

# Die *Sphagnum papillosum*-Gesellschaften der Ebbe-Moore / Südwestfalen

## - Struktur, Dynamik, Ökologie -

Bernd SCHRÖDER, Körbecke

### Zusammenfassung

Während 15 Jahren (1985 – 1999) wurden in oligotroph-sauren Kleinmooren des Ebbe-Gebirges (Nordrhein-Westfalen, BRD) *Sphagnum papillosum*-reiche Vegetationskomplexe hinsichtlich ihrer Struktur, Dynamik, Hydrologie und ihres Chemismus analysiert. Die Ergebnisse dieser Untersuchung werden hier dargestellt, mit entsprechenden Daten aus anderen nordwest- und mitteleuropäischen Moorgebieten verglichen und hinsichtlich ihrer Bedeutung für verschiedene moorkundliche Differenzierungen diskutiert. In diesem Zusammenhang wird auch der Versuch unternommen, die standörtlichen Bedingungen wichtiger Moorpflanzen im Untersuchungsgebiet genauer zu bestimmen.

### Summary

During 15 years between 1985 and 1999 different kinds of bog vegetation rich in *Sphagnum papillosum* were analyzed according to their structure, dynamics, hydrology and chemical conditions. This took place in small oligotrophic-acid bogs in the Ebbe Mountains (Northrhine Westfalia, GDR). The results of this research are now presented, compared to the data from other northwest- and middle European bog areas and discussed as regards to their importants for the variations in different types of bogs. In this context the research also attempts to define the local conditions of different kinds of bog plants for the investigation area.

### 1. Vorbemerkung

Vor einigen Jahren wurde in den „Dortmunder Beiträgen“ eine Übersicht über die wichtigsten Pflanzengesellschaften der Ebbe-Moore veröffentlicht<sup>1</sup>. Dabei wurde angekündigt, zu einem späteren Zeitpunkt noch eine Darstellung der Ökologie einiger ausgewählter Moorgesellschaften des Untersuchungsgebietes vorzulegen. Dieses soll hiermit geschehen.

### 2. Einführung

*Sphagnum papillosum*-reiche Phytozönosen dominieren in den progressiven, d. h. , wüchsigsten Teilen der offenen Kleinmoore des Ebbe-Gebirges / Südwestfalen. Das Moos ist unter den subatlantisch geprägten Klimabedingungen dieses nordwestlichen Randgebirges der zentraleuropäischen Mittelgebirge der wichtigste Torfbildner. Allerdings hat es innerhalb der Moore sowohl hinsichtlich seiner Basen- und Nährstoffansprüche als auch hinsichtlich seiner Hydrologie eine verhältnismäßig weite ökologische Amplitude: Es kommt sowohl in ziemlich nassen mesotrophen Niedermoor-, als auch in deutlich oligotrophen und relativ trockenen Bultbereichen vor. Am vitalsten zeigt es sich in schwach minerotrophen (d.h., grundwasserernährten), sauren, gern etwas wasserzügigen Übergangsmoor-Kom-

<sup>1</sup> SCHRÖDER, B. (1989 –1993): Die wichtigsten Pflanzengesellschaften der Ebbe-Moore Südwestfalen. – Dortmunder Beitr. Landeskd., Hefte 23 – 27, herausgegeben vom Museum für Naturkunde, Dortmund.

plexen. Hier dominiert es die übrige Vegetation sehr deutlich und bildet eine eigene Gruppe von sehr charakteristischen Moor-Phytozönosen, die in fast allen gehölzfreien Ebbe-Mooren, allerdings mit durchaus unterschiedlichen Flächenanteilen, anzutreffen ist.

Dabei lassen sich im Wesentlichen drei Formen *S. papillosum*-geprägter Pflanzengesellschaften unterscheiden, die jeweils unterschiedliche Moorbereiche bzw. Moortypen kennzeichnen: An stärker minerotroph beeinflussten Stellen der unteren Ränder von Übergangsmooren<sup>2</sup> und der intensiver vernässten Senken von Heidemooren<sup>2</sup> findet man verbreitet eine *S. fallax*-reiche Ausbildung der Gesellschaft. In den nur noch schwach minerotrophen, relativ konstant vernässten Zentren der Übergangsmoore herrscht dagegen die typische Ausbildung und in den oberen Randbereichen mit ihren stärker schwankenden Wasserständen schließlich die *Calluna vulgaris*-reiche Ausbildung der *S. papillosum*-Gesellschaft, in der Zwergsträucher sehr stetig vorkommen.

Ziel der folgenden Untersuchung ist es, diese drei Vegetationsformen hinsichtlich ihrer Struktur und ihrer spezifischen standörtlichen Bedingungen zu analysieren.

