

Phyton (Horn, Austria)	Vol. 36	Fasc. 1	107-125	12. 8. 1996
------------------------	---------	---------	---------	-------------

Ein Beitrag zur Moortypologie am südlichen Rand des *Sphagnum*-Moorareals in Europa

Von

Renate ALBER *), Luca BRAGAZZA **) & Renato GERDOL **)

Mit 10 Abbildungen

Eingelangt am 30. Oktober 1995

Key words: hydrochemistry, mire typology, mire vegetation, multivariate analyses, peat chemistry, vegetation.

Summary

ALBER R., BRAGAZZA L. & GERDOL R. 1996. A contribution to mire typology at the southern border of the *Sphagnum*-mire area in Europe. – *Phyton* (Horn, Austria) 36 (1): 107–125, with 10 figures. – German with English summary.

The vegetation of a well preserved mire in the southern Alps (South Tyrol) was studied and the results were correlated with data concerning hydrology, hydrochemistry and peat chemistry. The different vegetation types showed different nutrient levels both in the water and in the peat. In the hollows, nutrient concentrations were low in the water and higher in the peat. A reverse trend was observed in hummocks. Different patterns of accumulation and removal of mineral elements were observed along the peat profile: concentrations of N and P increase with depth; concentrations of Na, K, Mg and Mn decrease with depth; Fe and Al accumulate in the zone of water-table fluctuation. Two different areas could be distinguished within the mire, based on surface morphology, hydrochemistry and peat chemistry, viz. a peripheral area moderately rich in nutrients and a central area poor in nutrients. The mire cannot be typified as a true bog although the vegetation in its central area has several traits in common with that of raised bogs in boreal regions. We suggest that the limit between ombrotrophic bogs and poor transitional mires is weaker than commonly admitted, especially at the margin of *Sphagnum*-bog distribution.

*) Dr. Renate ALBER, Biologisches Landeslaboratorium der Provinz Bozen, Unterbergstr. 2, I-39055 Leifers, Italien.

**) Univ.-Prof. Dr. Renato GERDOL, Dr. Luca BRAGAZZA, Dipartimento di Biologia, Sez. di Botanica, Università di Ferrara, Corso Porta Mare 2, I-44100 Ferrara, Italien.

Zusammenfassung

ALBER R., BRAGAZZA L. & GERDOL R. 1996. Ein Beitrag zur Moortypologie am südlichen Rand des *Sphagnum*-Moorareals in Europa. – *Phyton* (Horn, Austria) 36 (1): 107–125, mit 10 Abbildungen. – Deutsch mit englischer Zusammenfassung.

Es wurden die Vegetation, die Hydrochemie und der Torfchemismus eines gut erhaltenen Moores in den Südtiroler Alpen untersucht. Die verschiedenen Vegetationstypen weisen recht unterschiedliche Nährstoffkonzentrationen, sei es im Wasser als auch im Torf auf: in den Schlenken sind die Nährstoffkonzentrationen des Wassers gering und die des Torfes erhöht, die Bulten verhalten sich hingegen entgegengesetzt. Längs der Torfprofile ist eine verschiedenartige Anreicherung bzw. Auswaschung der einzelnen Mineralelemente klar ersichtlich: N und P lagern sich in der Tiefe ab, Na, K, Mg und Mn an der Oberfläche, Fe und Al hingegen im Bereich des Grundwasserspiegels. Aufgrund der hydrochemischen und morphologischen Merkmale konnten im Moor zwei Bereiche unterschieden werden, und zwar eine periphere nährstoffreiche und eine zentrale mineralstoffarme Zone. Das Moor konnte jedoch nicht den Hochmooren zugeordnet werden, wenn auch gewisse Parallelen in bezug auf seine Pflanzendecke im zentralen Bereich gezogen werden können. Es wird vermutet, daß die Unterschiede zwischen anscheinend ombrotrophen Mooren und Übergangsmooren besonders am Rand des *Sphagnum*-Moorareals geringer sind, als bisher angenommen wurde.

Einleitung

Die unter den Moorökologen am meisten verbreitete Typologie unterscheidet zwischen ombrotrophen Hochmooren und minerotrophen Niedermooren (GORE 1983). Diese Klassifizierung wird in einer Reihe von Arbeiten über die Beziehungen zwischen Vegetation, Hydrologie, Hydrochemie und Torfchemismus untermauert. Insbesondere läßt sich ein Anstieg der Nährstoffkonzentrationen im Wasser und Torf von Hochmooren, die ausschließlich von Niederschlägen gespeist werden, bis zu den Niedermooren, die mehr oder weniger vom Mineralbodenwasser beeinflusst werden, erkennen (SJÖRS 1952, GORHAM 1956, WAUGHMAN 1980, GLASER & al. 1981, GORHAM & al. 1985, COMEAU & BELLAMY 1986). Entlang eines solchen Gradienten kann sich der Nährstoffgehalt eines Moores jedoch kontinuierlich ändern, was DU RIETZ 1949 dazu veranlaßt, mehrere Moortypen wie echte Hochmoore (bogs), nährstoffarme Niedermoore (poor fens), mittlere Niedermoore (intermediate fens) und nährstoffreiche Niedermoore (rich fens) zu unterscheiden. Auch der Gebrauch von Zeigerpflanzen (Mineralbodenwasserzeiger, DU RIETZ 1954), um eine Grenze zwischen Hoch- und Niedermooren zu ziehen, hat nicht immer zu eindeutigen Ergebnissen geführt, dies vor allem deshalb, weil gewisse Arten nicht immer nur an eine bestimmte hydrochemische Gegebenheit gebunden sind (GORHAM 1953, ALETSEE 1967, SONESSON 1970, ØKLAND 1990). Vor kurzem haben GORHAM & JANSSENS 1992 sogar erklärt, daß „bogs“ und „poor fens“ mehr gemeinsam haben, als „poor fens“ mit minerotrophen Niedermooren.

Diese Probleme der Moortypologie kommen im gesamten Verbreitungsraum der Moorkörper vor, sind jedoch am südlichen Rand dieses Areals von besonderer Bedeutung, da man dort häufig auf Übergangssituationen trifft. Dies hat PAUL & LUTZ 1941 dazu veranlaßt, den Ausdruck „Zwischenmoore“ zu prägen. Später hat KAULE 1974 für die Moore der süddeutschen Alpen und Voralpen weitere Moortypen eingeführt: neben den Niedermooren und den aufgewölbten symmetrischen ombrotrophen Hochmooren unterscheidet er mehrere Übergangsstadien, wie z. B. asymmetrische Hochmoore, verschiedene Arten von Hangmooren, ombrogene Sattelmoores usw.

Auf der Alpensüdseite wird die Lage noch schwieriger, da dort eindeutig typische Hochmoore fehlen, und die nährstoffarmen Moore hauptsächlich aus Übergangsmooren und Zwischenmooren bestehen (GERDOL 1990, GERDOL unveröffentlicht). In letzter Zeit haben GERDOL & al. 1994 anhand einer quantitativen Ausarbeitung von Vegetations- und hydrochemischen Daten versucht, einige südalpische Moore genauer zu klassifizieren. Es herrscht jedoch noch eine große Unsicherheit über die Wahl der Typisierungskriterien vor, vor allem auch da kaum genauere Angaben über die Hydrotopographie der Standorte existieren (BRAGAZZA 1992).

