

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

Herausgeber: Geobotanisches Institut, Stiftung Rübel (Zürich)

Band: 60 (1977)

Artikel: Beschreibung exzentrischer Hochmoore mit Hilfe quantitativer Methoden

Autor: Wildi, Otto

Kapitel: 7: Zusammenhang zwischen Vegetation und Standort

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-308490>

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: 22.12.2025

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

7. Zusammenhang zwischen Vegetation und Standort

Formal besteht das Problem darin, die zwei Matrizen $m \times n$ und $q \times n$, welche die Vegetations- und Standortsdaten enthalten, miteinander zu vergleichen. Leider gibt es dafür keine einfache und universelle Lösung. Letztere soll auf zwei Arten annähernd gefunden werden: Einerseits werden für beide Matrizen gültige Gruppen von Beobachtungseinheiten gesucht, anderseits sollen unabhängig von einer Klassifikation mit Hilfe verschiedener vereinfachender Verfahren Zusammenhänge aufgedeckt werden. Eine entscheidende Frage ist sicher, ob die beiden Ansätze zu unterschiedlichen Resultaten führen.

7.1. Klassifikationsunabhängige Analyse

7.1.1. Trendanalyse in den Hauptgradienten

Die Trendanalyse versucht, in einer Menge von Raumpunkten mit den Koordinaten x , y und z eine Fläche so zu plazieren, dass die Summe der Quadrate der Abstände der vorgegebenen Punkte minimal wird. Es handelt sich also um eine Regressionsanalyse in der Fläche. In dem verwendeten Programm, das der Verfasser H. Gilgen in verdankenswerter Weise zur Verfügung stellte, wird die Fläche durch ein Polynom beschrieben, im einfachsten Fall der Ebene ist also

$$T(x,y) = a + bx + cy$$

Zur Lösung des Problems müssen die Koeffizienten a , b und c gefunden werden. Wird der Grad des Polynoms zu hoch gewählt, werden die Daten überinterpretiert, im umgekehrten Fall unterinterpretiert. Bei den hier gezeigten Lösungen erwiesen sich Polynome 5. Grades als geeignet.

Die Anwendung der Trendanalyse ist nur dann gerechtfertigt, wenn im Grunde kontinuierliche Veränderungen vorliegen und Unstetigkeiten auf Messungenauigkeiten zurückzuführen sind (es sei denn, die Analyse werde zur Suche von Unstetigkeiten eingesetzt!). Andernfalls genügen die anspruchsloseren räumlichen Interpolationen, die wie die Trendanalysen als Resultate Isolinienkarten liefern. GITTINS (1968) bemerkt dazu:

"The trend can be regarded as the systematic pattern of variation inherent in the data, and, for present purposes, may be defined as a mathematical function describing the behaviour of the mapped variable".

Zunächst wird die Methode, entsprechend dem Vorschlag von GITTINS (1968), zur Interpretation der Hauptgradienten benutzt. Als Grundlage dient das unter 5.1.2. gezeigte Modell. Die Aufnahmen der Schlenken und Rüllen werden weggelassen und die Ladungen der Faktoren 1 und 3 als x- und y-Koordinaten verwendet. z-Koordinate ist das an den Beobachtungspunkten eingesetzte Messresultat der jeweils untersuchten Grösse. Die Resultate haben also die Form von zweidimensionalen Ordinationen mit den Isolinien der gemessenen Standortsfaktoren. Abb. 19 zeigt noch einmal die vegetationsmässige Interpretation der Ordination. Abb. 20 lässt sofort erkennen, dass sich die Mooroberränder und die Unterränder bezüglich ihrer pH-Verhältnisse deutlich unterscheiden. Berücksichtigt man, dass das Wasser vom Zentrum des Moores über den Unterrand ins Flachmoor, bzw. von diesem über den Oberrand ins Hochmoor fliest, so kommt man nicht umhin, aus den Kurven den Transport von H^+ -Ionen herauszulesen. Da die Ordination ja aber die relativen Aehnlichkeiten zwischen den Aufnahmen darstellt, muss man ebenfalls feststellen, dass die pH-Werte allein die Unterschiede zwischen Oberrand und Unterrand nicht erklären, da ja sonst alle Aufnahmen des letzteren bei den Hochmooraufnahmen zu finden sein müssten. Eine Erklärung bietet Abb. 21 an. Die Gesamtazidität weist zwei Minima auf: ein deutliches im Flachmoor und ein weniger ausgeprägtes ganz links in den extremsten Unterrandaufnahmen. Beide kommen dadurch zustande, dass der Torf eine geringere KUK aufweist, im Falle des Flachmoores ist auch der Anteil der Basen höher. Im Gegensatz zu Abb. 20 weist der Unterrand also hier mehr Aehnlichkeit zum Flachmoor auf. Diese Diskrepanz ist hinreichend, um die Anwesenheit unterschiedlicher Vegetationen zu erklären.

Das umtauschbare Kalzium (Abb. 22) weist wieder deutlich auf die ökologische Verwandtschaft des Unterrandes mit dem Hochmoor hin. Ein Rücken maximaler Werte zieht sich von der Einheit 12 über die Oberränder Richtung Flachmoor. Dies dürfte wieder auf Einwaschungsvorgänge, bzw. Diffusion vom Untergrund bei noch relativ hoher Umtauschkapazität hinweisen. Letztere nimmt ja in Einheit 13 rasch ab, was dort ein ausgeprägtes Minimum für umtauschbares Kalzium bewirkt.

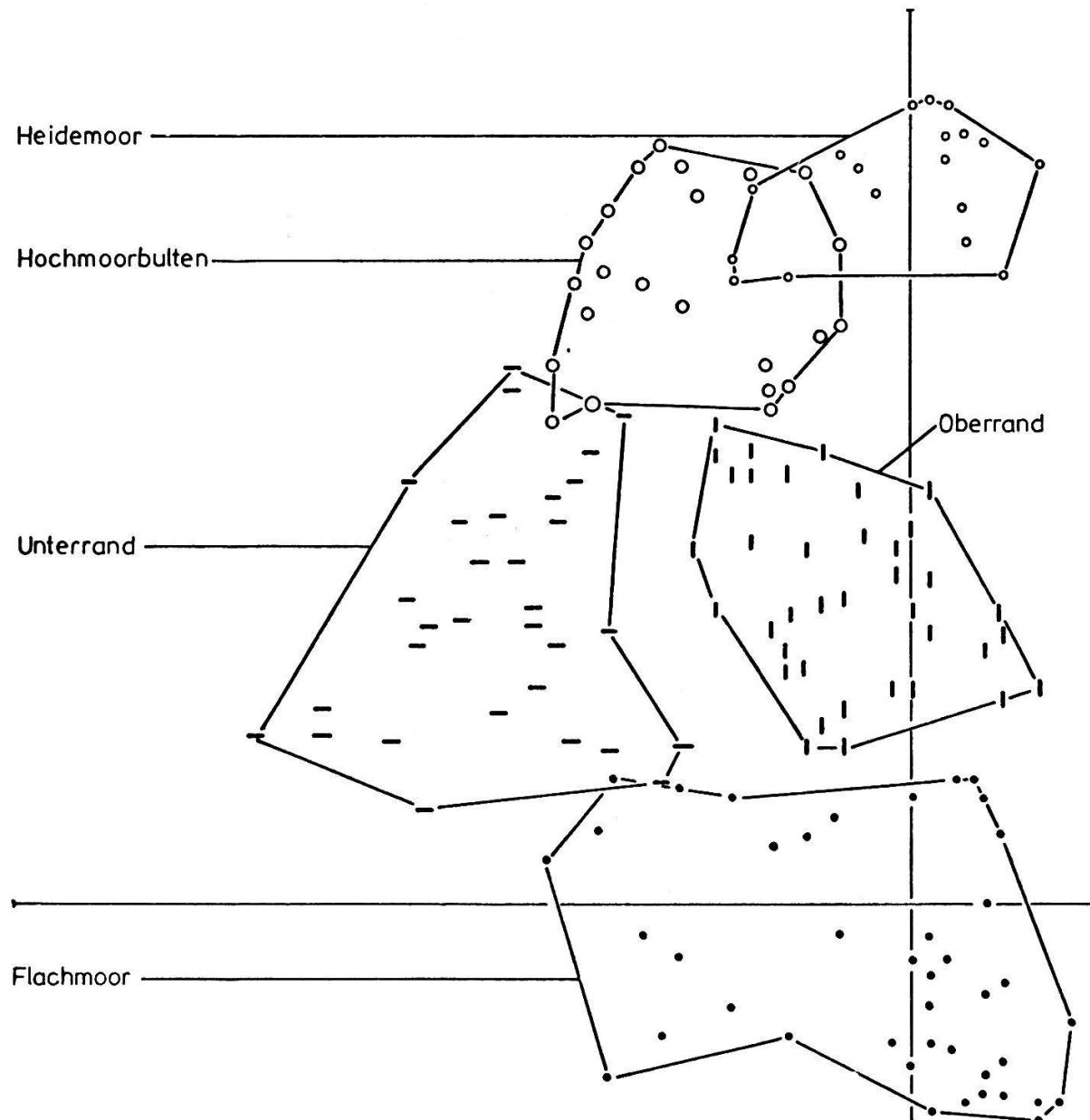


Abb. 19 Vereinfachte soziologische Interpretation der Hauptgradienten.
Es handelt sich um die Ordination der Abb. 9b und 10 (Kap. 5.1.2.),
wobei die Schlenken und Rüllen weggelassen sind.

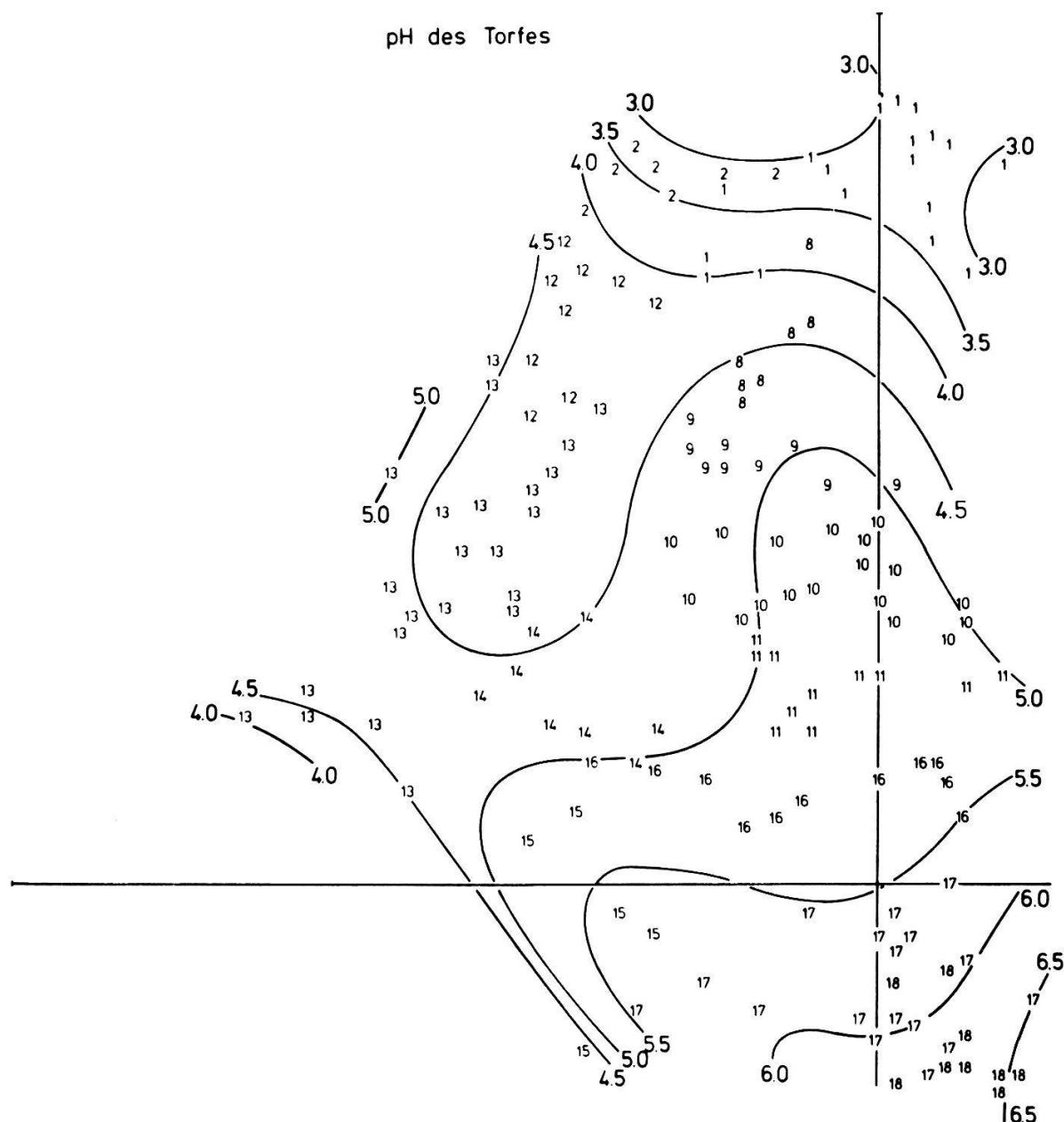


Abb. 20 Trendfläche fünften Grades in den Hauptgradienten der Vegetation.

Ordinate: 1. Faktor, Abszisse: 3. Faktor.

Pflanzensoziologische Interpretation: Abb. 19.

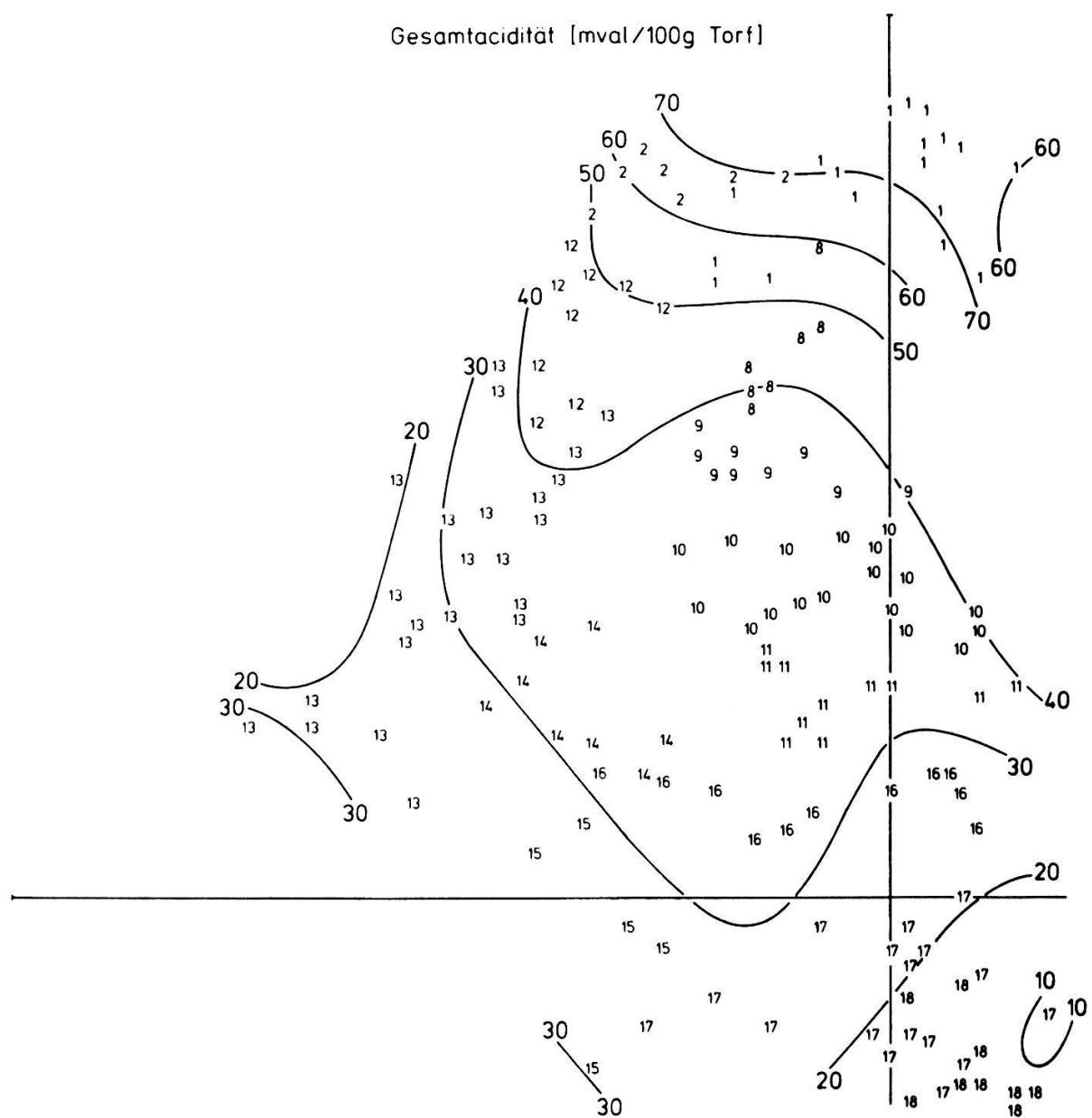


Abb. 21 Trendfläche fünften Grades in den Hauptgradienten der Vegetation.

