Zurückdrängung eine untergeordnete Rolle (EGLOFF 1986). Bei günstigem Wasserregime erträgt die Spierstaude auch einen jährlichen Schnitt: NIEMANN und WEGENER (1976) empfehlen zur Maximierung des Nährstoffentzugs den Schnitt der Spierstaudenfluren im Juli/August. In Einzelfällen kann *Filipendula ulmaria* nach Aufgabe der Nutzung sogar eine geringere Konkurrenzkraft zeigen (ZELESNY 1994). Diese letztere Beobachtung bestätigt ANDRES (1990, 1991): Auf ihren Rotationsbrachen wurde *Filipendula ulmaria* während einer einjährigen Brache geschwächt, erholte sich aber sofort, als wieder geschnitten wurde. Die Schwächung rührt wahrscheinlich daher, dass die Struktur der vorjährigen Streu einen grösseren Einfluss auf *Filipendula ulmaria* ausübt, als der von KLÖTZLI (1978) beschriebene Auteutrophierungseffekt der Streu (ANDRES 1991).

FALINSKA (1995) untersuchte die Ausbreitung der Spierstaude in einer brachliegenden Wiese während 17 Jahren. Ihre Arbeit kann das Verhalten der Spierstaude ein Stück weit erklären: Die Entwicklung erfolgte in zwei Schüben: In den ersten 8 Jahren breitete sich die Art durch Zunahme der Genets aus. Nach 12–14 Jahren erfolgte deren Desintegration. In dieser Zeit klumpte die räumliche Struktur zusehends. Die Zahl der Ramets in einem Genet hing von Grösse und Alter des Genet ab. Die Desintegration eines Genet wurde in erster Linie durch die Akkumulation toter Spross- und Rhizombiomasse im Perimeter des Genet ausgelöst. Bei Entfernung der Nekromasse erfolgte auch im Alter von 13 Jahren keine Desintegration, auch wenn Zeichen der Alterung sichtbar waren. Die Desintegration führte durch Wachstum junger Fragmente an der Peripherie zu einer Verjüngung des Genet. Am Ende der Untersuchung wurde *Filipendula ulmaria* durch Aufwuchs von Weiden (*Salix*) wieder zurückgedrängt.

4.2.2. Arten, die mittlere Nährstoffgehalte anzeigen

Holcus lanatus

Das Wollige Honiggras reagiert in den untersuchten Gebieten auf das Nährstoffangebot relativ schwach. Unterschiede zwischen den Nährstoffen gibt es kaum. Ausnahme ist das Ammonium, auf welches die Reaktion noch etwas geringer ist. Dieses Verhalten stimmt nicht mit den Angaben von SOUGNEZ (1965) überein, der unter spezieller Phosphordüngung eine starke Zunahme der Deckung regi-

strierte, während eine nitratdominante Düngung *Holcus lanatus* eher zurückdrängte. Bei steigenden Volldüngergaben in Töpfen beobachtete PEGTEL (1983) eine Förderung von *Holcus lanatus*. Er steht damit teilweise im Widerspruch zu ZÜRN (1963), welcher in einem Düngungsexperiment über 15 Jahre die Förderung des Wolligen Honiggrases nur bei physiologisch sauer wirkenden Volldüngern feststellte, bei Kalkvolldüngung dagegen eine Zurückdrängung. Bei ZELESNYS (1994) Untersuchung breitete sich *Holcus lanatus* unter dem Einfluss von eutrophem Drainagewasser in Streuwiesen aus, wobei unklar blieb, ob das Wasser sauer oder basisch wirkte. Sofern ein dreischüriger Übergangsbereich zwischen Intensivgrünland und Streuland vorhanden ist, kann *Holcus lanatus* dort dominant werden, und zwar streulandseitig. Dies stimmt mit den Beobachtungen von einigen anderen Autoren (BAKKER et al. 1980, OOMES und MOOI 1981, BAKKER und DE VRIES 1985, EGLOFF 1986) überein, wonach das Honiggras durch mehrfache Schnitte ab Juli bis Oktober gefördert wird. In feuchten Fettwiesen kann das Honiggras bei Aushagerung zur Dominanz gelangen (BRIEMLE 1994). In Brachen verliert die Art an Konkurrenzkraft (ZELESNY 1994). OOMES (1977) erklärt dies dadurch, dass die Keimlinge von *Holcus lanatus* bei sehr später oder ausbleibender Mahd durch Kräuter erstickt werden. Ebenso empfindlich reagiert *Holcus lanatus* auf frühen Schnitt vor der Samenreife (OOMES 1977). Die Beobachtungen von DIETL (1982) bestätigen dies: *Holcus lanatus* wird durch wenige Schnitte, extensive Beweidung (als Unternutzung beurteilt) und mässige Düngung (N, NPK oder Stalldünger) gefördert, während er bei häufigem Schnitt, intensiver Beweidung (als Übernutzung taxiert) und starker Düngung seine Konkurrenzkraft verliert.

Holcus lanatus hat als Art des extensiven Wirtschaftsgrünlandes seinen Schwerpunkt am Rand der Streuwiesen, dringt aber manchmal bis ins Zentrum vor (ZELESNY 1994). An trockenen Standorten ist das Honiggras auf Düngung angewiesen, während es an feuchten Orten auch mit weniger Nährstoffen auskommt (BRÜLISAUER 1977). Seine Vitalität, ausgedrückt in Wuchshöhe, Ährchenlänge und Ährchenzahl, ist im grünlandnahen Randbereich am grössten (ZELESNY 1994). Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung konnte nur ein sehr loser Zusammenhang zwischen der Vitalität des Honiggrases und der Bodennährstoffversorgung bzw. der Distanz zum Intensivgrünland festgestellt werden. Am ehesten werden die Bodennährstoffgehalte durch die maximalen Wuchshöhen ausgedrückt.

Die Differenz der vorliegenden Resultate zu jenen von ZELESNY (1994) ist möglicherweise dadurch bedingt, dass die Reaktion des Honiggrases auf Düngung vom pH-Wert abhängt, wie ZÜRN (1963) beobachtete. Obwohl der pH-Wert der

Böden nicht bestimmt wurde, darf aufgrund der zahlreichen Basenzeiger (vgl. Tab. 65, in der Beilage) von einem eher alkalischen Milieu der Untersuchungsflächen ausgegangen werden.

Phragmites communis

In den untersuchten Gebieten reagiert das Schilf kaum auf die verfügbaren Bodennährstoffe. Die Vitalitätsparameter zeigen nur sehr schwache bis relativ schwache Zusammenhänge mit der Nährstoffversorgung. Am deutlichsten sind die Reaktionen der Deckung und der Wuchshöhe. Diese Ergebnisse stehen im Widerspruch zu den Befunden mancher anderer Autoren.

Bei ZELESNY (1994) weist *Phragmites communis* eine auffällige Zonierung auf, welche seine Empfindlichkeit auf sich ändernde Standortsbedingungen deutlich machen. Die an Fertilität, Wuchshöhe, Blattzahl pro Trieb sowie maximaler Länge und Breite der Blätter gemessene Vitalität der Art nimmt vom Rand zum Zentrum der Streuwiese hin kontinuierlich ab, was auf sich verschlechternde Standortsbedingungen hinweist. Besonders die Fertilität des Schilfes reagiert empfindlich auf die Nährstoffversorgung: In einem Fall sank die Fertilität von 85% am Rand der Streuwiese auf 0% im Zentrum parallel zum P-Gehalt der Pflanzen pro m^2. Soweit der Einfluss einer Drainagewassereinleitung reichte, wuchs das Schilf mit erhöhter Vitalität, insbesondere waren 100% (!) der Halme fertil. Dem Schilf standen hier rund 40% mehr Phosphor und 80% mehr Kalium zur Verfügung. Trotzdem stellt der Randbereich der Streuwiese für die Art keinen optimalen Standort dar, wie sich aus den Nährstoffgehalten ablesen lässt (alle Angaben nach ZELESNY 1994). ZELESNY (1994) stützt sich bei seinen Aussagen allerdings auf Pflanzeninhaltsanalysen, während sich die vorliegende Arbeit auf Bodennährstoffanalysen bezieht. Er verneint generell die Eignung von Bodenanalysen für die Beurteilung der Ernährungssituation von Pflanzen.

KLÖTZLI und ZÜST (1973) beobachteten an aquatischem Schilf, dass der Schnitt die Dichte erhöht, aber die Produktivität vermindert. Bei erneuter Mahd nach einem Brachejahr beobachtete ANDRES (1990) dasselbe bei terrestrischem Schilf. Laut ANDRES et al. (1987) ist dessen mittlere Wuchshöhe von der Sprossdichte abhängig (negativ korreliert). Es könnte sich dabei um Sekundärtriebe der durch den Schnitt geschädigten Sprosse handeln. Das Schilf erhält durch eine kurzfristige Brache einen Konkurrenzvorteil (ANDRES et al. 1987). Es zeigt sich zumindest in einigen Fällen auch gegen Schnitt tolerant: einzelne Exemplare konnten in einem Fall als Relikte nach einer Intensivierung auch auf Dreischnittgrünland (ZELESNY 1994) oder auf Äckern (KLÖTZLI mündl.) überdauern. Bei längerdauernder Brache gelangt das Schilf meist zur Dominanz. In einem

Einzelfall besass es nach der Nutzungsaufgabe jedoch wenig Konkurrenzkraft (ZELESNY 1994). Der Autor war davon überrascht, ging jedoch nicht weiter darauf ein. Da auf den Transekten der vorliegenden Arbeit keine Bewirtschaftungsunterschiede bestehen, kann zu diesen Aussagen keine Stellung genommen werden.

Die Beobachtung von KLÖTZLI (1979), dass die Vitalität des terrestrischen Schilfes durch indirekte Düngung erhöht wird, kann für die Übergangsbereiche der untersuchten Gebiete nicht bestätigt werden. Dies könnte zwei Ursachen haben: Die Nährstoffgradienten in den Untersuchungsgebieten sind zwar ausgeprägt, die Gehalte sind jedoch auch in den eutrophen Teilen der Transekte relativ niedrig. Zudem vermute ich, dass das Schilf mit seinem ausgedehnten Rhizomgeflecht die nötigen Nährstoffe über grössere Distanzen transportieren kann, was die kleinräumliche Abhängigkeit vom Bodenzustand reduziert. Die von HÜRLIMANN (1951) festgestellte Funktion der Rhizome als Speicherorgane vermag auch die Beobachtung von ANDRES et al. (1987) erklären, dass das Schilf auf Standortveränderungen verzögert reagiert.

Die Untersuchungen von KSENOFONTOVA (1988) an aquatischem Schilf ergeben relativ gute Korrelationen zwischen der trophischen Stufe des Wassers und dem Phosphorgehalt der Pflanzenteile ($0.61 \leq r \leq 0.70$). Die Nährstoffgehalte der verschiedenen Pflanzenteile sind voneinander abhängig ($0.51 \leq r \leq 0.77$). KSENOFONTOVA (1988) findet Korrelationen zwischen der Rispengrösse und den Stickstoff-, Phosphor- und Kaliumgehalten im Boden sowie zwischen der Nummer des grössten Blattes, von oben gezählt, und denselben Nährelementen ($r \approx 0.66$). Die Korrelationen zwischen den Nährstoffgehalten der Phytomasse und den morphometrischen Merkmalen sind im Durchschnitt höher ($r \leq 0.84$). Die Resultate von KSENOFONTOVA (1988) stehen scheinbar im Widerspruch zu den Befunden dieser Arbeit, dass – wenn überhaupt – nur ein sehr loser Zusammenhang zwischen dem Bodennährstoffgehalt und der Vitalität des Schilfes besteht. Eine mögliche Erklärung für diese Differenz liegt im jährlichen Schnitt des Schilfes in den Untersuchungsgebieten, dessen Effekt die Reaktion auf die veränderte Nährstoffversorgung überlagern kann. KSENOFONTOVA (1988) gibt in ihrer Arbeit keinen Hinweis auf erfolgte Mahd. Eine andere mögliche Erklärung ist, dass sie das Schilf von verschiedenen Orten verglich, aber keine Gradientenanalysen eines einzelnen Objektes machte. Falls die Verhältnisse flächig gleich sind, hat das Schilf keine Möglichkeit, die benötigten Nährstoffe durch seine Rhizome aus der Nachbarschaft zu beschaffen.

Die Vitalität des Schilfes eignet sich aufgrund der Resultate der vorliegenden Arbeit nicht als Massstab für die Indikation von Bodennährstoffgradienten.

Angelica silvestris

Die Vitalität von *Angelica silvestris* reagiert am deutlichsten auf die Versorgung mit Orthophosphat und eventuell mit Ammonium. Kalium spielt nur in einem der Gebiete eine Rolle.

Nach ZELESNY (1994) ist die Zonierung von *Angelica silvestris* nicht auf allen Streuwiesen gleich. Im Randbereich kann sie Deckungen bis zu 50% erreichen. Gegen das Zentrum hin wächst sie mit immer geringerer Vitalität und nur noch steril. Auf Brache enthält die Art, verglichen mit andern, in ihrer Biomasse überdurchschnittlich viel Kalium, Phosphor und Calcium, jedoch nur wenig mehr als auf genutztem Streuland. Die generativen Organe von *Angelica silvestris* enthalten bis zu 50% mehr P und K als die Blätter (ZELESNY 1994). Auch BALATOVA-TULACKOVA (1993) zählt *Angelica silvestris* zu jenen Arten, die Kalium besonders gut akkumulieren können. Unter dem Einfluss von eutrophem Drainagewasser breitet sich *Angelica silvestris* aus, hat im unmittelbaren Bereich der Drainagemündung jedoch eine reduzierte Deckung (ZELESNY 1994). Bereits nach einmaliger NPK-Düngung kann *Angelica silvestris* in Alluvionensümpfen dominant werden (EGLOFF 1983). Die Resultate der vorliegenden Arbeit bestätigen diese Aussagen für kalkreiche Hangrieder nur für die vegetativen Merkmale: die Deckung und die maximale Blattlänge von *Angelica* variieren in Abhängigkeit von der Nährstoffversorgung bzw. von der Distanz zum Intensivgrünland. Die generativen Merkmale Doldengrösse und Doldenzahl hingegen sind unabhängig davon.

Lysimachia vulgaris

Die Abhängigkeit der Gesamtvitalität des Gilbweiderich von den verfügbaren Nährstoffen ist nur mässig stark. Nach ZELESNY (1994) ist er jedoch eine Art mit vergleichsweise hohen Nährstoffansprüchen. Im Einflussbereich von eutrophem Drainagewasser breitet sich *Lysimachia vulgaris* aus und wächst mit erhöhter Deckung. Je näher sie bei der Drainagemündung wächst, desto vitaler ist sie (ZELESNY 1994). Bezüglich der Nährstoffgehalte ähnelt der Gilbweiderich stark der Spierstaude, mit Ausnahme der höheren Ca- und Cl-Gehalte und des auffallend hohen N/P-Quotienten (BALATOVA-TULACKOVA 1993). Laut BOLLER-ELMER (1977) ist der Stickstoffgehalt von *Lysimachia vulgaris* im Vergleich mit andern Pflanzenarten niedrig.

ZELESNY (1994) fand, dass *Lysimachia vulgaris* in einigen Gebieten nur auf einem Streifen am Rand der Streuwiesen wächst. An beiden Rändern dieses Streifens kam sie nur mit vereinzelten, meist sterilen Exemplaren vor; dazwischen war sie vitaler. Diese Beobachtung kann in der vorliegenden Arbeit

nicht bestätigt werden: der Gilbweiderich blühte auf der ganzen Länge der Transekte. Auch die Blütenzahlen sind von der Nährstoffversorgung unabhängig. Nur Wuchshöhe und allenfalls Stengeldicke reagieren auf die Nährstoffgehalte im Boden.
ZELESNY (1994) sieht im Verhalten von *Lysimachia vulgaris* Unterschiede zwischen Brachen und gemähten Streuwiesen. Auf Brachen nimmt die an Wuchshöhe, Anzahl Verzweigungen und Anteil fertiler Triebe gemessene Vitalität der Art mit zunehmender Distanz zum Intensivgrünland eher zu, was er auf einen fehlenden Nährstoffgradienten zurückführt. Auf gemähtem Streuland kann er dies nicht beobachten. Auf Brachen erreicht *Lysimachia vulgaris* höhere Deckungsgrade als auf geschnittenen Streuwiesen (ZELESNY 1994). ANDRES (1990, 1991) beobachtete beim Gilbweiderich ein gegenteiliges Verhalten: durch einjährige Brachlegung wird die Vitalität der Art reduziert. Bei Wiederaufnahme der Mahd erholt sich die Anzahl Triebe sofort, die Deckung dagegen bleibt zuerst noch gering. Laut ANDRES (1991) ist wie bei der Spierstaude in erster Linie die Struktur der Streu für die Schwächung verantwortlich. In den untersuchten Gebieten findet wegen der jährlichen Mahd keine Streuakkumulation statt, so dass dies nicht die Ursache für die nur mässigen Zusammenhänge zwischen Vitalität und Bodeneigenschaften sein kann. Hingegen könnte die Struktur der Hochstaudenflur eine Ursache dafür sein: Die Verbreitung von *Lysimachia vulgaris* reicht vom Hochstaudensaum bis weit ins Ried hinein. Ihre maximale Vitalität erreicht sie am Rand der Hochstaudenflur, wo die Nährstoffversorgung noch relativ gut, aber die Konkurrenz durch *Filipendula ulmaria* nicht mehr so stark ist.

Mentha aquatica

Im Rod erweist sich die Gesamtvitalität von *Mentha aquatica* als völlig unabhängig von der Nährstoffversorgung. Auch von den einzelnen Merkmalen zeigt höchstens die Anzahl Stengel pro Abschnitt einen wenigstens mässigen Zusammenhang mit der Nährstoffversorgung auf.
Bei EGLOFF (1983) dagegen kann *Mentha aquatica* auf sehr nassen Streuwiesen bereits nach einmaliger NPK-Düngung an Stelle von *Schoenus nigricans* dominant werden. Sie kann nebst Quellsümpfen und Streuwiesen auch Übergangsbereiche zu Glatthaferwiesen besiedeln (STAUB 1986). LANDOLT (1977) weist ihr einen mittleren Nährstoffzeigerwert zu. Weitere Literaturhinweise auf die Reaktion von *Mentha aquatica* auf unterschiedliche Nährstoffangebote wurden nicht gefunden.

