

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

Herausgeber: Geobotanisches Institut, Stiftung Rübel (Zürich)

Band: 102 (1988)

Artikel: Vegetation und Standort von Schwingrasen in der Schweiz =
Vegetation and site conditions of floating mats in Switzerland

Autor: Zimmerli, Stephan

Kapitel: 5: Diskussion

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-308909>

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: 20.01.2026

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

5. DISKUSSION

5.1. MOORWASSERANALYSEN UND IHRE AUSWERTUNG

Nachdem sich bereits GIES (1972) mit den Schwankungen von Kationengehalten in einem Moorkomplex der Rhön (Nordwestdeutschland) befasste, führte HÖLZER (1977) entsprechende Untersuchungen am Blindensee-Moor (Mittlerer Schwarzwald) durch. Ausser für die H^+ -Ionen, deren Konzentrationen in der üblichen logarithmischen Skala aufgetragen wurden, wurde für die Darstellung der zeitlichen Schwankungen eine lineare Skala gewählt. Dies erweckt besonders bei Standorten mit hohen Ionenkonzentrationen den Eindruck von grossen Schwankungen, die jedoch in Wirklichkeit für die Pflanzen von geringer Bedeutung sein dürften.

Der Zusammenhang vieler Standortsfaktoren ist nicht linear, und in den seltensten Fällen linear ist gar derjenige von Vegetation und Standort (WILDI 1986). Die Messwerte von Kationenkonzentrationen aus einem Moorkomplex sind im allgemeinen extrem schief verteilt, sodass diese für vergleichende Analysen logarithmisch transformiert werden müssen (vgl. dazu auch WILDI 1977). Da zur Charakterisierung eines Standorts bzw. einer Vegetationseinheit der wahrscheinlichste Wert interessiert, sollten auch für die Mittelwertsberechnung die Logarithmen verwendet werden.

Aus diesen Überlegungen heraus ist ein Vergleich zweier oder mehrerer Messerien mit dem Ziel, die zeitliche Konstanz der Messwerte zu prüfen, nur mit logarithmisch transformierten Daten sinnvoll. Dadurch werden Abweichungen bei geringen wie bei hohen Ionenkonzentrationen paritätisch gewertet.

In Übereinstimmung mit den Ergebnissen von WILDI (1977) konnte für den pH-Wert, die elektrische Leitfähigkeit und den Ca^{2+} -Gehalt des Moorwassers eine hohe zeitliche Konstanz nachgewiesen werden. Er erhielt für die entsprechenden Korrelationen zwischen den Werten der 1. und 2. Messung Koeffizienten zwischen 0.90 und 0.94. In der vorliegenden Arbeit lagen diese noch etwas höher, und zwar zwischen 0.95 und 0.99. Dies hat seinen Grund in erster Linie darin, dass die maximal festgestellten Ca^{2+} -Konzentrationen dreimal höher lagen als diejenigen bei WILDI (1977). Für die Mg^{2+} - und Na^+ -Konzentrationen gibt er Korrelationskoeffizienten von nur 0.37 bzw. 0.30 an. Diese liegen in der vorliegenden Arbeit bei 0.98 bzw. 0.86. Wahrscheinlich

ist für die Konzentrationsbestimmung dieser beiden Kationen, die in 10 bzw. 100 x geringeren Konzentrationen als Ca^{2+} vorliegen, die Verwendung eines Atom-Absorptions-Spektrometers geeigneter als diejenige eines Flammenfotometers. Die K^+ -Gehalte des Moorwassers liegen für die flammenfotometrische Bestimmung oft unter der Nachweisgrenze (WILDI 1977).

