

Zeitschrift: Bulletin of the Geobotanical Institute ETH
Herausgeber: Geobotanisches Institut, ETH Zürich, Stiftung Rübel
Band: 64 (1998)

Artikel: Research Project : zur relativen Bedeutung von Nährstoffeintrag und Wasserstand für die Biodiversität in Streuwiesen
Autor: Bollens, Ursula / Güsewell, Sabine / Klötzli, Frank
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-377820>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 09.03.2025

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

RESEARCH PROJECT

Zur relativen Bedeutung von Nährstoffeintrag und Wasserstand für die Biodiversität in Streuwiesen

URSULA BOLLENS, SABINE GÜSEWELL & FRANK KLÖTZLI

Geobotanisches Institut ETH, Zürichbergstrasse 38, 8044 Zürich, Switzerland;
bollens@geobot.umnw.ethz.ch

Summary

1 Even though most Swiss wetlands are legally protected they are endangered due to the abandonment of traditional management, enhanced nutrient supply and lowering of the water table. These factors lead to a shift in the plant species composition from species with low to such with high growth rate, from rare to common species, and therefore to a decrease in biodiversity.

2 Changes in species composition appear to be the result of eutrophication by manure from agricultural land, although many authors have been unable to explain the distribution of mire species in terms of differences in nutrient availability measured in the soil. In many cases the vegetation patterns rather seem to depend on the water level.

3 In this project we will test the relative importance of nutrient availability and water level for the competitive relations between species with high and low growth rate. We will also examine the relative influence of water regime and nutrient conditions upon patterns of vegetation.

4 Twenty common wetland species will be grown from seeds. Their response to nutrient addition and to different water regimes are tested in a growth experiment. In addition the same species are planted along an artificial nutrient gradient in a fen. Differences in biomass, leaf area, and nutrient contents will be analysed. Furthermore, the distribution and the vitality of these species will be recorded along productivity gradients at various field sites, and correlated with soil moisture and nutrient concentration.

5 It is expected that the investigation of the physiological and morphological traits of invasive and endangered wetland species will lead to a better understanding of the current vegetation patterns and allow a more accurate prediction of the effects of various restoration techniques such as preventing the inflow of nutrients, raising the water table or periodic flooding.

Keywords: biomass, competitive relations, nutrient availability, water level, wetland species

Bulletin of the Geobotanical Institute ETH (1998), 64, 91–101

Einleitung

Im Zuge der Vergrößerung des Siedlungsgebietes, der Intensivierung der Landwirtschaft

und der zunehmenden Flächenbeanspruchung für Transport und Energiebereitstellung

lung sind in den vergangenen 150 Jahren die Feuchtgebiete der Schweiz auf einen Bruchteil (weniger als 10 %) ihrer einstigen Ausdehnung zusammengeschrumpft (Landolt 1991). Betroffen sind nicht nur natürliche Feuchtbiotope wie Bachläufe, Flussauen oder Verlandungszonen an Seeufern, sondern auch solche, die durch menschliche Bewirtschaftung entstanden sind, insbesondere die Streuwiesen. Streuwiesen sind ungedüngte feuchte Wiesen, die zur Gewinnung von Streu für die Stallhaltung des Viehs ein- bis zweimal jährlich gemäht wurden. Diese Nutzung war bis Mitte dieses Jahrhunderts Bestandteil der traditionellen Landwirtschaft in weiten Gebieten der Schweiz und Süddeutschlands. Sie verhinderte die natürliche Bewaldung der Wiesen ebenso wie die Dominanz von hochproduktiven Röhrichtarten und Hochstauden. Dadurch entstand eine charakteristische, von relativ kleinwüchsigen mehrjährigen Gräsern und Seggen dominierte, häufig artenreiche Vegetation.

Durch gezielte Trockenlegung und Düngung wurden in den letzten Jahrzehnten die meisten dieser Streuwiesen in Intensivkulturland überführt. Grundwasserstandssenkungen, z. B. als Folge von Gewässerverbauungen, führten zu einer zunehmenden Austrocknung und dadurch zu einer Veränderung der Artenzusammensetzung. Zahlreiche Gebiete wurden ferner durch Überschüttung, Aufforstung oder Abtorfen direkt zerstört (Klötzli 1979). Obwohl die wenigen verbliebenen Streuwiesen praktisch vollständig unter Schutz stehen, sind diese Rückzugsgebiete seltener Tier- und Pflanzenarten weiterhin bedroht. Die wichtigsten Gefährdungsfaktoren sind heute die Aufgabe der traditionellen Nutzung sowie diffuse Nährstoffeinträge aus der Landwirtschaft und der Luft (Korneck & Sukopp 1988; Landolt 1991).

Feuchtgebiete sind oft ein Mosaik von unterschiedlichen Standortsbedingungen, verursacht durch hohe Wasserstände und Nährstoffzufuhr in Seenähe oder entlang von Gräben, stehendes Wasser in Torfstichen und Tümpeln, Düngung und Tritt durch Herbivore, unterschiedlich häufige Mahd, Schatten von einzelnen Bäumen und Sträuchern etc. Diese Vielfalt an Standortsbedingungen ermöglicht eine hohe Biodiversität. Als Folge von Nutzungsänderungen, Düngung und Grundwasserstandssenkungen vereinheitlichten sich die Bereiche weg von den Extremen. Standorte, die ehemals von Spezialisten besiedelt waren, stehen nun einem breiteren Artenspektrum offen. Welche Konsequenzen hat dies für die Vegetation?

