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 parameters of selected species and floristic parameters as indicators of soil nutrients in litter meadows in the Pre-Alps of the cant...

Autor: Graf, Ulrich Hans

Kapitel: 2: Untersuchungsgebiete und Methoden

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: 15.07.2025

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

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

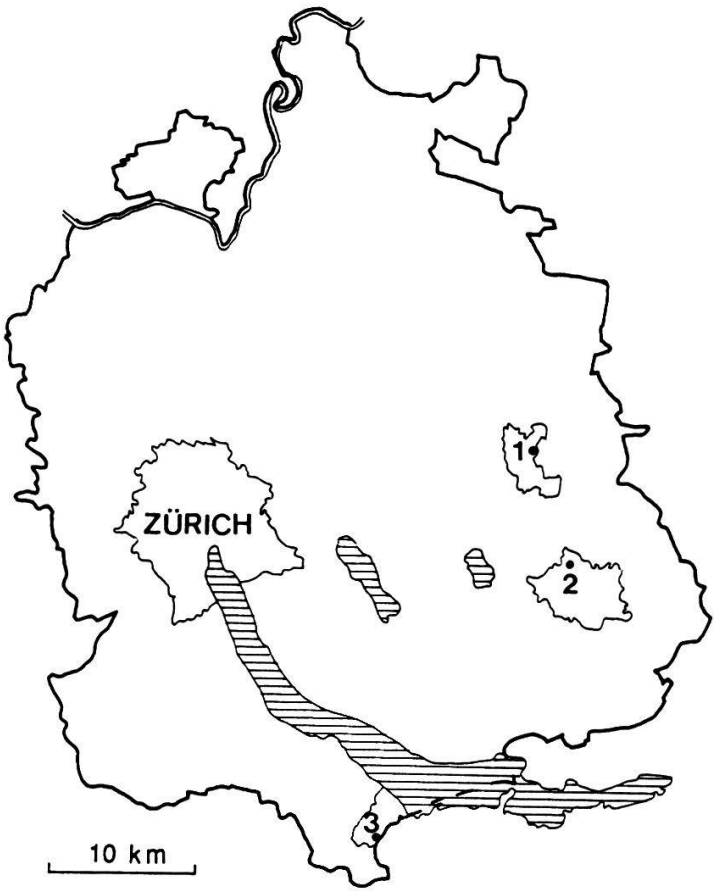

Fig. 1. Übersichtsplan des Kantons Zürich: geographische Lage der Untersuchungsgebiete; **fett**: die fortan im Text benützten Bezeichnungen.
Overview of the Canton Zurich: geographical location of the studied sites; ***bold:*** *the site names further used in the text.*
1) Gemeinde Wildberg: Naturschutzgebiet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