Auf die Korrelationen zwischen Ca^{2+} -Gehalt, pH-Wert und elektrischer Leitfähigkeit von Moorwasserproben gehen u.a. SJÖRS (1950), MALMER (1963), GIES (1972), HÖLZER (1977) und GLASER et al. (1981) ein. ÄBERHARD (1972) unterzieht diese drei Größen einer detaillierten Analyse. Für die Leitfähigkeit als Funktion des Ca^{2+} -Gehaltes erhält er einen Korrelationskoeffizienten von 0.95; für die Leitfähigkeit als Funktion des pH-Wertes 0.66 und für den pH-Wert als Funktion des Ca^{2+} -Gehaltes 0.67. ÄBERHARD (1972) folgert daraus, dass die Leitfähigkeit somit in hohem Grade durch den Ca^{2+} -Gehalt bestimmt ist, die beiden anderen Abhängigkeiten jedoch wenig zuverlässig sind. Aufgrund der Berechnung der Teilkorrelationen kommt ÄBERHARD (1972) zudem zu folgendem Schluss: "Der Einfluss des Ca^{2+} -Merkmals hat sogar eine in Wirklichkeit nicht existierende Korrelation zwischen Leitfähigkeit und pH-Wert vorgetäuscht."

ÄBERHARD (1972) prüft auch die Daten von WITTING (1949) auf den linearen Zusammenhang von Ca^{2+} -Gehalt und elektrischer Leitfähigkeit und erhält einen Korrelationsfaktor von $r=0.92$. Er schliesst daraus, dass das Verfahren, aus dem Widerstandswert den Ca^{2+} -Gehalt zu ermitteln, auch für die nordischen Gewässer Gültigkeit hat.

WILDI (1977) kommt bei der Ordination der Standortsmessungen (Faktorenanalyse) zum Schluss, dass die Leitfähigkeit ein eigenständiges Verhalten zeigt, nur mit den Wasserständen leicht korreliert und separat betrachtet werden muss. WILDI (1977) folgert weiter: "Der Kalzium- und der Magnesiumgehalt des Wassers lassen sich keiner der vier beschriebenen Gruppen zuordnen [Säuren-Basen, Torf, Wasserstände, Leitfähigkeit; Anmerkung des Autors]. Ganz allgemein ist zu bemerken, dass die hier angewandte Interpretation nicht direkt auf ursächliche Zusammenhänge in der Natur schliessen lässt. Dagegen weiss man nun mit Sicherheit, dass Messgrößen, die ganz verschiedene Faktoren hoch laden (z. B. pH und die elektrische Leitfähigkeit), annähernd unabhängig sind und also unterschiedliche Informationen enthalten."

Es gilt nun zu erklären, weshalb die beiden vorangehend zitierten Autoren zu derart konträren Ergebnissen gelangen, und die wirklichen Zusammenhänge, die anhand der vorliegenden Daten analysiert wurden, verständlich zu

machen. Tatsache ist, dass mit dem pH-Wert die Konzentration der H⁺-Ionen gemessen wird und mit der Leitfähigkeit die Konzentration aller Ionen. Bei MALMER (1963) korreliert die Summe aller Kationen gut mit der Summe aller Anionen. Somit kann man sich für die weiteren Betrachtungen auf die interessierenden Kationen beschränken. Sowohl im Untersuchungsgebiet von WILDI (1977) wie von ÄBERHARD (1972) ist Ca²⁺ das dominierende Kation, wie auch in den Untersuchungsgebieten der vorliegenden Arbeit. Das Verhältnis von Ca²⁺ : Mg²⁺ liegt in der Größenordnung von 10 : 1. Ca²⁺- und Mg²⁺-Gehalte des Moorwassers sind zudem hoch korreliert (vgl. dazu WILDI 1977 sowie die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit). Die um den Beitrag der H⁺-Ionen reduzierte Leitfähigkeit kann somit in sehr guter Näherung als Funktion des Ca²⁺-Gehaltes des Moorwassers beschrieben werden.

Wie WITTING (1947, 1948) und SJÖRS (1948) nachwiesen, tragen die metallischen Kationen im Hochmoor mit weniger als 10 µS/cm zur gemessenen Leitfähigkeit bei. In der vorliegenden Arbeit liegt dieser Wert sogar unter 5 µS/cm.

Andererseits ergibt ein pH-Wert von 4.8 eine elektrische Leitfähigkeit von mehr als 5 µS/cm, ein solcher von 4 bereits 32,5 µS/cm und ein pH-Wert von 3,5 entspricht einer Leitfähigkeit von über 100 µS/cm.