In dieser Arbeit wird eine Reihe von Daten vorgestellt, die gewöhnlich als grundlegend für eine ökologische Einordnung des Moor-Ökosystems gelten. Neben Daten über Vegetation, Lage des Grundwasserspiegels und Hydrochemie, wird auch die Chemie des Torfes längs Tiefenprofilen berücksichtigt. Wir sind der Meinung, daß diese letzteren Untersuchungen maßgebend für das Studium von Übergangsmooren sind. In diesen trifft man nämlich auf grundlegende Unterschiede zwischen Bulten, die sich wie „Hochmoore im Kleinen“ verhalten (BELLAMY & RIELEY 1967) und Schlenken, die eine höhere Nährstoffzufuhr vom Mineralbodenwasser erhalten (KARLIN & BLISS 1984) und somit eine Typisierung einzelner Teile des Moores ermöglichen.

Diese Arbeit möchte zu einer objektiven Typologie der Vegetationskomplexe und Moorstandorte der südlichen Alpen beisteuern.

Untersuchungsgebiet

Die Untersuchungen erfolgten in einem der besterhaltensten Moorstandorte des südlichen Alpenraumes, dem Wölflmoor. Es befindet sich in Deutschnofen (Provinz Bozen, Italien), in der Örtlichkeit Mauna bei 11°25' O und 46°26' N. Es liegt auf einer Höhe von 1290 m, und erstreckt sich über eine Fläche von ca. 8 ha, die der Oberflächenstruktur eines Sattels entspricht. Der offene zentrale Bereich wird von einem Latschenkiefergürtel umgeben. Außerhalb von diesem befindet sich ein Waldstreifen mit Fichten, Kiefern und Birken, der im Süden von Wiesen, die wahrscheinlich einmal Teil des Feuchtbiotopes waren, umgeben ist (CARMIGNOLA 1986).

Das Moor wurde 1993 als Schutzgebiet ausgewiesen.

Nach Angaben des Hydrographischen Amtes der Autonomen Provinz Bozen beträgt die mittlere jährliche Niederschlagsmenge der letzten fünf Jahre 756,9 mm, wobei der Oktober als der niederschlagsreichste Monat zu verzeichnen ist, die mittlere Jahrestemperatur dieses Zeitraums beträgt hingegen 6,6° C.

Der geologische Untergrund des Wölflmoores wird von der Bozner Quarzporphyryplatte, einem sehr heterogener Vulkanitkomplex, geprägt.

Methoden

Feldarbeit

Im April 1994 wurden im Wölflmoor insgesamt 52 PVC Röhren von 1 m Länge entlang von 4 Transekten versenkt. Diese Röhren erlauben ein Eindringen des umliegenden Wassers, da sie mit feinen Spalten versehen sind.

Im Zeitraum von April bis Oktober wurden zu zwölf Terminen bei jeder Röhre die Tiefe des Grundwasserspiegels gemessen und Wasser abgepumpt, welches dann bis zur Messung kühl gelagert wurde. Bei der ersten und der letzten Probenentnahme wurden auch die Leitfähigkeit und der pH-Wert mit tragbaren Meßgeräten vor Ort gemessen.

Im Juli wurde mit einem quadratischen Rahmen von 25 cm Seitenlänge, der in 25 gleiche Teilquadrate unterteilt war und parallel zum Gradnetz aufgelegt wurde, die Frequenz jeder Pflanzenart um jede der insgesamt 52 Röhren bestimmt.

Die verschiedenen Bryophytenarten wurden im Labor bestimmt. Die Nomenklatur bezieht sich auf FRAHM & FREY 1987 für Moose und auf PIGNATTI 1982 für Gefäßpflanzen.

Im September 1994 wurden dann an verschiedenen Punkten des Moores – entsprechend den wichtigsten Pflanzengemeinschaften, die aufgrund der Datenverarbeitung definiert wurden (siehe unten) – 10 bis 50 cm lange Tiefenprofile des Moorbodens entnommen. Dafür wurde ein scharf geschliffener Stechzylinder mit 6,6 cm Durchmesser verwendet, um möglichst ein Zusammenpressen des Profiles zu vermeiden. Vom Torf wurden alle lebenden Pflanzenteile entfernt und anschließend wurden die Profilsäulen in 10 cm lange Teilprofile unterteilt, in Plastiksäckchen transportiert und im Labor kühl gelagert.

Laborarbeit

Die im Moor gesammelten Wasserproben wurden im Labor innerhalb von 24 Stunden auf pH-Wert und reduzierte Leitfähigkeit untersucht und anschließend wurden jeweils 38 Proben durch Borosilikatfilter mit Hilfe einer Vakuumpumpe filtriert.

Von diesen Filtraten wurden die Konzentrationen von Na^+ , K^+ , Ca^{2+} und Mg^{2+} am Atomabsorptionsspektrometer gemessen. Den einzelnen Proben wurde eine saure La-Oxyd-Lösung als Ionisierungspuffer beigegeben.

Mit Hilfe der HPLC wurden von 27 Proben die Konzentrationen von Cl^- , NO_3^- und SO_4^{2-} gemessen, zuvor wurden diese durch Nitrocellulosefilter und durch Kartuschen, die organische Substanzen zurückhalten, filtriert.

Die Torfproben wurden 1 Monat lang luftgetrocknet und anschließend gewogen. Die einzelnen Proben wurden mit einer Mühle gemahlen und in PET Flaschen aufbewahrt.

Um den Restwassergehalt zu bestimmen, wurden jeweils 1 g der Torfprobe bei 105° C über Nacht getrocknet. Dieselben Teilproben wurden anschließend zur Bestimmung des Aschegehaltes im Muffelofen bei 550° C für 5 Stunden verascht.

Der Gesamtstickstoff wurde von jeweils 0,5 g luftgetrocknetem Material mit der Kjeldahl-Methode gemessen und auf das Trockengewicht umgerechnet.

0,5 g des Torfes wurden in einem Mikrowellengerät unter Zusatz von 10 ml konz. HNO₃ aufgeschlossen. Die Aufschlüsse konnten nach geeigneter Verdünnung auf den Gehalt an Na, K, Ca, Mg, Fe, Mn und Al mit dem Atomabsorptionsspektrometer analysiert werden. Weiters wurde der Gehalt an P photometrisch nach der Phosphomolybdatmethode (KEDROWSKI 1983) bestimmt.

Statistische Auswertung

Anhand der Artenfrequenzen wurde eine Matrix von 68 Arten × 52 Probenstellen erstellt. Nach Ausschluß der Arten, deren Frequenz weniger als 5% beträgt, wurde die Klassifikationsmethode „Summe der Quadrate“ (ORLOCI 1978) aufgrund des Distanzindexes „chord distance“ angewandt.

Außerdem wurde eine multivariate Analyse vorgenommen, um die abiotischen Variablen des Grundwassers (pH, Lage des Grundwasserspiegels, Leitfähigkeit sowie die Konzentrationen von Na⁺, K⁺, Ca²⁺ und Mg²⁺) in Zusammenhang mit den biotischen Variablen der Probenpunkte (Frequenz der Pflanzenarten) zu bringen, und zwar wurden die beiden Datensets einer „detrended canonical correspondence analysis“ unterzogen.

Ergebnisse

Vegetationstypologie

Die numerische Klassifikation der floristischen Daten hat zur Anordnung von sechs Hauptgruppen geführt (Abb. 1), die floristisch unterschiedlichen Vegetationstypen entsprechen (Tab. 1). Die wichtigsten Merkmale dieser Typen werden nun kurz erläutert:

1. Teppiche von *Sphagnum papillosum*. Sie weisen außer dieser Leitart hohe Frequenzen an anderen Bryophyten, wie z.B. *Cladopodiella fluitans* und *Sphagnum magellanicum* auf. Das Vorkommen von höheren Pflanzen ist im Vergleich hingegen eher gering.