### 3. Methode

Im November 1984 wurden in zwei für die Kleinmoore des Ebbe-Gebirges besonders typischen Mooren insgesamt drei Dauerbeobachtungsflächen von 1 x 1 m Größe in hinsichtlich ihrer Vegetationsstruktur sehr homogenen *S. papillosum*-Rasen angelegt. In das Zentrum jeder Fläche wurde senkrecht je ein 40 cm langes, unten offenes perforiertes PVC-Rohr von 5 cm Durchmesser versenkt, das oben verschließbar war, so dass Niederschläge nicht unmittelbar hineingelangen konnten. Diese Quadrate wurden in den folgenden 15 Jahren jeweils im März und September aufgesucht und vegetationskundlich erfasst (Dekungsgrade der Arten gem. BRAUN-BLANQUET, 1964; Verteilung der Arten in der Fläche durch Skizzen und Fotos; Ermittlung des vegetativen Zustandes der Arten); ferner wurden in den Rohren die Wasserstände ermittelt, die pH(H<sub>2</sub>O)-Werte gemessen (mit einem Schott-pH-Meter CG 728 mit Einstabmesskette) und schließlich die Mächtigkeit der Torfschichten festgestellt. Darüber hinaus wurden den PVC-Rohren alle zwei Jahre, jeweils im März und September, Wasserproben entnommen und vom Institut für Umweltforschung der Universität Dortmund (INFU) hinsichtlich folgender Parameter untersucht<sup>3</sup>: pH(H<sub>2</sub>O), Ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), Kalium (K<sup>+</sup>), Natrium (Na<sup>+</sup>), Kalzium (Ca<sup>++</sup>) und Magnesium (Mg<sup>++</sup>).

Diese Parameter sind nach dem gegenwärtigen Stand der Moorforschung<sup>4</sup> von zentraler Bedeutung für die Ernährung der die oligotroph-sauren Moore aufbauenden Pflanzen. Sie erlauben auch am ehesten Vergleiche mit der Ökologie von Mooren in anderen europäischen Gegenden, weil entsprechende Messergebnisse veröffentlicht wurden. - Ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) wurde als Parameter für die Stickstoffgehalte gewählt, weil im sehr sauren und sauerstoffarmen Milieu des Torfes von Übergangs- und Hochmooren die normale Nitrifikation (Ammonium → Nitrit → Nitrat) meist erheblich gestört ist und der Stickstoff fast ausschließlich als NH<sub>4</sub><sup>+</sup> vorliegt, das viele Moorarten aber (im Unterschied zu den meisten anderen Pflanzen) verwerten können<sup>5</sup>.

Phosphat (in Form von Orthophosphat: PO<sub>4</sub>) wurde in den Mooren nicht kontinuierlich, sondern nur punktuell gemessen, weil es zwar ein wichtiger Minimumfaktor von Moorpflanzen, für die ökologische Differenzierung der verschiedenen Moortypen und Vegetationsformen aber weniger geeignet ist<sup>6</sup>. Auch die Leitfähigkeit (Leitfähigkeit) des Moorwassers wurde nur punktuell ermittelt, da sie unter sehr sauren Bedingungen wesentlich von den H-Ionen und weniger von den übrigen Kationen bestimmt wird<sup>7</sup>.

Weitere Beobachtungsflächen wurden sowohl in der unmittelbaren Nachbarschaft der drei o. g. Quadrate als auch in anderen Mooren angelegt, jedoch nicht gleichermaßen systematisch untersucht, sondern nur für bestimmte Vergleiche und Ergänzungen herangezogen; Einzelheiten hierzu werden an den entsprechenden Stellen der nachfolgenden Arbeit erläutert.

<sup>2</sup> Zur Kennzeichnung der verschiedenen Moortypen im Ebbe-Gebirge sei auf die o. g. Darstellung der Pflanzengesellschaften dieses Gebietes verwiesen.

<sup>3</sup> Die Wasseranalysen erfolgten photometrisch bzw. mit Hilfe der Atomabsorptionsspektroskopie nach dem „Deutschen Einheitsverfahren zur Wasseruntersuchung (DEV)“; Herrn Jürgen STORB vom INFU sei hiermit für die Analysen herzlich gedankt.

<sup>4</sup> Siehe dazu in GÖTLICH u. a. (1990) den Abschnitt 4.2 (insbes.: 243 ff.).

<sup>5</sup> Siehe dazu ELLENBERG (1996: 471 f.), HÖLZER (1977: 135) und BERTRAM (1988: 23 f. bzw. 113 f.).

<sup>6</sup> Siehe dazu SUCCOW (1988: 41).

<sup>7</sup> Siehe dazu HÖLZER (1977: 141 f.).