4.2.3. Magerkeitszeigende Arten

Carex davalliana

Die Gesamtvitalität der Davallsegge reagiert etwas deutlicher als jene der Wasserminze auf einzelne Bodenfaktoren, doch ebenfalls nicht sehr ausgeprägt. Den grössten Einfluss übt das C-N-Verhältnis aus. Dies stimmt mit der Beobachtung von MORAVEC und RYBNICKOVA (1964) überein, welche ebenfalls das niedrige C-N-Verhältnis bei den *Carex-davalliana*-Beständen im Böhmerwald betonen. ZELESNY (1994) beschreibt *Carex davalliana* als eine typische Streuwiesenart. Nach MORAVEC und RYBNICKOVA (1964) ist sie an kalkreiche Niedermoorböden gebunden, wobei das Calcium auch in anderer Form als Calciumkarbonat vorliegen kann. Gemäss RYBNICEK und RYBNICKOVA (1970) kann *Carex davalliana* auch auf karbonatfreien Böden in azidophiler Vegetation vorkommen. Sie wächst z.B. zusammen mit *Drosera rotundifolia* und *Sphagnum subsecundum.* GIUGNI (1991) findet die Davallsegge sowohl auf kalkhaltigem Gley als auch auf kalkfreiem Torf.

Die Deckung ist jenes Vitalitätsmerkmal, welches am deutlichsten auf die Bodennährstoffversorgung reagiert. Das zweite Merkmal ist die durchschnittliche Wuchshöhe. Zur Abhängigkeit der Vitalität der Davallsegge von der Bodennährstoffversorgung habe ich keine Angaben in der Literatur gefunden.

Carex hostiana

In den untersuchten Gebieten reagiert die Gesamtvitalität von *Carex hostiana* auf die einzelnen Bodenfaktoren im Vergleich mit anderen Arten ziemlich deutlich. Es bestehen dabei kaum Unterschiede in den Reaktionen auf die verschiedenen Faktoren. PEGTEL (1983) jedoch fand in einem Topfexperiment durch zunehmende Phosphorgaben eine Förderung ihres Wachstums, unter Volldüngung dagegen eine Hemmung. EGLOFF (1986) findet *Carex hostiana* an ihrem Standort wegen der Lichtkonkurrenz unter allen Düngungsformen benachteiligt.

In den Gebieten von ZELESNY (1994) wächst *Carex hostiana* vom Rand bis ins Zentrum der Streuwiese. Diese Beobachtung stimmt für die untersuchten Gebiete nur mit Vorbehalt. Die Art kann sich unter Umständen bis auf 5 m an die Intensivwiese annähern. Sie vermag jedoch nie in eine Hochstaudenflur einzudringen. ANDRES et al. (1987) beobachteten bei *Carex hostiana* auf kurzzeitigen Brachflächen eine höhere Fertilität als in den geschnittenen Flächen. SCHOPP-GUTH (1993) fand die Bildung fertiler Triebe und die Keimraten entscheidend durch klimatische Faktoren bestimmt. Bei seinen Flächen waren die Wuchs-

höhen auf Brachen grösser als auf geschnittenen Flächen. Möglicherweise spielt das Mikroklima der Brache eine Rolle für die von ANDRES et al. (1987) beobachtete Förderung. Das bei SCHOPP-GUTH (1993) verstärkte Höhenwachstum dürfte durch die grössere Beschattung in der Brache mitverursacht sein. Die Resultate der vorliegenden Arbeit bestätigen SCHOPP-GUTH (1993) insofern, als die Ährenzahl vom Bodennährstoffangebot unabhängig ist. Die Deckung reagiert weitaus am deutlichsten darauf.
SCHOPP-GUTH (1993) betont, wie wichtig das Offenhalten der Flächen durch Schnitt oder Beweidung für die Art ist. *Carex hostiana* wird durch Tritt gefördert. Er vermutet, dass durch die Nutzungen unterschiedliche Genotypen selektioniert wurden, die bezüglich Wuchshöhe eine geringe Plastizität besitzen, oder dass *Carex hostiana* auf kleinräumigen Sonderstandorten siedelt, die durch Nutzungsänderungen nur wenig verändert werden und keine Plastizität in der Halmhöhe erfordern. KLÖTZLI (mündl.) beobachtete in den Mooren von Rothenthurm in der Zentralschweiz unter Trittbelastung die Förderung von *Carex flava* s.l., *Carex rostrata* und dem Hybriden *Carex xanthocarpa* (*C. flava* × *C. hostiana*). Dass *Carex hostiana* durch Tritt gefördert wurde, konnte er bis jetzt nicht feststellen. Da in den untersuchten Gebieten die Bewirtschaftung uniform ist, können diese Aussagen nicht kommentiert werden.

Carex panicea

Das Wachstum von *Carex panicea* wurde in der vorliegenden Untersuchung in erster Linie von Orthophosphat und Nitrat bestimmt. Die Art wird gemäss SOUGNEZ (1965) durch Kaliumdüngung leicht gefördert. Sie erfährt wie *Carex hostiana* im Experiment von PEGTEL (1983) unter Volldüngung eine Hemmung. EGLOFF (1986) findet *Carex panicea* wegen der Lichtkonkurrenz auch im Freiland unter Düngung benachteiligt.
Carex panicea wächst je nach Ort nur im Streuwiesenzentrum oder sowohl am Rand als auch im Zentrum (ZELESNY 1994). ANDRES et al. (1987) beobachteten bei *Carex panicea* auf kurzzeitigen Brachflächen eine höhere Fertilität als in den geschnittenen Flächen. In den untersuchten Gebieten reagiert die Fertilität nur schwach auf unterschiedliche Nährstoffgehalte im Boden. Wuchshöhe und Gesamtvitalität zeigen immerhin einen mässigen Zusammenhang mit der Nährstoffversorgung.

Molinia coerulea

In den untersuchten Gebieten reagiert das Pfeifengras am deutlichsten auf das Angebot an Gesamtphosphor. Das Kalium spielt im Gegensatz zu den Befunden

von BALATOVA-TULACKOVA (1993) eine etwas geringere Rolle. Das Pfeifengras zählt bei ihr auch zur Artengruppe mit den tiefsten P-Gehalten. SOUGNEZ (1965) fand als grosse Ausnahme unter den Streuwiesenarten das Pfeifengras durch nitratdominierte Düngung gefördert und durch phosphatdominierte Düngung gehemmt, was von MUNZERT (1973) bestätigt wird. Experimentell beobachtet PEGTEL (1983) in Töpfen eine Hemmung bei Volldüngung. Solange Phosphorknappheit herrscht, bleibt das Pfeifengras konkurrenzlos (EGLOFF 1986). Bei akutem Phosphormangel treten bei *Molinia coerulea* an Stengel und Blättern Rotfärbungen auf (FINCK 1976).

Molinia coerulea zeigt auf kalkreichen Niedermooren eine reduzierte Sprossbiomasse (LÜTTKE-TWENHÖVEN 1982). Vegetative Vitalitätsparameter (Wuchshöhe, Blattlänge und Blattzahl) des Pfeifengrases werden gemäss SCHOPP-GUTH (1993) von der Nutzung bestimmt, während sich die generativen Merkmale (Samenzahl, Keimungsrate und Hundertkorngewicht) durch klimatische Einflüsse erklären lassen. Auf feuchteren Flächen ist die Halmdichte etwas geringer als auf trockeneren (SCHOPP-GUTH 1993). Unter dem Einfluss von eutrophem Drainagewasser erreicht *Molinia coerulea* höhere Deckungswerte (ZELESNY 1994). Dies deckt sich mit den Beobachtungen in den untersuchten Gebieten: Dort zeigen Deckung und Gesamtvitalität den Nährstoffgradienten am direktesten an.

Sobald eine Fläche verbracht, nimmt die Vitalität, speziell die Fertilität des Pfeifengrases ab (ANDRES et al. 1987). Während Sprossdichte und Deckung durch einjährige Brachlegung reduziert werden, bleibt die Wuchshöhe davon unbeeinflusst (ANDRES 1991). DIEMER und PFADENHAUER (1987) beobachten auf mehr als drei Jahre alten Brachflächen eine verlängerte Wachstumsperiode der Blätter von *Molinia coerulea* im Vergleich zu Flächen, die alle zwei Jahre im Herbst gemäht werden. Auf den gemähten Flächen sind die Halmdichten etwas geringer, was sie auf Verletzungen der Überwinterungsorgane durch den Schnitt und auf Nährstoffknappheit zurückführen. SCHOPP-GUTH (1993) stimmt dieser Begründung zu. Nach seiner Meinung hängt die Reaktion des Pfeifengrases auf das Schnittregime allerdings von der Vorgeschichte der Bewirtschaftung ab und lässt sich nicht mit dem Trophiegrad der Pflanzenindividuen darstellen.

Bei SCHOPP-GUTH (1993) spielen standortsbezogene Umweltfaktoren (pH, Kalium- oder Phosphorversorgung) eine untergeordnete Rolle für die Vitalität des Pfeifengrases. Eine Ausnahme stellt die Dichte der Fruchtstände dar, welche nebst der Mahd wahrscheinlich auch durch Nährstoffverfügbarkeit bestimmt wird. SCHOPP-GUTHS (1993) Beobachtung trifft bezüglich der Sonderrolle der

Dichte der Fruchtstände für die untersuchten Gebiete nicht zu. Die Dichte der Fruchtstände, d.h. Anzahl Stengel pro Abschnitt, reagiert auf die Bodenmatrix nicht anders als die maximale Wuchshöhe oder die maximale Rispenlänge. Die Bedeutung der Bewirtschaftung im Vergleich mit der Nährstoffversorgung kann wegen der uniformen Bewirtschaftung in den Untersuchungsgebieten nicht beurteilt werden.
ZELESNY (1994) fand *Molinia coerulea* sowohl am Streuwiesenrand als auch im Zentrum. KLÖTZLI (1979) wertet sie auch für den Übergangsbereich zwischen Streuwiesen und Intensivgrünland als typisch. SCHOPP-GUTH (1993) hebt ihre grosse phänotypische Plastizität hervor, welche nach BALATOVA-TULACKOVA (1993) auf die verschiedenen Kleinarten zurückzuführen ist. MILKOVITS & BORHIDI (1986) beschreiben für Ungarn im Rahmen des *Molinia-coerulea*-s.l.-Komplexes elf verschiedene Taxa.

Galium uliginosum

In den untersuchten Gebieten ist die Reaktion von *Galium uliginosum* auf die einzelnen Nährstoffe schwach. Am direktesten reagiert es auf den Wassergehalt, den Nitrat- und den Gesamtphosphorgehalt des Bodens. Die Vitalitätsmerkmale der Art reagieren ebenfalls nur schwach auf die Nährstoffversorgung. LANDOLT (1977) nennt für *Galium uliginosum* einen Nährstoffzeigerwert von 2, d.h., es hat seine Hauptverbreitung auf nährstoffarmen Böden und meidet Böden mit guter Nährstoffversorgung. Weitere Angaben über die Reaktion des Moorlabkrautes habe ich in der Literatur nicht gefunden. KLÖTZLI (mündl.) beobachtete, dass es in Grossseggengesellschaften grösserwüchsig vorkommt als in Pfeifengraswiesen.

Parnassia palustris

Die Vitalität von *Parnassia palustris* reagiert auf alle Bodenfaktoren ungefähr gleich stark. Die Reaktionen sind nicht sehr ausgeprägt. Der mittlere Rosettendurchmesser erweist sich im Vergleich zu anderen Merkmalen und Arten als relativ guter Indikator für die Bodennährstoffversorgung.
Sämtliche gefundenen Literaturangaben zum Verhalten des Studentenröschens beziehen sich auf die Auswirkung von Brachen auf die Art. Laut ZELESNY (1994) kann sich *Parnassia palustris* auf einer Streuwiesenbrache gut behaupten. Sofern die Brache nur ein Jahr dauert, bestätigen die Arbeiten von ANDRES (1990, 1991) dieses Resultat. Bei längerdauernden Brachen jedoch nimmt die Sprossdichte (PREISS 1982) bzw. die Individuenzahl ab, und die Entwicklung verzögert sich (ANDRES et al. 1987). ANDRES et al. (1987) führen diese Reaktion

von *Parnassia palustris* auf ihre Lichtbedürftigkeit zurück. Ihre Blattlänge ist nur im ersten Brachejahr reduziert; bereits nach zwei Jahren unterscheiden sich die Blattlängen auf Brachen nicht mehr von jenen auf geschnittenen Flächen (Lit. cit.). Auch PFADENHAUER und MAAS (1987) beurteilen das Studentenröschen als konkurrenzschwache Art, die sich bei Verbrachung kaum halten kann. Die spezielle Gefährdung von *Parnassia palustris* bei längerer Verbrachung liegt nach PFADENHAUER und MAAS (1987) darin, dass die Samen nur über kurze Zeit keimfähig sind und sich die Art vorwiegend generativ vermehrt.

Potentilla erecta

Den Ergebnissen der vorliegenden Arbeit entsprechend, ist *Potentilla erecta* gegenüber Nährstoffdifferenzen ausgesprochen invariant. Die Gesamtvitalität reagiert auf einen einzelnen Bodenfaktor nur schwach, und auch die einzelnen Vitalitätsmerkmale zeigen keine stärkere Reaktion auf die Bodenmatrix. Die einzige Ausnahme ist die Bildung von Blütenknospen, die wenigstens einen mässigen Zusammenhang mit der Nährstoffversorgung aufweist. LANDOLT (1977) bewertet den Tormentill als Zeigerart für nährstoffarme Böden.
ZELESNY (1994) fand für *Potentilla erecta* ein sehr ähnliches Verhalten wie bei *Lysimachia vulgaris*: an beiden Verbreitungsrändern wuchsen nur einzelne, meist sterile Exemplare. Dazwischen bildete die Art manchmal Herden, die auf den 1 m^2 grossen Abschnitten seiner Transekte bis zu 60% der Flächen bedecken konnten. *Potentilla erecta* wies eine auffällige Zonierung auf, welche ihre Empfindlichkeit auf sich ändernde Standortsbedingungen deutlich machten (ZELESNY 1994). Die Zonierung beschränkt sich in den untersuchten Gebieten darauf, dass der Tormentill einen Streifen von meist 4–6 m neben dem Intensivkulturland meidet. Sonst wächst er praktisch auf den ganzen Transekten. Auch ZELESNY (1994) beobachtete in einem seiner Gebiete eine Verbreitung von *Potentilla erecta* vom Rand bis ins Zentrum.
Auf Brachen ist *Potentilla erecta* nicht mehr konkurrenzkräftig (ZELESNY 1994). ANDRES (1991) beobachtet in Brachejahren eine verminderte Deckung. Diese Veränderungen sind jedoch kurzfristig reversibel. Möglicherweise sind für die Vitalität und die Verbreitung von *Potentilla erecta* eher die Strukturmerkmale der Brache entscheidend als die Nährstoffversorgung.

Ranunculus nemorosus

Die Reaktion von *Ranunculus nemorosus* auf unterschiedliche Nährstoffangebote ist relativ schwach. Seine Vitalität reagiert in den untersuchten Gebieten am ehesten auf den Wassergehalt des Bodens und auf das C-N-Ver-

hältnis. Die beiden generativen Merkmale Blütenknospenbildung und Anzahl blühender Pflanzen scheinen am direktesten von der Nährstoffversorgung abhängig zu sein. Die Fertilität der Einzelpflanze, d.h. die Anzahl Blüten pro Pflanze, ist jedoch unabhängig davon. Aufgrund der in der vorliegenden Arbeit erhobenen Daten entsteht kein klares Bild davon, wie sich *Ranunculus nemorosus* bezüglich seiner Nährstoffansprüche verhält.
KLÖTZLI (mündl.) betrachtet mageres bis schwach gedüngtes *Arrhenatheretum* als Grenzlage für *Ranunculus nemorosus*, die nur im *Molinion* stärker vertreten ist. KLÖTZLI (1969) sowie LANDOLT (1977) bezeichnen *Ranunculus nemorosus* als Magerkeitszeiger, der Wechseltrockenheit ertragen kann. Weitere Literaturangaben zum Verhalten der Art in bezug auf die Nährstoffversorgung wurden keine gefunden.

Succisa pratensis

Succisa pratensis gilt als Art der Übergangszone zwischen Mähwiese und Streuland (KLÖTZLI 1979). Die Vitalität des Teufelsabbiss reagiert in den untersuchten Gebieten nur schwach bis mässig auf einzelne Bodenfaktoren. Die deutlichste Reaktion erfolgt auf das C-N-Verhältnis und auf das Ammoniumangebot. Dies stimmt mit der Feststellung von BALATOVA-TULACKOVA (1993) überein, dass der Teufelsabbiss zu den Arten mit den geringsten N- und P-Gehalten zählt und einen ausgesprochen tiefen K/Ca-Quotienten aufweist. Weitere Hinweise auf die Reaktion von *Succisa pratensis* auf eine unterschiedliche Nährstoffversorgung wurden nicht gefunden.
Einzelne Autoren befassen sich mit dem Einfluss von Brache auf *Succisa pratensis*: ZELESNY (1994) findet die Art durch eine Streuwiesenbrache gefördert. Sie erreicht dort Deckungen bis zu 20%. Die Aussage steht im Gegensatz zum Befund von ANDRES et al. (1987), welche eine Benachteiligung von *Succisa pratensis* auf Brachen feststellten. Für einjährige Brachen ist die Reaktion jedoch undeutlich (ANDRES 1990, 1991).

4.2.4. Allgemeine Anmerkungen zum Verhältnis von Vitalität und Standort

ZELESNY (1994) beschreibt die Vitalität von Pflanzen in Vegetationsübergängen wie folgt: Die Vitalität typischer Grünlandarten nimmt entlang des Transektes in Richtung Streuwiesenzentrum rasch ab, während die Vitalität typischer Streuwiesenarten schnell zunimmt. *Lysimachia vulgaris* und *Filipendula ulmaria* erreichen ihre grösste Vitalität im Randbereich der Streuwiesen. Er

dokumentiert dies mit Blattgrössen, Wuchshöhen und Verzweigungsgraden. Der Einfluss einer Drainageeinmündung ist bis in eine Entfernung von 5 m deutlich zu erkennen, nimmt dann ab und ist nach 12–15 m nicht mehr erkennbar. Die Wirkung beruht auf einer geringeren Temperaturamplitude und damit auf einer verlängerten Vegetationsperiode im Mündungsbereich. So beginnt hier z.B. *Ranunculus aconitifolius* früher zu blühen. Die Nährstoffversorgung ist ebenfalls massiv höher: 80% mehr Ertrag bei 40% höherem Phosphorgehalt und 80% höherem Kaliumgehalt in der Phytomasse bzw. bei doppelt so grossem Phosphor- und dreifach so grossem Kalium-Bodengehalt. Als Ursachen für eine randliche Eutrophierung nennt ZELESNY (1994) Grundwasserabsenkungen, höhere Mineralisation sowie diffuse Einträge durch Oberflächen- und Sickerwasser. Die grösste Gefahr für die Streuwiesen ist unpräzises Ausbringen von Gülle und Mineraldünger. Drainagewasser soll mittels Vorflutern aufgefangen und am Naturschutzgebiet vorbeigeleitet werden.