Ordinate: 1. Faktor, Abszisse: 3. Faktor.

Pflanzensoziologische Interpretation: Abb. 19.

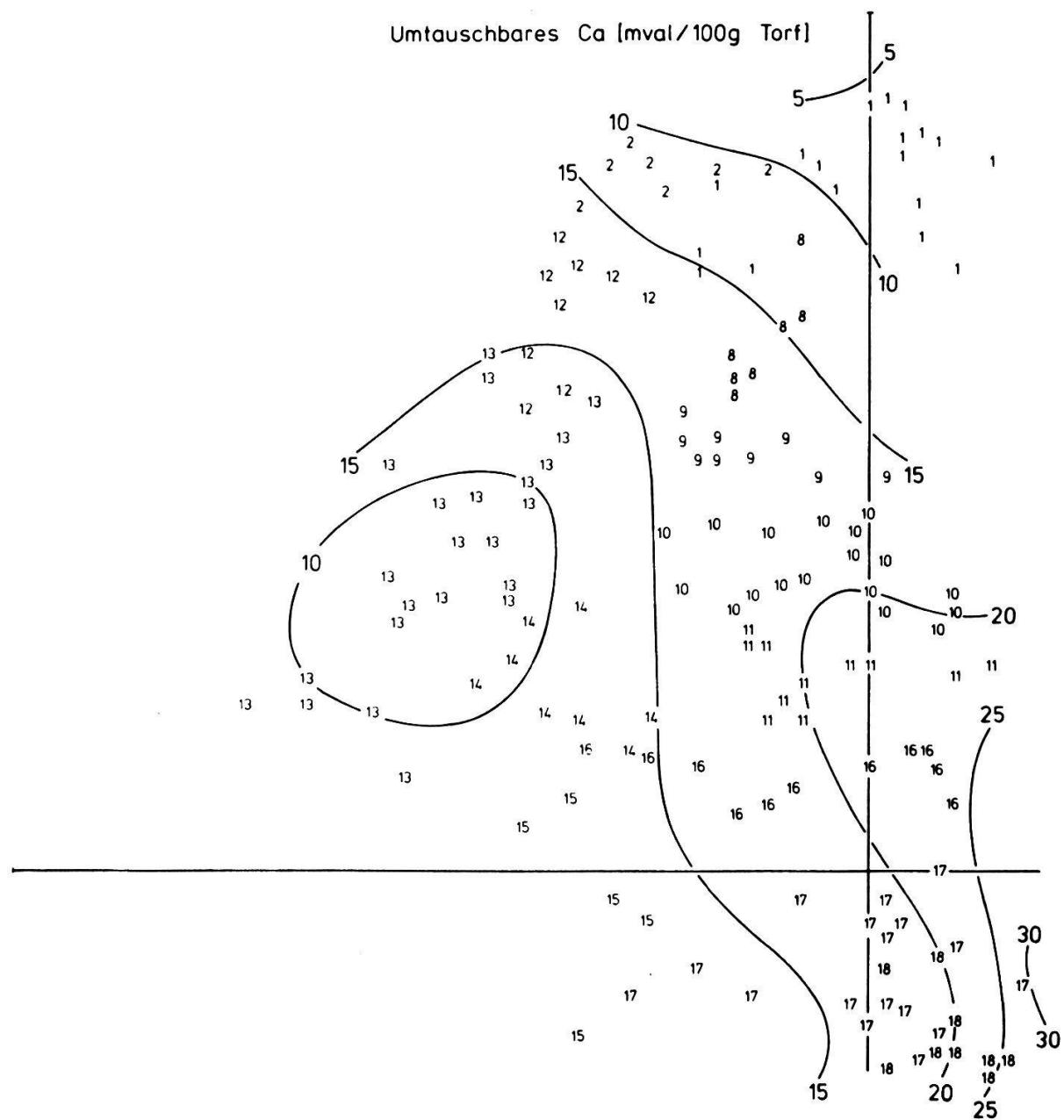


Abb. 22 Trendfläche fünften Grades in den Hauptgradienten der Vegetation.

Ordinate: 1. Faktor, Abszisse: 3. Faktor.

Pflanzensoziologische Interpretation: Abb. 19.

Mittlerer Wasserstand [cm]

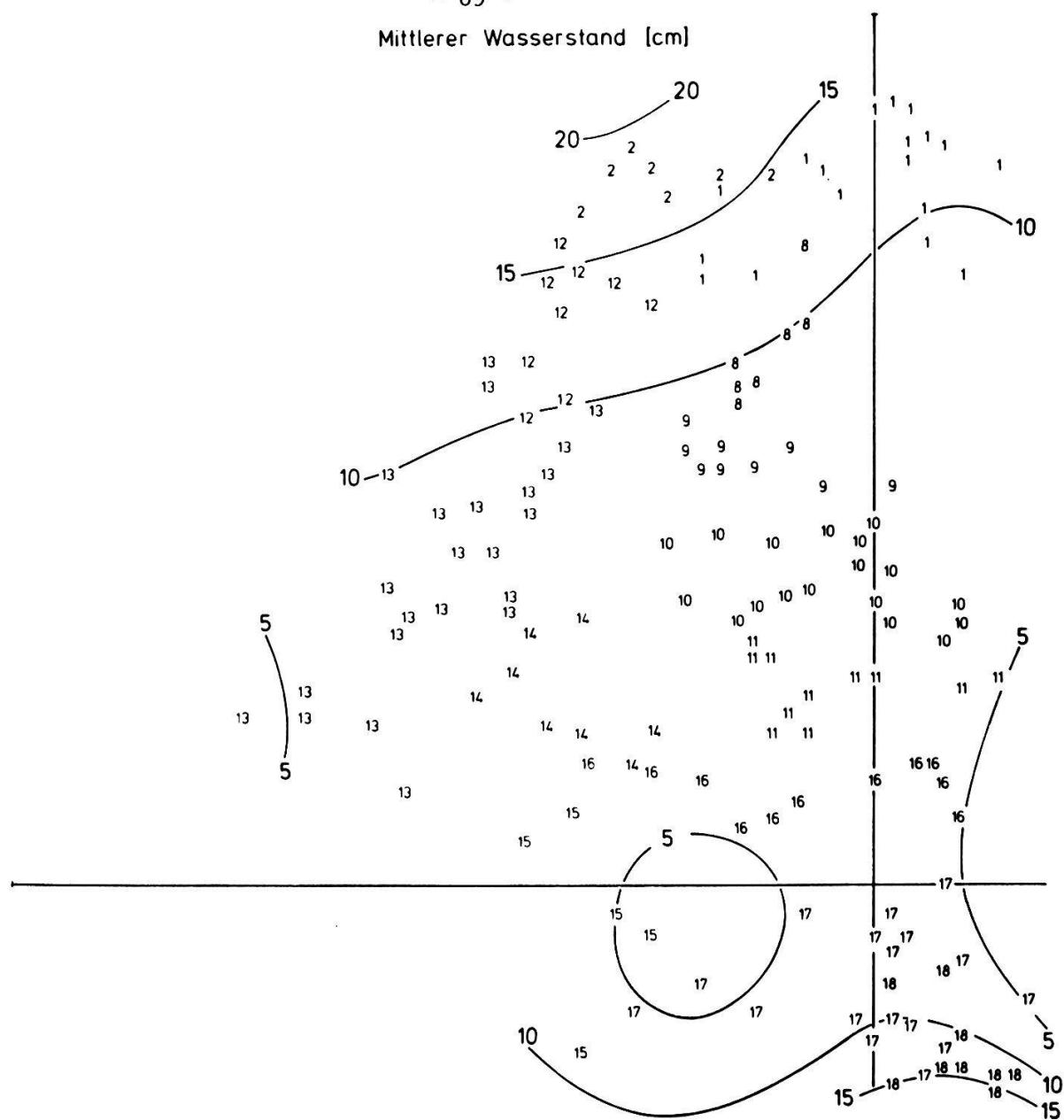


Abb. 23 Trendfläche fünften Grades in den Hauptgradienten der Vegetation (Abb. 19).

Ordinate: 1. Faktor, Abszisse: 3. Faktor

Bei den hier positiven Angaben handelt es sich um Grundwasserstände in cm unter der Bodenoberfläche.

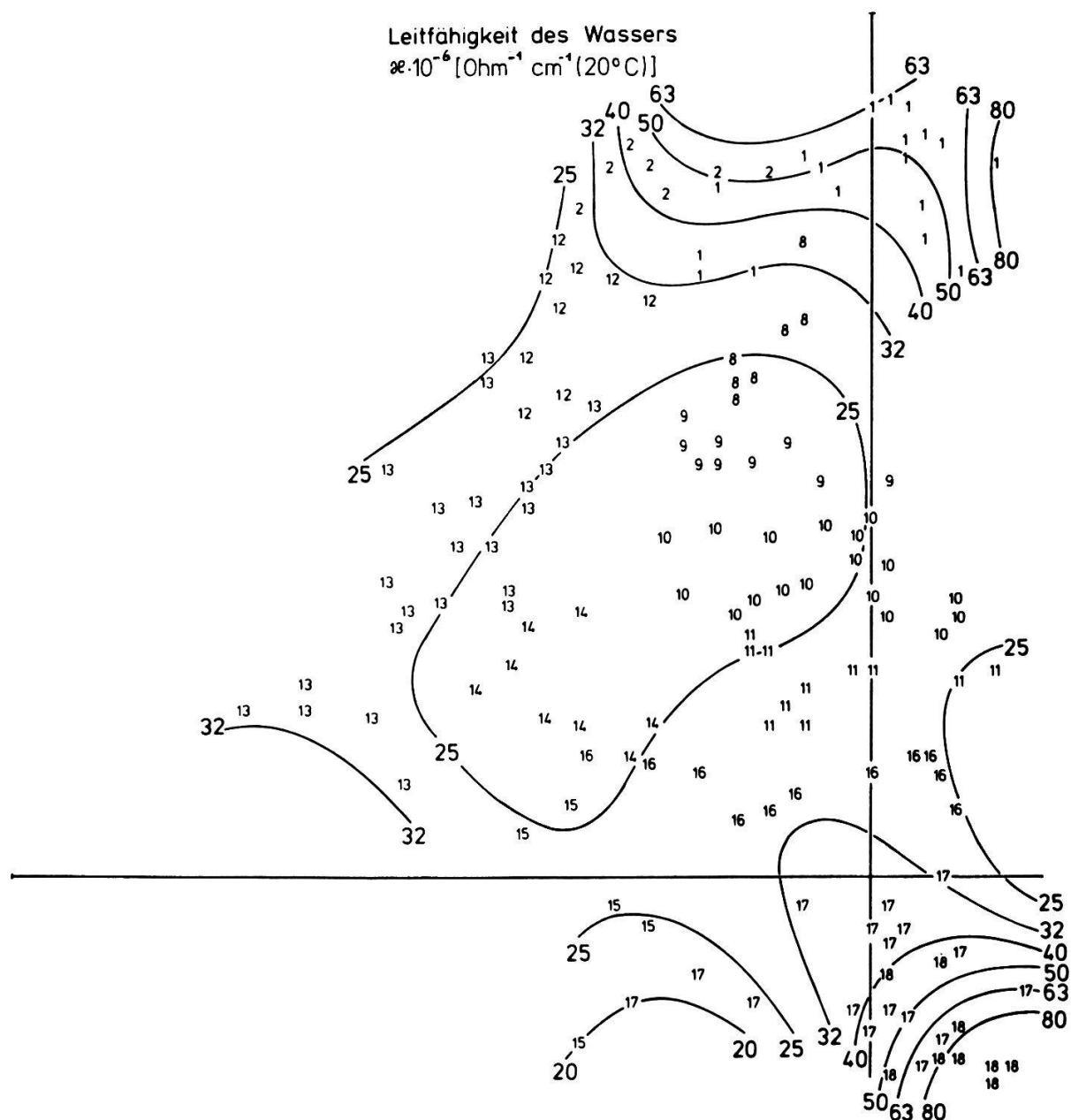


Abb. 24 Trendfläche fünften Grades in den Hauptgradienten der Vegetation.

Ordinate: 1. Faktor, Abszisse: 3. Faktor.

Pflanzensoziologische Interpretation: Abb. 19.

Die Analyse der Abb. 23 zeigt, dass die tiefsten Wasserstände der untersuchten Moore, von Schlenken und Rüllen abgesehen, nicht etwa in den drainierten Heidemooren zu finden sind (Einheit 1), sondern in den Sphagnumbulten der Einheit 2. Dann steigen die Wasserstände kontinuierlich gegen die Peripherie und sinken erst in den Flachmooren wieder. Noch viel deutlicher zeigt die elektrische Leitfähigkeit (Abb. 24) dieses Verhalten. Zu verschiedenen Interpretationen gaben die allgemein bekannten hohen Leitfähigkeiten der Hochmoorwässer in der Literatur Anlass (JENSEN 1961). Dass sie sicher nicht, wie häufig angenommen, auf den höheren Säuregrad zurückzuführen sind, kann durch einfache Versuche gezeigt werden. Plausibel erscheint dagegen, dass die schwer nachweisbaren Silikate dafür verantwortlich sind.

Es sei speziell darauf hingewiesen, dass die Verhaltensweisen der Messungen in Abb. 23 und 24, die Ober- und Unterrand nicht differenzieren, durch den Faktor 3 in Kap. 6.4. beschrieben werden: Dieser lädt die Wasserstände niedrig, die elektrische Leitfähigkeit hoch.

7.1.2. Topografische Trends

Da schon bei der Versuchsanordnung ausgesprochene Gradienten ausgesucht worden sind, liegt es nahe, die mit Messpunkten gleichmäßig überdeckten Untersuchungsflächen auf ökologische Trends zu untersuchen. Dasselbe Konzept wählte MALMER (1962) zur Darstellung seiner Analysen von Vegetation und Standort, ohne jedoch die Trends zu berechnen. Abb. 25 stellt die pH-Verhältnisse und den Ca^{++} -Gehalt der Grundwässer in den Punkten 501 bis 563 sowie eine Vegetations- und Artenkarte dar. Es handelt sich um einen Mooruntrand. Beide ökologischen Größen verhalten sich sehr ähnlich, doch ist der Trend für den pH im Bereich der Einheiten 13 bis 15 wesentlich deutlicher. Die gute Ueber-einstimmung mit der Vegetationskarte ist augenfällig. Die sehr subjektiv gezogenen Grenzen der letzteren zeigen natürlich deutlich, dass die vielen Un-ebenheiten im Gelände in Wirklichkeit zu komplizierteren Strukturen führen als dies die Trendanalysen vermuten lassen.

Abb. 26 stellt den selben Versuch an einer Fläche des Mooroberrandes dar. Bei den vertikalen Streifen der Vegetationskarte handelt es sich meist um

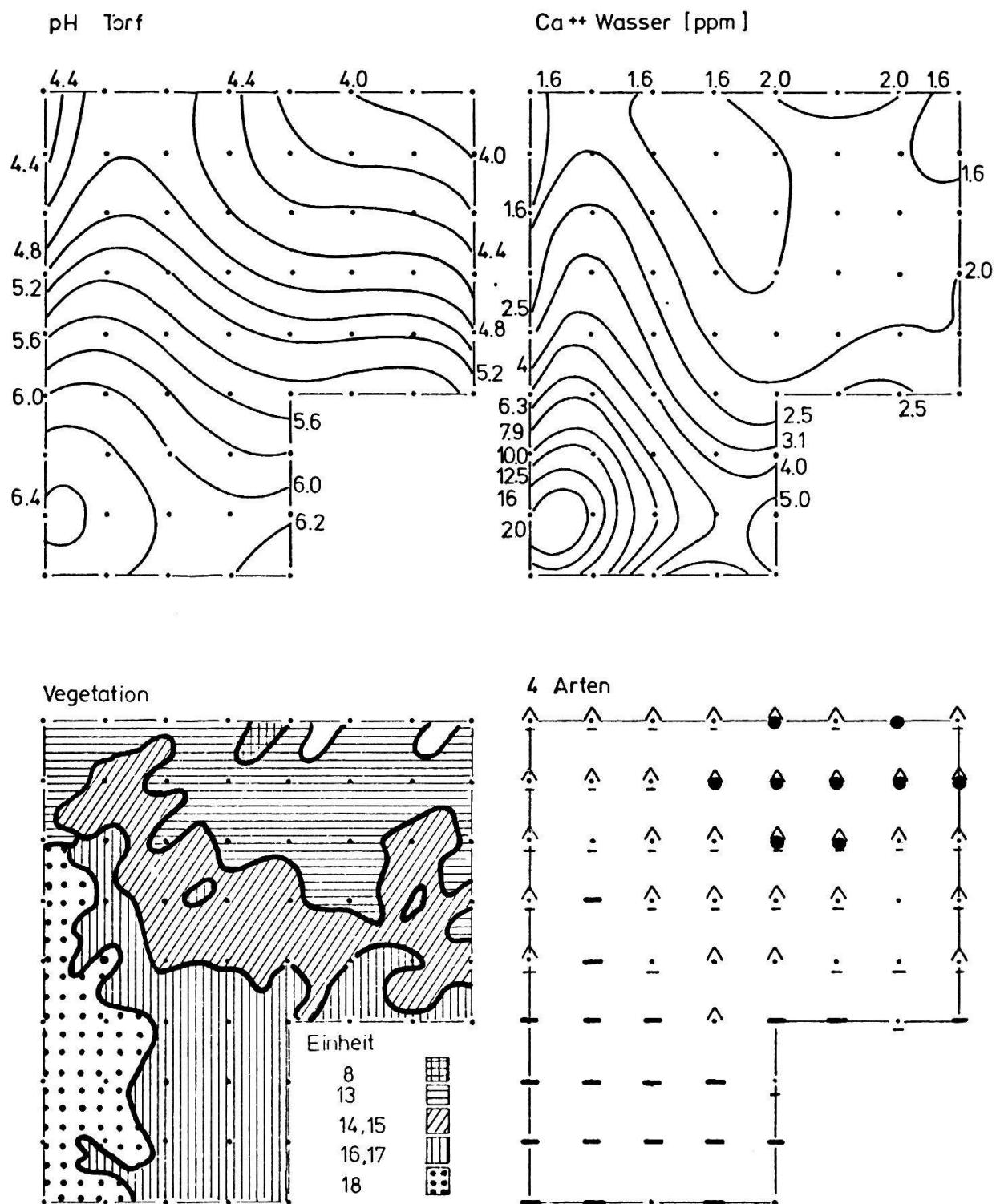


Abb. 25 Trendflächen fünften Grades über der Versuchsfläche Schlänggli "Hang" (oben) und die Auswirkung auf die Vegetationseinheiten sowie das Vorkommen von vier Pflanzenarten (Legende in Abb. 26).

