

<b>Zeitschrift:</b>	Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft Solothurn
<b>Herausgeber:</b>	Naturforschende Gesellschaft Solothurn
<b>Band:</b>	26 (1973)
<b>Artikel:</b>	Soziologisch-ökologische Untersuchungen im Naturschutzgebiet Burgmoos (Bern-Solothurn)
<b>Autor:</b>	Aeberhard, Fritz
<b>DOI:</b>	<a href="https://doi.org/10.5169/seals-543294">https://doi.org/10.5169/seals-543294</a>

### **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:** 07.02.2026

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

FRITZ AEBERHARD

---

SOZIOLOGISCH-ÖKOLOGISCHE UNTERSUCHUNGEN  
IM NATURSCHUTZGEBIET BURGMOOS  
(BERN-SOLOTHURN)



SOZIOLOGISCHE-ÖKOLOGISCHE  
UNTERSUCHUNGEN IM  
NATURSCHUTZGEBIET BURGMOOS  
(Bern-Solothurn)

Von  
FRITZ AEBERHARD



# INHALTSVERZEICHNIS

---

Vorwort . . . . .	7
Einleitung . . . . .	9
1. Problemstellung und Methode . . . . .	11
2. Beschreibung des Untersuchungsgebietes . . . . .	13
3. Beschaffung ökologischer Grundlagen . . . . .	15
3.1 Wärmeklima . . . . .	15
3.2 Niederschlag, Wasserhaushalt . . . . .	20
3.3 pH-Messung . . . . .	24
3.4 Calciumbestimmung . . . . .	26
3.5 Korrelation des Calciumgehaltes mit der Leitfähigkeit . . . . .	28
(Statistische Beurteilung der Beziehung zwischen ph-Wert, Leitfähigkeit und Ca <sup>2+</sup> -Gehalt)	
3.6 Magnesiumbestimmung . . . . .	31
3.7 Stickstoffbestimmung . . . . .	32
3.8 Phosphorbestimmung . . . . .	38
4. Soziologischer Teil . . . . .	41
4.1 Aufnahmen . . . . .	41
4.2 Auswertung der Transsektorergebnisse . . . . .	42
4.3 Die Gesellschaften und Varianten des Moores . . . . .	43
5. Beurteilung des ökologischen Wertes der gemessenen Faktoren . . . . .	51
5.1 Erläuterungen zur Auswertung . . . . .	51
5.2 Zuordnung der Arten und Artkombinationen zu den Meßwerten . . . . .	53
6. Diskussion und Ausblick . . . . .	57
7. Zusammenfassung . . . . .	63
8. Anhang . . . . .	67
1. Figuren . . . . .	67
2. Tabellen . . . . .	90
9. Literaturverzeichnis . . . . .	103



## Vorwort

---

Im Frühling 1964 machte mir Herr Professor Dr. M. WELTEN die Anregung, das Reservat Burgmoos zu bearbeiten. Unter seiner Leitung entstand die vorliegende Untersuchung. Für die stete Unterstützung und das rege Interesse, mit dem der verehrte Lehrer die Arbeit verfolgte, danke ich ihm sehr herzlich.

Ebenso spreche ich Herrn Dr. O. HEGG für die Hinweise speziell in soziologischen Fragen und Herrn Dr. H. P. THÖNI für die Auskunft in statistischen Belangen den besten Dank aus.

Herrn Direktor U. SIEBER, Herrn Dr. M. RUTISHAUSER und meinem lieben Freund Herrn Dr. H. BUCHER von der Cellulosefabrik Attisholz danke ich ebenfalls verbindlich. (Herr Dr. H. Bucher ist leider inzwischen am 12. April 1971 verstorben.) Sie stellten mir die Meßapparate zur Verfügung und gestatteten, daß mir ihre analytische Abteilung Analysen durchführte. Dem Chef dieser Abteilung, Herrn F. ZURSCHMIEDE, und den Laborantinnen danke ich für ihre wertvolle Mitarbeit.

Herrn Oberst LÖPFE, Chef des Luftaufklärungsdienstes der Armee, danke ich sehr für die mir überlassenen Luftaufnahmen des Untersuchungsgebietes.

Mit in den Dank schließe ich die vielen begeisterten jugendlichen und erwachsenen Mitarbeiter ein, die mir durch Handreichungen manches erleichtert haben.

Spezieller Dank gebührt Herrn Dr. H. LEDERMANN, Präsident der Naturschutzkommission der Naturforschenden Gesellschaft Solothurn, Herrn Dr. E. STUBER für seine Bemühungen, den Kuratoren des Naturschutzgebietes und der Solothurnischen Naturschutzkommission für ihr Interesse und die Unterstützung meiner Arbeit.

Sehr zu bedanken habe ich mich ferner bei den Kantonsregierungen Bern und Solothurn, die durch großzügige Zuwendungen den Druck meiner Arbeit ermöglichten.

Zu herzlichem Dank verpflichtet bin ich meiner lieben Frau, die mir mit viel Verständnis und treuer Mitarbeit zur Seite stand.



## Einleitung

---

Über den in der Nähe gelegenen Burgäschisee und seine Umgebung wurde verschiedentlich wissenschaftlich berichtet. Im Jahre 1910 verfaßte PROBST ein Verzeichnis der Flora des Untersuchungsgebietes. Zur selben Zeit veröffentlichte MÜHLETHALER eine Studie der *Desmidiaceenflora* des «Chlepfiboomooses», wie das Moor wegen der häufig darin anzutreffenden Moosbeere (*Oxicoccus quadripetalus*) im Volksmund heißt. 1949 publizierte VON BÜREN eine eingehende Untersuchung über den Burgäschisee mit Hinweisen auf die Genesis der Moränenwannen des Mittellandes. WELTEN (1947 und 1955) beschrieb aufgrund von pollenanalytischen Untersuchungen die spät- und postglaziale Vegetationsgeschichte dieses Gebietes, deren Endfolge uns heute beschäftigt. Endlich veröffentlichte HÖHN (1963) eine kurze pflanzensoziologische und zoologische Arbeit über das Moor.

Das Naturschutzreservat «Burgmoos» liegt 3 km südwestlich von Hergenbuchsee, auf der Hauptstraße Olten–Bern bequem erreichbar.



## 1. Problemstellung und Methode

---

Das weitgefaßte Thema einer Beschreibung des Reservates «Burgmoos» wurde aufgrund meiner Vorliebe für die physikalisch-chemische Denk- und Arbeitsweise eingeschränkt auf die Erforschung der Umweltfaktoren in ihrer Beziehung zur lebenden Natur. Von der Grundlage systematischer physikalisch-chemischer Messungen ausgehend, versprach ich mir den erfolgreichen Zugang zur vertieften Einsicht in die Komplexität der Lebensformen und -strukturen der Moorvegetation. Mein Arbeitsgebiet ist also Ökologie.

Das Ziel dieses Vorgehens bestand darin, aus der Vielfalt der Umweltfaktoren einen einzelnen oder mehrere isoliert zu betrachten und seinen oder ihren ökologischen Wert zu erkennen, zu wissen also, ob dieser Faktor entscheidend ist für das Vorkommen einer Art oder Artkombination, oder ob es sich bloß um eine einflußlose Variable handelt. Um der Lösung dieser Aufgabe möglichst unbefangen entgegentreten zu können, behielt ich mir das Studium ähnlicher und bereits publizierter Untersuchungen für den Zeitpunkt der Diskussion meiner eigenen Resultate vor. Dieses Vorgehen ist im Sinn der heutigen wissenschaftlichen Forschung verpönt, hat vielleicht auch den Nachteil, daß anderwärts bereits erkannten Zusammenhängen neu nachgegangen wird, besitzt aber den Vorteil, daß schablonenhafte Voraussetzungen tunlichst vermieden werden. Die Komplexität biologischer Erscheinungen rechtfertigt eine solche Grundeinstellung.

Erste Beobachtungen im Untersuchungsgebiet, die durch bestimmte Artvorkommen deutlich geprägte Zonen erkennen ließen, und die gute Aussicht, mit exakten Methoden Substratuntersuchungen des Moorwassers auszuführen, bestärkten den Entschluß, Meßgrundlagen veränderlicher Faktoren über große Teile des Moores zu schaffen.

Nach den mir zu Gebote stehenden Analysen- und Meßmöglichkeiten beschränkte ich mich darauf, folgende potentielle ökologische Faktoren messend zu verfolgen:

1. Die Lufttemperatur und -feuchtigkeit.
2. Die Bodentemperatur.
3. Die Wasserstoffionenkonzentration.
4. Die  $\text{Ca}^{2+}$ -Konzentration.
5. Ammoniumstickstoff ( $\text{NH}_4^+$ ), Nitratstickstoff ( $\text{NO}_3^-$ ) und Phosphor in Form von Orthophosphat ( $\text{PO}_4^{3-}$ ).

Diese nur zum Teil durch die technischen Möglichkeiten bedingte Auswahl war auch durch die Beobachtung gestützt, daß mit gewissen Randeinflüssen von mineralhaltigem Wasser gerechnet werden mußte, die sich in pH- und  $\text{Ca}^{2+}$ -Gehaltsgefällen ausdrücken würden.

Nach all diesen Überlegungen und in Anbetracht der gegebenen Mittel ergaben sich folgende Probleme:

1. Welche dieser Umweltfaktoren wirken sich auf die Moorvegetation des Burgmooses ökologisch differenzierend aus?
2. Welche dieser ökologischen Faktoren sind für das Vorkommen und die topographische Anordnung von Einzelarten und Artgarnituren maßgebend?
3. Mit welcher Eindeutigkeit bilden sich auf dem Meßraster eines ökologischen Faktors soziologische Strukturen ab?

## 2. Beschreibung des Untersuchungsgebietes

---

Das Burgmoos ist eine Geländewanne, 465 m ü. M., mit flachen Moränenrändern. Sie gehört zu den Bildungen des Rhonegletschers, der die Talrinne des Aeschisees in SW-NE Richtung ausgehobelt hat. Nach Ansicht des Geologen NUSSBAUM (1910) blieb ein Gletscherlappen längere Zeit auch in dieser Talrinne stehen und hat dann beim Rückzug die Aeschiseesenke und das durch einen Moränenzug getrennte Burgmoosbecken gebildet. Dabei bildeten offenbar Endmoränen durch Stau des Schmelzwassers Wasseransammlungen. Wie weit Toteisklöte an der besonderen Form der Wannen mitgewirkt haben, lässt sich schwer ermitteln. Die einst offene Wasserfläche des Burgmooses ist heute gänzlich verlandet.

Eine Übersichtsskizze zeigt die geographische Lage des Gebietes (Fig. 1).

Das Moor steht, wie auch die Umgebung des Aeschisees, unter Naturschutz und wird durch die Naturschutzkommission des Kantons Solothurn betreut. Die Kantongrenze verläuft diagonal durch das Reservat, wobei der östliche Teil zur bernischen Gemeinde Oberönz gehört.

Der größere, rund 300 m lange und 150 m breite Nordteil des Moores ist allseitig mit einem Randgehölz, vor allem aus Erlen- und Weidenbeständen, umgeben (vgl. Übersichtsphoto Fig. 2).

Ein 1-10 m breiter auffälliger Streifen von Großeggen und Sträuchern bildet außen herum einen Übergangssraum zum Kulturland der allseitig ansteigenden Moränenhänge.

Die offene Moorfläche steht, abgesehen von kleinen Pinusgruppen, ver einzelnen Fichten, Alnusbüschen und Birken, nahezu baumlos da.

Durch einen Fichtenbestand gelangt man in den zum Nordteil etwas abgewinkelten kleineren südlichen Moorteil. Vor der Seeabsenkung um 2 m im Jahre 1943 wurde dieser – und oft das ganze Gebiet – bei ergiebigen Niederschlägen oder zur Zeit der Schneeschmelze vom See her überschwemmt. Der noch in meiner Kindheit fast baumlose Südteil (vgl. von BÜREN, photographische Aufnahme 1927) ist heute ein im Entstehen begriffenes Waldhochmoor. Den Abschluß im Süden bildet eine Strauch- und Waldlandschaft, die wohl als Übergang zu einem Erlenbruch gewertet werden darf.

In der vorliegenden Untersuchung beschränkte ich mich vor allem auf den offenen, nordöstlichen Moorteil, die größere von SW nach NE gerichtete Moorfläche.

Beachtenswert ist, daß keine Verbindung besteht zwischen dem Becken des Sees und der Wanne des Moores. Um über den Untergrund und die Wan nenform Aufschluß zu erhalten, wurden in 7 Transsekten Profilbohrungen vorgenommen. Das Resultat dieser Bohrungen vermittelt Fig. 3. Die Ge

ländemulde ist mit einer bis über 2 m dicken Seetonschicht ausgekleidet. Die Dicke dieser Lehmschicht nimmt gegen die Ränder hin ab. Sie ließ sich wegen der Zähigkeit des Materials und der mir zu Gebote stehenden Bohrwerkzeuge nicht endgültig bestimmen.

Der Ostrand des Beckens besitzt geringere Neigung als der Westrand, der schroff absinkt. Die größte Tiefe erreicht der Lehmgrund in der Mitte (15–16 m). Diese Lehmdichtung scheint absolut wasserundurchlässig zu sein. Darauf ruhen kompakte Dy- und Gytjaschichten unterschiedlicher Mächtigkeit mit darüberlagernden Wasserhorizonten. Auf einer 2–4 m dicken wässerigen Torfschicht, der eigentlich tragenden Decke, wächst die Vegetation. Mit diesen Bohrungen ist wahrscheinlich gemacht, daß ein Fremdwassereinfluß vom Untergrund her, als Moränengrundwasser zum Beispiel, ausgeschlossen werden darf.

### 3. Beschaffung ökologischer Unterlagen

---

#### 3.1 DAS WÄRMEKLIMA

Von Wichtigkeit für die Erfassung von Standortsfaktoren erschien in erster Linie die Messung von Temperaturen. Gemessen wurden der Temperaturgang und die Feuchtigkeit der untern Luftschichten mit einem registrierenden Gerät (Thermohygrograph Typ D.R.P. 253, W. Lambrecht, Göttingen) in 20 cm Höhe über Grund und der Temperaturgang auf einer Transsektlinie durch das Moor während eines Sommertages in zwei Bodentiefen. Die dritte Messung galt der Ermittlung von Mitteltemperaturen mit der Zuckerinversionsmethode von PALLMANN (1940) über längere Zeit.

Das Verhalten des Bodenklimas auf 20 cm Höhe konnte in Ermangelung weiterer Instrumente nur an einem Standort verfolgt werden. Zum Schutz des Apparates gegen unbefugten Zugriff schien der schilfbewachsene Moorteil geeignet. Man muß daher bei diesen Angaben den nicht sehr dichten Schilfbewuchs in Rechnung stellen.

Erwartungsgemäß fällt das Temperaturminimum der bodennahen Luftschichten dieser Meßstelle in die Zeit vor Sonnenaufgang. Die Höchsttemperatur wird in den frühen Nachmittagsstunden festgestellt.

Der steile Temperaturkurvenanstieg bis Mittag, das Verweilen im flachen Kulminationsteil und der langsamere Abfall auf die Nachttemperatur wiederholt sich regelmäßig mit einer Skalaverschiebung im jahreszeitlichen Wechsel.

Bei bedecktem Himmel verläuft die Temperaturkurve analog, lediglich mit gedämpfter Amplitude. Vergleichsmessungen auf der Anhöhe der Moräne zeigen dort ausgeglicheneren Tagesgang als die Messungen in der Niederung des Moores.

Für das Lokalklima dieses Gebietes mag auch die Abschirmwirkung des strauch- und baumbestandenen Randgürtels Bedeutung haben. Der Zustrom kühler Luft aus der Umgebung wird zumindest stark gehemmt.

Die relative Feuchtigkeit der Luftschicht in Bodennähe reagiert rasch auf Temperaturänderungen. Mit großer Regelmäßigkeit sinkt der Feuchtigkeitsgehalt zur Zeit der Temperaturmaxima meist unter 50 %. Beim Absinken der Temperatur wird die Sättigung der Luft mit Wasserdampf rasch wieder erreicht, wodurch die relative Feuchtigkeit hohe Werte, meist 100 %, annimmt.

Die Vegetation beantwortet den hohen Feuchtigkeitsgrad und die tiefere Umgebungstemperatur der Luft im Vergleich zum Boden mit der aktiven Ausscheidung von Wasser. Solche Guttationserscheinungen sind häufig zu beobachten (ELLENBERG, Band IV/2, S.512).

Die Zeitspanne, in der die relative Feuchtigkeit auf 30–50 % abfällt, ist kurz und bewegt sich zwischen 12–15 % der gesamten Beobachtungsdauer. In der übrigen Zeit ist der Feuchtigkeitsgehalt – besonders in den kalten Herbst- und Wintermonaten – sehr hoch, oft über längere Zeit 100 %.

Im Diagramm (Fig. 4) wird versucht, ein Bild über den Temperaturverlauf der Bodenluftschicht in der schilfbestandenen Moorfläche zu geben. Pro Monat sind zwei sechstägige Perioden in der Weise ausgewählt, daß eine Folge von Tagen möglichst hoher und eine solche von Tagen tiefer Temperaturen zur Darstellung gelangte.

Die obere Grenze der Balken ist der Mittelwert der maximalen Tagestemperatur der 6 Tage, die untere Begrenzung ist der gemittelte Tiefstwert der 6 Nachttemperaturen. Die Balkenlänge entspricht dem Temperaturintervall, dem die Vegetation durchschnittlich während 24 Stunden in der Meßperiode ausgesetzt war.

An einzelnen Tagen sind selbstverständlich häufig wesentlich extremere Temperatursprünge zu beobachten, als sie Fig. 4 vermittelt.

Diesen dynamischen Temperaturgang machen auch die obersten Schichten des Moorbodens mit. In einem Transsekt quer durch das Moor wurden an einem Sommertag, am 4./5. August 1965, an 12 Meßstellen mit Quecksilberthermometern in zwei Bodentiefen in den in Fig. 5 angegebenen Zeitintervallen Bodentemperaturen festgestellt.

Der viel ruhigere Kurvenverlauf in 30 cm Bodentiefe ist offensichtlich.

Die Strahlungsschirmwirkung des westlichen Weidengebüsches und des östlichen Waldstreifens gibt sich an den erheblich tieferen Temperaturen im Vergleich zur offenen Moorfläche und den unbewachsenen Rändern außerhalb des Moores deutlich zu erkennen. Es scheint, daß im hochstämmigeren Randholz die Abkühlung durch Luftzirkulation wirksamer ist als beim geduckten, auch seitlich abgeschlossenen Weidengebüsch.

Um einen Überblick über Durchschnittstemperaturen für längere Beobachtungsdauer zu erhalten, wurde die Temperaturbestimmung mit der Zuckerinversionsmethode nach PALLMANN (1940), SCHMITZ und VOLKERT (1959/1964) angewandt.

Dies ist eine reaktionskinetische Temperaturmessung, auf der Rohrzuckerhydrolyse beruhend. Gemessen wird die Drehwinkeländerung als Funktion der Temperatur und Zeit bei bestimmtem pH-Wert.

Das Zeitintervall der Messung läßt sich mit dem pH-Wert einstellen, da der Reaktionsvorgang auch von der Wasserstoffionenkonzentration abhängig ist. Durch Umrechnung erhält man einen Mittelwert der Temperatur über die Zeitspanne der Exposition. Dieser Wert liegt etwas höher als der arithmetische Mittelwert, eine Folge der Nichtlinearität der Reaktionsgeschwindigkeit zum Temperaturverlauf. Unter sich sind indes die Meßwerte durchaus vergleichbar.

Die Zuckerlösung wurde nach Vorschrift angesetzt und durch entsprechenden pH-Wert auf die gewünschte Meßdauer eingestellt. In starkwan-

dige Reagenzgläser abgefüllt, wurden die Meßgläser eisgekühlt transportiert und dann in Tiefen von 10–15 cm, bzw. 25–30 cm in waagrechter Lage in den Boden verlegt.

Folgende Meßserien wurden ausgelegt:

1965 .....	21. 4. – 27. 7.	97 Tage	25 Meßstellen
1966 .....	7. 4. – 15. 7.	99 Tage	35 Meßstellen
1966 .....	12. 4. – 16. 7.	95 Tage	35 Meßstellen
1966 .....	23. 4. – 3. 10.	162 Tage	30 Meßstellen
1966 .....	29. 4. – 3. 10.	156 Tage	20 Meßstellen
1966 .....	13. 5. – 3. 10.	143 Tage	20 Meßstellen
1966 .....	18. 7. – 3. 10.	76 Tage	11 Meßstellen
1966 .....	9. 11. – 7. 4. 1967	150 Tage	40 Meßstellen
1967 .....	12. 4. – 8. 11.	210 Tage	48 Meßstellen

264 Messungen

Von der anfänglich etwas weitgesteckten Planung der Temperaturfeldmessung ist nur ein Teil der Proben berücksichtigt worden. Doch ergeben sich gute Anhaltspunkte für die Temperaturmittelwerte dieses engen Untersuchungsgebietes, wobei sich zum Vergleich die langfristige Winterserie (November 1966 bis April 1967) und die Sommermessung (April 1967 bis November 1967) besonders eignen.

Das Ergebnis der PALLMANN-Messungen vermittelt Fig. 6. Die Mehrzahl der Meßstellen verläuft in einer Transsektlinie. An den dargestellten Temperaturwerten lassen sich sehr schön die Einwirkungen unterschiedlicher Bewachsung verfolgen. Die Meßstandorte liegen: Auf dem westlichen Moränenzug (1), in der Pufferzone Kulturland/Moor (2), im Weidengebüschen (3), am Rand der Moorfläche (4), in der Moormitte (5), am östlichen Moorrand (6), im Randgehölz (7), in der Naßwiese (8) und in der ansteigenden weiter östlich gelegenen Waldparzelle (9). Diese Anordnung war so gewählt worden, um erst einmal einen Überblick über das Temperaturfeld zu gewinnen. Von diesen Meßorten interessieren nun besonders die Standorte in der offenen Moorfläche. Dieser Lage entsprechen die Meßstellen 4, 5, 6 (wobei 4 und 6 nicht frei sind von gewissen Randeinflüssen) und die zu diesen parallelen Proben 10, 11, 12. Dazu rechnen darf man auch die mit den Nummern 13 und 14 bezeichneten Meßstandorte. Um die Einwirkung des Windzutritts zu demonstrieren, wurden zudem die Werte der ganz im Norden gegen das offene Gelände verlegten Meßproben (15) dargestellt. Aus den in der Graphik festgehaltenen und weitern Messungen ergeben sich folgende Aussagen:

1. Die Temperaturdifferenz zwischen den Meßstellen in 10–15 cm und 25–30 cm Tiefe betragen im Mittel  $1,14^\circ$  für das Sommerhalbjahr und  $0,54^\circ$  für das Winterhalbjahr. Dabei sind die tiefer liegenden Meßstellen

im Winter wärmer, im Sommer um den doppelten Betrag kühler als die obere.

2. Wenn wir den Wurzelboden der Moorpflanzen im Intervall von 10 bis 15 cm Bodentiefe als Obergrenze und 25–30 cm als Untergrenze annehmen und das Temperaturmittel dieser Horizonte für das Sommer- und Winterhalbjahr rechnen, ergibt sich ein Temperaturjahresdurchschnitt von 9,9° C.

Da zu Beginn dieser Temperaturmessungen die Übersicht über die soziologische Struktur fehlte, konnten die Meßstellen zu wenig nach diesen Gesichtspunkten verteilt werden. Die ökologische Wirkung der gemessenen Temperaturdifferenzen konnte daher nicht ausgewertet und beurteilt werden. Zum Verständnis des speziellen Moorklimas verdienten zusammenfassend noch folgende Gesichtspunkte Erwähnung.

Oft beobachtet wurden abrupte Temperaturveränderungen im Moorgebiet im Verlauf weniger Stunden. Am ausgeprägtesten war diese Feststellung an Spätsommertagen in der Abenddämmerung beim fast momentanen Auftauchen ganz niedriger Bodennebel unter etwa 1 m Höhe. Die Geländemulde liefert mit den sanft ansteigenden Moränenhängen die Voraussetzung für die Bildung eines Kältesees. Wie typisch die Neigung solcher Bodenformen zu Temperaturinversionen ist, beschreibt HÖHN (1963, S.8). Besonders starke Reifbildung in den umliegenden Wiesen wurden auch von mir gelegentlich bis weit in den Sommer hinein beobachtet.

Man darf sodann nicht übersehen, daß das ganze Moorgebiet auf einem mächtigen Wasserkörper ruht, dessen Temperatur sehr ausgeglichen ist. Die wohl entscheidende Rolle für den Wärmehaushalt des Moores spielt die Struktur des wasserdurchtränkten, porösen Torfmoorbodens mit der zum Teil sehr unterschiedlichen Bewachsung. Grundsätzlich bedeutungsvoll ist die Feststellung, daß während der Vegetationszeit ein starker Gegensatz zwischen hohen Oberflächentemperaturen und der viel tieferen Temperatur des Wurzelbodens besteht. Gar oft wurde beim Verlegen der PALLMANN-Röhrchen, selbst noch an warmen Sommertagen, die Temperatur des Wassers in tiefen Bodenschichten an den Händen als unangenehm kalt empfunden.

Hier kommen die physikalischen Gesetzmäßigkeiten der Strahlungs- und Wärmeleitvorgänge zur Geltung, wie sie WALTER (1960, S.32) beschreibt.

Der moosbedeckte Oberboden bildet mit der bodennahen Luftsicht ein Wärmeaustauschsystem, indem überdies die Höhe des Wasserspiegels eine Rolle spielt. Dort, wo der Wasserspiegel nahe der Oberfläche liegt, treten an der Grenzschicht Luft/Wasser zufolge der großen spezifischen Wärme des Wassers und der viel kleineren der bewachsenen Bodenoberfläche scharfe Temperaturgegensätze auf. Der täglich intensiven Einstrahlung mit außerordentlicher Temperaturerhöhung der oberflächlichen Bodenschichten steht die große Verdunstungsfläche mit starker nächtlicher Abkühlung gegenüber. Tatsächlich ist der Grundwasserstand das ganze

Jahr hindurch sehr hoch und darum für das Temperaturklima der Vegetation von großer Bedeutung.

Im Winter kann das ganze Moor, wenn es nicht mit Schnee bedeckt ist, mit einer tragenden Eisschicht oberflächlich gefroren sein. Bei Schneedeckung ist die Begehung erschwert, weil der Fuß durch den Schnee in den Moorböden versinkt wie im Sommer.

Von einem Interesse ist die Tatsache, daß die Jahresdurchschnittstemperatur des Moorböden  $1,5^{\circ}$  über dem Jahresdurchschnitt der Luft der Wetterstation der Meteorologischen Zentralanstalt in Oeschberg liegt. Nach den Angaben dieser Station betragen die Jahresmittelwerte der Temperatur und Sonnenscheindauer von drei Beobachtungsjahren 1965–1967  $8,37^{\circ}$ .

	1965	1966	1967
Jahrestemperaturmittelwert .....	$7,51^{\circ}$ C	$8,67^{\circ}$ C	$8,94^{\circ}$ C
Sonnenscheindauer .....	1340 h	1548 h	1772 h

Die Station Oeschberg liegt 482 m ü. M. in 13,5 km Luftliniendistanz SW vom Untersuchungsgebiet.

LUMIALA (1945) unterscheidet beim Wärmefaktor zwei Teilstufen (vgl. S. 13). Er spricht an dieser Stelle von einer für das vegetative Wachstum notwendigen «gesamtoptimalen Wärmeamplitude» und von einem für gewisse Pflanzen wichtigen «Kälte»-Optimum mit offenbar spezifischer Wirkung auf die Fertilität. Derselbe Autor verweist sodann auf eine gemeinsame Arbeit mit OKSALA (1943) cit. in LUMIALA (1945): «Bei den arktischen und den alpinen Arten scheint dieser niedrige Optimalwert verhältnismäßig nahe dem 0-Punkt zu liegen, obgleich ihr vegetatives Optimum etwa  $15^{\circ}$  C wäre. Der Einfluß dieses «Kälte»-Optimums mag darauf beruhen, daß bestimmte Reifeteilungsstadien eine in ihrem Betrage ziemlich genau begrenzte, vielleicht nur ganz kurzfristige niedrige Temperatur erfordern, damit die eigentlichen Reifeteilungsprozesse in Gang kommen könnten (OKSALA 1943, S. 25). Es scheint wahrscheinlich, daß auf den Lebensorten, wo dieses «Kälte»-Optimum fehlt, die Pflanzen steril bleiben, obschon bei gleichzeitigem Auftreten des vegetativen Temperaturoptimums die vegetativen Vorgänge der Pflanze normal oder sogar besser als im Optimalgebiet der Fertilität ablaufen.»

Wenn wir auf Fig. 4 zurückgreifen und in den Monaten April und Mai in zwei sechstägigen Perioden Temperaturtiefwerte nahe dem 0-Punkt herauslesen, scheinen für unser Gebiet die Voraussetzungen des oben erwähnten «Kälte»-Optimums gegeben zu sein. Selbst wenn die geschilderte Kältewirkung auf ganz kurzfristigen Tieftemperaturen beruhen sollte, wäre ein solcher Einfluß nach den auf Seite 18 angeführten Spätreifen denkbar.

Da arktische Arten, wie *Epipactis palustris*, *Oxycoccus quadripetalus*, *Parnassia palustris* u.a., unseres Gebietes nach meinen Beobachtungen ausgesprochen fertil sind, ist eine solche Temperatureinwirkung nicht von der Hand zu weisen. Zweifellos ist mit diesen Hinweisen ein lohnendes Thema für vertieftere Untersuchungen angeschnitten.

### 3.2 NIEDERSCHLAG, WASSERHAUSHALT

Mit einem Ombrometer wurden in unmittelbarer Nähe des Reservates die Niederschlagsmengen bestimmt. Die nachfolgende Tabelle vergleicht die gemessenen Niederschläge mit den Werten der Wetterstation der Meteorologischen Zentralanstalt in Oeschberg.

Jahr	1965	1966	1967
Burgmoos .....	1327 mm	1218 mm	856 mm
Oeschberg .....	1333 mm	1157 mm	888 mm

Die aufgezeigten Niederschlagsmengen sind der eine und wesentliche Teil der Wasserversorgung des Gebietes. Neben der Wasserversorgung durch Niederschlag wird das Moor, besonders seit der Drainage der Randgebiete im Zuge der Melioration, mit minerotrophem Wasser beschickt.

Das Hauptquellgebiet des Moränengrundwassers liegt in der Nordostecke. Ein Drainagesammler überläuft bei langandauernden oder heftigen Niederschlägen. Außerdem ist bei der Abteufung der Sammlerröhren die Lehmwanne örtlich verletzt worden, wie der Wasseraufstoß in der Umgebung des Senklochs anzeigt. Das Wasser überschwemmt dann vorerst das erlenbruchartige Randgehölz und ergießt sich in die offene Moorfläche. Da die Moorfläche in südlicher Richtung leicht ansteigt, ist die Überflutung auf den Nordteil beschränkt. Dagegen zieht sich längs der Ostseite des Moores eine bachartige Rinne hin, die dann mit Wasser gefüllt ist. Doch liegt zwischen dieser und dem Moor der erhöhte Rand, der mit Erlen, Eschen, Birken, Eichen, Fichten und Gebüschen bewachsen ist. Es ist wahrscheinlich, daß dieser Riegel einen Einfluß von Moränenwasser auf das Moor verhindert, wie auch pH- und Leitfähigkeitsmessungen bestätigen.

Wiederholt beobachtete ich – jedenfalls nach Platzregen – eine Wasserbewegung gerade in entgegengesetzter Richtung aus dem Moor in diesen Gräben.

Um den Einfluß des durch menschliche Kulturmaßnahmen geschaffenen Quellbereichs in der Moorfläche zu untersuchen, waren Strömungsversuche geplant. Speziell die Durchlässigkeit und Leitfähigkeit des Torfkörpers für dieses minerotrophe Wasser waren von Interesse. Erwogen wurde die Mar-

kierung des Quellschachtes mit Tritium, um durch Intensitätsmessungen den Verlauf des Wassers im Torfkörper zu verfolgen.

Aus finanziellen Gründen und wegen umständlicher Sicherheitsbestimmungen mußte dieses Projekt aufgegeben werden. Eine Abklärung dieser Frage durch Wasserfärbung wurde auch geprüft. Die großen Schwierigkeiten der Entnahmetechnik von Wasserproben bei dieser hochempfindlichen Methode hielten mich ab, in dieser Weise vorzugehen, abgesehen davon, daß die Ergiebigkeit des Quellschachtes, die man kennen muß, inkonstant, schwer abzuschätzen und nicht meßbar ist.

Die Markierung des Wassers mit einem leicht dissoziierbaren Salz, zum Beispiel NaCl, um aus einfach festzustellenden Leitfähigkeitsänderungen die Strömungsverhältnisse abzuklären wurde ebenfalls erwogen, wegen einer Verfälschung von notwendigen Messungen zu anderem Zweck aber wieder fallengelassen.

Eine weitere Möglichkeit, die Strömung im Torfkörper durch empfindliche Temperatursonden festzustellen, wurde in der Weise realisiert, daß durch ein Gußrohr heißes Wasser in den Torfboden gebracht wurde. Symmetrisch zu diesem Rohr wurden in verschiedenen Versuchen mit immer kleiner werdendem Abstand (von 1 m bis 10 cm) zwei Sonden eingesenkt. Falls eine meßbare Strömung vorhanden ist, müßte eine der Sonden früher eine Temperaturerhöhung anzeigen als die andere. Die Temperaturmessung erfolgte mit NTC-Widerständen in Brückenschaltung. Zur Anwendung gelangte NTC-Philips, Typ P/1 K<sub>3</sub>.

Das Resultat dieses Versuchs war negativ, da der Torfkörper einen sehr großen Strömungswiderstand besitzt und die Wärmekapazität des Heißwassers zu klein war, um einen Effekt abzugeben. Man darf indes annehmen, daß eine eigentliche Strömung, wie sie gelegentlich an der Oberfläche feststellbar ist, tiefer im Moorkörper keine großen Beträge erreicht.

Daß sich dennoch in der Torfdecke auch in größerer Tiefe ein Konzentrationsgefälle an minerotrophem Wasser im Laufe der Jahre zu bilden vermochte, wird später aufgrund der pH- und Leitfähigkeitsmessungen gezeigt werden. Offenbar muß ein kaum nachzuweisender horizontaler Wassertransport aufgrund kapillarer Effekte durch den sehr porösen Torfkörper angenommen werden, der sich wohl im Verlaufe langer Jahre allmählich vollzieht und vollzogen hat. Es ist anzunehmen, daß der aufgeführte Grund für das vorhandene Konzentrationsgefälle nicht nur in Kapillareffekten besteht, sondern daß andere Erscheinungen wie Ionenaustausch im Torfkörper, Aufnahmen von Nährstoffen durch die Pflanze und andere Faktoren eine Rolle spielen. Für horizontale Wasserverschiebung wird auch ungleiche Verdunstung über der Moorfläche Bedeutung haben. Ein durch erhöhte, lokale Verdunstung bewirktes Wasserdefizit wird einen Wasserzufluss aus benachbarten Moorbezirken zur Folge haben. Diese ohne eingehende Erforschung schwer überblickbaren Wasserbewegungen müßten Gegenstand einer besonderen Untersuchung sein.

Außer dem oben beschriebenen Sammler im Hauptquellgebiet befindet sich ein solcher auch im Nordwesten. Sein Einfluß darf aber vernachlässigt werden, weil er sehr selten überläuft. Ähnlich verhält es sich mit einem neu erstellten Senkloch im SE. Dieses entwässert eine kleine, 100 m östlich an erhöhter Stelle der Moräne gelegene Parallelwanne zum Burgmoos. Sicher hat schon immer ein gewisser Anfall von Oberflächenwasser der umliegenden Randmoränen besonders den Moorrücke beeinflußt. Diese neuen, ergiebigen Moränenwasserlieferanten der Drainage dürften indes mindestens lokal die Versorgung mit minerotrophem Wasser intensivieren.

Die Speisung des Moores mit Regenwasser einerseits und der Zufluß von Mineralbodenwasser andererseits kennzeichnen die hydrographische Situation des Untersuchungsgebietes, wobei unter Mineralbodenwasser jegliches Wasser zu verstehen ist, das einen von Regenwasser (oder von dem ausschließlich und direkt aus der Atmosphäre gespeisten Moorwasser) wesentlich abweichenden, das heißt in Flora oder Vegetation manifestierten Chemismus besitzt (vgl. ALETSEE, 1966, 1. Teil, S. 125).

Da aus der vorangehenden Beschreibung eine gewisse Differenzierung hinsichtlich der Art der Wasserzufuhr hervorgeht, ist vorauszusehen, daß die nördlichen Zonen und Ränder des Moores vorwiegend minerotrophe Standorte sind und sich vom zentraleren, mehr ombratropfen Gebiet chemisch und in der floristischen Zusammensetzung der Vegetation deutlich unterscheiden. Der bemerkenswerte, dem Besucher auffallende Hochmooranflug, mit typischen Arten eines Regenwassermoorstandortes, geht peripher in oligominerotrophe Randgebiete über, mit entsprechender typischer Artengarnitur. Es handelt sich im Sinne von ALETSEE somit um einen Moorkomplex, indem hier zwei Standorttypen ein hydrographisch mehr oder weniger geschlossenes landschaftsökologisches System bilden.

Wenn wir das zusammenhängende weinrote *Sphagnum medium*-Polster als repräsentativen Zeiger eines ombratropfen Standortes sehen, dann ist dieses Ökosystem recht scharf vom oligominerotropen Moorgebiet abgegrenzt. Aus der kontinuierlichen Zunahme von Mineralbodenwasserzeiger-Arten gegen Nordosten und allgemein nach den Rändern hin, läßt sich die stetige Zunahme des minerotropen Einflusses erkennen.