Nach PFADENHAUER und MAAS (1987) besteht kein genereller Zusammenhang zwischen der Mächtigkeit der Arten und ihren Anteilen fertiler bzw. steriler Sprosse. Die Autoren vermuten, dass bei suboptimaler Nährstoffversorgung die Produktion von keimfähigen Samen oder die Bildung fertiler Sprosse bei Nährstoffzeigern vermindert werden könnte. Die vorliegende Untersuchung bestätigt dies nur insofern, als die Korrelationen zwischen Deckungswerten und Anzahl blühender Pflanzen bei der Hälfte der untersuchten Arten klein sind. Für sieben Arten können diese Zusammenhänge jedoch festgestellt werden. Bei *Ranunculus nemorosus* und *Galium uliginosum* sind die Korrelationen mit Werten um $r = 0.45$ mässig. Bei *Mentha aquatica*, *Holcus lanatus* und *Lysimachia vulgaris* bewegen sie sich um Werte von $r = 0.55$; bei *Carex hostiana* sowie bei *Molinia coerulea* sind die Korrelationen mit $r = 0.613$ bzw. $r = 0.731$ stark. SCHOPP-GUTH (1993) hält fest, dass eine Düngung jeweils zu grösseren Halmhöhen und Blattlängen führt. Der Einfluss von Standortsfaktoren (Grundwasser, Nährstoffversorgung) im Boden auf die Variabilität der erfassten Merkmale erscheint bei den Kopfbinsenriedern jedoch gering im Vergleich mit Nutzungs- und Klimaeinflüssen (SCHOPP-GUTH 1993).

Bei *Filipendula ulmaria* als Nährstoffzeiger weisen die Maximalwerte der Vitalitätsmerkmale besser auf die Bodenmatrix hin als die Mittelwerte derselben Parameter. Bei *Succisa pratensis* als Magerkeitszeiger ist es umgekehrt. Eine Verallgemeinerung dieser Beobachtung würde die Interpretation nahelegen, dass die Nährstoffzeiger das Nährstoffangebot so gut auszunutzen vermögen, dass das kräftigste Exemplar die schwächeren unterdrücken kann. Magerkeitszeiger können die Nährstoffe offenbar weniger gut ausnützen, so

dass die innerartliche Konkurrenz nicht so stark wirkt.
Punktnekrosen, wie PEGTEL (1983) sie in einem Topfexperiment bei akutem Kaliummangel an den Blättern der Dikotyledonen festgestellt hat, treten in den Untersuchungsgebieten nicht auf. Ebensowenig konnten die von HÜRLIMANN (1951) und FINCK (1976) beschriebenen Verfärbungen bei Mangelernährungen festgestellt werden. Die beobachteten Verfärbungen waren bei allen Arten von der Nährstoffverfügbarkeit unabhängig. In halbnatürlichen Systemen wie Streuwiesen werden die Arten offenbar verdrängt, bevor der Standort so schlecht ist, dass diese Mangelsymptome auftreten.
Die Korrelationen zwischen dem Nährstoffangebot im Boden und Vitalitätsparametern der Arten streuen von Transekt zu Transekt selbst bei relativ hohen mittleren Koeffizienten ausserordentlich stark. Eine Beschreibung der Beziehung zwischen dem Standort und der Vitalität, etwa durch die Berechnung von Regressionsgeraden, macht deshalb wenig Sinn. Damit entfällt die Möglichkeit, quantitative Prognosen über die Vitalität der Arten zu machen. Die Ursache dürfte in den unterschiedlichen Nährstoffniveaus der Transekte liegen.
Die Möglichkeiten der Pflanzen, die im Boden vorhandenen Nährstoffe zu nutzen sind vom Bodenwasser abhängig. Nach LANDOLT (1977) kann dabei eine gute Wasserversorgung ein Stück weit ein geringeres Angebot ausgleichen. Es ist denkbar, dass die unterschiedliche zeitliche und örtliche Wasserversorgung der Transekte dem Nährstoffgradienten entgegenwirkte. Wie aus der bei PEGTEL (1983) und EGLOFF (1986) unterschiedlichen Reaktion von *Carex hostiana* auf Düngung ersichtlich, kann der physiologische Effekt des besseren Nährstoffangebotes durch Konkurrenz zwischen den Arten überdeckt werden. KNAPP (1967) weist in diesem Zusammenhang auf die Möglichkeit hin, dass einige Arten Mikroorganismen fördern, welche wiederum andere Arten in ihrem Wachstum hemmen. Dies kann auch durch die Förderung von Insekten geschehen (KNAPP 1967).
Zum besseren Verständnis der Reaktionen einzelner Arten auf Gradienten ihres natürlichen Standortes müsste die gegenseitige Beeinflussung der Standortfaktoren in ihrer physiolgischen Wirkung und die Mechanismen der Konkurrenz sowie des Mutualismus näher betrachtet werden.

4.3. MONITORING VON GRADIENTEN

Beim Monitoring von Gradienten muss die Distanz der Datenpunkte vergleichbar mit dem erwarteten Vorrücken des Gradienten sein. Über letzteres sind

selbst bei Autoren, die sich mit Nährstoffverlagerungen und -auswaschungen befassen, kaum Angaben zu finden (z.B. NIEMANN und WEGENER 1976, SCHEFFER 1977, SCHEFFER und BLANKENBURG 1983, VERHOEVEN et al. 1983, VAN DER HOEK 1987, KNAUER und MANDER 1989 u.a.). KLÖTZLI (mündl.) geht für viele Streuwiesen auf kalkhaltigen, schweren Mineralböden in leichter Hang- oder Muldenlage von einer jährlichen Verschiebung von wenigen Dezimetern aus. In Einzelfällen kann die Veränderung jedoch auch massiv schneller sein.
In der vorliegenden Arbeit wurden die Vegetationsübergänge von eutrophem zu oligotrophem Grünland mit Transekten aus 50×50 cm grossen Abschnitten lückenlos erfasst. Das Vorgehen ist jenem von GOBAT (1984) sehr ähnlich, der Übergänge zwischen Hoch- und Flachmooren im Jura beschrieb. Er hielt die Arten und ihre Deckungen auf Transekten mit lückenlosen Abschnitten von 50 cm Länge und 20 cm Breite fest und ergänzte sie mit physiognomischen Angaben zur Vegetation. An sechs bis neun Stellen bestimmte er in verschiedenen Tiefen eine Reihe von Bodenfaktoren. BOLLER-ELMER (1977) bestimmte auf ihren Transekten Fixpunkte im Zentrum jeden Vegetationstyps und erfasste die floristischen Daten nur an diesen Fixpunkten.
GALLANDAT und GOBAT (1986) schlagen zur Überwachung von Gradienten die Einrichtung von Dauertransekten vor, und zwar entweder flächenfrei als Linie oder als sehr schmale Bänder. Die Abschnittslänge wird der Fragestellung entsprechend gewählt und kann bei Bedarf verändert werden. Erfasst werden je nach Fragestellung alle oder nur ausgewählte Arten. Die Daten können durch Standortsfaktoren ergänzt werden. Durch die wiederholte, gleichzeitige Erfassung sowohl der Pflanzen als auch der Standortsfaktoren wird es möglich, die Wirkung letzterer auf die Vegetation zu beurteilen. Die Einrichtung von Dauertransekten weist nach GALLANDAT und GOBAT (1986) einige grosse Vorteile gegenüber anderen Monitoringmethoden auf:

- Es wird möglich, die Sukzession der Vegetation in Raum und Zeit zu verfolgen.
- Das Prozedere ist elastisch durch eine mögliche Anpassung der Abschnittslängen an den Standorttyp (im Zentimeter bis Meterbereich).
- Dauertransekten können an allmähliche oder an abrupte Änderungen in der Vegetation durch Modifikation der Abschnittslängen und der zu erfassenden Parameter angepasst werden.
- Es besteht die Möglichkeit, Parameter zu beobachten, die nur auf Flächen erfasst werden können (Wasserchemie, edaphische Faktoren).
- Dauertransekten eignen sich speziell für die Überwachung von Kontaktzonen.

Die optimistische Einschätzung der Leistungsfähigkeit von Transektmethoden durch GALLANDAT und GOBAT (1986) soll durch einige Erfahrungen aus der vorliegenden Arbeit ergänzt werden: Nicht nur weit entfernt liegende, sondern auch Transekte in unmittelbarer Nachbarschaft, d.h. mit Abständen von ca. 4–6 m, weisen unterschiedliche Gradientenverläufe auf. Dies macht es unmöglich, die Transekte eines Gebietes gemeinsam auszuwerten. Die grosse Streuung zwischen den einzelnen Transekten bzw. die unterschiedlich verlaufenden Gradienten können als Ursache dafür betrachtet werden, dass auf die Berechnung von Regressionsgeraden zwischen Vitalitätsmassen und Bodenfaktoren verzichtet werden muss. Dabei wäre zu erwarten gewesen, dass die Regression für jeden Transekt völlig anders herauskommt. Prognosen für die Vitalität von Arten aufgrund von Bodennährstoffgehalten, oder umgekehrt, lassen sich aufgrund des verfügbaren Materials nicht machen.
Die Gradientenbeschreibungen der meisten Autoren basieren auf subjektiven Schätzverfahren der Artmächtigkeiten, wobei Flächen, Formen und Abstände zwischen den Aufnahmen stark variieren. Die verlangten Minimumflächen der Aufnahmen verursachen Probleme, wenn die Übergänge als solche beschrieben werden sollen. Wenn sich wie bei STAUB (1986) der Übergang zwischen zwei Vegetationstypen innerhalb von 2 m vollzieht, lassen sich unter Berücksichtigung der Minimumflächen nicht einmal Vegetationsaufnahmen machen, die den floristischen Gegebenheiten gerecht werden. Bei einer starken Unterschreitung der Minimumflächen können laut KRÜSI (1978) Veränderungen in der Artenzahl nicht auf die ganzen Bestände übertragen werden, und Inhomogenitäten eines Bestandes werden mit kleinen Flächen nicht erfasst. Die Anwendung klassischer pflanzensoziologischer Methoden bereitet auch bei der Klassierung von Übergangsbeständen im System Schwierigkeiten. BOLLER-ELMER (1977) behilft sich zur Lösung dieses Problems mit Doppelbenennungen der Bestände. SCHMIDT (1984) bedient sich für die Darstellung von Sukzessionen, die als "Zeittransekte" aufgefasst werden können, prozentualer Zuordnungen von Arten gruppen zu den pflanzensoziologischen Klassen. ZELESNY (1994) beschreibt die Gradienten mit 1m^2 grossen Aufnahmen auf Transekten, deren Arten er nach ihrer Deckung gewichtet und nach Haupt- und Schwerpunktvorkommen den Pflanzenformationen von KORNECK und SUKOPP (1988) zuteilt. Diesen Darstellungen sind einige Schwächen gemeinsam:

- Als Referenzen können nur grobe pflanzensoziologische Einheiten herangezogen werden. Ihnen werden z.T. auch Arten mit unterschiedlichen Ansprüchen zugerechnet, so dass ökologische Differenzen nicht zwingend sichtbar werden.

- Zahlreiche Arten sind mit mehr als einer Einheit assoziiert, so dass die Zuordnungen nicht immer eindeutig werden.
- Auf lokale Ausbildungen der Vegetation kann keine Rücksicht genommen werden.

ZELESNY (1994) äussert denn auch seine Unzufriedenheit zu diesen Punkten. Seiner Meinung nach liefern die Verbreitungsgrenzen ausgewählter Arten eine genauere Erfassung der Vegetationsveränderungen entlang der Transekte und eine bessere Charakterisierung der Vegetation in den Randbereichen.
Die Gruppenzugehörigkeitsgrade nach FEOLI und ZUCCARELLO (1986, vgl. Kap. 2.4.) bilden ein lokales, relatives Referenzsystem, welches eine pflanzensoziologisch differenziertere Betrachtung der Transekte ermöglicht:

- Das Problem der Minimumflächen kann gelöst werden, indem eindeutig klassierbare Referenzflächen mit ausreichender Fläche ausserhalb der Transekte gewählt werden.
- Durch die Wahl der Referenzflächen im Untersuchungsgebiet selbst werden lokale Besonderheiten der Vegetation berücksichtigt.
- Die Ebene der pflanzensoziologischen Zuordnung der Referenzflächen (Assoziation, Verband, Klasse usw.) spielt für das Verfahren keine prinzipielle Rolle. Es ist möglich, auch Subassoziationen als Referenzen zu wählen oder auf soziologische Zuordnungen der Referenzflächen ganz zu verzichten.

Das im Kap. 2.4. angesprochene Problem der Überbestimmtheit von Flächen wird durch eine rechnerische Korrektur behoben. Die Gruppenzugehörigkeitswerte nach FEOLI und ZUCCARELLO (1986) zum *Primulo-Schoenetum* korrelieren mit Bodennährstoffen am stärksten, und die Streuung der Koeffizienten ist am geringsten. Sie zeigen somit die Gesamtnährstoffgradienten am zuverlässigsten an (vgl. Tab. 12). Ebenfalls sehr zuverlässige Aussagen darüber ist mit den Zugehörigkeiten zum *Gentiano-Molinietum caricetosum davallianae*, zum *Caricetum davallianae stachyetosum* und zum *Valeriano-Filipenduletum* (in abnehmender Reihenfolge) möglich. Es stellt sich hier das Problem der relativ breiten ökologischen Amplitude der Assoziationen (nach OBERDORFER 1992 und 1983 weisen fast alle Assoziationen einen trockenen und einen feuchten bzw. einen eher sauren und einen eher alkalischen Flügel auf). Wie die unterschiedlich hohen Korrelationskoeffizienten des *Gentiano-Molinietum caricetosum montanae* und des *Gentiano-Molinietum caricetosum davallianae* zeigen (vgl. Tab. 12), müsste zumindest bis zum Subassoziationsniveau, besser bis zu einer noch feineren Unterteilung, differenziert werden. Das Problem könnte in der Naturschutzpraxis umgangen werden, indem auf die Gesell-

schaftsansprachen verzichtet und dennoch eine feine Differenzierung der Vegetation angestrebt wird. In der vorliegenden Arbeit erweisen sich vier verschiedene, in unmittelbarer Nachbarschaft ausgebildete, aber unabhängig von den Transekten bestimmte Einheiten als geeignet für eine zuverlässige Indikation des Bodenzustandes mittels Gruppenzugehörigkeiten nach FEOLI und ZUCCARELLO (1986). Das Verfahren verlangt allerdings eine ziemlich intensive vegetationskundliche Bearbeitung zumindest am Rand der Untersuchungsobjekte.
Die Nährstoffversorgung wird durch die nach Deckungen gewichteten Nährstoffzeigerwerte ähnlich gut wie durch die Gesellschaftszugehörigkeiten angezeigt.
In der vorliegenden Arbeit wurden die Transektaufnahmen nach der Methode von Braun-Blanquet gemacht. Ihre Schwächen wie die Fragen nach der Homogenität der Bestände sowie nach der Subjektivität und Genauigkeit der Schätzungen sind in der Literatur ausreichend diskutiert worden, so dass hier nicht nochmals darauf eingegangen werden muss. Die Erfassung von Frequenzen der Arten mit anschliessender Ordination ist objektiver und eignet sich im speziellen zur Erfassung von Gradienten (ROGERS 1970). Zur Vermeidung von Problemen mit der Schätzung von Homogenität und Deckung schlägt KELLER (1986) bei Dauerbeobachtungsflächen die Punktquadratmethode in der Form vor, wie sie von DAGET und POISSONET (1971) zur quantitativen Beschreibung von Grünland modifiziert wurde. STAMPFLI (1991) testete und verfeinerte diese Methode. Er schlägt die Erfassung der Arten in einem systematischen Raster vor. Darin werden sogar Unterschiede von Arten erfasst, deren Frequenz weniger als 5% beträgt, während bei zufälligen Punkten nur Differenzen von Arten mit einer Frequenz von mehr als 10% erfasst werden. Der grosse Vorteil dieser Methode liegt nach STAMPFLI (1991) in der besseren Quantifizierung der Arten, vor allem in Gebieten, wo Schwierigkeiten mit der Deckungsschätzung zu erwarten sind. Er empfiehlt die Anwendung der Punktquadratmethode insbesondere für die Erfassung von jährlichen Fluktuationen von Pflanzenpopulationen in Gebieten mit hoher Diversität und Komplexität. Ein Nachteil ist zweifellos der grosse zeitliche Aufwand, wenn zusätzlich relativ seltene Arten erfasst werden sollen, und der technische Aufwand: Stampfli setzte die Nadel mit einer Apparatur und arbeitete unter einem Unterstand, um die Einflüsse von Wind und Regen auszuschalten. Beim gleichzeitigen Einsatz von zwei Personen dauerte eine einzelne Aufnahme von 176 Punkten bis zu fünf Stunden. Auch in Fällen, wo zur Erhebung der Transekt- und Referenzflächen objektive Verfahren wie die Punktquadratmethode zum Einsatz kommen, kann ein Gradient

mit den Gruppenzugehörigkeitsgraden nach FEOLI und ZUCCARELLO (1986) beschrieben werden. Auch dann gelten die Vorteile eines relativen Referenzsystems gegenüber einem festen.
Ein weiteres Problem bei Monitoringarbeiten sind saisonale und mehrjährige Fluktuationen der Arten (KRÜSI 1978). THOMAS (1960) betont die Abhängigkeit der Punktquadratmethode von der Saisonalität: In seiner Untersuchung in Grossbritannien nahm der Kräuteranteil in den Jahren 1954–56 ab, wenn die Aufnahmen im Herbst gemacht wurden. Wurden dieselben Aufnahmen dagegen im Frühling gemacht, nahm er im gleichen Zeitraum zu. Auch bei der klassischen pflanzensoziologischen Klassierung von Beständen stellt sich das Problem der Fluktuationen.
Nach KLÖTZLI und ZIELINSKA (1995) können verbreitete Arten "kryptisch" werden (d.h., sie überdauern längere Zeit ausschliesslich unterirdisch und sind nicht sichtbar), sporadisch auftreten oder chaotische Reaktionen innerhalb der Vegetationseinheiten zeigen. Dies kann auch Gruppen von Arten betreffen. In extremen Fällen können Generalisten auch zu Differentialarten der Einheiten werden und umgekehrt. Trotzdem bleibt die pflanzensoziologische Einheit während der ganzen Zeit an persistenten Artengruppen erkennbar. Diese Fluktuationen betreffen ganze Gebiete (KLÖTZLI und ZIELINSKA 1995).
Wird für das Monitoring von Gradienten die Vegetation mit einem festen Referenzsystem verglichen, ist die Unterscheidung einer allfälligen Sukzession von einer Fluktuation ohne längere Zeitreihen meistens schwierig. Die Schwierigkeiten sind dieselben, ob die Anteile der Formations- oder Klassenzugehörigkeiten der Arten entlang des Gradienten festgestellt, oder ob die Aufnahmen z.B. pflanzensoziologisch klassiert werden. Als Alternative bietet sich der Einsatz eines relativen, d.h. eines lokalen Referenzsystems, an. Der Vergleich der Vegetation geschieht innerhalb eines Gebietes. Als mögliches Mass dazu können die Gruppenzugehörigkeiten (FEOLI und ZUCCARELLO 1986) zu klar erkennbaren Vegetationstypen im Gebiet eingesetzt werden. Interessant ist der Einsatz eines relativen Referenzsystems vor allem dort, wo erwartet wird, dass sich eine randliche Sukzession und eine umfassende Fluktuation oder Sukzession überlagern. Eine grossflächige Sukzession (z.B. eine Eutrophierung durch atmosphärischen Stickstoffeintrag) oder eine Fluktuation wird die Referenzflächen ebenfalls verändern und dadurch etwas ausbalanciert werden. Da sich die Zugehörigkeitsgrade dann wahrscheinlich nicht oder nur wenig ändern werden, dürfte es so eher möglich werden, einen lateralen Einfluss festzustellen.
Solange die gesamten Gebiete betrachtet werden, bleibt der Umgang mit dieser

Frage derselbe, ob nun ein relatives Referenzsystem eingesetzt wird oder eine andere Methode mit einem festen Referenzsystem.