In Wasserproben aus dem Hochmoor wird demnach mit der elektrischen Leitfähigkeit in erster Linie die Konzentration der H⁺-Ionen gemessen, in solchen aus dem Niedermoor diejenige der Ca²⁺-Ionen. Dies konnte auch in der vorliegenden Arbeit klar gezeigt werden. Es existiert somit eine Abhängigkeit zwischen der elektrischen Leitfähigkeit einerseits und dem pH-Wert sowie dem Ca²⁺-Gehalt des Moorwassers andererseits, die mit einer multiplen Regression zu fassen ist.

Analysiert man die Abb. 29 und 31 in WILDI (1977), so wird dieser Zusammenhang ebenfalls deutlich. Die Mittelwerte der Leitfähigkeit der Vegetationseinheiten 1 bis 4 sinken mit steigenden pH-Mittelwerten bei ungefähr konstant niedrigen Ca²⁺-Konzentrationen. Im Niedermoorbereich der Einheiten 15 bis 18 steigt die Leitfähigkeit parallel zum Ca²⁺-Gehalt und zum pH-Wert. Im Übergangsmoorbereich der Einheiten 5 bis 14 überlagern sich diese beiden linearen Beziehungen zu einer multiplen Korrelation. Ist die Anzahl der Stichproben aus dem Hochmoor in etwa gleich gross wie diejenige aus dem Niedermoor, so resultiert aus dieser Symmetrie bei der Berechnung der einfachen Regression eine scheinbare Unabhängigkeit der Leitfähigkeit vom Ca²⁺-Gehalt und dem pH-Wert.

In Moorgewässern, in denen Ca^{2+} das dominierende Kation ist, kann die elektrische Leitfähigkeit somit als Funktion der Konzentration der Ca^{2+} -Ionen und des pH-Werts betrachtet werden. Die Ca^{2+} -Ionen wirken als Antagonisten zu den H^+ -Ionen.

In Wasserproben aus Mooren, ganz besonders in solchen aus Hochmooren, werden zu tiefe pH-Werte gemessen. Wie HÖLZER (1977) nachweisen konnte, müssen diese bis 0.9 pH-Einheiten nach oben korrigiert werden. Die von SJÖRS (1950) vorgeschlagene Korrektur von +0.3 bis +0.35 genügt nicht immer.

Die Bulteinheit 1 bei WILDI (1977) ist durch eine mittlere Leitfähigkeit von ungefähr 60 $\mu\text{S}/\text{cm}$ und einen pH-Wert von 3.6 gekennzeichnet. Nach SJÖRS (1950) ergibt jedoch bereits die Konzentration der H^+ -Ionen bei einem pH-Wert von 3.6 eine Leitfähigkeit von 82 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Dies beweist eindeutig, dass der gemessene pH-Wert von 3.6 zu tief liegt. Auch aus Fig. 2, 3 und 5 bei GLASER et al. (1981) lässt sich herauslesen, dass zu tiefe pH-Werte gemessen wurden.

Bei pH-Werten unter 5 ist die Leitfähigkeit ungeeignet, um als Mass für den Basengehalt eines Standorts zu gelten. Ihre Bestimmung gleichzeitig mit dem pH-Wert ist jedoch unerlässlich, um eine eventuelle Korrektur der pH-Werte abschätzen zu können. Als Mass für den Basengehalt des Moorwassers lässt sich am einfachsten und zuverlässigsten die Konzentration der Ca^{2+} -Ionen bestimmen, vorausgesetzt Ca^{2+} ist das dominierende Kation im Einzugsgebiet.

5.2. VEGETATION UND STANDORT

WILDI (1977) zeigt, dass die ursprüngliche morphologische Unterteilung eines exzentrischen Hochmoorkomplexes in Zentrum, Rüllen, Schlenken, Oberrand, Unterrand und Peripherie (Niedermoor) in sinnvoller Weise auch in den Standortsdaten wieder gefunden werden kann. Dabei stellt er Überlegungen zur Auswahl der Standortsmessungen an und kommt zu folgenden Schlüssen:

1. Beinahe alle der 21 gemessenen Größen sind mehr oder weniger korrigiert. Unter den für Standortsunterschiede brauchbaren sind eigentlich nur die Wasserstände und die elektrische Leitfähigkeit von den restlichen Messungen mehr oder weniger unabhängig.