## 4. Untersuchungsgebiet und Lage der Beobachtungsflächen

### 4.1. Geologie und Klima

Zur geologischen und morphologischen Beschreibung des Untersuchungsgebietes sei auf die einleitenden Abschnitte der o. g. Arbeit „Die wichtigsten Pflanzengesellschaften der Ebbe-Moore / Südwestfalen“ verwiesen. – Die klimatischen Verhältnisse wurden zu Beginn und am Ende des Untersuchungszeitraumes anhand von Daten des Deutschen Wetterdienstes, Essen, ermittelt. Da jedoch die Wetterstation Meinerzhagen (507 m ü. NN), die am Westrand des Ebbe-Gebirges lag, bereits vor Jahren aufgegeben worden ist, mussten die Daten der Meteorologischen Station Lüdenscheid (444 m ü. NN), ca. 11 km nordöstlich des Ebbe-Kamms gelegen, anhand der 30jährigen Mittelwerte beider Stationen auf die Wetterstation Meinerzhagen hochgerechnet werden.

Tabelle 1:

	1985 – 1989 Ø	1995 – 1999 Ø
Summe der Jahresniederschläge	1.625 mm	1.479 mm
Niederschläge April – September	717 mm	660 mm
Mittlere Jahrestemperatur	7,5 °C	7,7 °C
Temperaturen April – September	12,3 °C	12,4 °C
Mittlere Relat. Luftfeuchtigkeit	83 %	83 %
Luftfeuchtigkeit April – September	79 %	79 %

Die Summe der Niederschläge war in den Jahren 1985 – 1989 deutlich höher als normal, während sie 1995 – 1999 in etwa dem 30jährigen Mittel (1.484 mm) entsprach. Die Niederschlagswerte unterliegen von Jahr zu Jahr großen Schwankungen, ohne dass sich im 20. Jahrhundert im Untersuchungsgebiet deutliche Tendenzen zu langfristigen Veränderungen herausgebildet hätten. Schon immer lagen hier die Summen der Niederschläge recht hoch, worin sich die exponierte Lage des Ebbe-Gebirges am NW-Rand der deutschen Mittelgebirge widerspiegelt. Dem entsprechen auch der hohe Anteil der Sommerniederschläge an der Jahressumme (etwa 44 %) und die verhältnismäßig hohen Relat. Luftfeuchtigkeitswerte.

Die durchschnittliche Relat. Luftfeuchtigkeit betrug 1930 – 1950 etwa 86 % und sank in den Jahren 1961 – 1999 auf 83 % ab. Innerhalb des Beobachtungszeitraumes gab es aber so gut wie keine Veränderungen.

Die durchschnittliche Lufttemperatur zeigt im Untersuchungsgebiet seit etwa 1971 einen deutlichen kontinuierlichen Anstieg: Ihr mittlerer jährlicher Wert lag in Meinerzhagen viele Jahrzehnte bei etwa 7° C. Anfang der 70er Jahre begann er allmählich anzusteigen; einen besonders auffälligen Sprung machte er dann um 1988 und erreichte in den 90er Jahren einen Durchschnittswert von etwa 7,6° C. Allerdings ist festzustellen, dass diese Erhöhung nicht gleichmäßig für alle Monate gilt, sondern ganz überwiegend auf wärmere Winter zurückzuführen ist.

Die Differenz zwischen der mittleren Lufttemperatur des kältesten (Januar) und des wärmsten Monats (Juli) beträgt im Untersuchungsgebiet durchschnittlich 16,5° C. Auch dieser relativ niedrige Wert belegt noch einmal den ausgeprägt subatlantischen Charakter des Ebbe-Gebirges; in Irland beispielsweise beträgt er rund 8° C und in Warschau etwa 23° C.<sup>8</sup>

### 4.2. Lage der drei Dauerbeobachtungsflächen

Beobachtungsfläche „A“ (*Spagnum fallax*-reiche *S. papillosum*-Gesellschaft) liegt im Stoltenberger Moor am westlichen Rand des Ebbe-Gebirges am Fuße des Berges Rothenstein (597,5 m ü. NN), unweit des Ortes Willertshagen (MTB 4812 / 3.3)<sup>9</sup>. Es handelt sich um ein kleines, von Pfeifengras und Moorbirken beherrschtes Heidemoor in einer Höhe von 520 – 530 m ü. NN in flacher Hanglage mit SO-Exposition am Rande ausgedehnter Wälder (teils ältere Fichtenforste, teils Eichen-Buchen-Niederwälder).

<sup>8</sup> BRAUN-BLANQUET, J. (1951: 136).

<sup>9</sup> Das Stoltenberger Moor liegt unweit der o. g. Wetterstation Meinerzhagen. Seine klimatischen Verhältnisse entsprechen daher in etwa den Werten der Tabelle 1.

Die Beobachtungsfläche befindet sich in einer weitgehend gehölzfreien, stärker vermoorten Senke im oberen Zentrum des Moores.