Die Einwanderung oder die Verdrängung von Arten nimmt oft lange Zeit in Anspruch. GIGON und BOCHERENS (1985) stellten in einem brachliegenden Ried eine Ausbreitungsgeschwindigkeit von *Salix* sp. und der als aggressiv geltenden *Solidago serotina* von wenigen Dezimetern bis maximal 80 cm pro Jahr fest. Die Ausbreitung der Weiden beruhte in diesem Fall hauptsächlich auf dem Wachstum einiger bereits etablierter Exemplare; neue Individuen tauchten nur wenige auf. Methoden, die auf dem Vorhandensein bzw. der Deckung von Arten beruhen, lassen deshalb manchmal erst nach einer entsprechend langen Zeit eine Sukzession von einer Fluktuation unterscheiden (KRÜSI 1981). KRÜSI (1981) erkennt anhand phänologischer Merkmale einzelner Arten oder ganzer Gesellschaften bewirtschaftungsbedingte Standortsveränderungen bis zu 10 Jahre früher als aufgrund üblicher Vegetationsaufnahmen, sofern die phänologischen Daten über mehrere Jahre erhoben werden. Für besonders geeignet hält er die Erfassung der Blütenmengen einzelner Arten oder der Blührhythmen der Gesellschaften. Auch PFADENHAUER (1987) und WEBER und PFADENHAUER (1987) schlagen zur Überwachung von Bracheeinflüssen auf Streuwiesen die Erfassung der Blütenmengen und des Blühbeginns der Arten vor. Dieses Verfahren wurde in einem Vorversuch zur vorliegenden Arbeit an *Ranunculus nemorosus* getestet. Zumindest in den untersuchten Gebieten erwies es sich zur Erfassung des lateralen Gradienten als nicht geeignet. Die Blüte von *Ranunculus nemorosus* setzt nicht in Abhängigkeit von der Distanz zum Rand des Riedes ein, sondern fleckenweise verteilt über die ganze Länge der Transekte. Es ist somit nicht möglich, zu einem bestimmten Zeitpunkt im gewünschten feinen Raster (0.5 m–1 m) die Blütenmengen zu erheben. Auch die von KRÜSI (mündlich) vorgeschlagene Möglichkeit, die Farben der blühenden Vegetation in Bändern von wenigen Metern Breite festzuhalten, erwies sich in den untersuchten Gebieten als nicht praktikabel.
Andere Möglichkeiten, Gradienten über die Reaktion einzelner Arten zu erfassen, sind Gegenstand der vorliegenden Arbeit. Wie in Kap. 3.4.2. dargelegt, sind die Zusammenhänge zwischen der Bodenmatrix und der Vitalität der Arten eher lose. Da die verschiedenen Transekte nicht gemeinsam ausgewertet werden können und da die Arten oft nur auf dem kleineren Teil der Abschnitte vorhanden sind, ist es u.U. schwierig, eine statistisch genügende Datendichte zu erhalten. Weiter entwickelt sich häufig nur ein Exemplar der interessierenden Art so weit, dass die Vitalitätsparameter erhoben werden können. Eine Verlänge-

rung der Transektabschnitte zugunsten einer verbesserten Datendichte geht auf Kosten der möglichen Aussagegenauigkeit. Der Vorteil, dass die Arten sehr schnell auf Veränderungen im Boden reagieren, könnte dann wiederum nicht ausgenützt werden. Geht man von einem Vorrücken der Nährstoffe um 10–20 cm pro Jahr aus, so wird die Beobachtung von Transekten mit Abschnittslängen von 1–2 m ungefähr 5–10 Jahre dauern müssen, damit Änderungen erkannt werden können. Die Erfassung breiterer Transektstreifen wäre geeignet, um die Datendichte zu verbessern. Damit würde der Anteil "leerer" Abschnitte vermindert, bzw. die Stichprobenumfänge würden grösser. Es wäre damit möglich, eine grössere Anzahl signifikanter Korrelationen zu ermitteln, weil bei grösseren Stichproben kleinere Korrelationskoeffizienten signifikant sind. Dass auch die Arten mit relativ grossen Stichprobenumfängen ähnliche Korrelationen ihrer Vitalitätsparameter mit der Bodenmatrix aufweisen wie jene mit kleineren Stichprobenumfängen, lässt mich vermuten, dass dies auf die Grösse der Korrelationskoeffizienten kaum einen Einfluss gehabt hätte.
Zusammenfassend muss gesagt werden, dass die gewählten Arten bzw. ihre Vitalitätsparameter in keinem Fall die Versorgung mit Bodennährstoffen auch nur annähernd so gut wiedergeben wie Erhebungen der Gesamtfloristik. Auch die Gesamtvitalität der einzelnen Arten (die 1. Achse der HKA der morphometrischen Masse) vermag den Zustand des Bodens nicht so präzise zu widerspiegeln wie eine Aufnahme. Die floristischen Erhebungen beziehen sich mit der Deckung auf ein einzelnes Vitalitätsmass aller Arten. Auch hier zeigt sich, dass das Zusammenspiel der Arten die Bodenverhältnisse besser widerspiegelt als eine einzelne Art: unter den untersuchten Arten ist keine, deren Deckung die Bodenverhältnisse exakter anzeigt als eine Vegetationsaufnahme. Die Gesamtheit der Vegetation bildet die Bodenverhältnisse besser ab als irgendwelche Vitalitätsparameter von einzelnen untersuchten Indikatorarten. Offenbar vermag das Zusammenspiel der in Wechselbeziehung (sowohl Konkurrenz als auch positive Interaktionen) stehenden Arten die Bodenverhältnisse besser zu differenzieren als die einzelne Art. Dies deckt sich mit der Beobachtung von KLÖTZLI und ZIELINSKA (1995) in der "Stillen Reuss", dass die Populationsbewegungen der meisten Arten oft weder eine Regel noch eine klare Tendenz aufweisen und Prognosen über ihr Verhalten schwierig sind.
Der von KRÜSI (1981) und PFADENHAUER (1987) festgestellte Zeitverlust, bis eine gesicherte Aussage via Deckungswerte möglich ist, kann nur zu Lasten der Genauigkeit der Indikation vermieden werden.

4.4. SCHLUSSFOLGERUNGEN FÜR DIE NATURSCHUTZ-PRAXIS

Für die langfristige Überwachung der Wirksamkeit von Puffer- bzw. Umgebungsschutzzonen eignet sich die floristische Erhebung von Dauertransekten. Da auch bei äusserlich sehr ähnlicher Erscheinung der Vegetation (im gleichen Gebiet unmittelbar benachbart, ähnliche Artenzusammensetzung und Zonierung der Gesellschaften) die Nährstoffgradienten auf unterschiedlichen Niveaus verlaufen können, dürfen die Daten der einzelnen Transekte nicht miteinander vermengt werden. Die Abfolge der einzelnen Aufnahmen muss in einem Verhältnis zum erwarteten Vorrücken der Nährstoffe im Boden stehen. Wird für tonreiche Streuwiesenböden von einer Geschwindigkeit von 1–2 dm im Jahr ausgegangen, müssen die Aufnahmen lückenlos nebeneinander erhoben werden. Am Übergang von Intensivgrünland zu Pfeifengraswiesen erweist sich aufgrund der jeweiligen kleinsträumigen floristischen Inhomogenitäten eine Aufnahmefläche von wenigstens 0.5m × 0.5m als nützlich.

Flächen zwischen 0.5m × 0.5m bis 1m × 1m erlauben nach ca. 5–10 Jahren eine Beurteilung der Stabilität der randlichen Riedvegetation, was Schlüsse auf die Wirksamkeit der Umgebungsschutzzonen erlaubt. Grössere Referenzaufnahmen (entsprechend dem Minimumareal für pflanzensoziologische Aufnahmen) im Gebiet ermöglichen es, bei floristischen Veränderungen am Rand zum Intensivkulturland zwischen Fluktuation oder Sukzession zu unterscheiden. Die Zugehörigkeitswerte zu gewissen definierten Vegetationseinheiten korrelieren am besten mit den Bodenwerten. Ebenfalls gut sind die Korrelationen der nach Deckungen gewichteten Nährstoffzahl mit der Bodenmatrix.

Ob sich die auf der Fuzzy set theory basierenden Verfahren in der Naturschutzpraxis durchsetzen können, ist noch unsicher. Sie sind zurzeit erst bei einem Teil der Leute aus der Praxis bekannt, und es fehlt noch an Erfahrung bei ihrer Anwendung. Als Alternative zu ihnen ist die Verwendung des gewichteten Nährstoffzeigerwertes möglich. Beide Verfahren erlauben sowohl die Verfolgung einer allfälligen randlichen Eutrophierung als auch die Verfolgung einer flächigen Eutrophierung, sofern die Ausgangsdaten bei den Kontrollerhebungen noch zur Verfügung stehen.

ZUSAMMENFASSUNG

In drei von intensiv genutztem Grünland umgebenen Streuwiesen der voralpinen Hügelzone des Kantons Zürich wurden laterale Nährstoffgradienten und ihre Auswirkung auf die Vegetation mittels Transekten untersucht. Das Angebot an Stickstoff, Phosphor und Kalium wurde aufgrund von Bodenanalysen bestimmt.
Die Eignung verschiedener Vitalitätsmerkmale von fünfzehn Arten für die Indikation des Bodennährstoffgehaltes wurde geprüft und mit floristischen Parametern der Transekte verglichen. Erfasst wurden zwischen 4 (*Carex panicea*) und 12 (*Ranunculus nemorosus*) Merkmale von *Angelica silvestris, Carex davalliana, Carex hostiana, Carex panicea, Filipendula ulmaria, Galium uliginosum, Holcus lanatus, Lysimachia vulgaris, Mentha aquatica, Molinia coerulea, Parnassia palustris, Phragmites communis, Potentilla erecta, Ranunculus nemorosus* und *Succisa pratensis* (Tab. 2 gibt eine Übersicht über die bearbeiteten Vitalitätsparameter). Es zeigte sich, dass die Reaktionen der Arten auf das Bodennährstoffangebot zwischen den Transekten stark variieren.
Wird als Verlässlichkeitsmass verlangt, dass die Zusammenhänge auf 70% der Transekte signifikant sind, so verbleiben drei Arten mit zusammen zehn Vitalitätsparametern, die zur Indikation der Bodenverhältnisse als geeignet betrachtet werden können. Von allen untersuchten Arten erwies sich *Filipendula ulmaria* als jene Pflanze, welche den Bodennährstoffgehalt am besten wiedergibt. Gesamtvitalität, maximale Wuchshöhe und maximale Blattbreite sind die geeignetsten Masse. Die Gesamtvitalität von *Molinia coerulea* und die maximale Wuchshöhe von *Lysimachia vulgaris* sind weitere relativ zuverlässige Masse für die Indikation des Angebotes an Nährstoffen im Boden.
Die Vegetation der Transekte wurde anhand der auf der Fuzzy set theory beruhenden Gruppenzugehörigkeiten nach FEOLI und ZUCCARELLO (1986) beschrieben. Als Referenzgruppen dienten nach pflanzensoziologischen Kriterien bestimmte Vegetationsaufnahmen aus den Untersuchungsobjekten. Die Gruppenzugehörigkeiten zu den Gesellschaften auf eher feuchtem Grund korrelieren besonders gut mit den gemessenen Nährstoffgehalten. Sie geben das Nährstoffangebot besser wieder als die Vitalitätsparameter der einzelnen Arten. Am besten zeigt die Zugehörigkeit des Transektabschnittes zum *Primulo-Schoenetum* die Bodenverhältnisse an. Fast ebensogut eignen sich die nach Deckungsgraden gewichteten mittleren Nährstoffzeigerwerte der Transektaufnahmen.
Der Einsatz eines lokalen, relativen Referenzsystems zum Monitoring lateraler Gradienten im Naturschutz wird hinsichtlich der Unterscheidung von Fluktuationen und Sukzessionen diskutiert.
Für die Naturschutzpraxis wird empfohlen, mögliche laterale Eutrophierungen mittels Dauertransekten zu überwachen. Dabei sollen Nährstoffzeigerwerte oder Ähnlichkeiten zu klaren Vegetationstypen im Gebiet erfasst werden.

SUMMARY

Lateral nutrient gradients and their impact on vegetation are investigated by means of transects. Three litter meadows surrounded by intensively used grassland situated in the pre-alpine foothill region of the Canton of Zürich were selected as study sites. The availability of nitrogen, potassium and phosphorous was determined by soil analyses.
Parameters of vitality of 15 different species and floristic characteristics were examined to assess their suitability as indicators of soil nutrients. The studied species were: *Angelica silvestris, Carex davalliana, Carex hostiana, Carex panicea, Filipendula ulmaria, Galium uliginosum, Holcus lanatus, Lysimachia vulgaris, Mentha aquatica, Molinia coerulea, Parnassia palustris, Phragmites communis, Potentilla erecta, Ranunculus nemorosus* and *Succisa pratensis*. The minimum number of investigated parameters was 4 (*Carex panicea*), the maximum number was

12 (*Ranunculus nemorosus*). Tab. 2 gives an overview over the examined parameters. The response of individual species to different levels of soil nutrient supply turned out to be very variable between the transects.
If the relations are to be significant for 70% of the transects, only 3 species and 10 parameters can be regarded as suitable for indicating of soil nutrients. *Filipendula ulmaria* best indicates increased soil nutrient supply. Overall vitality, maximum plant height and maximum leaf width are the most accurate indicators. Overall vitality of *Molinia coerulea* and maximum plant height of *Lysimachia vulgaris* are also quite suitable to indicate soil nutrient supply.
The vegetation of the transects was described by group similarities based on the fuzzy set theory, according to FEOLI and ZUCCARELLO (1986). Relevés of the site, chosen according to phytosociological criteria, are used as reference groups. The similarities to communities on wet sites better indicate soil nutrient supply than the vitality of any species does. The best indicator is the similarity of the transect relevés to the *Primulo-Schoenetum*. Using the nutrient indicator values of the transect relevés weighted according to coverage can provide nearly as accurate results.
The application of a local, relative reference system for monitoring of lateral gradients in nature conservation is discussed with regard to distinguishing be tween fluctuations and successions. For applied nature conservation it is recommended to use permanent transects for monitoring potential lateral eutrophication. On these transects, weighted nutrient indicator values or similarities to clearly defined vegetation types within the sites should be recorded.

LITERATURVERZEICHNIS

AEPPLI A., 1894: Geologische Karte der Gebiete zwischen Zürcher- und Zugersee, 1:25 000. Beitr.Geol.Karte Schweiz. Schweiz. Geol. Komm. (Hrsg.), Lfg. 34.

ANDRES F., 1990: Vegetationskundliche Untersuchung der Rotationsbrache am Greifensee. 2. Zwischenbericht. Amt für Raumplanung, Kanton Zürich. Einsehbar am Geobot. Inst. ETH, Stiftung Rübel, Zürich. 35 S. plus Anhang (Polykopie).

ANDRES F., 1991: Vegetationskundliche Untersuchung der Rotationsbrache am Greifensee. 3. Zwischenbericht. Amt für Raumplanung, Kanton Zürich. Einsehbar am Geobot. Inst. ETH, Stiftung Rübel, Zürich. 32 S. plus Anhang (Polykopie).

ANDRES F., BOSSHARD A., STROHMEYER S. und WOHLGEMUTH T., 1987: Der Einfluss einer kurzzeitigen Brache in einem anthropogenen Kleinseggenried auf Aspekte von Boden, Mikroflora, Vegetation und Fauna. Gedanken über den naturschützerisch optimalen Zustand. POST-Diplomarbeit, Geobotanisches Institut, ETHZ, Stiftung Rübel, 375 S. (Polykopie).

ARP (Amt für Raumplanung des Kantons Zürich), 1979: Inventar der Natur- und Landschaftsschutzobjekte von überkommunaler Bedeutung (Polykopie).

BALATOVA-TULACKOVA E., 1993: Beitrag zur Kenntnis der chemischen Zusammensetzung der auf Feuchtwiesen wachsenden Arten. Phytocoenologia *23*, 227–256.

BAKKER J.P., DEKKER M. und DE VRIES Y., 1980: The effect of different management practices on a grassland community and the resulting fate of seedlings. Acta Bot. Neer. *29*, 469–482.

BAKKER J.P. und DE VRIES Y., 1985: The results of different cutting regimes in grassland taken out of the agricultural system. Münstersche Geogr. Arb. *20*, 51–57.

BfÖ, BÜROGEMEINSCHAFT F. ANGEWANDTE OEKOLOGIE, 1986: Schlüssel zur Festlegung der Breite und Ausdehnung von Pufferzonen bei Naturschutzgebieten, Amt für Raumplanung Kanton Zürich, 27 S.