2. Offene Schlenken von *Rhynchospora alba*. Sie haben mit dem vorhergehenden Typ gemeinsam, daß sie an feuchteren Standorten vorkommen und unter den wenigen Gefäßpflanzenarten *Eriophorum vaginatum*, *Andromeda polifolia* und *Scheuchzeria palustris* mit mittleren Frequenzen aufweisen, während *Sphagnum papillosum* auch hier eher häufig ist. Unterscheidungsmerkmal dieses Typs ist jedoch das Vorhandensein von *Rhynchospora alba*.

Tabelle 1

Übersicht über die Vegetationstypen des Wölflmoores

SP = Teppiche von *Sphagnum papillosum*, RA = Offene Schlenken von *Rhynchospora alba*, NM = Rasen mit Niedermoorcharakter, SM = Bulten von *Sphagnum magellanicum*, SF = Bulten von *Sphagnum fuscum*, MR = Moorrand.
a = die Anzahl der Aufnahmen, in denen die Art vorkommt. Es werden die mittleren Deckungsfrequenzen in % für jene Arten angegeben, die eine Häufigkeit über 5% aufweisen; die Werte der Charakterarten sind in kursiv gedruckt.

Vegetationstypen	SP	RA	NM	SM	SF	MR
Zahl der Aufnahmen	6	5	9	14	14	4
Gefäßpflanzen						
<i>Vaccinium microcarpum</i> (a = 35)	8		32	60	71	
<i>Eriophorum vaginatum</i> (a = 32)	31	17	46	30	60	
<i>Calluna vulgaris</i> (a = 29)				88	73	30
<i>Pinus mugo</i> (a = 15)				14	18	
<i>Drosera rotundifolia</i> (a = 13)	5	26	12	0,3		
<i>Vaccinium vitis-idaea</i> (a = 12)			2	16	13	70
<i>Andromeda polifolia</i> (a = 11)	36	22	4	2	3	
<i>Molinia coerulea</i> (a = 9)			46	13		
<i>Vaccinium uliginosum</i> (a = 8)				26	3	
<i>Vaccinium myrtillus</i> (a = 8)				9	3	41
<i>Carex lasiocarpa</i> (a = 7)			21	9	0,3	
<i>Betula pubescens</i> (a = 7)			11	5	7	74
<i>Rhynchospora alba</i> (a = 7)		92	5			
<i>Trichophorum caespitosum</i> (a = 6)	4		12	5	13	
<i>Pinus sylvestris</i> (a = 5)			4	0,6	7	30
<i>Scheuchzeria palustris</i> (a = 5)	12	16				
<i>Carex pauciflora</i> (a = 4)	1		3	1		
Bryophyten						
<i>Sphagnum magellanicum</i> (a = 25)	39	4	20	26	24	
<i>Sphagnum nemoreum</i> (a = 21)			26	32	44	6
<i>Sphagnum fuscum</i> (a = 14)					65	
<i>Sphagnum papillosum</i> (a = 14)	92	56	5			
<i>Sphagnum russowii</i> (a = 12)	3			17	28	
<i>Sphagnum rubellum</i> (a = 11)	4	27	39	7	17	
<i>Sphagnum fallax</i> (a = 10)			8	29	15	
<i>Cladopodiella fluitans</i> (a = 7)	47	37				
<i>Sphagnum subsecundum</i> (a = 3)			27			

3. Moorränd. Er besitzt hingegen ein gänzlich anderes Spektrum an Arten: es sind kaum Moose vorhanden, in der Strauchschicht sind verschiedene *Vaccinium*-Arten vertreten und überdies besteht eine Baumschicht von *Betula pubescens* und *Pinus sylvestris*.

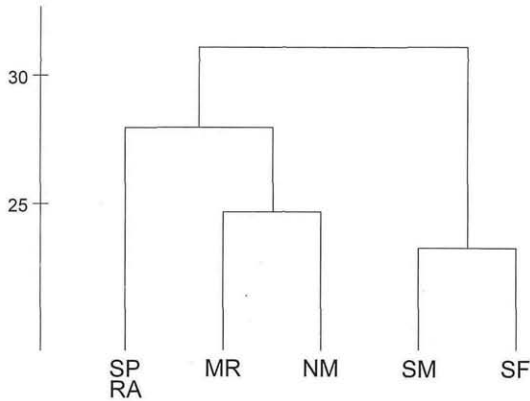


Abb. 1. Dendrogramm der numerischen Klassifikation der Vegetationstypen (Abkürzungen wie in Tabelle 1).

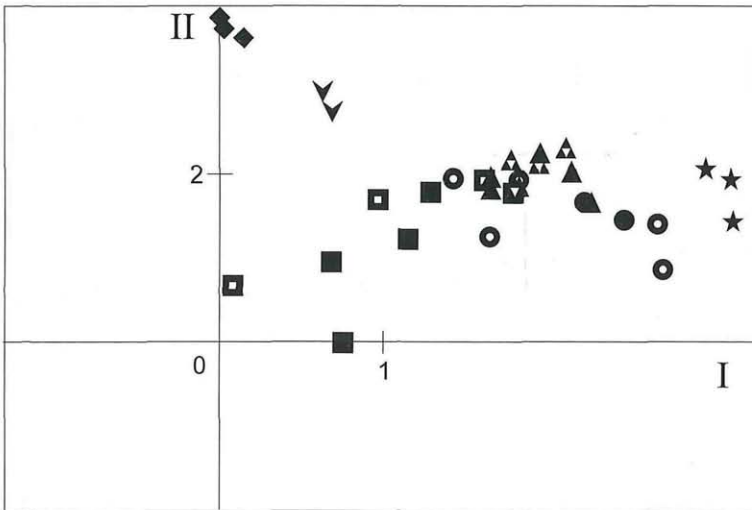


Abb. 2. Anordnung der Probenpunkte nach der DCCA Hauptkomponentenanalyse.

- ▼ *Sphagnum papillosum*-Teppiche (SP)
- ◆ *Rhynchospora alba*-Schlenken (RA)
- ★ Moorrand (MR)
- Niedermoorrasen (NM), *Molinia coerulea* dominierend
- Niedermoorrasen (NM), *Carex lasiocarpa* dominierend
- *Sphagnum magellanicum*-Bulten (SM), mit *Pinus mugo*
- *Sphagnum magellanicum*-Bulten (SM), ohne *Pinus mugo*
- ▲ *Sphagnum fuscum*-Bulten (SF), mit *Pinus mugo*
- ▲ *Sphagnum fuscum*-Bulten (SF), ohne *Pinus mugo*
- Punkte in Abb. 3–9, die nicht in die Typologie aufgenommen wurden

4. Rasen mit Niedermoorcharakter. Sie weisen zwei Leitarten auf, die eine Unterteilung dieses Vegetationstyps ermöglichen: *Molinia coerulea* und *Carex lasiocarpa*. Die beiden Untergruppen haben jedoch den Großteil der anderen Arten gemeinsam, weshalb sie nur in den folgenden Auswertungen (Abb. 2–9) unterschieden wurden.

5.–6. Bulten von *Sphagnum magellanicum* und Bulten von *Sphagnum fuscum*. Beide können abermals in Bulten mit bzw. ohne *Pinus mugo* unterschieden werden (Abb. 2–9). Die übrigen Arten haben beide Typen mehr oder weniger gemeinsam, auch wenn deren mittlere Frequenz manchmal unterschiedlich ist.

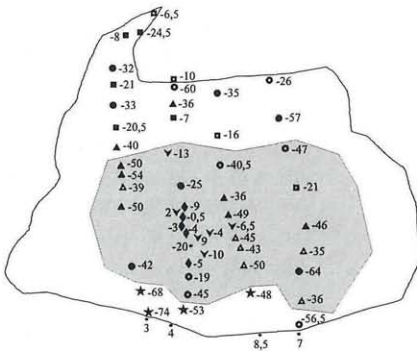


Abb. 3. Median der Grundwassertiefen (in cm) der Probenstellen im Wölflmoor (Symbole wie in Abb. 2).