Die Folgen dieser Entwicklung für die Artenzusammensetzung und die Diversität der Vegetation sind in zahlreichen Untersuchungen dokumentiert (z. B. Klötzli 1966; Klötzli 1979; Klötzli 1986): In Niedermooren entstehen «Pseudo-Röhrichte» mit *Phragmites communis* (Nomenklatur nach Hess *et al.* 1991), *Typhoides arundinacea* und *Urtica dioeca* an Stelle der ehemaligen Gross- und Kleinseggenrieder. Auf trockeneren Streuwiesen mit *Molinia coerulea* gelangen Hochstauden wie *Epilobium* spp., *Eupatorium cannabinum*, *Filipendula ulmaria* und *Hypericum perforatum* zur Dominanz, oder es bilden sich *Typhoides arundinacea*-Bestände. Schwinggrasen mit *Carex lasiocarpa* und *Carex rostrata* werden verstärkt von *Carex elata* bestockt und von Hochstauden durchsetzt. In Hochmooranflügen oder Hochmooren bilden sich Bestände mit Mineralbodenzeigern (z. B. *Carex fusca*, *Carex rostrata*, *Eriophorum angustifolium*). Hierdurch werden lichtliebende Kleinseggen, Moose oder Kräuter (*Comarum palustre*, *Drosera* spp., *Liparis Loeselii*, *Menyanthes trifoliata*) verdrängt. Als Folge dieser Veränderungen sind heute in den

intensiv bewirtschafteten Regionen des Mittellandes und der Nordschweiz 68 % der Feuchtgebietspflanzen gefährdet (Landolt 1991).

Der Vergleich einer Vegetationskartierung im «Sackriet» (3,8 ha, Gemeinde Aathal-Seegräben, Kanton Zürich, Koordinaten 699 800/243 480) von 1976 mit der Situation von 1997 illustriert die vielerorts beobachteten Veränderungen (Fig. 1): Ein Kleinseggenried hat sich grösstenteils zu einer (kleinseggenreichen) Pfeifengraswiese entwickelt. Deutlich ist die Zunahme der Hochstauden, grösstenteils auf Kosten der Grosseggenbestände; diese Fläche stieg auf das Dreifache von 1976 und bedeckt heute einen Fünftel des Gebietes. Die im «Sackriet» beobachteten Veränderungen können teilweise

der Eutrophierung zugeschrieben werden (Verbreiterung der Hochstaudensäume), teilweise sind sie als Folgen einer Abtrocknung (Etablierung von Pfeifengraswiesen) zu betrachten. Beide Effekte fliessen kleinräumig ineinander und überlagern sich vermutlich. Deshalb ist es hier wie in vielen anderen Fällen kaum zu entscheiden, welcher Faktor für die Zu- oder Abnahme einzelner Arten primär entscheidend ist.

Vegetationsaufnahmen auf 240 Quadraten (je 4 m²) in verschiedenen Streuwiesen (Güsewell 1997) zeigten, dass auch Unterschiede in der Artenvielfalt sowohl mit der Nährstoffverfügbarkeit (d. h. Produktivität) als auch mit der Bodenfeuchtigkeit (d. h. mit dem Grundwasserstand) zusammenhängen, wobei die Art und Stärke des Zusammen-

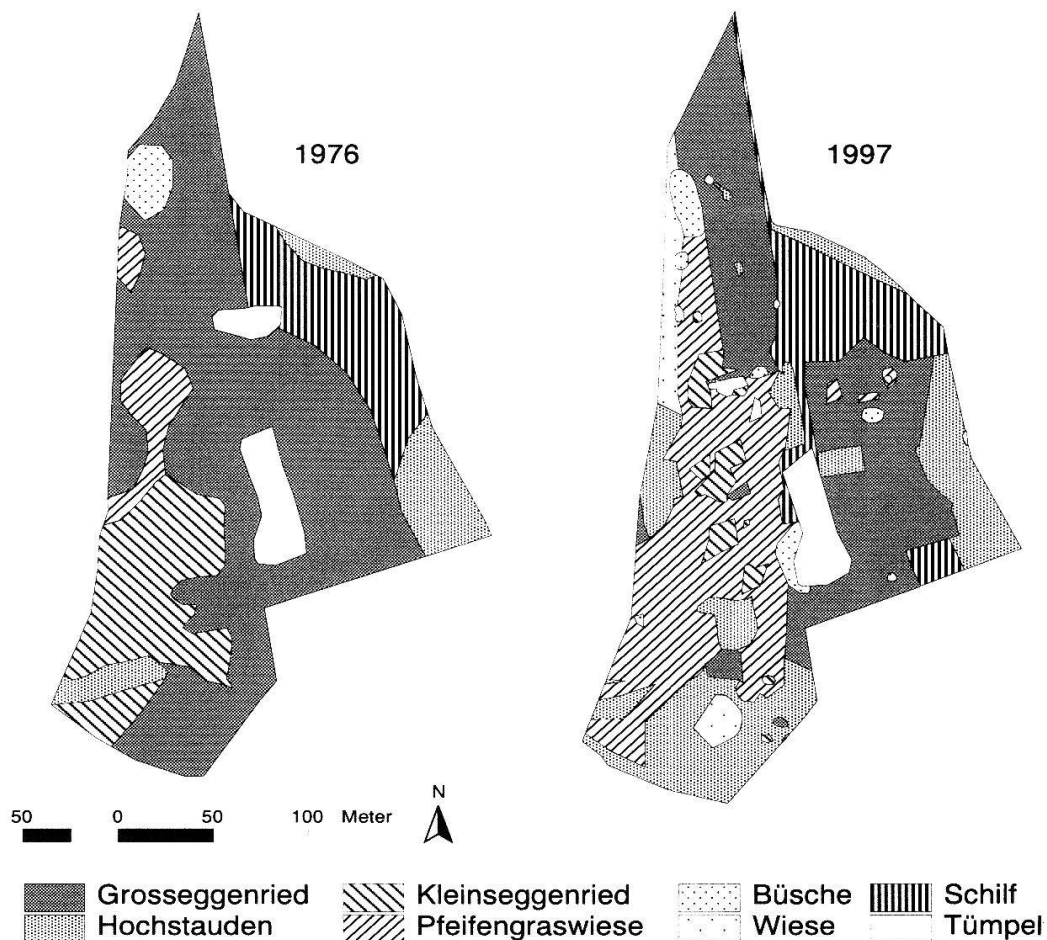


Fig. 1. Vegetationsveränderungen im «Sackriet» 1976–1997. Eigene Erhebung 1997 werden verglichen mit der Arbeit von Burnand & Züst (1976/78).