BLASER A. und STÄHLI M., 1991: Überprüfung und Erweiterung von Schlüsseln zur Dimensionierung von Pufferzonen. Semesterarbeit ETHZ, Inst. f. Terr. Oekologie, 82 S. (Polykopie).

BOLLER-ELMER K., 1977: Stickstoff-Düngungseinflüsse von Intensiv-Grünland auf Streu- und Moorwiesen. Veröff. Geobot. Inst. ETH, Stiftung Rübel, Zürich *63*, 103 S.

BOEYE D. und VERHEYEN R.F., 1994: The relation between vegetation and soil chemistry gradients in a ground water discharge fen. J. Veg. Sci. *5*, 553–560.

BRACKER H.H., 1981: Beeinflussung der Narbenentwicklung bei Gülledüngung zur Mähweide durch Sortenwahl, Ber. 7. Arbeitstagung "Fragen der Güllerei", Bundesversuchsanstalt für alpenländische Landwirtschaft Gumpenstein, A-8952 Irdning, Bd.*3*, 633–647.

BRAUN-BLANQUET J., 1951: Pflanzensoziologie. Grundzüge der Vegetationskunde. (2. Aufl.). Springer, Wien. 631 S.

BRIEMLE G., 1994: Extensivierung einer Fettwiese und deren Auswirkung auf die Vegetation – Ergebnisse eines Freilandversuchs. Veröff.Naturschutz.Landschaftspflege Bad.-Württ. *68/69*, 109–133.

BRÜLISAUER A., 1977: Über nährstoffbedingte Übergänge zwischen Streu- und Futterwiesen. Semesterarbeit Abt. Landwirtschaft, Geobot. Inst. ETHZ, Stiftung Rübel, 48 S. (Polykopie).

BRÜNE F.: Die Praxis der Moor- und Heidekultur. Berlin und Hamburg, zit. in PREISS H. (1982).

BÜCKING W., 1993: Stickstoff-Immissionen als neuer Standortfaktor in Waldgesellschaften – neue Entwicklungen am Beispiel südwestdeutscher Wälder. Phytocoenologia *23*, 65–94.

BUNDI U., BIEDERMANN R., BOSSHART U., JOST B., SPÄTI H., SPOERLI P., CARRARD M., DETTWILER J., MÜLLER E., SCHWEIZER H.U., SIEBER U., BRAUN M., KOCH P., LEU D., STADELMANN F.X., SUTER H., 1993: Der Stickstoffhaushalt in der Schweiz. Konsequenzen für Gewässerschutz und Umweltentwicklung. Schriftenreihe Umwelt *209* (Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft [BUWAL], Hrsg.),74 S.

CONRADIN H., 1994: Bodenkarte Neuriedtli/Samstagern (1:1000), Eidg. Forsch.anst.landw. Pflanzenbau, Zürich-Reckenholz (FAP), 7 S. (Polykopie), einsehbar am Geobot. Inst. ETH, Zürich.

DAGET P. und POISSONET J., 1971: Une méthode d'analyse phytologique des prairies. Ann.agron. *22*(1), 5–41.

DIEMER M.W. und PFADENHAUER J., 1987: Effects of differential defoliation on shoot growth, density and phytomass of three graminoids in a calcareous fen. Oikos *50,* 183–190.

DIERSCHKE H., 1994: Pflanzensoziologie. Ulmer, Stuttgart. 683 S.

DIETL W., 1982: Ökologie und Wachstum von Futterpflanzen und Unkräutern des Graslandes. Schweiz. Landw. Fo. *21* (1/2), 85–110.

DIETL W., 1983: Pflanzenbestand und Standort von Wiesenfuchsschwanz-Matten – Ertrag und Nährstoffgehalt des Futters. Schweiz. Landw. Fo *22*(3/4), 157–176.

EGLOFF T., 1983: Der Phosphor als primär limitierender Nährstoff in Streuwiesen (Molinion). Ber. Geobot. Inst. ETH, Stiftung Rübel, Zürich *50*, 119–148.

EGLOFF T.B., 1986: Auswirkungen und Beseitigung von Düngungseinflüssen auf Streuwiesen – Eutrophierungssimulation und Regenerationsexperimente im nördlichen Schweizer Mittelland. Veröff. Geobot. Inst. ETH, Stiftung Rübel, Zürich. *89*, 183 S.

EHRENBERGER F. und GORBACH, S., 1973: Methoden der organischen Elementar- und Spurenanalyse (zit. in Laboranleitung Labor für Bodenkunde ETHZ, ohne weitere Angaben).

ELLENBERG H., 1985: Veränderungen der Flora Mitteleuropas unter dem Einfluss von Düngung und Immissionen. Schweiz. Z. Forstwes. *136*, 19–39.

FALINSKA K., 1995: Genet disintegration in *Filipendula ulmaria*: consequences for populaton dynamics and vegetation succession. J. Ecol. *83*, 9–21.

FEDERER P., SCHMITT H.W. und STICHER H., 1989: Wie repräsentativ sind Bodenanalysen? Landwirtschaft Schweiz *2*(6), 363–367.

FEOLI E. und ZUCCARELLO V., 1986: Ordination based on classification: yet another solution?! Abstracta Botanica *10* (2), 203–209.

FEOLI E. und ZUCCARELLO V., 1988: Syntaxonomy: A source of useful fuzzy sets for environmental analysis? Coenoses *3*, 141–146.

FINCK A., 1976: Pflanzenernährung in Stichworten. 3. Aufl. Hirt, Kiel. 200 S.

FREI E., PEYER K., FLÜCKIGER R., SCHAI F. und PLÜSS E., 1981: Landeskarte der Schweiz,

Resultate und Erläuterungen zur Bodenkarte Blatt 1092 Uster, Bodenkarte Uster. Eidg. Forschungsanstalt f. landw.Pflanzenbau, 8046 Zürich-Reckenholz. 77 S. plus Karte.

GALLANDAT J.-D. und GOBAT J.-M., 1986: Quelques considérations sommaires à propos de la méthode des transects et des transects permanents. Beitr. Naturschutz Schweiz *8*, 51–54.

GANZERT C., 1984: Nährstoffversorgung bei *Molinia coerulea* (L.) Moench und *Schoenus ferrugineus* L. in präalpinen Mooren. Diplomarbeit Joh.Wolfgang Goethe Univ., Frankfurt a.M. 88 S. (Polykopie).

GANZERT C. und PFADENHAUER J., 1986: Seasonal dynamics of shoot nutrients in *Schoenus ferrugineus* (Cyperaceae). Holarctic Ecology *9*(2), 137–142.

GIGON A. und BOCHERENS Y., 1985: Wie rasch verändert sich ein nicht mehr gemähtes Ried im Schweizer Mittelland? Ber. Geobot. Inst. ETH, Stiftung Rübel, Zürich *52*, 53–65.

GIUGNI G., 1991: Etude phyto-écologique des bas-marais et marais de pente (*Caricion davallianae*) des préalpes chablaisiennes (suisses et françaises). Phytosociologie, morphophénologie, microclimatologie, hydrologie, pédologie, cartographie. Beitr. Geobot. Landesaufn. Schweiz *67*, 289 S.

GLUCH W., 1980: Bioindikation mit produktionsbiologischen und morphometrischen Verfahren. Arch. Naturschutz u. Landschaftsforsch. Berlin *20*, 99–116.

GOBAT J.-M., 1984: Ecologie des contacts entre tourbières acides et marais alcalines dans le Haut-Jura suisse. Diss. Inst. de Bot., Univ. Neuchâtel. 255 S.

HANTKE R., 1980: Eiszeitalter. Die jüngste Erdgeschichte der Schweiz und ihrer Nachbargebiete. Band 2. Letzte Warmzeiten, Würm-Eiszeit, Eisabbau und Nacheiszeit der Alpen-Nordseite vom Rhein- zum Rhône-System. Ott Verlag, Thun. 702 S.

HEEB J. und MOSIMANN T., 1991: Ausscheidung von Pufferräumen für Schutzgebiete unter stoffhaushaltlichem Aspekt. Verh. Ges. Ökologie *20*, 465–475.

HESS H., LANDOLT E. und HIRZEL R., 1991: Bestimmungsschlüssel zur Flora der Schweiz und angrenzender Gebiete. (3. Aufl.). Birkhäuser, Basel, Boston, Berlin. 657 S.

HIRT M. und WEBER S., 1991: Dimensionierung von Pufferzonen zum Schutz von Biotopen gegen Überdüngung aus lateraler Nährstoffzufuhr. Diplomarb. ETHZ, 61 S. (Polykopie.)

HÖHN W., 1971: Naturwissenschaftliches Gutachten über das Moor Neuriedtli auf Samstagern, Gemeinde Richterswil.18 S. (Polykopie, einsehbar am Geobot. Inst. ETH Zürich).

HOTTINGER L., MATTER A., NABHOLZ W. und SCHINDLER C., 1970: Geologischer Atlas der Schweiz 1: 25 000, Blatt 1093 Hörnli, 31 S. plus Karte.

HUBER M., 1990: Pufferzonen bei Naturschutzgebieten, Seminararbeit, Geogr. Inst. Univ. Basel. 18 S. (Polykopie).

HÜRLIMANN H., 1951: Zur Lebensgeschichte des Schilfs an den Ufern der Schweizer Seen. Beitr. geobot. Landesaufn. Schweiz *30*. 232 S.

JANCEY, R.C., 1979: Species ordering on a variance criterion. Vegetatio *39*, 59–63.

KELLER H., 1986: Vegetationskundliche Dauerbeobachtungsflächen. Übliche Methoden, Aufwand, Aussagekraft, Erfahrungen. Beitr. Naturschutz Schweiz. *8*, 25–33.

KESSLER W., 1994: Nähstoffentzüge und Düngungsnormen im Futterbau. LBL, Landwirtschaftliche Beratungszentrale Lindau, Kurs. Nr.94.203. 21 S.

KNAPP R., 1967: Experimentelle Soziologie und gegenseitige Beeinflussung der Pflanzen.(2. Aufl.). Ulmer, Stuttgart. 266 S.

KLÖZLI F., 1967: Umwandlung von Moor- und Sumpfgesellschaften durch Abwässer im Gebiet des Neeracher Riets. Ber. Geobot. Inst. ETH, Stiftung Rübel *37*, 104–112.

KLÖTZLI F., 1969: Die Grundwasserbeziehungen der Streu- und Moorwiesen im nördlichen Schweizer Mittelland. Beitr.Geobot.Landesaufnahme Schweiz, Schweiz.Naturforsch. Ges. *52*. Verlag Hans Huber, Bern. 296 S. plus Tabellen.

KLÖTZLI F., 1978: Zur Bewaldungsfähigkeit von Mooren der Schweiz. Telma *8*, 183–19.

KLÖTZLI F., 1979: Ursachen für Verschwinden und Umwandlung von Molinion-Gesellschaften in der Schweiz. In: WILMANNS O. und TÜXEN R. (Hrsg.), Werden und Vergehen von Pflanzengesellschaften. Ber. Int. Symp. Int. Ver. Vegetationskunde, Rinteln, 1979, 451–467.

KLÖTZLI F, 1987: Régions humides dans notre paysage eutrophe. Augmentation de l'expulsion anthropogène de matières nutritives (N,P). Giorn. Bot. Ital. *121*, 101–120.

KLÖTZLI F.,1991: Möglichkeiten und erste Ergebnisse mitteleuropäischer Renaturierungen. Verh. Ges. Ökol. *20*, 229–242.

KLÖZTLI F. und ZIELINSKA J., 1995: Zur inneren Dynamik eines Feuchtwiesenkomplexes – am Beispiel der "Stillen Rüss" im Kanton Aargau. Aargau. Schr. R. Veget. Kde. (im Druck).

KLÖTZLI F. und ZÜST, S., 1973: Conservation of reed-beds in Switzerland. Pol. Arch. Hydrobiol. *20*, 229–235.

KNAUER N. und MANDER Ü., 1989: Untersuchungen über die Filterwirkung verschiedener Saumbiotope an Gewässern in Schleswig-Holstein 1. Mitteilung: Filterung von Stickstoff und Phosphor. Z. f. Kulturtechnik u. Landentwicklung *30*, 365–376.

KÖCK L. und HOLLAUS, 1981: Stallmist- und Güllewirkung auf Dauerwiesen im Tirol, Ber.7.Arbeitstagung "Fragen der Güllerei", Bundesversuchsanstalt für alpenländische Landwirtschaft Gumpenstein, A-8952 Irdning *3*, 605–626.

KORNECK D. und SUKOPP H., 1988: Rote Liste der in der Bundesrepublik Deutschland ausgestorbenen, verschollenen und gefährdeten Farn- und Blütenpflanzen und ihre Auswertung für den Arten- und Biotopschutz. Schriftenr.Vegetationskunde, Bezirksstelle für Naturschutz u. Landschaftspflege *19*. 120 S.

KREUTZER K., 1989: Einst zu wenig – nun zuviel. Das Kreuz des Waldes mit dem Stickstoff. Nationalpark *65*(4): 6-9, Grafenau (zit. in ZUKRIGL et al. 1993.)

KRÜSI B., 1978: Grenzen der Aussagekraft von Vegetationsaufnahmen. Ber. Geobot. Inst. ETH, Stiftung Rübel, Zürich *45*, 134–155.

KRÜSI B., 1981: Phenological methods in permanent plot research. The indicator value of phenological phenomena. A study in limestone grassland in Northern Switzerland. Veröff. Geobot. Inst. ETH, Stiftung Rübel, Zürich *75*. 115 S.

KSENOFONTOVA T., 1988: Morphology, production and mineral contents in *Phragmites australis* in different waterbodies of the Estonian SSR, Folia Geobot. Phytotax. *23*, 17–43.

KUHN U., LEUPI E., OBERHOLZER H. und TSCHÜTSCHER B., 1978: Naturwissenschaftliche und gesellschaftliche Bedeutung von Naturschutz- und Erholungsgebieten – Naturschutzgebiete als Anschauungsobjekte. POST-Diplomarbeit, Geobot. Inst. ETHZ, Stiftung Rübel. 236 S. plus Anhang (Polykopie).

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

LÜTKE-TWENHÖVEN F., 1982: Untersuchungen zum inneren Nährstoffkreislauf einiger Niedermoorpflanzen. Diplomarbeit Inst. Landeskultur u. Pflanzenökol. Univ. Stuttgart-Hohenheim. 98 S. plus Tabellen (Polykopie).

MAAS D., 1990: Biomasseentwicklung von Streuwiesenpflanzen verschiedener Herkunft in Abhängigkeit von der Bewirtschaftungsintensität. Verh. Ges. Ökol. *19*(2), 69–9.

MARKERT B., STEINBECK R. und NICK K.-J., 1988: Verteilung einiger chemischer Elemente in *Molinia coerulea* und *Eriophorum vaginatum* während der Renaturierung des Leegmoores (Kreis Emsland), Natur u. Landschaft *63*(11), 643–646.

MARTI K., 1994: Zum Standort von Magnocaricion-Gesellschaften in der Schweiz (*Caricetum elatae, Caricetum paniculatae, Caricetum ripariae, Caricetum vesicariae*). Veröff. Geobot. Inst. ETH, Stiftung Rübel, Zürich *120*, 97 S.

MILKOVITS I. und BORHIDI A., 1986: Studies of *Molinia caerulea* complexes in Hungary. Acta Univ. Uppsala *27*(2), 139–145, zit. in BALATOVA-TULACKOVA (1993).

MONAR I., 1965: Über einfache, allgemein anwendbare Mikromethoden zur Bestimmung von Kohlenstoff, Wasserstoff Stickstoff und Sauerstoff und eine hierzu entwickelte, automatisch gesteuerte Verbrennungsapparatur. Microchimica Acta. (zit. in Laboranleitung, Labor f. Bodenkunde ETHZ, ohne weitere Angaben).

MORAVEC J. und RYBNICKOVA E., 1964: Die *Carex-davalliana*-Bestände im Böhmerwaldvorgebirge, ihre Zusammensetzung, Ökologie und Historie. Preslia *36*, 376–391.

MUELLER-DOMBOIS D. und ELLENBERG H., 1974: Aims and methods of vegetations ecology. John Wiley & Sons, New York, London, Sidney, Toronto. 547 S.

MUNZERT M., 1973: Zur Methodik der quantitativen floristischen Auswertung von Grünlandversuchen. Bayer. Landw. Jb. *50*, 321–374 (zit. in EGLOFF, 1986).

NIEMANN E. und WEGENER U., 1976: Verminderung des Stickstoff- und Phosphoreintrags in wasserwirtschaftliche Speicher mit Hilfe nitrophiler Uferstauden- und Verlandungsvegetation ("Nitrophytem-Methode"). Acta hydrochim. hydrobiol. *4*, 269–275.

OBERDORFER E., 1992: Süddeutsche Pflanzengesellschaften, Teil 1. (3. Aufl.). Gustav Fischer Verlag, Jena. 314 S.

OBERDORFER E., 1983: Süddeutsche Pflanzengesellschaften, Teil 3. (2. Aufl.). Gustav Fischer Verlag, Stuttgart. 455 S.

OOMES M.J.M., 1977: Cutting regime experiments on extensively used grassland. Acta Bot. Neerl. *26*, 265-266.

OOMES M.J.M. und MOOI H., 1981: The effect of cutting and fertilizing on the floristic composition and production of an *Arrhenatherion elatioris* grassland. Vegetatio *47*, 233–239.

ORLOCI L., 1973: Ranking characters by a dispersion criterion. Nature *244*, 371–373.

PEGTEL D., 1983: Ecological aspects of a nutrient-deficient wet grassland (Cirsio-Molinietum) Verh. Ges. Ökol *10*, 217–28.

PEGTEL D., 1987: Soil fertility and the composition of semi-natural grassland. In: VAN ANDEL et al., (Hrsg.): Disturbance in Grasslands, Geobotany *10*, Junk Publishers, 51–66.

PETERS U., 1988: Pflanzenökologische und bodenkundliche Untersuchungen an Quellwaldstandorten in Bochum. Diss. Bot. *122*, 211 S.

PEYER K., FREY E., 1992: Klassifikation der Böden der Schweiz. Eidg. Forschungsanstalt f. landw. Pflanzenbau, 8046 Zürich-Reckenholz, 84 S.

PEYER K., PETRASEK M., WALTHER H.R., ZIHLMANN U. und PLÜSS E., 1985: Landeskarte der Schweiz, Bodenkarte Hörnli Blatt 1093 mit Erläuterungen, Eidg. Forschungsanstalt f. landw. Pflanzenbau, 8046 Zürich-Reckenholz, 102 S. und Karte.