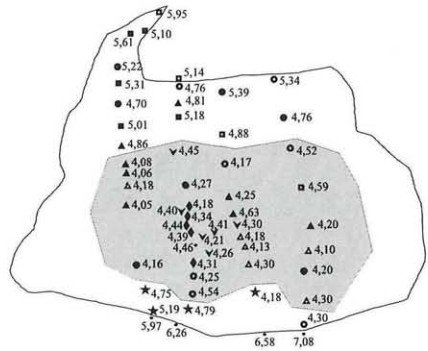


Abb. 4. Mittlere pH-Werte der Probenstelle im Wölflmoor (Symbole wie in Abb. 2).

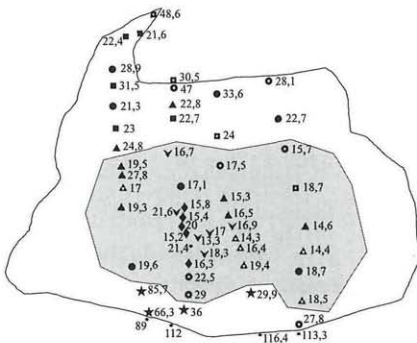


Abb. 5. Mittlere Leitfähigkeit (µS/cm) der Probenstelle im Wölflmoor (Symbole wie in Abb. 2).

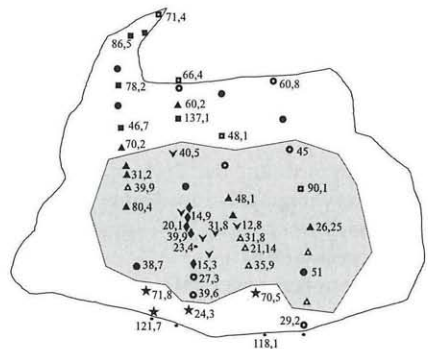


Abb. 6. Mittlere Na⁺-Konzentrationen (µeq/l) der Probenstelle im Wölflmoor (Symbole wie in Abb. 2).

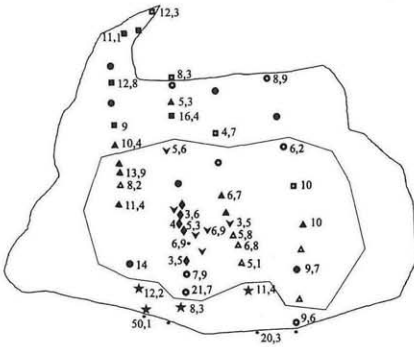


Abb. 7. Mittlere K^+ -Konzentrationen ($\mu\text{eq/l}$) der Probenstelle im Wölflmoor (Symbole wie in Abb. 2).

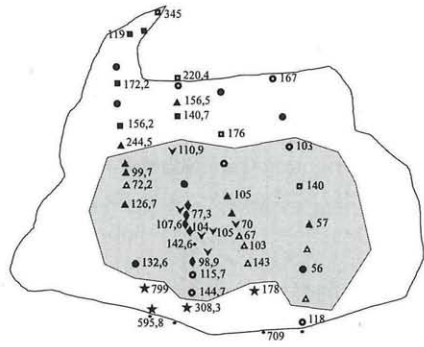


Abb. 8. Mittlere Ca^{2+} -Konzentrationen ($\mu\text{eq/l}$) der Probenstelle im Wölflmoor (Symbole wie in Abb. 2).

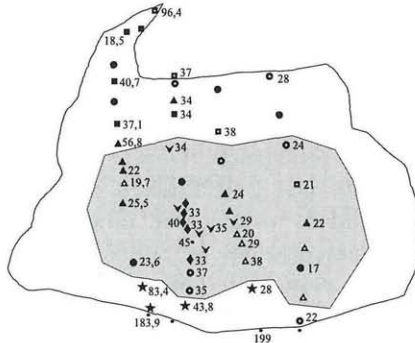


Abb. 9. Mittlere Mg^{2+} -Konzentrationen ($\mu\text{eq/l}$) der Probenstelle im Wölflmoor (Symbole wie in Abb. 2).

Hydrochemische Eigenschaften der Vegetationstypen

Aus Abb. 2 ist klar ersichtlich, daß sich die einzelnen Vegetationstypen in verschiedenen Positionen längs der ersten zwei kanonischen Achsen gruppieren. Die Aufnahmen scheinen sich vor allem längs der I Achse gut zu verteilen. Diese Achse besitzt einen hohen negativen Korrelationskoeffizienten mit der Lage des Grundwasserspiegels (Tab. 2). Die II Achse ist hingegen sowohl von der Konzentration der Kaliumionen als auch vom pH-Wert beeinflusst. Auch die Natriumkonzentrationen spielen hier eine gewisse Rolle. Aufgrund der multivariaten Analyse kann man die einzelnen Vegetationstypen nach ökologischen Faktoren unterscheiden: die Schlenken mit *Rhynchospora alba* bevorzugen Zonen mit einer geringen Lage des Grundwasserspiegels, was sie sehr vom Moorrand unterscheidet, der am

anderen Extrem der I Achse zu finden ist. Auch in bezug auf Kalium- und Natriumgehalt, den pH-Wert, sowie in geringerem Maße den Kalziumgehalt weisen die Schlenken recht extreme Bedingungen auf: die Nährstoffe sind gering und der pH-Wert niedrig, während die Niedermoorrasen hohe K und Na Konzentrationen und hohe pH-Werte besitzen. Der Moorrand zeigt hingegen die höchsten Calcium- und Leitfähigkeits-Werte. Die Bulten nehmen in bezug auf die meisten Variablen eine mittlere Stellung ein.

Tabelle 2

Korrelationskoeffizienten zwischen den Variablen des Grundwassers und den ersten zwei DCCA-Achsen

	Achse I	Achse II
pH	-0,264	-0,535
Leitfähigkeit ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	0,313	-0,282
Grundwassertiefe (cm)	-0,884	0,238
Na^+ ($\mu\text{eq}/\text{l}$)	-0,117	-0,474
K^+ ($\mu\text{eq}/\text{l}$)	0,299	-0,616
Ca^{2+} ($\mu\text{eq}/\text{l}$)	0,246	-0,152
Mg^{2+} ($\mu\text{eq}/\text{l}$)	-0,127	0,023

Die *Sphagnum fuscum*-Bulten weisen im Wölflmoor die niedersten pH-Werte auf, während die höchsten Werte in den Niedermoorrasen zu verzeichnen sind (Tab. 3). Die Leitfähigkeit ist in den Schlenken von *Rhynchospora alba* besonders niedrig und hingegen am Moorrand hoch. Dort liegt der Grundwasserspiegel am tiefsten, im Gegensatz zu den Teppichen von *Sphagnum papillosum*, die teilweise überflutet sind. Diese letzteren weisen zusammen mit den *Rhynchospora alba*-Schlenken die niedrigsten Konzentrationen an fast allen Elementen auf. Eine Ausnahme bildet hier das Mg, das keine großen Unterschiede zwischen den einzelnen Vegetationstypen zeigt. Die Na- und Ca-Ionen sind in den Randzonen (NM und MR) stark vertreten, während K in den Bulten vorherrscht.