In Angriff genommen wurde auch die im Zusammenhang mit dem Wasserhaushalt stehende Frage der Wasserstandsschwankungen. Zu diesem Zwecke wurden an verschiedenen Stellen der Mooroberfläche Röhren von 25 cm Lichtweite und 50 cm Höhe eingesenkt. Leider wurden diese Röhren böswillig zerstört, so daß über diese Schwankungen von nur einer Meßstelle berichtet werden kann.

Für die Beobachtungsdauer eines Jahres ergaben sich in der Nähe des Hochmooranfluges im südlichsten Moorgebiet durchschnittliche Schwankungen von 10–20 mm unter und ebensoviel über den mittleren Wasserstand. Dies ist der normale Schwankungsbereich. Die maximale Abweichung betrug einmal 58 mm bei Tiefstand und 47 mm bei Höchststand.

Ein gewittriger Niederschlag von 19,5 mm verursachte an einem Tag eine Erhöhung des Pegels um 10 mm. Andauernder Regen und Schauer vermochten vom 12. Juli bis 18. Juli 1966, also während 6 Tagen, den Wasserstand um 32 mm zu erhöhen. Die Resultate dieser einen Meßstelle genügen leider nicht, um darüber Verbindliches zu sagen. Sie liefern Hinweise, daß Wasserstandsschwankungen vorkommen.

Die Möglichkeit, daß durch Anheben des Wasserstandes das Meßrohr mitgehoben wird, darf nicht außer acht gelassen werden und gab Anlaß, Oberflächenbewegungen vom festen Moränengrund aus mit einem Meßinstrument zu verfolgen. Mit dem mir zur Verfügung gestandenen Nivellierinstrument wurden die Resultate unsicher, weil durch das Betreten des Moores jeweilen Niveauänderungen eintraten. Der Versuch müßte mit einem Theodoliten wiederholt werden und böte auch dann noch Schwierigkeiten in der technischen Durchführung.

Daß Schwankungen des Grundwasserspiegels von ökologischem Interesse sind, führt LUMIALA (1945, S.16) aus: «Bei Untersuchungen des Verhältnisses der Moorpflanzen zum Grundwasserspiegel erscheint es zweckmäßig, das physiologische Verhalten der Pflanzen einerseits zu irgend einer bestimmten relativen Höhe des Wasserspiegels und andererseits zu dessen Schwankungen getrennt zu betrachten. Ein mehr oder weniger stabiler Grundwasserspiegel bewirkt eine Zonation der Pflanzengesellschaften und Pflanzenarten in erster Linie gemäß ihrem Wasserbedarf (für normale Lebensfunktionen) und ihrer Wasser- sowie Sauerstoffbeförderungsfähigkeit, seine Schwankungen wiederum verursachen eine Zonation, je nachdem inwieweit jede Art periodische Dürre oder einen submersen Zustand erträgt.»

Daß Wasserstandsschwankungen den Wärmehaushalt des Bodens nachhaltig beeinflussen und die Temperaturverhältnisse steuern, erwähnt auch MITSCHERLICH (1931, S.522).

Nach diesem Autor wird die Strahleneinwirkung auf den Boden durch die Höhe des Wasserspiegels bestimmt, der das Lufthohlvolumen begrenzt. Daraus resultiert, daß die Höhe des Wasserstandes für die Moorpflanze ökologische Wirksamkeit hat. Mit den vorgenommenen Messungen konnte allerdings keine bedeutsame ökologische Differenzierung nachgewiesen werden, deren Ursache in Wasserstandsverhältnissen gelegen hätte. Es lag deshalb nahe, aufgrund der bereits angeführten Erscheinungen in der Wasserversorgung und der Vegetationsdifferenzierung den edaphischen Faktoren alle Aufmerksamkeit zu widmen.

Die Überlegungen, die sich bei der Wasserversorgung des Moores anstellen ließen, in Verbindung mit den beobachteten Vegetationszonen, gaben Anlaß, auf ein Konzentrationsgefälle ombrotroph-minerotroph zu schließen. Dieses – schien mir – müßte sich vorerst einmal als pH-Wertänderung manifestieren.

### 3.3 pH-MESSUNG

Es stellte sich die Aufgabe, die Wasserstoffionenkonzentration (pH-Wert) als Meßgröße von bedeutendem ökologischem Zeigerwert zu bestimmen. Das geschah mit sehr einfacher Entnahmetechnik. Die wässrige Bodenlösung wurde sorgfältig aus einer Tiefe von 10–15 cm in eine WULFSche Flasche angesogen.

Auf diese Weise entstand bereits im September 1965 ein aufschlußreicher pH-Raster, der erwartungsgemäß Tiefstwerte im Hochmoorteil aufwies und von dort aus konzentrisch und kontinuierlich nach den Randzonen, insbesondere nach Norden, anstieg.

Eine zweite Bestimmung, die im Herbst 1967 durchgeführt wurde, sollte den erhaltenen pH-Status der ersten Messung bestätigen und ergänzen. Diesmal wurde auf stabile und konstante meteorologische Verhältnisse Bedacht genommen. Eine sich aufbauende, dann andauernde Hochdrucksituation vom 7. bis 10. Oktober 1967 erfüllte diese Bedingung. Während dieser Zeit wurden 378 Entnahmen ohne Niederschlag und bei gleicher Witterung ausgeführt. Noch in anderer Hinsicht schien der Zeitpunkt günstig. Im Herbst ist die Zeit der höchsten biologischen Aktivität überschritten. Es stellt sich im Bodenchemismus ein stationärer Zustand ein, der durch den merklichen Temperaturrückgang zusätzlich stabilisiert wird. Dadurch wird die Messung an sich zuverlässiger. Andererseits wären Messungen zur Zeit der höchsten biologischen Aktivität für die Pflanzen bedeutungsvoller.

In parallelen Transsektten von je 10 m Abstand wurden alle 5 m Proben entnommen und in 50-ml-Gläser mit Kunststoffverschluß abgefüllt und in wärmeisoliertem Gefäß transportiert. Auf 20°C Meßtemperatur gebracht, erfolgte die Messung spätestens nach 3 Stunden im analytischen Labor in Attisholz. Gemessen wurde in ruhender Flüssigkeit bei abgesetztem Bodenkörper mit einem Metrohm-pH-Meter, Typ E 187 (Präzisionsmodell). Der Labormessung wurde der Vorzug gegeben, weil bei Feldbestimmungen häufiges, zeitraubendes Nacheichen des Instrumentes unerlässlich ist. Weiter sprachen gegen die Feldmessung mögliche Abweichungen wegen Temperaturinkonstanz. Außerdem erschwerte die Lageabhängigkeit des Gerätes oft eine genaue Ablesung. Und endlich reagiert die Elektrode empfindlich bei geringen Verschiebungen bei der Messung im Boden, was sich ebenfalls auf die Meßgenauigkeit störend auswirken kann. Andererseits verlangt die Laborbestimmung möglichst frühzeitige Messung nach der Entnahme, weil Diffusion von Metallionen aus den Glasbehältern und besonders der unüberblickbare Chemismus solcher Moorwässer Fehler verursachen. Kontrollversuche von Wasserproben zur Abklärung der pH-Konstanz ergaben unterschiedliches Verhalten, in der Regel aber erhebliche Abweichungen mit der Zeit.

Alle pH-Messungen wurden mit einer Meßgenauigkeit  $\pm 0,02$  pH-Ein-

heiten durchgeführt. In Unkenntnis der wirklichen Sachverhalte schien diese Genauigkeit angezeigt. Nachträglich stellte sich heraus, daß eine Genauigkeit von  $\pm 0,1$  pH-Einheiten auch genügt hätte. Es zeigt sich nämlich, daß in meinen Vergleichsmessungen pro Meßstelle durchschnittlich Schwankungen des pH-Pegels im täglichen, jahreszeitlichen und jährlichen Verlauf von 0,1–0,7 Einheiten vorkamen. Um diesen Schwankungen auf den Grund zu gehen, müßte man Entnahmeröhrchen an entsprechender Stelle im Boden belassen und unter Vermeidung jeglicher Bodenbewegung (keine leichte Aufgabe in einem Sumpf!) periodisch Wasser entnehmen. Da andere Abklärungen mehr im Vordergrund standen, habe ich mich mit der bloßen Feststellung der Veränderlichkeit der pH-Werte zufrieden gegeben. Durch Zusammenfassen in größere Werteklassen ließ sich die erwähnte Meßunsicherheit ausgleichen. Durch das Raffen von pH-Werten zu breiteren Klassen bleibt das Konzentrationsbild hinreichend scharf und wird überblickbar (vgl. Fig. 16a, Herbstmessung 1967).

Weitere Untersuchungen waren der Abhängigkeit der pH-Werte von der Bodentiefe gewidmet. Vergleiche dazu Fig. 7: Diagramm I ist die Tiefenmessung an dystroph-ombrotrophem Standort, II stellt die Verhältnisse an oligotrophem Standort mit bereits minerotrophem Einschlag dar; III liegt im Gebiet starken minerotrophen Einflusses in oligo-mesotropher Zone.

Der typische Ausschlag der Kurve I (Hochmoorstandort) nach niedrigeren pH-Werten wenige Zentimeter unter der Oberfläche dürfte auf der Umsetzung abgestorbenen Sphagnummaterials beruhen. Infolge Sauerstoffmangels werden dabei an der Wasserhorizontgrenze Huminsäuren freigesetzt, welche die pH-Verschiebung bewirken. Mit der Eindringtiefe wird der Grund sichtlich basischer.

Die Verschiebung des Diagramms II und III nach der basischen Seite der Skala hängt mit der Wahl der Standorte im Bereich des Kalkwassereinflusses zusammen. Im Gegensatz zu Kurve I erfolgt der Kurvenausschlag in Oberflächennähe hier gegenläufig in Richtung höherer pH-Werte. Der Grund dafür mag das bei Überflutung oberflächlich einströmende Moränenwasser sein, das in geringer Bodentiefe eine Zone höherer  $\text{Ca}^{2+}$ -Konzentration schafft, wodurch die Reaktion basischer wird.

Aus der pH-Verteilung über das Moor hin entnimmt man, daß offenbar die Basizität in engem Zusammenhang mit der Wasserversorgung des Moorgebietes stehen muß.

Der nächste Schritt bestand daher in der Untersuchung des  $\text{Ca}^{2+}$ -Gehaltes des Substratwassers. Es war naheliegend, die basischen Eigenschaften auf die alkalisierende Wirkung des  $\text{Ca}^{2+}$ -Gehaltes zurückzuführen.

### 3.4 $\text{Ca}^{2+}$ - BESTIMMUNG

Weil mir das Auftreten bestimmter Arten im Bereich der basischen Moorreste aufgefallen war, versprach ich mir von der Ausdehnung und Art eines Gefälles im  $\text{Ca}^{2+}$ -Gehalt wertvolle Anhaltspunkte für das Verständnis eines weiteren möglichen ökologischen Faktors. Das vorhandene Vegetationsbild also und die Möglichkeit, mit der modernen Analyse der Komplexometrie die  $\text{Ca}^{2+}$ -Bestimmung mit großer Exaktheit durchzuführen, veranlaßten mich, als nächste Aufgabe das  $\text{Ca}^{2+}$ -Feld systematisch zu bestimmen.

Als Grundlage der  $\text{Ca}$ -Ionenbestimmung wurde die komplexometrische Methode nach SCHWARZENBACH (1965) gewählt. In der Broschüre «Komplexon» der Firma Siegfried AG, Zofingen, sind Titrationen mit Komplexon beschrieben und Arbeitsvorschriften für einige Gemische angegeben. Als Indikator wurde die mit HHSNN abgekürzt bezeichnete Naphthoësäureverbindung verwendet, die einen deutlich erkennbaren, scharfen Farbumschlag von Weinrot nach Blau ergibt. Zur Bestimmung im besonderen fanden sodann die modifizierten Arbeitsvorschriften für Abwasseranalyse der Cellulosefabrik Attisholz Anwendung.

#### *Bestimmung von $\text{Ca}^{2+}$ in $\text{H}_2\text{S}$ -haltigem Wasser*

##### *Reagenzien:*

Komplexon m/10 oder m/100 (III),  
HHSNN 1:100 mit Kochsalz verrieben,  
Triäthanolamin,  
n/1 Salzsäure,  
n/1 Natronlauge,  
Wasserstoffperoxid 30%.

##### *Ausführung der Bestimmung:*

- 100 ml der überstehenden Flüssigkeit (pH 4–6,5) in einen 300 ml Erlenmeyerkolben abmessen;
- n/10 HCl zusetzen bis pH 1 (meistens genügen 10 ml);
- 1 ml Wasserstoffperoxid beifügen;
- Lösung erhitzen und während 5 Minuten auf Siedehitze halten;
- auf Zimmertemperatur abkühlen, mit destilliertem Wasser auf etwa 150 ml verdünnen;
- 3 Tropfen Triäthanolamin zusetzen;
- n/1 NaOH beifügen bis pH 12 (meistens genügen 30 ml);
- soviel HHSNN zusetzen, bis die Lösung deutlich gefärbt ist;  
mit m/10 oder m/100 Komplexon von Violett nach Reinblau titrieren.

##### *Berechnung der Konzentration:*

1 ml m/10 Komplexon entspricht 4,008 mg  $\text{Ca}^{2+}$ /l.

Die Probeentnahme erfolgte in der im vorangehenden Kapitel beschriebenen Weise. Bei vergleichender Prüfung von pH- und Leitfähigkeitswerten in Moorwasserproben mit  $\text{Ca}^{2+}$ -Analysenergebnissen hatte sich bald heraus-

gestellt, daß die Meßwerte zueinander in enger Beziehung standen. Auf Hinweise ähnlicher Zusammenhänge stieß ich dann auch bei der Durchsicht von Literatur über Untersuchungen an Moorwässern nordischer Sümpfe (MALMERS 1962, Tab. S. 57, LUNDH 1951, S. 124).

Diese Beziehungen für das Wasser des Burgmooses genau abzuklären und die Abhängigkeit der Meßwerte zu erfassen, bildete ein Vorziel meiner Untersuchungsarbeit.

Die elektrische Leitfähigkeit läßt sich infolge ihrer physikalischen Beziehung zum Widerstand rechnerisch aus gemessenen elektrischen Widerstandswerten ableiten. Der entscheidende Schritt besteht darin, die Abhängigkeit zwischen Ca-Ionengehalt und Leitfähigkeit festzustellen und in der gegenseitigen Beeinflussung abzuklären. Dabei darf nicht außer acht gelassen werden, daß auch der pH-Wert für die Leitfähigkeit Bedeutung haben kann. Was diesen Hinweis betrifft, finden wir in «Untersuchungen zur Pflanzensoziologie und Ökologie im Naturschutzgebiet Hohgant» von HEGG (1963, S. 18 ff.) die Feststellung, daß pH-Werte über 4 in den untersuchten Substraten keinen wesentlichen Einfluß auf die Leitfähigkeit ausüben. Die gemessenen pH-Werte des Untersuchungsgebietes liegen überwiegend in einem Intervall pH 4 bis pH 7,5 und gehen gelegentlich höchstens im eigentlichen Hochmooranflug unter diesen Wert.

Die Abhängigkeit der elektrischen Leitfähigkeit vom Ca-Ionengehalt des Bodenwassers wurde an 140 Proben geprüft. Nach statistischen Methoden wurde die Korrelation festgestellt. In gleicher Weise wurden einerseits die Beziehungen zwischen pH-Wert und Leitfähigkeit und andererseits jene zwischen  $\text{Ca}^{2+}$ -Gehalt und pH-Wert erfaßt. Darauf wird im nächsten Abschnitt (3.5) näher eingegangen.

Es hat sich herausgestellt, daß die komplexometrisch gefundenen  $\text{Ca}^{2+}$ -Werte in enger Relation zur gemessenen Leitfähigkeit stehen. Diese Größen verhalten sich annähernd proportional zueinander. Selbstverständlich gilt auch die Umkehrung, das heißt, von der Messung der elektrischen Leitfähigkeit ausgehend, läßt sich direkt proportional auf den  $\text{Ca}^{2+}$ -Gehalt des Moorwassers in mg  $\text{Ca}^{2+}/\text{l}$  schließen.

Dieses Ergebnis ist wesentlich. Es erlaubt, aufgrund einfacher Widerstandsmessung durch Umrechnung die Leitfähigkeit zu bestimmen und vom Leitfähigkeitswert zwingend auf den  $\text{Ca}^{2+}$ -Gehalt der erhobenen Proben zu schließen. Das umrissene Verfahren bedeutet eine technisch zeitsparende Analysenvereinfachung. Denn die komplexometrische Bestimmung, wenn sie auch im Vergleich zur konventionellen  $\text{Ca}^{2+}$ -Analysenmethode handlicher, kürzer und erst noch präzis ist, verlangt zur Aufbereitung der Proben immerhin einen gewissen zeitlichen Aufwand.

Die Anwendung der Widerstandsmessung als Grundlage der  $\text{Ca}^{2+}$ -Analyse darf vorsichtigerweise erst angewandt werden, wenn die Proportionalität zwischen Leitfähigkeit und  $\text{Ca}^{2+}$ -Gehalt in guter Annäherung erwiesen ist. Für weitere Untersuchungen von Wässern aus anderen Sumpfgebieten

muß diese statistisch zu sichernde Vorarbeit geleistet werden. Wenn dieser Befund positiv ausfällt, stellt diese Art der  $\text{Ca}^{2+}$ -Gehaltsbestimmung eine Vereinfachung der Methode und Zeitersparnis von schätzbarem Wert dar.

Auf diesen Unterlagen basierend, stellte ich den  $\text{Ca}^{2+}$ -Raster des Moorgebietes dar, nicht ohne mich stichprobeweise immer wieder durch komplexometrische Analyse über die Richtigkeit der Werte zu vergewissern. Störende Abweichungen wurden keine festgestellt. (Solche sind indes denkbar zum Beispiel an Orten in Meeresnähe, an denen der Na-Ionengehalt zusätzlich die Leitfähigkeit erheblich heraufsetzen kann. Vgl. ALETSEE [1967], S.258.)

In Fig.16b sehen wir eine Darstellung der  $\text{Ca}^{2+}$ -Konzentrationen. Die Konzentrationswerte sind in breitere Bereiche zusammengefaßt, weil ein Mosaik zu kleiner  $\text{Ca}^{2+}$ -Stufen verwirrt und den Eindruck des vorhandenen Calciumgefälles verschleiert. Aus Gründen ausgesprochener Linearität zwischen  $\text{Ca}^{2+}$ -Gehalt und Leitfähigkeit konnte auf die Darstellung einer Leitfähigkeitskarte verzichtet werden.

Neben der soeben erwähnten horizontalen  $\text{Ca}^{2+}$ -Verteilung wurden auch vertikale Konzentrationsänderungen in Abhängigkeit von der Bodentiefe untersucht. Wie es sich damit verhält, bringt Fig.8 zum Ausdruck. Analog dem pH-Tiefendiagramm wurde ein Vertikalbild der  $\text{Ca}^{2+}$ -Konzentrationen für die gleichen Standorte erstellt. Aus der Ähnlichkeit der Lage und des Verlaufs der drei pH-Kurven mit dem  $\text{Ca}^{2+}$ -Tiefendiagramm darf geschlossen werden, daß der Basizitätsgrad eine Funktion der  $\text{Ca}^{2+}$ -Konzentration ist. Der schematisch angeordnete Meßplan und die systematische Durchführung der Leitfähigkeitsmessung führten, wie oben dargelegt, zur  $\text{Ca}^{2+}$ -Konzentrationskarte. Durch diese wird man über das  $\text{Ca}^{2+}$ -Konzentrationsgefälle eines bedeutenden ökologischen Faktors informiert. Damit ist für den  $\text{Ca}^{2+}$ -Faktor ein Wertraster erstellt und der Weg frei, durch Zuordnung der Arten und Vegetationsstrukturen deren  $\text{Ca}^{2+}$ -Bedürfnis zu überblicken. Auch zur Überwachung zeitlicher Konzentrationsänderung ist das ausgemessene  $\text{Ca}^{2+}$ -Netz geeignet. Bevor dieser Schritt ausgeführt wird (Kapitel 5.2), wird im folgenden Kapitel die bereits erwähnte statistische Prüfung der Abhängigkeiten der drei Meßgrößen vorgenommen.

### 3.5 KORRELATION DES CALCIUMGEHALTES MIT DER LEITFÄHIGKEIT

(Statistische Beurteilung der Beziehung zwischen pH-Wert,  
Leitfähigkeit und  $\text{Ca}^{2+}$ -Gehalt.)

Die Auswertung der erhobenen Stichproben erstreckt sich auf folgende Rechengrößen:

- a) Korrelationskoeffizient, Bestimmtheitsmaß.
- b) Signifikanztest der Korrelationswerte.
- c) Partielle Korrelation.

Zu diesen Erhebungen stand eine Stichprobe von 140 Wasserproben zur Verfügung, an welchen die drei Größen Calciumgehalt, pH-Wert und Leitfähigkeit gemessen wurden.

---

Leitfähigkeit (L)	in Funktion des $\text{Ca}^{2+}$ -Gehaltes
Leitfähigkeit (L)	in Funktion des pH-Wertes
pH-Wert	(pH) in Funktion des $\text{Ca}^{2+}$ -Gehaltes
Elemente von L	: $y_i$
Elemente von pH	: $x_i$
Elemente von $\text{Ca}^{2+}$	: $z_i$

---

Die Abhängigkeiten lassen sich kurz schreiben:

---

y = f(z)
y = f(x)
x = f(z)

---

Für die 3 Funktionen ergaben die Berechnungen von Korrelationskoeffizient, Bestimmtheitsmaß, F-Wert, bzw. Signifikanz, folgendes Bild:

---

Beziehung	Korrelationskoeffizient	Bestimmtheitsmaß	F-Wert	Signifikanz
$y = f(z)$	0,9512	0,9048	1329,8	**
$y = f(x)$	0,6619	0,4339	109,2	**
$x = f(z)$	0,6733	0,4512	115,1	**

---

(Zugehörige Signifikanzschwellen: P 5% = 3,91; P 1% = 6,81)

---

Alle drei Fälle erweisen sich als hochsignifikant korreliert. Dem Leser mag anhand des Bestimmtheitsmaßes das Resultat erläutert werden. Die Zahl 0,9048 in der ersten Beziehung besagt, daß rund 90 % der Gesamtstreuung der Leitfähigkeitsmessungen auf den Zusammenhang mit dem Calciumionengehalt zurückzuführen sind und nur 10 % der Gesamtstreuung Zufallsabweichungen der Leitfähigkeit von ihrem durch den Calciumionengehalt bestimmten Erfahrungswert darstellen.

Die Leitfähigkeit ist somit in hohem Grade durch den  $\text{Ca}^{2+}$ -Gehalt bestimmt. Bei den zwei folgenden Beziehungen ist die Abhängigkeit der einen von der andern Größe wesentlich schlechter. Der Kopplungsgrad

zwischen diesen Wertpaaren ist bedeutend geringer. Die Beeinflussung ist unzuverlässiger. Ein ähnliches Bild vermittelt auch der Korrelationsfaktor, der ein um so höheres Abhängigkeitsmaß darstellt, je näher die Zahl der Einheit ist.

In unserem Fall nun liegt ein Zusammenspiel dreier Faktoren vor. Es kann zum Beispiel Leitfähigkeit- $\text{Ca}^{2+}$ -Gehalt vom dritten Merkmal, dem pH-Wert, beeinflußt sein. Um die Wirkung dieses dritten Faktors auszuschalten, wurde die Teilkorrelation berechnet, die solche Störungen behebt. Das Bild der Zusammenhänge verändert sich wie folgt:

Beziehung	Korrelationskoeffizient (partieller)	Bestimmtheitsmaß	F-Wert	Signifikanz
$y = f(z)$	$r_{yz \cdot x} = 0,907$	$B_{yz \cdot x} = 0,8226$	319,949	**
$y = f(x)$	$r_{yx \cdot z} = 0,09$	$B_{yx \cdot z} = 0,0081$	0,5634	
$x = f(z)$	$r_{xz \cdot y} = 0,189$	$B_{xz \cdot y} = 0,0357$	5,1119	*

Die Teilkorrelation zwischen Leitfähigkeit und  $\text{Ca}^{2+}$ -Gehalt ist schwächer als die weiter oben berechnete einfache Korrelation, aber immer noch hochsignifikant. Darüber, daß zwischen  $\text{Ca}^{2+}$ -Konzentration und Leitfähigkeit eine ausgesprochene Linearität besteht, vermittelt Fig. 9 einen Eindruck. Die berechnete Regressionsgerade wird deutlich durch die Meßpunktschar markiert. Wesentlich weniger signifikant, gerade an der untersten Hochsignifikanzschwelle, steht die Beziehung pH-Wert zum  $\text{Ca}^{2+}$ -Gehalt, das heißt, der pH-Wert wird noch in guter Näherung durch die  $\text{Ca}^{2+}$ -Konzentration bestimmt. Nicht mehr signifikant ist die Beziehung der Leitfähigkeitsabhängigkeit zum pH-Wert zu beurteilen. Der Einfluß des  $\text{Ca}^{2+}$ -Merkmals hat sogar eine in Wirklichkeit nicht existierende Korrelation zwischen Leitfähigkeit und pH-Wert vorgetäuscht. Durch diesen Tatbestand wird die bereits Seite 27 geäußerte Ansicht gestützt, daß ein Intervall pH 4–7 auf die Leitfähigkeit keinen ins Gewicht fallenden Einfluß ausübt. Es lohnt sich unbedingt, das Zusammenwirken der drei Größen pH-Wert, Leitfähigkeit und  $\text{Ca}^{2+}$ -Gehalt einer eingehenden Untersuchung zu unterziehen, ansonst irrtümliche Schlüsse gezogen werden könnten. Wenn bei der durchgeführten Analyse der Korrelationskoeffizient zwischen Leitfähigkeit und  $\text{Ca}^{2+}$ -Gehalt schon zuverlässig erschien, so wird diese Beziehung unter Berücksichtigung der Teilkorrelation ebenfalls deutlich. Es ging wesentlich darum, speziell das Verhalten dieser Größen zueinander abzuklären. Denn erst aufgrund der bestehenden, nachgewiesenen sicheren Korrelation durfte umgekehrt nun von der Leitfähigkeit auf den  $\text{Ca}^{2+}$ -Gehalt geschlossen werden. Ein großer Teil der  $\text{Ca}^{2+}$ -Bestimmungen wurde in der Folge auf elektrischer Widerstandsmessung basierend über die Leitfähigkeitsberechnung durch-

geführt. Auch zahlreiche gelegentliche Stichproben gaben zu keiner Beanstandung dieser Methode Anlaß.

WITTING (1949) hat über den Calciumgehalt und die Leitfähigkeitswerte nordischer Sümpfe publiziert. Diese Angaben wurden den gleichen statistischen Prüfungen unterzogen. Mit einem Korrelationsfaktor von  $r = 0,924$ , kaum abweichender Gleichung der Regressionsgeraden und hoher Signifikanz ist auch in diesem Fall die Proportionalität zwischen  $\text{Ca}^{2+}$ -Gehalt und Leitfähigkeit hinreichend erwiesen. Dabei ist allerdings zu beachten, daß die Zahl der Vergleichspaare hier nur  $N = 63$  betrug (Burgmoos:  $N = 140$ ), wodurch die statistische Aussage unsicherer wird.

Immerhin darf angenommen werden, daß das Verfahren, aus dem Widerstandswert den  $\text{Ca}^{2+}$ -Gehalt zu ermitteln, auch für diese nordischen Gewässer Gültigkeit hat. Damit könnte diese Methode zur Bestimmung des  $\text{Ca}^{2+}$ -Gehaltes von Sumpfwasser allgemeine Bedeutung erlangen. Sie wird dort mit Vorteil eingesetzt, wo es darum geht, in einem großen Gebiet möglichst rasch einen Überblick über den  $\text{Ca}^{2+}$ -Status zu gewinnen. Auch bei sehr großer Meßstellenzahl scheint diese Art der  $\text{Ca}^{2+}$ -Bestimmung geeignet, immer unter der Auflage, daß die Linearität durch eine passende Zahl analytischer Stichproben verifiziert wird (statistische Erhebungen nach LINDER, 1964).

### 3.6 MAGNESIUMBESTIMMUNG

Im Zuge der Feststellung der Gesamthärte des Sumpfwassers sowie des  $\text{Ca}^{2+}$ -Anteils wurde in 18 Proben der Magnesiumgehalt eruiert.

*Bestimmung der Gesamthärte in  $\text{H}_2\text{S}$ -haltigem Wasser zur Ermittlung der  $\text{Mg}^{2+}$ -Konzentration*

*Reagenzien:*

Komplexon m/10 oder m/100 (III),  
Ammoniakalische Pufferlösung für Komplexometrie,  
Wasserstoffperoxid 30%,  
Eriochromschwarz T 1:100 mit Kochsalz verrieben,  
Triäthanolamin,  
n/1 Salzsäure.

*Ausführung der Bestimmung:*

- 100 ml der überstehenden Flüssigkeit (pH 4–6,5) in einen 300 ml Erlenmeyerkolben abmessen;
- n/1 HCl zusetzen bis pH 1 (meistens genügen 10 ml);
- 1 ml Wasserstoffperoxid beifügen;
- Lösung erhitzen und während 5 Minuten in Siedehitze halten;
- auf Zimmertemperatur abkühlen, mit destilliertem Wasser auf etwa 150 ml verdünnen;
- 3 Tropfen Triäthanolamin zusetzen;
- 30 ml Pufferlösung zugeben;

- soviel Eriochromschwarz T zusetzen bis die Lösung schwach rötlich gefärbt ist;
- mit m/10 oder m/100 Komplexon von Violett nach Reinblau titrieren.

*Berechnung der Konzentration:*

1 ml m/10 Komplexon entspricht 1,12° d.

0,2306° d (1° d = ein deutscher Härtegrad) entspricht 1 mg Mg<sup>2+</sup>/l.

1 ml m/10 Komplexon entspricht 4,8569 mg Mg<sup>2+</sup>/l.

RUHLAND (1958), STRASSBURGER (1962) und MARSCHNER (1967) weisen auf den Zusammenhang zwischen Mg- und Ca-Ionen hin, in dem Sinne, daß ein bestimmtes Verhältnis zwischen den chemisch verwandten Kationen erforderlich ist, um die Giftwirkung reiner Mg-Ionen auszuschalten. In meinen Erhebungen stellte sich der durchschnittliche Mg<sup>2+</sup>-Gehalt zu 10 % des Ca<sup>2+</sup>-Gehaltes heraus. Für Kulturböden liegt das Verhältnis mit 1:1, 1:3 oder 1:4 je nach Bodenart höher.

SCHMEHL und Mitarbeiter (1952) deuten an, daß der Ionenantagonismus vor allem in saurem Milieu wirksam ist. Bemerkenswert ist in diesem Zusammenhang, daß bei Analysen im sauren, Ca<sup>2+</sup>-armen Hochmoor und in Übergangszonen entsprechend tiefe Mg<sup>2+</sup>-Werte gefunden wurden (nur rund 1–4 % des Ca<sup>2+</sup>-Gehaltes). Wenn man weiter die Ergebnisse von RUHLAND (1958) in Betracht zieht, wonach tiefe pH-Werte die Mg<sup>2+</sup>-Aufnahme hemmen, könnte man aus diesen Zusammenhängen schließen, daß im Hochmoorbezirk und dessen Grenzgebiet nur Pflanzen gedeihen, für deren reduzierte Mg<sup>2+</sup>-Aufnahmefähigkeit die bescheidene Ca<sup>2+</sup>-Reserve gerade ausreicht. Diese Überlegung müßte weiter untersucht und geklärt werden.

### 3.7 STICKSTOFFBESTIMMUNG

Obschon das Moor in klimatischer und topographischer Hinsicht als abgeschlossene Einheit erscheint und in der Nährstoffversorgung den Eindruck eines weitgehend selbständigen Systems erweckt, ist doch zu bedenken, daß wohl auch Fremdeinflüsse zu berücksichtigen sind. Wie wichtig die Versorgung in dieser Beziehung mit Regenwasser ist, geht aus der Tatsache hervor, daß nach Angaben von ALETSEE (1966, 2. Teil) in einem ombrogenen Hochmoor namhafte Mengen an Nährstoffen durch Niederschlag der Vegetation zugeführt werden. Diese Nährstoffzufuhr fällt offenbar, großräumig gesehen, unterschiedlich aus, ist aber nicht nur eine Funktion der Niederschlagshöhe. Sie wird vom genannten Autor als Ursache für die verschiedene Ausbildung der sogenannten Ökoarealtypen der Regenwasser-Hochmoore angesehen.

Die Versuchsanstalt Bern-Liebefeld gibt die Verfrachtung verschiedener Elemente durch Niederschlag in kg/ha an und hat 1958 für die Schweiz darüber folgende Angaben gemacht:

---

Ca	12,5	kg/ha
Mg	2,2	
K	0,9	
Na	3,1	
Cl	12,2	
S	11,4	
$\text{NH}_4\text{-N}$	4,7	
$\text{NO}_3\text{-N}$	5,9	
N (gesamt)	10,6	

(Angaben nach ALETSEE, 1966, 2. Teil)

---

Es ist ferner an eine potentielle Zufuhr von mineralischem Staub durch Windverfrachtung zu denken. Diese Möglichkeit ist vor allem durch die neu erstellte, parallel zum Moor geführte Naturstraße in vermehrtem Maße gegeben. Welchen Anteil sodann atmosphärische Entladungen und die Pollenproduktion der das Moor säumenden Baumbestände an einer zusätzlichen Stickstoffdüngung leisten, ist schwer zu ermitteln. Mit diesen Einflüssen, die quantitativ nicht festgestellt wurden, ist jedenfalls zu rechnen, weil diese vielleicht gerade in einem stickstoffarmen Moor ökologisch von ausschlaggebender Bedeutung sein könnten.

Die weitere Untersuchung befaßte sich daher mit der Abklärung einer weitern edaphischen Komponente des ökologischen Einflußbereichs, mit den beiden Stickstoffverbindungen Nitratstickstoff  $\text{NO}_3^-$  und Ammoniumstickstoff  $\text{NH}_4^+$ , welche Ionenarten in den folgenden Messungen in N mg/l umgerechnet und angegeben sind. (Vgl. nachfolgenden Abschnitt Stickstoffbestimmung.

#### *Stickstoffbestimmung*

Grundsätzlich wurden die Gesamtstickstoff-, Ammonium- und Nitratstickstoffbestimmungen nach den Analysenvorschriften für Abwasser der EAWAG vorgenommen.

Vgl. dazu die Ziffern: 4.5.8.3. für Kieldahl-Gesamtstickstoff,  
 4.1.9.1. für Nitratstickstoff,  
 4.2.1.1. für Ammoniumstickstoff.

Es ergab sich eine gewisse technische Anpassung an die apparativen Anlagen der Zellulosefabrik Attisholz, die für den Analysenverlauf ohne Belang ist. Bei den Arbeiten fand der Membranfilter M 50 (40 mm ø) Anwendung.

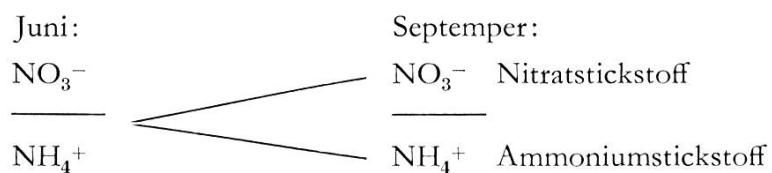
Bei der Analyse wurden die Anionen  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NH}_4^+$  quantitativ ermittelt und auf N mg/l wie folgt umgerechnet:

$$\begin{aligned} \text{Nitratstickstoff} & \quad \text{N mg/l} = 0,2259 \text{ } \text{NO}_3^- \text{ mg/l} \\ \text{Ammoniumstickstoff} & \quad \text{N mg/l} = 0,7765 \text{ } \text{NH}_4^+ \text{ mg/l} \\ \text{Nitritstickstoff} & \quad \text{N mg/l} = 0,3045 \text{ } \text{NO}_2^- \text{ mg/l} \end{aligned}$$

Da manche Forscher das xeromorphe Aussehen insbesondere der Hochmoorarten, u.a. ELLENBERG (1963, S.448), auf extremen Stickstoffmangel zurückführen, wobei der Nitratstickstoff als begrenzender Mini-

mumfaktor auftritt, stand die Stickstoffanalyse im Vordergrund. Aber nicht nur das der Pflanze besonders leicht zugängliche  $\text{NO}_3^-$ -Anion, sondern auch der bei mikrobiellem Abbau pflanzlicher und tierischer Bestandteile anfallende Ammoniumstickstoff mußte untersucht und kritisch beleuchtet werden. Als dann war auch zu erörtern, in welchem Verhältnis die beiden Stickstoffverbindungen zueinander stehen. Diese Fragen können vorteilhaft aufgrund graphischer Aufzeichnungen der Analysenresultate diskutiert werden. Fig. 10 vergleicht die gefundenen  $\text{NH}_4^+$ - und  $\text{NO}_3^-$ -Werte in zwei durch die offene Moorfläche gelegten Transsekten durch die Mitte und durch den nördlichen Teil.

Es handelt sich um Analysen, die am 14. September 1966 (Transsekt Mitte) und am 29. September 1966 (Transsekt Nord) ausgeführt wurden. In dieser Darstellung fällt auf, daß der  $\text{NH}_4^+$ -Gehalt, verglichen mit der  $\text{NO}_3^-$ -Konzentration, erhöht und daß ein Gleichlauf im Konzentrationsverhältnis zu konstatieren ist. Die größte Wertedifferenz zwischen beiden N-Verbindungen fällt auf das Gebiet der Hochmoorausbildung (Probe an der Stelle 1). Auf die Bedeutung dieser Erscheinung wird weiter unten eingegangen. Die Parallelität der Wertedifferenzen und deren Verhältnis zueinander gibt aber auch Fig. 11 sehr schön wieder. Fig. 11 (Gruppe links) vermittelt Analysenwerte vom 19. Juni 1967, Fig. 11 (Gruppe rechts) solche vom 5. September 1967. Beide Serien, im zeitlichen Abstand von rund drei Monaten, stammen von gleichen sechs in der Moorfläche verteilten und ausgewählten Meßstandorten. Ohne Schwierigkeit läßt sich ablesen, daß die  $\text{NO}_3^-$ -Konzentrationen im September im Vergleich zu den Juni-Messungen zugenommen, während die  $\text{NH}_4^+$ -Quoten leicht abgenommen haben. Diese Relation kann man formelmäßig ausgedrückt schreiben:



Daneben sind die absoluten Werteschwankungen beider Stickstoffklassen innerhalb der Meßserien an den verschiedenen Meßorten unbedeutend, die N-Werte in der örtlichen Abhängigkeit also nahezu konstant. Auch innerhalb dieser Meßserien bestätigt sich der in Fig. 10 festgestellte Gleichlauf der beiden N-Verbindungen.