2. Die die Vegetation am besten erklärenden Messungen sind als Symptome verschiedener Standortsfaktoren aufzufassen.
3. In der Regel ist es zweckmässig, die Zahl der zu messenden Standortsgrössen hoch anzusetzen, denn bei multivariater Auswertung können dadurch einzelne Messfehler durch andere, korrelierte Grössen ausgeglichen werden.

WILDI (1977) bemerkt weiter: "Gelegentlich wird fehlende Übereinstimmung zwischen Vegetation und Standort trotz umfangreicher Analysen damit begründet, dass wohl der entscheidende Faktor nicht gemessen worden ist. Da nun hier bei immerhin 21 verschiedenen Messungen nur etwa vier Gruppen unter sich hoch korrelierender Grössen auftreten, erscheint es bei zweckmässiger Versuchsanordnung recht unwahrscheinlich, dass stets vollständig an den wichtigsten Standortsfaktoren vorbeigemessen wird. Es sei denn, man zähle zufällige Ereignisse, die zeitlich zurückliegen, sowie in der Vergangenheit wirksame Faktoren, die in der Zusammensetzung der heutigen Vegetation noch ihre Nachwirkungen haben, ebenfalls zu den Standortsfaktoren."

Er kommt bei seinen Analysen zum Ergebnis, dass vier Gruppen von Standortsfaktoren unterschieden werden können:

1. die Säuren-Basenverhältnisse von Wasser und Torf;
2. eng mit den physikalischen Eigenschaften des Torfs gekoppelte Faktoren;
3. der Wasserhaushalt des Moores;
4. die elektrische Leitfähigkeit des Wassers.

Die elektrische Leitfähigkeit misst im wesentlichen den Gehalt der H^+ - und der Ca^{2+} -Ionen des Moorwassers und lässt sich, wie bereits diskutiert wurde, aus diesen direkt berechnen. Sie fällt somit als eigenständiger Standortsfaktor weg.

Gruppe 2 umfasst Humosität und Aschengehalt, Torfmächtigkeit, P-, Na^+ - und Mg^{2+} -Gehalt des Torfs. Die ganze Gruppe kann als Ausdruck der Summe der Säurenanteile und der Basenanteile verstanden werden, was der Definition der KUK entspricht (WILDI 1977). Die Kationenumtauschkapazität (KUK), die sich als Summe aller Kationen ergibt, wurde berechnet. Sie ist, ähnlich der Leitfähigkeit, eine abgeleitete Grösse, und enthält wiederum einerseits die basischen Kationen Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ und K^+ und andererseits die H^+ -Ionen. Die Gruppe 2, die die Verhältnisse der "Torfqualität" zeigt, ist mit den Säuren-Basenverhältnissen von Wasser und Torf korreliert, wie dies zu erwarten ist. Zieht man zudem in Betracht, dass als unmittelbare Nährstoffquelle für die

Pflanzenwurzeln nur die im Torfwasser gelösten Stoffe verfügbar sind (KINZEL 1982), so kann die Gruppe 2 kaum als eigenständige Gruppe von Standortsfaktoren betrachtet werden. Die vier Gruppen lassen sich auf zwei, miteinander gekoppelte Standortsfaktoren reduzieren, und zwar die Säuren-Basenverhältnisse des Wassers und der Wasserhaushalt des Moores.

KAULE (1974) kommt bei seiner Analyse der Übergangs- und Hochmoore Süddeutschlands und der Vogesen zum Schluss, dass es bisher noch nicht möglich ist, generell einzelne Faktoren für das Vorkommen einer bestimmten Variante einer Gesellschaft oder eines Stufenkomplexes verantwortlich zu machen. In diesem Zusammenhang beschäftigt er sich mit der Funktion von Nährstoff- und Wasserhaushalt zur Abgrenzung von Moortypen (vgl. auch GIES 1972, HÖLZER 1977, 1982), insbesondere mit begrenzenden Faktoren für die Mineralbodenwasserzeiger im echten Hochmoor (WITTING 1947, 1948, 1949; DU RIETZ 1954; ALETSEE 1967). Mit Recht erinnert er an den fehlenden ökologischen Nachweis der Mineralbodenwasserzeiger-Grenze.