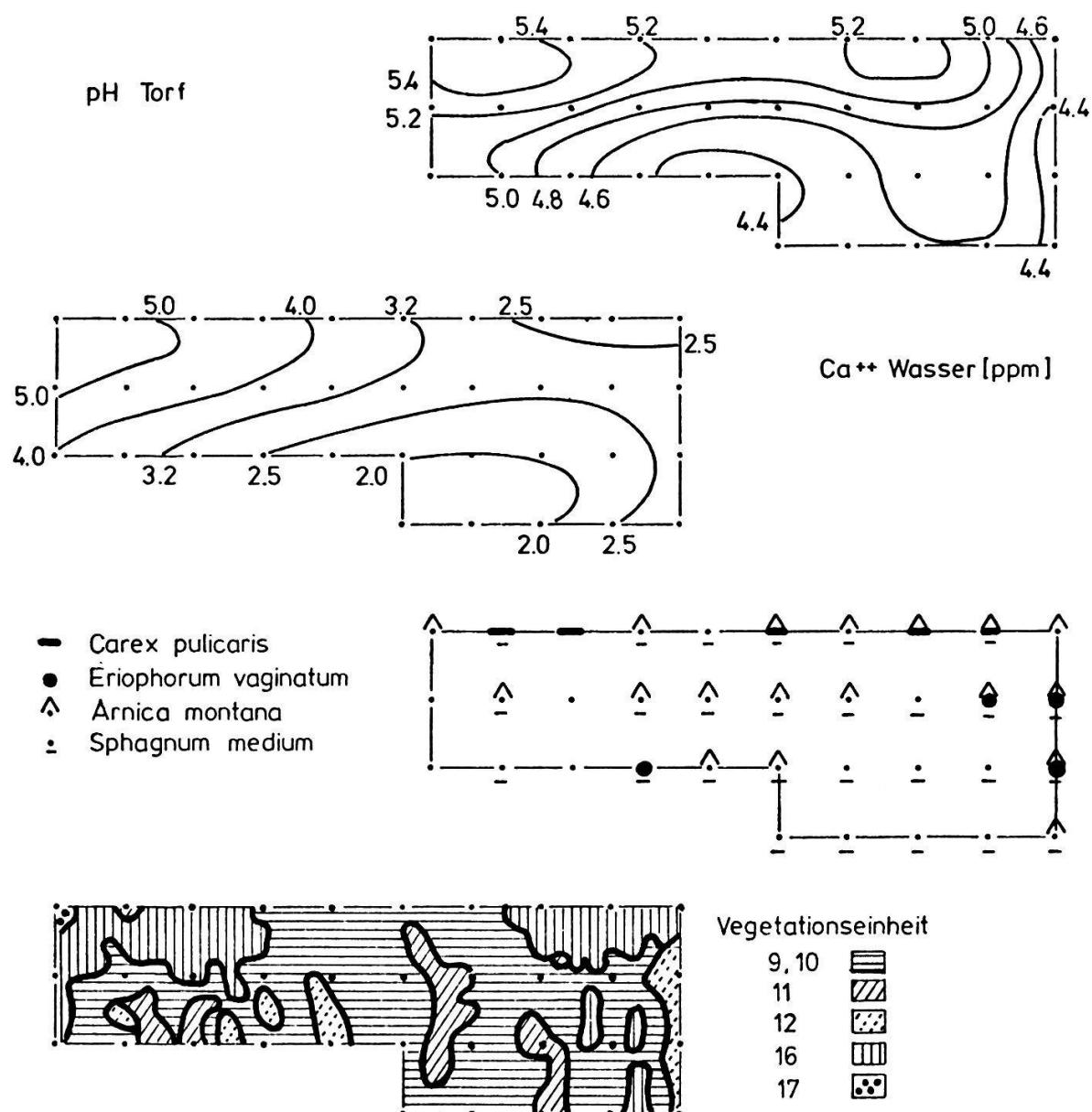


Abb. 26 Trendflächen dritten Grades über der Versuchsfläche Schlänggli "Nord" (oben) und die Vegetationseinheiten sowie vier Pflanzenarten in der selben Fläche.

Störungszonen, die auf frühere Bewirtschaftungen zurückgehen. Hier zeigt sich der Nutzen der Trendflächenanalyse, die trotz einiger Unregelmässigkeiten allgemeine Gesetzmässigkeiten wiederzugeben vermag. Zu den Artenkarten wäre noch zu bemerken, dass typischen "Zeigerarten" der Vorzug gegeben worden ist.

7.1.3. Ordination der Standorte mit Hilfe der Faktorenwerte einer Faktorenanalyse ohne Rotation (R-Technik)

Die 183 Beobachtungseinheiten, charakterisiert durch 21 Standortsmessungen, werden mit Hilfe einer Faktorenanalyse ordiniert. Es werden die Faktorenwerte als Koordinaten verwendet (vgl. dazu BAHRENBERG und GIESE 1975, S. 226). Abb. 27 gibt zwei Projektionen des Modells wieder. Die verwendete Klassifikation der Punkte beruht ausschliesslich auf den Vegetationsdaten (Kap. 5.1.3.). Die schon dort gut trennbaren Einheiten des Hochmoores treten auch hier wieder getrennt auf. Oberrand, Unterrand und Flachmoor weisen, bei deutlich verschiedenen Schwerpunkten, einige Ueberschneidungen auf. Damit lässt sich leicht voraussagen, dass sich die eng gefassten Vegetationseinheiten wohl nur dann ökologisch einwandfrei trennen lassen dürften, wenn sie soziologisch nicht direkt benachbart auftreten, sich also deutlich voneinander unterscheiden.

Nach diesem qualitativen soll nun ein quantitativer Versuch zum Vergleich der beiden Datensätze diskutiert werden.

7.1.4. Kanonische Korrelation

UEBERLA (1972) fasst das Prinzip wie folgt zusammen: "Zwei Gruppen von Variablen seien an n Personen gemessen. Es wird die Frage gestellt, welche Lineartransformation man in jeder der beiden Gruppen durchführen muss, damit die resultierenden zwei Grössen einen maximalen Korrelationskoeffizienten aufweisen". Das Verfahren wurde bisher nur sehr wenig angewandt, da die Interpretation der Resultate meist grössere Schwierigkeiten bereitet.

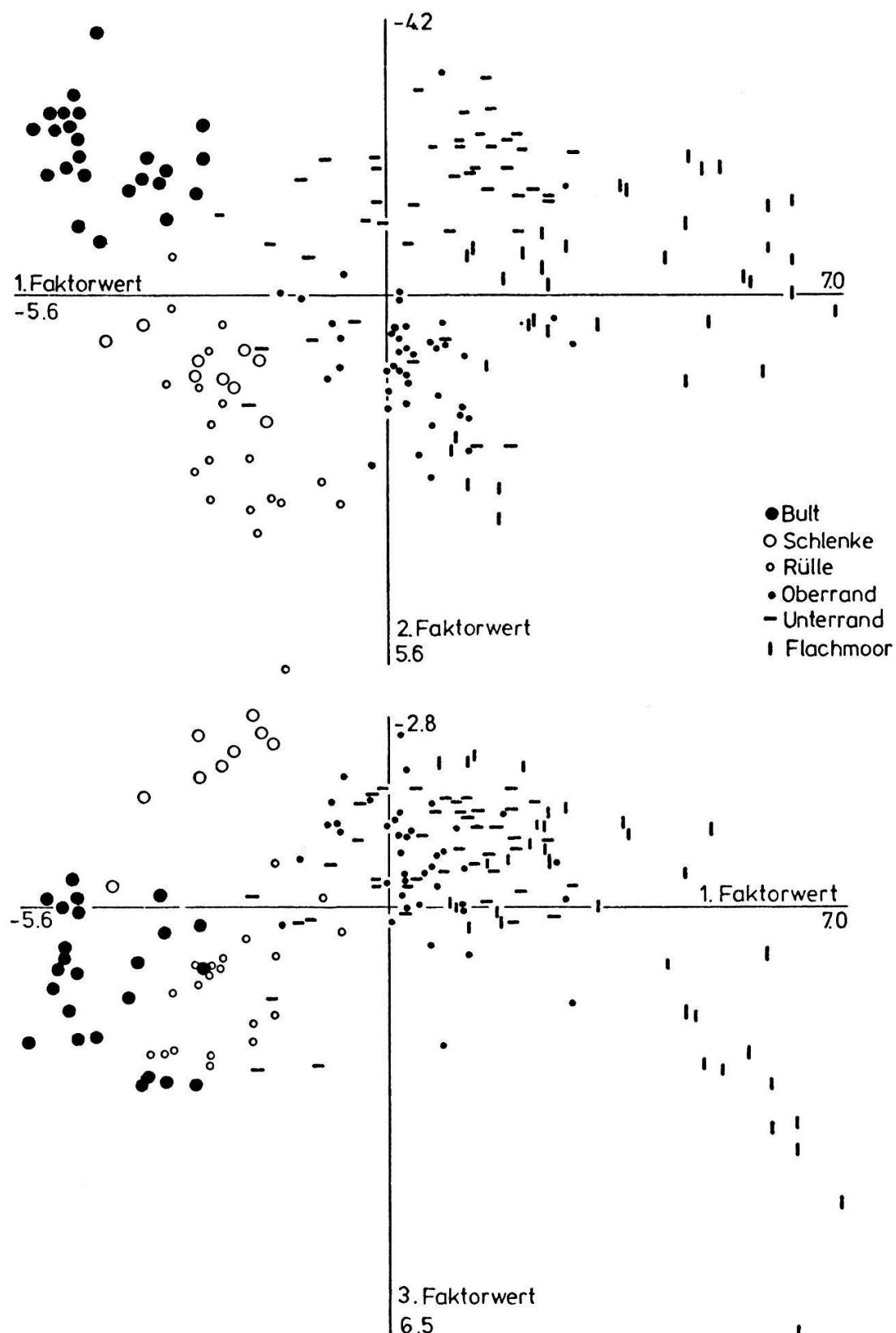


Abb. 27 Faktorenanalyse mit allen Standortsmessungen und vereinfachte pflanzensoziologische Interpretation der Standorte.

Dies ist auch hier der Fall. Der eine Satz von Variablen besteht in den 21 schon erwähnten Standortsmessgrößen, der andere, um die Zahl der Freiheitsgrade statistisch günstig zu halten (Kap. 3.3.), im dreidimensionalen Faktorenmodell (Kap. 5.1.2.) der Vegetation. Es resultiert eine erste kanonische Korrelation von 0.945, eine zweite von 0.85 und eine dritte von 0.83. Die Koeffizienten für die kanonischen Variablen ergeben in den ersten zwei Korrelationen hohe Werte für Gesamtazidität und KUK. Für die dritte Korrelation fällt die Gewichtung etwas ausgeglichener aus. Offenbar lassen sich der etwas hohen Zahl der Freiheitsgrade wegen drei orthogonale Linearkombinationen finden, die stets etwa die selben Variablen bevorzugt beinhalten. Dafür sprechen auch die noch sehr hohen zweiten und dritten Korrelationen.

Günstiger liegen die Verhältnisse bei der zweiten Berechnung, bei der für den ersten Datensatz wieder das dreidimensionale Faktorenmodell der Vegetation benutzt wird, für den zweiten Satz jedoch die ersten fünf Faktorenwerte der Faktorenanalyse der Standorte (vgl. 7.1.3.). Die kanonischen Korrelationen betragen 0.92, 0.71 und 0.58, weisen also gegenüber der ersten Berechnung einen viel deutlicheren Abfall auf. Die erste Korrelation berücksichtigt praktisch nur die ersten zwei Faktoren des Vegetationsmodells und die ersten Faktorenwerte des Standortsfaktorenmodells. Damit ist zumindest eine einfach interpretierbare Korrelation zwischen den beiden Modellen festgehalten.

7.1.5. Korrelationen zwischen der indirekten Ordination der Vegetation und den Standortsmessungen

Schon BRAY und CURTIS (1957) errechnen Korrelationen zwischen ihren Ordinationsachsen und einzelnen Standortsfaktoren. Im gleichen Sinne werden hier 21 multiple, schrittweise Regressionsanalysen durchgeführt, wobei jede der 21 Standortsmessungen einmal als Abhängige dient. Als Unabhängige werden stets die drei ersten Faktorenladungen der Faktorenanalyse der Vegetation (Kap.5.1.2) eingesetzt. Die Resultate sind in Abb. 28, unten, ersichtlich. Der unterste Abschnitt der Säulen zeigt die jeweils höchste Einzelkorrelation mit einem der drei Faktoren des Vegetationsmodells, die totale Säulenhöhe entspricht der multiplen Korrelation. Am besten erklärt wird die Vegetation demzufolge

durch den pH-Wert des Torfes, dicht gefolgt von der Gesamtazidität, dem Phosphatgehalt und dem pH des Wassers. Es folgen die eher mit physikalischen Eigenschaften gekoppelten Standortsfaktoren Basensättigung, Ca^{++} -Gehalt des Wassers und KUK. Ebenfalls eine hohe Korrelation ergibt die sich bekanntlich teilweise unabhängig verhaltende elektrische Leitfähigkeit. Unbedeutend sind die Na^+ -Verhältnisse, aber auch die Wasserstände. Bemerkenswert ist, dass die Ca^{++} - und Mg^{++} -Gehalte des Moorwassers zur Erklärung der Vegetation massgebender sind als diejenigen des Torfes. Das weist wieder darauf hin, dass vor allem das freie Wasser als für die Pflanzen wirkendes Substrat betrachtet werden muss.