Die Veränderung des Stickstoffbildes mit der Zeit präsentiert anschaulich Fig. 12. Das Diagramm enthält  $\text{NH}_4^+$ - und  $\text{NO}_3^-$ -Werte, in verschiedenem Maßstab aufgezeichnet. Der unterste Kurvenzug stellt die Veränderung des prozentualen  $\frac{\text{NO}_3^-}{\text{NH}_4^+}$ -Verhältnisses dar. Die Beobachtungszeit ist als Abszisse aufgetragen. Die Resultate dieser Darstellung lassen sich zusammenfassend wie folgt kommentieren:

- Der Gehalt an Nitratstickstoff und Ammoniumstickstoff ist niedrig. Die der höheren Pflanze leicht zugänglichen  $\text{NO}_3^-$ -Ionen sind geringmächtig und stellen wohl ein Minimum dar.  
Die nachstehende Angabe vergleicht Konzentrationen der beiden N-Verbindungen in einer Trinkwasserprobe und einer Analyse von nicht abwassergetrübtem Rheinwasser mit dem Durchschnitt der Moorwasseranalysen.

	$\text{NO}_3^-$ mg/l	$\text{NH}_4^+$ mg/l
Moorwasser		
Durchschnitt der Analysen .....	0,075	0,371
Trinkwasseranalyse		
(Grundwasser) Attisholz .....	3,35	0,031
Rheinwasser bei Langwiesen .....	2,66	0,047
(DEMMERLE, 1966)		

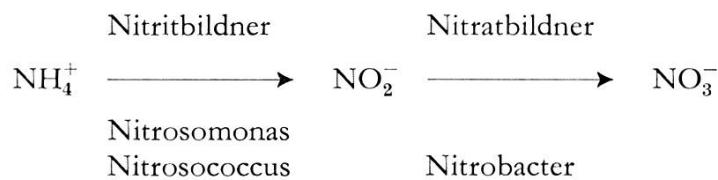
Der  $\text{NO}_3^-$ -Gehalt im Moorwasser ist 35–45mal geringer als in den beiden übrigen Wässern, der  $\text{NH}_4^+$ -Wert liegt 8–12mal höher.

- Bei zu gleicher Zeit entnommenen Meßproben sind die örtlichen Unterschiede des der höheren Pflanze vorwiegend zugänglichen  $\text{NO}_3^-$  relativ gering, abgesehen von Störungen in der Nähe des Moorrandes und im Randgebiet selbst.
- Eine Abhängigkeit des  $\text{NO}_3^-$ - vom höhern  $\text{NH}_4^+$ -Gehalt ist unverkennbar.
- Je nach der Beobachtungszeit liegt das Verhältnis der beiden Stickstoffwerte, wie aus den Fig. 10–12 hervorgeht, als Quotient  $\frac{\text{NO}_3^-}{\text{NH}_4^+}$  geschrieben, für 75 % aller Messungen zwischen 0,1 und 0,3. Es scheint, daß dieses Verhältnis im Herbst den höhern Wert von 0,3 und mehr annimmt.
- Dieser Quotient ist bemerkenswert konstant für Messungen zu gleicher Zeit.

Zu diesen Resultaten und zum Mechanismus der Zusammenhänge möchte ich kurz Stellung nehmen, nachdem ich bei der Durchsicht von Abhandlungen über Abwasserreinigung (Schweiz. Z. Hydrologie, 1965, S. 271–284, S. 520ff.) wertvollen Hinweisen begegnet bin.

Beim Verlegen der Temperaturröhren der PALLMANN-Serien war aufgefallen, daß in 25–30 cm Tiefe der torfig-wässerige Schlamm Boden oft schwarz-grau verfärbt ist. Das ist offenbar die Torfschicht der Fäulniszone, in der durch bakteriellen Abbau der Pflanzen- und Tiereiweiße als letzte Stufe Ammoniak entsteht. HÖHN (1963) erwähnt in seinen Untersuchungen im Burgmoos an pflanzlichen Mikroorganismen 163 Arten und weitere 178 Arten der Mikrofauna, die er in 35 Proben beobachtet hat.

Häufig erblickt man auch in kleinsten Tümpeln ein schillernd-irisierendes Farbenspiel, das von einer Ölschicht stammt (Farben dünner Plättchen) und vom Verwesungsprozeß dieser allerkleinsten tierischen Lebewesen stammen muß. Das gut wahrnehmbare Zeichen der in dieser Zone stattfindenden Reduktionsvorgänge ist der häufig festgestellte Schwefelwasserstoffgeruch. In dieser Abbauzone organischer Substanz befindet sich die eigentliche Stickstoffreserve unseres Sumpfbodens. Der höheren Pflanze allerdings ist der Stickstoff in der ammoniakalischen Form aus verschiedenen Gründen nicht oder nur sehr beschränkt zugänglich (vgl. Handbuch der Pfl. Phys., Bd. VIII, S. 716). Dagegen vermögen nitrifizierende Bakterien den Ammoniumstickstoff nach folgendem Schema für die Pflanze in verwertbaren Nitratstickstoff überzuführen:



(Weitere Einzelheiten über den Chemismus dieser Stickstoffoxydationsstufen findet man bei STARKA [1968].)

Die von DOWNING, HOPWOOD und WUHRMANN in der erwähnten Zeitschrift angestellten Versuche über Probleme der Abwasserreinigung lassen sich auch auf Sumpfböden übertragen. Nach den genannten Autoren liegt das Temperaturoptimum der Nitrifikation bei  $T = 25\text{--}28^\circ\text{C}$ . Fig. 4, S. 70, vermittelt den Einblick in die Steigerung der Bodenluftschichttemperatur zum Maximum im Spätsommer. Analog dürfen wir für diese Jahreszeit eine gehörige Aufheizung der oberen Bodenschichten erwarten, wie dies Fig. 5, S. 71, für einen Sommertag beweist. Wenn wir in Fig. 12 den  $\text{NO}_3^-$ -Kurvenverlauf betrachten, fällt die Zeit der höchsten Konzentration in den Spätsommer. Die gesteigerte bakterielle Umsetzungsarbeit der Nitrifikation fällt offensichtlich in die Zeit maximaler Oberflächenaufheizung des Moores.

Voraussetzung für das Zustandekommen dieses Oxydationsvorganges, so hat man bis vor kurzem angenommen, sei ein hoher Sauerstoffgehalt. Diese Ansicht ist nach der Auffassung der zitierten Autoren überholt, in dem Sinne, daß der  $\text{O}_2$ -Gehalt der oberen Substratschichten des Sumpfwassers vollkommen ausreichen dürfte für die Existenz und Aktivität der nitrifizierenden Mikroben. Daß ein Zusammenhang besteht zwischen der vorhandenen  $\text{NH}_4^+$ -Reserve im Sumpfboden und der  $\text{NO}_3^-$ -Produktion, wurde bei der Besprechung der Diagramme Fig. 10, 11, 12 angetönt. Besonders auffallend zeigt Fig. 12, daß im Moment des Anlaufs der Nitrifikation der  $\text{NH}_4^+$ -Gehalt absinkt. Dabei muß man sich darüber klar sein, daß diese Gegenläufigkeit der  $\text{NO}_3^-$ -Produktion eine Zehnerpotenz niedriger erfolgt. Die größere  $\text{NH}_4^+$ -Reserve ließe eine größere  $\text{NO}_3^-$ -Produktion erwarten. Denn zweifellos besteht die Abhängigkeit zwischen  $\text{NH}_4^+$  und  $\text{NO}_3^-$ , da

sich selbst kleine  $\text{NH}_4^+$ -Schwankungen im  $\text{NO}_3^-$ -Wert widerspiegeln. Ich sehe die Ursache dieser schwachen, aber typischen Relation darin, daß der Nachschub der  $\text{NH}_4^+$ -haltigen Substratlösung der tiefern Schichten nur gehemmt stattfindet. Daraufhin deuten der große Strömungswiderstand des Torfbodens in Verbindung mit dem Dichteverhältnis des oben wärmeren, spezifisch leichteren Wassers zum schwereren, kühleren Unterwasser. Vertikale Konvektionsströmungen können unter diesen Verhältnissen kaum auftreten. Wie weit zusätzlich denitrifizierende Vorgänge eine Rolle spielen und dadurch den in den Oberschichten gebildeten  $\text{NO}_3^-$ -Gehalt wieder absenken (Temperaturrückgang und akuter Sauerstoffmangel), müßte durch sorgfältige, verschiedenen Schichten entnommene Analysen geprüft werden (WALTER, 1960, S. 505, STRASBURGER, S. 244, u. a.).

Auch der durchschnittliche Gehalt an Nitritstickstoff wurde ermittelt. Er beträgt 0,0059 mg/l. Dieses Resultat stammt aus nur acht Messungen und ist daher nicht weiter aufschlußreich. Immerhin paßt die Größenordnung zu den in der Moorliteratur angegebenen  $\text{NO}_2^-$ -Werten.

Ich möchte nicht unterlassen, auf den  $\text{NH}_4^+$ -Extremwert in Fig. 10 hinzuweisen, der bezeichnenderweise im Bereich des Hochmoorkomplexes liegt. Ganz besonders ist es der Bereich der *Sphagnum medium*-Rasen, mit dem erhöhten Wasserstand, den tiefen pH-Werten, den relativ kühlen Bodenschichten und der spezifischen Bakterienflora, der zur Reduktion der Eiweiße zu Ammoniumstickstoff befähigt erscheint. Die erhöhte  $\text{NH}_4^+$ -Rate wird deshalb auch nur schlecht zu nutzbaren  $\text{NO}_3^-$ -Anionen verwertet, und die Xeromorphie nimmt in der Hochmoorvegetation entsprechend auffallende Gestalt an (*Andromeda polifolia*, *Oxycoccus quadripetalus*).

Dieser interne Stickstoffkreislauf der eigentlichen Moorfläche ist äußeren Einflüssen nur in den Randgebieten ausgesetzt. Der zeitweilig überschwemmte Nordteil erhält wie beschrieben nährstoffreiches Drainagewasser. Der gemessene  $\text{NO}_3^-$ -Gehalt dieses Wassers schwankt zwischen 1,2–3,8 mg/l, während der  $\text{NH}_4^+$ -Wert 0,3–1,1 mg/l beträgt, und er stellt eine im Verhältnis zu den Werten im Moorinnern recht ansehnliche Nitratdüngung dar. Bei momentan großem Anfall an Oberflächenwasser nach Platzregen oder andauernden Niederschlägen wird auch der übrige Moorrand – allerdings seltener – mit nicht feststellbaren Mengen an Nährstoffen aus den umliegenden Kulturwiesen beliefert.

Der Stickstoffstatus und die sich daraus ergebenden Überlegungen für die Beurteilung der ökologischen Wirksamkeit stellen sich zusammenfassend wie folgt dar:

1. Der vor allem der höheren Pflanze zugängliche Nitratstickstoff ist im Substratwasser minimal vorhanden.
2. Der allgemeine Nitratstickstoffmangel im Moor ist ein bestimmender Faktor für die Ausbildung der typischen Artenstruktur der Moorvegetation.

3. Inwiefern sich die nur geringen örtlichen Abweichungen im  $\text{NO}_3^-$ -Gehalt in der offenen Moorfläche für die Moorpflanzen ökologisch auswirken, läßt sich durch diese Messungen nicht entscheiden. Dieser speziellen Frage müßten zusätzliche Studien gewidmet werden.
4. Möglicherweise ist der hohe, für gewisse Pflanzen toxisch wirkende  $\text{NH}_4^+$ -Gehalt des Moorbodens für die Auswahl im Artenbestand mitverantwortlich.

### 3.8 PHOSPHORBESTIMMUNG

Da der Trophiegrad des Nährbodens außer vom Stickstoff entscheidend durch den Phosphorgehalt bestimmt wird, wurde versucht, auch diesen Substratfaktor analytisch zu erfassen und in der Bedeutung für die Sumpfvegetation abzuklären. Leider befanden sich die erhaltenen Orthophosphat- und Gesamtphosphatkonzentrationen an der Grenze der Meßgenauigkeit des zur Verfügung stehenden Analysenverfahrens – schon ein Hinweis darauf –, daß es sich nur um geringste Konzentrationen handeln muß.

#### *Phosphorbestimmung*

Diese Bestimmung wurde nach Vorschriften für Abwasseranalysen der EAWAG durchgeführt.

Vgl. dazu die Ziffern: 4.1.10.1. für Orthophosphat,  
4.5.9.1. für Gesamtphosphorbestimmung.

Auch in diesem Fall erfolgte der Analysengang in Anpassung an die apparativen Gegebenheiten der Cellulosefabrik Attisholz.

Bei der Phosphorbestimmung fand der Membranfilter M 50 (40 mm  $\varnothing$ ) Anwendung. Es wurde das Anion  $\text{PO}_4^{3-}$  quantitativ ermittelt und nach folgender Tabelle umgerechnet:

Orthophosphat: P mg/l = 0,3261  $\text{PO}_4^{3-}$  mg/l.

Vergleichen wir die Meßresultate des Moorwassers mit denen der im vorigen Kapitel erwähnten Rheinwasseranalysen, so liegt deren jährlicher Durchschnittswert mit 0,021  $\text{PO}_4^{3-}$  (P mg/l) über dem Mittelwert von 0,013  $\text{PO}_4^{3-}$  (P mg/l) des Sumpfwassers. Das ebenfalls aufgeführte Trinkwasser des Grundwasserbrunnens Attisholz enthält gleichviel Phosphationen gelöst wie unser Burgmoosbodenwasser. Die Gesamtphosphorbestimmung lieferte Werte unter 2,5 P mg/l, während das Rheinwasser mit 0,104 P mg/l angegeben wird. Der höhern Pflanze stehen nur Bruchteile von 1 % der Gesamtphosphormenge in Form des gelösten Phosphations zur Aufnahme zur Verfügung. MATTSON, WILLIAMS und BARKHOF (1950) heben hervor, daß P zwar von der höhern Pflanze in erster Linie aus organischer Bindung aufgenommen wird, wobei die Phosphoraufnahme als pH-unabhängig angegeben wird.

Ergänzungsmessungen vom Juli 1968 an speziellen Standorten ergaben in bezug auf Phosphationenkonzentration von 16 Proben eine Bestim-

mung 0,02 P mg/l, sieben einen Gehalt kleiner als 0,02 P mg/l und acht restliche Werte eine Konzentration unter der Erfassengrenze.

In Anbetracht dieser Minimalkonzentrationen und einer gewissen Analysenunsicherheit in diesen Minimalbereichen kann über die Existenz eines Konzentrationsgefälles nichts ausgesagt werden. Infolgedessen kann eine mögliche ökologische Reaktion, auf Konzentrationsunterschieden beruhend, auch nicht beurteilt werden. An dieser Stelle sei vor allem im Hinblick auf Phosphorstoffwechseluntersuchungen auf MACKERETH (1953) u.a. hingewiesen, wonach zum Beispiel *Asterionella formosa* selbst dann noch Phosphat aus dem Wasser aufnehmen und speichern kann, wenn die Phosphorkonzentration unter der Nachweisbarkeitsgrenze liegt. So ist auch OLSEN (1950) der Ansicht, die Nährstoffaufnahme erfolge in weiten Grenzen unabhängig von der Nährstoffkonzentration des Mediums, während GESSNER und KAUKAL (1952) der Ansicht sind, speziell die Phosphoraufnahme der Pflanze sei konzentrationsabhängig. Daraus erkennt man, daß die Frage des Minimumfaktors generell nicht lösbar ist und auf die Frage hinausläuft, über welche Kräfte die Pflanze verfügt, entsprechende Ionen an sich zu reißen. Ionenaustausch und aktiver Ionentransport müßten genau erkannt werden können. Eine Untersuchung dieser Art verlangt außerordentliche analytische Hilfsmittel. Ich beschränkte mich daher auf Konzentrationsgefälle auffälliger Art, die sich, wie mir scheint, als ökologisch wirksamer erweisen, jedenfalls leichter zugänglich und sicherer sind.



## 4. Soziologischer Teil

---

Gleichzeitig mit den Erhebungen über die verschiedenen veränderlichen Größen, von denen bis dahin die Rede war, nahmen mich in zunehmendem Maße soziologische Aufnahmearbeiten in Beschlag. Die Beobachtung verschiedener Zonen von Artgruppierungen hatten eigentlich ursprünglich Anlaß zu dieser Arbeit überhaupt gegeben. Diese Erscheinungen mußten nun genau erfaßt und registriert werden.

### 4.1 AUFNAHMEN

Die ersten Bestandesaufnahmen fallen in den Spätherbst 1965. Von Norden nach Süden fortschreitend wurden damals Aufnahmeflächen von  $10 \times 10$  m ausgemessen und die darin vorkommenden Arten festgehalten. Diese Aufnahmeflächen lagen symmetrisch zu einer willkürlich durch das Moor gelegten Längsachse. Zur Anwendung gelangte die Schätzungs methode nach BRAUN-BLANQUET (1951), mit der kombinierten Skala für Artmächtigkeit und Deckungsgrad. Die erste Übersicht ergab eine mit verschiedenen Farben gemäß der Deckungswerte auf Pergament dargestellte, für jede Art separat gezeichnete Darstellung. Diese Bogen vermittelten aufeinandergelegt einen Einblick in häufigere und seltene Artkombinationen. Trotz der fortgeschrittenen Jahreszeit und dadurch erschwerten Bestimmungsverhältnissen ließ sich ein Überblick in das Artengefüge gewinnen. Darin waren Schwerpunkte bestimmter Artkombinationen zu erkennen, die später soziologisch verarbeitet werden konnten. Die Grundkonzeption dieses Aufnahmepfanes entsprach dem systematisch festgelegten Verfahren der beschriebenen Grundlagenbestimmung ökologischer Standortsfaktoren.

Es lag nahe, Vorbereitungen für die späteren soziologischen Aufnahmen nach gleichem Prinzip zu treffen. Dadurch konnte die für die Zuordnung notwendige Koinzidenz zwischen Vegetationsbild und Meßraster am besten verwirklicht werden. Eine Forderung, die unter andern auch schon LUMIALA (1937) klar ausdrückte und die sicher zu recht besteht.

Nach der durch mittlerweile ausgeführte Analysen erhaltenen Kenntnis eines bestehenden und gut ausgewiesenen  $\text{Ca}^{2+}$ - und pH-Gefälles wurde im folgenden Jahre die soziologische Erarbeitung wie folgt aufgenommen:

Es entstand ein System von Transsektten quer zur Längsachse. Diese Transsekte wiesen eine Länge von 100 bis 150 m und eine Breite von 1 m auf. Auf diese Weise entstanden Streifen mit Aufnahmeflächen von  $1 \text{ m}^2$ . Eine Folge von sechs solchen Aufnahmeflächen sollte Aufschluß geben über die Veränderung in der Artzusammensetzung bei der Verschiebung

auf der Längsachse von Süd nach Nord. Daß diese Änderungen wirklich auftreten, zeigen die Stetigkeitsdiagramme einiger Arten in der Transsektreihenfolge Süd–Nord. Die leicht erkenntlichen Veränderungen des Stetigkeitsspektrums deuten bereits recht schön die Ausbildung soziologisch definierter Gruppierungen an (Fig. 13). Außer diesen Quertranssekten wurden noch deren fünf in speziellen Richtungen gelegt, so daß total über 700 Aufnahmeflächen zur Verarbeitung vorlagen.

Zu diesen Aufnahmen des Jahres 1966 (vgl. Übersichtsskizze Fig. 14) kamen im Juli 1967 weitere 115 der Kontrolle und Ergänzung dienende Erhebungen. Mit 98 gezielten, speziell für die Abklärung von Grenzen und Schwerpunkten angesetzten Untersuchungen fand die Aufnahmearbeit in dem sehr unübersichtlichen Artenmosaik ihren vorläufigen Abschluß.

Im September 1967 entstand dann der auf Seite 24 erwähnte Hauptstruktur für  $\text{Ca}^{2+}$ -Gehalt und pH-Werte. Gleichzeitig mit den Probeentnahmen erfolgte die Prüfung und Registrierung der an den Meßorten vorhandenen Arten. In der Weise war die Verkopplung der Artvorkommen mit den Meßwerten gewährleistet. Damit war auch die Möglichkeit geschaffen, Arten von Zeigerwert leicht festzustellen und die besonderen soziologischen Verhältnisse zu beurteilen.

Durch die Vielzahl der erstellten Artprotokolle und die große Zahl der erwähnten und vieler weiterer, nicht publizierter Meßgrundlagen hoffte ich, brauchbare Resultate über Zusammenhänge zwischen Vegetationsgliederung und ökologischer Grundlage zu erhalten.

#### 4.2 AUSWERTUNG DER TRANSSEKTERGEBNISSE

Die Transsektaufnahmen (1966) wurden nach Vorschlag von Professor WELTEN zur Abklärung soziologischer Einheiten mit einem graphischen Verfahren untersucht. Jede Art wurde mit der Transektlänge als Abszisse und mit der soziologischen Bewertung als Ordinate auf einen Papierstreifen aufgetragen. Die Artvorkommen, durch Schwarzfärbung als wellenartige Erhebung charakterisiert, konnten nun in Artmächtigkeit und Stetigkeit erkannt und gegenseitig verglichen werden. Durch Austausch der Papierstreifen konnten die Arten zueinander passend kombiniert und nach dem soziologischen Schema von OBERDORFER (1949) für verschiedene Assoziationen geordnet und beurteilt werden.

Die dadurch entstandenen Anhaltspunkte ließen das Vegetationsmosaik erkennen und benennen. Vor allem brachten weitere Vergleiche mit den Gesellschaften der Linthebene von KOCH (1926) recht gute Übereinstimmung mit der Vegetationsgliederung im Burgmoos. Mit Hilfe der Standardgesellschaften dieser bewährten Soziologen gelang es, einen Überblick über das vielgestaltige, keineswegs eindeutige Artenmosaik zu gewinnen. In etwas abgeänderter Weise zeigt Fig. 15 die Darstellung eines Transsektes in

Sphagnum medium  
 Oxyccus quadripetalus  
 Andromeda polifolia  
 Drosera rotundifolia  
 Aulacomnium palustre  
 Carex inflata rostrata  
 Calluna vulgaris  
 Sphagnum recurvum  
 Carex lasiocarpa  
 Sphagnum contortum  
 Eriophorum angustifolium  
 Rhynchospora alba  
 Carex limosa  
 Menyanthes trifoliata  
 Parnassia palustris  
 Pedicularis palustris  
 Carex flava, ssp. lepidoc.  
 Epipactis palustris  
 Comarum palustre  
 Trichophorum alpinum  
 Carex panicea  
 Equisetum limosum  
 Peucedanum palustre  
 Valeriana dioica  
 Galium uliginosum  
 Potentilla erecta  
 Molinia coerula  
 Lysimachia vulgaris  
 Hydrocotyle vulgaris  
 Carex dioica  
 Carex appropinquata  
 Carex elata  
 Galium palustre  
 Carex acutiformis  
 Phragmites communis  
 Equisetum palustre  
 Cirsium palustre  
  
 Salix cinerea  
 Carex brizoides  
 Carex elongata  
 Filipendula ulmaria  
 Angelica silvestris  
 Lotus uliginosus  
 Agrostis alba  
 Colchicum autumnale  
 Sanguisorba officinalis  
 Drepanocladus spez.  
 Campylium stellatum  
 Acrocladium cuspidatum  
 Climacium dendroides  
  
 Ca<sup>2+</sup> mg/l  
 pH

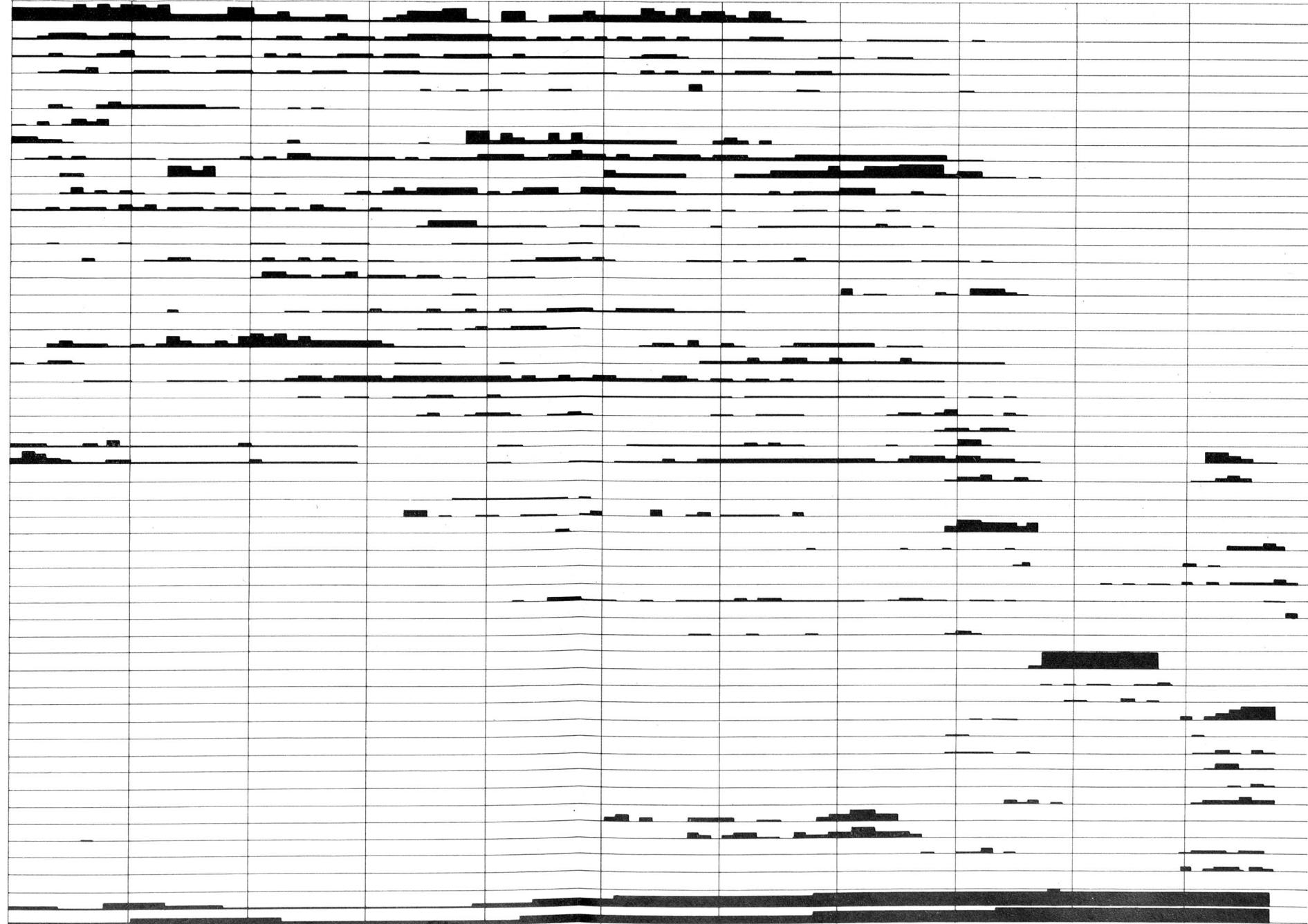


Fig.15 (S. 42): Diagramm des Artengefuges bei Transsekt 7 (Fig.14) im oligominerotrophen Grenzbereich mit Überlagerung von Hochmoorelementen.

der oben beschriebenen Form. Da sich dieser Schnitt auf halbem Wege zwischen der hochmoorähnlichen, dystrophen Ostzone und dem unter starkem minero-oligotrophen Einfluß stehenden Nordteil befindet, entstehen Übergangszonen, die die schwierige Zuordnung zu den Gesellschaftstypen demonstrieren sollen.

#### 4.3 DIE GESELLSCHAFTEN UND VARIANTEN DES MOORES

Mit Ausnahme des *Sphagnetum medii*, des *Parnassio-Caricetum* und der Gesellschaften des *Magnocaricion* ließ ich mich in der Namengebung der aufgeführten Gesellschaften und Varianten vornehmlich durch das Vorbild KOCHS (1926) in seiner Beschreibung der Linthebene leiten. Für die erstgenannten soziologischen Gruppierungen dienten die Angaben OBERDORFERS (1949) als Grundlage. Für die tabellarischen Bestimmungen nahm ich mir die Freiheit heraus, die charakteristischere, für das Untersuchungsgebiet nach meinem Empfinden zutreffendere Artkombination des einen oder andern Autors herauszugreifen und in seltenen Fällen unbedeutend zu modifizieren. Ich verweise auf die unter Ziffer 8 aufgeführten Tabellen (Seiten 92–102).

##### 1. *Caricetum lasiocarpae*

Die dominierende Gesellschaft des Untersuchungsgebietes ist die Fadenseggengesellschaft mit der unter den gegebenen Lebensbedingungen auffallenden Vitalität und Konkurrenzfähigkeit der *Carex lasiocarpa*. Sie vermag leicht in andere Gesellschaften einzudringen und verwischt dadurch die ohnehin schwierige Grenzziehung der Strukturen. Innerhalb des *Caricetum lasiocarpae* lassen sich indes mit Hilfe von Differentialarten Bezirke erkennen, die durch eine spezielle Ausbildung charakterisiert sind. Zeichnen sich diese Assoziationsbereiche durch Anwesenheit eines der Gesellschaft fremden Typs von hinreichender Stetigkeit aus, so gelangt man in der feineren Unterteilung zur Subassoziation. Als solche könnte man folgende Varianten des *Caricetum lasiocarpae* ansprechen:

- a) Eine Alpen-Haarbinsenausbildung der Fadenseggengewiese (*Caricetum lasiocarpae trichophoretosum alpini*), recht verbreitet, ausgeprägt eher östlich der Mittellinie, in der nördlichen Moorthälfte.
- b) Eine Hirsenseggen-Ausbildung der Fadenseggengewiese (*Caricetum lasiocarpae caricetosum paniceae*), vornehmlich im nordöstlichen und stellenweise im westlichen Moorteil deutlich entwickelt.
- c) Eine Straußgilbweiderich-Ausbildung der Fadenseggengewiese (*Caricetum lasiocarpae lysimachietosum thrysiflorae*), nicht sehr ausgedehnt in der westlichen Moormitte.

Im Bereich des typischen *Caricetum lasiocarpae* lassen sich Varianten erkennen, deren Zusammensetzung dem Gesellschaftstyp entspricht, sich aber

durch quantitativ auffällige Herausbildung einer Art auszeichnen. Nach diesem Gesichtspunkt unterscheiden sich folgende vier Varianten mit Faciesbewertung:

1. *Caricetum lasiocarpae menyanthidiosum* oder in annähernd lokal gleicher Verbreitung ein *Caricetum lasiocarpae comarosum*.
2. *Caricetum lasiocarpae caricosum inflatae*.
3. *Caricetum lasiocarpae caricosum limosae*.
4. *Caricetum lasiocarpae pediculariosum*.

Das Mosaik des großflächigen *Caricetum lasiocarpae* mit allen Spielformen seiner Varianten ist durch eine große Anzahl kleinerer und größerer Bülten fast vollständig durchsetzt. Besonders eindrücklich erscheint das Bild der dichten Bültenherden bei gefrorenem Boden im Winter. Dieser beachtenswerte Anblick der vielen Hochmoorhöcker bleibt dem Beschauer zur Sommerzeit durch die hochstehenden Seggenrasen verborgen; er wird nur die größten dieser Gebilde wahrnehmen (vgl. Fig. 18). Mit diesem Eindruck decken sich Wahrnehmungen bei der Sichtung von Infrarot-Luftbildaufnahmen des Burgmooses, die mir freundlicherweise für soziologische Erhebungen von der Armee zur Verfügung gestellt worden sind. Die Bülten-schar strahlt vom Hochmoorzentrum radial nach allen Richtungen aus, mit einem Hauptzug in nordwestlicher Richtung durch das Moor. Damit ist die Überleitung zu einer weitern Gesellschaft gegeben.

## 2. *Sphagnetum medii*

Am östlichen Rand, etwas südlich der Moormitte, liegt das Gebiet eines im Aufbau begriffenen Hochmoors. Es ist leicht erkenntlich am charakteristischen dunkel-weinroten *Sphagnum medium*-Teppich. Die Artenzahl ist gering und auf Arten dieser Gesellschaft beschränkt. In den erwähnten kleinen und größern Bülten infiltrieren sich diese Hochmoorelemente in die andern Gesellschaften und deren speziellere Ausbildungen. Es sind dies wohl interessante Vorläufer zum Endstadium eines endgültigen Hochmoors. Vielfach sind die *Sphagnum*-Höcker mit Florenelementen der umgebenden Vegetation durchsetzt. Eine überaus bunte Zusammensetzung ziert diese Moos-buckel, und nicht selten erklimmen sogar Schlenkenbewohner, wie die *Carex limosa*, *Rhynchospora alba*, *Epipactis palustris* u.a., die *Sphagnum*-Polster. Häufig vergesellschaftet mit dem *Sphagnum medium* dieser Bülten ist *Polytrichum strictum*, welches Moos in einzelnen Fällen *Sphagnum* ganz verdrängt und wohl ein Folgestadium bei beginnender Vertrocknung der Bülte darstellt.

Die Initialstadien sich zusammenschließender Hochmoorbildung mit Bülten verschiedenster Prägung in der Form (Flachbülten von mehreren Quadratmetern Fläche und bis 80 cm hohe Höcker) konnten aus Zeitgründen nicht näher studiert werden, gäben aber bestimmt Anhaltspunkte über die

Entstehung dieser seltsamen Erscheinung und deuten auf zunehmende Vertrocknung des gesamten Moores hin. Nach dem offenen Moor hin breitet sich um das erwähnte Hochmoorzentrum, von mir wegen der tiefen pH-Werte Säurepol (SP) genannt, ein Schlenkengürtel aus. Es sind dies verhälteste Rinnen mit offenem Wasser. Zutreffend könnte dieser Ring um den Säurepol am ehesten als Zwischenmoor bezeichnet werden.

### 3. *Caricetum limosae*

Am Rande der vorhandenen Schlenken trifft man Rudimente dieser Schlammseggengesellschaft an. Es ist eine Ermessensfrage, ob man diese örtlich beschränkten Bestände *Caricetum limosae* nennen will oder ob sie nicht eher als Facies des umfassenden *Caricetum lasiocarpae* zu gelten haben. KOCH äußert sich, offenbar in ähnlicher Situation der Beurteilung, zu einer *Carex limosa*-Gesellschaft: «Diagnostisch nicht zu unterschätzen ist ferner die Beschränkung einer ganzen Assoziation, des *Caricetum limosae*, innerhalb der Flachmoore der Ebene wenigstens, auf die Schlenken der vom *Caricetum lasiocarpae* besiedelten Flächen (Assoziationskomplex). Auf analoge Fälle ist bei der Untersuchung von Pflanzengesellschaften in Zukunft mit Vorteil mehr zu achten.»

### 4. *Rhynchosporetum albae*

Vor allem die nach Norden liegenden Schlenken (wassergefüllte flachere Pfannen) sind mit *Scheuchzeria*- und *Rhynchospora alba*-Rasen ansehnlicher Dichte besetzt. Dies sind einige und kleine Vorkommen der nassen Ausbildung des *Rhynchosporetum* im Sinne KOCHS. Das typische *Rhynchosporetum albae* scheint zu fehlen, da weder das obligatorische *Lycopodium inundatum* (nach PROBST, 1910, noch vorhanden) noch *Drosera intermedia* festgestellt wurden.

Dagegen setzt sich nach Norden, vorwiegend auf der östlichen Moorhälfte, in dichten Herden der *Rhynchospora*-Rasen fort. Bisweilen ist er stark mit *Trichophorum alpinum* vermischt. Diese Form des *Rhynchosporetum* deutet auf verminderte Bodenfeuchtigkeit hin. KOCH hat eine analoge trockene Variante des *Rhynchosporetum* der Linthebene beschrieben, die meinen Beobachtungen im Gebiet entspricht. Die unzähligen feinen, etwa 1 dm hohen Halme der beiden Arten verleihen dem Bestand das Aussehen eines Rasenfilzes. Das auffällige Band variabler Breite reicht annähernd an das Nordende des Gebietes. Da die *Carex lasiocarpa* merklich zurücktritt, darf man diese Zone ohne Zwang als trockene *Rhynchospora*-Variante bezeichnen.

Zwischen dem *Caricetum lasiocarpae*, dort wo die Bestände aufgelockert sind oder die Charakterart stark vereinzelt auftritt, und dem *Molinietum* trifft man auf Fragmente von *Kalkwasser-Quellsümpfchen*. Stellenweise meint man ein *Parnassio-Caricetum pulicaris* vor sich zu haben. *Parnassia palustris* und besonders *Campylium stellatum* sind mit guter Stetigkeit vorhanden,

während *Carex pulicaris* vereinzelt auf einer Fläche von rund 1 a nur sehr versteckt zu finden ist. An dieser Stelle findet sich das einzige Vorkommen von *Pinguicula vulgaris* mit drei Pflanzenindividuen dieser Art. Stellenweise trifft man auch auf *Carex flava*. Die Klassencharakterarten *Eriophorum angustifolium* und *Drepanocladus vernicosus* sowie *Sphagnum contortum* sind gut vertreten. Am westlichen *Caricetum lasiocarpae*-Rand und in einem südlich gelegenen auffallenden Vegetationsbezirk sind Stellen mit bezeichnenden *Tofieldietalia*-Arten zu beobachten mit *C. flava* spec. (meist ssp. *Lepidocarpa*), *Epipactis palustris*, *Juncus articulatus*, *Eriophorum latifolium*, *Parnassia palustris*, *Pedicularis palustris* und bescheidenem Auftreten von *Carex davalliana*. Auch aus diesen Andeutungen geht hervor, daß das reiche Mosaik dieser Vegetation schwer zu klassieren ist.