Beobachtungsfläche „B“ (Typische *S. papillosum*-Gesellschaft)

liegt im zentralen Ebbe-Gebirge am Südhang des höchsten Berges, der Nordhelle (663,3 m ü. NN; MTB 4812 / 4.1)<sup>10</sup>. Das Nordhellen-Moor (in einer Höhe von 620 – 650 m ü. NN) ist ein sehr charakteristisches torfmoosreiches, weitgehend gehölzfreies Übergangsmoor inmitten ausgedehnter Fichtenforste und kleiner Erlenanpflanzungen. Es besteht aus mehreren Teilgebieten, die durch ältere Fichtenbestände getrennt sind.

Die Beobachtungsfläche liegt im oberen Zentralbereich inmitten einer größeren, weitgehend homogenen wollgrasreichen Torfmoosfläche.

Beobachtungsfläche „C“ (*Calluna vulgaris*-reiche *S. papillosum*-Gesellschaft)

liegt ebenfalls im Nordhellen-Moor, ca. 15 m südwestlich der Fläche „B“, im Übergangsbereich zwischen Moorzentrum und Randzone.

## 5. Die *S. papillosum*-Gesellschaften des Ebbe-Gebirges

Aufgrund der ökologischen Bedingungen ihrer Standorte sind alle *S. papillosum*-reichen Phytozönosen des Untersuchungsgebietes auffallend artenarm. Nur wenige Gefäßpflanzen- und Moos-Arten sind in der Lage, die extreme Nährstoffarmut, die hohe Azidität und die starke Vernässung zu ertragen. Im Ebbe-Gebirge liegt die durchschnittliche Artenzahl dieser Vegetationseinheiten bei etwa 9. Die nachfolgende Übersichtstabelle aller drei genannten Ausbildungen der *S. papillosum*-Gesellschaft zeigt ihre floristische Struktur:

Tabelle 2:

<b>Gesellschaft / Artenzahlen</b>	<b>A 9</b>	<b>B 8</b>	<b>C 9</b>
<i>Sphagnum papillosum</i>	x	x	x
d <sub>A</sub> <i>Sphagnum fallax</i>	x	-	-
d <sub>C</sub> <i>Calluna vulgaris</i>	-	-	x
VC – KC			
<i>Sphagnum subnitens</i>	x	x	-
<i>Sphagnum rubellum</i>	-	-	x
<i>Vaccinium oxycoccus</i>	x	x	x
<i>Erica tetralix</i>	x	-	-
<i>Drosera rotundifolia</i>	-	x	x
<i>Polytrichum strictum</i>	-	-	x
<i>Aulacomnium palustre</i>	x	-	-
Scheuchz. <i>Car. nigrae</i> -Arten			
<i>Eriophorum angustifolium</i>	x	x	x
Sonstige			
<i>Molinia caerulea</i>	x	x	x
<i>Betula pubescens</i> (Keiml.)	x	x	-
<i>Picea abies</i> (Keimlinge)	-	x	x

<sup>10</sup> Das Nordhellen-Moor liegt etwa 7 km weiter nordöstlich und rund 100 m höher als das Stoltenberger Moor. Die Niederschlagsmengen sind bei beiden sehr ähnlich, aber die durchschnittlichen Jahrestemperaturen liegen nach eigenen Messungen im Nordhellen-Moor etwa 1° C niedriger.

## 5.1. Pflanzensoziologische Einordnung

Die meisten der die *S. papillosum*-Gesellschaften aufbauenden Pflanzenarten sind Kennarten der pflanzensoziologischen Klasse der Oxycocco-Sphagnetea BR.-BL. & TX.43 (Zwergstrauchreiche Torfmoos-Gesellschaften), in der alle Vegetationseinheiten saurer und nährstoffarmer Moore und Feuchtheiden in den gemäßigten und kalten Gebieten der nördlichen Erdhalbkugel zusammengefasst werden. Die weitere Gliederung dieser Klasse ist auch heute noch umstritten. Wir schließen uns hier dem Vorschlag DIERSSEN's (1982) u. a. an, der von lediglich zwei Ordnungen ausgeht: einer mehr boreal-montan-kontinental verbreiteten mit Arten wie *Rubus chamaemorus*, *Ledum palustre* und *S. fuscum*, die alle im Untersuchungsgebiet nicht vorkommen (*Sphagnetalia magellanici*), und einer zweiten Ordnung, den *Erico-Sphagnetalia* (mit Arten wie *Erica tetralix*, *Trichophorum germanicum* und *S. papillosum*), die Phytozönosen oligotroph-sauren Moore und Feuchtheiden des nordwestlichen und der tieferen Lagen des mittleren Europas umfasst<sup>11</sup>. Diese Ordnung wiederum besteht aus zwei Verbänden, den atlantischen Feuchtheiden und den torfmoosreichen Hoch- und Übergangsmooren (von TÜXEN 37 *Oxycocco-Ericion* und von MOORE 68 *Erico-Sphagnion* genannt). Diesem Verband gehören die *S. papillosum*-Gesellschaften des Ebbe-Gebirges ganz eindeutig an.