PFADENHAUER J., 1987: Indikatoren zur Erfassung anthropogener Vegetationsveränderungen in Streuwiesen des Alpenvorlands. In: SCHUBERT R. und HILBIG W. (Hrsg.), 1987: Erfassung und Bewertung anthropogener Vegetationsveränderungen, Teil 2. Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Halle. 163–170.

PFADENHAUER J. und MAAS D., 1987: Samenpotential in Niedermoorböden des Alpenvorlandes bei Grünlandnutzung unterschiedlicher Intensität. Flora *179*, 85–97.

POORE M.E.D., 1955: The use of phytosociological methods in ecological investigations. I. The Braun-Blanquet system. J. Ecol. *43*, 226–244.

PREISS H., 1982: Vegetation und Nährstoffumsatz von Flachmoorbiotopen im Raum von Bad Tölz unter Berücksichtigung der Auswirkungen von Nutzungsänderungen. Diss. Tech. Univ. München. 111 S.

ROBERTS D.W., 1986: Ordination on the basis of fuzzy set theory. Vegetatio *66*(3), 123–131.

ROGERS D.J., 1970: A preliminary ordination of forest vegetation in the Kirchleerau area of Swiss midland. Ber. Geobot. Inst. ETH, Stiftung Rübel, Zürich *40*, 28–78.

RUTHSATZ B., 1990: Vegetationskundlich-ökologische Nachweis- und Voraussagemöglichkeiten für den Erfolg von Extensivierungsmassnahmen in Feuchtgrünlandgebieten. Angew. Botanik *64*, 69–98.

RYBNICEK K. und RYBNICKOVA E., 1970: [*Carex davalliana* SM. in der Umgebung von Treban]. Studie CSAV, Praha, 203–207.

SCHEFER B., 1977: Stickstoff- und Phosphorverlagerung in nordwestdeutschen Niederungsböden und Gewässerbelastung. Geol. Jb. *F4*, 203–243.

SCHEFFER B. und BLANKENBURG J., 1983: Phosphoraustrag aus Niedermoorböden – Ergebnisse eines Lysimeterversuchs ohne Pflanzenbewuchs. Z. Pflanzenernaehr. Bodenk. *146*, 275–284.

SCHEFFER F. und SCHACHTSCHABEL P., 1982: Lehrbuch der Bodenkunde. (11. Aufl.). Enke,

Stuttgart, 442 S.
SCHMIDT W., 1984: Der Einfluss des Mulchens auf die Entwicklung von Ackerbrachen–Ergebnisse aus 15jährigen Dauerbeobachtungsflächen. Natur und Landschaft *59* (2), 47–55.
SCHOPP-GUTH A., 1993: Einfluss unterschiedlicher Bewirtschaftung auf populationsbiologische Merkmale von Streuwiesenpflanzen und das Samenpotential im Boden. Diss. Bot. *204*, 165 S.
SCHREIBER K.-F. und KUHN N., et al., 1977: Wärmegliederung der Schweiz aufgrund von phänologischen Geländeaufnahmen in den Jahren 1969 bis 1973. Massstab 1:200 000. Eidg. Justiz- und Polizeidepartement. 67 S. plus Karten.
SOUGNEZ N., 1965: Réactions floristiques d'une lande humide aux fumures minérales. Oecol. Plant. *1*(1), 219–234.
STAMM C., 1992: Überprüfung von Verfahren zur Ausscheidung von Pufferzonen gegen Stoffeintrag. Zentrum für angewandte Ökologie Schattweid, CH-6114 Steinhuserberg, 80 S.
STAMPFLI A., 1991: Accurate determination of vegetational change in meadows by successive point quadrat analysis. Vegetatio *96*, 185–194.
STAUB M., 1986: Botanische Zusammensetzung, Ertrag und Futterwert von Randflächen gedüngten Grünlandes in der Boppelser Weid (ZH). Diplomarbeit Geobot. Inst. ETHZ, Stiftung Rübel, Zürich. 64 S.
TAMM C.O., 1972: Survival and flowering of perennial herbs III. Oikos *23*,159–166.
THOMAS, S. A., 1960: Changes in vegetation since the advent of myxomatosis. J. Ecol. *48*, 287– 306.
TISCHLER G., 1918: Untersuchungen über den Riesenwuchs von *Phragmites communis* var. *Pseudodonax*, Ber. D. Bot. Ges. *36* (9), 549–558.
VAN DER HOEK D., 1987: The input of nutrients from arable lands on nutrient poor grasslands and their impact on the hydrological aspects of nature management. Ekologia (CSSR) *6 (3)*,313–323.
VERHOEVEN J.T.A., VAN BEEK S., DEKKER M. und STORM W., 1983: Nutrient dynamics in small mesotrophic fens surrounded by cultivated land. I. Productivity and nutrient uptake by the vegetation in relation to the flow of eutrophicated ground water. Oecologia (Berlin) *60*, 25–33.
VOSER P., 1976: Ökologische und systematische Untersuchungen an *Ranunculus acris* sensu lato, Diplomarbeit, Inst. Syst. Bot., Univ. Zürich. 33 S. (Polykopie).
WEBER A., 1924: Geologische Karte von Winterthur und Umgebung (1:25 000). Naturwiss. Ges.Winterthur, Geolog. Kommission d. Schweiz. Naturforsch. Ges. (Hrsg.).
WEBER A., 1928: Geologische Karte des Oberen Tösstales zwischen Wila und Bauma (1:25 000). Beilage Mitt. Naturwiss. Ges. Winterthur *17/18*.
WEBER J. und PFADENHAUER J., 1987: Phänologische Beobachtungen auf Streuwiesen unter Berücksichtigung des Nutzungseinflusses (Rothenrainer Moorgebiet bei Bad Tölz). Ber. Bayer. Bot. Ges. *58*, 153–177.
WILDI O., 1986: Analyse vegetationskundlicher Daten. Theorie und Einsatz statistischer Methoden. Veröff. Geobot. Inst. ETH, Stiftung Rübel, Zürich *90*. 226 S.
WILDI O., 1992: Datenanalyse mit MULVA-4, WSL, 71 S. (Polykopie).
WILDI O., 1994: Datenanalyse mit MULVA-5, WSL, 74 S. (Polykopie).
WILDI O., KLÖTZLI F., 1978: Naturschutzprobleme in Feuchtgebieten. Ber. Schwyz. Naturforsch. Ges. *7*, 33–34.
WOLF G., WIECHMANN H. und FORTH K., 1984: Vegetationsentwicklung in aufgegebenen Feuchtwiesen und Auswirkungen von Pflegemassnahmen auf Pflanzenbestand und Boden. Natur u. Landschaft *59* (7/8), 316–322.
ZACHARIAS D., JANSSEN C. und BRANDES D., 1988: Basenreiche Pfeifengras-Streuwiesen des *Molinietum caeruleae* W. Koch 1926, ihre Brachestadien und ihre wichtigsten Kontaktgesellschaften in Südost-Niedersachsen. Tuexenia *8*, 55–78.
ZAR J.H., 1984: Biostatistical analysis. (2. Aufl.). Prentice-Hall International Editions. 718 S.

ZELESNY H., 1994: Vegetationskundliche und nährstoffökologische Untersuchungen im Übergangsbereich von Mehrschnitt-Wirtschaftsgrünland zu Streuwiese im Württembergischen Alpenvorland. Diss. Bot. *211*. Cramer, Berlin, Stuttgart. 243 S. plus Tabellen.

ZOBRIST J., 1983: Die Belastung der schweizerischen Gewässer durch Niederschläge. VDI-Ber. *500*, 225–230.

ZUKRIGL K, EGGER G. und RAUCHECKER M., 1993: Untersuchungen über Vegetationsveränderungen durch Stickstoffeintrag in österreichische Waldökosysteme. Phytocoenologia *23*, 95–114.

ZÜRN F., 1963: Verbesserung von staunassen Wiesen auf Gleyböden – Bekämpfung von *Holcus lanatus* L. (Wolliges Honiggras). Z. Acker- u. Pflanzenbau *118*, 186–199.

Adresse des Autors:

Ulrich Hans GRAF
Geobotoanisches Institut ETH
Stiftung Rübel
Zürichbergstrasse 38
CH-8044 Zürich

ANHANG

Tab. 45. Ausgangsvarianzen der Bodenfaktoren in den Untersuchungsgebieten. Vergleich der Varianzen der nach Volumen und nach Trockengewichten bestimmten Bodenparameter. Σ-N = Summe der Ammonium- und der Nitratgehalte. Indices für die Stickstoffgehalte: $_{i0}$ = aktuelle Werte, $_{i14}$ = Werte nach 14 Tagen Inkubation, $_{i28}$ = Werte nach 28 Tagen Inkubation. Zu den volumenbezogenen Einzelwerten vgl. Tab. 46–48.
Variances of soil factors in the different sites. Comparison of variances of soil factors determined as volume based and weight based variables. Σ-N = Sum of ammonia and nitrate contents. Indices for nitrogen contents: $_{i0}$ = actual values, $_{i14}$ = values after 14 days of incubation, $_{i28}$ = values after 28 days of incubation. For the single volume based values, see Tab. 46–48.

Bodenfaktor	Rod		Neuthal		Neuriedtli	
	volumen-bezogen	gewichts-bezogen	volumen-bezogen	gewichts-bezogen	volumen-bezogen	gewichts-bezogen
Scheinbare Dichte		9.798		9.522		4.699
Wassergehalt		11.344		9.895		1.027
C/N		1.939		6.426		2.866
Kalium	6.899	2.451	9.407	3.386	4.042	3.657
Gesamt-P	12.071	8.307	11.942	4.970	6.024	5.531
PO_4	11.638	5.705	9.871	4.431	3.367	4.118
NH_4-N $_{i0}$	10.174	11.618	5.863	7.857	3.767	4.610
NH_4-N $_{i14}$	7.100	11.267	5.080	4.488	5.618	4.611
NH_4-N $_{i28}$	5.374	6.357	5.062	4.119	4.959	5.551
NO_3-N $_{i0}$	12.582	9.823	9.844	5.884	9.102	7.465
NO_3-N $_{i14}$	12.866	8.903	12.089	12.025	9.262	8.900
NO_3-N $_{i28}$	13.519	10.797	12.797	12.304	8.741	9.376
Σ-N $_{i0}$	6.016	5.759	3.133	5.657	4.420	4.691
Σ-N $_{i14}$	12.593	8.063	11.992	11.736	8.213	7.863
Σ-N $_{i28}$	12.983	9.139	12.658	12.148	7.796	8.821

Tab. 46. Rod: volumenbezogene Messwerte der verschiedenen Bodenfaktoren. Zu den Positionen der Messpunkte vgl. Fig.2. Laufmeter 0 = äusseres Ende der Transekte.
Rod: volume based measurements of the different soil factors. For the positions of sampling points see Fig. 2. Meter 0 = outer end of the transects.

Transekt-nummer	Laufmeter	scheinbare Dichte kg/l	Wassergehalt	NH_4-N aktuell mg/l	NO_3-N 28 Tage inkubiert mg/l	Gesamt-P g/l	PO_4 mg/l	K mg/l	C/N
1	13	0.294	66.2%	5.914	2.218	0.150	0.465	21.614	10.618
1	9	0.327	60.3%	7.711	2.515	0.226	0.737	40.832	22.422
1	7	0.410	55.0%	2.096	16.266	0.299	0.844	27.488	17.558
1	5	0.453	56.0%	1.778	20.819	0.394	1.000	37.900	16.648
1	0	0.525	46.1%	2.363	22.290	0.420	1.944	33.288	19.967
2	13	0.323	62.6%	4.794	8.983	0.220	0.653	19.538	10.618
2	9	0.370	62.7%	4.158	13.642	0.300	0.670	22.477	18.730
2	7	0.380	58.7%	3.027	11.272	0.259	1.548	28.277	18.584
2	5	0.490	50.1%	2.136	18.280	0.338	1.406	20.910	19.492
2	0	0.610	40.8%	2.093	23.710	0.458	1.812	32.358	18.146
3	13	0.311	57.1%	5.155	15.105	0.214	1.075	20.366	13.429
3	9	0.348	57.5%	2.607	18.000	0.310	1.201	25.047	13.494
3	7	0.394	50.5%	1.118	18.612	0.323	1.771	27.732	11.390
3	5	0.390	51.0%	2.333	27.234	0.347	1.534	25.896	12.747
3	0	0.861	30.5%	1.880	32.027	0.603	2.384	82.844	12.769
4	13	0.264	62.3%	3.046	8.298	0.196	0.864	18.228	10.618
4	9	0.272	59.4%	2.784	7.925	0.179	0.990	15.930	15.314
4	7	0.301	61.9%	2.533	6.530	0.244	1.170	20.872	10.793
4	5	0.342	59.1%	2.463	12.651	0.281	1.256	35.503	11.136
4	0	0.641	34.4%	0.296	18.722	0.506	2.358	65.457	13.429

Tab. 47. Neuthal: Messwerte der verschiedenen Bodenfaktoren.
Neuthal: measurements of the different soil factors.

Tran-sekt	Lauf-meter	schein-bare Dichte kg/l	Was-serge-halt	NH_4-N aktuell mg/l	NO_3-N 28 Tage inkubiert mg/l	Ge-samt-P g/l	PO_4 mg/l	K mg/l	C/N
1	14	0.360	58.9%	6.030	0.437	0.238	0.590	32.967	12.190
1	8	0.409	52.5%	3.217	2.913	0.270	0.560	31.769	12.904
1	6	0.645	42.1%	2.713	6.331	0.342	0.626	39.043	11.358
1	4	0.672	42.4%	2.604	22.428	0.383	0.780	33.725	10.618
1	0	0.631	42.5%	1.673	18.399	0.568	1.717	71.460	11.421
2	14	0.317	64.4%	4.369	0.180	0.177	0.653	17.524	13.463
2	8	0.463	56.4%	4.431	1.405	0.324	0.809	27.878	12.797
2	6	0.619	46.4%	3.236	13.883	0.408	0.613	35.844	10.537
2	4	0.592	42.3%	2.909	16.469	0.409	0.515	30.762	10.618
2	0	0.608	44.4%	1.559	35.979	0.633	2.184	70.256	11.411
3	14	0.351	58.5%	1.235	2.895	0.249	0.372	21.620	11.885
3	8	0.610	47.9%	4.589	7.389	0.360	0.738	37.917	12.163
3	6	0.601	44.6%	1.434	15.059	0.421	0.902	33.996	11.167
3	4	0.691	40.0%	2.918	24.744	0.470	0.581	30.139	10.618
3	0	0.659	42.3%	1.515	37.116	0.745	1.734	49.441	11.024
4	14	0.394	53.9%	1.552	2.801	0.299	0.677	23.837	11.204
4	8	0.576	43.4%	1.183	18.569	0.426	1.088	30.866	12.108
4	6	0.691	41.5%	1.923	10.158	0.449	0.704	40.274	10.860
4	4	0.630	41.0%	1.670	15.675	0.428	0.775	35.379	10.618
4	0	0.597	43.5%	1.017	34.430	0.632	1.921	46.866	11.049
5	14	0.239	65.8%	1.673	4.984	0.201	0.711	14.807	12.819
5	8	0.454	54.0%	1.705	11.935	0.359	0.532	17.587	12.513
5	6	0.564	49.2%	1.415	12.456	0.434	0.547	25.503	10.472
5	4	0.571	41.6%	0.842	22.129	0.445	0.988	34.640	10.618
5	0	0.623	41.9%	0.764	25.113	0.648	2.943	62.505	11.556
6	14	0.227	72.3%	2.574	0.572	0.229	0.527	8.953	12.208
6	8	0.254	71.7%	0.904	0.497	0.277	0.959	21.887	13.965
6	6	0.350	65.7%	0.975	2.362	0.350	0.923	19.434	10.765
6	4	0.507	51.2%	0.420	25.151	0.507	1.352	32.291	10.618
6	0	0.565	43.7%	0.204	25.844	0.661	2.221	60.914	11.794

Tab. 48. Neuriedtli, Samstagern: Messwerte der verschiedenen Bodenfaktoren.
Neuriedtli, Samstagern: measurements of the different soil factors.

Tran-sekt	Lauf-meter	schein-bare Dichte	Was-serge-halt	NH_4-N aktuell	NO_3-N 28 Tage inkubiert	Ge-samt-P	PO_4	K	C/N
		kg/l		mg/l	mg/l	g/l	mg/l	mg/l	
1	20	0.173	84.1%	2.857	0.485	0.183	0.660	39.894	16.178
1	10	0.241	77.2%	1.338	2.997	0.311	0.615	13.649	13.128
1	7	0.309	69.4%	1.999	1.025	0.272	0.880	27.505	10.618
1	3	0.380	59.9%	2.557	0.675	0.221	0.859	48.498	12.975
1	0	0.824	34.3%	2.101	3.565	0.362	1.095	90.737	12.167
2	18	0.564	48.8%	2.701	11.987	0.395	1.100	27.296	15.747
2	12	0.338	70.6%	2.006	1.829	0.348	1.316	16.896	12.555
2	9	0.259	76.6%	1.626	3.140	0.324	1.284	32.675	9.990
2	6	0.248	75.6%	1.750	1.956	0.280	1.154	21.538	11.613
2	0	0.292	68.0%	2.691	2.923	0.242	1.290	25.591	14.009
3	25	0.374	61.4%	2.027	5.439	0.314	0.921	21.303	13.322
3	14	0.520	53.3%	1.309	0.171	0.239	0.857	19.434	14.278
3	10	0.716	37.7%	2.792	3.257	0.286	0.780	38.699	10.618
3	6	0.650	41.6%	4.883	3.293	0.280	0.670	40.019	14.565
3	0	0.757	36.9%	2.747	0.244	0.250	0.575	42.569	13.266
4	17	0.283	71.2%	1.002	8.466	0.283	0.773	15.502	14.210
4	13	0.368	64.0%	0.000	2.089	0.434	0.843	23.845	11.864
4	10	0.344	65.1%	1.993	9.167	0.447	1.052	28.660	12.023
4	7	0.405	56.6%	1.422	25.642	0.522	1.177	29.387	11.607
4	0	0.400	50.4%	1.497	11.330	0.396	0.817	21.964	11.761
5	19	0.418	63.2%	2.798	3.440	0.288	0.923	15.804	13.650
5	16	0.245	75.5%	2.368	0.907	0.250	0.832	20.070	13.253
5	14	0.302	69.7%	1.768	4.798	0.390	0.720	16.398	11.627
5	12	0.380	67.7%	1.632	3.989	0.486	1.281	39.394	12.586
5	0	0.532	50.7%	1.433	2.095	0.346	0.772	24.736	11.981
6	20	0.438	53.9%	1.497	15.938	0.407	1.181	23.200	13.624
6	15	0.494	53.9%	1.151	22.747	0.380	1.378	26.628	12.603
6	12	0.556	53.4%	4.888	26.153	0.428	1.485	41.358	10.973
6	7	0.389	74.1%	4.654	2.172	0.284	1.277	34.012	13.806
6	0	0.371	61.3%	3.716	0.196	0.275	0.906	31.844	13.748

Tab. 49. Neuriedtli, Samstagern: Korrelationskoeffizienten zwischen den Bodenfaktoren.
Neuriedtli, Samstagern: Correlation coefficients between the soil factors.