### 5. *Molinietum coeruleae*

Im östlichen Nordteil sind nun die edaphischen Voraussetzungen für die Existenz eines *Molinietum* gegeben. Es handelt sich am ehesten um den Beginn, das Vortasten eines entstehenden noch artenarmen *Molinietum coeruleae*, dessen wichtigste Assoziationsvariante. KOCH als *Molinietum typicum* bezeichnet. Die bei der Besprechung des Wasserhaushaltes geschilderte ständige, langsame Wassererneuerung in Verbindung mit rascher Austrocknung bei sonniger Witterung und damit verbundener Bodenbelüftung lassen das *Pfeifengras* gut gedeihen. Dazu mag auch die bei Überflutung milde Zufuhr von Düngstoffen beitragen. Lappenförmig greift dieser Torfzerstörer in geschlossenen Rasen, aber auch als Einzelposten in das *Caricetum lasiocarpae* hinein. Besonders im Herbst heben sich diese rotbraunen *Molinia*-Bestände von den strohgelben Fadenseggenbezirken sehr schön ab. In dieser Zeit findet man kleine Wurmhäufchen humoser schwarzer Torferde im *Molinietum*, untrügliche Zeichen des höheren Bodenluftgehaltes und der Humifizierung der oberen Bodenzonen. Es fehlen die Hinweise nicht, daß ein *Molinietum* das Folgestadium eines *Caricetum lasiocarpae* oder *Schoenetum* ist. Tatsächlich findet sich in dieser Gegend des *Molinietum* ein größeres, etwa 5 m<sup>2</sup> messendes Vorkommen von *Schoenus nigricans*. Ob dies das Relikt eines einstigen ausgedehnteren *Schoenetum* ist, läßt sich nicht ohne weiteres sagen. Bezeichnend ist immerhin, daß die zu dieser Gesellschaft gehörende *Liparis loeselii* ganz in der Nähe und nur dort gefunden wird, allerdings äußerst spärlich.

Als Überbleibsel eines längst vergangenen *Caricetum elatae* dürfen vielleicht die im *Caricetum lasiocarpae* und im *Molinietum* bestehenden Inseln von *Carex elata* erwähnt werden. Wenn die Entwicklung noch weiter zurück zu verfolgen wäre, würde die Ausgangslage des Gebietes vermutlich ein *Scirpeto-Phragmitetum* gewesen sein, von dem weiter unten noch die Rede sein wird.

Gegen den Rand des eben besprochenen *Molinietum* deuten erst einzelne,

dann zusammenhängende *Frangula alnus*-Gebüsche die Entwicklung zum *Alnetum* an.

#### 6. *Carici elongatae Alnetum*

Den Abschluß des offenen Moores bildet denn auch ein Erlenbruch, der besonders im nordöstlichen Teil im Arbestand eindeutig dasteht. Die Übergangszone ist markiert durch dichte *Dryopteris thelypteris*-Stauden und reichlich *Lysimachia vulgaris*, während im Erlenbruch selber *Carex elongata*-Harden, *Caltha palustris*, gelegentlich *Lycopus europaeus* neben *Acrocladium cuspidatum*, *Fissidens adiantoides* und besonders *Mnium undulatum* vertreten sind. *Rhytidadelphus triquetrus*, das in beachtlicher Mächtigkeit im südlicher gelegenen Erlenbruchrand auftritt, fehlt hier ganz, ein Hinweis, daß diese Moosart nicht calciphil lebt.

Bis jetzt haben wir mit Ausnahme des zuerst behandelten, weiträumig ausladenden *Caricetum lasiocarpae* vornehmlich die Osthälfte des Moores, die auch differenzierter und daher überblickbarer ist, soziologisch gesichtet. Wenden wir uns jetzt dem westlichen und südlichen Gebietsteil zu.

#### 7. *Scirpeto Phragmitetum*

Dieses auffallende Röhricht beschränkt sich auf die südliche Hälfte des Moores. Das große, unterschiedlich dichte Schilfgebiet ist im Osten durch ein erlenbruchartiges Randwäldchen, im Süden durch einen gemischten Föhren-Fichten-Bestand begrenzt und reicht im Westen an die Reservatsgrenze. Es scheint am ehesten das Relikt eines einstigen *Scirpeto Phragmitetum* zu sein. Diese Ansicht stützt sich allerdings lediglich auf zwei letzte Reliktkarten dieser Gesellschaft, *Phragmites communis* und *Equisetum limosum*, die üppig gedeihen. Heute ist dieser Schilfbestand vollkommen durchwuchert mit der vitalen *Caricetum lasiocarpae*-Assoziation.

#### 8. *Caricetum elatae*

Als Sukzessionsstadium der vorgenannten Gesellschaft darf wohl das *Magnocaricion* gelten, dessen eine Assoziation das *Caricetum elatae* fragmentarisch auch in diesem Südteil auftritt. Inselförmig verteilt findet man *Carex elata*-Flecken, oft begleitet oder vertreten durch die unter ähnlichen ökologischen Bedingungen wachsende *Carex appropinquata*. Auch in diesem Falle ist ungewiß, ob sich die Vegetationsfolge in der skizzierten Weise vollzogen hat. Anzeichen für eine solche Entwicklung scheinen vorhanden zu sein.

#### 9. *Caricetum appropinquatae*

Im Moor verbreitet entwickelt ist die andere, dem *Magnocaricion* angehörende Großseggengesellschaft des *Caricetum appropinquatae*. Die Gesellschaft

besteht hauptsächlich aus dieser Charakterart. Wir finden die *Carex appropinquata* häufiger als die unter gleichen ökologischen Voraussetzungen wachsende *Carex elata* im Schilfröhricht verstreut. In Herden gedeiht sie im inneren, westlichen Moorrond, während sie sich als ausgesprochener Bültengürtel moorwärts vor den nordwestlichen Buschreihen entlangzieht.

#### *10. Caricetum elatae caricosum acutiformis*

Überall dort, wo der Boden trockener und nährstoffreicher ist, tritt diese Facies des *Caricetum elatae* in Erscheinung. Das ist der Fall auf der ganzen, an das Kulturland grenzenden Zone des Moorrandes. Meistens schließt sich dieser *Carex acutiformis*-Streifen peripher dem *Caricetum appropinquatae* an. Besonders im Frühling, wenn das Moor noch seine braune, einförmige Winterkleidung trägt, fallen die stellenweise dichten, blaugrünen *Carex acutiformis*-Bestände auf und geben mit *Caltha palustris* und *Anemone nemorosa* erste Kunde erwachenden Lebens im Moor.

#### *11. Filipendulo Geranietum*

Den bereits erwähnten eutrophen Saum von 1–10 m Breite beherrscht die Stauden- und Krautgesellschaft des *Filipendulo Geranietum*. Dieser Rand weist eine sehr bunte Artenzusammensetzung auf. Die Gesellschaft greift mit einzelnen Elementen bis tief in den Moorrond hinein, unregelmäßig die beiden vorgenannten Vegetationsgebiete durchdringend. Im unmittelbaren Kontaktgebiet mit der angrenzenden Wiese erweckt die Artenstruktur den Eindruck eines *Cirsio Polygonetum*, so auffällig treffen wir dort *Cirsium oleraceum*, *Scirpus sylvaticus* und die dazugehörenden Verbands- und Ordnungscharakterarten. Nirgends im Moor ändert sich der visuelle Aspekt so auffällig mit der Jahreszeit, wie in diesem artenreichen Randgebiet. Man wird daher in dieser Übergangszone mit einem Nebeneinander von Florenelementen der genannten Gesellschaften rechnen müssen. Eine Analyse nach soziologischen Gesichtspunkten unterbleibt am besten bei so inhomogenen Beständen.

#### *12. Salici-Betuletum hylocomietosum*

(Reicher Weiden- und Moorbirkenbruch)

Der relativ schmale Baum- und Buschgürtel, der den Abschluß des nordwestlichen Moores gegen das Kulturland bildet, läßt sich soziologisch am besten im Zusammenhang mit ähnlichen Ausbildungen der Umgebung definieren. Ansatzpunkte für eine solche Beurteilung gibt KLÖTZLI (1967).

Am besten scheint dieser westliche Busch- und Waldstreifen, den ich in Art und Ausdehnung nachfolgend kurz streife, der nach KLÖTZLI benannten Gesellschaft zu entsprechen. Den äußeren Randgürtel bildet ein 150 m

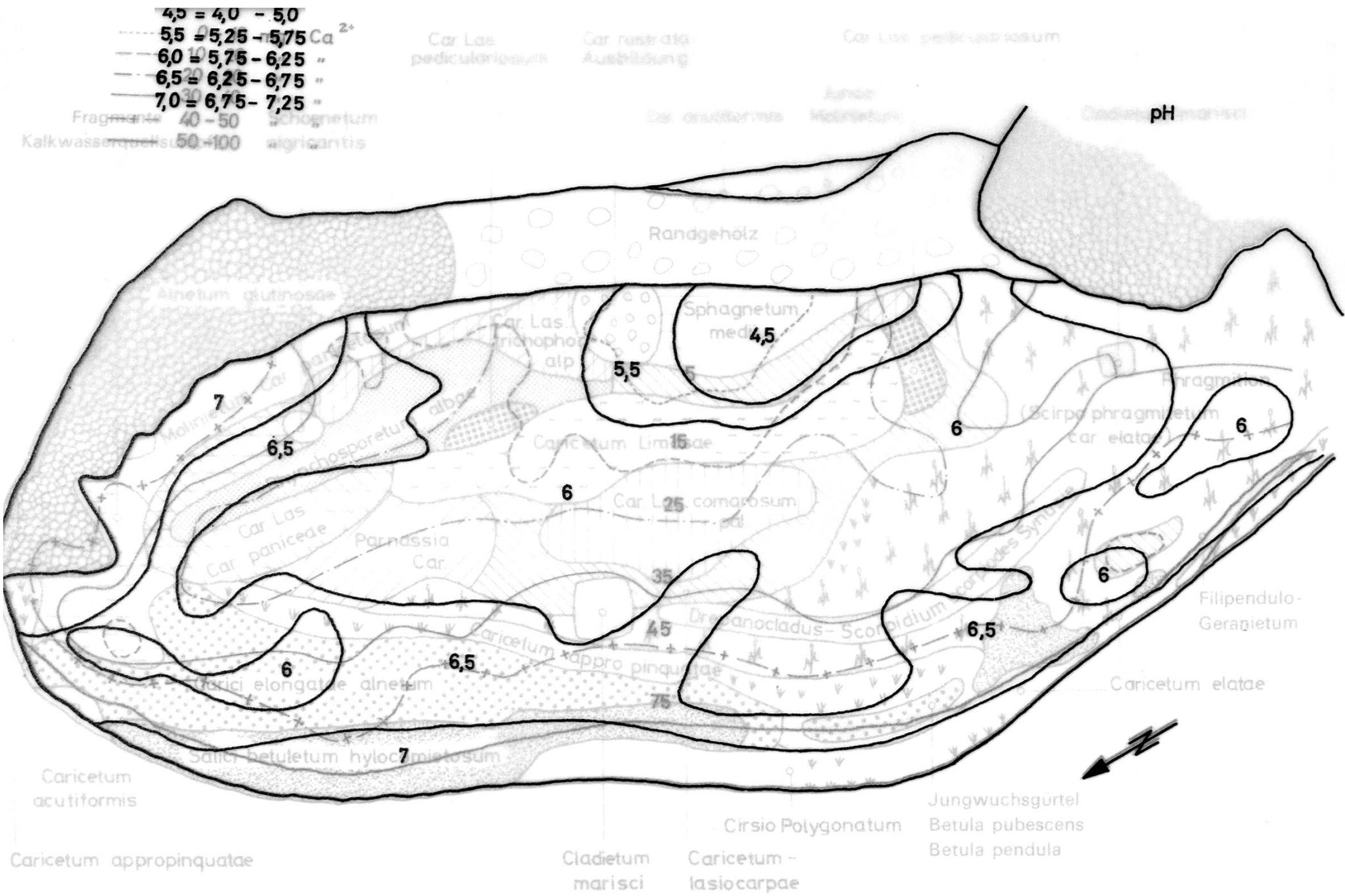


Fig.16 (S. 49): **Fig.16a (S. 25): Karte des Gebiets mit pH-Wertstufen.** Artgruppen.

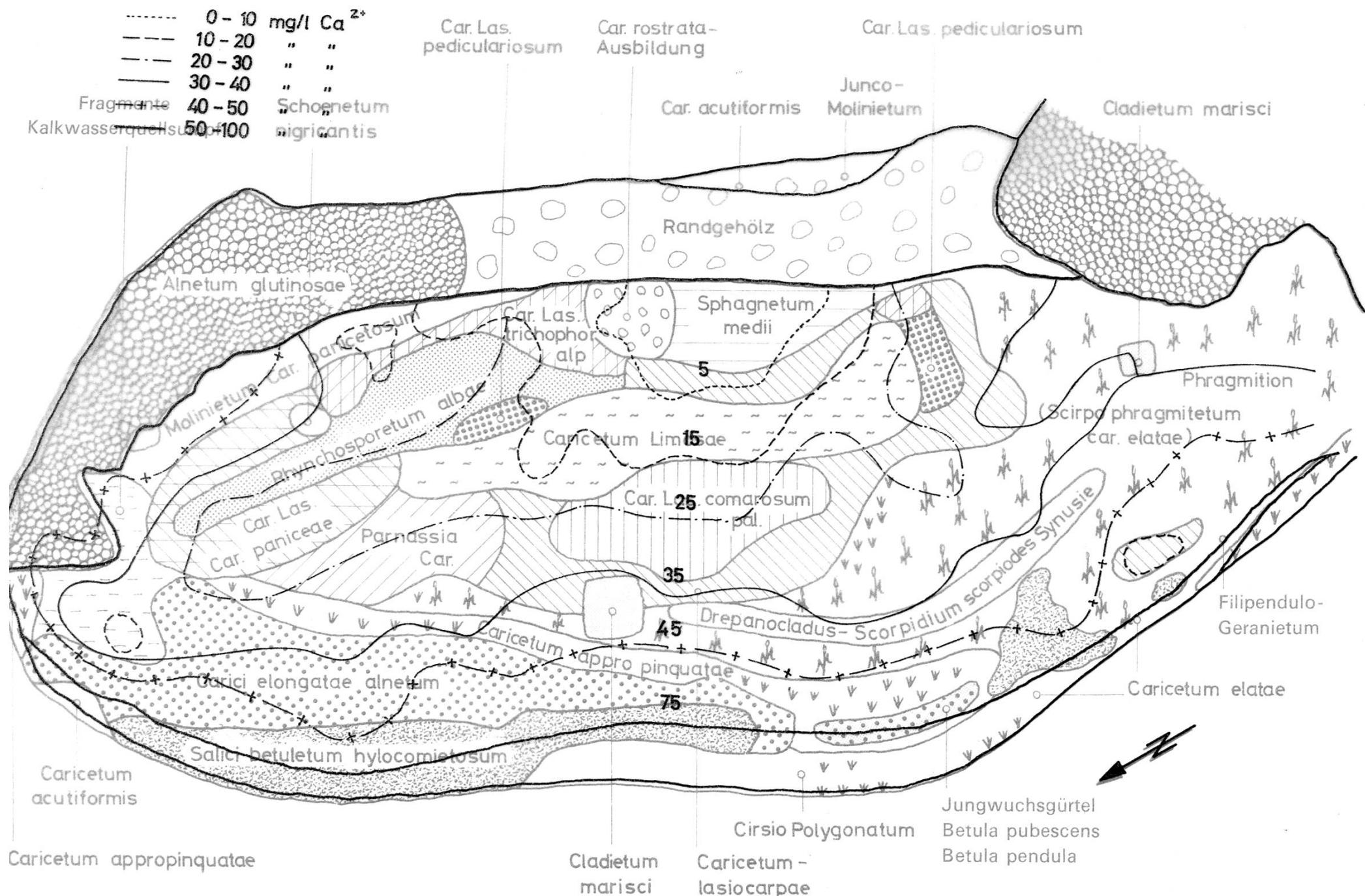


Fig.16b (S. 28): Karte des Gebiets mit  $\text{Ca}^{2+}$ -Wertstufen und Artgruppen.

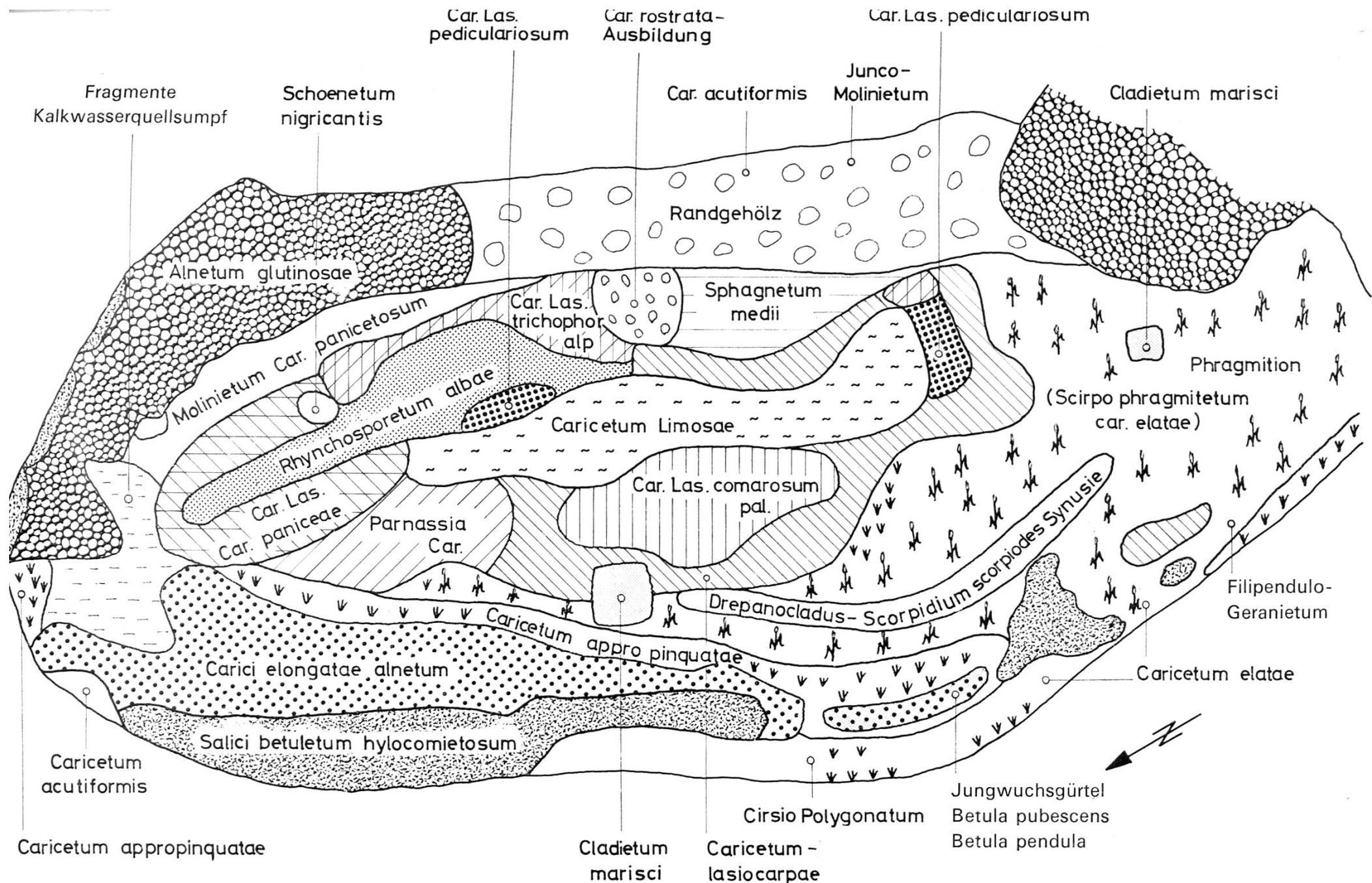


Fig.16 (S. 49): Soziologische Übersicht der Vegetationseinheiten und Artgruppen.

langes, 5–10 m breites, zusammenhängendes Weidengebüsch (*Salix cinerea*). Nach Süden lockert sich dieser Weidenbestand in Einzelgebüsche mit unregelmäßigen Abständen auf, immer hart an der Reservatgrenze verlaufend. Im Nordteil bildet diese Weidenlinie die Reservatgrenze. In der Mitte des Moores verläuft sie weiter moorwärts und gibt einen 7–10 m breiten Randstreifen frei, in dem *Calthion*-Gesellschaften vorherrschen. Parallel zu dem Weidenband folgt dem Moor zugewandt ein erlen-birkenbruchartiger Buschwald. Dieser ist im Nordteil mit den Weiden zu einem Dickicht verbunden, lässt dann weiter südwärts eine Lichtung frei, in der *Carex acutiformis*-Hermen und an nassen Stellen *Carex elata*-Bestände anzutreffen sind. Dieser Erlengürtel verliert gegen die Moormitte seinen Baumcharakter und wird allmählich zum lockeren Einzelgebüsch mit *Frangula alnus*, *Viburnum opulus* und verschwindet endlich ganz. An dieser Stelle treffen sich Arten aus dem Moor, aus dem Erlenbestand und aus der Randzone und zeigen die erstaunliche ökologische Breite mancher Arten und zugleich das Vorhandensein störender Einflüsse.

Interessant ist ein Jungwuchs von *Betula pubescens* und *Betula pendula* in der Fortsetzung des kompakten *Salix*-Streifens, der die Weiden in ebenso gleichförmiger Bandkonfiguration ablöst. (In Fig. 16 als *Betula pendula* und *Betula pubescens*-Jungwuchs angeschrieben.)

Damit ist das soziologische Bild des Untersuchungsgebietes entworfen (vgl. Soziologische Übersichtskarte, Fig. 16) und an Hand möglichst typischer Aufnahmetabellen, die im Abschnitt 8 aufgeführt sind, belegt. Um die Kartierung dieses schwer zu überblickenden Artengefüges sicherer zu gestalten, unternahm ich den Versuch einer Kartierung aus der Luft. Zu diesem Zweck erhielt ich von der Station aéronautique in Payerne einen Sonnenballon zur Verfügung gestellt, den ich mit Wasserstoff füllte und an welchem ein Photoapparat in kardanischer Aufhängung befestigt wurde. An drei Silkschnüre gefesselt, stieg der Ballon bis 100 m über Grund und photographierte mit Zeitauslösung. Diese Vorversuche verliefen verheißungsvoll, bedurften aber einer erheblichen Organisation. Außerdem war die Zeitauslösung nicht befriedigend. Als dann die Vegetationszeit anbrach, standen wichtigere Arbeiten im Vordergrund, so daß ich das Projekt fallenlassen mußte. Zu gegebener Zeit hoffe ich auf diese vielversprechende Hilfe zur soziologischen Auswertung und Kartierung zurückzukommen.



## 5. Beurteilung des ökologischen Wertes der gemessenen Faktoren

---

### 5.1 ERLÄUTERUNGEN ZUR AUSWERTUNG

Im Zusammenhang mit der eingangs erhobenen Frage nach ökologisch wirksamen Umweltfaktoren erinnern wir daran, daß bisher lediglich die Veränderlichkeit gewisser Größen festgestellt und durch Messung bestimmt worden ist. Ob diese quantitativen Unterschiede aber von ökologischem Wert sind, also mit dem Vorkommen einer Art oder mit der Struktur von Artgruppen in kausalem Zusammenhang stehen, soll nun erörtert werden.

Dank der straffen Zuordnung der Pflanzenvorkommen zu den Meßorten wurde es möglich, sich über das Ausmaß dieser Beziehungen ein Bild zu machen. Dazu standen folgende Unterlagen zur Verfügung:

1. Der  $\text{Ca}^{2+}$ - und pH-Raster und Herbstaufnahmen 1965.
2. Die Transsektanalysen und Aufnahmen ausgewählter Bezirke 1966.
3. Der schematische  $\text{Ca}^{2+}$ - und pH-Raster mit Aufnahmen am Meßort 1967.
4. Die gezielten Messungen und Aufnahmen einzelner Standorte 1967.

Es braucht nicht zu verwundern, daß an erster Stelle und sehr exklusiv als ökologisch wirksame Faktoren die  $\text{Ca}^{2+}$ - und pH-Werte in den Vordergrund gestellt werden.

Der Grund liegt darin, daß diese Faktoren ein ausgesprochen auffallendes und sicher festgestelltes Konzentrationsgefälle aufweisen, im Gegensatz zum Analysenbild des Stickstoffs und Phosphors, die bei unsren Versuchen keine sicheren Anhaltspunkte für ortsabhängige Konzentrationsänderungen abzugeben vermochten. Wenn man darauf eintreten wollte, müßten die Analysen verfeinert und rationalisiert werden, um eine große Anzahl Proben bei vernünftigem Zeitaufwand analysieren zu können und damit einen hinreichend feinen Raster zu erhalten.

Die Auswertung erfolgte vorerst einmal in der Weise, daß für jede Art die ihrem Vorkommen entsprechenden  $\text{Ca}^{2+}$ - und pH-Daten herausgeschrieben wurden. Daraus ließ sich für beide Faktoren ein Mittelwert rechnen. Dieser Mittelwert gibt an, daß sich für die betrachtete Art die gefundenen  $\text{Ca}^{2+}$ - und pH-Werte irgendwie um diesen Mittelwert scharen, wobei Streuung und Einseitigkeit nicht berücksichtigt werden. Auf diese Weise entstehen zwei Bänder, wie in Fig. 17 mit  $\text{Ca}^{2+}$ -Mittelwerten rechts und pH-Durchschnittswerten links, unter Zuordnung der entsprechenden Arten, zur Darstellung gebracht wird. Gerade dieses Bild der Artenfolge präsentiert sich dem Beobachter, der dem Konzentrationsgefälle der genannten Faktoren vom Säurepol nach der Peripherie hin folgt.

Die festgestellte Artsequenz ist der  $\text{Ca}^{2+}$ -Konzentration deutlich proportional. Weniger konsequent verläuft die Kontinuität für den pH-Anstieg. Durch Vergleich der nebeneinander stehenden Säulenhöhen erkennt man ferner die auf Seite 30 festgestellte signifikante pH-Abhängigkeit vom  $\text{Ca}^{2+}$ -Gehalt. Für Arten mit breiter ökologischer Amplitude versagt diese Mittelwertdarstellung; denn sie liefert einen Schwerpunkt, der nicht existiert. Solche Durchläufer wie besonders *Molinia coerulea* und *Potentilla erecta* (hier nicht dargestellt), sind aber für die soziologische Bewertung auch nicht weiter interessant. Für *Molinia coerulea* zum Beispiel betragen die Mittelwerte: pH = 6,25, 32 mg  $\text{Ca}^{2+}$ /l. Die Streuung dieser Art liegt in den Bereichen: pH = 4,75–7,35 bzw. 4–115 mg  $\text{Ca}^{2+}$ /l. Ähnlich sind Mittelwert und Streuung dieser Faktoren für *Potentilla erecta* zu bewerten.

Aus der Lage und Verteilung der Arten ist aber doch das Bild der soziologischen Situation erkennbar. Mit den dem *Sphagnetum medii* angehörenden wenigen Hochmoorelementen, mit der anschließenden Zone des Zwischenmoores, welche mit dem *Caricetum lasiocarpae* und Varianten den breitesten Raum einnimmt, mit dem Flachmoor, welches in die eutrophen Randbestände übergeht, sind immerhin soziologische Artgruppierungen bereits ange deutet. Wenn *Carex rostrata* etwas aus dem Rahmen dieser Darstellung fällt, so steht dies im Zusammenhang mit dem Vorkommen der Art im Moor. Man trifft sie in guter Ausbildung in unmittelbarer Nachbarschaft des Hochmooranflugs. Nach KOCH hätte sie ihren Platz zwischen *Phragmition* und *Magnocaricion*, so daß eine Verdrängung dieser Segge auf einen Spezialstandort eine naheliegende Erklärung ist. Viel mehr sagt diese Art der Darstellung aber nicht aus. Es drängte sich daher eine vertiefte Untersuchung des umfangreichen Untersuchungsmaterials auf. Die 470 Wertpaare ( $\text{Ca}^{2+}$ - und pH-Daten), gekoppelt mit Aufnahmen des Artbestandes, wurden tabellarisch aufgeführt. Gesondert in einem System von 20  $\text{Ca}^{2+}$ -Klassen mit Intervallen von 4–5 mg  $\text{Ca}^{2+}$ /l und einem andern System von 16 pH-Klassen mit Stufen von 0,2 pH-Einheiten standen diese Meßgrundlagen zur Zuordnung mit einer großen Zahl Aufnahmen der Phanerogamen- und Bryophytenarten bereit.

Diese Kombinationen wurden geordnet, tabelliert, und erst dann mußten diese Anordnungen der Elemente zum eindeutigen Vergleich noch modifiziert werden. Vor allem ging es darum, die in der ersten Darstellung nicht ersichtliche ökologische Valenz (ökologische Amplitude) der Arten sichtbar werden zu lassen. Dabei war zu berücksichtigen, daß einerseits bestimmte Konzentrationsstufen der einen Meßstellen häufiger vorkommen als andere. Andererseits verhinderte das ungleich häufige Vorkommen der Arten, die Stetigkeitsvarianz der Arten, einen direkten Vergleich. Diese vergleichsstörenden Unzulänglichkeiten mußten durch Bildung von Relativwerten eliminiert werden, denn sie konnten zu falschen Schlüssen führen.

Nehmen wir an, es seien 69 Meßstellen mit einem Ca-Gehalt von 30–34 mg  $\text{Ca}^{2+}$ /l vorhanden und in dieser Stufe sei eine bestimmte Art 23mal ausgezählt worden.

Im zweiten Fall sollen 26 Meßstellen mit einem  $\text{Ca}^{2+}$ -Bereich von 4–8 mg  $\text{Ca}^{2+}/\text{l}$  vorliegen, das Vorkommen derselben Art aber mit 13 angegeben werden. Vergleichen wir ohne Korrektur das erste Beispiel mit dem zweiten, kommt man zum Schluß, daß die betreffende Art die höhere  $\text{Ca}^{2+}$ -Konzentration wesentlich bevorzugt. Drücken wir dieses Verhältnis unter Berücksichtigung der Meßstreckenzahl prozentual aus, dann ist die Bindung dieser Art an den kleineren  $\text{Ca}^{2+}$ -Wert wesentlich größer, das heißt die Beziehung ist in Wirklichkeit gerade umgekehrt. Die entsprechenden Prozentzahlen betragen 50% für den geringen und  $33\frac{1}{3}\%$  der Artvorkommen für den höhern  $\text{Ca}^{2+}$ -Bereich.

Um auch der Ungleichheit der Artstetigkeit Rechnung zu tragen und zu vermeiden, daß in der Koordinatendarstellung weniger häufige Arten nur Kurvenzüge ohne deutliches Abheben von der Abszissenachse aufweisen, wurde eine Angleichung dadurch geschaffen, daß für jede Art die jeweils höchste Ordinate auf 100 % festgelegt wurde. So wurde freilich die effektive Stetigkeit verfälscht, das Verhalten zu den Konzentrationswerten desto anschaulicher gestaltet.

Auf diese Weise konnte die ökologische Amplitude nun auch zur Darstellung gebracht werden. In gleichem Sinne war schon vorausgehend ein Versuch unternommen worden, die Ungleichheit der Stetigkeit und Meßstreckenzahl rechnerisch auszumerzen, nämlich so, daß extreme Spitzen im Kurvenverlauf um soviel gedämpft wurden, als unterschwellige Artvorkommen bei kleiner Meßstreckenzahl angehoben wurden.

Da das erstskizzierte Vorgehen den Vorteil weniger willkürlicher Veränderungen der realen Situation einschloss, erfolgte die Auswertung nach diesem Verfahren.

Zur Veranschaulichung der ökologischen Amplituden der verschiedenen Arten muß vermerkt werden, daß nur Artmächtigkeit von 2–5 (Skala BRAUN-BLANQUET) ausgewertet wurde. Abweichungen davon erfuhren Arten mit besonderem soziologischem Akzent, bei denen gegebenenfalls auch geringere Abundanz- und Deckungswerte registriert wurden. Im Zusammenhang damit steht der Verlauf, der in den nachfolgenden Diagrammen gezeichneten Kurvenzüge, in welchen durch Unterdrückung geringerer Aufnahmewerte die tiefen Ordinatenwerte entfallen. Diese Vereinfachung hebt die Optimalbezirke hervor und entmischt das so sehr verschlungene Artenmosaik dieser Moorvegetation. Andererseits aber ist es dadurch nicht ganz erfaßt.

## 5.2 ZUORDNUNG DER ARTEN UND ARTKOMBINATIONEN ZU DEN MESSWERTEN

Zur besseren Übersicht dieser Beziehungen und zum leichteren Vergleich wurde die graphische Darstellung der tabellarischen Zusammenstellung vorgezogen. Die zu den graphischen Darstellungen notwendigen Erläuterungen sind, soweit nicht im Text vorhanden, den Diagrammen im Abschnitt: 8. Anhang, 1. Figuren, S. 87–89 beigefügt.

Wie ersichtlich, erhielt jede Art ihr individuelles Gepräge, wenn man auf der Ordinate des Koordinatensystems das Maß für das Vorkommen der Art in Prozenten aufträgt (100 % = maximales Vorkommen). Auf der Abszisse werden der  $\text{Ca}^{2+}$ - und pH-Wert registriert.

Die Diagramme (Fig. 19–22, S. 83–86) veranschaulichen in Kurvenbildern die Ansprüche einzelner Arten für  $\text{Ca}^{2+}$ - und pH-Konzentration. Die Maßzahlen beider Faktoren sind unten angeschriebenen Skalen zu entnehmen. Der  $\text{Ca}^{2+}$ -Gehalt ist durch breiter ausgezogene, der pH-Wert durch feine Linien dargestellt. Die Reihe der Abbildungen zeigt eine Folge der Arten, von hochmoorähnlichen Verhältnissen ausgehend nach Gebieten stark minerotropher Einflüsse sich erstreckend. Im Gelände gesehen, entspricht diese Anordnung – ähnlich der Betrachtung über die Mittelwerte weiter vorn – einem Gang vom zentralen südöstlich gelegenen Säurepol nach den westlich und besonders nordwestlich gelegenen Randgebieten hin.

Ich beschränke mich darauf, nur andeutungsweise einige typische Erscheinungsformen herauszugreifen.

Die Anordnung beider Kurven in der linken Systemhälfte der Abbildung mit den Hochmoorarten, die Verschiebung der Werte nach der Systemmitte mit annähernd symmetrischer Verteilung der  $\text{Ca}^{2+}$ -Werte links und pH-Werte rechts sind bezeichnend für die Trophieänderung der Zwischenmoorarten. Unverkennbar liegt sodann der Schwerpunkt beider Faktoren auf der rechten Seite des Koordinatensystems bei den Flachmoorarten, unter denen typische Mineralbodenwasserzeigerarten zu finden sind. Möglicherweise sind die Konzentrationsstufen in diesen Darstellungen zu klein gewählt. Kurven mit größeren Intervallen vermöchten durch ruhigeren Verlauf einen eher bessern Eindruck abzugeben.

Eine Tatsache wird man trotzdem wahrnehmen, nämlich die, daß jede Art ihre individuellen Standortbedürfnisse in beiden Faktoren recht deutlich ausweist. Das so eindeutige Zustandekommen von artspezifischen  $\text{Ca}^{2+}$ -Spektren beweist, daß unter all den möglichen und schwer auseinanderzu haltenden Standortfaktoren der  $\text{Ca}^{2+}$ -Gehalt eine hervorragende Rolle spielt. Die Bedeutung dieser edaphischen Komponente scheint in seiner ökologischen Wirksamkeit diejenige der Wasserstoffionenkonzentration zu übertreffen.

Man erhält jedoch bei der Sichtung der Diagramme auch eine Idee der soziologischen Gruppierungen, die sich recht auffallend mit dem entworfenen soziologischen Bild deckt (vgl. Abschnitt 4). Die folgenden Darstellungen (S. 87 ff.), die nach diesen Gesichtspunkten geordnet nun durchgangen werden, sind so eingerichtet, daß in getrennten Systemen oben die  $\text{Ca}^{2+}$ -Werte und darunter die pH-Werte aufgezeichnet wurden (Diagramme Fig. 23–31). In jedem System gelangen die gleichen charakteristischen Arten einer Gesellschaft oder ihrer speziellen Ausbildungen zur Darstellung. Aus Gründen der Übersichtlichkeit mußte eine Auswahl einiger weniger Hauptarten getroffen werden. Doch kann das Bild durch Einfügen weiterer zum

Artenmosaik gehörender Arten unter Berücksichtigung der Einzelarten-darstellung ergänzt werden.