Aus der gleichen Region erhält BICK (1985) als Ergebnis seiner Untersuchungen in den zentralen Hochvogesen, dass der pH-Wert der Torf- und Wasserproben in der Reihenfolge Quellmoor - Hochmoor abnimmt, die Werte der spezifischen Leitfähigkeit (Kred) jedoch keinen deutlichen Zusammenhang mit der Reihenfolge Quellmoor - Hochmoor zeigen: die Kred-Unterschiede zwischen den Gesellschaften liegen nahezu alle innerhalb der Fehlergrenze der gemessenen und berechneten Werte. Die meisten durchschnittlichen Werte liegen unter 20 $\mu\text{S}/\text{cm}$. BICK (1985) folgert daraus, dass das freie, nicht adsorbierte Bodenwasser in den von den untersuchten Moorgesellschaften, auch in den unmittelbar von Quell- und Bachwasser gespiesenen Mooren, gleich arm an Nährkationen ist. Das Muttergestein in den zentralen Vogesen ist mehrheitlich so nährstoffarm und die Verwitterungseigenschaften sind derart, dass die Mineralkonzentrationen in Quell- und Bachwasser nur wenig höher sind als im Niederschlagswasser. Dasselbe trifft für das Untersuchungsgebiet der Göschenalp in der vorliegenden Arbeit zu. Die aus der floristischen Zusammensetzung indirekt zu folgernden Differenzen in der Nährstoffversorgung unterschiedlicher Gesellschaften sind also nicht Mineralgehaltsunterschieden im freien Bodenwasser zuzuschreiben (BICK 1985). Sie werden wahrscheinlich primär von unterschiedlichen Strömungsgeschwindigkeiten des Bodenwassers in den oberflächennahen oder tieferen Torfschichten verursacht. Die abnehmende horizontale Wasserbewegung in der Reihenfolge

Quellmoor - Hochmoor hat eine abnehmende Ionenverfügbarkeit pro Zeiteinheit zur Folge (vgl. dazu GORHAM 1950; CHAPMAN 1965; INGRAM 1967; LÖTSCHERT 1969; YERLY 1970; BICK 1985).

Eine pflanzensoziologische und ökologische Studie der Quellflur-Assoziation *Cratoneuretum falcati* Gams 1927 im Val de Bagnes (Wallis, Schweiz) kommt zum Schluss, dass das Bodenprofil der bestimmende Faktor für die Trennung der verschiedenen Varianten und Subvarianten ist (ECTOR 1987). Direkt abhängig vom Neigungswinkel ist die Geschwindigkeit des Wasser- und somit des Nährstoffflusses.

KULCZYNSKI (1949) kommt in seiner umfassenden Darstellung der Moore von Polesien, einer Region von 60'000 km² Fläche, in der dem Autor 22'000 km² Moorflächen als Anschauungsmaterial zur Verfügung standen, zum Ergebnis, dass der Wasserfluss der entscheidende Faktor für die Entstehung der verschiedenen Moortypen ist. Der Verlandungshypothese von WEBER (1907) stellt er seine eigene Hypothese zur Entstehung von Torfmooren gegenüber. Diese geht davon aus, dass die fundamentalen Faktoren in der Moorentwicklung und Ausbildung von Moortypen hydrologischer Natur sind.

KULCZYNSKI (1949) unterscheidet drei grundsätzlich verschiedene Wassersysteme, unter deren Einfluss sich Moore bilden können:

- I. Absolut immobiles Grundwasser, ohne terrestrische Zuflüsse, das einzig durch Niederschläge regeneriert wird; z. B. Wasserkörper echter Hochmoore.
- II. Mobiles Grundwasser, das ständig erneuert wird. Dieses System wird normalerweise von Wasser aus System I gespiesen und entwässert in System III. In System II gehört Wasser, das in leicht durchlässigen Böden auf undurchlässigen Schichten fliesst; z. B. Hangmoore.
- III. Mobiles Oberflächenwasser. Hierzu gehört Fluss- und Überschwemmungswasser wie auch das Wasser von Seen mit Durchfluss.

Die Umwandlung eines Niedermoors zu einem Hochmoor vollzieht sich nach KULCZYNSKI (1949) durch Stagnation des Wasserflusses.