Die Frage jedoch, ob diese Gesellschaften innerhalb des *Erico-Sphagnion* eine eigene Assoziation bilden oder dem *Erico-Sphagnetum*, der wichtigsten und verbreitetsten Assoziation dieses Verbandes in Nordwesteuropa, anzuschließen seien, ist ebenfalls gegenwärtig noch umstritten. SCHWICKERATH hatte 1940 für das ‚Hohe Venn‘ ein *Sphagnetum papillosum* beschrieben, das den entsprechenden Vegetationsformen des Untersuchungsgebietes relativ ähnlich ist. Ihm waren dann einige Autoren (so z. B. JENSEN, 1961, für den Harz) gefolgt, während andere ihm nachdrücklich widersprochen haben (z. B. DIERSSEN, 1982). Im Ebbe-Gebirge besiedelt *S. papillosum* zwar in der Regel andere, nämlich deutlich nassere Moorbereiche als *S. magellanicum* (das hier auch viel seltener ist), und beide kommen nur ausnahmsweise gemeinsam vor; auf der anderen Seite aber fällt auf, dass die floristische Struktur *S. magellanicum*-reicher Phytozönosen sich qualitativ nicht von der *S. papillosum*-reicher unterscheidet. Ein wichtiges Argument gegen die Ausweisung eines *Sphagnetum papillosum* ist auch die Tatsache, dass für diese Einheit nur *S. papillosum* als Kennart in Frage käme<sup>12</sup>, im Untersuchungsgebiet wegen seiner schon erwähnten weiten ökologischen Amplitude jedoch unmöglich als Assoziationsart gewertet werden kann. Wir bleiben deshalb in dieser Untersuchung dabei, von einer *S. papillosum*-Gesellschaft zu sprechen, der kein Assoziationsrang zukommt, die jedoch unter Umständen als relativ feuchte Subassoziation des *Erico-Sphagnetum magellanici* angesehen werden kann.

<sup>11</sup> In der Arbeit „Die wichtigsten Pflanzengesellschaften der Ebbe-Moore /Südwestfalen“ war diese Ordnung noch in zwei Ordnungen aufgeteilt worden: in die *Erico-Sphagnetalia* (Zwergstrauchreiche Torfmoosgesellschaften) und die *Ericetalia tetralicis* (Feuchtheiden).

<sup>12</sup> Siehe dazu JENSEN (1961: 27).

## 5.2. Die *S. fallax*-reiche *S. papillosum*-Gesellschaft (Gesellschaft „A“)

Tabelle 3:

Arten	1985 – 1987	1991 – 1993	1997 - 1999
<i>S. papillosum</i>	4	4	4
d <sub>A</sub>			
<i>S. fallax</i>	3	3	3
VC - KC			
<i>S. subnitens</i>	1	+	1
<i>Vaccinium oxycoccus</i>	2	2	2
<i>Erica tetralix</i>	3	4	3
<i>Aulacomnium palustre</i>	+	+	+
Scheuchz. <i>Car. nigr.</i> -Arten			
<i>Eriophorum angustifolium</i>	2	2	1
Sonstige			
<i>Molinia caerulea</i>	+	+	1
<i>Betula pubescens</i> (Keiml.)	-	r	-

### 5.2.1. Floristische Struktur

Die Beobachtungsfläche liegt - wie schon gesagt - in einer flachen, stärker vermoorten (ca. 15 m<sup>2</sup> großen) Senke im oberen Teil einer kleinen Moorbirken-Pfeifengras-Feuchtheide. Es handelt sich um einen relativ homogenen, weitgehend geschlossenen Torfmoos-Rasen mit einer mäßig reliefierten Oberfläche (max. Höhenunterschied zwischen den kleinen Senken und Erhebungen: ca. 7 cm). Lediglich im südwestlichen und im südöstlichen Teil der Fläche bildet *Erica tetralix* so dichte und vitale Bestände, dass die Torfmoos-Decke in ihrem Schatt lückig wird. *S. subnitens* und *Aulacomnium palustre* wachsen insbesondere im etwas tiefer liegenden und feuchteren Zentrum inmitten von *S. fallax*-Beständen, während *S. papillosum* die geringfügig höheren Randlagen der Fläche besiedelt. *Molinia caerulea* kommt nur am Rande in einigen kümmerlichen Exemplaren (kurze schmale Blattspreiten; nicht blühend) vor, während *Eriophorum angustifolium* relativ gleichmäßig über die Fläche verteilt ist, aber auch eine eher reduzierte Vitalität zeigt (Blüten konnten nie beobachtet werden).