Aus Fig.23 (S. 87) tritt die enge Verwandtschaft der Hochmoorarten durch den übereinstimmenden Kurvenverlauf und die besonders beim  $\text{Ca}^{2+}$ -Bild in der linken Systemhälfte lokalisierte Kurvenschar klar zutage. Die enge Beziehung der *Carex limosa* und *Rhynchospora alba* zur Hauptart des *Caricetum lasiocarpae* demonstriert Fig.24. Die Differenzierung der Optimalbezirke der genannten Arten, speziell der  $\text{Ca}^{2+}$ -Darstellung, scheint die Existenz entsprechender Varianten anzudeuten. Man erkennt, daß die Schlammssegge aber auch in höherem  $\text{Ca}^{2+}$ -Bereich noch gut vertreten ist. Aus meiner Beobachtung ist diese Art stark an dauernd nasse Standorte gebunden. Da das Vorkommen der *Carex limosa* offensichtlich namhaft durch Hydraturverhältnisse bedingt ist, dehnt sie ihr Areal in Bereiche höherer  $\text{Ca}^{2+}$ -Konzentration aus, in denen die Bedingung hoher Bodennässe genügend erfüllt ist. Durch Beobachtung ebenfalls belegt, aus dem  $\text{Ca}^{2+}$ -Bild aber zu wenig erkennbar, sind die nasse und trockene Erscheinungsform des *Rhynchosporetum albae*. Das Optimum dieser Gesellschaft liegt bei 10 bis 20 mg  $\text{Ca}^{2+}/\text{l}$ . Die kleine Kurvenspitze bei 33 mg  $\text{Ca}^{2+}/\text{l}$  ist ein Hinweis, daß die Art auch bei höherem  $\text{Ca}^{2+}$ -Gehalt zu gedeihen vermag. Diese Dehnung der  $\text{Ca}^{2+}$ -Amplitude entspricht dem Vorkommen der Art in Form fleckiger Herde in der östlichen Moorhälfte auf trockeneren Bodenpartien. Damit ist die trockene Variante des *Rhynchosporetum* angedeutet. Wenn diese Spitze in meiner Darstellung nicht ausgeprägt erscheint, liegt die Ursache darin, daß zur Zeit der Probenentnahme diese Art bereits schwer zu erkennen war. Dieses Beispiel zeigt, daß der Beobachtende Täuschungen unterliegt, die auf jahreszeitlichen Veränderungen des phyto-soziologischen Aspektes beruhen, die im Moor ein wesentliches Ausmaß annehmen. Hierdurch bestätigt sich, daß ökologische Erhebungen unbedingt von sorgfältiger und über das ganze Jahr ausgedehnter Beobachtung getragen sein müssen.

Das Bestehen einer *Trichophorum alpinum*- und einer *Carex panicea*-Variante soll Fig. 25, S. 87, als Subassoziation des umspannenden *Caricetum lasiocarpae* belegen. Trotz der in weitem Bereich auftretenden Hirsensegge ergibt sich eine Aufspaltung der Fadenseggengesellschaft durch die beiden im  $\text{Ca}^{2+}$ -Bedarf differenzierten Arten. Ebenfalls auf S. 88 vermittelt Fig.26 Einblick in eine weitere Spielform des *Caricetum lasiocarpae*. Dargestellt sind in diesen Diagrammen die Facies des *Comarum palustre* mit Optimalvorkommen in mittleren  $\text{Ca}^{2+}$ -Bereichen, flankiert von der Facies des *Pedicularis palustris*. Diese letztere Art scheint, was das  $\text{Ca}^{2+}$ -Bedürfnis betrifft, indifferent zu sein. Die im System erkennbaren Häufungsstellen an  $\text{Ca}^{2+}$ -reicherem und  $\text{Ca}^{2+}$ -ärmerem Ort entspricht indes der Anordnung dieser Art im Felde. Anscheinend sind hier zusätzliche ökologische Ursachen maßgebend (u.a. vielleicht auch Konkurrenzverhältnisse).

Das Bestehen eines *Parnassio-Caricetum pulicaris* im Sinne von OBERDORFER (1949), S.169, als *Parnassio-Caricetum*, ass. nov. bezeichnet, läßt sich eben-

falls anhand der Fig.27, S. 88, abschätzen. Nach den Diagrammen zu beurteilen, dürfte diese Assoziation bei einer  $\text{Ca}^{2+}$ -Amplitude von 30–60 mg  $\text{Ca}^{2+}/\text{l}$  und in einem pH-Intervall von 5,4–6,6 existieren. Sie tritt tatsächlich auch im Feld in Erscheinung, denn stellenweise ist die Fadenseggenwiese im frühen Sommer mit den weißen Sternen des Studentenröschens dicht besetzt, stets in Begleitung von Klassencharakterarten wie *Eriophorum angustifolium*, *Sphagnum contortum*, *Drepanocladus vernicosus* und den Begleitern *Potentilla erecta*, *Carex panicea*, *Drosera rotundifolia*, *Galium uliginosum*, *Valeriana dioica* und anderen.

Aus den weitern Darstellungen (Fig.28, S. 88), lässt sich ein *Caricetum appropinquatae* herauslesen. Der Hauptart sind in den Diagrammen die zugehörigen Verbandscharakterarten *Carex elata* und *Peucedanum palustre* beigesellt. Durch *Lysimachia vulgaris* wird diese Gesellschaft im Moorinnern gegenüber dem Vorkommen in den Randgebieten deutlich differenziert.

Die sehr breite ökologische Amplitude von *Molinia coerulea* geht aus den Abbildungen Fig.29, S. 89, hervor. Diese Art bildet vornehmlich mit *Carex panicea* das *Molinietum typicum* sensu KOCH (1926). In Verbindung und bunter Zusammensetzung mit vielen Calthion-Arten nimmt diese Gesellschaft im nordöstlichen Teil des Moores einen beachtlichen Raum ein.

Fig.30, S. 89, führt Arten vor, die mit hohem Deckungsgrad im nordöstlichen Moorteil vorkommen. Zwischen mehr oder weniger dichten *Carex lasiocarpa*- und *Molinia coerulea*-Beständen wachsen in kleinen, wasser gefüllten, rüllenartigen Vertiefungen ansehnliche Rasen von *Campylium stellatum* und *Drepanocladus vernicosus*. Möglicherweise handelt es sich hierbei um eine trockene Variante des von POELT (1954) beschriebenen *Scorpidium*-Vereins. Denn an andern nassen Stellen (südlich des *Cladium mariscus*-Fleckens in der Mitte) stößt man auf *Scorpidium scorpioides*-Synusien in Gemeinschaft mit den oben bezeichneten Moosarten. (Dort dann häufiger mit *Drepanocladus intermedius* zusammen.)

In der besagten *Molinia-Lasiocarpa*-Mischvegetation nun herrscht eine gewisse Trockenheit, so daß die Herausbildung der trockenen *Scorpidium*-Variante durchaus denkbar ist. Durch Arten wie *Acrocladium cuspidatum*, *Climacium dendroides* und *Mniumarten* kündet sich der mesotrophe und kalkreichere Boden des nahen Erlenbruchs an. Das Moospektrum von kalziphoben nach kalziphileren Formen bringt Fig.31, S. 89, sehr schön zur Darstellung. Die Übergänge des Hochmoorteils mit *Sphagnum medium* zum Zwischenmoor mit *Sphagnum recurvum* (im Gebiet hauptsächlich ssp. *angustifolium*), gefolgt von der charakteristischen Sphagnumart des nassen Flachmoores, dem *Sphagnum contortum*, sind gut aus dem Diagrammverlauf herauszulesen.

## 6. Diskussion und Ausblick

---

Das Verfahren, in der skizzierten Art soziologische Erkenntnisse zu gewinnen oder solche zu vertiefen, muß als Versuch gewertet werden. Er wurde unternommen aus der Einsicht, daß soziologische Entscheide zu treffen mit großen Schwierigkeiten verbunden sein kann. Vieles in der Beurteilung soziologischer Aspekte ist der Subjektivität des Forschenden überlassen. Diesen Unsicherheiten zu begegnen, sie möglichst zu beheben oder mindestens einzuschränken, war der Sinn des auf exakter Meßgrundlage basierenden Versuchs, der mit diesen Ausführungen keinen Anspruch auf Vollständigkeit erhebt.

In den soeben besprochenen Diagrammen (S. 83 ff.) geben die Kurven das Vorkommen einer Art im Optimalbereich in Abhängigkeit der  $\text{Ca}^{2+}$ - und pH-Konzentration an. Dabei stellt sich heraus, daß jede Art ihre spezifische Kurvenkonfiguration aufweist, in der sich ihre bestimmte ökologische Individualität in bezug auf die genannten Faktoren ausdrückt.

Im Untersuchungsgebiet ist somit die  $\text{Ca}^{2+}$ -Konzentration eine ökologisch wirksame Größe, der der pH-Faktor an Zuverlässigkeit und daher an Bedeutung nachsteht. Aufgrund dieser Feststellung gewinnt auch die Kombination der Kurvenbilder Bedeutung in dem Sinne, daß einmal Kurven gleicher Lage Arten gleicher Tropheiebedürfnisse anzeigen. Gruppierungen von einander in dieser Beziehung nahestehenden Arten deuten ferner Schwerpunkte an, die auf soziologische Zusammengehörigkeit hinweisen. Dann darf solchen Arten (unter ähnlichen Bedingungen) soziologische Zusammengehörigkeit zuerkannt werden.

Es lassen sich also durch vorsichtige Interpretation aus der Lage dieser Kurven-Koinzidenzen Assoziationen herauslesen und Varianten erkennen. Wenn OBERDORFER (1949) in seinem Vorwort über Süddeutsche Pflanzen gesellschaften bemerkt: «... daß die physiognomisch-floristische Methode zur Gliederung der Vegetation weit über die Versuche hinausgewachsen sei, diese Gliederung nach umgekehrten Prinzipien, von ökologischen Faktoren her vorzunehmen», gilt dies vielleicht nicht ganz in dieser allgemeinen Form. Zumindest liefert in der speziellen Situation der Moorgebiete der  $\text{Ca}^{2+}$ -Faktor mit der prägnanten ökologischen Wirkung (dem auch ALETSEE, WITTING u.a. Bedeutung beimessen) ein soziologisches Vegetationsbild, das dem auf konventionellem Wege der soziologischen Methodik gewohnten entspricht. Es bleibt fraglich, ob nicht die durch objektive Messung erhältlichen Unterlagen dem oft gezwungenermaßen subjektiven Ermessen rein floristisch arbeitender Soziologen gewinnbringend zur Seite zu stellen sind.

Wenn wir rückblickend die am Anfang aufgeworfenen Probleme überschauen, muß festgestellt werden, daß diese hier nur in bescheidenem Maß

eine Beantwortung finden. An den der Messung zugänglichen Umweltfaktoren wurden nur deren zwei (pH- und  $\text{Ca}^{2+}$ -Faktor) – die meßtechnisch einfachsten, im Konzentrationsgefälle auffälligsten – herausgegriffen. Dabei erwies sich besonders die  $\text{Ca}^{2+}$ -Konzentration als von allgemeiner und sicherer ökologischer Wirksamkeit, welche durch Differenzierung der Vegetation in Erscheinung trat und offenbar neben andern Faktoren (wie allgemeine Lage im Temperatur- und Niederschlagsbereich, im Grundwasserstand, in den Randeinflüssen, in der Konkurrentengarnitur usw.) maßgebend die Anordnung der Florenelemente steuert. Diese Feststellung entkräftet auch den möglichen Vorwurf der einseitigen Betonung des  $\text{Ca}^{2+}$ -Faktors, der sich doch als signifikant wirksam herausstellte.

Daß diese Untersuchung in notwendiger Beschränkung auf nur eine kleine Zahl von effektiv wirksamen Faktoren nicht vollständig ist und daher die ökologischen und soziologischen Zusammenhänge lückenhaft erfaßt, liegt auf der Hand. Wenn daher bekannte Soziologen einem Verfahren in der vorliegenden Weise mit gewisser Skepsis begegnen, so ist diese Haltung gerade aus dem Bewußtsein der Komplexität des Zusammenwirkens der ökologischen Faktoren und der Schwierigkeiten analytischer Erfassung verständlich. Demgegenüber ist zu bedenken, daß es in einem Ökosystem unter den vielen und unübersichtlichen Einwirkungen solche gibt, die offenbar auf alle Arten einen gewissen gleichgerichteten Einfluß haben, während andere nur äußerst spezifisch wirken (vgl. zum Beispiel SPARLING «The occurrence of *Schoenus nigricans* L. in Blanket Bogs», S.29 ff.). Was den Rahmen dieser Arbeit zweifellos gesprengt hätte, sich aber aufdrängt, wäre die Überprüfung anderer Moorgebiete mittels der durch Widerstandsmessung relativ leicht möglichen  $\text{Ca}^{2+}$ -Konzentrationsbestimmung an einer Vielzahl von Standorten mit entsprechenden Aufnahmen.

Jedenfalls finden sich in der Literatur auch Befürworter kombinierter soziologischer und ökologischer Forschung, wie JENSEN (1961), der in seinen Studien über das Sonnenberger-Moor im Oberharz darlegt, daß eine Synthese der Arbeitsmethoden der modernen Moorökologie erreichbar ist. Und auch POELT (1954) verweist auf die feinen Reaktionen von Moossynusien bei nur geringfügigen trophischen Änderungen. Diese außerordentlich lohnende Arbeitsrichtung konnte nur in großen Zügen verfolgt werden, weil die notwendige, aber arbeitsintensive Moosbestimmung aus Zeitgründen nur für eine relativ kleine Zahl von Standorten dieses Moorgebietes vorgenommen werden konnte. Eine Auswahl calciphiler Moose bringt Fig. 30, S. 89, zur Darstellung, während die folgende Figur 31, S. 89, die Verteilung der wichtigsten Moosarten auch im  $\text{Ca}^{2+}$ -armen Bereich anzeigt und damit darstellt, daß die Bryophyten empfindlich auf  $\text{Ca}^{2+}$ -Unterschiede ansprechen. Schon diese Anhaltspunkte weisen darauf hin, daß hier äußerst interessante Resultate erhältlich und diese, wie POELT betont, besonders für die Entwicklung des Moores wegweisend sind. Wenn die Phanerogamen

mehr retrospektive Ausblicke eröffnen, so läßt sich der Momentanzustand, vielleicht sogar die Zukunft der Vegetationsentwicklung, im Moosstatus ablesen. Die feinen Schwankungen der Hydraturverhältnisse, auf denen letztlich auch die edaphischen Gegebenheiten basieren, wirken sich verständlicherweise auf die oberflächlich wachsenden Moose am wirksamsten aus.

Wenn wir in diesem Zusammenhang noch kurz die Entwicklungsaussichten des Untersuchungsgebietes streifen, so vermittelt die starke Verbreitung von *Campylium stellatum* in Verbindung mit *Drepanocladus vernicosus* den Eindruck eines stark unter minerotrophem Einfluß stehenden Gebietes. Ursprünglich stand das Burgmoos unter der Einwirkung alljährlicher Überschwemmungen mit Seewasser, das über die Geländeschwelle im Süden hereinbrach. Seit der Seeabsenkung 1943 erfolgen solche Überflutungen ausgesprochen aus dem nördlich gelegenen Sammler. Das Wasser ergießt sich gerade zur Winterszeit bei gefrorener Mooroberfläche recht weit ins Moorinnere, so eine Eutrophierung höheren Grades speziell an  $\text{Ca}^{2+}$ -Gehalt bewirkend. Mir scheint, daß die genannten Moose diesen Vorgang sehr gut dokumentieren. Obschon der Bestimmung des Wasserstandes und dessen Veränderungen aus weiter oben angeführten Gründen nicht großer Erfolg beschieden war, müßte für die weitere Erforschung erneut versucht werden, die Wasserstands- und Durchflußverhältnisse abzuklären.

Zweifellos bestehen vertikale Schichtungen mit unterschiedlichem Trophieverhalten. Ohne ausführliche Sondierungen ist nicht abzuschätzen, wie weit der Einfluß des Wasserkörpers, auf dem das terrainbedeckte Moor ruht, nach oben reicht und bis in welche Tiefe sich Überflutungswasser und ombrogene Wirkung geltend machen.

Die Auswirkung der Kapillarität in der Nachlieferung von Wasser von untern Horizonten im Torf und das Ausmaß der Verdunstung aus den oberen Schichten bewirken eine ständige vertikale Verschiebung des Moorwasserspiegels. Diese Veränderungen sind einerseits von physikalischen Eigenschaften des Torfmaterials, andererseits von klimatischen Faktoren abhängig. Über längere Zeitdauer gesehen, pendeln diese Wasserstandsschwankungen um eine Mittellage, die örtlich verschieden hoch liegen kann. Je nach der Höhe dieses mittleren Wasserhorizontes sind auch die Trophieverhältnisse verschieden. Die unterschiedliche Lage der Wasserhorizonte mit entsprechend differenziertem Trophiegrad ist wahrscheinlich ein ökologischer Faktor von weittragender Bedeutung.

Die Ausblicke, die sich aufgrund der Untersuchungen am speziellen Objekt des Burgmooses ergeben, regen dazu an, die beschriebenen Zusammenhänge auch in andern Gebieten mit gleichen Methoden festzustellen und zu überprüfen. Sodann wäre bestimmt lohnend, gerade die zuletzt vermuteten Einflüsse der Wasserstände und die davon abhängige Versorgung der oberen Bodenschichten durch sorgfältige Tiefenanalysen zu ergründen. Die Produktion von organischem Material, das dadurch bewirkte Abheben der Pflanzendecke vom Einfluß des Wasserspiegels und der damit zusam-

menhängenden Veränderungen der Substratgrundlagen dürfte im Burgmoos, mit der erwähnten Bültenwucherung der Zwischen- und Flachmoorbezirke, besonders günstig zu verfolgen sein.

Das Bild der Moorvegetation im Burgmoos, wie es sich zu dieser Zeit dem Beobachter darstellt, ist in wesentlichen Zügen geprägt durch das Konzentrationsgefälle des Kalkgehaltes. Dieses ist im besonderen abhängig von der beschriebenen zeitweiligen Belieferung mit Moränenwasser. Es ist damit zu rechnen, daß vor allem im nordöstlichen Moorgebiet die vorhandene Artzusammensetzung in der Folge von basiphileren Vegetationsformen abgelöst wird. Des weiteren steht die Pflanzendecke unter dem Einfluß der bewirtschafteten Umgebung. Überflutungen bis in die Moorfläche hinein bewirken vermehrte Stickstoffzufuhr, und auf diese muß mit der Zeit auch die Vegetation reagieren. Bereits zeichnet sich der erhöhte Trophiegrad der nordöstlichen Moorecke in entsprechender Zusammensetzung der dort gedeihenden Pflanzenbestände ab. Von der feststellbaren Mineralisierung von Torfbezirken im Bereich der dichten *Molinia*-Rasen war schon weiter vorn die Rede.

Daß auch ohne Drainage Randeinflüsse aus dem umliegenden Kulturland schon immer stattgefunden haben müssen, beweist der in bezug auf Nährstoffe anspruchsvolle Bewuchs des Moorrandes. Doch bedeutet die zusätzliche und zeitweise intensive Drainagebewässerung eine Beschleunigung der angedeuteten Bodenveränderungen.

Wie weiter oben erwähnt, bewirkte die vor 26 Jahren durchgeföhrte Seabsenkung ein Ausbleiben alljährlicher im Frühling und Herbst erfolgender Überschwemmungen, bei denen das ganze Moor ausgiebig unter Wasser gesetzt wurde. Leider hat man keine genauen Anhaltspunkte, um den mit dieser Maßnahme verbundenen ökologischen Effekt zu erkennen. Ob etwa das Verschwinden von *Lycopodium inundatum*, dessen Vorkommen PROBST (1910) als «stellenweise dicht» beschrieben hat, mit dieser Veränderung in Zusammenhang steht?

Daneben befolgt der nicht zu übersehende Hochmoorkomplex als isoliertes Vegetationsgebilde eine eigene Gesetzmäßigkeit, die an den Rändern in Wechselwirkung steht mit dem übrigen größeren Flachmoorteil. Die Pioniertätigkeit von Hochmoorelementen, die vom Hochmoorareal ins Flachmoor hineingerichtet ist und sich durch viele kleine und größere Bülten zu erkennen gibt, stellt ein eigenartiges, nicht leicht verständliches, aber interessantes Phänomen dar. Der Ausgang der ökologisch entgegengesetzten gerichteten Tendenzen für die Entwicklung dieser Vegetationsbildung ist ungewiß.

Um diese Vorgänge im Burgmoos weiter verfolgen zu können, bedarf es einer zweckmäßigen Pflege zur Erhaltung dieser Naturlandschaft. Auf den ersten Blick erscheint eine derartige Einflußnahme auf ein Naturschutzgebiet erstaunlich. Sich selbst überlassen, würde das Moor aber mit der Zeit unaufhaltsam durch einen Erlen-Eschen-Bestand überwachsen werden. Vorposten

von *Frangula alnus*- und *Alnus glutinosa*-Gebüschen in der Moorfläche besonders im Nordteil und auch die große Zahl kleiner Fichten und Kiefern allenthalben im Moor deuten dies an. Das Endstadium wäre dann wohl in nährstoffreichem Boden eine erlenbruchartige Bewaldung, währenddem in der dystroph-oligotrophen Zone ein Pinetum das erste Waldstadium sein dürfte, wie dies sich innerhalb zweier Generationen im südlichsten Teil des Reservates eingestellt und fortentwickelt hat.

Eine Möglichkeit, dieser Wandlung Einhalt zu gebieten und das Kleinseggenried zu schützen, besteht in der Mahd, die das Wachstum der genannten Waldpioniere verhindert. Um gezielte Maßnahmen zur Erhaltung des Moores einzuleiten, ist ferner eine Überwachung notwendig, die an zuverlässigen Indikatoren Vegetationsveränderungen zu erkennen vermag. Bereits Seite 58 wurde die besondere Empfindlichkeit der Moosvereine auf Hydraturverhältnisse angedeutet. Ein Beispiel dafür ist der dichte Teppich an calciphilen Moosen, der die quer durch das Moor verlegte Wasserversorgungsleitung von Burgäschli markiert, die, verschiedenorts leck, mineralhaltiges Brunnenwasser ins Moor entläßt. Die Wasserleitung war um die Jahrhundertwende eingelegt worden und soll nun durch eine neue ersetzt werden, die das Moorgebiet nicht mehr tangiert.

Als Maßnahmen, die zur Erhaltung des Moores beitragen, wären nach diesen Darlegungen zu nennen:

1. Verhinderung des Eindringens minerotrophen, eutrophen Wassers sowohl aus der Drainage wie auch in beschriebener Weise aus der Wasserversorgung.
2. Alljährliche Mahd des Moores.

Ich bin mir bewußt, daß man diese Forderungen wohl kennt. Sie müßten möglichst konsequent realisiert werden. Für unser Zeitalter der intensivierten landwirtschaftlichen Nutzung ist dieses Burgmoos ein wahres Kleinod einer Naturlandschaft. Tragen wir Sorge zu ihm und vergessen wir nicht, daß nicht nur mutwilliges Betreten, daß auch Meliorationen in der Nachbarschaft des Reservates, daß Straßenbau, Deponien, weitere Entwässerung usw. dieses bedrohen können.



## 7. Zusammenfassung

---

Die Lage des Reservates Burgmoos ist auf der Landeskarte der Schweiz, Blatt 233 (Solothurn), Maßstab 1:50000 durch die Koordinaten 617750/224600 festgelegt. Es liegt etwa 3,5 km südwestlich von Herzogenbuchsee (Fig. 1). Das Moor ist in eine der Mulden eingebettet, die der sich zurückziehende Rhonegletscher geschaffen hat. Zeugen dieser Gletscherarbeit sind ähnliche Muldenformen sowie die beiden Moränenseelein, Aeschi- und Inkwilersee, im Raum Langenthal–Burgdorf–Solothurn. Das Burgmoos ist in seiner Gesamtfläche 4,34 ha groß. Der Nordteil, das eigentliche Arbeitsgebiet, umfaßt ungefähr 2,8 ha. Die Vegetationsfläche ist auf einer tragenden Torfschicht gelagert, die auf einem Wasser-Torf-Gytja-Körper ruht. Dieser letztere ist bis 16 m tief und ist durch eine völlig dichte Blaulehmschicht vom Untergrund isoliert.

Die Eigentümlichkeit der Moorvegetation gab den Anlaß, sie kennenzulernen, ihre Strukturen zu untersuchen und den Ursachen der auffallenden Artengefüge und Vegetationszonen nachzugehen.

Wir versuchten, in Abweichung vom üblichen Vorgehen, von physikalischen und chemischen Messungen her den Zugang zum Verständnis der besonderen Vegetationsverhältnisse des Moores zu finden.

Unser Weg ließ sich danach in zwei Schritte gliedern:

1. Die Beschaffung ökologischer Grundlagen in einem genügend genauen Meßraster über das ganze Moor.
2. Den Vergleich dieser Werte mit der soziologischen Struktur des Moores.

Die folgende Zusammenstellung gibt den Überblick über die Resultate des skizzierten Ablaufs der Untersuchungen:

1. Ein erstes Anliegen dieser Arbeit bestand in der Suche nach variablen Faktoren, denen ökologische Bedeutung beigemessen werden konnte.
2. Aus der näheren Betrachtung der Wasserversorgung des Moores ergab sich, daß die Analyse edaphischer Faktoren in erster Linie für die ökologische Wirksamkeit aufschlußreich sein muß. Der Versuch, aus klimatologischen Grundlagen (Temperaturmessung) Anhaltspunkte für ökologische Aussagen zu verschaffen, verlief negativ.
3. Neben Nitrat-, Nitrit-, Ammoniumstickstoff und Orthophosphat wurden besonders das pH-Feld und die  $\text{Ca}^{2+}$ -Gehaltverteilung über das ganze Moor (sekundär auch das  $\text{Mg}^{2+}$ -Konzentrationsgefälle) untersucht und festgehalten.
4. Von all diesen Substratfaktoren fiel der bemerkenswerte  $\text{Ca}^{2+}$ -Gradient auf, dessen Wirkung als ökologischer Faktor daher besonders verfolgt werden mußte.

5. Die vergleichende Gegenüberstellung der komplexometrisch ermittelten  $\text{Ca}^{2+}$ -Konzentrationen mit den entsprechenden Leitfähigkeitswerten der Proben wiesen auf proportionales Verhalten der Größen hin. Diese Beziehung wurde an 140 Proben statistisch überprüft. Die Proportionalität zwischen  $\text{Ca}^{2+}$ -Konzentration und Leitfähigkeit stellte sich als hoch signifikant heraus, auch mit der zusätzlichen Kontrolle der Teilkorrelationsrechnung, die den allfälligen Einfluß anderer Faktoren ausschaltet, sowie ständiger Überprüfung dieses Sachverhaltes an zahlreichen weiteren Proben.  
Durch Umkehrung der funktionellen Abhängigkeit durfte somit von der Leitfähigkeit verbindlich auf den  $\text{Ca}^{2+}$ -Gehalt in mg/l geschlossen werden.  
Damit wurde die  $\text{Ca}^{2+}$ -Bestimmung methodisch wesentlich vereinfacht und durch elektrische Widerstandsmessung mit hinreichender Genauigkeit gewährleistet.  $\text{Ca}^{2+}$ -Konzentrationsangaben waren auf diese Weise für eine beliebig große Anzahl Standorte zuverlässig zu erhalten.
6. Da auch beim pH-Feld kontinuierliche Konzentrationsänderungen zu verzeichnen waren, wurde auch die pH-Abhängigkeit in Funktion des  $\text{Ca}^{2+}$ -Gehaltes statistisch untersucht. Diese Beziehung erwies sich als signifikant proportional.
7. Nicht signifikant dagegen stellte sich die Abhängigkeit von Leitfähigkeit und pH-Wert heraus.
8. Im Zusammenhang mit den Stickstoffuntersuchungen trat eine interessante Wechselbeziehung zwischen Nitrat- und Ammoniumstickstoff zutage. Sie wurde auf den im Spätsommer gesteigerten bakteriellen Stickstoffmetabolismus zurückgeführt, bei dem aus der Ammoniumstickstoffreserve Nitratstickstoff vermehrt gebildet wird, unter Absenkung des Ammoniumstickstoffspiegels. Ökologisch wurde das geringe an der Erfassengrenze befindliche Konzentrationsgefälle der Stickstoffverbindungen im Moorgebiet als irrelevant beurteilt.
9. Die gründliche soziologische Analyse führte zur Erkenntnis, daß auf dem Hauptteil der Moorfläche scharf abzugrenzende Gesellschaften im Sinne der Standardzusammensetzung nach OBERDORFER, KOCH und ELLENBERG nicht vorhanden sind. Relativ reine Ausbildungen finden sich auf kleinstem Raum. Die Hauptgesellschaft der offenen Moorfläche ist ein *Caricetum lasiocarpae* mit zahlreichen Varianten, die durch Differentialarten gut erkennbar sind.
10. Das untersuchte Burgmoosmoor läßt sich nach ALETSEE in die Kategorie des Regenwassermoorkomplexes einstufen, das alle Übergänge vom ombro-oligotrophen Hochmooranflug über das oligominerotrophe Zwischenmoor zum immer noch oligotrophen, aber immer stärker minerotrophen Flachmoor bis zu den eu- und minerotrophen Randgebieten darstellt.

11. Der Vergleich der Meßgrundlagen des  $\text{Ca}^{2+}$ - und pH-Status mit den entsprechenden Artvorkommen und Vergesellschaftungen führten zum Ergebnis, daß sehr spezifische Verteilungsbilder im  $\text{Ca}^{2+}$ - und pH-Koordinatennetz die einzelnen Arten, aber zum Teil auch Gesellschaften und deren Varianten charakterisieren. Das Vegetationsbild, die Anordnung des Artenmosaiks, steht somit in festem Zusammenhang mit den Variablen, die im  $\text{Ca}^{2+}$ - und pH-Feld und dem ausgeprägten Konzentrationsgefälle ihren meßbaren Ausdruck finden und die deshalb zu Recht als ökologische Faktoren ersten Ranges angesprochen werden dürfen.
12. Die feine Reaktion der Moossynusien auf Trophieänderungen wurde erkannt, aus technischen Gründen jedoch nicht einläßlich untersucht und ausgewertet.
13. Der für die Untersuchung geschaffene Meßraster (468 pH- und ebensoviele  $\text{Ca}^{2+}$ -Werte) kann von Nutzen sein, um die Entwicklungstendenzen von Substratänderungen zu verfolgen. Das Netz ist topographisch festgelegt und kann später zur Überwachung des Naturschutzgebietes wertvoll sein.



## 8. Anhang

### 1. FIGUREN

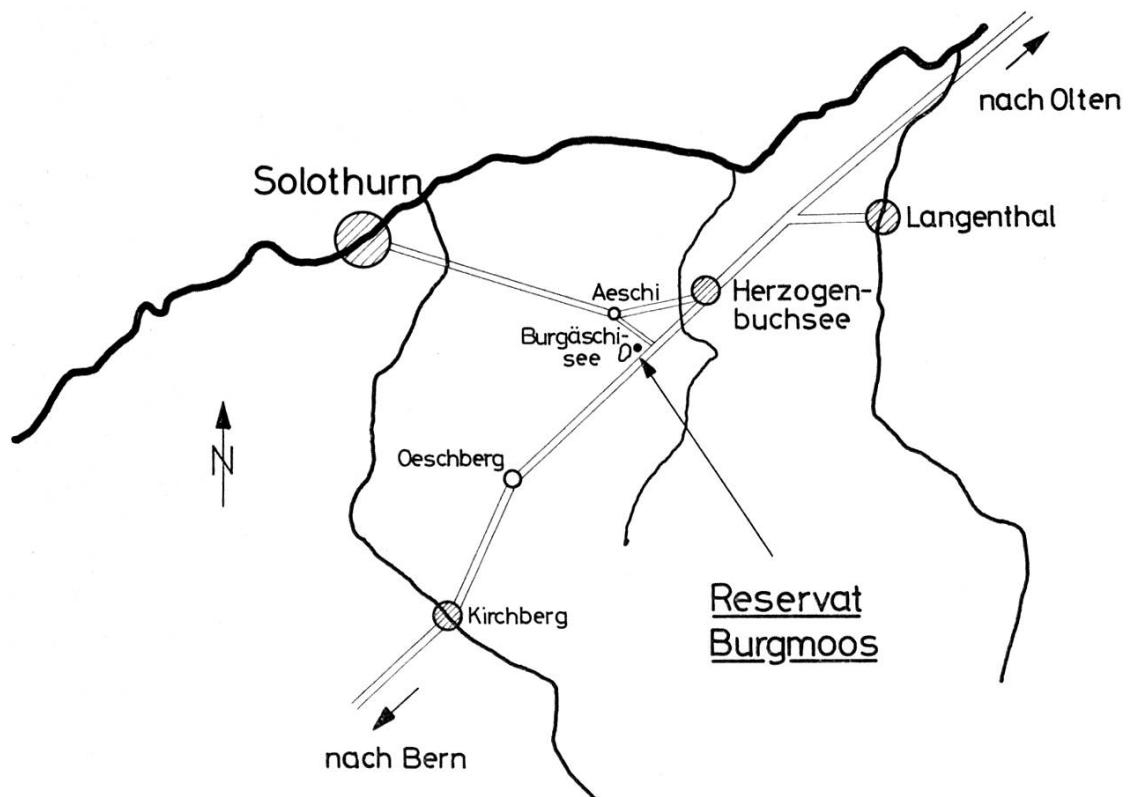


Fig.1 (S. 13): Planskizze: Geographische Lage des Reservates Burgmoos.

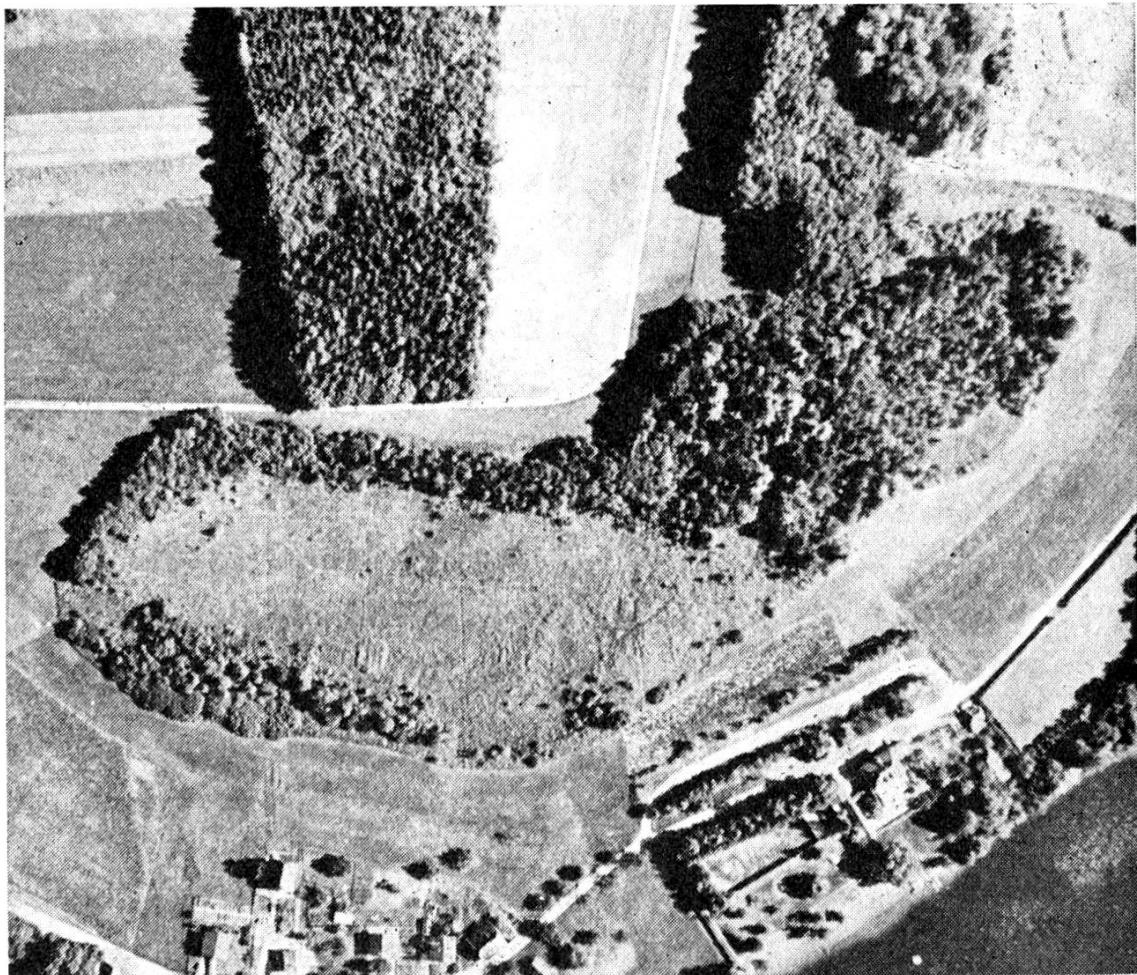


Fig. 2 (S. 13): Luftaufnahme des Gebietes mit dem Reservat Burgmoos und Umgebung. Man erkennt die große offene Moorfläche des linken, nordöstlichen Reservatteils. Die mittlere Waldpartie trennt diesen vom südlichen stark bewaldeten kleineren Moorgebiet. Im oberen (südöstlichen) Bildteil fällt die neue, im Zuge der Melioration erstellte, rechtwinklig gebogene Straße auf. Unten rechts erscheint noch ein Stück des Burgäschisees mit dem Strandbad Burgäschli, während links unten die Siedlung Burgäschli sichtbar ist. Deutlich hebt sich das Moorgebiet vom Kulturland ab, das allseitig an sanften Moränenhängen ansteigt. Die Landparzelle zwischen Strandbad und Reservat wurde erst vor kurzem mit Jungtännchen bepflanzt. Photo: Luftaufklärungsdienst Dübendorf.