Die eigenen vergleichenden Beobachtungen an Moorkomplexen mit Schwingrasen bestätigen die grosse Bedeutung des Wasserflusses als Standortsfaktor:

1. Der Pseudolagg, beeinflusst durch Überschwemmungswasser, und die Schwingrasenfront, deren Wasser durch Wellenschlag beständig erneuert wird, werden in minerotrophen Schwingrasenkomplexen durch Seggenar-

ten mittlerer Wuchshöhe besiedelt, im Untersuchungsgebiet *Carex rostrata* und *Carex diandra*. Auf dem dazwischenliegenden, eigentlichen Schwingrasen mit stagnierendem Wasserkörper bildet sich hingegen ein niederwüchsiges *Caricetum limosae* aus. Die Kationengehalte des Moorwassers sind im Pseudolagg, im eigentlichen Schwingrasen und oft auch an der Schwingrasenfront identisch.

2. Die Schwingrasen des in der vorliegenden Arbeit untersuchten Seefeldalpsees weisen extrem hohe Kationengehalte auf. Sie sind gekennzeichnet durch einen durchschnittlichen pH-Wert von 6.7, eine durchschnittliche elektrische Leitfähigkeit von 300 $\mu\text{S}/\text{cm}$ und einen Ca^{2+} -Gehalt von über 60 mg/l. Dennoch dominiert in den *Scorpidium*-Schlenken in der Feldschicht *Carex limosa*. Am Ende von Abflussrinnen der umgebenden Hangmoore mit *Caricion davalliana* - Gesellschaften finden sich jedoch, eingelagert in die Schwingrasen aus dem *Caricetum limosae*, Herde der "Mineralbodenwasserzeiger" *Menyanthes trifoliata* und *Carex rostrata*.
3. In Gletscherschliffwannen in basenarmem Urgestein (Granit) bilden sich Schwingrasen mit einem stark verarmten *Caricetum limosae*. Im Bereich des Pseudolaggs und des Ausflusses bzw. Überlaufs des Restsees entwickeln sich jedoch *Carex rostrata* - Sümpfe. Die Kationengehalte des Moorwassers sind in den beiden untersuchten Fällen der Göschenalp an allen drei Standorten identisch. Die erhöhte Nährstoffversorgung muss dem Wasserfluss zugeschrieben werden.
4. Die Wasserproben aus dem ombratropfen Schwingrasenkomplex Fröschenseeli (Pseudolagg, Schwingrasen, Front, Kolk, Restseeausfluss) weisen alle identische Kationengehalte auf. Die eigentlichen Schwingrasen sind frei von "Mineralbodenwasserzeigern.". Im Pseudolagg jedoch tritt *Carex rostrata* auf, auf dem Schwingrasen am Ausfluss des Restsees *Carex rostrata* und *Carex canescens*. An der Front gedeiht *Carex limosa* besonders üppig, *Scheuchzeria palustris* tritt jedoch zurück. Die Primärverlandung wird durch submerse Polster von *Drepanocladus fluitans* eingeleitet, der in den *Sphagnum majus* - Polstern der Schwingrasen nur noch vereinzelt und wenig vital vorkommt.
5. Generell ist im Untersuchungsraum bei minerotropher Peripherie auf den Schwingrasen mit immobilem Wasserkörper das *Caricetum limosae* anzutreffen, in den umgebenden Niedermoorkomplexen mit mobilem Wasser hingegen *Caricion lasiocarpae* bzw. *Caricion davalliana*-, seltener *Caricion fuscae*-Gesellschaften.

MÜLLER (1965, 1968, 1973) machte vergleichbare Beobachtungen an Hochmoorkolken und an Niedermoorpflanzen-Standorten in ombrotrophen Moorkomplexen in Nordwestdeutschland. Im offenen Wasser treten als Euminerobionten *Carex rostrata* und *Drepanocladus fluitans* und weiter zum Ufer hin ein Gürtel von *Juncus effusus* auf, hinter dem ein Schwingrasen von *Sphagnum apiculatum* folgt (MÜLLER 1965). Als weitere Euminerobionten, die vorzugsweise an der Schwingrasenfront auftreten, nennt MÜLLER (1965) *Carex canescens*, seltener *Carex fusca*, *Eleocharis palustris* und *Schoenoplectus lacustris*. Die ersten beiden Arten treten auch im Untersuchungsraum der Schweizer Alpen an der Schwingrasenfront auf.