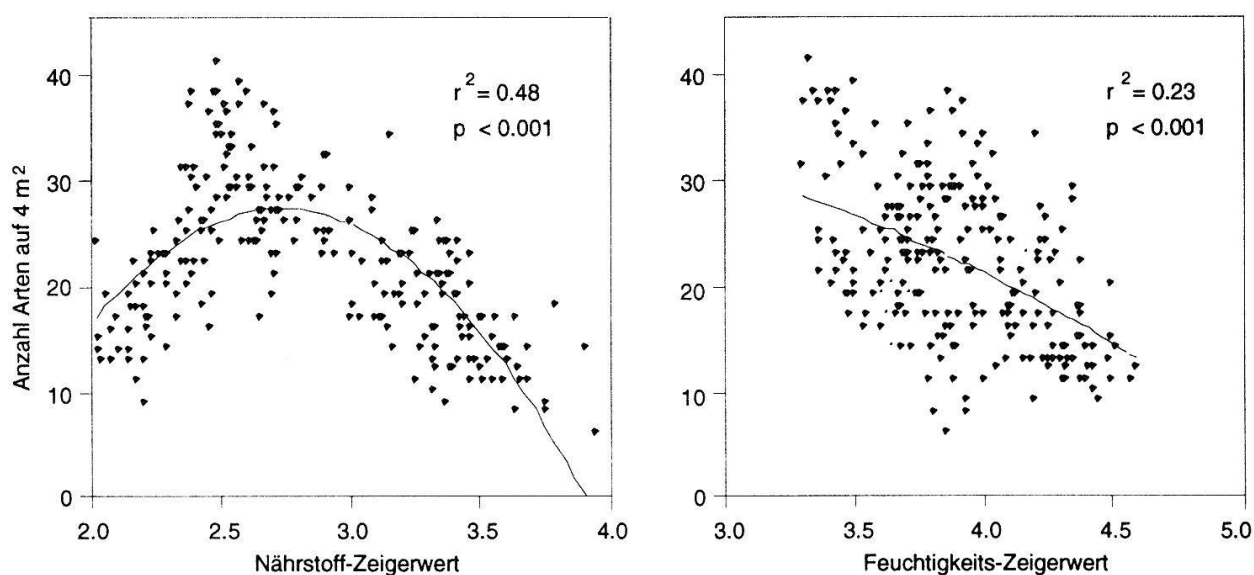


Fig. 2. Beziehung zwischen der Artenzahl und der Nährstoffverfügbarkeit sowie der Bodenfeuchtigkeit (Grundwasserstand) in 240 Quadraten entlang von Transekten in elf Streuwiesen des Schweizer Mittellandes. Nährstoffverfügbarkeit und Bodenfeuchtigkeit wurden näherungsweise anhand der entsprechenden mittleren Zeigerwerte beurteilt. Die Art und Stärke der Beziehungen wurden mittels quadratischer Regression beurteilt (Daten aus Güsewell 1997).

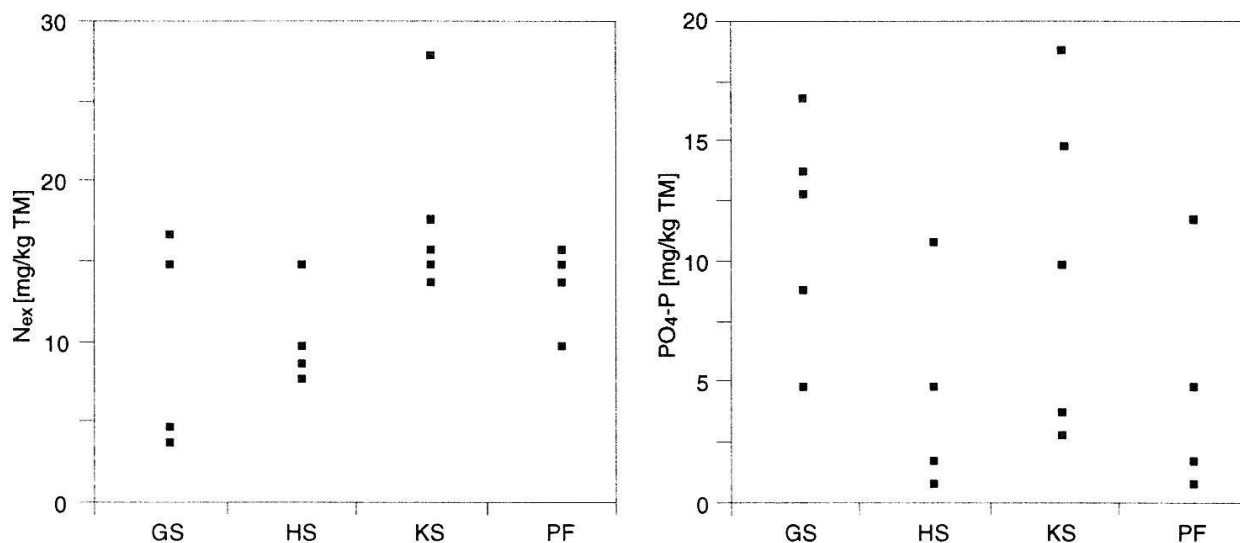


Fig. 3. Löslicher Gesamtstickstoff (extrahiert mit Calciumchlorid) und Phosphat (Extrakt mit Ammoniumacetat + EDTA) im Boden unter verschiedenen Vegetationstypen im «Sackriet» (20. 8. 1997; GS, Grosseggennried; HS, Hochstaudenflur; KS, Kleinseggenried; PF, Pfeifengraswiesen); jeder Punkt entspricht einer Messung.

hangs unterschiedlich ist (Fig. 2; siehe auch z. B. Wheeler & Giller 1982; Kunzmann *et al.* 1985; Moore & Keddy 1989; Gough *et al.* 1994). Wieder ist nicht klar ersichtlich, welcher Faktor für die unterschiedliche Biodiversität der Flächen ausschlaggebend ist oder wie sich beide Faktoren gegenseitig be-

einflussen. Dies zu wissen könnte helfen, geeignete Massnahmen zur Erhaltung der Artenvielfalt zu ergreifen und einzelne Arten gezielt zu fördern.