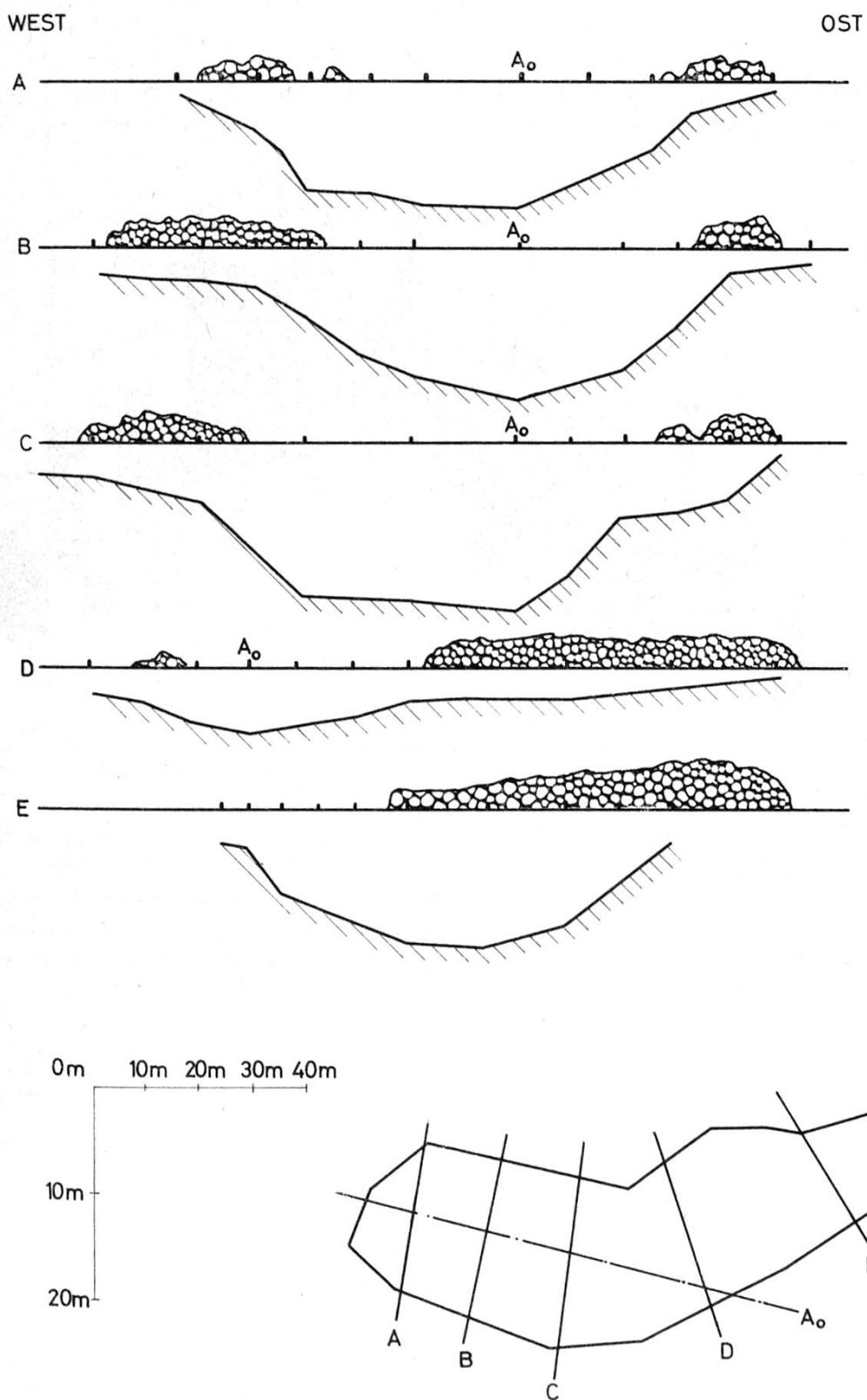


Fig. 3 (S. 13): Schnittdarstellung von fünf der insgesamt sieben Transekt-Profilbohrungen zur Abklärung des Untergrundes und der Muldenform.  
 Horizontalabmessungen: M 1:1000  
 Vertikalabmessungen: M 1:500 Unten: Lage der Bohrungen im Reservat

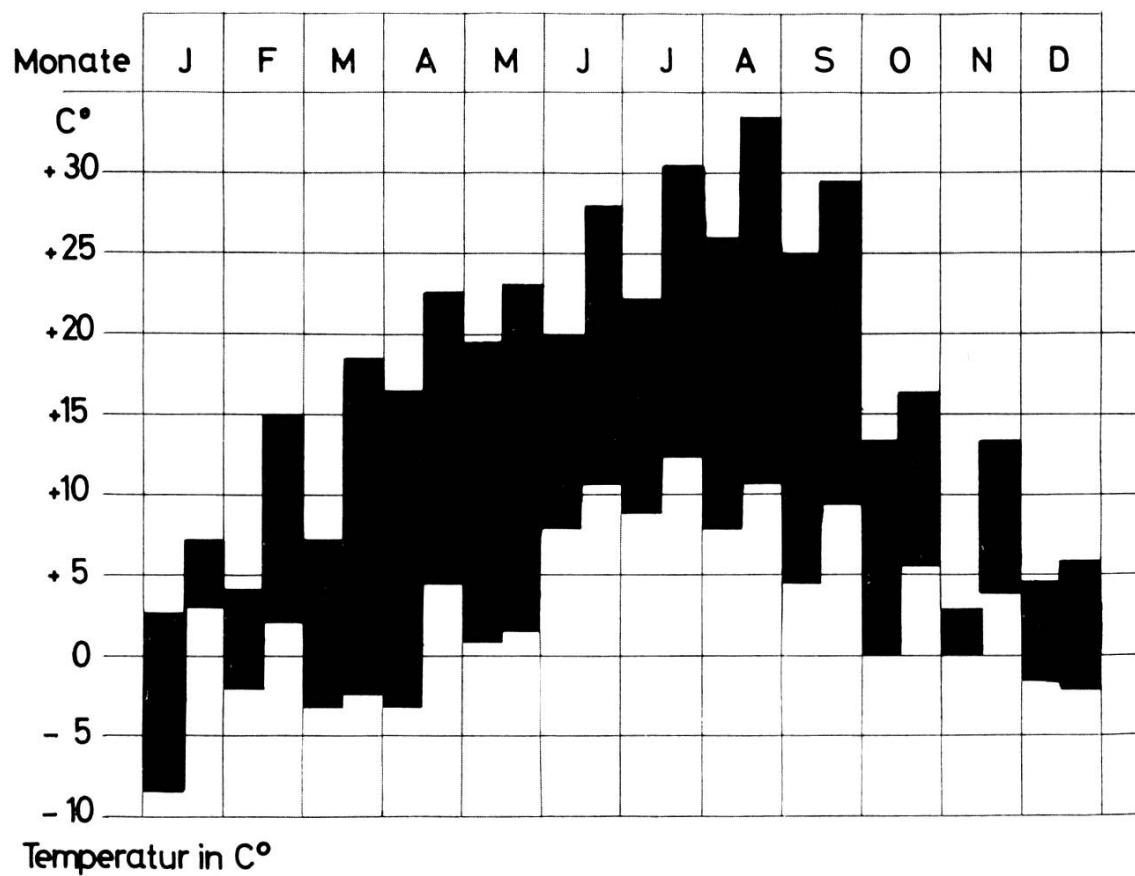


Fig. 4 (S. 16): Temperaturverhalten der bodennahen Luftschicht 20 cm über Grund im Verlauf eines Jahres.

Darstellung: Pro Monat sind zwei sechstägige Warm- und Kaltperioden in Säulen aufgezeichnet. Die oberen Säulenwerte sind durchschnittlich maximale Tages-, die untere Begrenzung durchschnittlich minimale Nachttemperaturen dieser sechstägigen Intervalle.

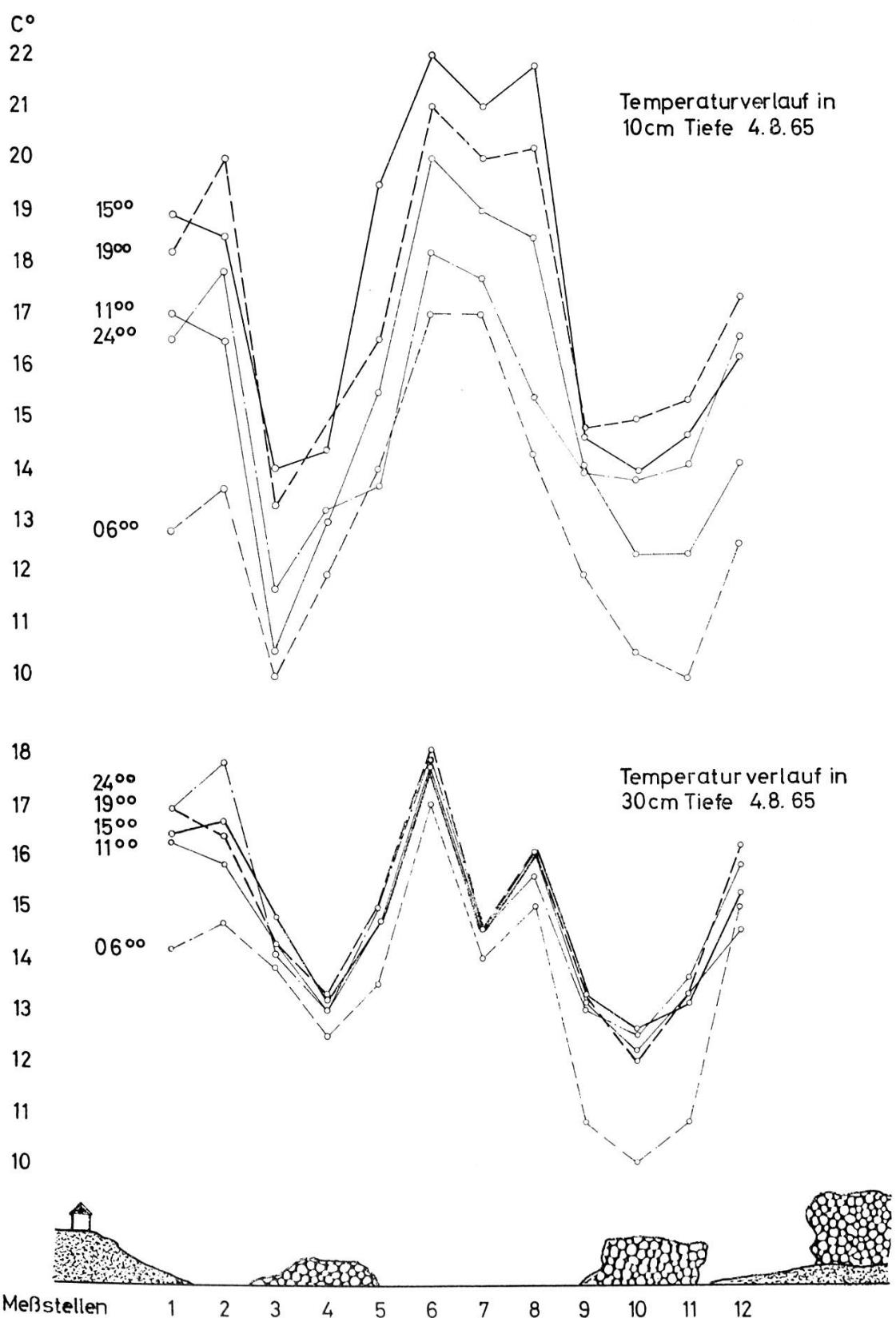


Fig. 5 (S. 16): Verlauf der Bodentemperaturen während eines Sommertages mit mehrstündigen Meßintervallen in Tiefen von 10 cm und 30 cm mit Quecksilberthermometern.

## Messtellen des Transsektes 1-9

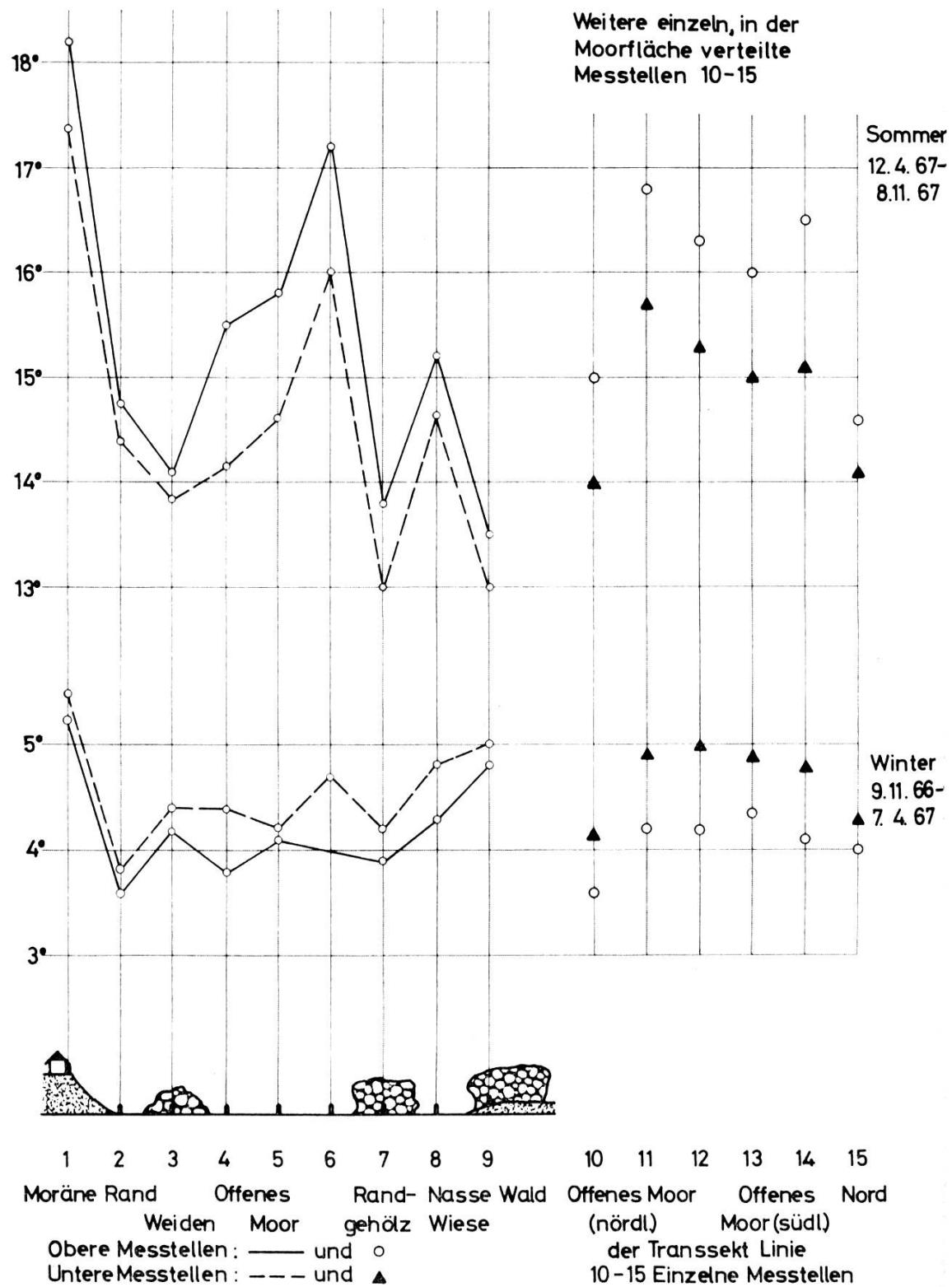


Fig. 6 (S. 17): Pallmann-Serien zur Bestimmung von Bodentemperaturmittelwerten über längere Zeit in zwei Tiefenlagen.

Obere Meßstellen: in 10–15 cm Tiefe

Untere Meßstellen: in 25–30 cm Tiefe

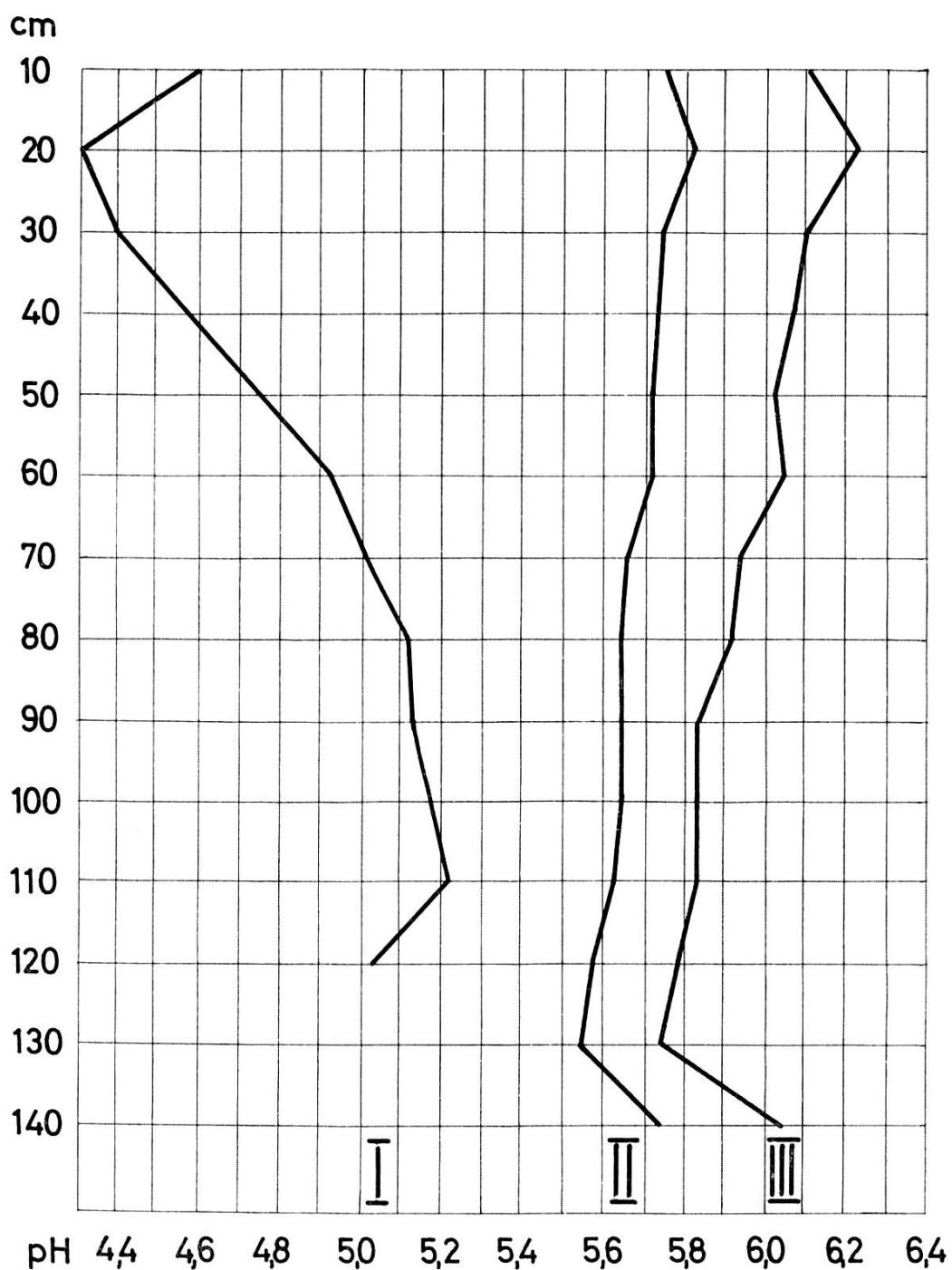


Fig. 7 (S. 25): Diagramm der vertikalen pH-Änderung an verschiedenen Standorten.

- I Probe im Hochmoorteil
  - II Probe auf halbem Weg zum nördlichen Rand
  - III Probe in der Nähe des Nordostrandes
- Im Übersichtskärtchen Fig. 14 sind die Standorte mit den entsprechenden römischen Zahlen bezeichnet.  
 Bei II macht sich bereits der Einfluß mineralreichen Wassers geltend, der am Standort III verstärkt in Erscheinung tritt.

Bodentiefe  
in cm



Ca<sup>2+</sup> mg/l 2 4 6 8 10 12      30 32 38 - 42

Fig. 8 (S. 28): Diagramm der vertikalen Ca<sup>2+</sup>-Konzentrationsänderung an den gleichen Standorten wie in Fig. 7 dargestellt. In dieser Darstellung ist ebenfalls der minerotrophe Einfluß von I bis III feststellbar.

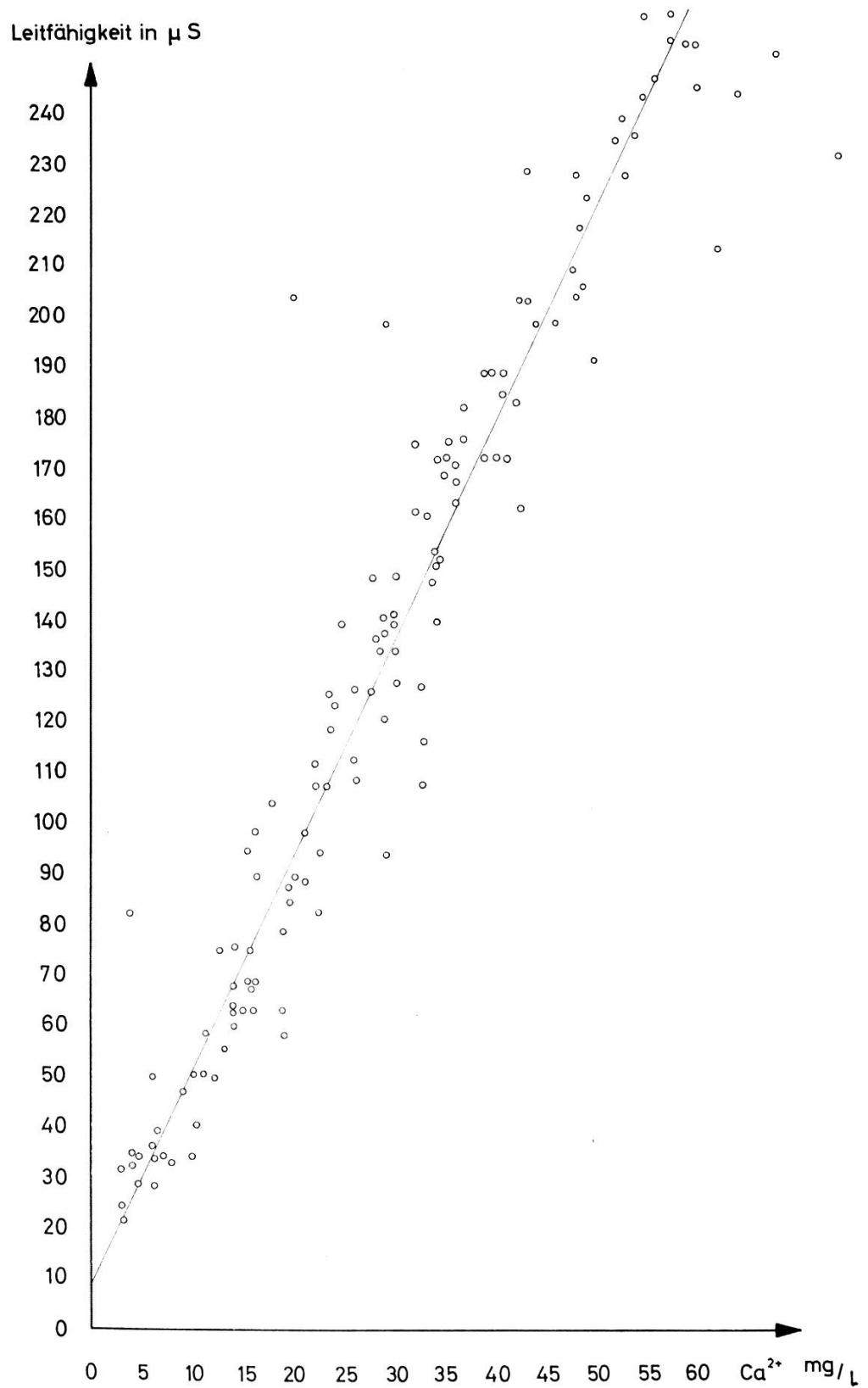


Fig. 9 (S. 30): Regressionsgerade zur Erläuterung und Verifizierung der linearen Beziehung zwischen Leitfähigkeit und  $\text{Ca}^{2+}$ -Konzentration.

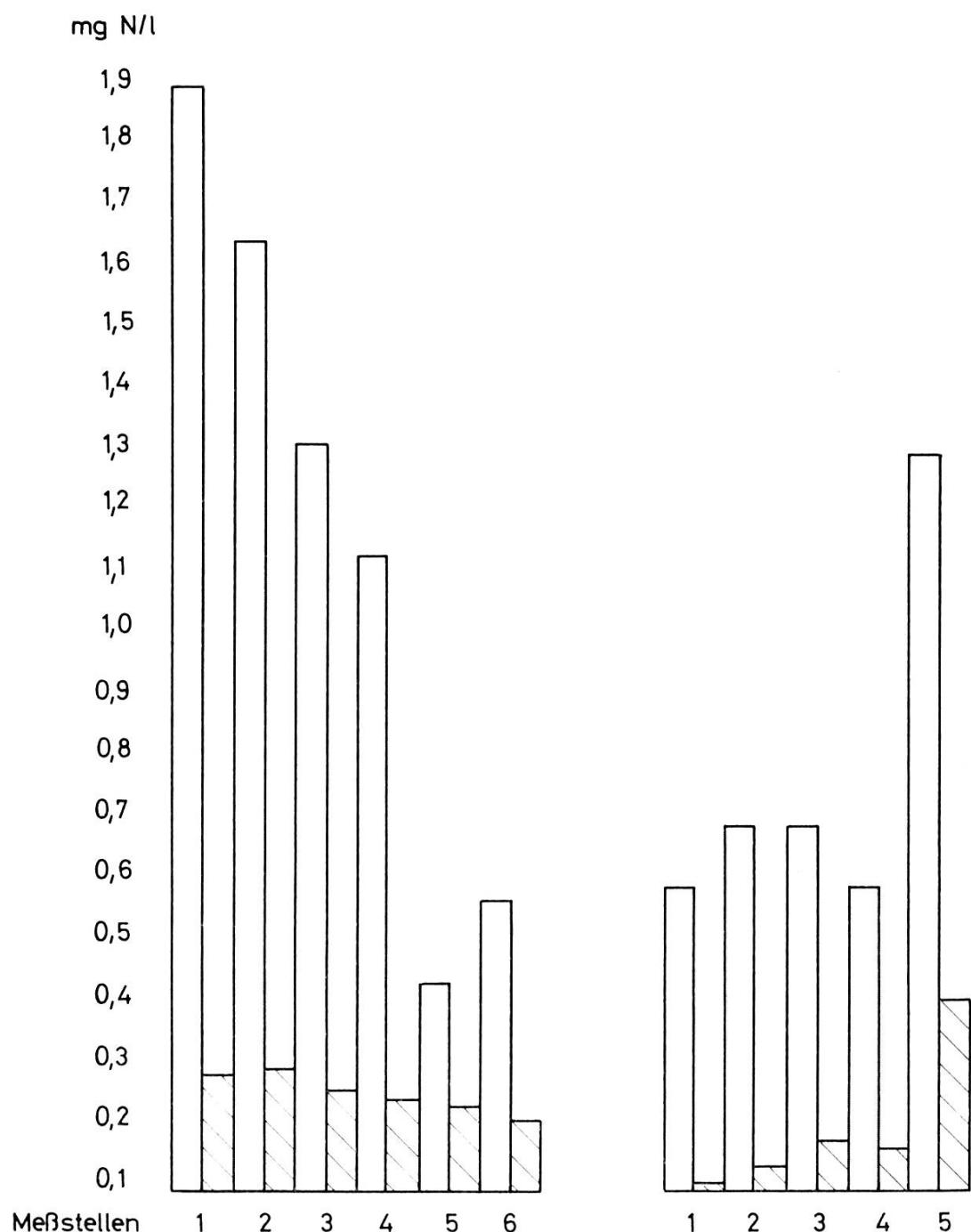


Fig.10 (S. 34): Gegenüberstellung zweier Analysenserien auf zwei Transsekten  
 Gruppe links: 6 Meßstellen gemessen am 14. September 1966,  
 Transsekt Mitte  
 Gruppe rechts: 5 Meßstellen gemessen am 29. September 1966,  
 Transsekt Nord  
 Schraffierte Felder:  $\text{NO}_3^-$ -Konzentration in mg N/l  
 Weiße Felder:  $\text{NH}_4^+$ -Konzentration in mg N/l  
 (Meßgruppen in Fig.14 mit a) und b) bezeichnet)

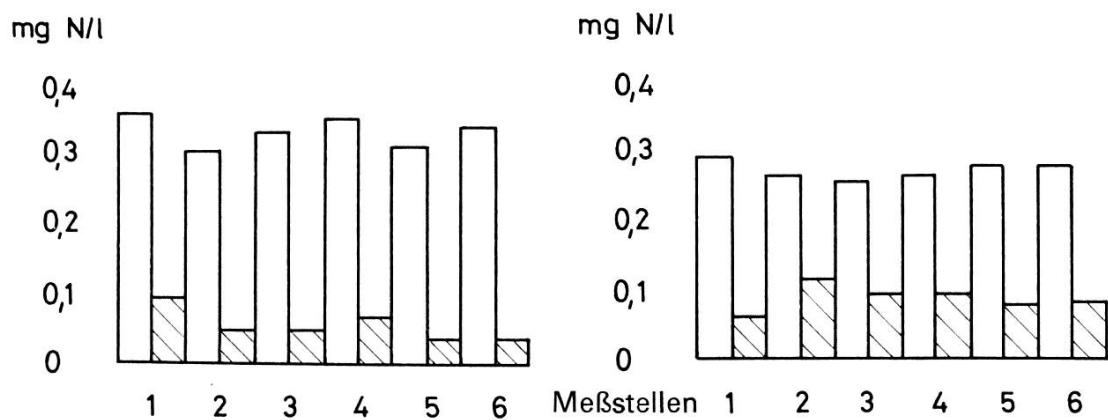


Fig.11 (S. 34): Vergleich von Ammonium- und Nitratstickstoffwerten von Proben, die an gleichen Standorten, wie in der vorherigen Figur angegeben, jedoch zu verschiedener Zeit entnommen und gemessen wurden.

Gruppe links: Entnahme und Analyse 19.Juni 1967

Gruppe rechts: Entnahme und Analyse 5. September 1967

Schraffierte Säulen:  $\text{NO}_3^-$ -Konzentration in mg N/l

Weiße Säulen:  $\text{NH}_4^+$ -Konzentration in mg N/l

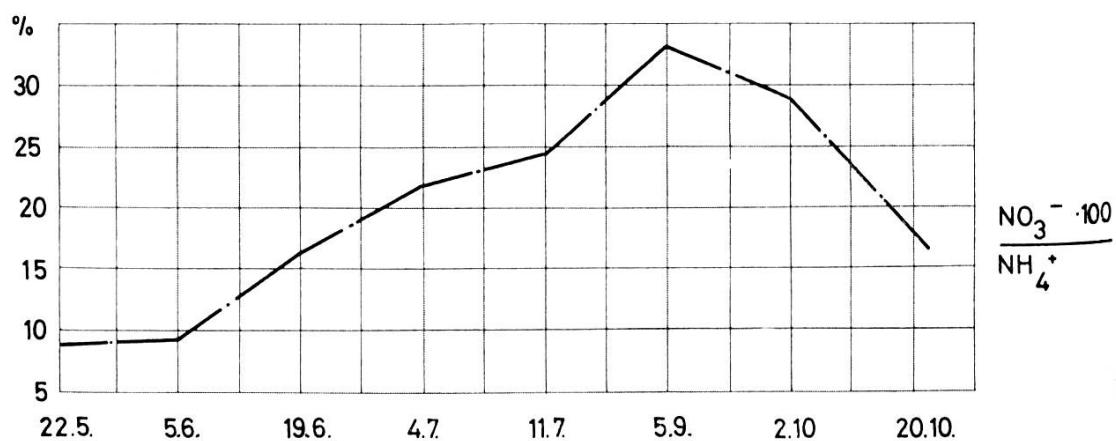
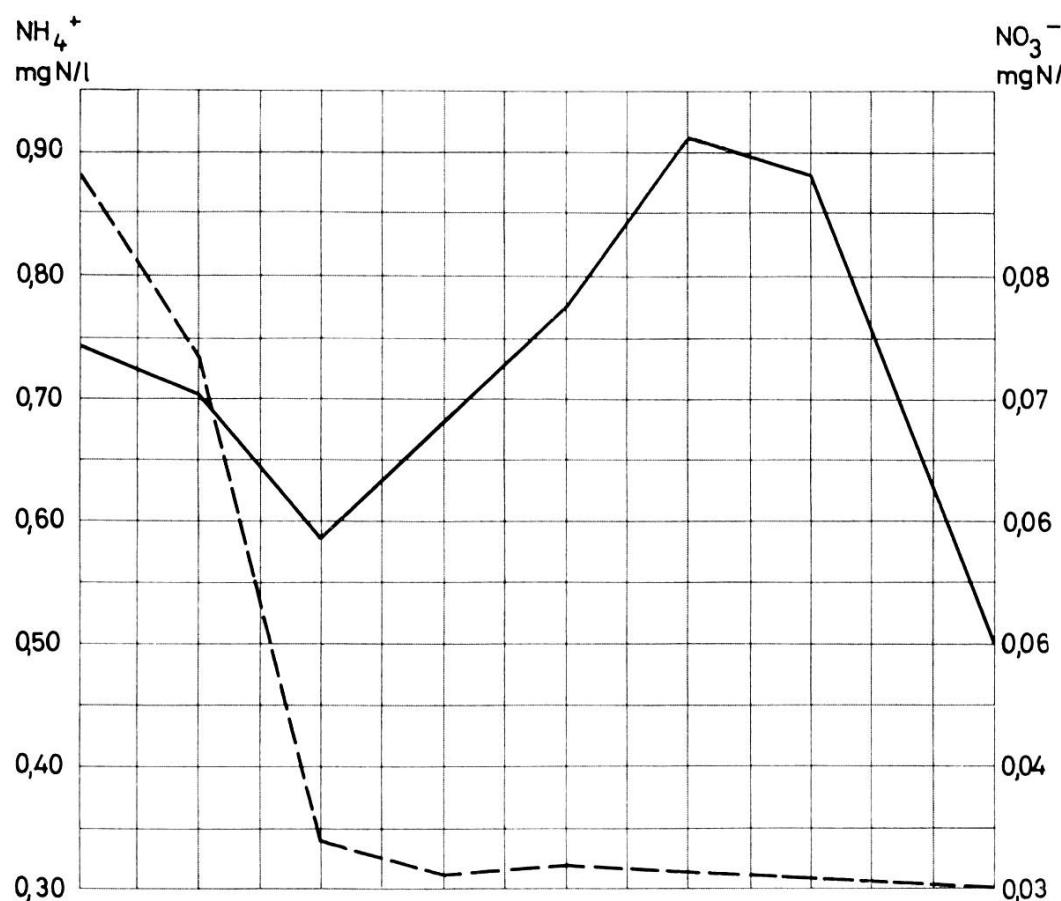


Fig.12 (S. 34): Änderung der angegebenen Stickstoffverbindungen in Abhängigkeit von der Zeit. Zeitintervall der Entnahmen (jeweils 5–6 Proben) vom 22.5.1967 bis 20.10.1967.

$\text{NO}_3^-$  in mg N/l Linie ausgezogen.

$\text{NH}_4^+$  in mg N/l Linie gestrichelt.

Unterer Teil der Figur: Quotient Nitrat- zu Ammoniumstickstoff in Prozent dargestellt (strichpunktierter Linie).

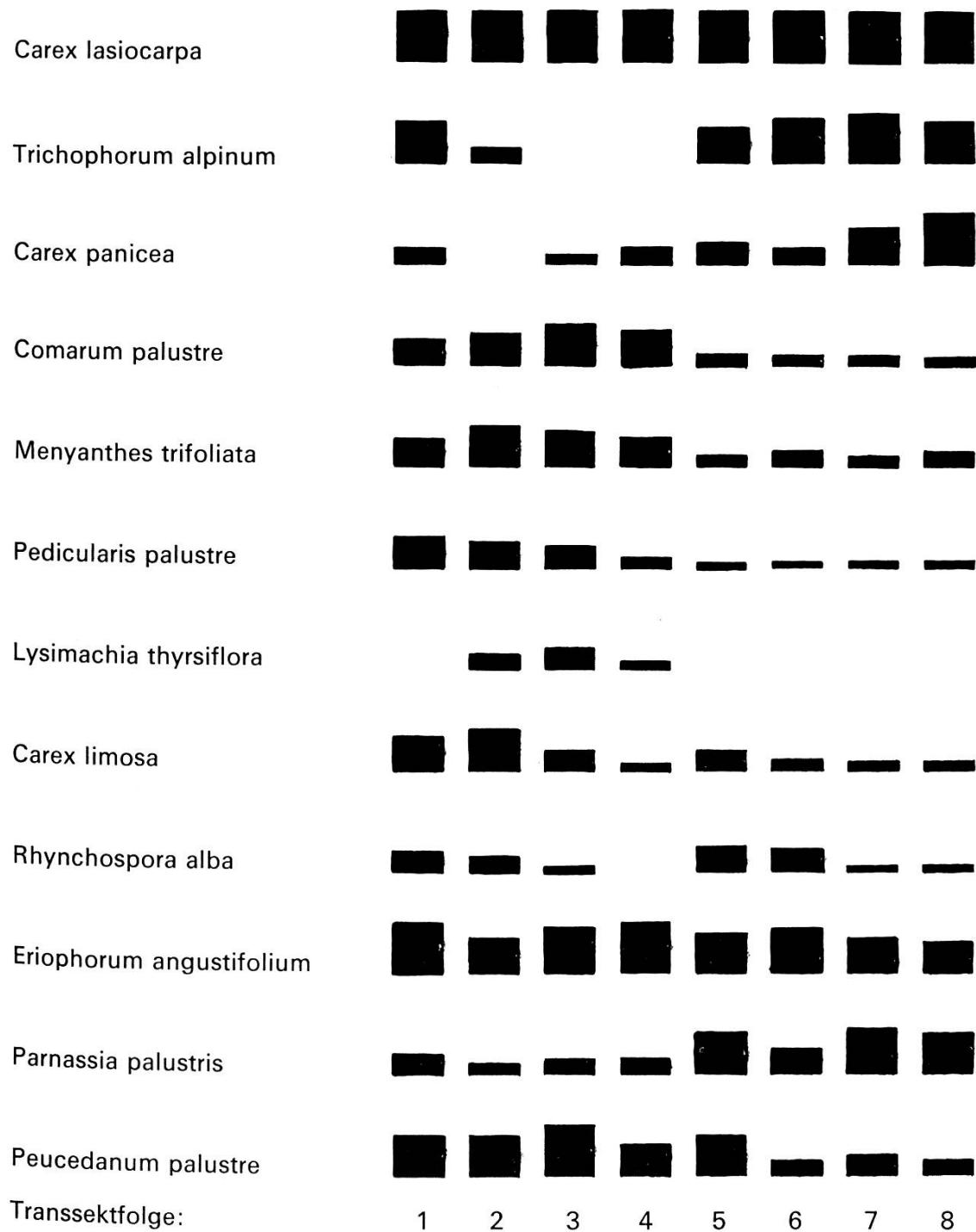


Fig.13 (S. 42): Veränderung in der Artstetigkeit mit der Verschiebung auf der Längsachse von Süd nach Nord bei 8 Transsektaufnahmen.