	H_2O	NH_4	NO_3	Gesamt-P	PO_4	K	C/N
H_2O	1						
NH_4	-0.017	1					
NO_3	-0.015	-0.040	1				
Gesamt-P	-0.010	-0.297	0.635	1			
PO_4	0.015	0.126	0.492	0.480	1		
K	-0.021	0.439	-0.039	-0.013	0.057	1	
C/N	-0.023	0.242	-0.264	-0.450	-0.331	-0.087	1

Tab. 50. *Filipendula ulmaria:* Korrelationen der Vitalitätsparameter untereinander.
Filipendula ulmaria: correlations between the vitality parameters.

	Deckung	Anzahl Stengel	Knospen	Anzahl erblühte Pflanzen	maximale Wuchshöhe	mittlere Wuchshöhe	maximale Stengeldicke	mittlere Stengeldicke	maximale Anzahl Rispen	mittlere Anzahl Rispen	maximale Rispenlänge	mittlere Rispenlänge	maximale Blattlänge	mittlere Blattlänge	maximale Blattbreite	mittlere Blattbreite	rote Blattspitzen
Deckung	1																
Anzahl Stengel	0.609	1															
Knospen	-0.356	-0.393	1														
Anzahl erblühte Pflanzen	0.291	0.312	0.164	1													
maximale Wuchshöhe	0.600	0.791	-0.543	0.235	1												
mittlere Wuchshöhe	0.580	0.743	-0.531	0.225	0.988	1											
maximale Stengeldicke	0.518	0.745	-0.496	0.215	0.932	0.930	1										
mittlere Stengeldicke	0.466	0.648	-0.477	0.194	0.902	0.919	0.979	1									
maximale Anzahl Rispen	0.530	0.736	-0.469	0.186	0.827	0.791	0.742	0.668	1								
mittlere Anzahl Rispen	0.478	0.524	-0.686	-0.053	0.655	0.636	0.564	0.508	0.831	1							
maximale Rispenlänge	0.149	0.058	-0.176	0.005	0.168	0.177	0.154	0.164	0.161	0.272	1						
mittlere Rispenlänge	0.141	0.055	-0.169	-0.002	0.170	0.184	0.158	0.171	0.151	0.261	0.965	1					
maximale Blattlänge	0.550	0.738	-0.336	0.282	0.845	0.830	0.787	0.747	0.791	0.612	0.213	0.185	1				
mittlere Blattlänge	0.504	0.671	-0.292	0.277	0.821	0.822	0.777	0.753	0.751	0.590	0.235	0.211	0.977	1			
maximale Blattbreite	0.366	0.507	-0.123	0.129	0.495	0.479	0.488	0.447	0.457	0.289	0.097	0.095	0.561	0.548	1		
mittlere Blattbreite	0.485	0.654	-0.221	0.258	0.777	0.774	0.743	0.714	0.699	0.486	0.174	0.177	0.854	0.873	0.836	1	
rote Blattspitzen	-0.167	-0.061	0.203	0.037	-0.039	-0.021	-0.041	-0.019	-0.030	-0.089	-0.025	-0.053	0.019	0.034	-0.043	0.000	1

Tab. 51. *Holcus lanatus*: Korrelationen der Vitalitätsparameter untereinander.
Holcus lanatus: correlations between the vitality parameters.

	Deckung	Anzahl Pflanzen	Anzahl erblühte Pflanzen	maximale Wuchshöhe	mittlere Wuchshöhe	maximale Rispenlänge	mittlere Rispenlänge
Deckung	1						
Anzahl Pflanzen	0.632	1					
Anzahl erblühte Pflanzen	0.544	0.510	1				
maximale Wuchshöhe	0.369	0.317	0.303	1			
mittlere Wuchshöhe	0.235	0.119	0.125	0.928	1		
maximale Rispenlänge	0.305	0.295	0.304	0.756	0.684	1	
mittlere Rispenlänge	0.092	0.081	0.151	0.669	0.720	0.883	1

Tab. 52. *Phragmites communis*: Korrelationen der Vitalitätsparameter untereinander.
Phragmites communis: correlations between the vitality parameters.

	Deckung	Anzahl Stengel	Knospen vorhanden	Anzahl erblühte Triebe	mittlere Wuchshöhe	maximale Wuchshöhe	mittlere Stengeldicke	maximale Stengeldicke	mittlere Rispenlänge	maximale Rispenlänge	mittlere Blattlänge	maximale Blattlänge
Deckung	1											
Anzahl Stengel	0.397	1										
Knospen vorhanden	0.152	.219	1									
Anzahl erblühte Pflanzen	0.157	0.141	0.555	1								
mittlere Höhe	0.263	0.659	0.351	0.316	1							
maximale Höhe	0.459	0.186	0.430	0.327	0.329	1						
mittlere Stengeldicke	-0.032	0.181	0.063	0.059	0.194	0.073	1					
maximale Stengeldicke	0.309	0.169	0.418	0.314	0.345	0.831	0.027	1				
mittlere Rispenlänge	0.028	0.170	0.430	0.408	0.603	0.369	0.136	0.415	1			
maximale Rispenlänge	0.231	0.051	0.510	0.386	0.293	0.681	0.037	0.672	0.580	1		
mittlere Blattlänge	0.241	0.672	0.269	0.260	0.942	0.261	0.307	0.327	0.503	0.235	1	
maximale Blattlänge	0.195	0.051	0.248	0.166	0.216	0.620	0.019	0.649	0.298	0.416	0.266	1

Tab. 53. *Angelica silvestris*: Korrelationen der Vitalitätsparameter untereinander.
Angelica silvestris: correlations between the vitality parameters.

	Deckung	Anzahl Pflanzen	Knospen	Wuchshöhe	maximale Anzahl grundständige Blätter	mittlere Anzahl grundständige Blätter	maximale Blattlänge	mittlere Blattlänge	maximale Fiederung	mittlere Fiederung	Anzahl Dolden	maximale Doldengrösse	mittlere Doldengrösse
Deckung	1												
Anzahl Pflanzen	0.273	1											
Knospen	0.271	0.093	1										
Wuchshöhe	0.285	0.000	-0.056	1									
maximale Anzahl grundständige Blätter	0.416	0.122	0.213	0.350	1								
mittlere Anzahl grundständige Blätter	0.216	0.131	0.699	-0.084	0.246	1							
maximale Blattlänge	0.471	0.150	0.300	0.465	0.545	0.281	1						
mittlere Blattlänge	0.328	0.020	-0.101	0.471	0.417	-0.339	0.752	1					
maximale Fiederung	0.441	0.182	0.335	0.358	0.588	0.249	0.842	0.661	1				
mittlere Fiederung	0.363	0.046	0.464	0.322	0.373	0.000	0.696	0.715	0.744	1			
Anzahl Dolden	0.409	0.070	0.800	0.513	0.377	0.533	0.529	0.187	0.483	0.564	1		
maximale Doldengrösse	0.397	0.052	0.414	0.868	0.395	0.231	0.560	0.392	0.483	0.506	0.850	1	
mittlere Doldengrösse	0.301	0.023	0.002	0.984	0.357	-0.039	0.465	0.458	0.376	0.337	0.532	0.884	1

Tab. 54. *Lysimachia vulgaris*: Korrelationen der Vitalitätsparameter untereinander.
Lysimachia vulgaris: correlations between the vitality parameters.

	Deckung	Anzahl Pflanzen	Knospen	Anzahl erblühte Pflanzen	maximale Wuchshöhe	mittlere Wuchshöhe	maximale Stengeldicke	mittlere Stengeldicke	maximale Blütenzahl	mittlere Blütenzahl	maximale Quirlblätterzahl	mittlere Quirlblätterzahl
Deckung	1											
Anzahl Pflanzen	0.552	1										
Knospen	0.265	0.096	1									
Anz. erblühte Pflanzen	0.537	0.304	0.496	1								
max. Wuchshöhe	0.008	0.070	0.019	0.014	1							
mittl. Wuchshöhe	0.111	0.047	0.152	0.128	0.954	1						
max. Stengeldicke	0.536	0.246	0.275	0.398	0.027	0.160	1					
mittl. Stengeldicke	0.435	-0.031	0.251	0.333	0.002	0.183	0.852	1				
max. Blütenzahl	0.498	0.179	0.583	0.671	0.071	0.210	0.506	0.449	1			
mittl.Blütenzahl	0.344	-0.044	0.530	0.521	0.043	0.199	0.457	0.532	0.864	1		
max. Quirlblätterzahl	0.533	0.279	0.199	0.359	0.094	0.199	0.553	0.496	0.434	0.366	1	
mittl. Quirlblätterzahl	0.369	0.017	0.097	0.214	0.037	0.156	0.498	0.559	0.355	0.409	0.854	1

Tab. 55. *Mentha aquatica*: Korrelationen der Vitalitätsparameter untereinander.
Mentha aquatica: correlations between the vitality parameters.

	Deckung	Anzahl Stengel	Knospen	Anzahl erblühte Pflanzen	maximale Wuchshöhe	mittlere Wuchshöhe	maximale Stengeldicke	mittlere Stengeldicke	max. Anzahl Blütenstände	mittl. Anzahl Blütenstände	max. Länge oberstes Blatt	mittl. Länge oberstes Blatt
Deckung	1											
Anzahl Stengel	0.497	1										
Knospen	0.358	0.150	1									
Anz. erblühte Pflanzen	0.565	0.495	0.293	1								
max.Wuchshöhe	0.261	0.633	0.128	0.381	1							
mittl. Wuchshöhe	0.182	0.529	0.091	0.303	0.979	1						
max. Stengeldicke	0.288	0.617	0.023	0.289	0.819	0.817	1					
mittl. Stengeldicke	0.171	0.509	-0.095	0.203	0.829	0.864	0.955	1				
max. Anz. Blütenstände	0.292	0.522	0.339	0.600	0.691	0.656	0.483	.449	1			
mittl. Anz. Blütenstände	0.184	0.392	0.332	0.439	0.712	0.724	0.491	0.497	0.937	1		
max. Länge oberstes Blatt	0.178	0.654	-0.036	0.307	0.861	0.866	0.810	0.854	0.536	0.545	1	
mittl. Länge oberstes Blatt	0.079	0.536	-0.104	0.227	0.823	0.859	0.805	0.873	0.459	0.502	0.974	1

Tab. 56. *Carex davalliana*: Korrelationen der Vitalitätsparameter untereinander.
Carex davalliana: correlations between the vitality parameters.

	Deckung	Anzahl Stengel	Anz. erblühte Pflanzen	maximale Wuchshöhe	mittlere Wuchshöhe	maximale Ährenlänge	mittlere Ährenlänge
Deckung	1						
Anzahl Stengel	0.289	1					
Anzahl erblühte Pflanzen	0.135	0.415	1				
maximale Wuchshöhe	0.181	0.331	0.226	1			
mittlere Wuchshöhe	0.164	0.023	0.090	0.842	1		
maximale Ährenlänge	0.118	0.452	0.303	0.398	0.134	1	
mittlere Ährenlänge	-0.033	0.151	0.165	0.306	0.179	0.873	1

Tab. 57. *Carex hostiana*: Korrelationen der Vitalitätsparameter untereinander.
Carex hostiana: correlations between the vitality parameters.

	Deckung	Anzahl Pflanzen	Anz. erblühte Pflanzen	max. Wuchshöhe	mittl. Wuchshöhe	max. Anzahl Ähren	mittl.Anzahl Ähren
Deckung	1						
Anzahl Pflanzen	0.526	1					
Anzahl erblühte Pflanzen	0.613	0.502	1				
maximale Wuchshöhe	0.459	0.769	0.387	1			
mittlere Wuchshöhe	0.432	0.713	0.367	0.994	1		
maximale Anzahl Ähren	0.435	0.709	0.233	0.885	0.881	1	
mittlere Anzahl Ähren	0.371	0.634	0.157	0.861	0.867	0.985	1

Tab. 58. *Carex panicea*: Korrelationen der Vitalitätsparameter untereinander.
Carex panicea: correlations between the vitality parameters.

	Deckung	Anzahl Pflanzen	max. Wuchshöhe	mittl. Wuchshöhe	max. Anz. Ähren	mittl. Anz. Ähren
Deckung	1					
Anzahl Pflanzen	0.319	1				
maximale Wuchshöhe	-0.109	0.217	1			
mittlere Wuchshöhe	-0.212	-0.025	0.930	1		
maximale Anzahl Ähren	-0.151	0.150	0.212	0.170	1	
mittlere Anzahl Ähren	-0.263	-0.106	0.103	0.159	0.873	1

Tab. 59. *Molinia coerulea*: Korrelationen der Vitalitätsparameter untereinander.
Molinia coerulea: correlations between the vitality parameters.

	Deckung	Anzahl Stengel	max. Wuchshöhe	mitt. Wuchshöhe	max. Rispenlänge	mittl. Rispenlänge
Deckung	1					
Anzahl Stengel	0.731	1				
maximale Wuchshöhe	0.032	0.035	1			
mittlere Wuchshöhe	0.039	0.035	0.970	1		
maximale Rispenlänge	0.262	0.212	0.000	0.149	1	
mittlere Rispenlänge	0.110	0.076	-0.005	0.163	0.888	1

Tab. 60. *Galium uliginosum*: Korrelationen der Vitalitätsparameter untereinander.
Galium uliginosum: correlations between the vitality parameters.

	Deckung	Anzahl Pflanzen	Knospen	Anzahl erblühte Pflanzen	maximale Wuchshöhe	mittlere Wuchshöhe	maximaler Quirldurchmesser	mittlerer Quirldurchmesser
Deckung	1							
Anzahl Pflanzen	0.678	1						
Knospen	0.285	0.317	1					
Anzahl erblühte Pflanzen	0.432	0.299	0.223	1				
maximale Wuchshöhe	0.229	0.458	0.001	0.023	1			
mittlere Wuchshöhe	0.159	0.347	-0.042	-0.007	0.980	1		
maximaler Quirldurchmesser	0.365	0.518	0.406	0.245	0.411	0.371	1	
mittlerer Quirldurchmesser	0.333	0.467	0.394	0.225	0.388	0.355	0.991	1

Tab. 61. *Parnassia palustris*: Korrelationen der Vitalitätsparameter untereinander.
Parnassia palustris: correlations between the vitality parameters.

	Deckung	Anzahl Stengel pro Abschnitt	Knospen	Anzahl erblühter Pflanzen	maximale Wuchshöhe	mittlere Wuchshöhe	maximale Blütenzahl pro Pflanze	mittlere Blütenzahl pro Pflanze	maximale Stengelblattlänge	mittlere Stengelblattlänge	maximale Rosettenblätterzahl	mittlere Rosettenblätterzahl	maximaler Rosettendurchmesser	mittlerer Rosettendurchmesser
Deckung	1													
Anzahl Stengel pro Abschnitt	0.045	1												
Knospen	-0.108	0.288	1											
Anzahl erblühter Pflanzen	0.160	0.455	0.155	1										
maximale Wuchshöhe	0.058	0.820	0.190	0.450	1									
mittlere Wuchshöhe	-0.007	0.764	0.162	0.385	0.847	1								
maximale Blütenzahl pro Pflanze	0.044	0.899	0.261	0.374	0.853	0.771	1							
mittlere Blütenzahl pro Pflanze	0.018	0.756	0.234	0.305	0.750	0.881	0.880	1						
maximale Stengelblattlänge	0.065	0.830	0.213	0.386	0.949	0.851	0.875	0.806	1					
mittlere Stengelblattlänge	-0.002	0.714	0.160	0.296	0.785	0.943	0.738	0.862	0.865	1				
maximale Rosettenblätterzahl	0.287	0.104	-0.167	0.068	0.103	-0.053	0.096	-0.049	0.077	-0.056	1			
mittlere Rosettenblätterzahl	0.229	0.017	-0.194	0.024	0.043	-0.024	0.067	0.013	0.027	-0.028	0.887	1		
maximaler Rosettendurchmesser	0.138	0.370	-0.073	0.118	0.393	0.293	0.418	0.295	0.382	0.294	0.537	0.528	1	
mittlerer Rosettendurchmesser	0.118	0.344	-0.072	0.100	0.362	0.409	0.400	0.441	0.378	0.420	0.383	0.517	0.872	1

Tab. 62. *Potentilla erecta*: Korrelationsmatrix der Vitalitätsparameter.
Potentilla erecta: correlations between the vitality parameters.

	Deckung	Anzahl Stengel	Knospen	Anzahl erblühter Pflanzen	maximale Wuchshöhe	mittlere Wuchshöhe	maximale Anzahl Blütenstände	mittlere Anzahl Blütenstände	Anzahl Blütenstände pro Abschnitt	rötliche Blattspitzen
Deckung	1									
Anzahl Stengel	0.339	1								
Knospen	0.274	0.120	1							
Anzahl erblühter Pflanzen	0.387	0.325	0.298	1						
maximale Wuchshöhe	0.372	0.491	0.166	0.094	1					
mittlere Wuchshöhe	0.319	0.351	0.172	0.039	0.944	1				
maximale Anzahl Blütenstände	0.222	0.371	0.326	0.379	0.355	0.310	1			
mittlere Anzahl Blütenstände	0.121	0.049	0.314	0.292	0.259	0.300	0.772	1		
Anzahl Blütenstände pro Abschnitt	0.287	0.504	0.290	0.553	0.351	0.314	0.840	0.665	1	
rötliche Blattspitzen	0.187	0.282	0.125	0.123	0.120	0.115	0.092	0.007	0.130	1

Tab. 63. *Ranunculus nemorosus*: Korrelationsmatrix der Vitalitätsparameter.
Ranunculus nemorosus: correlations between the vitality parameters.