Das Hauptziel des nachfolgenden Projektes ist es daher, die relative Bedeutung von Nährstoffeinträgen und Veränderungen des

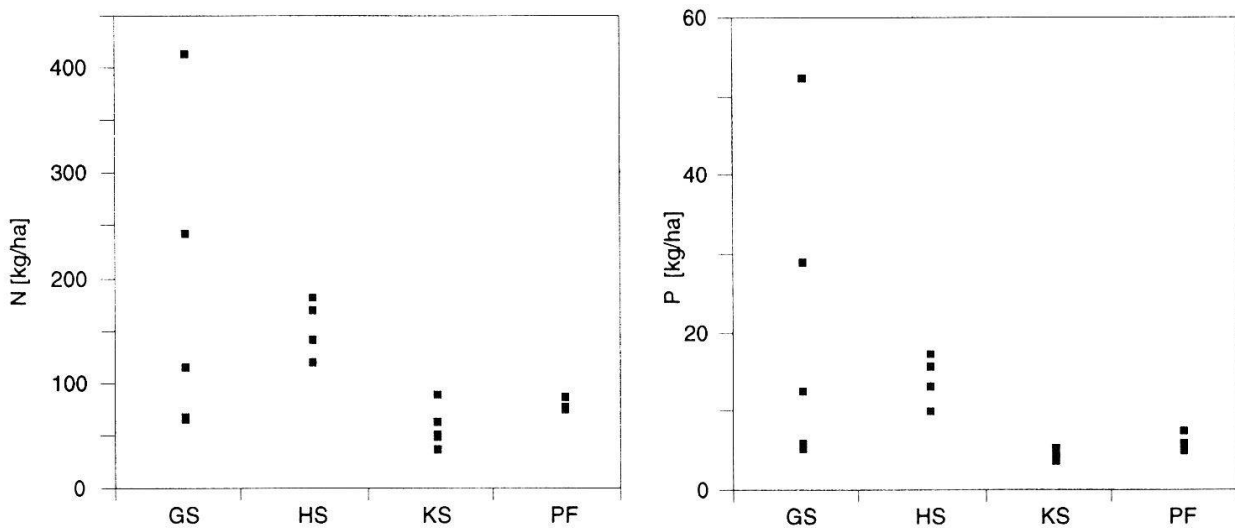


Fig. 4. Stickstoff- und Phosphorgehalt der Biomasse unterschiedlicher Vegetationstypen im «Sackriet» 1997 (Abkürzungen wie in Fig. 3).

Wasserstandes für das Vorkommen von typischen Streuwiesenarten und für die Artenvielfalt deskriptiv und experimentell zu untersuchen.

Eutrophierung und veränderter Wasserhaushalt als Ursachen von Vegetationsveränderungen in Feuchtgebieten

In vielen Untersuchungen wurden die Vegetationsveränderungen in Feuchtgebieten vor allem mit Eutrophierungsprozessen erklärt (Boller-Elmer 1977; Klötzli 1979; Egloff 1986; Klötzli 1986; Ellenberg 1989; Morris 1991; Koerselman & Verhoeven 1995). Durch eine gesteigerte Nährstoffzufuhr werden demnach grosswüchsige Arten gefördert und solche, die an geringe Nährstoffverfügbarkeit adaptiert sind, verdrängt. Diese Steigerung der Nährstoffzufuhr kann durch direkte Düngung, Kontakt zu nährstoffreichem Grundwasser, Stickstoffeinträgen aus der Luft oder erhöhte Mineralisation durch Abtrocknung bewirkt werden.

Eigene Untersuchungen im «Sackriet» (Fig. 3) und diverse andere Arbeiten (z. B. Léon 1968; Waughman 1980; Stamm 1992;

Vitt 1994) zeigen aber, dass die Verbreitung produktiver, nährstoffliebender Vegetationstypen nicht unbedingt mit höheren Bodennährstoffgehalten korreliert ist. Dies kann zwei Gründe haben: (a) Mit den angewandten Messmethoden werden die effektiv verfügbaren Nährstoffe nicht erfasst, oder (b) das Vorkommen der Vegetationstypen wird primär durch andere Faktoren bestimmt. Für die erste Erklärung spricht die Tatsache, dass die Nährstoffverfügbarkeit in organischen Böden durch einen schwer fassbaren Faktorenkomplex gesteuert wird (z. B. Verhoeven 1992). Daher wird im Allgemeinen mit Bioassays und Biomasseanalysen auch eine bessere Übereinstimmung zwischen pflanzensoziologischer Einheit und Nährstoffverfügbarkeit gefunden (Fig. 4; Vermeer & Berendse 1983; Wheeler *et al.* 1992).