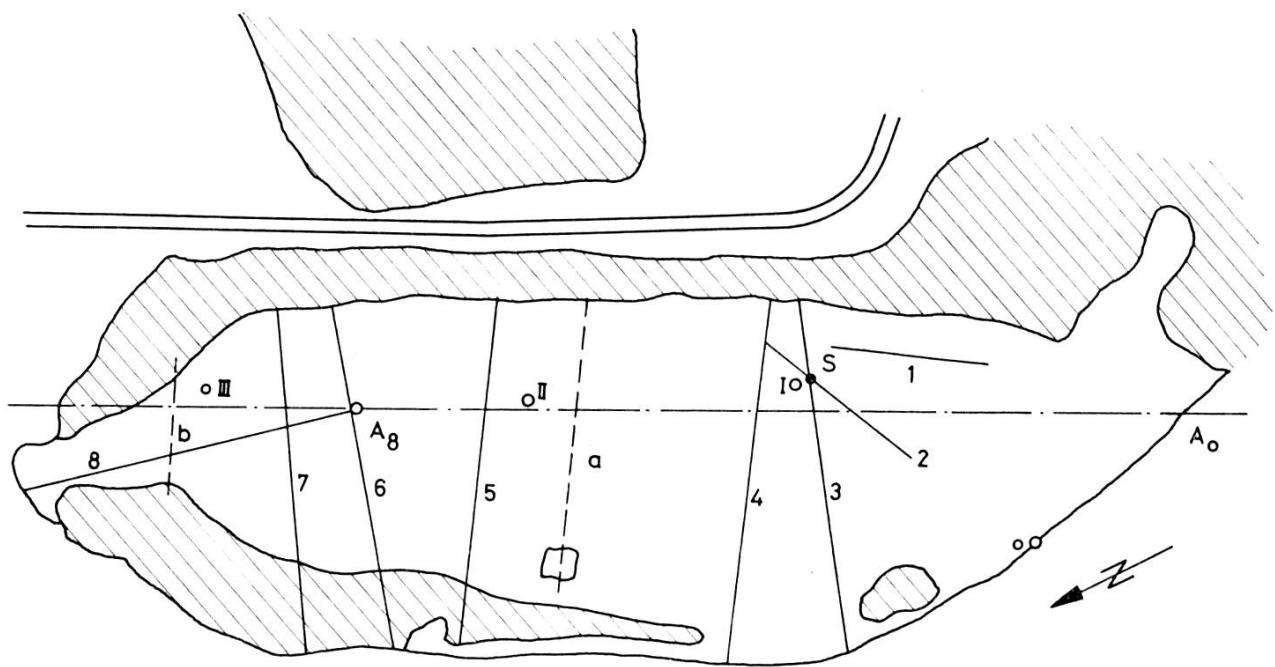


Fig. 14 (S. 25, 28, 34, 42): Meßplanskizze zur Orientierung für die Fig. 7, 8, 10 und 13.

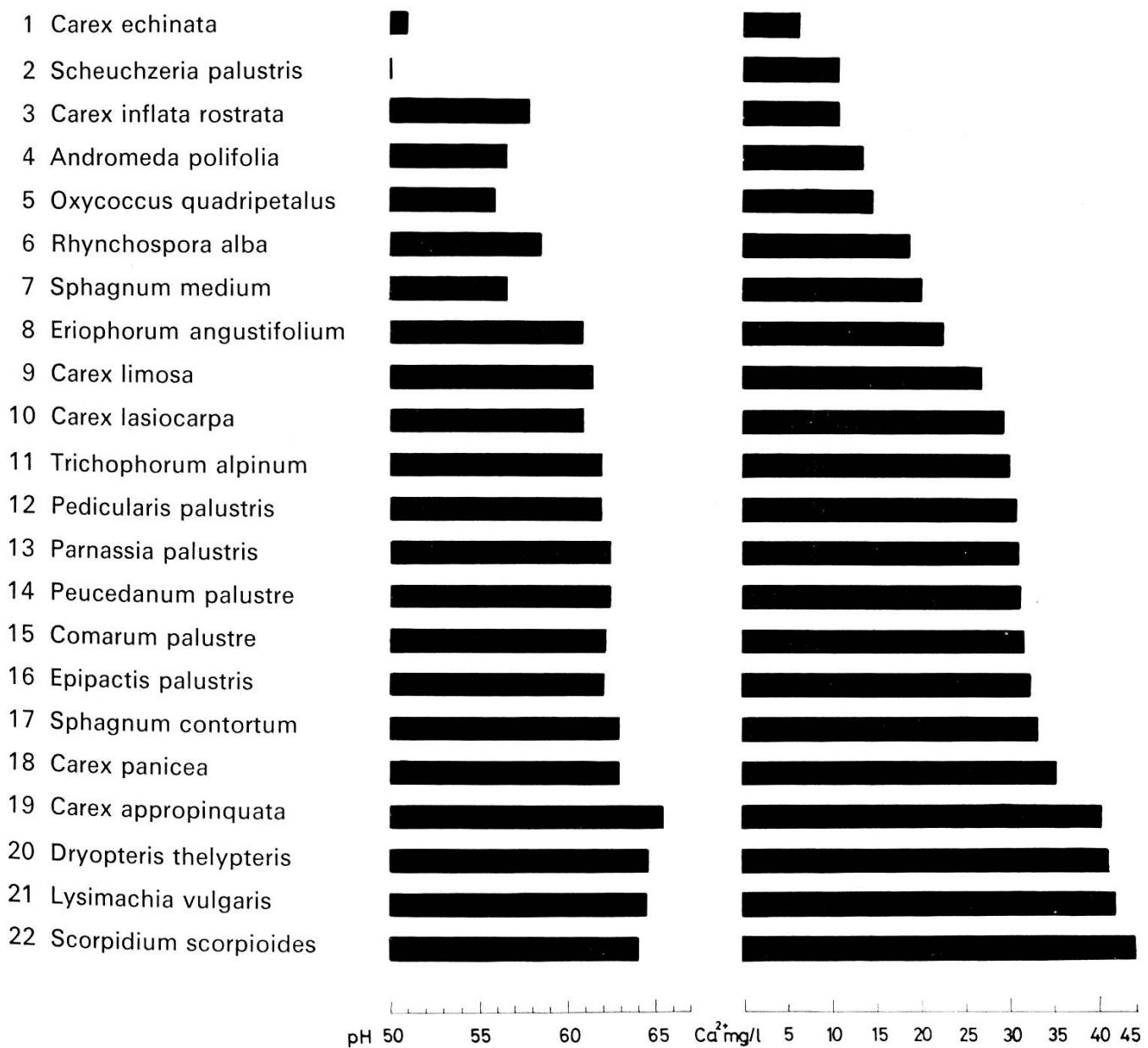


Fig.17 (S. 51): Zuordnung einiger Arten zu pH- und  $\text{Ca}^{2+}$ -Mittelwerten.



Fig.18 (S. 44): Winteraufnahme zur Demonstration der das Flachmoor durchsetzenden Bültenherden. (Photo: W. Schwarz, Herzogenbuchsee)

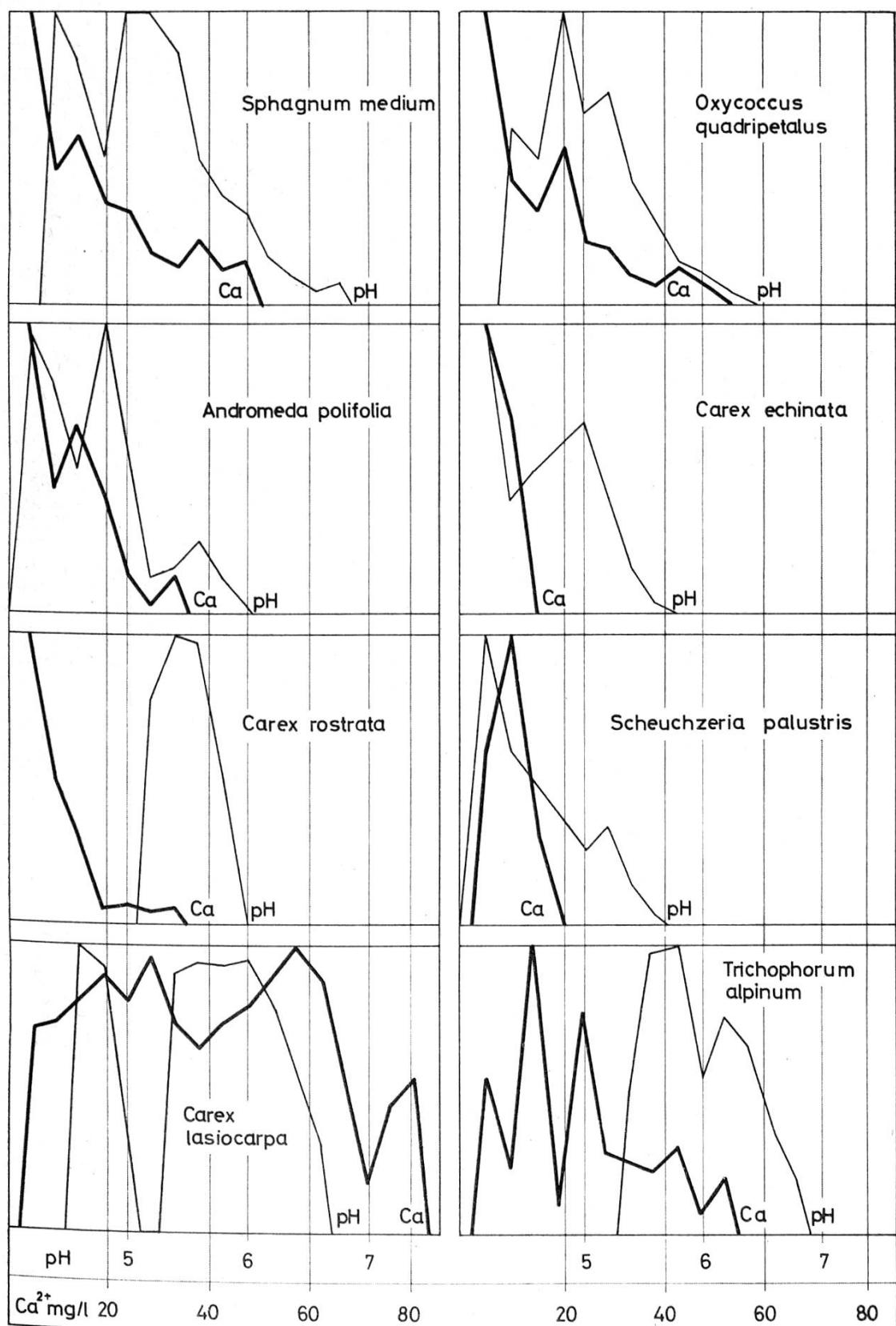
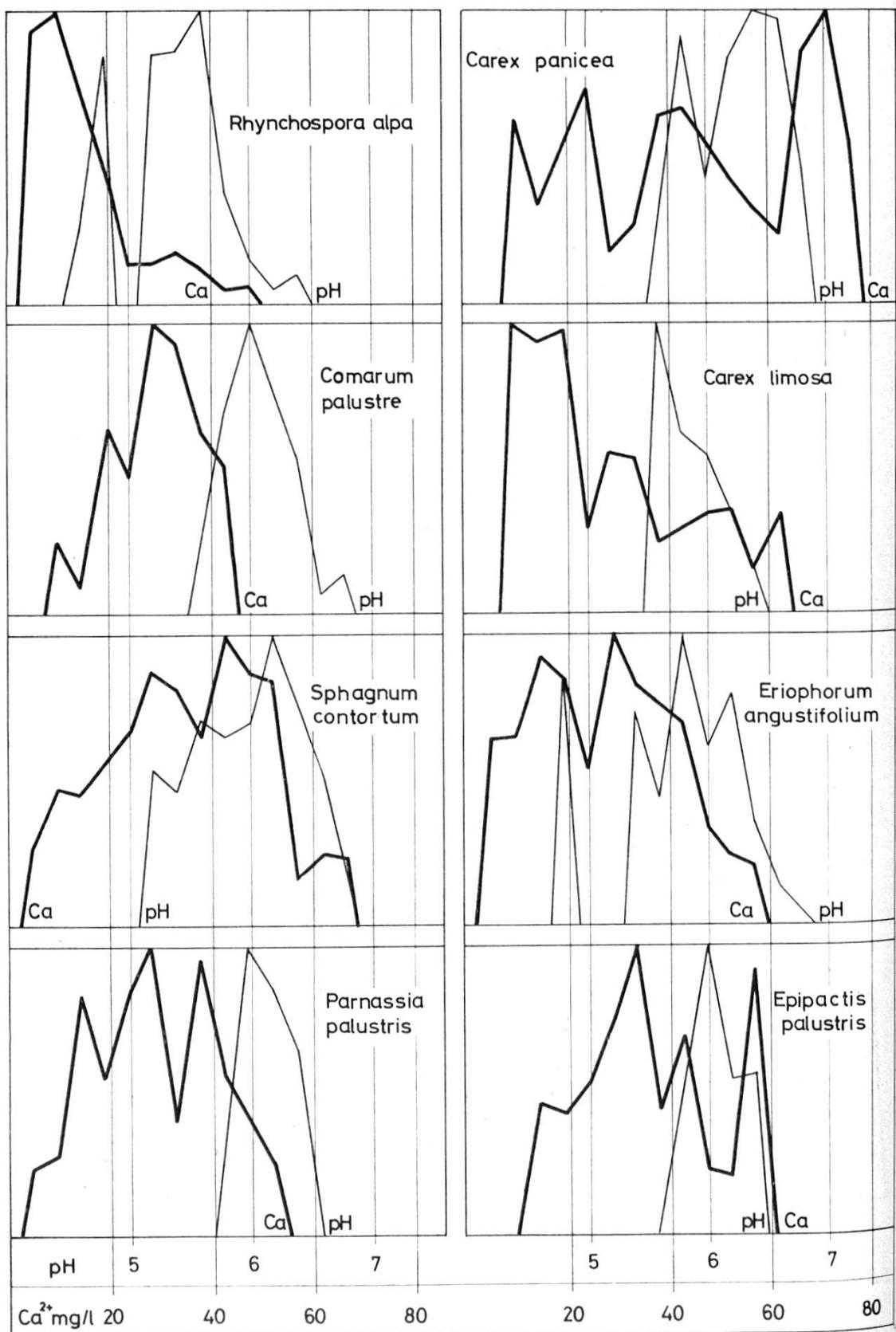
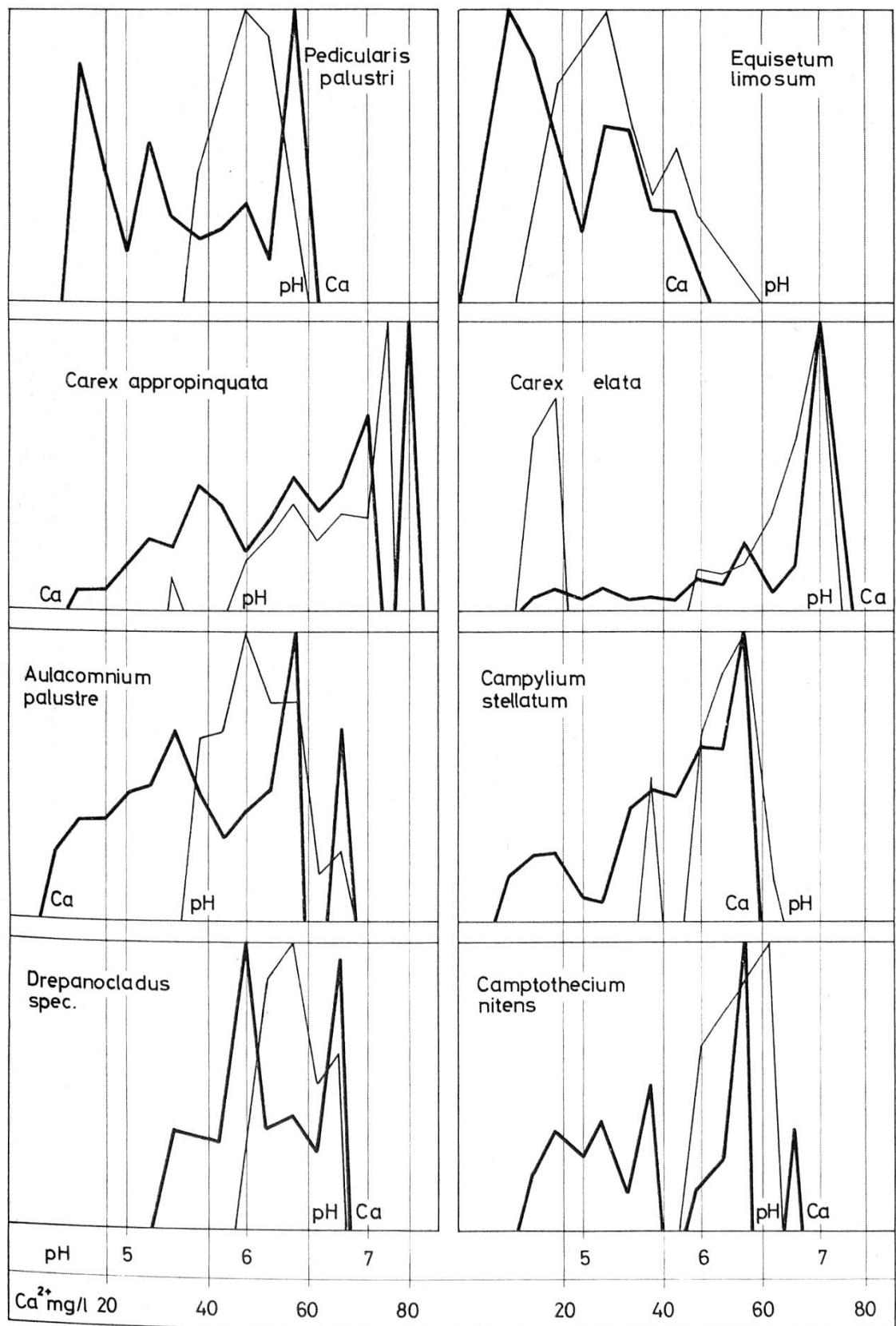


Fig.19–Fig.22: Zuordnung verschiedener Moorplantarten in pH- und  $\text{Ca}^{2+}$ -Bereiche in Diagrammen.





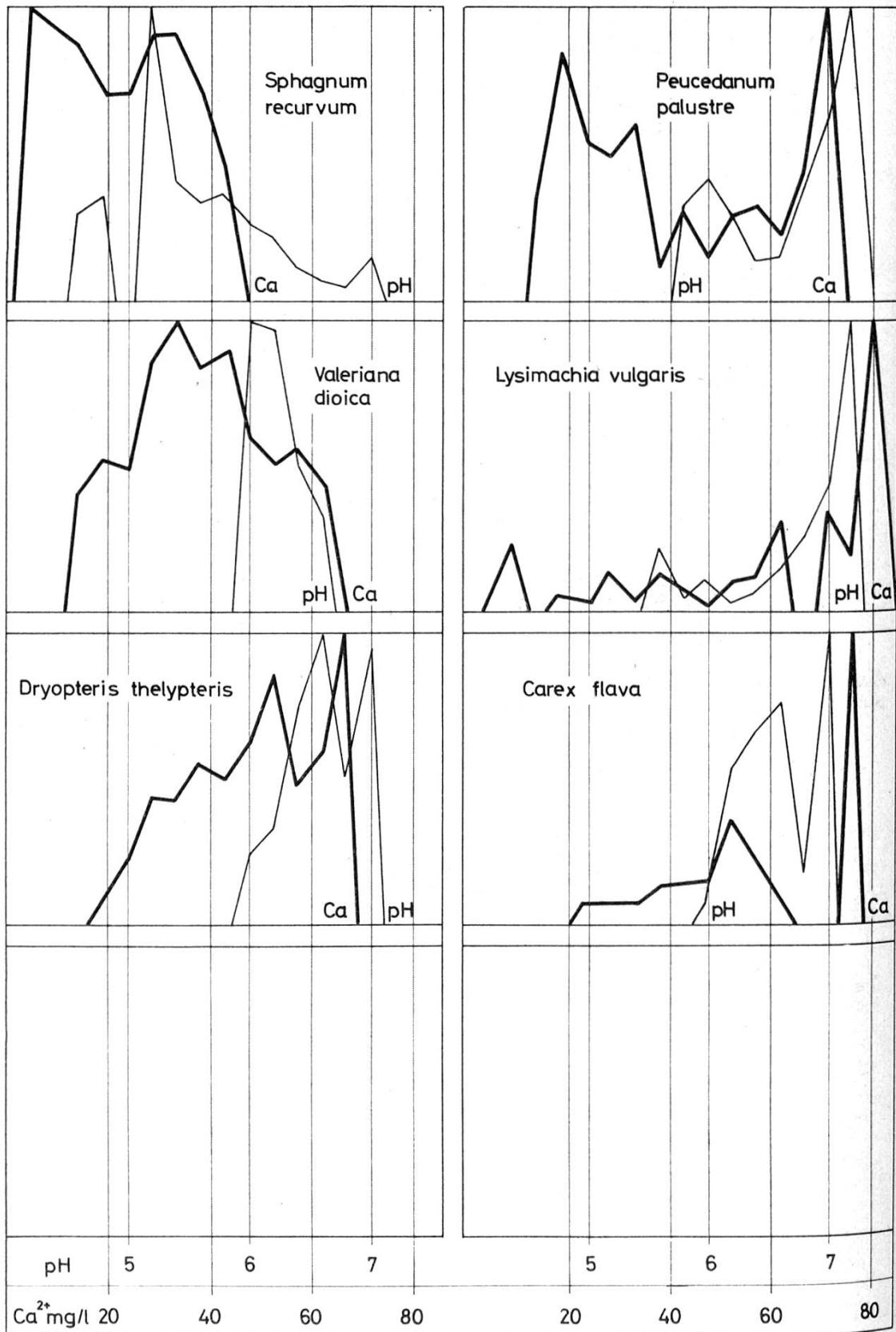


Fig. 23 – Fig. 31: Lage einiger charakteristischer Arten von Moorgesellschaften und speziellen Ausbildungen im pH- und  $\text{Ca}^{2+}$ -Wertdiagramm.

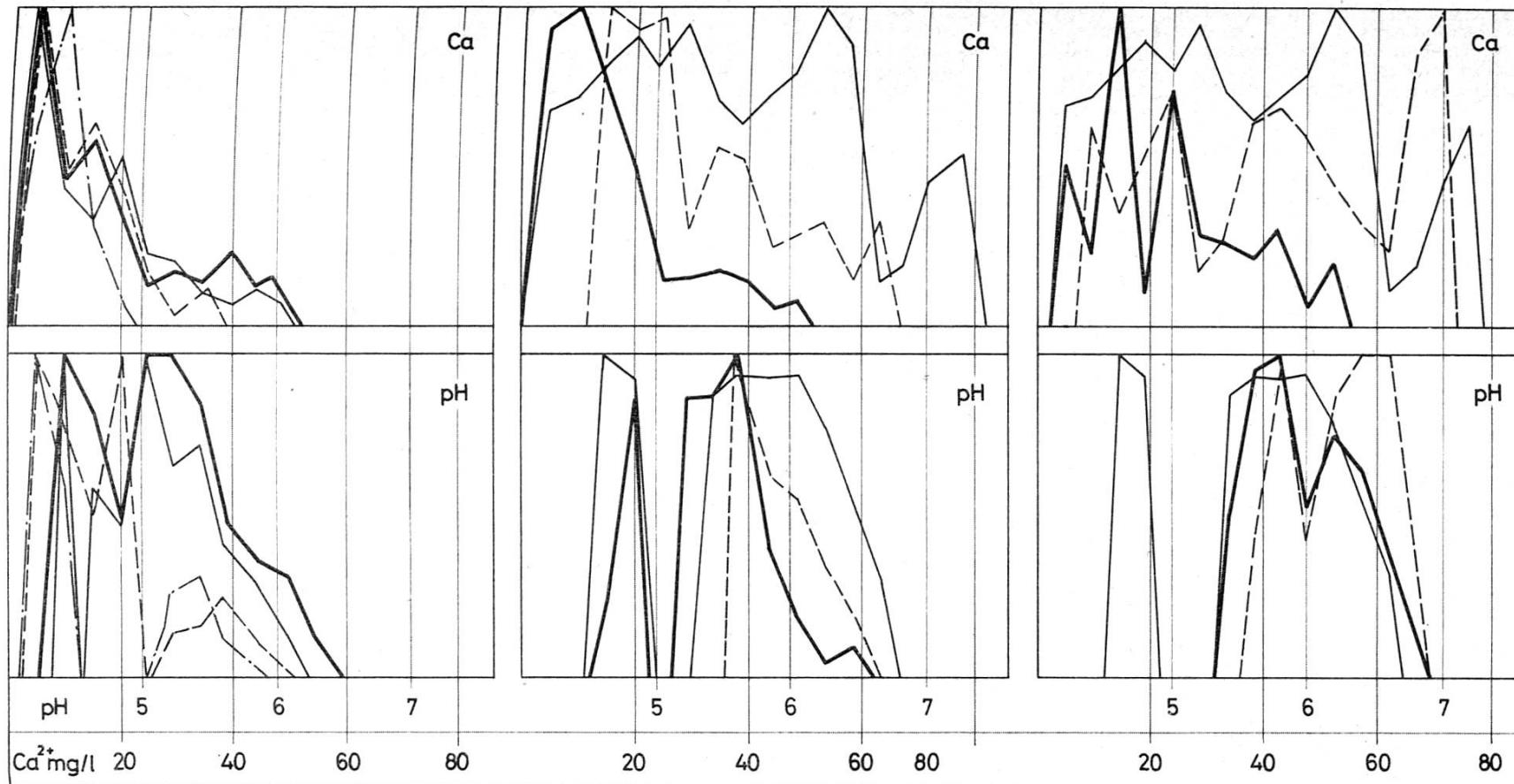


Fig. 23: Typischer Bereich für Arten der Hochmoorausbildung.

Sphagnum medium  
*Oxycoccus quadripetalus*  
*Andromeda polifolia*  
*Scheuchzeria palustris*  
 Oben:  $\text{Ca}^{2+}$ -Konzentration

dick ausgezogen  
fein ausgezogen  
gestrichelt  
strichpunktiert  
Unten: pH-Werte

Fig. 24: Grenzbereich zwischen Hochmooranflug und *Caricetum lasiocarpae* mit Andeutung

Oben: $\text{Ca}^{2+}$ -Konzentration	Unten: pH-Werte
<i>Carex limosa</i>	gestrichen
<i>Carex lasiocarpa</i>	fein ausgezogen
<i>Carex limosa</i> -Variante (stellenweise <i>Caricetum limosae</i> )	dick ausgezogen
der <i>Carex limosa</i> -Variante (stellenweise <i>Caricetum limosae</i> ) und des <i>Rhynchosporum albae</i> .	

Fig. 25: Charakteristische Differenzierung der Bereiche der *Trichophorum alpinum*- und der *Carex panicea*-Variante innerhalb der Hauptgesellschaft der Fadensegge.

Trichophorum alpinum  
Carex panicea  
Carex lasiocarpa  
Oben:  $\text{Ca}^{2+}$ -Konzentration

dick ausgezogen  
gestrichelt  
fein ausgezogen  
Unten: pH-Werte

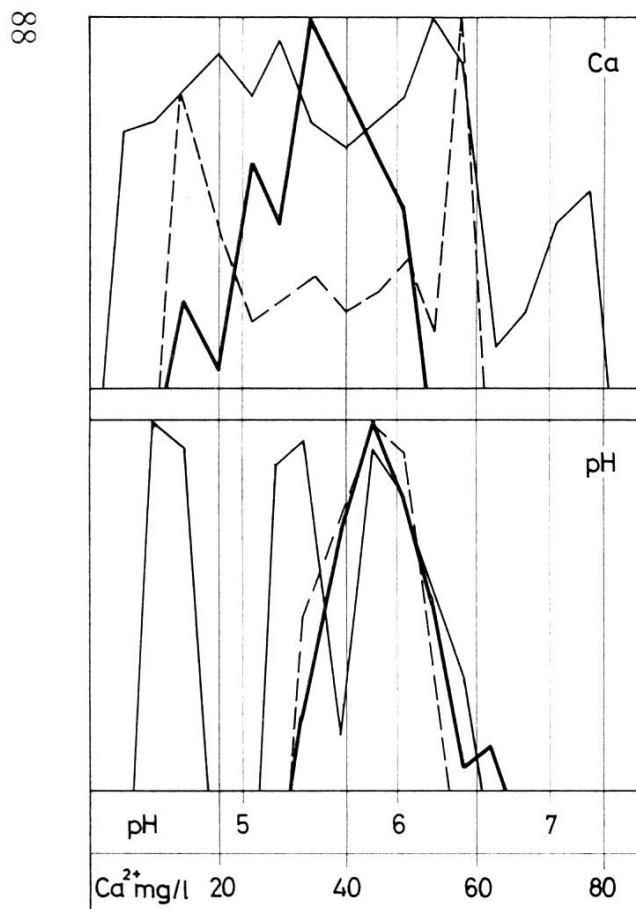


Fig. 26: Zwei Fazies des *Caricetum lasiocarpae*, eine *Comarum palustre*-Ausbildung mehr im zentralen Ca-Bereich und zwei *Pedicularis palustris*-Herden mit extremem Ca-Bedürfnis. *Comarum palustre* dick ausgezogen *Pedicularis palustris* gestrichelt *Carex lasiocarpa* fein ausgezogen Oben:  $\text{Ca}^{2+}$ -Konzentration Unten: pH-Werte

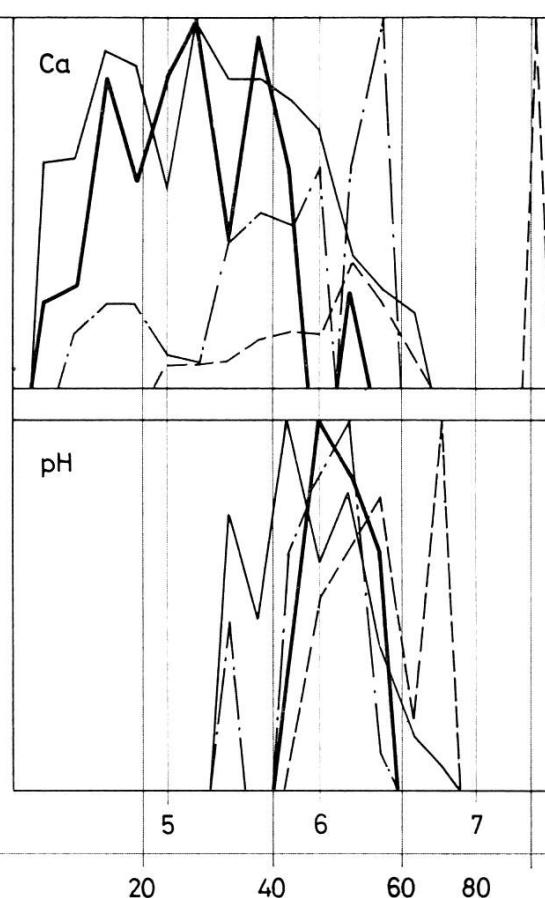


Fig. 27: Florenelemente im *Caricetum lasio-carpa* mit Zügen eines *Parnassia-Caricetum*.  
*Parnassia palustris* dick ausgezogen  
*Eriophorum angustifolium* fein ausgezogen  
*Carex flava* ssp. *lepidocarpa* gestrichelt  
*Campylium stellatum* strichpunktiert  
 Oben:  $\text{Ca}^{2+}$ -Konzentration Unten: pH-Werte

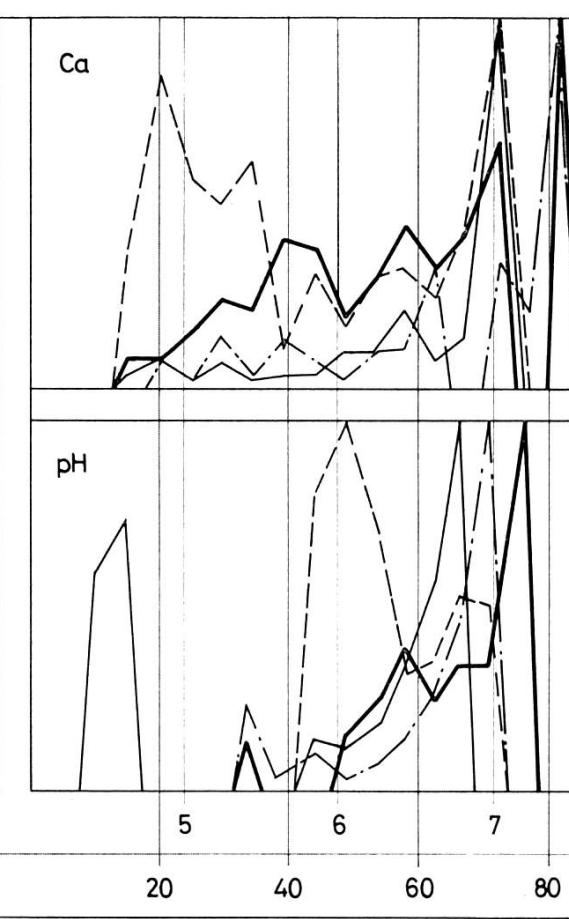


Fig. 28: Im Bereich höherer Konzentrationen bei der ökologischen Größen liegendes *Caricetum appropinquatae* mit Übergriff in Bültenherden ins *Caricetum lasiocarpae*.

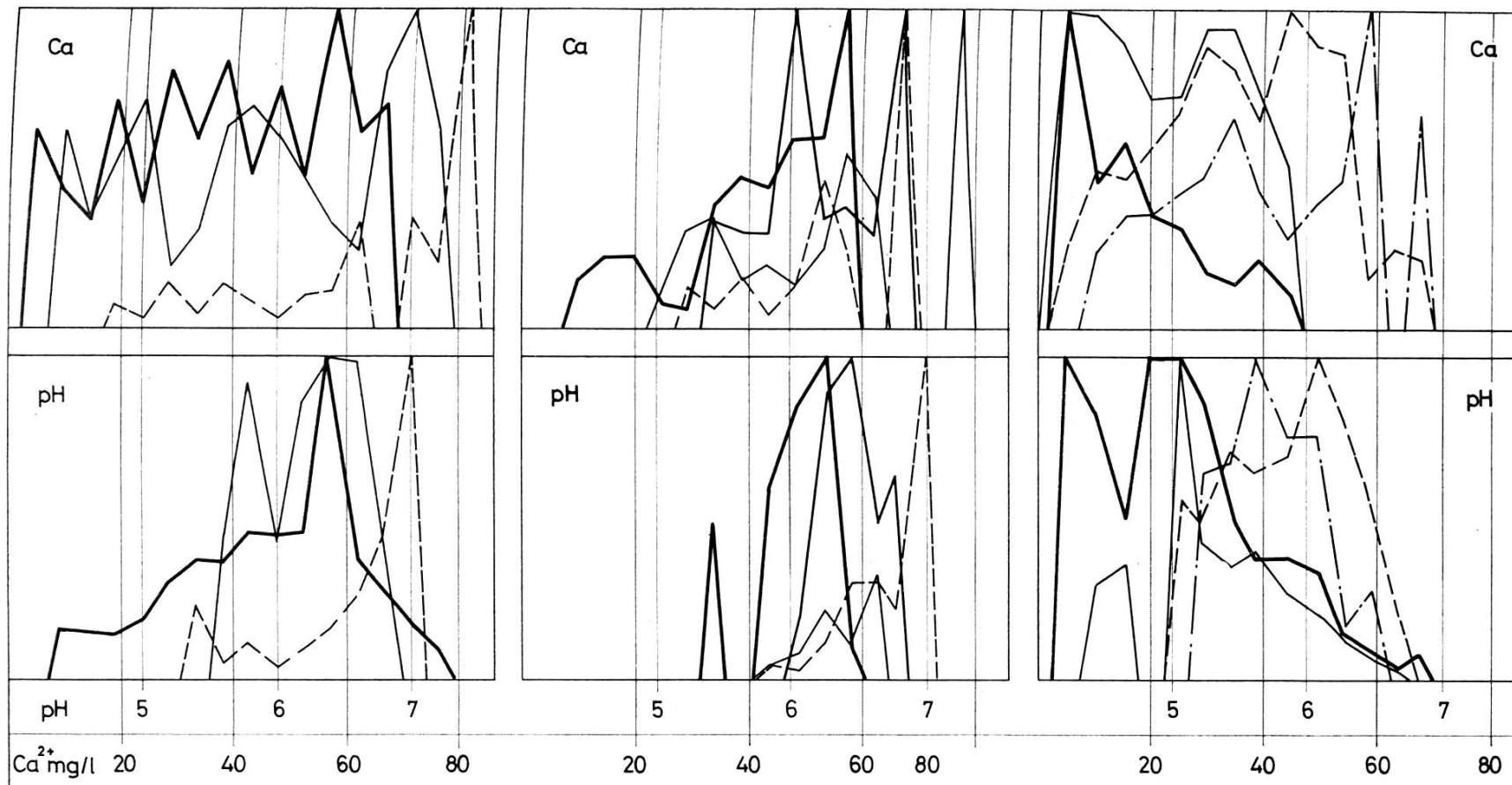


Fig. 29: Durchläufereigenschaften der *Molinia coerulea* und die weite Amplitude der *Carex panicea* weisen deutlich auf die Tendenz zur Bildung eines *Molinietum typicum* sensu Koch hin.