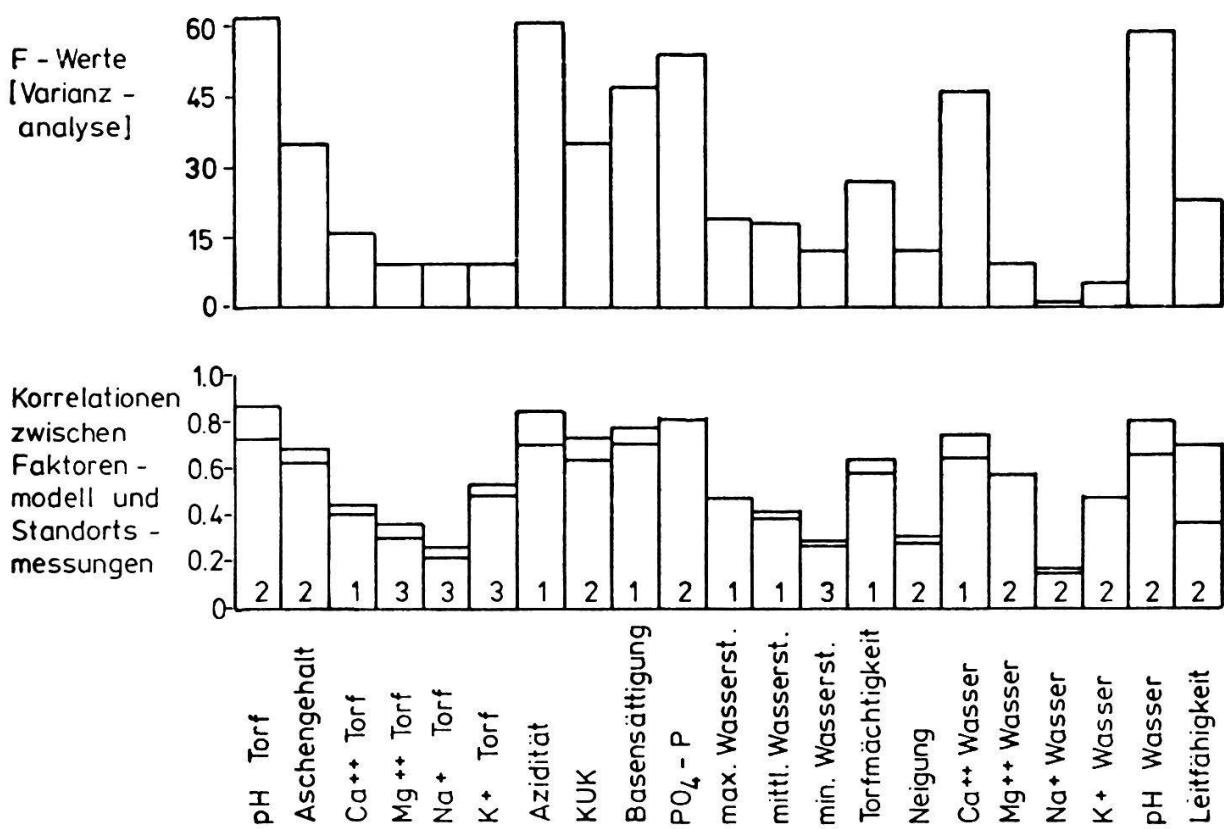


Abb. 28 Bedeutung der Standortsmessungen für die Erklärbarkeit der Vegetation: F-Werte aus der Varianzanalyse (oben), einfache Korrelationen zwischen den Standortsmessungen und dem höchstkorrelierenden Faktor der Faktorenanalyse (unten, unterer Teil der Säulen) sowie die multiplen Korrelationen zwischen den Standortsmessungen und den drei ersten Faktoren der Faktorenanalyse (unten, ganze Säulen). Die Ziffern der unteren Säulenreihe geben an, mit welchem Faktor des Vegetationsmodells (5.1.2.) die höchste Einfachkorrelation zustande kommt.

Vergleicht man die höchst korrelierenden Faktoren pH, Azidität, Phosphat und Basensättigung miteinander (vgl. auch 6.3.), so lässt sich unschwer feststellen, dass alle diese Messgrößen von den verschiedensten andern Größen abhängen und demzufolge als "Symptome" der unterschiedlichsten Standortsfaktoren interpretiert werden können. Da der Torf von den Pflanzen selbst gebildet wird und das Ionentauschvermögen der Sphagnen die H^+ -Ionenkonzentration des Bodens stark beeinflusst, kommen gerade die die Vegetation am besten erklärenden Faktoren durch ausgesprochene Wechselbeziehungen Pflanze \rightleftharpoons Umwelt zustande. Hier zeigt es sich, dass der statistische Ansatz, der nach korrelativen Zusammenhängen sucht, obwohl für einige Fragestellungen sehr nützlich, die Ursachen und Wirkungen in den untersuchten Systemen nicht unterscheiden kann.

Die Frage nach den Zweierkombinationen von Standortsfaktoren, die die Vegetation am besten erklären, lässt sich schon jetzt provisorisch beantworten. Es sind all jene, die im Faktorenmodell 6.4. verschiedene Faktoren laden und einzeln betrachtet hohe Korrelationen aufweisen mit der Vegetation. Es drängen sich die Kombinationen pH des Torfes und Leitfähigkeit des Wassers, aber auch pH und KUK auf. Das Problem wird in 7.2. untersucht.

7.1.6. Diversität und Standort

Da bei den untersuchten Pflanzengemeinschaften nur Arten ähnlicher Grösse vorkommen, wird die Diversität vereinfachend als Anzahl Arten pro Quadratmeter definiert. Es können nun einfache Korrelationen zwischen der Artenzahl pro m^2 und den Standortsfaktoren berechnet werden, was folgendes Bild ergibt:

Standortsfaktor	r =
Aschengehalt	+ 0.79
KUK	- 0.74
Gesamtazidität	- 0.72
Phosphatgehalt	- 0.72
Torfmächtigkeit	- 0.71
pH Torf	+ 0.71

Es sind wieder dieselben Standortsfaktoren für die Diversität verantwortlich, die schon den allgemeinen Zusammenhang zwischen Vegetation und Standort gut

erklären (Abb. 28, S. 77). Im Gegensatz zu jener Analyse, die die pH-Werte an erster Stelle sieht, wirkt sich der Torf als Substrat stärker begrenzend aus auf die Artenvielfalt als die Säuren-Basenverhältnisse. Dies ist verständlich, da Torfe in der Natur relativ selten auftreten, weswegen die Zahl der ihnen angepassten Arten entsprechend gering sein muss.

Die beste multiple Korrelation ergibt sich mit den beiden voneinander nicht sehr abhängigen Faktoren Aschengehalt und pH mit einem multiplen r von 0.84. Die restliche Varianz dürfte sich auf weitere Standortsfaktoren, menschliche Störungen in der Vergangenheit und Zufälligkeiten verteilen.

7.2. Analyse auf Grund der Klassifikation der Vegetation

7.2.1. Mittelwerte und Standardabweichungen der Standortsmessungen der Vegetationseinheiten, Vergleich mit den Messungen von MALMER (1962) und GIES (1971)

Für diese Berechnungen werden die in Kap. 5 dargestellten Vegetationseinheiten verwendet. Die in den Abb. 29 bis Abb. 33 grafisch dargestellten Mittelwerte und Standardabweichungen sind als praktisch verwendbare Uebersichten gedacht und geben grobe Aufschlüsse über das Verhalten der Pflanzengesellschaften bezüglich einzelner Standortsfaktoren. Auch hier zeigt sich wieder, dass die Unterteilung der Vegetation für die ökologische Interpretation zu fein ist. Dafür illustrieren die Darstellungen weitgehend den Gradientencharakter der Daten.

Abb. 29 zeigt oben die pH-Verhältnisse in Torf und Wasser. Beide Größen lassen eine gewisse Differenzierung erkennen zwischen Heide (Einheit 1), Hochmoor und Rülle. Der pH des Wassers zeigt deutliche, wenn auch nicht statistisch gesicherte Unterschiede zwischen Oberrand und Unterrand. Die mittleren pH-Werte des Wassers ergeben grössere Unterschiede als diejenigen des Torfes, weisen aber auch höhere Standardabweichungen auf. Diese Beobachtungen bestätigen die Messungen von MALMER (1962). In Abb. 29, unten, ist die sich recht eigenständig verhaltende elektrische Leitfähigkeit des Wassers dargestellt. Undeutliche

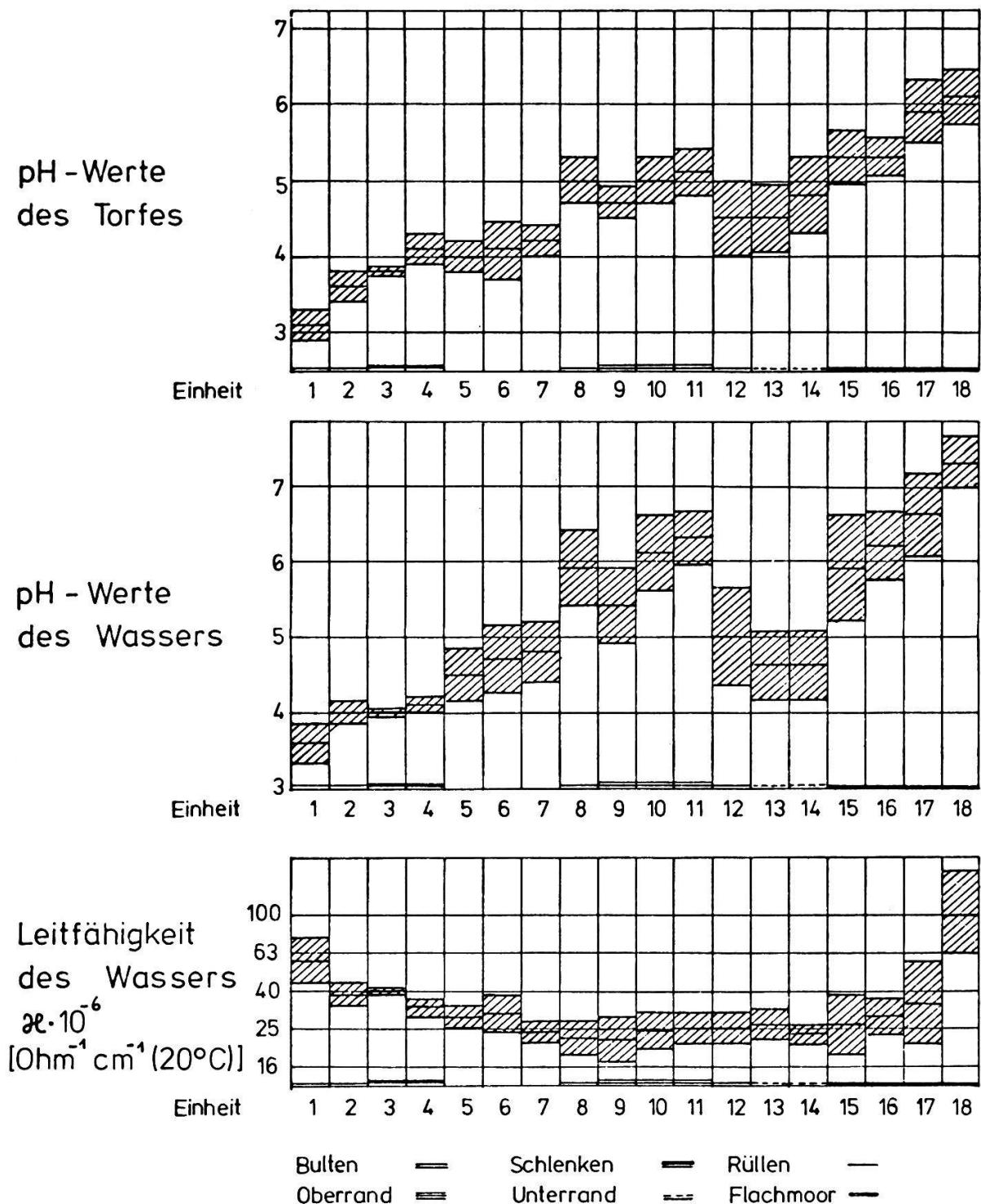


Abb. 29 Mittelwerte und Standardabweichungen der Vegetationseinheiten bezüglich pH des Torfes, pH des Wassers und Leitfähigkeit des Wassers.

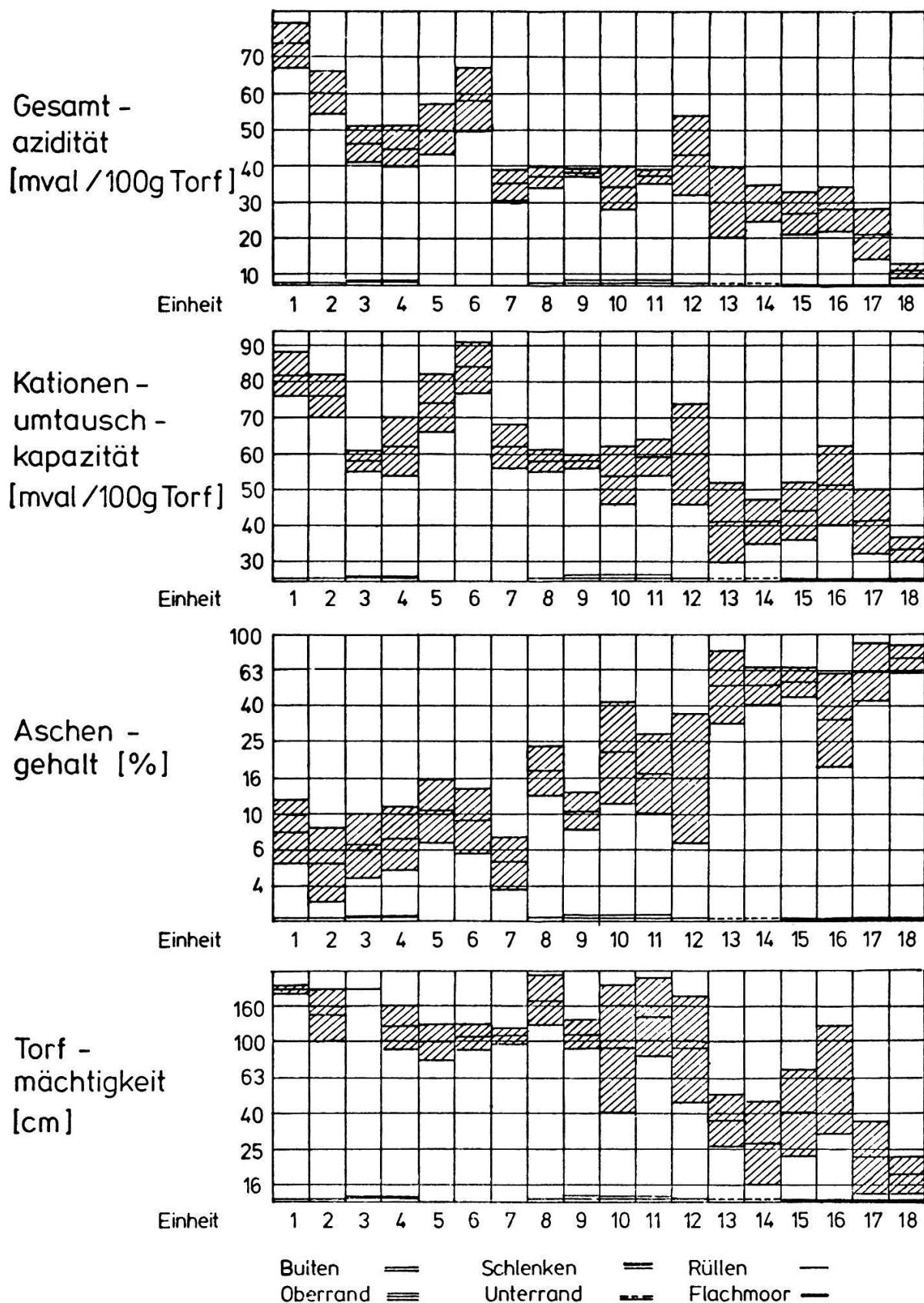


Abb. 30 Mittelwerte und Standardabweichungen von Azidität, KUK, Aschen-gehalt und Torfmächtigkeit für alle Vegetationseinheiten.

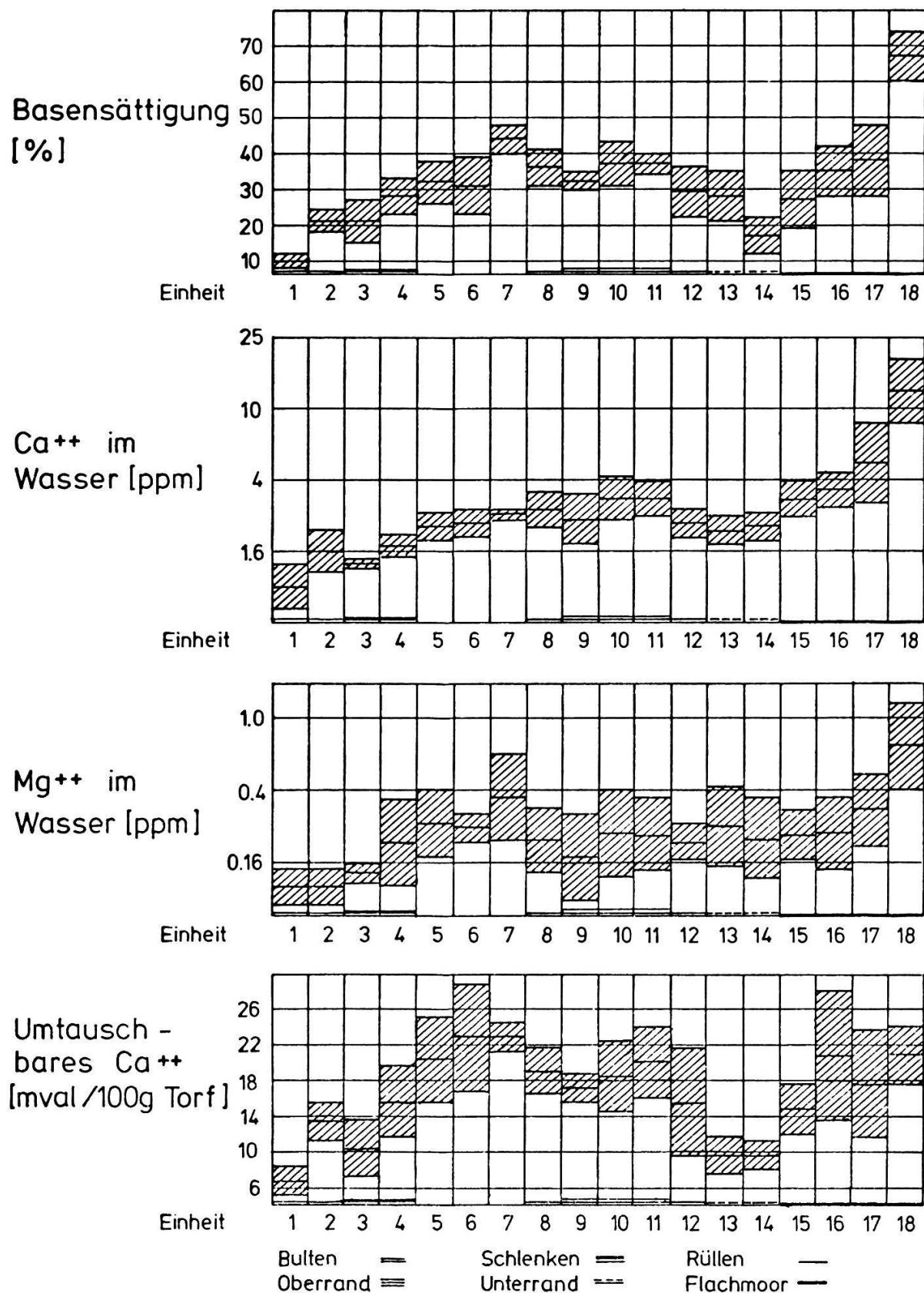


Abb. 31 Mittelwerte und Standardabweichungen von Basensättigung, Ca⁺⁺ und Mg⁺⁺ im Wasser und umtauschbares Ca⁺⁺ für alle Vegetationseinheiten.