Die Häufigkeit und verhältnismäßig homogene Verteilung der *Scheuchzerico-Caricetea nigrae*-Arten *S. fallax* und *Eriophorum angustifolium* über die gesamte Fläche deuten darauf hin, dass es sich um eine ausgeprägt minerotrophente, d. h., grundwasserbeeinflusste Ausbildung der *S. papillosum*-Gesellschaft handelt<sup>13</sup>. Dafür spricht auch das Vorkommen von *S. subnitens*, das im atlantischen Großbritannien als Hochmoor-Art gilt, im subatlantischen Ebbe-Gebirge aber nur unter minerotrophen Bedingungen wächst. Es ist zugleich ein Beleg für die Richtigkeit der Zuordnung dieser Phytozönosen zu dem nordwestlichen Verband des *Erico-Sphagnion* innerhalb der *Erico-Sphagnetalia*, denn zu seinen Kennarten zählt das Torfmoos laut DIERSSEN (1982). In den zentraleuropäischen Mittelgebirgen kommt es dagegen in den *Oxycocco-Sphagnetea* kaum noch vor.

*S. fallax* ist im Untersuchungsgebiet ein ziemlich stetiger Begleiter von *S. papillosum*; es markiert hier stets die etwas feuchteren und minerotropheren Ausbildungen der Gesellschaft. In nährstoffreicheren Ausbildungen tritt häufig dann auch *S. flexuosum* hinzu, das noch etwas anspruchsvoller als *S. fallax* ist.

*Erica tetralix*, die als atlantische Art im Nordwesten Europas in allen *Oxycocco-Sphagnetea*-Phytozönosen sehr häufig und stetig vorkommt, befindet sich im Untersuchungsgebiet an der Südwestgrenze ihrer Verbreitung. Während sie in den Heidemooren der tieferen Lagen des westlichen und zentralen Ebbe-Gebirges noch sehr zahlreich anzutreffen ist, fehlt sie im

<sup>13</sup> Etwa 45 % aller *S. papillosum*-dominierten Phytozönosen gehören im Untersuchungsgebiet dieser Ausbildung an.

östlichen Teil fast ganz. Sie bevorzugt die stärker vermoorten Inseln inmitten der Heidemoore und die Randbereiche einiger höher gelegener Übergangsmoore, wo sie ein häufiger Begleiter *S. fallax*- und *S. flexuosum*-reicher *S. papillosum*-Gesellschaften ist; dieses deutet darauf hin, dass *Erica tetralix* an ihrer Verbreitungsgrenze etwas nährstoffreichere und nassere Standorte besiedelt als in NW-Europa.

### 5.2.2. Entwicklung

Die *S. fallax*-reiche *S. papillosum*-Gesellschaft vermittelt im Untersuchungsgebiet systematisch zwischen den Initial- und Schlenken-Phytozönosen der *Eriophorum ang.-S. fallax*-Gesellschaft und den *Erico-Sphagnetum* der zentralen Übergangsmoore. Das bedeutet aber nicht, dass sie ein instabiles Übergangsstadium darstellt; aus Tabelle 3 ist vielmehr ersichtlich, dass die Vegetation dieser Fläche zumindest im Zeitraum von 15 Jahren keine nennenswerten Veränderungen durchgemacht hat. Einige Fluktuationen, insbesondere bei *S. fallax*, *S. subnitens*, *Eriophorum angustifolium* und *Erica tetralix*, sind wohl eher auf klimatische Schwankungen als auf langfristige Sukzessionsprozesse zurückzuführen (so etwa breitete sich *Eriophorum angustifolium* in der Phase stärkerer Niederschläge in den Jahren 1985 – 1988 deutlich aus, ging aber in den folgenden Jahren wieder zurück; umgekehrt nahm *Erica tetralix* während der trockeneren und wärmeren Jahre 1989 – 1991 vorübergehend zu). Auch die Gesamtgröße der Torfmoosinsel innerhalb der Feuchtheide-Vegetation hat sich in der Untersuchungszeit nicht messbar verändert.

Es deutet daher alles darauf hin, dass dieser Bereich intensiverer Vermoorung inmitten der Feuchtheide<sup>14</sup> nicht Ausgangspunkt einer allmählichen Entwicklung des Heidemoores zu einem torfmoosreichen Übergangsmoor darstellt, sondern – bei annähernd konstanten ökologischen (insbesondere klimatischen) Bedingungen – langfristig durchaus stabil ist. Die in der Literatur gelegentlich beschriebenen Sukzessionsprozesse bestimmter Moorvegetationsstadien waren in diesem Falle also nicht zu beobachten; u. U. verlaufen sie aber auch so langsam, dass sie in 15 Jahren noch nicht sichtbar sind, sondern nur torfstratigraphisch festgestellt werden könnten. Die *S. fallax*-reiche *S. papillosum*-Gesellschaft des Ebbe-Gebirges muss also für überschaubare Zeiträume durchaus als Klimaxstadium der Moorvegetation unter bestimmten (im einzelnen noch zu beschreibenden) ökologischen Bedingungen angesehen werden<sup>15</sup>.