Vieles deutet allerdings darauf hin, dass oft nicht die Nährstoffversorgung, sondern das Wasserregime der wichtigste Faktor für die Ausbildung der Feuchtgebietsvegetation ist (Klötzli 1969; Fojt & Harding 1995). Dabei sind die maximale Höhe des Grundwasserspiegels, Überflutungen und Wasserstandsfluktuationen während der Vegetationsperi-

ode (z. B. Noest 1994; Wierda *et al.* 1997) sicher die wichtigsten Grössen. Die Bedeutung des Wasserregimes als vegetationsprägendem Faktor beruht in Feuchtgebieten nur in Einzelfällen auf Unterschieden im Wasserbedarf der Pflanzen. Zum Beispiel finden einige Torfmoosarten schon bei geringen Wasserstands-senkungen keine Lebensmöglichkeit mehr (Walter & Breckle 1991). Wesentlicher ist aber der Einfluss des Wasserhaushalts auf die Redoxverhältnisse im Boden und auf die Nährstoffverfügbarkeit. In wassergesättigten Böden herrschen oft anaerobe Bedingungen, welche spezielle Anpassungen der Pflanzen verlangen und damit die Ansiedlung anderer Arten verhindern (Brändle *et al.* 1996). Auch die Stickstoffverfügbarkeit ist eingeschränkt, da anaerobe Bedingungen die Mineralisation hemmen und die Denitrifikation fördern (Koerselman & Verhoeven 1992). Hingegen ist die Phosphatverfügbarkeit in vernässten Böden höher als in trockenen, da Phosphat unter Sauerstoffausschluss verstärkt in Lösung geht (Vermeer 1986).

Aufgrund der genannten Zusammenhänge sind Veränderungen des Wasserregimes wie Grundwassersenkungen oder Wiedervernäsung im Rahmen von Renaturierungsprojekten häufig mit Veränderungen der Produktivität gekoppelt (z. B. Grootjans & van Diggelen 1995), entweder weil die Ansiedlung produktiver Arten ermöglicht bzw. verhindert wird oder weil sich die Nährstoffverfügbarkeit ändert. Dabei verläuft der Einfluss auf die Stickstoff- und Phosphorverfügbarkeit gegensinnig (Koerselman & Verhoeven 1995). Die Erhaltung oder Wiederherstellung einer niedrigen Produktivität (weniger als $4\text{--}5\text{ t ha}^{-1}\text{a}^{-1}$) ist ein wesentliches Ziel der Pflege oder Renaturierung eutrophierter Feuchtgebiete, insbesondere Streuwiesen (Kapfer 1987). Die mit Veränderungen des Wasserregimes verbundenen Ände-

rungen der Produktivität, der Artenzusammensetzung und der Artenvielfalt können deshalb je nach ihrer Richtung entweder erwünscht oder unerwünscht sein. In beiden Fällen wäre es zur Planung von Massnahmen hilfreich, solche Veränderungen genauer vorherzusagen. Hierzu wiederum sind bessere Kenntnisse über die Mechanismen notwendig, die zu diesen Veränderungen führen.

Verschiedene Untersuchungen haben gezeigt, dass sich die Artenzusammensetzung bei Änderungen der Nährstoffverfügbarkeit oder des Wasserhaushaltes in Feuchtwiesen nicht schlagartig und gesamthaft ändert, wie es dem klassischen pflanzensoziologischen Ansatz entsprechen würde. Vielmehr reagieren die einzelnen in der Ausgangsgesellschaft vorkommenden Pflanzenarten allmählich und sehr «individualistisch», d. h. in verschiedener Weise und unterschiedlich schnell (z. B. Grootjans *et al.* 1986; Olf & Bakker 1991). Es ist anzunehmen, dass unterschiedliche funktionelle Eigenschaften der Arten für die uneinheitlichen Reaktionen verantwortlich sind. Zur Klärung der Kausalzusammenhänge bei Vegetationsveränderungen ist es deshalb sinnvoll, die Reaktion der einzelnen Arten auf die vermutlich entscheidenden Faktoren zurückzuführen. In früheren Arbeiten dieser Art wurden in der Regel nur eine oder wenige Arten untersucht (z. B. Konings *et al.* 1989; Aerts *et al.* 1992; Perez Corona *et al.* 1996), oder es wurde das Verhalten vieler Arten bezüglich eines einzelnen Faktors – Nährstoffangebot oder Wasserstand – betrachtet (z. B. McJannet *et al.* 1995). In unserem Projekt dagegen sollen relativ viele Arten (20) bezüglich ihrer Reaktion auf verschiedene Nährstoff- und Wasserbedingungen gleichzeitig untersucht werden, und zwar sowohl im Feld als auch unter kontrollierten Bedingungen unter Ausschluss von Konkurrenz.

Fragestellung und Hypothesen

Um die in den letzten Jahrzehnten im Randbereich von Streuwiesen beobachteten Vegetationsveränderungen zu erklären und möglicherweise effizientere Pflegemassnahmen vorzuschlagen, soll die relative Bedeutung von Grundwasserstand und Nährstoffeintrag und deren gegenseitige Abhängigkeit mit Hilfe von Feldbeobachtungen und Experimenten deutlicher abgesteckt werden. Von praktischem Interesse sind insbesondere folgende Fragen: Kann man mit einer Anhebung des Grundwasserstands Düngeeffekte kompensieren? Können mit einem angepassten Wasserregime gefährdete Arten gefördert werden? Wie unterscheiden sich invasive Arten von typischen Moorarten in ihrer Reaktion auf Wasserregime oder Nährstoffzufuhr?

In diesem Forschungsprojekt werden folgende Hypothesen zu den drei angeführten Fragen getestet:

(1) Wieweit erklären Unterschiede in der Nährstoffverfügbarkeit die Artenverteilung im Randbereich von Streuwiesen?

- Die Verteilung einzelner Arten im Feld ist in der Regel von der Standortsproduktivität abhängig (signifikanter monotoner oder unimodaler Zusammenhang).
- Die Abfolge der Arten entlang der im Randbereich von Streuwiesen vorgefundenen Vegetationsgradienten entspricht der Reihenfolge der Optima dieser Arten entlang eines künstlichen Nährstoffgradienten.

(2) Wieweit erklären Unterschiede im Wasserhaushalt die Artenverteilung im Randbereich von Streuwiesen?