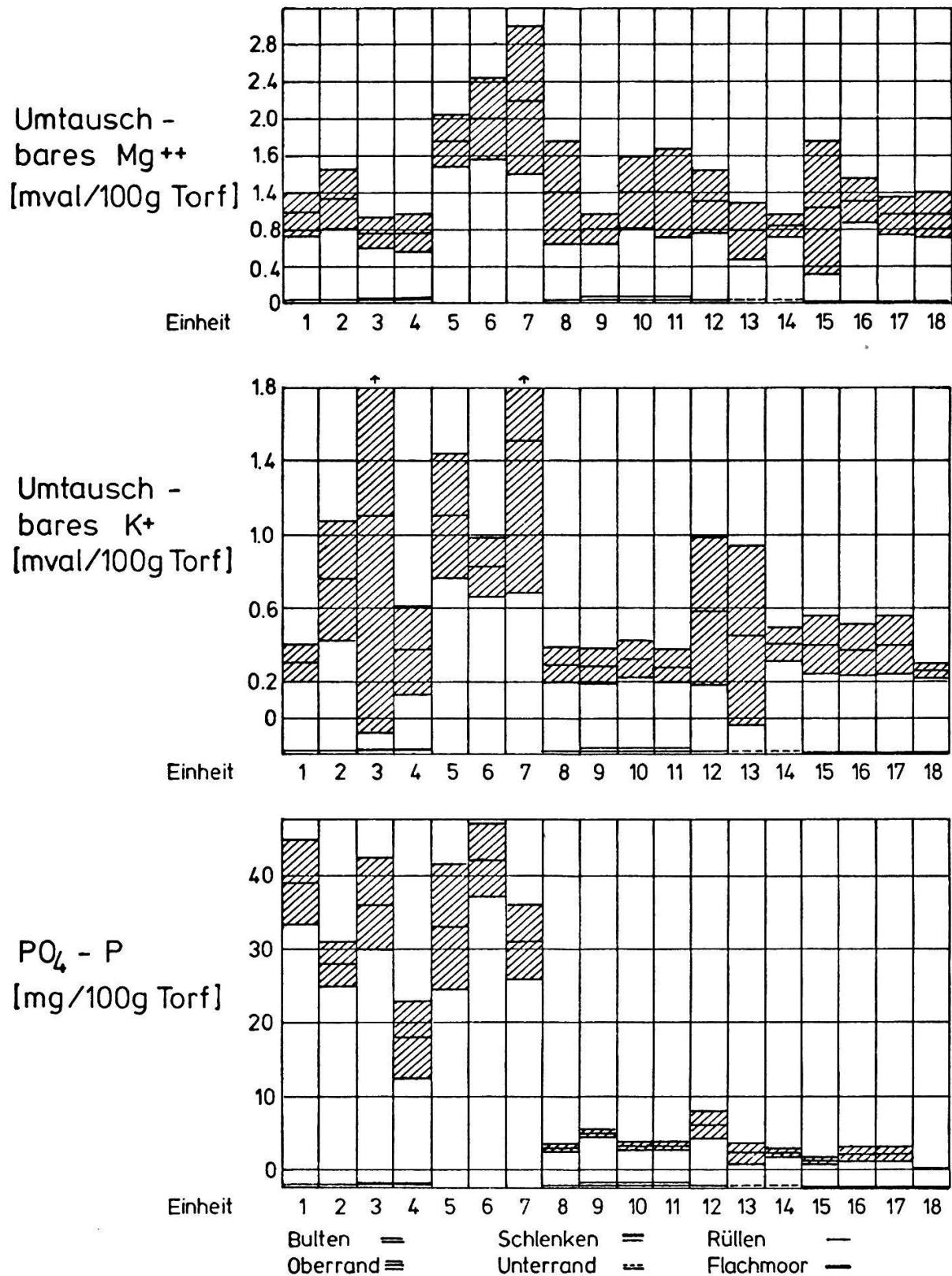


Abb. 32 Mittelwerte und Standardabweichungen von umtauschbarem Mg^{++} und K^{+} und $Po_4 - P$ für alle Vegetationseinheiten.

Grundwasser - Dauerlinien [Wasserstand in cm, p = Überschreitungswahrscheinlichkeit]

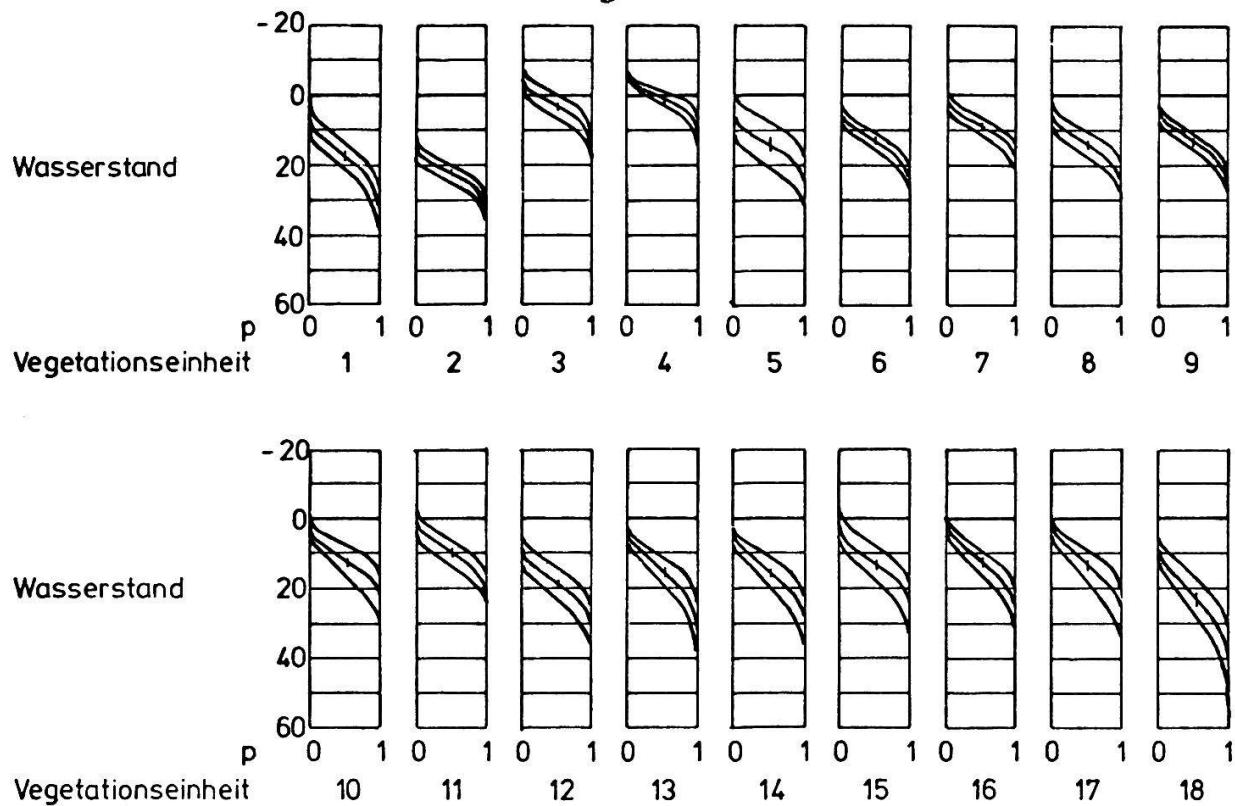


Abb. 33 Grundwasserdauerlinien mit 67 % - Vertrauensintervall für alle Vegetationseinheiten. Vegetationseinheiten 1 und 2 sind Hochmoorbulten, 3 und 4 Schlenken, 5 bis 7 Rüllen, 8 und 12 sekundäre Hochmoor- gesellschaften, 9 bis 11 Oberränder, 13 und 14 Unterränder und 15 bis 18 Flachmoore.

Unterschiede treten bei den Hochmoorgesellschaften auf, während sich die Zwischenmoortypen überhaupt nicht voneinander trennen lassen. Im Flachmoor werden die Schwankungen sehr gross.

Abb. 30 zeigt die eng mit physikalischen Eigenschaften gekoppelten Größen Gesamtazidität, KUK, Aschengehalt und Torfmächtigkeit. Der Vergleich von Gesamtazidität und KUK ist nur beschränkt zulässig, da die KUK teilweise rechnerisch aus dieser hervorgeht. Die Torfe der Schlenken heben sich in beiden Größen durch etwas tiefere Werte von denjenigen der übrigen Hochmoorgesellschaften ab. Dies kommt im Aschengehalt nicht zum Ausdruck. Die Bultgesellschaften und Rüllen unterscheiden sich hier nicht. KUK, Aschengehalt und Torfmächtigkeit differenzieren Oberrand und Unterrand teilweise statistisch gesichert.

Abb. 31 stellt die Basenverhältnisse dar. Die Basensättigung ist extrem niedrig für Heide und Unterrand und zeigt ein (zufälliges ?) Maximum in den Rüllen. Dass sich der Ca^{++} -Gehalt des Wassers praktisch gleich verhält, wird bereits in Kap. 6.3. festgestellt. Die Mg^{++} -Gehalte laufen parallel dazu, weisen aber höhere Streuungen auf. Der Ca^{++} -Gehalt des Torfes der Rüllen ist besonders hoch. Die selbe Grösse unterscheidet Oberrand und Unterrand gut. Der Mg^{++} -Gehalt des Torfes (Abb. 32) erreicht wieder in den Schlenken ein Maximum, streut aber sonst erheblich.

Abb. 33 zeigt die mittleren Grundwasserdauerlinien. Jede der Linien ist nach der in 4.5.3. beschriebenen Methode dreimal berechnet worden, für die Mittelwerte und für die Mittelwerte plus bzw. minus die Standardabweichung. Die wahre Kurve kann also innerhalb der angegebenen Vertrauensbereiche (67 %) steiler oder flacher verlaufen. Praktisch alle Dauerlinien zeigen die für Hochmoore bekannten geringen Schwankungen (vgl. MALMER 1962), auch bei tiefen häufigsten Wasserständen. Besonders ausgeprägt ist dies bei den Bulten und den Schlenken der Fall. Ansonsten sind ein Staueffekt am Oberrand und vielleicht durch Drainageeffekte tiefere Wasserstände am Unterrand angedeutet. Möglicherweise ist diese Differenz aber nur zufällig bedingt, denn die in dieser Hinsicht sinnvollere Trendanalyse (Abb. 23) bestätigt diesen Befund kaum.

In Abb. 32, unten, sind schliesslich noch die K^+ und die PO_4^{3-} -P-Gehalte der Torfe aufgezeichnet. Nebst den gewaltigen Schwankungsbreiten ist hier vor

allem die Unstetigkeit bei den Gesellschaften 7 und 8 auffällig. Sie ist in diesem Ausmass kaum erklärlich, deutet aber mit Sicherheit auf eine schlechte Ueberschneidung der Versuchsflächen hin (vgl. Kap. 8.1.1.).

Alle andern Messungen werden hier nicht diskutiert. Sie zeigen keine halbwegs sicheren Unterschiede zwischen den Vegetationseinheiten und liegen teilweise an der Nachweisgrenze für die betreffenden Methoden.

Man kann nun versuchen, im Sinne der soziologischen Aehnlichkeit benachbarte Vegetationseinheiten auf Unterschiede bezüglich einzelner Standortsfaktoren zu testen. Es bestätigt sich die aus der visuellen Beurteilung hervorgehende Vermutung, dass eine Trennung (mit einer einzigen Ausnahme) statistisch nicht gesichert werden kann. Dies ist durchaus verständlich, wenn man bedenkt, dass die Daten annähernd perfekte Gradienten beschreiben. Dass deswegen bei der praktischen Anwendung ökologischer Erkenntnisse Schwierigkeiten auftreten, ist hinreichend bekannt.

Vergleicht man die vorgefundenen Mittelwerte mit den Angaben von MALMER (1962), so bestätigt sich die längst bekannte Tatsache, dass die Ca^{++} -Gehalte in den schwedischen Mooren bedeutend tiefer sind als in Mitteleuropa. Da die Mg^{++} -Konzentrationen aber eher etwas höher ausfallen, ist das $\text{Mg}^{++}/\text{Ca}^{++}$ -Verhältnis etwa 1 : 1, gegenüber 1 : 10 in der vorliegenden Untersuchung und 1 : 5 in der Rhön (GIES 1971). Bei MALMER (1962) sind auch die vergleichsweise niedrigen Werte für die Leitfähigkeit des Wassers und den Aschengehalt des Torfes sehr auffällig. Damit kommt eine standörtlich und floristisch erkennbare Mineralbodenwassergrenze (vgl. DU RIETZ 1954) viel eher zustande als im Alpenraum. GIES (1971) findet in der Röhn etwa gleiche Mg^{++} -Konzentrationen wie sie in Rothenthurm nachweisbar sind, jedoch deutlich niedrigere für Ca^{++} . Er schlägt vor, die Moorstufenkomplexe anhand der Kationengehalte des Grundwassers zu charakterisieren. Danach wären die hier gefundenen Unterrandseinheiten als Zwischenmoor, die Oberrandseinheiten bereits als Niedermoor anzusprechen. Wenn man dieses Konzept auf die Basensättigung der Torfe überträgt (vgl. Kap. 6.3.), ergeben sich etwa folgende Werte:

Stufenkomplex	Basensättigung in %
Hochmoor (Bulten und Schlenken)	< 25
Zwischenmoor (Unterrand und Rüllen)	25 - 35
Niedermoor (Oberrand und Peripherie)	> 35

Es ist je nach Untersuchungsobjekt und Analysenmethode mit erheblichen Korrekturen der absoluten Werte zu rechnen!

7.2.2. Direkte Ordinationen

Wird die Zahl der zur Charakterisierung der Vegetation verwendeten Standortsfaktoren erhöht, so ist in den meisten Fällen eine bessere Trennbarkeit der Einheiten zu erwarten.

Abb. 34 gibt die Kombination von pH und häufigstem Wasserstand wieder. Die eigentlichen Hochmoorgesellschaften heben sich bei dieser Darstellung deutlich gegeneinander ab. Die peripheren Einheiten 12, insbesondere aber 8, verhalten sich wie Ober- und Unterrand, welche sich wiederum nur andeutungsweise im pH unterscheiden. Die Ordination mit Basensättigung und KUK als Achsen des Koordinatensystems zeigt Abb. 35. Die Einheiten ordnen sich hier annähernd linear vom Hochmoor zum Flachmoor an. Anders verhalten sich die Schlenken (Einheiten 3 und 4), die besser mit Basen versorgt sind als die Moorzentren. Die Schlenken, besonders jedoch der Unterrand (Einheiten 13 und 14), weisen im Verhältnis zu ihren KUK eine niedrige Basensättigung auf.

Abb. 36 stellt die Ca^{++} -Gehalte von Wasser und Torf dar. Auch hier ergibt sich ein linearer Zusammenhang zwischen den beiden Größen, der aber im Bereich der Moorränder wegen begrenzter Umtauschkapazität zum Stillstand kommt. Wieder gehorchen Unterrand (Einheiten 13 und 14) und Rülle (Einheiten 6 - 8) dieser Gesetzmässigkeit nicht.

7.2.3. Diskriminanzanalytische Trennbarkeit der Einheiten, die F-Werte der Einzelmessungen

Die Verallgemeinerung des in 7.2.2. angewandten Prinzips führt zur Diskriminanzanalyse. Man fragt, wie weit sich die Vegetationseinheiten unterscheiden lassen, wenn alle verfügbaren Standortsmessungen berücksichtigt werden. Es wird zur schrittweisen Diskriminanzanalyse gegriffen, einem Verfahren, das analog zur schrittweisen multiplen Regression eine optimale Trennung mit Hilfe möglichst weniger Variablen sucht (vgl. Kap. 6.3., NIELSEN et al. 1973, del MORAL 1975). Als Kriterium für den Einbezug einer Variablen in die Analyse werden die höchsten F-Werte der vor jedem Schritt durchgeföhrten Varianzanalyse verwendet. Das führt dazu, dass in zwei aufeinanderfolgenden Schritten stets relativ unabhängige Variablen zur Verwendung gelangen.