### 5.2.3. Ökologie

Wasserüberschuss ist der entscheidende Faktor für die Moorbildung. Der Grad der Vernässung und die chemische Eigenschaften des Wassers bestimmen die Vegetation und Art und Umfang der Torfablagerungen. In einem ersten Ansatz sollen daher die Ergebnisse der Wasserstandsmessungen im Beobachtungsquadrat „A“ vorgestellt und kurz erläutert werden:

Tabelle 4:

	Maximum (in cm unter Flur)	Minimum (in cm unter Flur)	Ø (in cm unter Flur)
1985 – 1989	4	26	12
1995 – 1999	5	29	13
	<b>Mittelwert:</b> <sup>16</sup>		12

In Abhängigkeit vom Klima schwankte der Wasserspiegel im Torf zum Teil erheblich, nämlich um durchschnittlich 23 cm. Maxima wurden jeweils insbesondere am Ende des Winterhalbjahres im März und Minima im Spätsommer (September) erreicht. Im Winter war der Torfkörper häufig fast völlig wassergesättigt, d. h., der Wasserspiegel befand sich nahe der Vegetationsoberfläche und war gelegentlich an tieferen Stellen der Fläche sogar sichtbar, so dass ein Teil der Torfmoosköpfe überflutet war. Solche Überstauungen beeinträchtigen nässeempfindliche Arten (wie z. B. die Zwergsträucher) im Winter nicht, können jedoch während der Vegetationsperiode bei längerer Dauer auch zum Absterben dieser Pflanzen (und sogar von Torfmoosen) führen.

<sup>14</sup> Siehe COENEN (1981: 156).

<sup>15</sup> Diese Einschätzung vertraten auch JENSEN (1961) und DIERSSEN (1982) für das *Sphagnetum papillosum*, Subass. v. *Erioph. ang.*, Var. v. *Mol. caerulea* (Harz), bzw. für ein *S. papillosum*- und *S. fallax*-reiches *Erico-Sphagnetum* (NW-Europa), die beide der *S. fallax*-reichen *S. papillosum*-Gesellschaft des Ebbe-Gebirges sehr ähnlich sind.

<sup>16</sup> Die Mittelwerte dieser und aller übrigen Tabellen wurden aus allen Messwerten gebildet und liegen daher nicht genau in der Mitte zwischen den jeweiligen Extremwerten.

Bei solchen Wasserstandsangaben muss aber generell berücksichtigt werden, dass auch die Torfschichten oberhalb des eigentlichen Wasserspiegels immer noch einen hohen Feuchtigkeitsgehalt haben, da die Torfmoose in erheblichem Umfang Wasser über lange Zeiträume festhalten (so kann – lt. OVERBECK (1975) – beispielsweise *S. papillosum* bis zum 25fachen seines Trockengewichtes an Wasser speichern). Dieser hohe Feuchtigkeitsgehalt der *Sphagnum*-Rasen hat zur Folge, dass die Sauerstoffversorgung der oberen Torfschichten auch in den Sommermonaten schlecht bleibt und es zu keiner nennenswerten Zersetzung und damit zum Torfabbau kommt.

Tabelle 4 belegt, dass die Wasserstände in den Jahren 1995 – 1999 durchweg etwas niedriger lagen als 1985 – 1989. Dieser Sachverhalt korrespondiert mit den unterschiedlichen Klimaverhältnissen, die im Abschnitt 4.1 für diese beiden Zeiträume festgestellt worden waren, also insbesondere mit den um etwa 150 mm geringeren Niederschlägen und der um 0,2° C höheren Jahresdurchschnittstemperatur (siehe Tabelle 1).

Die im Moorwasser der Beobachtungsfläche „A“ während der Untersuchungsperiode gemessenen chemischen Parameter werden in der folgenden Tabelle dargestellt:

Tabelle 5:

	<b>Max.</b>	<b>Min.</b>	<b>ø</b>
<b>pH(H<sub>2</sub>O)</b> (in mg / l)	5,23	4,11	4,4
<b>Calcium (Ca<sup>++</sup>)</b> (in mg / l)	6,60	0,71	2,0
<b>Magnesium (Mg<sup>++</sup>)</b> (in mg / l)	1,45	0,38	0,8
<b>Natrium (Na<sup>+</sup>)</b> (in mg / l)	7,50	2,47	3,3
<b>Kalium (K<sup>+</sup>)</b> (in mg / l)	2,88	0,20	0,7
<b>Ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)</b> (in mg / l)	5,26	0,08	1,5

Die Messergebnisse belegen starke Schwankungen im Chemismus des Moorwassers, die insbesondere auf den wechselnden Einfluss des stärker mineralisierten Grundwassers, auf die Menge von nährstoffärmeren Niederschlägen<sup>17</sup> und auf den Grad der Verdunstung zurückzuführen sind. Aber auch andere Faktoren, wie Nährstoffspeicherung und -auswaschung bei Torfmoosen, Kationenaustauschprozesse usw., auf die später noch einzugehen sein wird, spielen eine erhebliche Rolle. Zugleich machen diese gravierenden Schwankungen deutlich, wie wenig aussagekräftig ein- oder zweimalige Messungen zur Bestimmung der ökologischen Verhältnisse in einem Moor sind.