Tabelle 3

Mittelwerte und Standardabweichungen der einzelnen hydrochemischen Variablen der verschiedenen Vegetationstypen

	SP	RA	NM	SM	SF	MR
pH	4,34 $\pm$ 0,09	4,33 $\pm$ 0,09	5,20 $\pm$ 0,38	4,58 $\pm$ 0,40	4,29 $\pm$ 0,26	4,73 $\pm$ 0,36
Leitfähigkeit ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	17 $\pm$ 2	16 $\pm$ 2	27 $\pm$ 9	25 $\pm$ 8	19 $\pm$ 4	54 $\pm$ 23
Grundwassertiefe (cm)	-4 $\pm$ 7	-4 $\pm$ 3	-15 $\pm$ 7	-42 $\pm$ 14	-43 $\pm$ 6	-59 $\pm$ 10
Na^+ ($\mu\text{eq}/\text{l}$)	32,3 $\pm$ 13,9	21,8 $\pm$ 5,5	69,4 $\pm$ 10,2	50,8 $\pm$ 29,1	39,0 $\pm$ 14,6	53,7 $\pm$ 21,0
K^+ ($\mu\text{eq}/\text{l}$)	6,8 $\pm$ 3,0	5,6 $\pm$ 1,2	12,1 $\pm$ 2,5	19,6 $\pm$ 18,1	14,8 $\pm$ 7,5	10,0 $\pm$ 1,0
Ca^{2+} ($\mu\text{eq}/\text{l}$)	90,2 $\pm$ 17,9	91,5 $\pm$ 9,7	174,0 $\pm$ 52,3	160,6 $\pm$ 57,9	126,6 $\pm$ 47,9	448,3 $\pm$ 240,9
Mg^{2+} ($\mu\text{eq}/\text{l}$)	32,0 $\pm$ 4,5	33,9 $\pm$ 3,4	41,9 $\pm$ 17,4	33,7 $\pm$ 10,9	31,0 $\pm$ 8,3	54,5 $\pm$ 19,3

In Tab. 4 werden nochmals die Abhängigkeit der einzelnen Variablen voneinander durch Korrelationskoeffizienten verdeutlicht. Es ist auffallend, welch gute Korrelation zwischen den Ca-Werten und der Leitfähigkeit bzw. den Mg-Konzentrationen besteht.

Tabelle 4

Korrelationskoeffizienten zwischen den abiotischen Variablen, die in der DCCA Hauptkomponentenanalyse verwendet wurden.

GWTM bedeutet Median der Grundwassertiefe; * bedeutet $P < 0,05$; ** bedeutet $P < 0,01$

pH						
Leitfähigkeit	0,43*					
GWTM	0,45*	—0,17				
Na ⁺	0,51**	0,27	0,14			
K ⁺	0,19	0,36*	—0,25	0,51**		
Ca ²⁺	0,40*	0,94**	—0,13	0,29	0,21	
Mg ²⁺	0,45*	0,70**	0,17	0,15	0,51**	0,79**
	pH	Leitf.	GWTM	Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺⁺

Kartographische Darstellung des Wölfmoores

Um die räumliche Verteilung der Vegetationstypen und ihre hydrochemischen Eigenschaften besser zu veranschaulichen, wurden 7 Karten des Wölfmoores für je eine Variable (Abb. 3 bis 9) erstellt. Die graue Zone soll den zentralen Bereich verdeutlichen.

Die Schlenken von *Rhynchospora alba* und die Teppiche von *Sphagnum papillosum* kommen ausschließlich im zentralen Bereich vor, während die Niedermoorrasen (mit einer Ausnahme) und der Moorrand in der Peripherie des Moores vorkommen. Die Bulten von *Sphagnum fuscum* und *Sphagnum magellanicum* mit und ohne *Pinus mugo* verteilen sich zwischen diesen beiden Zonen.

Die Lage des Grundwasserspiegels zeigt hingegen nicht diesen klaren Unterschied zwischen zentralem und Randbereich. Die wenigen positiven Werte (Überflutung!) findet man jedoch in den *Rhynchospora alba*-Schlenken. Auf den Bulten ist der Abstand zum Grundwasser natürlich ziemlich groß, dasselbe gilt auch für den Moorrand mit Baumbewuchs (Abb. 3).

Die mittleren pH-Werte der Aufnahmepunkte im Wölfmoor variieren zwischen 4,06 und 5,95; die pH-Werte des Entwässerungsgrabens außerhalb des Moores sind noch höher (Abb. 4). Der pH des zentralen Bereiches ist deutlich niedriger als der des Randbereiches, die niedrigsten Werte findet man in einigen *Sphagnum fuscum* Bulten im Latschenkiefergürtel.

Die mittlere Leitfähigkeit ist im zentralen Bereich deutlich schwächer als in den Randzonen. Dabei sind die Werte des inneren Bereiches ähnlich,

trotz der verschiedenen Vegetationstypen. Der Entwässerungsgraben, der Moorrand sowie die niedermoorähnlichen Rasen zeigen hingegen recht hohe Leitfähigkeitswerte (Abb. 5).

Auch in Hinsicht auf die Na-Konzentrationen lassen sich Unterschiede zwischen Zentrum und Peripherie des Moores erkennen, wenn auch einige Probenpunkte Ausnahmen bilden. Die Werte sind ähnlich hoch für die Niedermoorrasen und den Moorrand, sowie nieder in den Teppichen und Schlenken (Abb. 6).

Die Kaliumwerte variieren stark zwischen den einzelnen Punkten, es läßt sich kaum eine einheitliche Tendenz erkennen, bis auf die extrem niederen Werte an den offenen Stellen (Abb. 7).

Die Ca und Mg-Konzentrationen (Abb. 8, 9) verhalten sich ähnlich, da sie im zentralen Bereich geringer als im Randbereich ausfallen. Dies bezeugen in einem gewissen Sinn auch die hohen Korrelationskoeffizienten in Tab. 4. Auffallend sind die hohen Ca-Werte in den Aufnahmepunkten des Moorrandes, obwohl diese relativ niedere pH-Werte aufweisen.

Torfchemismus

Der Torfchemismus weist hohe Variationen, sei es zwischen den einzelnen Vegetationstypen, sei es zwischen Moorrand und -zentrum, auf. Weiters variieren die einzelnen Torfprofile recht stark (Abb. 10).

Die Torfdichte ist signifikant mit dem Aschegehalt korreliert ($r = 0,53$; $P < 0,01$, Freiheitsgr. 24) und kann deshalb als ein guter Zeigerwert für den Zersetzungsgrad des Torfes herangezogen werden. Die Torfdichte ist in Vegetationstypen, in denen Sphagnen vorherrschen (SP, SF, SM) geringer. In diesen Vegetationstypen nimmt die Dichte gegen die Tiefe hin stark zu (Abb. 10). In RA und NM sind die Werte hingegen höher, die Zunahme gegen die Tiefe hin ist jedoch geringer. Im Moorrand weist der Torf eine hohe Dichte auf, ohne einen Gradienten gegen die Tiefe hin, was durch das geringe Vorhandensein der Moose in diesem Vegetationstypen zu erklären ist (Tab. 1).

Die pH-Werte sind in SP, SM und SF, sowie auch in MR (jedoch ohne eine auffallende Änderung längs des Tiefenprofils) sehr niedrig. Die Vegetationstypen RA und NM weisen höhere pH-Werte auf, die gegen die Tiefe hin langsam ansteigen (Abb. 10).

Die Mineralstoffe hauptsächlich abiotischen Ursprungs sind normalerweise im Torf des äußeren Bereiches in höheren Konzentrationen vorzufinden, als im zentralen Bereich. Ca, Mg, Fe und zum Teil auch Al weisen deutlich höhere Konzentrationen in NM und MR, die nur in den Randzonen vorkommen, als in SP und RA, die bezeichnenderweise im Zentrum liegen, auf. Jedoch auch in den Bulten SM und SF, die sei es im Randbereich als auch im zentralen Bereich vorkommen, reichert sich der Torf der peripheren Bulten vermehrt mit diesen Elementen an (Abb. 10).