	Deckung	Anzahl Stengel	Knospen vorhanden	Anz. erblühte Pflanzen	max. Wuchshöhe	mittl. Wuchshöhe	max. Stengeldicke	mittl. Stengeldicke	max. Blütenzahl/Pfl.	mittl. Blütenzahl/Pfl.	Blütenzahl/Abschnitt	max. Blattlänge	mittl. Blattlänge	max. Anz. Rosett. blätt.	mittl. Anz. Rosett. blätt.	Anz. Rosett. bl./Abschn.	max. Rosettendurchm.	mittl. Rosettendurchm.	rote Blattränder	schwarze Blattränder	rote Blattflecken	schwarze Blattflecken	helle Blattflecken
Deckung	1																						
Anzahl Stengel	0.30	1																					
Knospen vorhanden	0.05	0.38	1																				
Anz. erblühte Pflanzen	0.48	0.52	0.27	1																			
max. Wuchshöhe	0.23	0.81	0.44	0.44	1																		
mittl. Wuchshöhe	0.24	0.78	0.43	0.43	0.99	1																	
max. Stengeldicke	0.21	0.78	0.45	0.39	0.91	0.91	1																
mittl. Stengeldicke	0.22	0.77	0.45	0.39	0.92	0.92	0.99	1															
max. Blütenzahl/Pfl.	0.13	0.64	0.38	0.22	0.65	0.61	0.70	0.66	1														
mittl. Blütenzahl/Pfl.	0.11	0.58	0.36	0.18	0.63	0.59	0.68	0.65	0.99	1													
Blütenzahl/Abschnitt	0.19	0.78	0.38	0.34	0.70	0.65	0.72	0.69	0.97	0.94	1												
max. Blattlänge	0.17	0.71	0.37	0.33	0.82	0.81	0.84	0.85	0.58	0.57	0.61	1											
mittl. Blattlänge	0.15	0.65	0.35	0.30	0.78	0.78	0.80	0.81	0.56	0.55	0.58	0.99	1										
max. Anz. Rosett. blätt.	0.25	0.79	0.43	0.36	0.84	0.83	0.86	0.86	0.61	0.58	0.66	0.78	0.71	1									
mittl. Anz. Rosett. blätt.	0.22	0.73	0.43	0.34	0.83	0.83	0.87	0.87	0.62	0.60	0.65	0.78	0.72	0.99	1								
Anz. Rosett. bl./Abschn.	0.28	0.91	0.35	0.49	0.75	0.72	0.72	0.73	0.50	0.44	0.65	0.67	0.59	0.88	0.83	1							
max. Rosettendurchm.	0.20	0.78	0.44	0.35	0.88	0.87	0.92	0.93	0.68	0.66	0.72	0.85	0.79	0.90	0.90	0.79	1						
mittl. Rosettendurchm.	0.18	0.73	0.44	0.32	0.88	0.87	0.92	0.93	0.69	0.67	0.71	0.84	0.80	0.89	0.90	0.74	0.99	1					
rote Blattränder	0.16	0.09	0.01	0.00	0.15	0.15	0.14	0.14	0.05	0.05	0.05	0.12	0.12	0.16	0.16	0.11	0.13	0.15	1				
schwarze Blattränder	0.14	0.09	-0.08	-0.01	0.04	0.04	0.08	0.08	0.10	0.09	0.10	0.07	0.06	0.00	0.00	0.04	0.08	0.07	-0.06	1			
rote Blattflecken	0.11	0.04	0.08	0.04	0.06	0.07	0.09	0.09	0.02	0.02	0.01	0.07	0.07	0.10	0.09	0.07	0.08	0.09	0.30	-0.02	1		
schwarze Blattflecken	0.02	-0.05	-0.07	-0.10	-0.08	-0.08	-0.05	-0.05	-0.02	-0.03	-0.03	-0.04	-0.04	-0.01	-0.01	-0.02	-0.01	-0.01	0.05	0.11	0.13	1	
helle Blattflecken	0.01	0.05	0.00	-0.09	0.05	0.03	0.06	0.06	0.15	0.16	0.13	0.03	0.03	0.04	0.04	0.04	0.06	0.07	0.01	0.07	-0.08	-0.02	1

Tab. 64. *Succisa pratensis:* Korrelationsmatrix der Vitalitätsparameter.
Succisa pratensis: correlations between the vitality parameters.

	Deckung	Anzahl Pflanzen	Knospen vorhanden	Anzahl erblühte Pflanzen	maximale Wuchshöhe	mittlere Wuchshöhe	maximale Köpfchenzahl pro Pflanze	mittlere Köpfchenzahl pro Pflanze	Köpfchenzahl pro Abschnitt	maximale Anzahl Rosettenblätter	mittlere Anzahl Rosettenblätter	Anzahl Rosettenblätter pro Abschnitt	maximaler Rosettendurchmesser	mittlerer Rosettendurchmesser
Deckung	1													
Anzahl Pflanzen	0.332	1												
Knospen vorhanden	0.203	0.443	1											
Anzahl erblühte Pflanzen	0.194	0.316	0.167	1										
maximale Wuchshöhe	0.355	0.891	0.405	0.409	1									
mittlere Wuchshöhe	0.133	0.721	0.335	0.395	0.867	1								
maximale Köpfchenzahl pro Pflanze	0.303	0.763	0.348	0.435	0.876	0.825	1							
mittlere Köpfchenzahl pro Pflanze	0.121	0.600	0.281	0.356	0.720	0.874	0.882	1						
Köpfchenzahl pro Abschnitt	0.295	0.666	0.302	0.504	0.790	0.725	0.927	0.764	1					
maximale Anzahl Rosettenblätter	0.369	0.304	-0.189	0.037	0.328	0.221	0.251	0.165	0.229	1				
mittlere Anzahl Rosettenblätter	0.294	0.262	-0.239	0.017	0.295	0.232	0.234	0.184	0.211	0.971	1			
Anzahl Rosettenblätter pro Abschnitt	0.544	0.381	0.066	0.115	0.377	0.125	0.290	0.073	0.341	0.689	0.594	1		
maximaler Rosettendurchmesser	0.433	0.472	-0.042	0.216	0.557	0.470	0.514	0.398	0.498	0.824	0.834	0.635	1	
mittlerer Rosettendurchmesser	0.346	0.431	-0.082	0.156	0.508	0.485	0.475	0.418	0.427	0.813	0.856	0.511	0.969	1

Tab. 65. Vegetation der Untersuchungsgebiete: Aufnahmenummern: 101 – 199 = Rod, 201 – 299 = Neuthal, 301 – 399 = Neuriedtli. Vegetationseinheiten nach KLÖTZLI (1969), ökologische Zeigerwerte nach LANDOLT (1977)

Vegetation of the sites: relevé numbers: 101 – 199 = Rod, 201 – 299 = Neuthal, 301 – 399 = Neuriedtli. Vegetation units according to KLÖTZLI (1969), ecological indicator values according to LANDOLT (1977)

Vegetationseinheiten nach KLÖTZLI (1969)				Valeriano - Filipenduletum				Saturjeo - Molinietum equisetetosum				Gentiano - Molinietum caricetosum davallianae				Gentiano - Molinietum caricetosum montanae				Primulo - Schoenetum stachyetosum				Übergang Caric. dava				Carjcetum davallianae stachyetosum				Carjcetum davallianae bryetosum, Junc.sub.				Carjcetum davallianae typicum				Übergang				Caricetum elatae typicum			
Zugehörigkeit zu soziol. Gruppen nach KLÖTZLI (1969)	Alluvionengruppen	Hang-gruppen	Aufnahmen Nr.	206	205	207	306	307	337	317	319	318	301	314	340	339	335	341	309	310	311	312	304	305	309	334	333	320	321	313	345	346	347	327	112	117	125	126	109	138	136	135	212	208	209	255	208
1 Heleocharis pauciflora			4	4	2																																										
2 Carex paradoxa	V'		5w	4	3																							1																				
Epilobium adnatum			4w	3	3																																										
Eupatorium cannabinum			4w	4	4																							+							1 +												
Carex gracilis	R		4w	3	3																																										
Galium palustre	M		4w	3	2																							+							+												
Carex acutiformis	R		5w	4	4																																										
3 Menyanthes trifoliata	W'	V	5	5	2																																										
Carex elata	V	V	5w	3	3																							3 2	+																			
Juncus articulatus		N	4w	3	2																							1 +	+	2	+																	
Carex fusca	X		4w	2	2																							1 1	+	1																		
Gymnadenia odoratissima			3w	3	2																							+	+	+																		
4 Pinguicula vulgaris	T	T	4w	4	2																																										
Inula salicina			3w	4	2																																										
Thymus polegioides	D	E	2	3	2																																										
Scabiosa columbaria	D	D	2	4	2																																										
Aquilegia atrata		E"	3w	4	2																																										
Phyteuma orbiculare		E"	3w	4	2																																										
Schoenus ferrugineus	S	S	4w	3	2																																										
5 Festuca ovina	G	G	2	3	2																														1		2										
Koeleria pyramidata	E'	E	2	3	2																																										
Tofieldia calyculata	S'	Z	4w	4	2																																										
Calamagrostis varia			2w	4	2																																										
6 Leontodon hispidus	(H)	H'	3	3	3																																										
Polygala amarella	H		3w	4	2																																										
Gentiana pneumonanthe	N	L	4w	3	2																																										
Orchis transylvanicus		N	5w	3	2																																										
Carex paleacea	J		4w	3	2																																										
7 Pamassia palustris	S'	L	4w	4	2																																										
Eriophorum latifolium	W	N	5w	4	2																																										
Carex davalliana	L	L	4w	3	2																																										
Carex hostiana	L	Z	4w	4	2																																										
Epipactis palustris	L		4w	3	2																																										
Linum catharticum	H	H'	3	3	1																																										
8 Rhinanthus minor	C	H'	3w	3	2																																										
9 Phragmites communis			5w	3	3																																										
10 Cirsium palustre	M		5w	3	3																																										
Valeriana dioica		L	4w	3	3																																										
Mentha aquatica		L	5w	3	3																																										
11 Gentiana asclepiadea		Z	3w	4	3																																										
Centaurea angustifolia	H	H'	3w	3	2																																										
Betonica officinalis	H	H	3w	3	2																																										
Carex panicea	Z	Z	4w	3	2																																										
Briza media	H	H'	3w	3	2																																										
Succisa pratensis	Z	Z	3w	3	2																																										
12 Molinia coerulea	Z	Z	4w	x	2																																										
Potentilla erecta	Z	H	5w	x	2																																										
Lotus corniculatus	I'	H'	2	4	3																																										
Prunella vulgaris	H	H'	3	3	3																																										
Ranunculus nemorosus	H	H'	3w	3	2																																										
Plantago lanceolata	E	G	2	3	3																																										
13 Equisetum palustre			4w	3	2																																										
Galium uliginosum	Z		4w	3	3																																										
Lysimachia vulgris		Z	4w	3	3																																										
Angelica silvestris	K	K	4w	3	3																																										
Agrostis stolonifera			4w	3	2																																										
14 Cirsiet palustris	(M)	L	4w	3	3																																										
Lythrum salicaria	M	M	4w	3	3																																										
Juncus subnodulosus	S	S	4w	4	2																																										
15 Cirsium oleraceum	K	K	4w	4	3																																										
Filipendula ulmaria	K	K	5w	3	3																																										
Carex flacca	G	H'	3w	4	2																																										
Vicia cracca	I'	E	3	3	3																																										
Lathyrus pratensis	Z	H	3	3	3																																										
Trifolium pratense	E'	D	3	3	3																																										
16 Anthoxanthum odoratum	I	E	3	2	3																																										
Holcus lanatus	I	E	3w	x	3																																										
Festuca rubra	I	H	3	3	3																																										
Galium album	I'	C	3	3	4																																										
Helicotrichon pubescens	D	E	3	4	3																																										
17 Primula elatior	Q		3	3	4																																										
Anemone nemorosa	(P)		3	3	3																																										
Colchicum autumnale	E'	E"	3w	3	3																																										
18 Rhinanthus alectorolophus			3w	4	3																																										
Veratrum lobelianum			4	3	3																																										
Scirpus silvaticus			4w	3	4																																										
19 Hypericum perforatum	E	C	2w	3	3																																										
Poa palustris			5w	4	3																																										
Cardamine pratensis	(V')		4	3	4																																										
Ranunculus ficarianus	(Z)		3	3	4																																										
20 Dactylis glomerata	E'	E	3	3	4																																										
Rumex acetosa			3	3	3																																										
Cerastium caespitosum	A'		3	3	3																																										
21 Chrysanthemum leucanthemum	E'	H'	3	3	3																																										
Trollius europaeus		K	4w	3	3																																										
Medicago lupulina	A	E	2	4	3																																										
22 Primula veris	E	E"	2w	4	2																																										
Festuca arundinacea	I"	H	4w	4	4																																										
Equisetum maximum		Z	4w	4	3																																										
Bromus erectus	D	G	3	4	2																																										
23 Ononis repens		E	2w	3	2																																										
Viola odorata			3	3	3																																										
Quercus robur			2	x	2																																										
Sanguisorba minor	C	C	2	4	2																																										
Daucus carota	A'	C	2	3	2																																										
Hippocrepis comosa	C	E	2	4	2																																										
Prunella grandiflora		D	2	4	2																																										
Galium verum	I'	E	2w	4	2																																										
Euphorbia cyparissias			2	3	2																																										
Trifolium montanum	G	G	2w	3	2																																										
Platanthera bifolia			3w	4	2																																										
Populus tremula			3	3	3																																										
24 Juncus effusus			4w	2	3																																										
Agrostis gigantea			3w	3	3																																										
Euphrasia rostkoviana			4w	3	2																																										
Carex lepidocarpa	L	N	4w	4	2																																										
Orchis incarnata	L	V	5w	3	2																																										
Gymnadenia conopea	K'	H'	3w	4	2																																										
25 Agrostis tenuis	(Z)		3	2	2																																										
Potentilla erecta			3	3	3																																										
Festuca pratensis			3	3	4																																										
Pteridium aquilinum			3	2	2																																										
Pimpinella major			3	3	3																																										
Trifolium medium	P	E	2	3	3																																										
Carex pallescens	(P)		5w	2	3																																										
Luzula campestris	E		3	3	2																																										
26 Silene flos-cuculi	(R)		4w	3	3																																										
Stellaria graminea			3w	2	3																																										
Lotus uliginosus	M		4w	3	3																																										
Convolvulus sepium	Q		4w	4	4																																										
Carex hirta			3w	3	3																																										
Thypheides arundinacea	(V')		5wi	3	4																																										
Geranium pratense			3	4	4																																										
Juncus inflexus		M	4w	3	3																																										
Caltha palustris	V'	M	5	3	3																																										
Cynosurus cristatus			3	3	3																																										
Phleum pratense			3	3	4																																										
Alchemilla xanthochlora			4	3	4																																										
Veronica chamaedrys	C		3	3	4																																										
Trisetum flavescens	A		3	3	4																																										
27 Bellis perennis			3	3	4																																										
Taraxacum officinalis	(A)		3w	3	4																																										
Lolium perenne			3w	3	4																																										
Alopecurus pratensis			4	3	4																																										
Glechoma hederacea			3	3	3																																										
Ranunculus repens	Q		4w	3	4																																										
Poa pratensis	(A)	E	3	3	3																																										
Vicia sepium			3	3	3																																										
Bromus mollis			3w	3	4																																										
Galeopsis tetrahit			3	3	5																																										
Arrhenatherum elatius	A		3	3	4																																										
Poa trivialis			3w	3	4																																										
Chaerophyllum cicutaria			4	3	4																																										
Ranunculus ficaria			3	3	4																																										
Ranunculus acontifolius			4w	3	4																																										
Cardamine hirsuta			3	3	4																																										
Salix caprea			3w	3	3																																										
Listera ovata	(E)	D	3	3	3																																										
Myosotis nemorosa			4w	3	4																																										
Salix nigricans			4w	4	3																																										
Sieglingia decumbens	(P)		3w	2	2																																										
Salix aurita			5w	2	2																																										
Geum rivale			4w	3	4																																										
Viola riviniana			3	2	3																																										
Polygala vulgaris	D	C	2	3	2																																										
Brachypodium pinnatum	C	E	2	4	3																																										
Herminium monorchis			3w	4	2																																										
Carex flava			4w	3	2																																										
Carex rostrata	X		5wi	3	2																																										
Carex lasiocarpa	V		5wi	3	2																																										
Salix cinerea			5w	3	2																																										
Ranunculus bulbosus			2	4	2																																										
Campanula rapunculus			2	3	3																																										
Drosera rotundifolia		O	5	2	1																																										
Veronica scutata			5w	2	3																																										
Carex paniculata			5w	4	3																																										
Urtica dioica			3w	3	5																																										
Polygonum bistorta			4w	3	4																																										
Equisetum arvense	C'	H'	3w	3	3																																										
Myosotis palustris			4w	3	4																																										
Hypericum acutum			4w	2	3																																										
Juncus conglomeratus	P		4w	2	4																																										
Orchis morio	C'		2w	3	2																																										
Salix repens			4w	3	2																																										
Orchis latifolia	J		5w	4	2																																										
Viola silvestris			3	3	3																																										
Gentiana utriculosa			4w	4	2																																										
Trichophorum caespitosum			4w	2	2																																										
Tragopogon orientalis			2	3	3																																										
Heracleum sphondylium			3	3	4																																										
Polygonatum multiflorum			3	3	3																																										
Primula farinosa	S'		4w	4	1																																										
Valeriana officinalis			4w	4	4																																										
Trifolium dubium			3	3	3																																										
Coeloglossum viride			3	2	2																																										
Pos annua			3	3	4																																										
Achillea millefolium	D		2	3	3																																										
Ophioglossum vulgatum			4w	4	2																																										
Carex capillaris			3	4	2																																										
Phyteuma spicata			3	3	3																																										
Maianthemum bifolium			3	2	2																																										
Cuscuta epithymum			2	3	2																																										
Carex ornithopoda			2	4	2																																										
Heracium umbellatum			2	2	2																																										
Frangula alnus			4w	3	2																																										
Calamagrostis epigejos	F		3w	3	3																																										
Solidago canadensis			3	3	3																																										
Polygala alpestris			2	4	2																																										
Ranunculus acer			3w	3	3																																										
Centaurium umbellatum			3w	3	3																																										
Acer pseudoplatanus			3w	3	3																																										
Gennium robertianum			3	3	4																																										
Galium aparine			3	3	5																																										
Cardamine flexuosa			4w	3	3																																										
Veronica persica			3	4	4																																										
Myosotis arvensis			2	3	3																																										
Agrostis repens			3w	3	4																																										
Trifolium repens			3w	3	4																																										
Fraxinus excelsior			4w	3	4																																										
Plantago media	B	E	2	4	2																																										
Sanguisorba officinalis			3w	3	3																																										