*Molinia coerulea*  
*Carex panicea*  
*Lysimachia vulgaris*  
 Oben: Ca<sup>2+</sup>-Konzentration

Ca<sup>2+</sup>-Konzentration  
 pH-Werte  
 Oben: Ca<sup>2+</sup>-Konzentration  
 Unten: pH-Werte

Fig. 30: Calciphile Moose des Flachmoors unter Randeinfluß, Mineralbodenwasserzeiger.

*Campylium stellatum*  
*Drepanocladus* spez.  
*Acrocladium cuspidatum*  
*Climacium dendroides*  
 Oben: Ca<sup>2+</sup>-Konzentration  
 Spitze bei 65 mg Ca/l:  
 Spitze bei 47 mg Ca/l:

Fig. 31: Moospektrum vom Hochmoor ins *Cariagetum lasiocarpae* mit geringem Randeinfluß.

*Sphagnum medium*  
*Sphagnum recurvum*  
 (vorwiegend *angustifolium*)  
*Sphagnum contortum*  
*Aulacomnium palustre*  
 Oben: Ca<sup>2+</sup>-Konzentration  
*Drepanocladus vernicosus*  
*Drepanocladus intermedius*  
 dick ausgezogen  
 mittel ausgezogen  
 fein ausgezogen  
 gestrichelt  
 Unten: pH-Werte  
*Drepanocladus vernicosus*  
*Drepanocladus intermedius*  
 dick ausgezogen  
 fein ausgezogen  
 gestrichelt  
 strichpunktiert  
 Unten: pH-Werte

## 2. TABELLEN

### ERLÄUTERUNG ZU DEN NACHSTEHENDEN TABELLEN

Maßgebend für die Bestimmung von Gesellschaften und deren speziellen Ausbildungen im Untersuchungsgebiet dienten ursprünglich Richtlinien, wie sie in «Süddeutsche Pflanzengesellschaften» (OBERDORFER, 1957) enthalten sind. Später stellte sich heraus, daß die Darstellung von KOCH (1962) in «Vegetationseinheiten der Linthebene» den Vegetationseinheiten im Burgmoos ebenfalls gut entsprach. In Anlehnung an diese Grundlagen verschaffte ich mir aus eigener Anschauung und Auffassung einen Überblick über die soziologischen Vegetationseinheiten, wie sie nachfolgend zusammengestellt sind. Die Analyse der soziologischen Strukturen erfolgte durch optischen Vergleich der Papierstreifen, auf denen transsektweise die Artvorkommen nach der BRAUN-BLANQUET-Skala aufgetragen, in Stetigkeit und Gesellschaftstreue verglichen, und entsprechend eingestellt werden konnten (vgl. S. 42). Es sei darauf hingewiesen, daß diese Transsektaufnahmen eine kontinuierliche Folge von quadratischen Vegetationsflächen darstellen und daher mehr als Stichproben aussagen. Durch ihre Vielzahl und Kontinuität vermitteln sie ein reales Bild nicht nur des strukturellen Aufbaus, sondern dienen wirklich der Abklärung der soziologischen Physiognomie, die ihrerseits – vielleicht am ausgeprägtesten in einem Moor – Ausdruck synökologischer Gegebenheiten ist. Bei dieser Auswahl von charakteristischen Bezirken in den Tabellen handelt es sich nicht um vollständige Artenlisten, sondern um charakteristische Artkombinationen, die die Gesellschaften und ihre verschiedenartigen Ausbildungen belegen sollen. So wurde zum Beispiel die dem Reservat namengebende Moosbeere («Chlepfbeerimoos»), weil Charakterart, nur im *Sphagnetum medii* aufgeführt. *Oxycoccus quadripetalus* fehlt aber, sicher infolge der bemerkenswerten Infiltration des ganzen Moores mit Hochmoorelementen in Bültenscharen (vgl. Fig. 18), in kaum einer Aufnahme. Auch wenn man nicht konsequent an der Quadratmeteraufnahme festhält und – was besonders in meinen Kontrollaufnahmen geschehen ist – Bütten- und Schlenkengemeinschaften auseinanderhält, sind gegenseitige Übergriffe und Durchdringung von Florenkomponenten der einen in die andere Gesellschaft die Regel.

Trotzdem lassen sich meistens nur fragmentarisch Assoziationsindividuen erkennen, spezielle Ausbildungen jedoch recht gut abgrenzen. Das sollen die Tabellen bestätigen.

Dabei schien mir angezeigt – der Individualität des Moores Rechnung tragend – Verschiebungen von Arten in der Rangfolge vorzunehmen. Die *Carex lasiocarpa*-Assoziation ist dort homogen und typisch ausgebildet, wo *Epipactis palustris* vorhanden ist. Den sonst als Begleitart dieser Gesellschaft figurierenden Sumpfwurz ließ ich daher zur Charakterart für das im Burg-

moos vorhandene *Caricetum lasiocarpae* aufrücken. In Anbetracht der offenbar soziologisch nicht genügend sicheren Stellung dieser Art (vgl. OBERDORFER, 1957, S.246) glaubte ich damit keinen Fehler zu begehen.

In den Tabellen sind das *Cladium marisci* wegen fast vollständigen Vorherrschens der Charakterart und die Gesellschaften des *Filipendulo-Geranietum* und *Cirsio-Polygonetum* wegen verwirrender Durchdringung der Arten aus *Magnocaricion Calthion-* und *Filipendulo Petasition-*Verbänden nicht erwähnt. Da es sich hierbei um die Randzone zur angrenzenden Kultur handelt, ist ohnehin mit Störungen und künstlichem Einfluß zu rechnen.

Hier ist vielleicht angezeigt, auf vereinzelte Artvorkommen einzutreten, die für das Verständnis der Entwicklungsgeschichte des Gebietes oder an sich interessant sind.

*Liparis loeselii* wurde nur an drei Stellen gefunden. Ebenso selten kommt *Utricularia intermedia* vor (eine Stelle), während *Utricularia minor* häufiger auftritt. Nur an einer Stelle trifft man *Pinguicula vulgaris* an, und eben dort gedeihen drei Exemplare der vor 60 Jahren von Dr. H. CHRISTEN, Arzt aus Herzogenbuchsee, dorthin verpflanzten *Primula farinosa*. Im nordwestlichen Gebüschrand endlich wächst eine einzige kräftige Staude des *Epilobium hirsutum*. *Carex pulicaris* (im Text bereits erwähnt) findet sich im nördlichen Randgebiet; die nicht häufige *Carex dioica* dagegen wächst mehr am südöstlichen Moorrand. Nur sehr spärlich bemerkt man im Nordteil (am Ostrand) *Eriophorum vaginatum*, welche Art im nicht besprochenen Südteil des Reservates im *Pineto Alnetum*-Hochmoor ganze Bütten bildet. *Eriophorum latifolium* ist vor allem auf den im westlichen Moorrand auffallenden Vegetationsfleck beschränkt, in dem neben *Carex Davalliana* in horstartigen Büscheln das zweite einsame *Schoenus nigricans*-Vorkommen festgestellt wird.

Vergeblich suchte ich nach den verschiedenen *Drosera*-Arten, um festzustellen, daß die offenbar einzig vorhandene die *Drosera rotundifolia* mit allerdings reichlichem Vorkommen ist. Auch *Lycopodium innundatum*, das PROBST (1910) noch als im *Rhynchosporetum* häufig anzutreffen beschrieben hat, HÖHN (1963) erfolglos gesucht hat, scheint tatsächlich verschwunden zu sein. Mit diesen Hinweisen auf das Verschwinden von Arten, auf das Vorhandensein nur mehr singulärer Artvorkommen und auf die soeben geschilderte mangelhafte Ausbildung soziologischer Standardtypen wird der Wandel dieser Moorvegetation deutlich und das komplexe Artmosaik verständlich.

I. Zwei Varianten des *Caricetum lasiocarpae*

Nach KOCH, 1926

		<i>Caricetum lasiocarpae</i>												
		Trichophoretosum alpini							Caricetosum paniceae					
Charakterart		Carex lasiocarpa	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Charakterart		Sphagnum contortum	3	4	4	3	3	4	2	4	4	4	1	2
Charakterart		Epipactis palustris	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Charakterart		Eriophorum angustifolium					+	1	+	+	1	2	2	+
Charakterart	Ordnung	Drosera rotundifolia	1	+	1	1	1	+	1	+	+	+	+	+
Charakterart	Ordnung	Carex limosa							1	1			+	+
Charakterart	Ordnung	Rhynchospora alba	1	+	2	1	1	+	+	+	+	1	1	+
Charakterart	Ordnung	Menyanthes trifoliata					+	+	+				+	+
Charakterart	Ordnung	Carex dioica						1						
Begleiter:		Equisetum limosum	1	2	2	1	2	2	2	1	1	+	+	+
		Peucedanum palustre	+	+			+	+	+	+		+	1	2
		Phragmites communis											1	1
		Comarum palustre											1	1
		Valeriana dioica					+	1	+	+				+
Diff.-Art Trichoph. Var.		Trichophorum alpinum	2	2	2	3	2	2	2	2	2	2	+	+
		Pedicularis palustris	1	1	1	+	1	1	2	+	+	+	+	+
Diff.-Art C. panic. Var.		Carex panicea						2	1	+	2	2	2	2
		Drepanocladus spez.								1	3	3	2	3
		Campylium stellatum							+	+	3	4	3	3
		Parnassia palustris							+	1			2	4
		Hydrocotyle vulgaris								+				+
		Molinia coerulea							+	1	+	+	+	+
		Potentilla erecta							+	1	1	+	1	2
		Galium uliginosum							+	+	+			+
		Galium palustre												+
		Equisetum palustre												+
		Succisa pratensis												+
		Cirsium palustre											+	
		Polygala amara												
		Epilobium palustre												
		Carex elata												
		Carex appropinquata											+	+
		Eupatorium cannabin.												1
		Sanguisorba off.												+
		Lysimachia vulgaris												
		Lysimachia thrysifl.												
		Carex flava (Lepidocarpa)										+		

## II. Subassoziation und Fazies des *Caricetum lasiocarpae*

Nach KOCH, 1926

		Caricetum lasiocarpae																				
		Lysimachietosum thyrsiflorae (fragmentarisch)										Menyanthidiosum et Comarosum palustris (Fazies)										
Charakterart		Carex lasiocarpa	1	1	2	1	2	2	2	2	2	1	1	1	2	1	+	1	1	1	1	
Charakterart		Sphagnum contortum	3	3	2	3	3	4	1	2	2	4	1	1	1	1	3	4	1	4	1	1
Charakterart		Epipactis palustris	+	1	+	+	+	+	+	+	1	1	2	2	1	+	+	+	+	+	+	+
Charakterart	Ordnung	Eriophorum angustifolium	1	2	+	2	+	+	+	+	+	1	+	+	+	+						
Charakterart	Ordnung	Drosera rotundifolia	+	+	+	+						+	+	+	+							
Charakterart	Ordnung	Carex limosa	1	2	+	+																1
Charakterart	Ordnung	Rhynchospora alba																				
Charakterart*	Ordnung	Menyanthes trifoliata	1			1	+	1	1	2	1	+	+	2	2	1	1	+	+	2	1	1
Charakterart	Ordnung	Carex dioica																				
Begleiter:		Equisetum limosum	1	1	1	2	1	1	+	2	+	+	1	1	1	1	2	2	+	2	1	
		Peucedanum palustre	+	+	+	+	+	1	+	1	+	+	1	1	1	+	+	+	+	+	+	+
		Phragmites communis																				
		Comarum palustre					2	2	2	2	1	1	2	2	3	2	2	3	3	3	2	3
		Valeriana dioica																				
		Trichophorum alpinum																				
		Pedicularis palustris	1	2		1		+					2	1	+							
		Carex panicea																				
		Drepanocladus spez.																				
		Campylium stellatum																				
		Parnassia palustris																				
		Hydrocotyle vulgaris	+	1	+																	
		Molinia coerulea	+		+																	
		Potentilla erecta																				
		Galium uliginosum					+	+	+	+	+											
		Galium palustre										+										
		Equisetum palustre																				
		Succisa pratensis																				
		Cirsium palustre																				
		Polygala amara																				
		Epilobium palustre																				
		Carex elata																				
		Carex appropinquata																				
		Eupatorium cannabin.																				
		Sanguisorba off.																				
		Lysimachia vulgaris																				
		Lysimachia thyrsiflora	+	1	1	+	2	2	2	1	+	1	3	2	2	3	+	1	+	2	2	3
		Sphagnum recurvum	+	2	2																	
		Salix repens					+		+	1							+	2	+	+	+	
Diff.-Art der Lysimachia thyrsiflora Variante																						

\* Kennart der Fazies

III. Zwei Fazies des *Caricetum lasiocarpae*

Nach KOCH, 1926

		<i>Caricetum lasiocarpae</i>																
		<i>Caricosum limosae</i>								<i>Pedicularosum palustris</i>								
Charakterart		Carex lasiocarpa	2	1	+	+	+	+	+	1	1	+	+	1	+	+	2	+
Charakterart		Sphagnum contortum	2	2	4	1	1	3	2	2	2	4	4	4	3	5	2	3
Charakterart		Epipactis palustris	1	1	1	2	2	2	2	1	1	1	+	+	+	1	+	1
Charakterart*	Ordnung	Eriophorum angustifolium	1	1	+	+	2	2	2	2	+	+	+	1	+	+	1	+
Charakterart	Ordnung	Drosera rotundifolia	1	1	1	+	+	+	+	+	1	+	+	+	1		1	1
Charakterart	Ordnung	Carex limosa	2	2	4	2	2	3	2	3	2	2	2	1	1	1	1	+
Charakterart	Ordnung	Rhynchospora alba	+	+	+	+	+	+	+	+	+	1	1			+	+	1
Charakterart	Ordnung	Menyanthes trifoliata	+	1	+	+	+	+	+	+	1	1			+	+	1	
Charakterart	Ordnung	Carex dioica	+	+	+	+	+	+	1		+	+			+	+	+	
Begleiter:		Equisetum limosum	1	1	1	2	2	2	2	2	2	1	1	1	+	1	1	1
		Peucedanum palustre		+	+	+	+	+	1	+	+			+	1	+		
		Phragmites communis																
		Comarum palustre			+	+	+	1	2	+		1				+	+	1
		Valeriana dioica		+	+					1		+				+	1	+
		Trichophorum alpinum			+	1	+	+	+	2	+	+					+	1
		Pedicularis palustris			+	+	+	1	+	+	1	+	2	2	2	3	2	2
		Carex panicea								+	+							
		Drepanocladus spez.																
		Campylium stellatum																
		Parnassia palustris																
		Hydrocotyle vulgaris																
		Molinia coerulea																
		Potentilla erecta																
		Galium uliginosum																
		Galium palustre																
		Equisetum palustre																
		Succisa pratensis																
		Cirsium palustre																
		Polygala amara																
		Epilobium palustre																
		Carex elata								1	+							
		Carex appropinquata																
		Eupatorium cannabin.																
		Sanguisorba off.																
		Lysimachia vulgaris																
		Lysimachia thyrsiflora		+	+	+	3	3	4		3						1	3
		Sphagnum recurvum																1
		Aulacomnium palustre																1
		Salix repens																1
		Carex echinata		+	+	+												1

\* Kennart der C. Lasiocarpa-Var.

IV. *Caricetum limosae*

Nach OBERDORFER, 1957

Charakterart		Carex limosa	2	3	+	1	2	1	2	1	3	2	3	2	2	1	1	2	1	3	2
Charakterart		Scheuchzeria palustris	1	1	+	+	+	1	+	1	1	+	1	+	+	1	+	+	1	+	+
Charakterart	Verband	Rhynchospora alba	1	1	+	+	+													1	1
Charakterart	Ordnung	Sphagnum subs./contort.	4	2	2	4	2	2	4	+	3	1	2	2	4	4	4	4	4	2	3
Charakterart	Ordnung	Carex lasiocarpa	+	+	+	1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	1	+	+	+	+
Charakterart	Klasse	Eriophorum angustifolium	1	+	+	+	+	+				1	+	+	+	+	+	+	1	2	
Charakterart	Klasse	Drosera rotundifolia	+	1	1	+	+	+				1	+		+	+	+	+	1	1	
Charakterart	Klasse	Menyanthes trifoliata	1	2		1	2	+	1	1	2	+	+	2	+	+		1	0	+	
Charakterart	Klasse	Carex echinata																	+	1	
Charakterart	Klasse	Comarum palustre									2										
Begleiter und aus dem Caricetum lasiocarpae übergreifende Arten		Carex rostrata infl.																			
		Andromeda polifolia																		1	1
		Sphagnum recurvum																			
		Sphagnum medium		3																	
		Trichophorum alpinum		+	2	1		+	1	2	2	1	2	+			2	1			
		Equisetum limosum	1	1	1	+	1					1	+		+	1	+	1			
		Pedicularis palustris	1	+		+	1					+	+	+		+	1	2			
		Epipactis palustris		+			+											+			
		Parnassia palustris																+	+		
		Orchis latifolia		+	+												+	+		+	
		Potentilla erecta																	+		

*V. Rhynchosporetum albae*

Nach OBERDORFER, 1957

	«Nasse» Variante							«Trockene» Variante						
								Rhynchosporetum albae trichophoretosum alp.						
Charakterart	Rhynchospora alba	3	2	3	2	1	1	2	2	2	2	2	2	1
Ordnungscharakterart	Trichophorum alpinum	3	2	3	2				3	2	2	2	2	1
Ordnungscharakterart	Carex lasiocarpa	+	1	1	+	+	1	1	+	1	2	1	2	1
Diff.-Art nasse Variante	Scheuchzeria palustris	2	1	1	+	+	1	1	2	1	1	2	1	1
Diff.-Art nasse Variante	Carex limosa	1	1	3	3	+	+	+						
Ordnungscharakterart	Sphagnum subsec./cont.	3	3	3	3	3	2	4	3	3	3	3	3	3
Ordnungscharakterart	Drepanocladus vernic.								+	+	+	+	+	+
Klassencharakterart	Campylium stellatum								2	+				
Klassencharakterart	Menyanthes trifoliata	1	1	2	1	1	1	+	+	+				
Klassencharakterart	Eriophorum angustifol.								+	+				
Klassencharakterart	Drosera rotundifolia	1	+	2	1	+	1	1	1	+	+	1	+	+
Klassencharakterart	Parnassia palustris	1	+	2	1				1	+	+	+	+	+
Klassencharakterart	Pedicularis palustris									1	+			
Klassencharakterart	Carex dioica											2	1	1
Begleiter und übergreifende Arten aus andern Gesellschaften	Molinia coerulea								+	1	1	+	+	+
	Equisetum limosum								+	+	1	1	2	1
	Andromeda polifolia									+	+	+	1	1
	Carex panicea								+	1	1	1	1	2
	Utricularia minor								+	1	3	2	+	
	Potentilla erecta								1	+	+	1	1	+
	Peucedanum palustre									+				
	Epipactis palustris									+	1	+	+	+
	Polygala amara													
	Sphagnum recurvum								3	3	1		1	

VI. *Sphagnetum medii*

Nach OBERDORFER, 1957

Charakterart		Sphagnum medium	5	5	5	5	5	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	4	4	5	4
Charakterart	O/V	Oxycoccus quadripet.	2	2	2	2	1	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2
Charakterart	O/V	Andromeda polifolia	+	1	1	1	2	2	2	1	2	1	1	1	1	2	2	1	+	1	1
Charakterart	Klasse	Drosera rotundifolia	+	+	+	+	+	+	1	+	1	1	+	+	+	+	+	1	2	+	1
Charakterart	Klasse	Aulacomnium palustre																		+	+
Begleiter:		Polytrichum strictum																		+	+
		Calluna vulgaris																	1		+
		Sphagnum recurvum																		2	
		Carex rostrata infl.																	1	1	2
		Molinia coerulea	+	+	+	+	1	1	1	+	+	+	+	+	+	1	+	1	+	1	1
		Carex echinata								2	2	1				1	+	+	+		+
		Rhynchospora alba																			
		Eriophorum angustifolium														1	2	2	+	2	1
		Potentilla erecta																			
		Equisetum limosum																			
		Carex lasiocarpa	+	+	+	+	+	1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+			

VII. *Scirpeto-Phragmitetum phragmitosum*

Nach KOCH, 1926

Charakterart Begleiter:	Fragmentarisch und untypisch starke Durchdringung mit Elementen des <i>Caricetum lasiocarpae</i>															
	3	4	3	2	2	4	3	3	2	2	2	2	1	2	2	2
Phragmites communis	3	4	3	2	2	4	3	3	2	2	2	2	1	2	2	2
Equisetum limosum	1	+	+	+	1	+	+	+	1	2	1	+	1	+	1	
Peucedanum palustre	1	1	+	+	1	1	+	+	+	+	+	+	1	+	1	
Carex lasiocarpa	1	+	2	2	2	1	1	2	2	2	3	2	2	2	1	
Epipactis palustris	1	+	1	1	1	1	+	1	1	1	1	1	1	+	1	
Sphagnum contortum	4	4	4	4	4	4	4	4	2	2	1	3	3	4	3	
Valeriana dioica	1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	1	+	1	+	+	
Carex appropinquata	2		2	+	+	+	2	1			+				2	
Comarum palustre	2	1	+	1	1	1	+	1	1	1	1	+	1	1	1	
Menyanthes trifoliata				+	+	+	+	+			+	+				
Parnassia palustris	+	+					+	+	1	1	1	+			+	
Sphagnum recurvum	1	+	1						3	3	3		2	+	1	
Andromeda polifolia				+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	1	1	
Acrocladium cuspidatum							1	+					1	+	+	
Galium uliginosum							+	+					+	+	1	
Lysimachia thyrsiflora	1	1	+	+												
Epilobium palustre	+	+											+	1	+	
Campylium stellatum							+	+	+	+						
Salix repens							+	+						+		
Cardamine pratensis	1			+	+	+	+						+	+	+	
Betula pendula		+			+	+	+									
Betula pubescens									1	1	1	1				

VIII. *Caricetum appropinquatae*

Nach OBERDORFER, 1926

			5	4	4	4	4	4	4	3	3	3	4	4	4	3	4	4	3	3	3
Charakterart		Carex appropinquata																			
Charakterart	Verband	Carex elata	1	1	+	+										+		1	1	+	1
Charakterart	Verband	Peucedanum palustre	+	+	1	1	1	+	+	1	+	+	+	+	1	+	1	1	+	+	1
Charakterart	Verband	Galium palustre	+	+			+	1	+	+	+		+						+	+	1
Diff.-Art	Verband	Lysimachia vulgaris	+	+	1	+	+	+	1	1	2			+	+	+	+	+	1	1	
		Carex acutiformis											+	1	+	1	+	1	+	1	2
		Lycopus europaeus															+	1		1	1
		Lathyrus palustris														+	+				
Charakterart	Klasse	Phragmites communis								+	+	+	1	+	1	+	+	1	+	+	1
Begleiter:		Acrocladium cuspidatum	2	2	1	2	1			+	+	1	+		+	1	2	1	2		+
		Climacium dendroides	2	2	3	2	1			+	+	2	1			1	2	1	2	2	+
		Valeriana dioica	+	+	1	1	+					1	1	1	+	+	1	+	+	1	1
		Mentha aquatica					2						+								
		Carex panicea	+	+	+	+				+	+	+				+	+				
		Cirsium palustre	+	1	1	+	+			+	1	+				+	1	1			1
		Stachys palustris		1	+	2					+	2	1	+							
		Molinia coerulea	1	+	1	1	2				+	+	+	1	1	1					
		Potentilla erecta	1	+	1	+	+			2	2	+		+							
		Parnassia palustris	1	+	+	+				+											
		Scutellaria galericulata																			+
		Equisetum palustre								+	+	+				+		+	+	+	+
		Sanguisorba off.															1		+		1
		Filipendula ulmaria														+	+		1	1	2
		Lotus uliginosus															1				+
		Sphagnum contortum													2	2	3	2	2	2	
		Mnium spez.														+	1	2	1		+
		Fissidens adiantoides													+	+		+	+		+

IX. *Caricetum elatae*

Nach KOCH, 1926

		Caricetum elatae													Caricosum acutiformis			
Charakterart		Carex elata	4	3	3	2	2	3	2	2	3	2	3	3		++		
Charakterart		Scutellaria galeric.	1	1	2	1										1	2	2
Charakterart	Verband	Peucedanum palustre	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	1	2	2	
Charakterart	Ordnung	Phragmites communis	+												1	2	2	
Diff.-Art caric. acutif.		Carex acutiformis													4	3	4	
Begleiter und Zufällige:		Molinia coerulea													1	3	3	
		Valeriana dioica													2	2	1	
		Lysimachia vulgaris													1	2	2	
		Galium palustre	+	1			1	1	2	1	+	+	1	+	2	1	1	
		Carex appropinquata	1							2	3	2	2	2	2	3	3	2
		Filipendula ulmaria	2	3	2	+				1	+			+		1	1	1
		Carex brizoides	1	1	2	1				+	+					+	+	1
		Cirsium palustre					1	+	+	2	+	+	+	1		1	2	2
		Acrocladium cuspidatum					+	1	+	1	2	2	2	3			+	
		Climacium dendroides								3	2	2	1	1		+	+	
		Parnassia palustris								+	+	+	+	+		+	+	
		Mnium spec.								+	+	+	+	+		+		
		Hydrocotyle vulgaris								2	1							
		Carex panicea																
		Dryopteris thelypteris																
		Menyanthes trifol.																
		Mentha aquatica																
		Drepanocladus vern.	2	1			2											
		Sphagnum contortum	2	+			+											
		Campylium stellatum	1	1	1	3												
		Equisetum palustre	+	+												+	+	+
		Comarum palustre													1	1	+	1
		Lotus uliginosus													+	2	1	2
		Epilobium palustris													1	2	1	+

*X. Molinietum coeruleae*

Nach KOCH, 1926

		C. panicea Variante															
Charakterart	Molinia coerulea	3	5	3	3	3	2	3	3	4	5	3	3	3	2	3	2
Diff.-Art. panicea Var.	Carex panicea	1	1	1	1	1	1	+	1	+	+	1	1	1	+	+	1
Charakterart	Sanguisorba off.																
Diff.-Arten der Car. Hostiana	Eriophorum angustifolium	1			+	+				+	+						
Variante	Menyanthes trifoliata																
	Pedicularis palustris																
	Orchis incarnata																1
Begleiter zumeist	Sphagnum contortum	3	2	2	2	3	2	2	4	4	4	3	3	3	3	3	2
übergreifende Arten aus	Carex lasiocarpa	+	+	+	1	1	+	+	1	+	1	1	2	2	1	2	2
Caricion fuscae und	Trichophorum alpinum	+	+	+	+	+	+		+	1		1	1	1	1	1	1
Rhynchosporion	Drosera rotundifolia				+	+	+	+				1	2	1	1	+	+
	Linum catharticum				+	+	+									1	+
	Succisa pratensis				+	1	1	1									
	Parnassia palustris	+				+											
	Valeriana dioica	+			+	2	+										
	Potentilla erecta											1	1	1	+	+	1
	Peucedanum palustris																
	Schoenus nigricans																
	Cirsium palustre	1	1				+	+									
	Lysimachia vulgaris																
	Polygala amarella											+	+	+	+	+	2
	Galium palustre											+	+	+	+	+	1
	Liparis Loeselii																
	Carex acutiformis											1	1				
	Lotus uliginosus											+	+	+			
	Filipendula ulmaria											1	2	3			

XI. *Carici elongatae alnetum*

Nach KOCH, 1926

Charakterarten	Alnus glutinosa	4	4	3	3	+	1	+	+	4	4	3	3	2	4	4	3	3	3	
Charakterarten	Carex elongata	3	1	1	1	2	2	2	3	2	+	3	3	+	+	+	+	1	2	
	Molinia coerulea					+	2	2	2					+	+	1	1	+	1	
	Lysimachia vulgaris					1	+	+	1	+			+	+	+			+	1	
	Dryopteris thelypteris					+	+	+		+			+	+	+	+	+	1	1	
	Caltha palustris					+	+	+		+			2	2	2	2	+			
	Carex vesicaria	+	1	1		+				+	+							+	+	
	Peucedanum palustre	+	+	+									+	+	+		+	+	+	
	Galium palustre			+	+							+	+	+				+	+	
	Mnium Seligeri u.a.						+	+					+	1		3	3	2		
	Climacium dendroides						+			+	1			+						
	Carex pendula										+	1	1	+	+	+			1	
	Valeriana dioica							+											+	
	Lythrum salicaria																			
	Iris pseudacorus	1	+	+																
	Viburnum opulus									+		+	2		1	+		+		
	Cirsium palustre							+	+				1	1	+	+		+	+	
	Equisetum palustre								+										+	
	Lonicera xylosteum											1	1	+	+		+	+	1	
	Pinus silvestris																2	2	+	
	Rubus fruticosus										1	+					+			
	Paris quadrifolia															+				
	Prunus padus																			
	Betula pubescens																			
	Frangula alnus																			
		+	3	3	+	1				+	+	1				1	1	1	2	

## 9. Literaturverzeichnis

---

- ALETSEE, L.: *Begriffliche und floristische Grundlagen zu einer pflanzengeographischen Analyse der europäischen Regenwassermoorstandorte*. Beitr. Biol. Pflanzen 43, 117–283 (1967). *Annalen der Schweizerischen Meteorologischen Zentralanstalt*.
- BRAUN-BLANQUET, J.: *Zur Wertung der Gesellschaftstreue in der Pflanzensoziologie*. Viertel-jahresschr. d. Naturf. Ges. Zürich 70, 122–149 (1925).  
- *Pflanzenphysiologie*. 2. Aufl., 631 S. Wien 1951.
- BERTSCH, K.: *Moosflora*. 192 S. Stuttgart 1949.
- BINZ, A.: *Schul- und Exkursionsflora für die Schweiz*. 10. Aufl., bearbeitet von A. BECHERER. 390 S. Basel 1961.
- VON BUEREN, G.: *Der Burgäschisee*. Mitteilg. Naturf. Ges. Bern 6, 1–83 (1949).
- D'ANS, J., und LAX, E.: *Taschenbuch für Chemiker und Physiker*. 2. Aufl., 1896 S. Berlin 1949.
- DAGNELIE, P.: *L'étude des communautés végétales par l'analyse statistique des liaisons entre les espèces et les variables écologiques: principes fondamentaux*. Biometrics 21, 345–361 (1965).
- DEMMERLE, S.D.: *Über die Verschmutzung des Rheins von Schaffhausen bis Kaiserstuhl*. Viertel-jahresschr. d. Naturf. Ges. Zürich 111/2, 156–224 (1965).
- DOWNING, A.L., HOPWOOP, A.P., WUHRMANN, K.: *Fortsbildungskurs der EAWAG ETH*. Zeitschrift für Hydrologie XXVI, 310–337, 520–580 (1965).
- ELLENBERG, H.: *Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen*. In: H. WALTER: *Einführung in die Phytologie*, IV/2. 943 S. Stuttgart 1963.
- GAMS, H.: *Die Moos- und Farnpflanzen*, IV. 4. Aufl., 240 S. Stuttgart 1957.
- GEIGER, R.: *Das Klima der bodennahen Luftschichten*. 646 S. Braunschweig 1961.
- GESSNER, F., und KAUKAL, A.: *Die Ionenaufnahme submerser Wasserpflanzen in ihrer Abhängigkeit von der Konzentration der Nährlösung*. Ber. d. dtsch. Bot. Ges. 65, 155–163 (1952).
- HEGG, O.: *Untersuchungen zur Pflanzensoziologie und Ökologie im Naturschutzgebiet Hohgant*. Pflanz. geogr. Kom. d. Schweiz. Naturforsch. Ges. 46, 1–188 (1965).
- HOEHN-OCHSNER, W.: *Untersuchungen über Vegetationseinheiten und Mikrobiozönosen im Chlepfimoos bei Burgäschli/Solothurn*. Mitteilg. Naturf. Ges. Solothurn 21, 1–52 (1963).
- HUNDT, R.: *Ökologisch-geobotanische Untersuchungen an Pflanzen der mitteleuropäischen Wiesen-vegetation*. Botanische Studien 16, 1–176. Jena 1966.
- JENSEN, U.: *Die Vegetation des Sonnenberger Moores im Oberharz und ihre ökologischen Bedingungen*. Diss., 855 S. Göttingen 1960.
- KOCH, W.: *Die Vegetationseinheiten der Linthebene unter Berücksichtigung der Verhältnisse in der Nordostschweiz*. Jb. Naturw. Ges. St. Gallen 61, 1–144 (1926).
- KLOETZLI, F.: *Die heutigen und neolithischen Waldgesellschaften der Umgebung des Burgäschisees mit einer Übersicht über nordschweizerische Bruchwälder*. Acta Bernensia II/4, 105–123 (1967).
- LINDER, A.: *Statistische Methoden für Naturwissenschaftler, Mediziner und Ingenieure*. 484 S. Basel 1964.
- LUMIALA, O.V.: *Über die Standortsfaktoren bei den Wasser- und Moorpflanzen sowie deren Untersuchung*. Biologica IV/6, 1–47 (1945).
- LUNDH, A.: *Studies of the vegetation and hydrochemistry of Scanian lakes*. Botaniska notiser supplement 3/1, 5–129 (1951).
- MACKERETH, F.J.: *Phosphorus utilization by Asterionella formosa Hass*. Journal of experimental Botany 4, 12. Ambleside 1953.

- MALMER, N.: *Studies on mire vegetation in the archean area of Southwestern Götaland (South Sweden)*. Opera Botanica 7/2, 5–64 (1962).
- MATTSON, WILLIAMS und BARKHOF (1950), in: W. RUHLAND: *Handbuch der Pflanzenphysiologie*, IV, S. 675. Berlin 1958.
- MITSCHERLICH, E.A. (1931), in: E. BLANCK: *Handbuch der Bodenlehre*, IV, S. 497–541. Berlin 1932.
- MUEHLETHALER, F.: *Die Desmidiaceenflora des Burgäschimooses*. Mitteilg. d. Naturf. Ges. Bern 1910.
- NUSSBAUM, F.: *Das Endmoränengebiet des Rhonegletschers von Wangen a. d. A.* Mitteilg. d. Naturf. Ges. Bern 1910.
- OBERDORFER, E.: *Süddeutsche Pflanzengesellschaften – Pflanzensoziologie*, 10, 564 S. Jena 1957.  
– *Pflanzensoziologische Exkursionsflora für Süddeutschland und die angrenzenden Gebiete*. 987 S. Stuttgart 1962.
- OLSEN, C.: *The significance of concentration for the rate of ion absorption by higher plants in water culture*. Physiologia Plantarum 3, 152–164; 6, 837–843 (1950).
- PALLMANN, H., EICHENBERGER, E., und HASLER, A.: *Eine neue Methode der Temperaturmessung bei ökologischen und bodenkundlichen Untersuchungen*. Ber. Schweiz. Bot. Ges. 50, 337–362 (1940).
- POELT, J.: *Moosgesellschaften im Alpenvorland*. II. Sitzber. Österr. Akad. d. Wiss. Math. naturw. Kl. Abt. I 163, 495–539 (1954).
- PROBST, R.: *Die Moorflora der Umgebung des Burgäschisees*. Mitteilg. d. Naturf. Ges. Bern S. 210–228 (1910).
- RUHLAND, W.: *Handbuch der Pflanzenphysiologie*, II und IV. Berlin, Göttingen, Heidelberg 1958.
- SCHMEHL und Mitarbeiter (1952), in: W. RUHLAND: *Handbuch der Pflanzenphysiologie*, IV, S. 516. Berlin 1958.
- SCHMITZ, W., und VOLKERT, E.: *Die Messung von Mitteltemperaturen auf reaktionskinetischer Grundlage mit dem Kreispolarimeter und ihre Anwendung in Klimatologie und Bioökologie speziell in Forst- und Gewässerkunde*. Zeiß Mitteilg. 1, 8/9, 300–337 (1959).
- SCHMITZ, W.: *Meßprobleme bei reaktionskinetischen Untersuchungen mit dem Kreispolarimeter, dargestellt am Beispiel der reaktionskinetischen Temperaturmessung*. Zeiß Mitteilg. 3/6, 227–249 (1964).
- SCHWARZENBACH, G., und FLASKA, H.: *Die komplexometrische Titration*. Stuttgart 1965.
- SCHWICKERATH, M.: *Aufbau und Gliederung der europäischen Hochmoorgesellschaften*. Bot. Jb. 71, 249–266 (1940).
- SPARLING, J.H.: *The occurrence of Schoenus nigricans L.* The journal of ecology British ecology society 55/1, 15–31 (1967).
- STARKA, J.: *Physiologie und Biochemie der Mikroorganismen*. S. 388ff. Jena 1968.
- STRASBURGER, E.: *Lehrbuch der Botanik für Hochschulen*. 690 S. Stuttgart 1962.
- WALTER, H.: *Grundlagen der Pflanzenverbreitung*, III/1. 566 S. Stuttgart 1960.
- WELTEN, M.: *Pollenprofil Burgäschisee*. Ber. Geobot. Inst. Rübel 1946, S. 101–111. Zürich 1947.  
– *Pollenanalytische Untersuchungen über die neolithischen Siedlungsverhältnisse am Burgäschisee*. In: *Das Pfahlbauproblem*. S. 61–88. Basel 1955.
- WITTING, M.: *Kalciumhalten i nagra nordsvenska myrratten*. Svensk botanisk tidskrift 43, 2/3, 716–739 (1949).