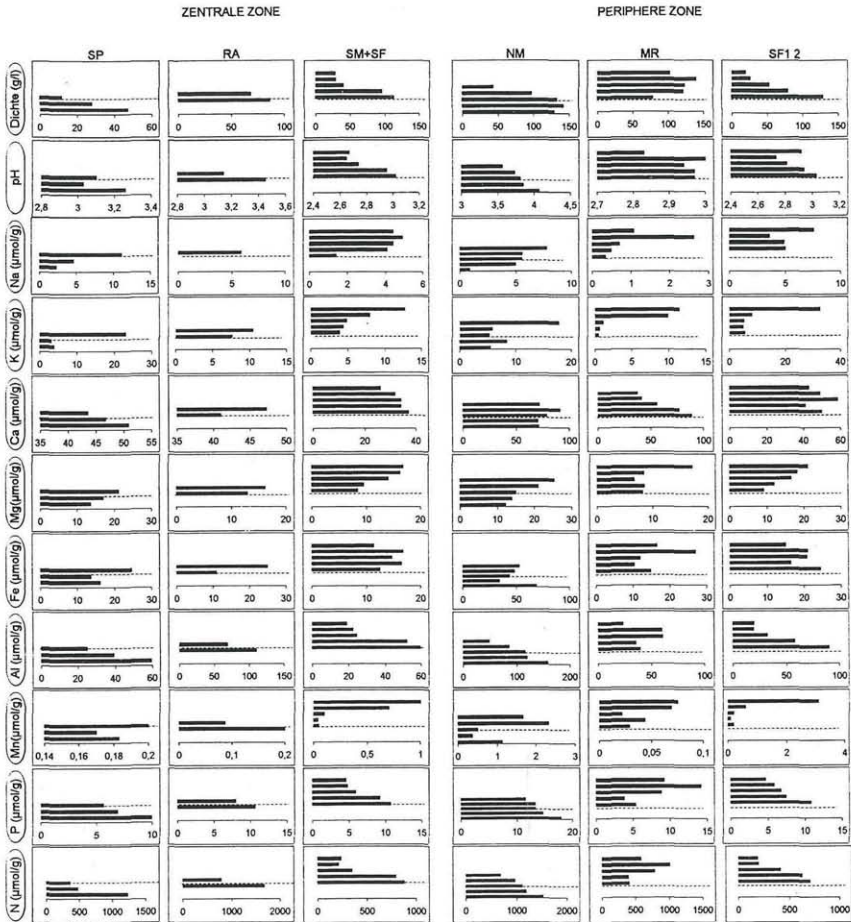


Abb. 10. Chemische Zusammensetzung des Torfes aus verschiedenen Tiefen jedes Vegetationstyps. Jeder Balken entspricht 10 cm Profiltiefe. Die Meßwerte der verschiedenen chemischen Variablen sind auf der Abszisse aufgetragen. Die punktierte Linie entspricht der Lage des mittleren Grundwasserspiegels. Abkürzungen für die Vegetationstypen siehe Abb. 2.

Eine Ausnahme stellt das Na dar, das vor allem im stark zersetzten Torf des MR nur in geringem Maße vorkommt (Abb. 10).

Das Mn weist einen eigenartigen Verlauf auf, da seine Konzentrationen weitgehend unabhängig von der peripheren bzw. zentralen Lage sind und nur in Zusammenhang mit dem Vegetationstypen liegen (die höchsten Werte kommen in den Bulten SF und SM, sei es des zentralen Bereiches als auch der Randzone, vor; Abb. 10).

Die Lage ändert sich hingegen gänzlich für die Elemente biotischer Natur, die in der Pflanzenökologie als „Nährstoffe“ bezeichnet werden: N, P und K.

Das K ist vor allem in den oberflächennahen Profilen des *Sphagnum*-Torfes angereichert (SP, SM und SF), während es ein wenig geringere Konzentrationen in den offenen Schlenken von *Rhynchospora alba*, in NM und MR aufweist (Abb. 10). P und N sind hingegen in den vertieften Zonen (SP, RA, NM) in höheren Konzentrationen aufzufinden, als in den *Sphagnum*-Bulten und im bewaldeten Randgürtel (MR). Für keines der drei Elemente sind jedoch Variationen zwischen der zentralen Fläche und der Peripherie klar ersichtlich (Abb. 10).

Wie schon angedeutet, weisen die Konzentrationen der einzelnen Elemente verschiedene charakteristische Anreicherungen längs der Tiefenprofile auf (Abb. 10).

Na, K und Mn und in geringerem Maße Mg haben die höchsten Werte an der Oberfläche und nehmen dann mehr oder weniger gegen die Tiefe hin ab, im Gegensatz zum Verlauf der Torfdichte (Abb. 10). Dies weist auf eine Verlagerung gegen die Oberfläche hin, durch Aufnahme dieser Ionen durch die lebenden Moose.

N und P folgen genau dem Verlauf der Torfdichte, normalerweise mit einer Zunahme gegen die Tiefe, aber in MR mit Höchstwerten in mittleren Lagen wie sie auch die Torfdichte aufweist (Abb. 10). Dies beweist deutlich die Unbeweglichkeit dieser Elemente.

Das Ca hat ziemlich konstante Werte längs des vertikalen Profils (Abb. 10), was auf eine gewisse Auswaschung hindeutet, wenn auch in geringerem Ausmaß als bei anderen Elementen.

Fe und Al, letztendlich, reichern sich in allen Profilen auf der mittleren Höhe des Grundwasserspiegels an (Abb. 10).

Diskussion

Das Wölflmoor weist deutliche Unterschiede zwischen den zentralen und den peripheren Bereichen auf. Diese lassen sich hinsichtlich der Vegetation, der Hydrochemie und des Torfchemismus beobachten.

Die Vegetation des zentralen Bereiches besteht aus einem Mosaik von Bulten von SF und SM, Teppichen von SP und Schlenken von RA. Diese Fläche ist normalerweise feuchter und deshalb fehlt beinahe jeglicher Gehölzbewuchs, wenn man von vereinzelt Legföhren auf den höheren Bulten absieht. Der äußere Gürtel hingegen ist von charakteristischen Flachmoor-Teppichen bedeckt; in ihnen befinden sich jedoch auch zahlreiche Bulten, die denen des zentralen Bereiches ähneln. An der Peripherie des Moores liegt überdies ein recht dichter Waldgürtel. Das Wasser ist normalerweise im Zentrum saurer (die pH Werte liegen knapp

über 4) als am Moorrand (pH manchmal über 5). Auch der Torf weist im zentralen Bereich geringere Mineralelement-Konzentrationen auf.

Über diese grobe Differenzierung hinaus bestehen auch wichtige Unterschiede innerhalb dieser beiden Zonen, die vor allem auf die Mikrotopographie zurückzuführen sind, diese wiederum hängt eng mit den Unterschieden der Pflanzendecke zusammen. Diese Unterschiede sind auch in bezug auf die Hydrochemie klar ersichtlich, worauf nun näher eingegangen werden soll.

Im zentralen Bereich weisen die Bulten und die Schlenken oft ein gegensätzliches Verhalten auf, was die Konzentration der Ionen im Wasser einerseits und der entsprechenden Elemente im Torf andererseits betrifft. Alle Ionen sind im Wasser von RA und SP von deutlich geringerer Konzentration als in SF und SM, während der Großteil der Elemente im Torf der Schlenken höhere Konzentrationen als in dem der Bulte aufzeigt. Dieser letztere Aspekt ist in der Literatur gut bekannt und wird damit erklärt, daß Auswaschungen der Mineralkomponenten aus den Bulten längs der üblichen Flußlinien eine Ansammlung derselben in Schlenken bewirken kann (MALMER & SJÖRS 1955, DAMMAN 1978, DAMMAN & DOWHAN 1981). Während dieses Auswaschungsprozesses werden die Elemente im Torf – hauptsächlich durch eine Adsorption an den Stellen, an denen ein Ionenaustausch stattfindet – in den Schlenken schneller gebunden als in den Bulten, was wiederum eine Senkung der Ionenkonzentrationen im Wasser der ersteren verursacht.