- Die Verteilung einzelner Arten im Feld korreliert besser mit dem Grundwasserstand als mit dem Nährstoffgehalt des Bodens.
- Die Abfolge der Arten entlang der Vegetationsgradienten im Randbereich von Streu-

wiesen entspricht der Reihenfolge der Überflutungs- oder Trockenheitstoleranz dieser Arten.

(3) Können Grundwasserstandsmanipulationen eingesetzt werden, um die Ausbreitung hochproduktiver, «invasiver» Pflanzenarten (Hochstauden, Fettwiesengräser und -kräuter) in eutrophierten Streuwiesen zu verhindern? Spielt der Nährstoffgehalt des Wassers dabei eine Rolle?

- Die Vitalität «invasiver» Arten wird durch temporäre Überflutungen stärker als durch tiefe Nährstoffverfügbarkeit beeinträchtigt.
- Typische Moorarten leiden rascher unter Trockenheit als andere Arten der Feuchtwiesen.
- Die Wirkung der Überflutung ist stärker als der Düngeeffekt des Wassers, d. h. Überflutung fördert auch bei hohem Nährstoffgehalt typische Moorarten gegenüber den «invasiven» Arten.

Methoden

Zwanzig häufige Arten («Testarten») in Feuchtgebieten des schweizerischen Mittellands (Tab. 1) werden einerseits an ihrem natürlichen Standort untersucht, andererseits werden ihre spezifischen Eigenschaften bezüglich Wasserstand und Nährstoffhaushalt in Topfexperimenten und in einem Feldexperiment getestet. Die Pflanzen werden aus Samen angezogen und im Alter von 5–8 Wochen verpflanzt. Im ersten Jahr beschränken sich die Untersuchungen auf die oberirdische Biomasse, und die Resultate dienen hauptsächlich dazu, die Testarten in nährstoffliebende und nährstoffmangel-tolerante Arten zu gruppieren, denn grosswüchsige Arten scheinen die Fähigkeit zu haben, auch bei geringer Nährstoffversorgung in kurzer Zeit gleich viel Biomasse zu produzieren wie Magerkeitszeiger (Poorter *et al.* 1995; Ryser

Tab. 1. Die für die Untersuchungen ausgewählten Testarten und ihre ökologische Charakterisierung mit den Zeigerwerten nach Landolt (1977), geordnet nach Stickstoff- (N) und Feuchtezahl (F) (L, Lichtzahl)

Artname	N	F	L
<i>Cirsium oleraceum</i>	4	4	3
<i>Filipendula ulmaria</i>	4	4	3
<i>Carex elata</i>	3	5	4
<i>Lycopus europaeus</i>	3	5	3
<i>Mentha aquatica</i>	3	5	3
<i>Silene Flos-cuculi</i>	3	4	4
<i>Cirsium palustre</i>	3	4	3
<i>Lysimachia vulgaris</i>	3	4	3
<i>Lythrum Salicaria</i>	3	4	3
<i>Valeriana dioeca</i>	3	4	3
<i>Anthoxanthum odoratum</i>	3	3	4
<i>Hypericum perforatum</i>	3	2	3
<i>Ranunculus Flammula</i>	2	5	4
<i>Carex flava</i>	2	4	4
<i>Molinia coerulea</i>	2	4	4
<i>Selinum Carvifolia</i>	2	4	4
<i>Tofieldia calyculata</i>	2	4	4
<i>Centaurea angustifolia</i>	2	3	4
<i>Succisa pratensis</i>	2	3	3
<i>Primula farinosa</i>	1	4	4

& Lambers 1995). Nach der zweiten Wachstumsperiode werden die Pflanzen vollständig geerntet und auch die Wurzeln untersucht.

TOPFEXPERIMENT

Die Jungpflanzen werden einzeln in Töpfe gepflanzt. Aus der faktoriellen Kombination von drei Wasserregimes und drei Nährstoffbehandlungen ergeben sich neun verschiedene Wachstumsbedingungen.

Die Wasserregimes simulieren optimale Verhältnisse sowie Trockenheits- und Nässestress. Die Pflanzen werden leicht gedüngt oder zusätzlich mit Stickstoff oder Phosphat versorgt.

In den Untersuchungseinheiten werden periodisch Lichtmessungen durchgeführt. Anfang September werden die oberirdischen Pflanzenteile abgeerntet. Blattgewicht und Blattfläche werden bestimmt. Danach werden

die Pflanzen nach Arten getrennt und zur Bestimmung der Biomasse und der Nährstoffgehalte getrocknet.

FELDEXPERIMENT

In einem Feuchtgebiet (Nussbaumerseen, Kanton Thurgau, Koordinaten 704°852/470°700) werden auf nährstoffarmem organischem Boden zehn 1 m²-Flächen mit je 20 Individuen der 20 Testarten bepflanzt. Eine Fläche bleibt ungedüngt, die anderen erhalten Nitrat und Phosphat in steigender Intensität. Nach einer Vegetationsperiode werden die Pflanzen oberirdisch abgeerntet und nach Arten und Flächen sortiert getrocknet. Gemessen werden Biomasse und die N- und P-Gehalte.

FELDUNTERSUCHUNGEN

Es werden 20 Vegetationsgradienten vom Rand zum Zentrum verschiedener Streuwiesen untersucht. Dabei wird auf eine Ähnlichkeit bezüglich Relief und Boden geachtet sowie auf das Vorkommen der Testarten. Pro Gradient werden zehn Flächen untersucht; erhoben werden Artenzusammensetzung, löslicher Stickstoff und pflanzenverfügbares Phosphat im Boden, Wasserstufe, oberirdische Biomasse und einfache morphologische Parameter (nach Graf 1996) der Testarten.