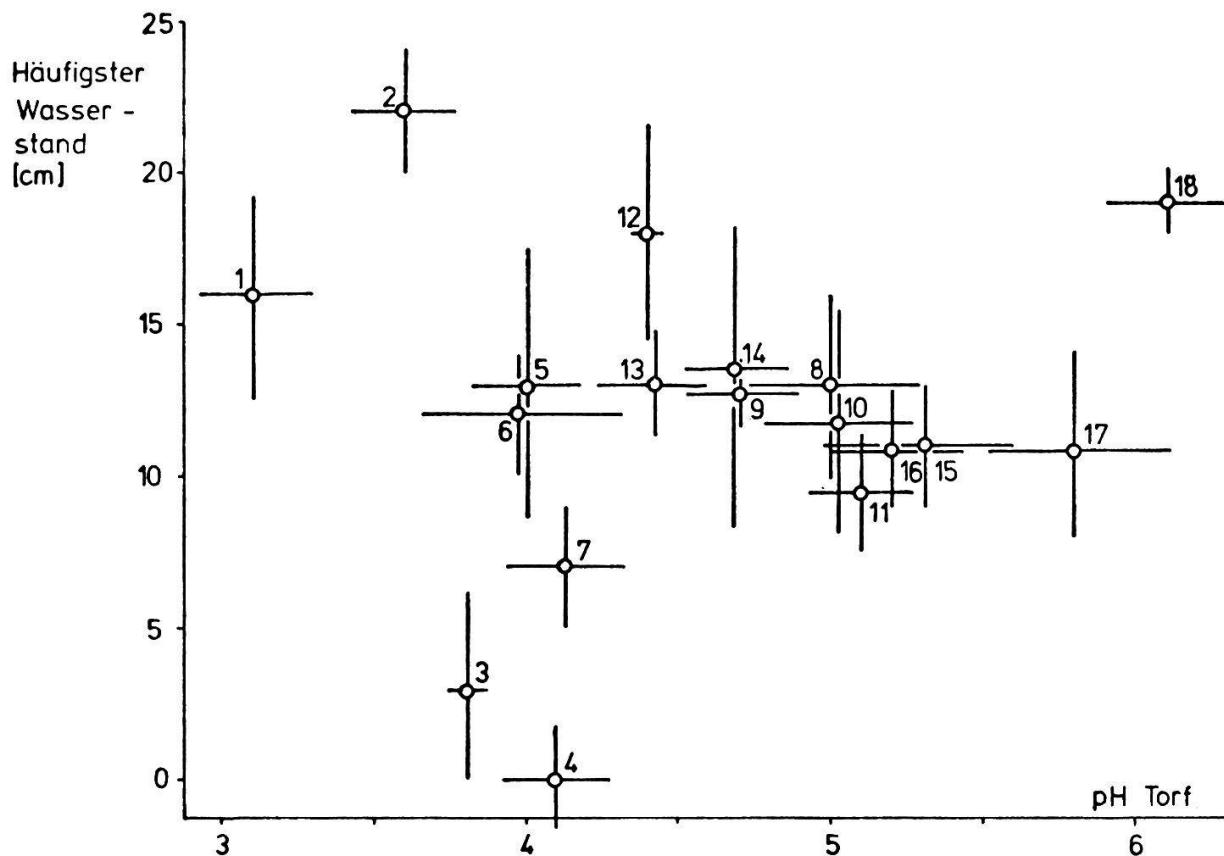


Abb. 34 Ordination der Vegetationseinheiten (Kap. 5.1.4.) mittels Wasserstand und pH unter Berücksichtigung der Mittelwerte und der Standardabweichungen.

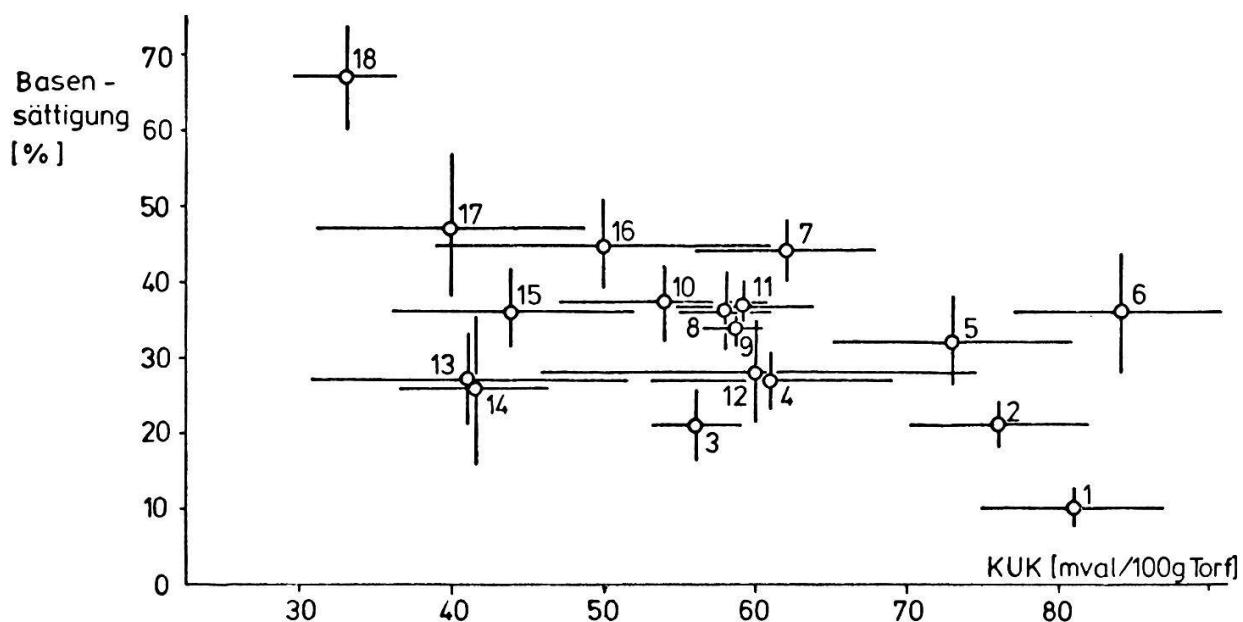


Abb. 35 Ordination der Vegetationseinheiten (Kap. 5.1.4.) mit Hilfe der Mittelwerte und Standardabweichungen von Basensättigung und KUK.

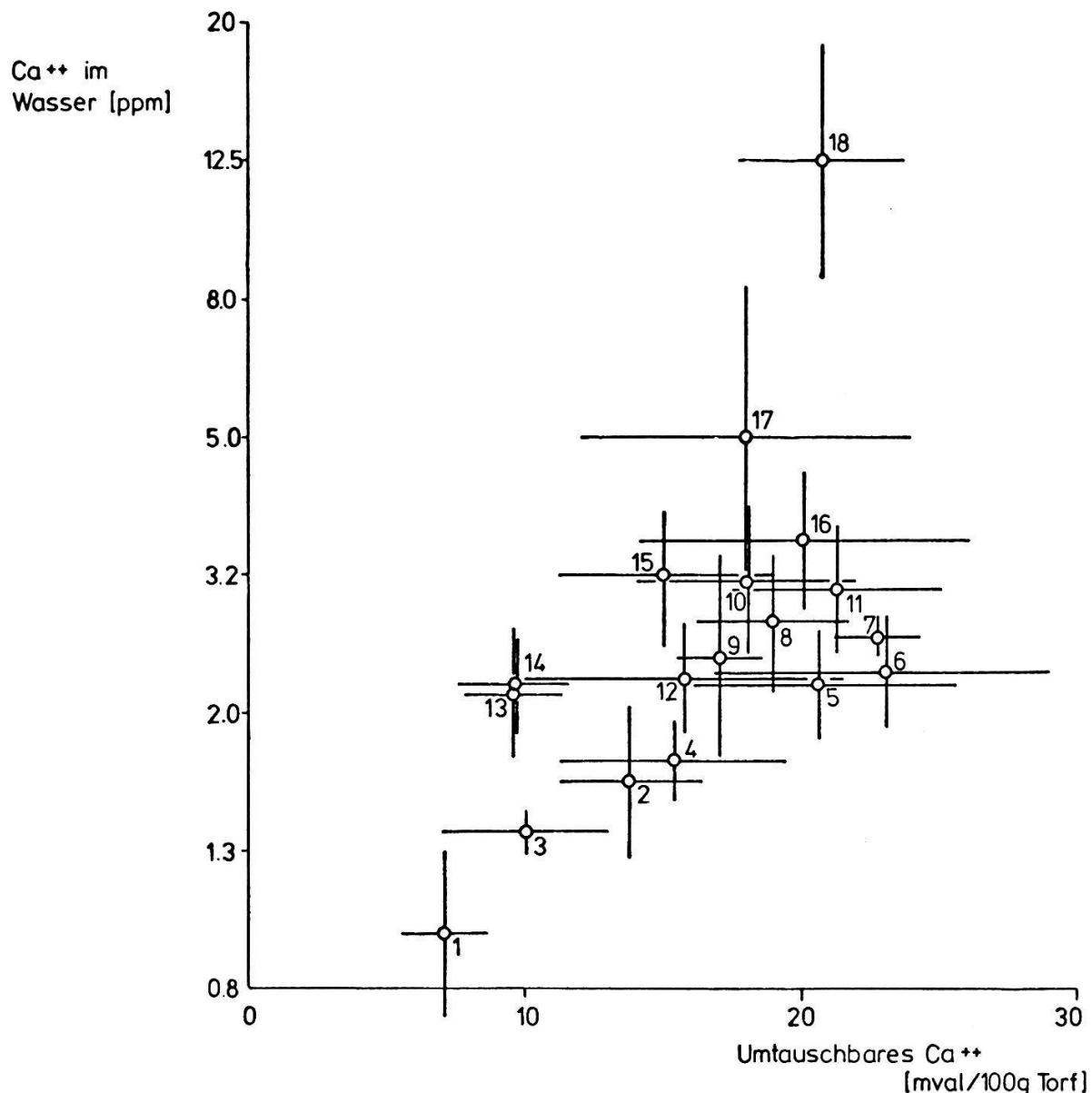


Abb. 36 Ordination der Vegetationseinheiten (Kap. 5.1.4.) mit Hilfe der Mittelwerte und Standardabweichungen von Ca^{++} des Wassers und des Torfes.

Der erste Schritt ist also eine Varianzanalyse (auf die Klassifikation in Kap. 5.1.3.). In Abb. 28, oben, sind die F-Werte für jeden der 21 Standortsfaktoren aufgetragen. Im Gegensatz zu den in Abb. 28, unten, dargestellten Korrelationskoeffizienten (Korrelation des Faktorenmodells 5.1.2. mit den Standortsmessungen) liegt hier keine begrenzte Skala vor. Für den Vergleich der beiden Diagramme müssen die relativen Höhen der Säulen berücksichtigt werden. Die höchsten F-Werte (oben) fallen mit den höchsten Korrelationskoeffizienten (unten) zusammen. Die Vegetation wird am besten durch den pH des Torfes erklärt. In abnehmender Reihenfolge kommen dann die Gesamtazidität, der pH des Wassers und der Phosphatgehalt. Dagegen erreichen der Kaliumgehalt des Torfes, der Magnesium- und der Kaliumgehalt des Wassers sowie die elektrische Leitfähigkeit, die alle für die Erklärbarkeit der Vegetation wenig geeignet sind, im Vergleich zu den Korrelationskoeffizienten unerwartet tiefe F-Werte. Trotzdem kann man den Schluss ziehen, dass es bei der Ermittlung der für die Vegetation charakteristischen Standortsfaktoren keine Rolle spielt, ob eine auf einer Klassifikation basierende Varianzanalyse oder eine multiple Regression zwischen einem Ordinationsmodell und den Standortsfaktoren durchgeführt wird.

Da der pH-Wert des Torfes den höchsten F-Wert erreicht, wird er als erster für die Diskriminanzanalyse verwendet. Die Varianzanalyse der Residualwerte ergibt nun Aufschluss über die Unabhängigkeit der verwendeten Variablen in bezug zu den noch nicht in die Analyse aufgenommenen: Absinkende F-Werte weisen auf Abhängigkeit hin. Dies ist nicht nur beim pH des Wassers, bei der Gesamtazidität, der Basensättigung und dem Kalziumgehalt des Wassers der Fall, sondern auch bei den Torfeigenschaften Aschengehalt und KUK. Unverändert bleiben die F-Werte der Wasserstände und der elektrischen Leitfähigkeit. Diese geht als zweite Variable in die Berechnung ein. Als dritte Variable erzielt ganz unerwartet der P-Gehalt des Torfes das höchste F. Erst dann folgt der maximale Wasserstand. Es zeigt sich deutlich, dass nicht die einfach interpretierbaren Größen zur besten Auflösung der Gruppen führen, sondern jene, die sehr stark mit den verschiedensten Standortsfaktoren gekoppelt sind und als "Symptome" anderer Faktoren bezeichnet werden können.

Klassifikationsmatrix

Vegetations-
einheit

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	16	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	-	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	-	-	1	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	-	-	-	1	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	-	-	-	-	1	-	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-	-	-	6	1	-	1	1	-	-	-	-	-	-
9	-	-	-	-	-	-	-	-	5	-	1	-	-	-	-	-	-	-
10	-	-	-	-	-	-	-	2	2	5	4	-	-	1	-	2	-	-
11	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	9	-	-	-	-	-	-	-
12	-	-	-	-	-	-	-	2	1	-	-	6	1	1	-	-	-	-
13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15	4	-	-	-	-
14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	7	1	-	-	-
15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	3	2	1	-
16	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1	-	1	-	2	8	-	-
17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	10	1
18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10

Abb. 37 Diskriminanzanalyse der Standortsmessungen. Die vorgegebene Klassifikation beruht auf den Vegetationsdaten (Kap. 5.1.3.).
Zeilen: Anzahl Fälle pro Gruppe vor der Analyse.
Spalten: Anzahl Fälle pro Gruppe nach der Analyse.
In der Diagonalen steht die Anzahl der Fälle, die in der betreffenden Gruppe bleiben.

Abb. 37 zeigt die Klassifikation nach Beendigung der Analyse. Die meisten Beobachtungseinheiten liegen in der Diagonalen, womit die auf Grund der Vegetationsdaten vorgegebene Klassifikation durch die Standortsmessungen bestätigt werden. Die grössten Abweichungen ergeben sich im Bereich der unter sich sehr ähnlichen Oberrandeinheiten 9 bis 11, aber auch bei den Unterrandeinheiten 13 und 14. Von den 183 vorgegebenen Beobachtungseinheiten bleiben 135 in ihren Gruppen. Eine Diskussion dieses Ergebnisses folgt in Kap. 8.2.2.

7.2.4. Oekologische Charakterisierung der extremen Einheiten: Heidemoor, Hochmoor, Schlenke, Rülle, Oberrand, Unterrand, Flachmoor

Nachdem in 5.1.2. das gesamte Gradientengefüge der Vegetation erläutert und später standörtlich interpretiert worden ist, sollen nun vereinfachend nur einzelne Punkte desselben betrachtet werden. Abb. 38 erleichtert das Auffinden der die typischsten Moorgesellschaften differenzierenden Standortsmessungen. Sie ist keine kausale Analyse, sondern nur eine Interpretation der in 7.2.1. gegebenen Mittelwerte und Standardabweichungen der Standortsfaktoren innerhalb der Vegetationseinheiten. Da, wie früher schon bemerkt, in der Regel keine diskreten Einheiten vorhanden sind, wundert es nicht, dass die in Abb. 38 als unterschiedlich taxierten Standortsfaktoren in keinem Falle statistisch signifikant trennen. Das ist vor allem so, weil nur die Trennbarkeit von "Nachbargesellschaften" im Sinne grösster Ähnlichkeit dargestellt wird. Das Schema in Abb. 38, unten, erläutert diese Nachbarkeitsverhältnisse. Es beruht genau auf den in 5.1.2. (dreidimensionale Ordination) wiedergegebenen Beziehungen. Für soziologische Unterscheidungen am häufigsten verwendbar sind demzufolge der pH des Wassers und die Gesamtazidität, gefolgt vom pH des Torfes und der KUK. Ebenfalls oft brauchbar sind die Basensättigung, die elektrische Leitfähigkeit und die Wasserstände.

Unter den Vegetationseinheiten ist die Bultgesellschaft 2 am schwierigsten zu charakterisieren: Sie weist die grösste Anzahl von Nachbarn auf.