In der Randzone weisen die ca. doppelt so hohen Ionenkonzentrationen im Wasser eindeutig auf eine Zufuhr von Mineralbodenwasser hin (SJÖRS 1948, WITTING 1949, SJÖRS 1952). Dies bewirkt eine Steigerung der pH-Werte um ca. 1 pH-Einheit im Vergleich zum Zentrum und gleichzeitig eine Anreicherung des entsprechenden Torfes mit den verschiedenen Elementen.

In den verschiedenen Torftypen sind oft große Unterschiede in den Konzentrationen der Mineralelemente der einzelnen Schichten ersichtlich, die vor allem auf verschiedenen Graden an Anreicherung und Auswaschung zurückzuführen sind (MALMER & SJÖRS 1955, SONESSON 1970, DAMMAN 1978, CLYMO 1983, NICHOLSON 1989).

Alle Torfe, die hauptsächlich aus *Sphagnum*-Resten bestehen (SP, SM, SF und zum Teil NM) weisen drei verschiedene Konzentrationsgradienten längs des Profiles auf, die genau mit dem Schema, das im Hauptwerk von DAMMAN 1978 erklärt wird, übereinstimmen:

Na, K, Mg und Mn werden stark gegen die Oberfläche hin mobilisiert, da sie im Stoffwechsel der Sphagnen gebraucht werden und sich leicht im Torf verlagern können (MALMER 1988). Ca kommt in ziemlich konstanten Konzentrationen vor, da es kaum verlagert wird und selten durch den Stoffwechsel der Pflanzen aufgenommen wird (MALMER & SJÖRS 1955). Fe

und Al weisen ein Maximum auf der Höhe des Grundwasserspiegels auf. Der Torf der Schlenken (RA und SP), der größtenteils zersetzt ist, weist normalerweise höhere Gehalte an allen Mineralelementen auf. Dies ist damit zu erklären, daß die jeweiligen Torfschichten einer längeren Anreicherungszeit entsprechen. Oft führt das dazu, daß die typischen Konzentrationsgradienten längs eines Profils von kaum zersetzten Torf nicht mehr klar erkennbar sind.

Schließlich fällt auf, daß der zentrale und der periphere Torf denselben Gehalt an Makronutrienten (Stickstoff und Phosphor) besitzen. Beide reichern sich mit steigender Profiltiefe an, was – vor allem für Stickstoff – auf eine außerordentliche Immobilität hinweist (DAMMAN 1988).

Es soll nun näher auf die Interpretation der Ergebnisse in Hinblick auf die Typologie der Standorte und des Problems der Auswirkung der ökologischen Faktoren auf die Pflanzenarten eingegangen werden. Die multivariate Analyse der Vegetationsdaten zeigt deutlich, daß der hydrologische Faktor am meisten Einfluß auf die Vegetation ausübt (WELLS 1981). Außerdem ist jedoch auch ein gewisser trophischer Faktor von Bedeutung, wenn er auch nicht eindeutig mit einer chemischen Variablen identifiziert werden kann. Wenn auch der zentralen und der periphere Bereich gut differenziert werden können, wie schon zuvor ausgehend besprochen, genügt dies nicht, um dieses südalpine Moor in der Moortypologie der nördlich temperierten und der borealen Zonen einzuordnen. Der zentrale Bereich weist, obgleich er in vielen Merkmalen dem Zentrum eines Hochmoores ähnelt, nicht die typische konvexe Form über dem Mineralbodengrund auf, die die ombrotrophen Verhältnisse der klassischen Hochmoore in reinem hydrotopographischen Sinn ermöglichen würde. Der Torf der Bulten des Zentrums besitzt eine Gesamtkonzentration an Kationen ($\Sigma_{\text{Kationen}} = 100\text{--}150 \mu\text{mol/g}$), die im Bereich der typischen ombrotrophen Torfe liegt (CLYMO 1983), wenn auch das Verhältnis $\text{Ca} : \text{Mg}$, das in vielen anderen Fällen von Hochmooren nahe eins liegt (CHAPMAN 1964, SONESSON 1970, WAUGHMAN 1980, NICHOLSON 1989), hier erhöhte Werte aufzeigt, wie auch in anderen Standorten der südlichen Alpen (GERDOL 1990). Außerdem liegt auch der pH-Wert des Wassers höher als in anderen Hochmooren, wo der pH-Wert des öfteren den Wert vier unterschreitet (COMEAU & BELLAMY 1986). Der äußere Bereich kann sicherlich als ein Übergangsmoor mit Kontakt zum Grundwasser bezeichnet werden.

Im Gesamten gesehen besteht ein deutlicher Unterschied zwischen dem Zentrum und der Peripherie in bezug auf die Artenzusammensetzung. Der zentrale Bereich entspricht in seiner floristischen Zusammensetzung eindeutig der eines mitteleuropäischen Moores ohne jegliche Mineralbodenwasserzeigerart (DU RIETZ 1954). Der äußere Bereich weist hingegen zwei typische Mineralbodenwasserzeiger, und zwar *Molinia coerulea* und

Carex lasiocarpa, sowie einige Arten, die höhere Nährstoffansprüche stellen, wie z. B. *Sphagnum subsecundum*, *S. fallax*, *Potentilla erecta* und *Vaccinium uliginosum* auf. Wenn auch der Kontakt zum Mineralbodenwasser durch die erhöhten Konzentrationen an Ca, Mg und Na erwiesen ist, ist es schwierig auszumachen, welches der Elemente als Minimumfaktor fungiert.

Es ist vor allem schwierig, die Rolle, die die Nährstoffe N und P spielen, zu erkennen. Während einerseits viele Autoren als eigentlichen Faktor die Aktivität der Mikroorganismen und die damit zusammenhängende Mineralisationsgeschwindigkeit für die Fruchtbarkeit von nährstoffarmen Böden bezeichnen (GÖTTLICH 1980, CLYMO 1983), haben andererseits rezente Studien bewiesen, daß gewisse Pflanzen, die normalerweise auf organischen Böden der kalten Biome vorkommen, im Stande sind, Stickstoff in organischer Form aufzunehmen (KIELLAND 1994).

Wenn wir das Vorhandensein von Mineralelementen betrachten, fallen nicht nur große Unterschiede zwischen verschiedenen Zonen, sondern auch innerhalb einer einzigen Zone auf. Hier kann man auf die schon erwähnten Gradienten längs der Tiefenprofile hinweisen. Diese Tatsache bringt es mit sich, daß höhere Pflanzen verschiedene Konzentrationen an Mineralelementen vorfinden, je nach Mikrohabitat und Grundwasserspiegel, nach Redoxpotential (ØDELIEU & al. 1975) oder nach Wurzeltiefe (KARLIN & BLISS 1984, REINIKAINEN & al. 1984).

Diese Studie zeigt auf, daß die ökologischen Unterschiede zwischen einem anscheinend ombrotrophen Moor und einem Übergangsmoor geringer sind, als bis vor wenigen Jahren behauptet wurde (GORHAM & JANSSENS 1992, MALMER & al. 1992). Sie unterstreicht weiters die Notwendigkeit von näheren Untersuchungen über die begrenzende Auswirkung von Phosphor auf die Pflanzen an nährstoffarmen Standorten, besonders in der Randzone des Moorareals.