LITERATURARBEIT

Die Daten anderer floristischer und standortkundlicher Untersuchungen entlang von Vegetationsgradienten (Brülisauer 1977, 1996; Ruthsatz 1990; Zelesny 1994; Graf 1996; Güsewell 1997) werden in die Auswertung einbezogen.

Ausblick

Das vertiefte Verständnis der ökologischen Eigenschaften verschiedener Arten und ihrer Grenzen durch die Kombination von kontrol-

lierten Experimenten mit Beschreibungen der Situation am Standort verbessert das Verständnis der beobachteten Verbreitungsmuster. Die Ergebnisse dieses Projektes sollen zu einer besseren Prognose der Effekte von Schutzmassnahmen in Feuchtgebieten führen, z. B. Reduzierung der Nährstoffzufuhr oder periodische Überflutungen.

Finanzierung des Projektes

Das Projekt wird vom Schweizerischen Nationalfonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung unterstützt (Nr. 31-47721-96).

Literatur

- Aerts, R., de Caluwe, H. & Konings, H. (1992) Seasonal allocation of biomass and nitrogen in four *Carex* species from mesotrophic and eutrophic fens as affected by nitrogen supply. *Journal of Ecology*, **80**, 653–664.
- Boller-Elmer, K.C. (1977) Stickstoff-Düngungseinflüsse von Intensiv-Grünland auf Streu- und Moorwiesen. *Veröffentlichungen des Geobotanischen Institutes der ETH, Stiftung Rübel, Zürich*, **63**, 1–103.
- Brändle, R., Cizkova, H. & Pokorny, J. (1996) *Adaption Strategies in Wetland Plants*. Opulus Press, Uppsala.
- Brülisauer, A. (1977) *Über nährstoffbedingte Übergänge zwischen Streu- und Futterwiesen*. Semesterarbeit, Geobotanisches Institut, ETH, Zürich.
- Brülisauer, A. (1996) *Zu den Ursachen der Verschilfung von Streuwiesen im Schweizer Mittelland*. Forschungsbericht BUWAL, Zürich.
- Burnand, J. & Züst, S. (1976/78) *Inventar der Feuchtgebiete im Kanton Zürich*. Amt für Raumplanung des Kanton Zürich, Fachstelle Naturschutz, Zürich.
- Egloff, T.B. (1986) Auswirkungen und Beseitigung von Düngungseinflüssen auf Streuwiesen. *Veröffentlichungen des Geobotanischen Institutes der ETH, Stiftung Rübel, Zürich*, **89**, 1–183.
- Ellenberg, H. jun. (1989) Eutrophierung – das gravierendste Problem im Naturschutz? *Norddeutsche Naturschutzakademie-Berichte*, **2**, 1–70.
- Fojt, W. & Harding, M. (1995) Thirty years of change in the vegetation communities of three valley mires in Suffolk, England. *Journal of Applied Ecology*, **32**, 561–577.
- Gough, L., Grace, J.B. & Taylor, K.L. (1994) The relationship between species richness and community biomass: the importance of environmental variables. *Oikos*, **70**, 271–279.
- Graf, U.H. (1996) Zur Indikation von Bodennährstoffen in Streuwiesen. *Veröffentlichungen des Geobotanischen Institutes der ETH, Stiftung Rübel, Zürich*, **127**, 1–148.
- Grootjans, A. & van Diggelen, R. (1995) Assessing the restoration prospects of degraded fens. *Restoration of temperate Wetlands* (eds. B.D. Wheeler, S.C. Shaw, W.J. Fojt & R.A. Robertson), pp. 73–90. John Wiley, Chichester.
- Grootjans, A.P., Schipper, P.C. & van der Windt, H.J. (1986) Influence of drainage on N-Mineralisation and vegetation response in wet meadows. II. *Cirsio-Molinietum* stands. *Acta Oecologica*, **7**, 3–14.
- Güsewell, S. (1997) *Evaluation and management of fen meadows invaded by common reed (Phragmites australis)*. PhD thesis, ETH, Zürich.
- Hess, H.E., Landolt, E. & Hirzel, R. (1991) *Bestimmungsschlüssel zur Flora der Schweiz und angrenzender Gebiete*. Birkhäuser, Basel.
- Kapfer, A. (1987) Untersuchungen zur Renaturierung ehemaliger Streuwiesen im südwestdeutschen Alpenvorland – erste Tendenzen nach 4 Versuchsjahren. *Erfassung und Bewertung anthropogener Vegetationsveränderungen* (eds. R. Schubert & W. Hilbig), pp. 179–215. Martin-Luther-Universität, Halle-Wittenberg.
- Klötzli, F. (1966) Umwandlung von Moor- und Sumpfgesellschaften durch Abwässer im Gebiet des Neeracher Riets. *Berichte des Geobotanischen Institutes der ETH, Stiftung Rübel, Zürich*, **87**, 104–112.
- Klötzli, F. (1969) Die Grundwasserbeziehungen der Streu- und Moorwiesen im nördlichen Schweizer Mittelland. *Beiträge der Geobotanischen Landesaufnahme der Schweiz*, **52**, 1–296.
- Klötzli, F. (1979) Ursachen für Verschwinden und Umwandlung von Molinion-Gesellschaften in der Schweiz. *Werden und Vergehen von Pflanzengesellschaften* (eds. O. Wilmanns & R. Tüxen), pp. 451–467. J. Cramer, Vaduz.
- Klötzli, F. (1986) Tendenzen zur Eutrophierung in Feuchtgebieten. *Veröffentlichungen des Geobo-*