Es stellt sich nun die Frage, welches die Ursachen für die abweichenden Vegetationsverhältnisse der Kolke und Kolkufer gegenüber den Bult - Schlenken - Komplexen der Hochmoorfläche, wo Mineralbodenwasserzeiger fehlen, sind. MÜLLER (1965) vermutet, dass das Auftreten der hochmoorfremden Arten weniger durch höhere Nährstoffkonzentrationen bedingt ist, als vielmehr durch die mit zunehmender Kolkgrösse stärker werdende Wasserbewegung. Diese vermittelt einerseits eine ständige Zufuhr neuer Nährstoffe, andererseits aber auch eine sehr viel bessere Durchlüftung, als sie im stagnierenden Wasser der Hochmoorschlenken gegeben ist. Die eigenen Befunde stützen diese Hypothese. Tatsächlich liegen ja auch die bevorzugten Standorte der Euminerobionten dort, wo sie der Bewegung des freien Wassers ausgesetzt sind (OVERBECK 1975, S. 336).

Auch die ökologischen Untersuchungen von KAULE (1973 a, 1974) ergaben, dass Mineralbodenwasser in vielen Fällen nicht für das Auftreten von sogenannten Mineralbodenwasserzeigern verantwortlich gemacht werden kann. Daher ist der Name wohl nicht sehr glücklich gewählt, hat sich jedoch inzwischen eingebürgert. Den tatsächlichen Gegebenheiten würde wohl besser Rechnung getragen, wenn man von Zeigern von mobilem (Grund-)Wasser sprechen würde.

KAULE (1974) hält fest, dass die Wasserbewegung und damit der geringere Sauerstoffabschluss an Kolken und in tiefen Schlenken die Existenz anspruchsvollerer Arten ermöglicht, ohne dass die Ursache hierfür bisher eindeutig geklärt wäre. Es kann sich um das Angebot an Sauerstoff selbst handeln, vielleicht ist aber auch der "Nährstoff - Fluss" grösser (KAULE 1974). Bei einer schnelleren Mineralisation werden die frei werdenden Ionen sofort aufgenommen und die Messung der Akkumulation stösst auf technische Schwierigkeiten (KAULE 1974, S. 225).

KEMMERS (1986) betrachtet die Hydrologie eines Gebietes als entscheidender Faktor für die räumliche Verteilung von Böden und Vegetation. Das Grundwasserregime spielt eine essentielle Rolle bei der Regulation der Verfügbarkeit von Nährstoffen. Dabei kommt dem Kalzium als dominierendem Kation in Gebieten mit Grundwasserzuflüssen eine besondere Bedeutung zu. Es wirkt als Antagonist zu den H⁺-Ionen und reguliert somit die Bodenazidität. Indirekt interferiert es mit pH-abhängigen mikrobiellen Prozessen wie der Nitrifikation und beeinflusst die Phosphatlöslichkeit (Kemmers 1986).

SIEGEL und GLASER (1987) konnten in einem Moorgebiet in Minnesota mit Hilfe von Profilen zeigen, dass das saure Wasser in einem Hochmoor unterhalb einer Tiefe von 0.5 m durch zufließendes Grundwasser neutralisiert wird. Sie unterstreichen die Bedeutung der Grundwasserbewegungen für die Nährstoffversorgung der verschiedenen Vegetationskomplexe.

Das Vorkommen von bewegtem, wenn auch ausserordentlich nährstoffarmem Wasser ist noch von weiteren Autoren als Ursache besserer Mineralstoff- und Sauerstoffversorgung bzw. des Auftretens anspruchsvollerer Pflanzenarten an bestimmten Stellen von Hochmoorkomplexen betrachtet worden (WEBER 1907, SJÖRS 1948, JENSEN 1961, MALMER 1962 u.a.). MALMER (1985) bemerkt, dass der viel höhere Wasserfluss durch einen Niedermoorkomplex für die Unterschiede von Hoch- und Niedermoor wahrscheinlich viel bedeutender ist als die Differenzen der Ionenkonzentrationen, zumindest solange das Wasser nicht von kalkreichen Böden her zufließt.