Danksagung

An dieser Stelle sei ein Dank den Mitarbeitern des Biologischen Landeslabors, die mit tatkräftiger Hilfe bei der Probenentnahme und -aufarbeitung zur Seite standen, ausgesprochen. Diese Arbeit wurde zum Teil mit Mitteln des M.U.R.S.T., Italien, finanziert.

Literatur

- ALETSEE L. 1967. Begriffliche und floristische Grundlagen zu einer pflanzengeographischen Analyse der europäischen Regenwassermoorstandorte. – Beitr. Biol. Pflanzen 43: 117–283.
- BELLAMY D. J. & RIELEY J. 1967. Some ecological statistics of a „miniature bog“. – Oikos 18: 33–40.
- BRAGAZZA L. 1992. Analisi di gradienti idrologici ed idrochimici nella vegetazione di una torbiera alpina. – Unveröff. Diplomarbeit, Univ. Padua.

- CHAPMAN S. B. 1964. The ecology of Coom Rigg Moss, Northumberland. – J. Ecol., 52: 315–321.
- CARMIGNOLA G. 1986. Die Moore im Eggental. – Unveröff. Diplomarbeit, Univ. Wien.
- CLYMO R. S. 1983. Peat. – In: GORE A. J. P. (ed.). Ecosystems of the world, 4A: Mires: swamp, bog, fen and moor: 159–224. – Elsevier, Amsterdam.
- COMEAU P. L. & BELLAMY D. J. 1986. An ecological interpretation of the chemistry of mire waters from selected sites in eastern Canada. – Can. J. Bot. 64: 2576–2581.
- DAMMAN A. W. H. 1978. Distribution and movement of elements in ombrotrophic peat bogs. – Oikos 30: 480–495.
- 1988. Regulation of nitrogen removal and retention in *Sphagnum* bogs and other peatlands. – Oikos 51: 291–305.
- & DOWHAN J. J. 1981. Vegetation and habitat conditions in Western Head Bog, a southern Nova Scotian plateau bog. – Can. J. Bot. 59: 1343–1359.
- DU RIETZ G. E. 1949. Huvudenheter och huvudgränser i svensk myrvegetation. – Svensk bot. Tidskr. 43: 271–309.
- 1954. Die Mineralbodenwassergrenze als Grundlage einer natürlichen Zweigliederung der nord- und mitteleuropäischen Moore. – Vegetatio 5/6: 571–585.
- FRAHM J. P. & FREY W. 1987. Moosflora. – Eugen Ulmer, Stuttgart.
- GERDOL R. 1990. Vegetation patterns and nutrient status of two mixed mires in the southern Alps. – J. Veget. Sci. 1: 663–668.
- , TOMASELLI M. & BRAGAZZA L. 1994. A floristic-ecologic classification of five mire sites in the montane-subalpine belt of South Tyrol. – Phytion (Horn, Austria) 34: 35–56.
- GLASER P. H., WHEELER G. A., GORHAM E. & WRIGHT H. E. Jr. 1981. The patterned mires of the Red Lake peatland, northern Minnesota: vegetation, water chemistry and landforms. – J. Ecol. 69: 575–599.
- GORE A. J. P. (ed.) 1983. Ecosystems of the world. 4 A. Mires: swamp, bog, fen and moor. General studies. – Elsevier, Amsterdam.
- GORHAM E. 1953. A note on the acidity and base status of the raised and blanket bogs. – J. Ecol. 41: 153–156.
- 1956. On the chemical composition of some waters from the Moor House Nature Reserve. – J. Ecol. 44: 375–382.
- , EISENREICH S. J., FORD J. & SANTELMANN M. V. 1985. The chemistry of bog waters. – In: STUMM W. (ed.), Chemical processes in lakes: 339–369. – J. Wiley & Sons, New York.
- & JANSSENS J. A. 1992. Concepts of fen and bog re-examined in relation to bryophyte cover and the acidity of surface waters. – Acta Soc. Bot. Polon. 61: 7–20.
- GÖTTLICH K. 1980. Moor- und Torfkunde, 2. Aufl. – Stuttgart.
- KARLIN E. F. & BLISS L. C. 1984. Variation in substrate chemistry along microtopographical and water-chemistry gradients in peatlands. – Can. J. Bot. 62: 142–153.
- KAULE G. 1974. Die Übergangsmoore und Hochmoore Süddeutschlands und der Vogesen. Landschaftsökologische Untersuchungen mit besonderer Berücksichtigung der Ziele der Raumordnung und des Naturschutzes. – J. Cramer, Lehre, Leutershausen.
- KEDROWSKI R. A. 1983. Extraction and analysis of nitrogen, phosphorus and carbon fractions in plant material. – J. Plant Nutrition 6: 989–1011.

- KIELLAND K. 1994. Aminoacid absorption by arctic plants: implications for plant nutrition and nitrogen cycling. – *Ecology* 75: 2373–2383.
- MALMER N. & SJÖRS H. 1955. Some determinations of elementary constituents in mire plants and peat. – *Bot. Notiser* 108: 46–80.
- 1988. Patterns in the growth and the accumulation of inorganic constituents in the Sphagnum cover on ombrotrophic bogs in Scandinavia. – *Oikos* 53: 105–120.
- , VIT D. H. & HORTON D. G. 1992. Elemental concentration in mosses and surface waters of western Canadian mires relative to precipitation chemistry and hydrology. – *Ecography* 15: 114–128.
- NICHOLSON B. J. 1989. Peat chemistry of a continental mire complex in western Canada. – *Can. J. Bot.* 67: 763–775.
- ØDELIEU M., SELMER-OLSEN A. R. & HADDELAND J. 1975. Investigation of some redox processes in peat and their influence on run-off water. – *Acta Agriculturae scandinavica* 25: 161–166.
- ØKLAND R. H. 1990. Regional vegetation in SE Fennoscandian mire vegetation. – *Nord. J. Bot.* 10: 285–310.
- ORLOCI L. 1978. Multivariate analysis in vegetation research. – Junk. The Hague.
- PAUL H. & LUTZ J. 1941. Zur soziologisch-ökologischen Charakterisierung von Zwischenmooren. – *Ber. bayer. bot. Ges.* 25: 1–28.
- PIGNATTI S. 1982. *Flora d' Italia*. – Edagricole, Bologna.
- REINIKAINEN A., LINDHOLM T. & VASANDER H. 1984. Ecological variation of mire site types in the small kettle-hole mire Heinisuo, southern Finland. – *Ann. bot. fenn.* 21: 79–101.
- SJÖRS H. 1948. Myrvegetation i Bergslagen. – *Acta phytogeogr. suec.* 21: 1–299.
- 1952. On the relation between vegetation and electrolytes in north Swedish mire waters. – *Oikos* 2: 241–258.
- SONESSON M. 1970. Studies on mire vegetation in the Torneträsk Area, Northern Sweden. – *Bot. Notiser* 123: 67–111.
- WAUGHMAN G. J. 1980. Chemical aspects of the ecology of some south German peatlands. – *J. Ecol.* 68: 1025–1046.
- WELLS E. D. 1981. Peatlands of eastern Newfoundland: distribution, morphology, vegetation, and nutrient status. – *Can. J. Bot.* 59: 1978–1997.
- WITTING M. 1949. Kalciumhalten i några nordsvenska myrvatten. – *Svensk bot. Tidskr.* 43: 715–739.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Phyton, Annales Rei Botanicae, Horn](#)

Jahr/Year: 1996

Band/Volume: [36_1](#)

Autor(en)/Author(s): Alber Renate, Bragazza Luca, Gerdol Renato

Artikel/Article: [Ein Beitrag zur Moortypologie am südlichen Rand des Sphagnum-Moorareals in Europa. 107-125](#)