- tanischen Institutes der ETH, Stiftung Rübel, Zürich, 87, 343–361.
- Koerselman, W. & Verhoeven, J.T.A. (1992) Nutrient dynamics in mires of various trophic status: Nutrient inputs and outputs and the internal nutrient cycle. *Fens and Bogs in the Netherlands: Vegetation, History, Nutrient Dynamics and Conservation* (ed. J.T.A. Verhoeven), pp. 397–432. Kluwer, Dordrecht.
- Koerselman, W. & Verhoeven, J.T.A. (1995) Eutrophication of fen ecosystems: external and internal nutrient sources and restoration strategies. *Restoration of Temperate Wetlands* (eds. B.D. Wheeler, S.C. Shaw, W.J. Fojt & R.R. Allan), pp. 91–112. John Wiley, Chichester.
- Konings, H., Koot, E. & Tijman De Wolf, A. (1989) Growth characteristics, nutrient allocation and photosynthesis of *Carex* species from floating fens. *Oecologia*, 80, 111–121.
- Korneck, D. & Sukopp, H. (1988) *Rote Liste der in der BRD ausgestorbenen, verschollenen und gefährdeten Farn- und Blütenpflanzen und ihre Auswertung für den Arten- und Biotopschutz*. Bundesforschungsanstalt für Naturschutz und Landschaftspflege, Bonn-Bad Godesberg.
- Kunzmann, G., Harrach, T. & Vollrath, H. (1985) Artenvielfalt und gefährdete Arten von Grünlandgesellschaften in Abhängigkeit vom Feuchtgrad des Standortes. *Natur und Landschaft*, 60, 490–494.
- Landolt, E. (1977) Ökologische Zeigerwerte zur Schweizer Flora. *Veröffentlichungen des Geobotanischen Institutes der ETH, Stiftung Rübel, Zürich*, 64, 1–208.
- Landolt, E. (1991) *Gefährdung der Farn- und Blütenpflanzen in der Schweiz mit gesamtschweizerischen und regionalen roten Listen*. BUWAL, Bern.
- Léon, R. (1968) *Balance d'eau et d'azote dans les prairies à litière des alentours de Zurich*. PhD thesis, ETH Zürich.
- McJannet, C.L., Keddy, P.A. & Pick, F.R. (1995) Nitrogen and phosphorus tissue concentrations in 41 wetland plants: A comparison across habitats and functional groups. *Functional Ecology*, 9, 231–238.
- Moore, D.R.J. & Keddy, P.A. (1989) The relationship between species richness and standing crop in wetlands: the importance of scale. *Vegetatio*, 79, 99–106.
- Morris, J.T. (1991) Effect of nitrogen loading on wetland ecosystems with particular reference to atmospheric deposition. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 22, 257–280.
- Noest, V. (1994) A hydrology–vegetation interaction model for predicting the occurrence of plant species in dune slacks. *Journal of Environmental Management*, 40, 119–128.
- Olf, H. & Bakker, J.P. (1991) Long-term dynamics of standing crop and species composition after the cessation of fertilizer application to mown grassland. *Journal of Applied Ecology*, 28, 1040–1052.
- Perez Corona, M.E., van Der Klundert, I. & Verhoeven, J.T.A. (1996) Availability of organic and inorganic phosphorus compounds as phosphorus sources for *Carex* species. *New Phytologist*, 133, 225–231.
- Poorter, H., van De Vijver, C.A.D.M., Boot, R.G.A. & Lambers, H. (1995) Growth and carbon economy of a fast-growing and a slow-growing grass species as dependent on nitrate supply. *Plant and Soil*, 171, 217–227.
- Ruthsatz, B. (1990) Vegetationskundlich-ökologische Nachweis- und Voraussagemöglichkeiten für den Erfolg von Extensivierungsmassnahmen in Feuchtgrünlandgebieten. *Angewandte Botanik*, 64, 69–98.
- Ryser, P. & Lambers, H. (1995) Root and leaf attributes accounting for the performance of fast- and slow-growing grasses at different nutrient supply. *Plant and Soil*, 170, 251–265.
- Stamm, C. (1992) *Überprüfung von Verfahren zur Ausscheidung von Pufferzonen gegen Stoffeintrag*. Zentrum für angewandte Ökologie Schattweid, Steinhuserberg.
- Verhoeven, J.T.A. (1992) *Fens and Bogs in The Netherlands: Vegetation, History, Nutrient Dynamics and Conservation*. Kluwer, Dordrecht.
- Vermeer, J.G. (1986) The effect of nutrient addition and lowering of the water table on shoot biomass and species composition of a wet grassland community (*Cirsio-Molinietum*). *Acta Oecologica*, 7, 145–155.
- Vermeer, J.G. & Berendse, F. (1983) The relationship between nutrient availability, shoot biomass and species richness in grassland and wetland communities. *Vegetatio*, 53, 121–126.
- Vitt, D.H. (1994) An overview of factors that influence the development of Canadian peatlands. *Memoirs of the Entomological Society of Canada*, 169, 7–20.

- Walter, H. & Breckle, S.W. (1991) *Ökologie der Erde*. Fischer, Stuttgart.
- Waughman, G.J. (1980) Chemical aspects of the ecology of some south German peatlands. *Journal of Ecology*, **68**, 1025–1046.
- Wheeler, B.D. & Giller, K.E. (1982) Species richness of herbaceous fen vegetation in Broadland, Norfolk, in relation to the quantity of above-ground material. *Journal of Ecology*, **70**, 179–200.
- Wheeler, B.D., Shaw, S.C. & Cook, R.E.D. (1992) Phytometric assessment of the fertility of undrained rich-fen soils. *Journal of Applied Ecology*, **29**, 466–475.
- Wierda, A., Fresco, L.F.M., Grootjans, A.P. & van Diggelen, R. (1997) Numerical assessment of plant species as indicators of the groundwater regime. *Journal of Vegetation Science*, **8**, 707–716.
- Zelesny, H. (1994) Vegetationskundliche und nährstoffökologische Untersuchungen im Übergangsbereich von Mehrschnitt-Wirtschaftsgrünland zu Streuwiese im Württembergischen Alpenvorland. *Dissertationes Botanicae*, **211**, 1–243.

Received 5 May 1998

revised version accepted 11 June 1998