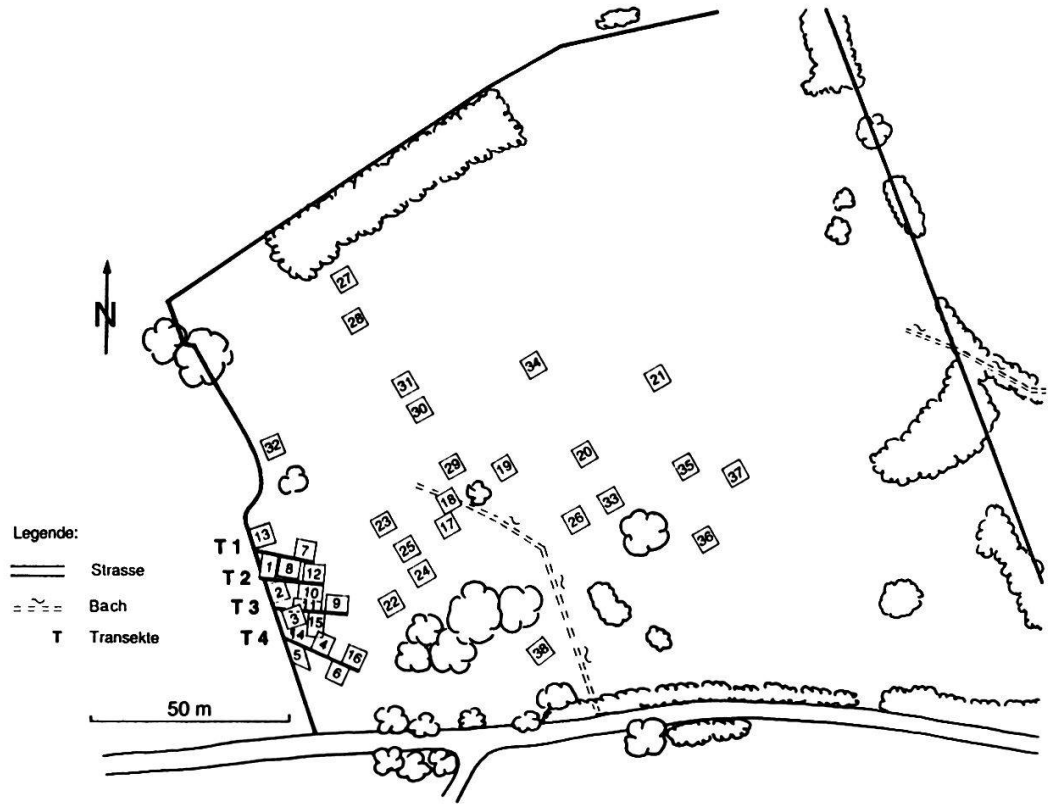

Fig. 2. Rod: Lage der Transekte und der Aufnahmen. Im Text des Kapitels 3 und in der Vegetationstabelle des Anhangs (Tab. 65) sind die Aufnahmenummern um 100 erhöht, um sie von den anderen Gebieten abzuheben.
Rod: positions of the transects and relevés. In the text of chapter 3 and in Table 65 (enclosure)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