Standorts- fakt. Einheit	pH Torf	pH Wasser	Azidität	KUK	Aschengehalt	Torfmächt.	Basensättigung	Ca ⁺⁺ des Wassers	Ca ⁺⁺ Torf	Mg ⁺⁺ Torf	Wasserstände	Leitfähigkeit
1 Heide	+	+	+	-	-	-	+	+	-	-	-	+
2 Bult	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+
4 Schlenke	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	+	+
7 Rülle	-	+	-	-	-	-	+	-	+	+	+	+
11 Oberrand	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-
13 Unterrand	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-
17 Flachmoor	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-

- + ökologischer Unterschied zu allen Nachbareinheiten erkennbar
- ökologischer Unterschied nicht zu allen Nachbareinheiten erkennbar

Benachbarte Einheiten:

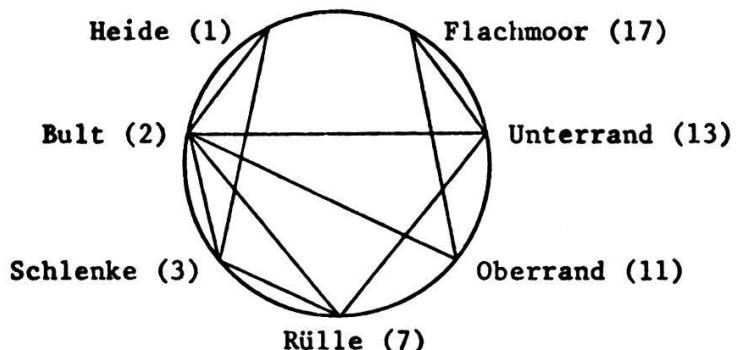


Abb. 38 Oekologische Differenzierbarkeit benachbarter Vegetationseinheiten

7.3. Die Bedeutung der Standortsmessungen für die Erklärbarkeit der Vegetation: Vergleich der Resultate aus dem klassifikatorischen und dem klassifikations-unabhängigen Ansatz

Zunächst muss festgestellt werden, dass auch für die Klassifikation der Vegetation Resultate der Faktorenanalyse verwendet werden. Wie weit die letztere

sich auf das Resultat der Untersuchungen auswirkt, kann also hier nicht diskutiert werden. Gefragt wird nur, ob die Zusammenfassung von Beobachtungseinheiten zu Gruppen an der Bedeutung einzelner Standortsmessungen im Hinblick auf die Erklärbarkeit der Vegetationsdaten Wesentliches ändert. Schon in 7.2.3. wird darauf hingewiesen, dass diese Frage absolut nicht zu beantworten ist. Vielmehr muss die der Bedeutung entsprechende Rangfolge der Standortsmessungen betrachtet werden. Abb. 28 (S. 77) gibt die Antwort eindeutig: Nur bei Messungen mit grossen Streuungen innerhalb der Einheiten (z.B. bei K^+ - und Mg^{++} -Gehalten) treten zwischen den beiden Methoden wesentliche Differenzen auf. Die Uebereinstimmung ist gesamthaft betrachtet überraschend. Sie hat aber zwei methodische Ursachen: Durch die starke Unterteilung des Vegetationsgradienten in 18 Einheiten erfolgt eine gewisse Angleichung des klassifikatorischen Ansatzes an den klassifikationsfreien. Es empfiehlt sich in diesem Sinne, für praktische Zwecke notwendige Zusammenfassungen von Vegetationseinheiten erst nach einer ökologischen Analyse durchzuführen. Sodann muss berücksichtigt werden, dass hier die rohste Form von Daten verwendet wurde: Zu jeder Aufnahme liegen auch Standortsmessungen vor. Damit ist die Zuordnung eines Standortes zu einer bestimmten Kombination von Pflanzenarten stets absolut eindeutig. Sind die Probelächen für Vegetation und Standort nicht identisch, so sind Analysen in der dargelegten Form gar nicht möglich.

Mit der Frage nach der Reproduzierbarkeit der diskutierten Resultate eng verknüpft ist das Problem der Grenzziehung zwischen den Einheiten. Es wird in Kap. 8.1. diskutiert. Hier muss lediglich bemerkt werden, dass die Ergebnisse der Diskriminanzanalyse in 7.2.3. mit anderen Klassifikationslösungen verglichen werden müssten, um auch darauf eine provisorische Antwort zu erhalten. In der Regel ist jedoch die klassifikationsfreie Analyse stets vorzuziehen, da ihr Resultat von der praktisch nie reproduzierbaren Klassifikation unabhängig ist.

7.4. Oekologische Bedeutung der Arten

7.4.1. Bestimmung der ökologischen Ansprüche, Charakterisierung einiger "Artengruppen"

Für jede Art werden mit Hilfe elektronischer Datenverarbeitung alle Standortmessungen derjenigen Probeflächen ausgelesen, an denen sie gefunden worden ist. Es werden die Mittelwerte und die Standardabweichungen berechnet. Für alle Arten werden mit Hilfe der wichtigsten Standorts-Zweierkombinationen (vgl. 7.2.2.) direkte Ordinationen hergestellt. Das dabei entstehende Material ist so umfangreich, dass es hier nicht einmal auszugsweise wiedergegeben werden kann. Stattdessen geben Abb. 39 und 40 grafisch die ökologischen Bereiche der Arten für fünf einzelne, wichtige Standortsfaktoren wieder. Da die Messungen sehr stark von einer Normalverteilung abweichen, reicht der Bereich von $m \pm 2s$ in der Regel bereits über die vorgefundenen Extremwerte hinaus. Als Kompromiss wird $m \pm 1s$ gegeben.

Wie schon in 5.2.2. (Ordination der Arten) gezeigt, ergeben sich bei der Anordnung der Arten nicht einmal andeutungsweise diskrete Gruppen. Dies ändert auch nicht, wenn die Standortsansprüche betrachtet werden. Als Uebersicht sollen trotzdem die folgenden Artengruppen charakterisiert werden (Abb. 39 und 40):

Gruppe 1 umfasst typische Hochmoorarten. Letztere haben die Eigenart, auch ausserhalb der Bultgesellschaften, insbesondere an den Ober- und Unterständen aufzutreten. Für alle fünf Standortsfaktoren resultieren sehr gleichmässige, eher mittlere Ansprüche.

Gruppe 2 ist eine Ansammlung sich speziell verhaltender Arten. So ist Andromeda polifolia, eventuell zusammen mit Eriophorum vaginatum praktisch die einzige auf Bultgesellschaften begrenzte Art. Sehr weit verbreitet sind Sphagnum recurvum und Carex rostrata. Letztere bevorzugt ausgesprochen nasse Standorte. Sodann sind in dieser Gruppe die in ihrer Verbreitung nicht sehr charakteristischen Vaccinien. Scheuchzeria palustris hat ihren Schwerpunkt in den Schlenken. Die restlichen typischen Schlenkenarten sind in Gruppe 3 zusammengefasst.

Gruppe 5 umfasst weit verbreitete Arten. Dies gilt vor allem für Molinia coerulea und Trichophorum caespitosum, die gegenüber unterschiedlichem Basen-

GR. NAME DER ART	PH TORF						MITTL. WASSERSTAND, CM			ASCHENGEHALT, %			
	3.0	4.0	5.0	6.0	0	10	20	5	10	30	100		
1 DROSERA ROTUNDIFOLIA	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****		
SPHAGNUM RUBELLUM	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****		
SPHAGNUM MEDIUM	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****		
OXYCOCCUS QUADRIPETALUS	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****		
POLYTRICHUM STRICTUM	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****		
CALLUNA VULGARIS	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****		
2 ERIOPHORUM VAGINATUM	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****		
VACCINIUM ULINGINOSUM	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****		
VACCINIUM MYRTILLUS	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****		
ANDROMEDA POLIFOLIA	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****		
SPHAGNUM RECURVUM	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****		
DICRANUM BERGERI	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****		
CAREX ROSTRATA	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****		
SPHAGNUM TENELLUM	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****		
RHYNCHOSPORA ALBA	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****		
SCHEUCHZERIA PALUSTRIS	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****		
SPHAGNUM CUSPIDATUM	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****		
3 CAREX LIMOSA	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****		
DREPANOCLADUS EXANNULATUS	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****		
VERATRUM ALBUM	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****		
EQUISETUM LIMOSUM	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****		
MENYANTHES TRIFOLIATA	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****		
LYCOPODIUM INUNDATUM	**	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****		
4 PEDICULARIS PALUSTRIS	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****		
POLYGALA SERPYLIFOLIA	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****		
RANUNCULUS FLAMMULA	***	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****		
SPHAGNUM CENTRALE	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****		
SPHAGNUM CONTORTUM	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****		
HIERACIUM AURICULA	***	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****		
DROSERA ANGLICA	***	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****		
VIOLA PALUSTRIS	***	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****		
SPHAGNUM SUBSECUNDUM	***	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****		
CALLIERGON STRAMINEUM	***	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****		
5 TRICHOPHORUM CAESPITOSUM	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****		
MOLINIA COERULEA	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****		
AGROSTIS CANINA	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****		
AULACOMNIIUM PALUSTRE	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****		
ERIOPHORUM ANGUSTIFOLIUM	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****		
CAREX ECHINATA	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****		
CAREX FUSCA	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****		
6 SPHAGNUM PAPILLOSUM	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****		
ARNICA MONTANA	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****		
NARDUS STRICTA	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****		
MAJANTHEMUM BIFOLIUM	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****		
7 JUNCUS EFFUSUS	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****		
LOTUS ULINGINOSUS	***	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****		
DICRANUM SCOPARIUM	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****		
HOMOGYNE ALPINA	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****		
SOLIDAGO VIRGAUREA	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****		
CAREX PAUCIFLORA	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****		
MELAMPYRUM PRATENSE	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****		
8 EPILOBIUM HIRSUTUM	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****		
EPILOBIUM ANGUSTIFOLIUM	***	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****		
PEUCEDANUM PALUSTRE	**	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****		
COMARUM PALUSTRE	**	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****		
CAREX CANNESCENS	**	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****		
GALIUM PALUSTRE	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****		
9 ANTHOXANTHUM ODORATUM	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****		
LYSIMACHIA VULGARIS	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****		
CREPIS PALUDOSA	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****		
EQUISETUM SILVATICUM	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****		
DESCHAMPSSIA CAESPITOSA	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****		
POLYGONUM BISTORTA	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****		
ANGELICA SILVESTRIS	**	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****		
SCIRPUS SILVATICUS	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****		
CALTHA PALUSTRIS	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****		
PLATANThERA BIFOLIA	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****		
SANGUISORBA OFFICINALIS	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****		
10 POLYGALA AMARELLA	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****		
ORCHIS LATIFOLIA	**	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****		
SIEGLINGIA PROCUMBENS	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****		
11 PARNASSIA PALUSTRIS	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****		
HYPNUM BAMBERGERI	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****		
EUPHRASIA MONTANA	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****		
CAMPYLIUM STELLATUM	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****		

Abb. 39a Mittelwerte und Standardabweichungen von drei Standortsfaktoren für die Pflanzenarten.

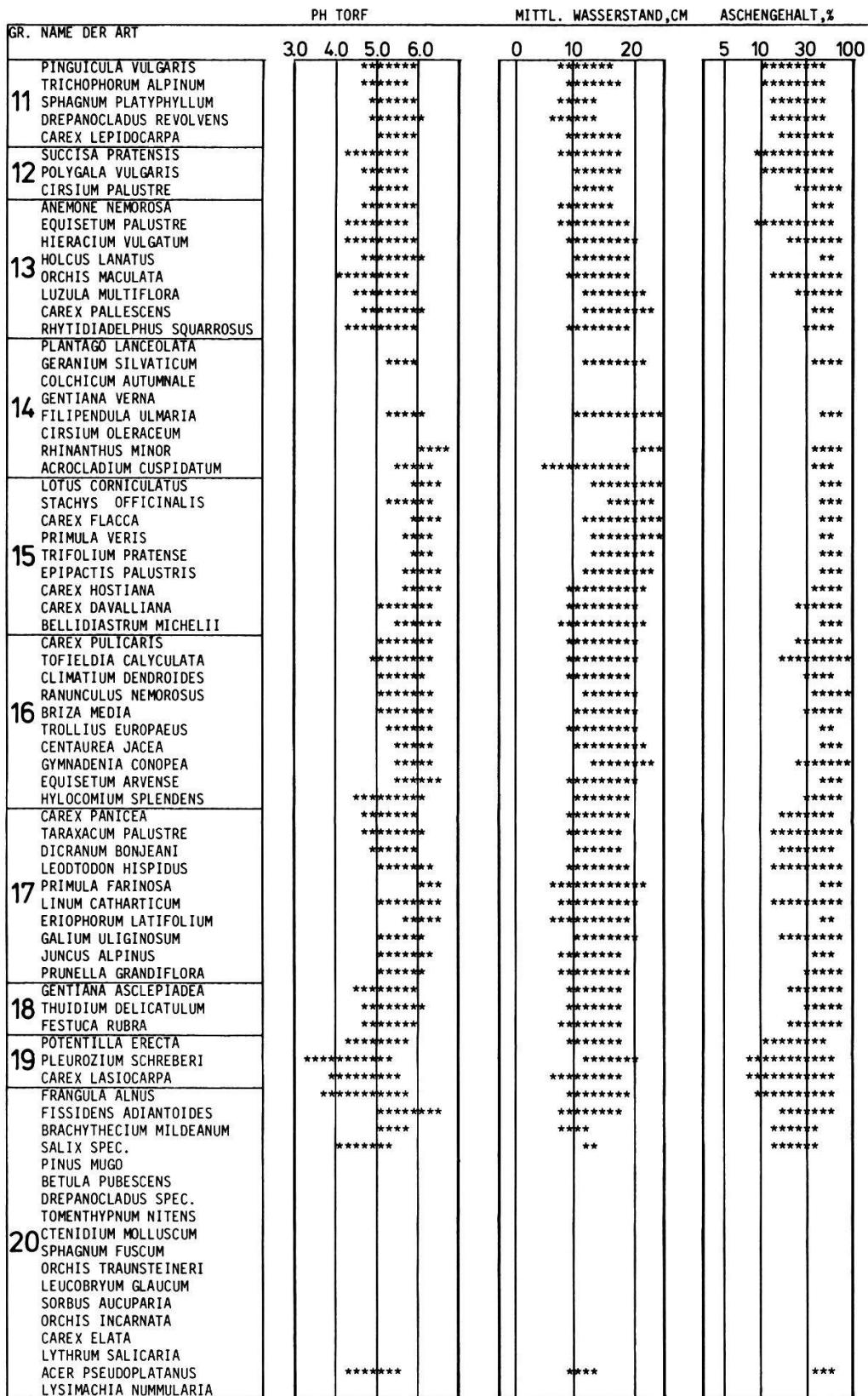


Abb. 39b Mittelwerte und Standardabweichungen von drei Standortsfaktoren für die Pflanzenarten.