Nach OVERBECK (1975) ist inbezug auf die Mineralstoffernährung nicht erwiesen, dass nur der Mangel eines bestimmten Ions dafür entscheidend ist, wo den "Euminerobionten" in Richtung Hochmoor eine Grenze gesetzt ist, zumal die Bedeutung vielleicht auch in Frage kommender Spurenelemente noch kaum geprüft worden ist. Besonders wichtig scheint im Grenzbereich eine ausreichende Versorgung mit K, P und N zu sein, von deren verfügbaren Menge die Wuchsfreudigkeit abhängt (MALMER 1962). Nach MALMER (1986) resultieren die floristischen Gradienten zwischen Moorzentrum und Moorrand aus Unterschieden in der Nährstoffversorgung (N, P, K), die auf die unterschiedliche Herkunft und den Fluss des Wassers zurückzuführen sind. Auch wenn zwischen Hochmoor- und Armriedwasser keine wesentlichen Differenzen in den Konzentrationen von K und P bestehen, so spielt doch für die Verteilung der Pflanzen eine grosse Rolle, ob es sich um stagnierendes oder bewegtes Wasser handelt, da durch letzteres zumindest eine ständige Zufuhr neuer K⁺-Ionen (wahrscheinlich auch anderer) erfolgt (OVERBECK 1975).

Wie die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit zeigen, können die unterschiedlichen Säuren-Basen-Verhältnisse des freien Moorwassers einzig für die Differenzierung der Vegetation innerhalb des *Caricetum limosae* in Untergesellschaften und Soziationen verantwortlich gemacht werden, dies gekoppelt mit dem Wasserhaushalt des Standorts. *Carex limosa* besiedelt im Untersuchungsraum inbezug auf den Basengehalt des freien Moorwassers die ganze Bandbreite des ökologischen Spektrums. Kennzeichnend für den Standort von *Carex limosa* auf Schwingrasen in den Schweizer Alpen sind weniger kationenarme, saure Umweltbedingungen, sondern vielmehr ganzjährig hohe Wasserstände und ein stagnierender Wasserkörper.

Wie YERLY (1970) zeigen konnte, wurzelt die mit einem leistungsfähigen Aerenchym ausgestattete *Carex limosa* zum Teil sehr tief und erreicht dadurch Horizonte mit guter Stickstoffversorgung. So zeigt *Carex limosa* bezeichnenderweise keine xeromorphen Strukturen wie die in der Moosschicht wurzelnden Ericaceen.

Bei regelmässiger oberflächlicher Austrocknung, die zeitweise aerobe Verhältnisse und somit eine verstärkte Mineralisation zur Folge hat, gerät *Carex limosa* in Konkurrenz mit weiteren kleinwüchsigen Seggenarten, im Untersuchungsgebiet vor allem *Carex canescens* und *Carex fusca*. Unter dem Einfluss von mobilem Wasser erliegt *Carex limosa* der Konkurrenz der mittelgrossen Seggen *Carex rostrata* und *Carex diandra*. Welches dafür schlussendlich der entscheidende Faktor ist bzw. welche Nährionen limitierend wirken, bleibt noch abzuklären.

ZUSAMMENFASSUNG

Die vorliegende Arbeit gibt einen Überblick über die Vegetation und den Standort von Schwingrasen in der Schweiz. Das eigentliche Untersuchungsgebiet beschränkte sich auf den Alpenraum.

Die Untersuchungsobjekte liegen zwischen 1200 und 2400 m/M, 70% zwischen 1450 und 2050 m/M. Von den über 200 Vegetationsaufnahmen von ca. 50 verschiedenen geographischen Lokalitäten ist der grösste Teil ins *Caricetum limosae* s.l. zu stellen. An der Front von Schwingrasen mesotropher Seen kann sich ein *Caricetum diandrae* ausbilden.

Für die Entnahme von Moorwasserproben wurden sieben verschiedene Lokalitäten mit Schwingrasenverlandung je zweimal aufgesucht. Insgesamt wurden ungefähr 4500 Messun-