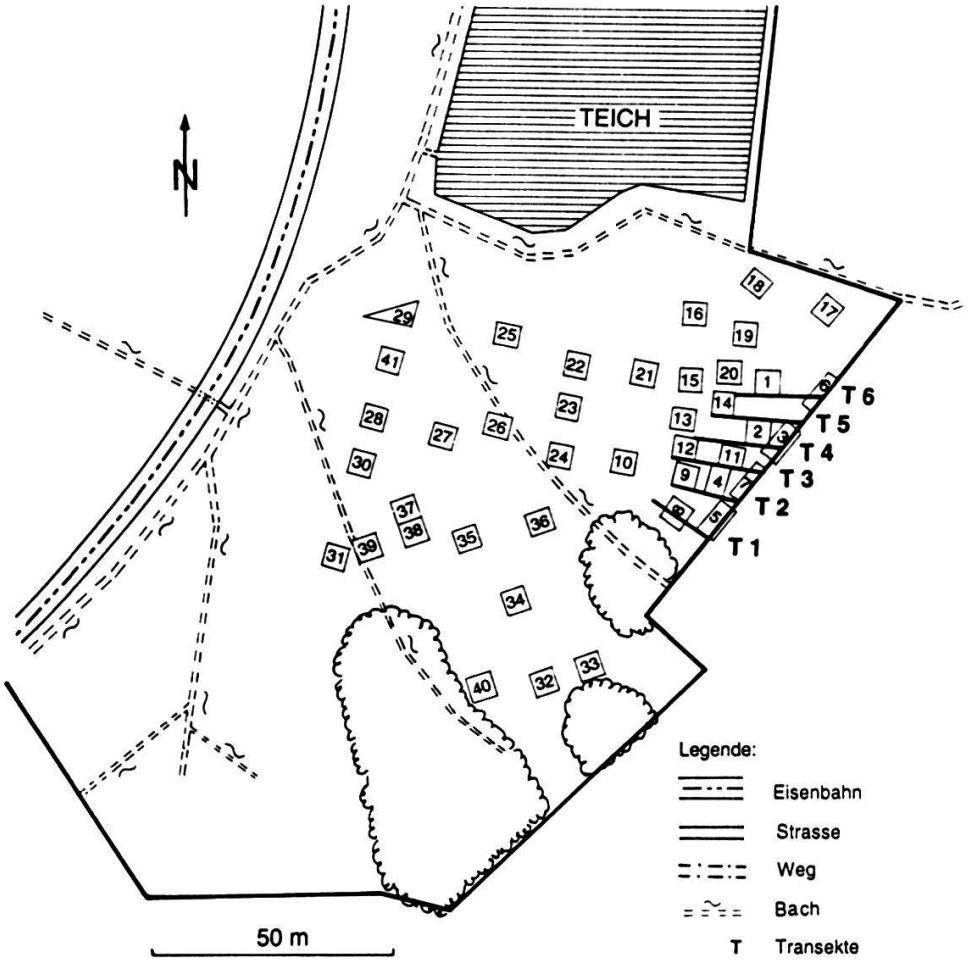

Fig. 3. Neuthal, Ried Hofschür: Lage der Transekte und der Aufnahmen. Im Text des Kapitels 3 und in der Vegetationstabelle der Beilage (Tab. 65) sind die Aufnahmenummern um 200 erhöht, um sie von den anderen Gebieten abzuheben.
Neuthal, Ried Hofschür: positions of the transects and relevés. In the text 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

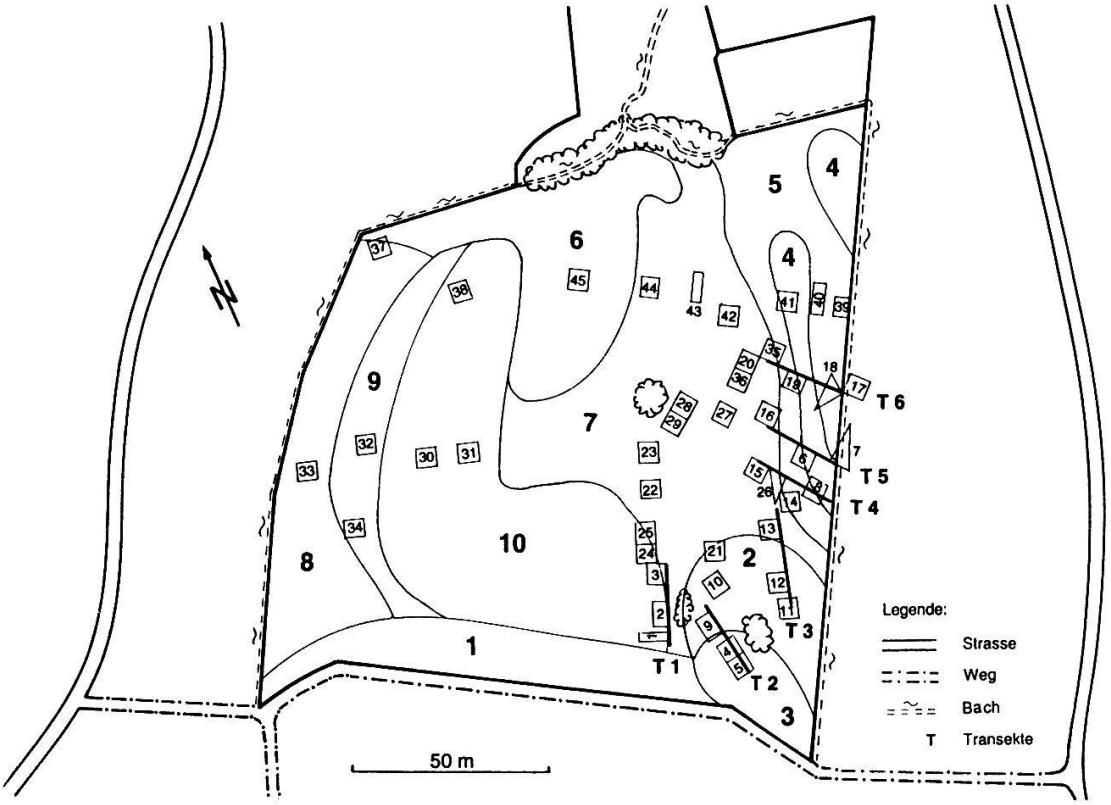

Fig. 4. Neuriedtli, Samstagern: Lage der Transekte und der Aufnahmen. Im Text von Kap. 3 und in Tab. 65 (Beilage) sind die Aufnahmenummern um 300 erhöht, um sie von den anderen Gebieten abzuheben. Die Präzision der Bodenkarte beträgt ca. 5 m. Die Terminologie richtet sich nach PEYER und FREY (1992).
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.