GR. NAME DER ART	LEITFAEHIGKEIT				BASENAETTIGUNG, %				KOMMUNALITAET			
	16	50	100	250	0	25	50	75	0	0.2	0.4	0.6
1 DROSERA ROTUNDIFOLIA	*****				*****	*****	*****		+++++	+++	+++	+++
SPHAGNUM RUBELLUM	*****				*****	*****	*****		+++++	+++	+++	+++
SPHAGNUM MEDIUM	*****				*****	*****	*****		+++++	+++	+++	+++
OXYCOCUS QUADRIPETALUS	*****				*****	*****	*****		+++++	+++	+++	+++
POLYTRICHUM STRICTUM	*****				*****	*****	*****		+++++	+++	+++	+++
CALLUNA VULGARIS	*****				*****	*****	*****		+++++	+++	+++	+++
2 ERIOPHORUM VAGINATUM	*****				*****	*****	*****		+++++	+++	+++	+++
VACCINIUM ULIGINOSUM	*****				*****	*****	*****		+++++	+++	+++	+++
VACCINIUM MYRTILLUS	*****				*****	*****	*****		+++++	+++	+++	+++
ANDROMEDA POLIFOLIA	*****				*****	*****	*****		+++++	+++	+++	+++
SPHAGNUM RECURVUM	*****				*****	*****	*****		+++++	+++	+++	+++
3 DICRANUM BERGERI	*****				*****	*****	*****		+++++	+++	+++	+++
CAREX ROSTRATA	*****				*****	*****	*****		+++++	+++	+++	+++
SPHAGNUM TENELLUM	*****				*****	*****	*****		+++++	+++	+++	+++
RHYNOCHOSPORA ALBA	*****				*****	*****	*****		+++++	+++	+++	+++
SCHEUCHZERIA PALUSTRIS	*****				*****	*****	*****		+++++	+++	+++	+++
SPHAGNUM CUSPIDATUM	***				***	***	***		++			
3 CAREX LIMOSA	***				***	***	***		++			
DREPANOCLADUS EXANNULATUS	***				***	***	***		++			
VERATRUM ALBUM	*****				*****	*****	*****					
EQUISETUM LIMOSUM	*****				*****	*****	*****					
MENYANTHES TRIFOLIATA	*****				*****	*****	*****					
LYCOPODIUM INUNDATUM	*****				***	***	***					
4 PEDICULARIS PALUSTRIS	***				***	***	***					
POLYGALA SERPYLLIFOLIA	***				***	***	***					
RANUNCULUS FLAMMULA	*****				*****	*****	*****					
SPHAGNUM CENTRALE	*****				*****	*****	*****					
SPHAGNUM CONTORTUM	*****				***	***	***					
HIERACIUM AURICULA	*****				*****	*****	*****					
DROSERA ANGLICA	***				***	***	***					
VIOLA PALUSTRIS	***				***	***	***					
SPHAGNUM SUBSECUNDUM	*****				*****	*****	*****					
CALLIERGON STRAMINEUM	*****				*****	*****	*****					
5 TRICHOPHORUM CAESPITOSUM	*****				*****	*****	*****					
MOLINIA COERULEA	*****				*****	*****	*****					
AGROSTIS CANINA	*****				*****	*****	*****					
AULACOMNIUM PALUSTRE	*****				*****	*****	*****					
ERIOPHORUM ANGUSTIFOLIUM	*****				*****	*****	*****					
CAREX ECHINATA	*****				*****	*****	*****					
CAREX FUSCA	*****				*****	*****	*****					
6 SPHAGNUM PAPILLOSUM	*****				*****	*****	*****					
ARNICA MONTANA	*****				*****	*****	*****					
NARDUS STRICTA	*****				*****	*****	*****					
MAJANTHEMUM BIFOLIUM	***				***	***	***					
JUNCUS EFFUSUS	*****				*****	*****	*****					
LOTUS ULIGINOSUS	**				**	**	**					
DICRANUM SCOPARIUM	*****				*****	*****	*****					
7 HOMOGYNE ALPINA	*****				*****	*****	*****					
SOLIDAGO VIRGAUREA	*****				*****	*****	*****					
CAREX PAUCIFLORA	*****				*****	*****	*****					
MELAMPYRUM PRATENSE	*****				*****	*****	*****					
EPILOBIUM HIRSUTUM	***				***	***	***					
EPILOBIUM ANGUSTIFOLIUM	***				***	***	***					
PEUCEDANUM PALUSTRE	***				***	***	***					
8 COMARUM PALUSTRE	**				**	**	**					
CAREX CANNESCENS	***				***	***	***					
GALIUM PALUSTRE	***				***	***	***					
ANTHOXANTHUM ODORATUM	*****				*****	*****	*****					
LYSIMACHIA VULGARIS	*****				*****	*****	*****					
CREPIS PALUDOSA	*****				*****	*****	*****					
EQUISETUM SILVATICUM	*****				*****	*****	*****					
DE SCHAMPSIA CAESPITOSA	*****				*****	*****	*****					
POLYGONUM BISTORTA	*****				*****	*****	*****					
ANGELICA SILVESTRIS	*****				*****	*****	*****					
SCIRPUS SILVATICUS	*****				*****	*****	*****					
CALTHA PALUSTRIS	*****				*****	*****	*****					
PLATANOPHERA BIFOLIA	*****				*****	*****	*****					
SANGUISORBA OFFICINALIS	*****				*****	*****	*****					
POLYGALA AMARELLA	*****				*****	*****	*****					
10 ORCHIS LATIFOLIA	*****				*****	*****	*****					
SIEGLINGIA PROCUMBENS	***				***	***	***					
PARNASSIA PALUSTRIS	*****				*****	*****	*****					
HYPNUM BAMBERGERI	*****				*****	*****	*****					
EUPHRASIA MONTANA	*****				*****	*****	*****					
11 CAMPYLIUM STELLATUM	*****				*****	*****	*****					

Abb. 40a Mittelwerte und Standardabweichungen von zwei Standortsfaktoren sowie die Kommunalitäten (vgl. 7.4.3.) für die Pflanzenarten.

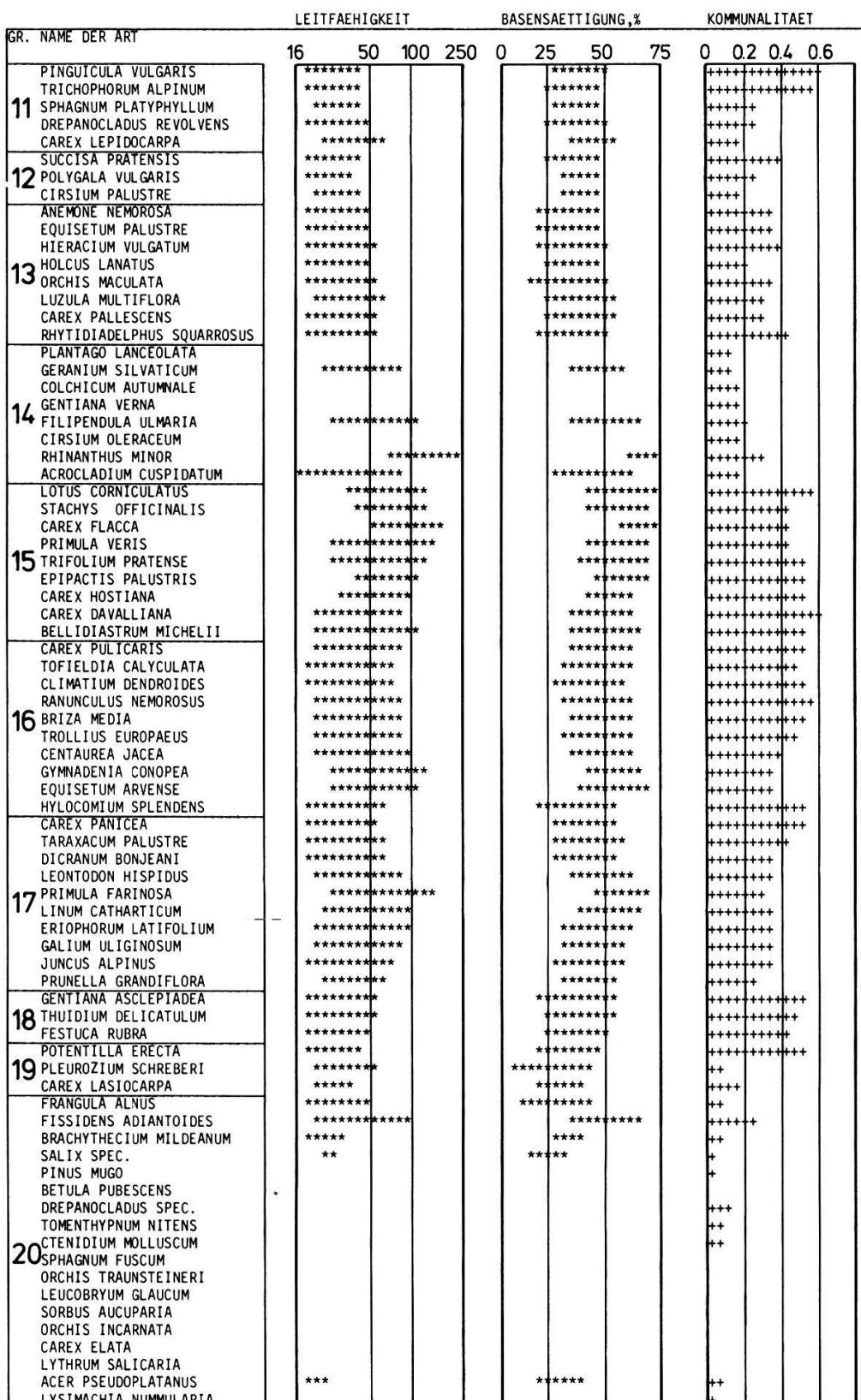


Abb. 40b Mittelwerte und Standardabweichungen von zwei Standortsfaktoren sowie die Kommunalitäten (vgl. 7.4.3.) für die Pflanzenarten.

gehalt besonders tolerant sind. Aehnlich verhalten sich die Arten der Gruppe 6.

Gruppe 11 ist die nächste mit Arten hoher Stetigkeit. Sie ist am Oberrand und im Flachmoor vertreten und enthält die als Basenzeiger bekannten Parnassia palustris, Pinguicula vulgaris und Campylium stellatum, deren Substrat jedoch hier nur rund 35 % Basensättigung aufweist.

Gruppe 13 hat ihren Schwerpunkt im Unterrand und im Flachmoor, was sich in den weiten pH-Bereichen und den meist hohen Aschengehalten äussert. Die Gruppen 15 bis 18 umfassen Arten der Flachmoorgesellschaften 17 und 18, die unterschiedlich weit in die Moorränder eindringen. Diese 4 Gruppen beschreiben zusammen einen schwachen Gradienten von basisch zu sauer. Mit Potentilla erecta, Carex lasiocarpa und Pleurotium schreberi sind in Gruppe 19 noch drei sich im vorliegenden Untersuchungsmaterial eigenwillig verhaltende Arten beisammen.

Korrelationen unter Arten niedriger Stetigkeit sind naturgemäß stark zufallsabhängig. So ist zum Beispiel die Zuordnung der Hochmoorart Carex pauciflora zu Gruppe 7 und von Gentiana verna zu Gruppe 14 zu verstehen. Für keine höherstetige Art treten bezüglich irgend eines Faktors auffällig enge ökologische Bereiche auf. pH-Wert und Basensättigung differenzieren wohl die unterschiedlichen Standortansprüche der Arten am besten.

7.4.2. Vergleich mit den Zeigerwerten nach ELLENBERG (1974)

Die hier berechneten ökologischen Bereiche der Arten sind insbesondere in Richtung des Flachmoores unzuverlässig, da sie natürlich nur die in der vorliegenden Analyse berücksichtigten Standorte beinhalten. ELLENBERG (1974) gibt für die häufigsten Gefässpflanzen Mitteleuropas Schätzungen der ökologischen Ansprüche. Seine R-Werte (Säurenwerte) werden in Abb. 41 den pH-Mittelwerten gegenüber gestellt. Ferner werden die F-Werte (Feuchtigkeitswerte) mit den häufigsten Wasserständen verglichen. Für die als indifferent eingestuften Arten wird 5 eingesetzt und in Abb. 41 anstelle eines Punktes ein senkrechter Strich eingetragen. Für die Säurewerte ergibt sich ein deutlicher Zusammenhang. Die Unsicherheit für die Mittelwerte bewegt sich gut im Rahmen einer ganzen pH-Einheit. Bei den Feuchtigkeitswerten ist der Zusammenhang nur angedeutet. Hier ist denn auch fraglich, ob die häufigsten Wasserstände für die Wasserversorgung als repräsentativ gelten dürfen. Natürlich ist bei

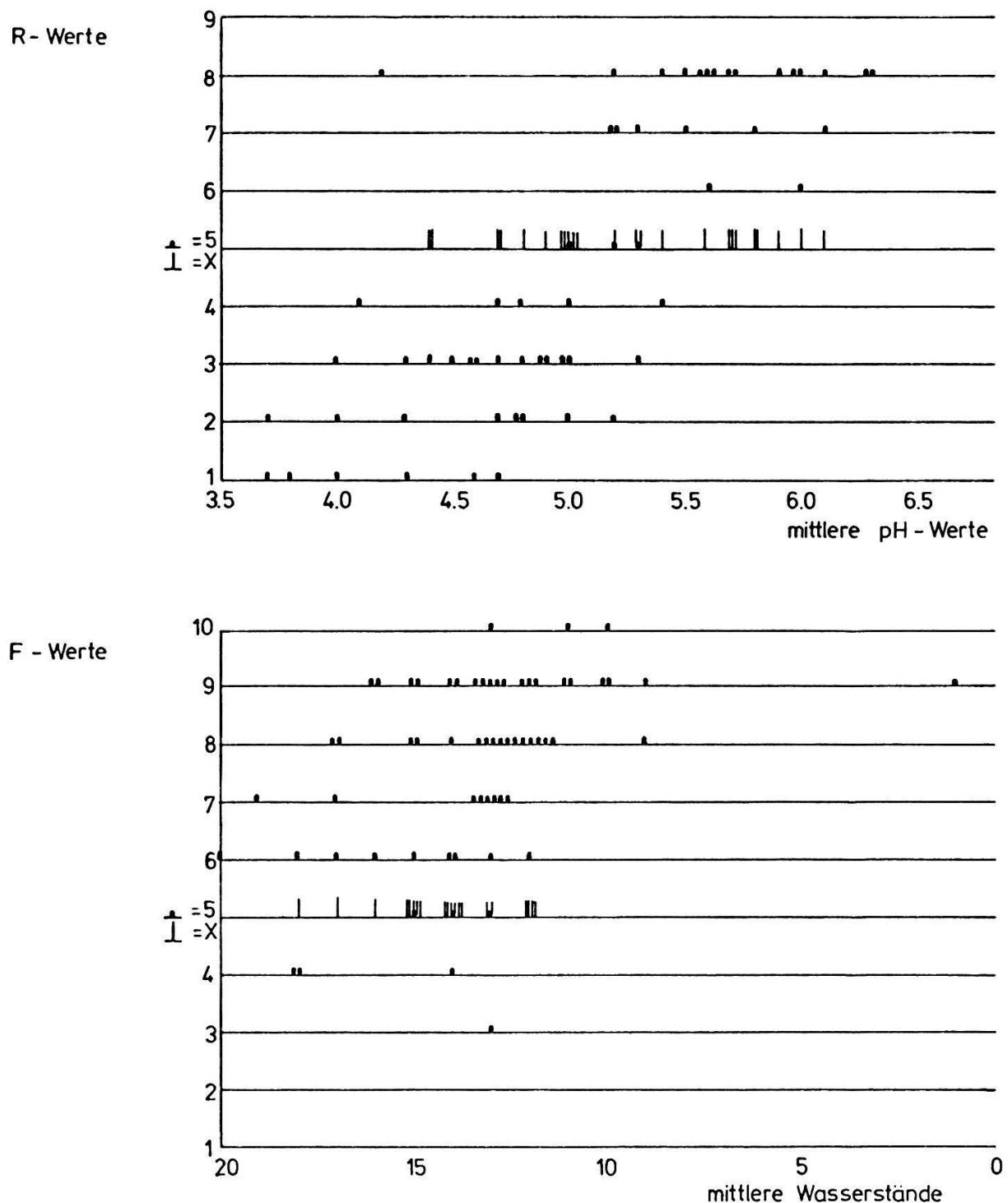


Abb. 41 Vorkommen der Arten bezüglich pH und Wasserstand verglichen mit den R- und F-Werten nach ELLENBERG (1974).

diesem Vergleich zu beachten, dass die Verbreitung einer Art niemals durch einen Einzelfaktor erklärbar ist und daher umgekehrt auch nicht vorbehaltlos vom Vorkommen von Arten auf Einzelfaktoren geschlossen werden kann.

7.4.3. Zusammenhang zwischen Stetigkeit und Kommunalität

Kommunalitäten sind die Summen der durch die einzelnen Faktoren der Faktorenanalyse erklärten Varianzen. Bei der R-Technik, die zur Ordination der Arten verwendet wird, gibt die Kommunalität ein Mass für den Beitrag der betreffenden Art zur Gesamtstruktur (bzw. die Güte für die Einpassung in das jeweilige Modell). In diesem Sinne könnte sie einen Hinweis geben für die Brauchbarkeit einer Art für die Klassifikation. ELLENBERG (1956) empfiehlt, Arten sehr hoher und niedriger Stetigkeit beim Ordnen von Vegetationstabellen nicht zu verwenden. Abb. 40a und 40b geben die Kommunalitäten grafisch wieder: Arten niedriger Stetigkeit weisen immer niedrige Kommunalitäten auf, auch wenn sie konzentriert auftreten, wie z.B. die Schlenkenarten. Bei den höheren Stetigkeiten gibt es aber diesbezügliche Unterschiede: Die höchsten Kommunalitäten haben die bekannten Zeigerarten Parnassia palustris, Carex davalliana, Carex echinata, Pinguicula vulgaris und Trichophorum alpinum. Kommunalitäten über 0.5 weisen noch die folgenden Arten auf: Majanthemum bifolium, Anthoxanthum odoratum, Lotus corniculatus, Trifolium pratense, Epipactis palustris, Carex hostiana, Bellidiastrum michelii, Carex pulicaris, Tofieldia calyculata, Climatium dendroides, Ranunculus nemorosus, Briza media, Trollius europaeus, Hylocomium splendens, Carex panicea, Gentiana asclepiadea, Potentilla erecta. Offensichtlich sind hier Arten, die in den etwas übervertretenen Gesellschaften von Oberrand und Unterrand vorkommen, bevorzugt. Plausibel erscheint dafür die Gewichtung innerhalb der Gruppen. So heben sich in der oben kaum vertretenen Gruppe 1 Drosera rotundifolia und Oxycoccus quadripetalus ab, in Gruppe 2 Andromeda polifolia und Sphagnum recurvum. In Gruppe 5 stehen an erster Stelle Sphagnum subsecundum und Calliergon stramineum.

Interessant ist, dass Molinia coerulea, die fast immer vorkommt, eine äusserst bescheidene Kommunalität von nur 0.15 besitzt. Mit abnehmender Stetigkeit nehmen dann jedoch die Kommunalitäten rasch zu. Trichophorum caespitosum hat bereits eine solche von 0.35, und die auch noch sehr häufige

Potentilla erecta sogar 0.55. Die Verhältnisse stimmen mit der oft gemachten Erfahrung überein, dass auch sehr häufige Arten viel zur Klassifikation beitragen können, während der diesbezügliche Wert seltener Arten in der Regel gering ist. Ein Zusammenhang zwischen "Zeigerwert" und Kommunalität kann somit vermutet werden und sich als nützlich erweisen.