Eine Analyse und Diskussion der Messergebnisse erfolgt in den Abschnitten 6 und 7.

### 5.3. Die typische *S. papillosum*-Gesellschaft (Gesellschaft „B“)

Tabelle 6:

<b>Arten</b>	<b>1985 – 1987</b>	<b>1991 – 1993</b>	<b>1997 - 1999</b>
<i>S. papillosum</i>	5	5	5
VC – KC			
<i>Sphagnum subnitens</i>	2	2	2
<i>Vaccinium oxycoccus</i>	+	+	+
<i>Drosera rotundifolia</i>	+	1	2
Scheuchz. Car. nigrae-Arten			
<i>Eriophorum angustifolium</i>	2	2	2
Sonstige			
<i>Molinia caerulea</i>	1	1	1
<i>Picea abies</i> (Keimlinge)	r	r	r
<i>Betula pubescens</i> (Keiml.)	-	r	-

<sup>17</sup> Quellwasser hat im Bereich der untersuchten Moore in der Regel pH-Werte von etwa 4,8 und Leitfähigkeitswerte von etwa 100 mS, während für Regenwasser durchschnittlich ph 4,2 und 65 µS gemessen wurden.

### 5.3.1. Floristische Struktur

Die Beobachtungsfläche „B“ liegt in einer großen, relativ einheitlichen wollgrasreichen, aber gehölzfreien Torfmoosfläche im oberen Zentrum des Nordhellen-Moores. *S. papillosum* bildet in ihr einen auffallend wüchsigen, nahezu geschlossenen Rasen. Lediglich in der nordöstlichen Ecke des Quadrates wird er von einem mittelgroßen Komplex des weinroten *S. subnitens* unterbrochen; einzelne *S. subnitens*-Pflänzchen wachsen auch inmitten des *S. papillosum*-Bestandes. Die Oberfläche des Moosteppichs zeigt nur ein schwaches Relief (max. Höhenunterschied zwischen Erhebungen und Senken: etwa 4 cm). *Eriophorum angustifolium* und *Molinia caerulea* sind ziemlich gleichmäßig über die Fläche verteilt, zeigen aber eine sehr geringe Vitalität (wenige kleine Blattspreiten; keine Blüten).

Diese besonders artenarme Gesellschaft ist für die Zentren der Übergangsmoore in den Hochlagen des Ebbe-Gebirges sehr typisch<sup>18</sup>. Aufgrund der Hanglage besteht eine ausgeprägte Wasserzügigkeit, d. h., eine Mischung aus Quell- und Niederschlagswasser sickert die meiste Zeit des Jahres von oben herab durch den gesamten Moorkörper und garantiert eine schwache, aber gleichmäßige Versorgung mit Nährstoffen und mit Sauerstoff. Diese Verhältnisse sind unter den klimageographischen Bedingungen des Ebbe-Gebirges offensichtlich optimal für *S. papillosum*, denn es zeigt hier eine auffällige Vitalität und Frische, die auch in sehr trockenen und heißen Sommern kaum abnahm. Zugleich belegen sie, dass auch die typische *S. papillosum*-Gesellschaft als deutlich minerotrophente Form des *Erico-Sphagnion* anzusehen ist, was auch im Vorkommen der Mineralbodenwasser-Zeiger *S. subnitens*, *Erioph. angustifolium* und *Molinia caerulea* zum Ausdruck kommt. Auffällig ist schließlich die geringe Häufigkeit von *Vaccinium oxycoccus* in der Fläche: Diese Art meidet im Ebbe-Gebirge sehr wüchsige Torfmoos-Rasen, während sie in den stärker bultigen Randzonen der Moore ausgesprochen dichte und vitale Geflechte bilden kann.

### 5.3.2. Entwicklung

Tabelle 6 belegt, dass sich die floristische Struktur der Fläche in 15 Jahren so gut wie gar nicht verändert hat. Diese hohe Stabilität zeigte sich auch bei gravierenden Störungen: Im heißen und trockenen Sommer 1989 wurde die Vegetation mehrfach vom Wild aufgescharrt und umgewühlt. Bereits im folgenden Jahr jedoch hatte sich die Torfmoosdecke wieder geschlossen, und zwei Jahre nach dem Vorfall war von der Störung nahezu nichts mehr festzustellen.

Ein wichtiger Grund für diese Stabilität ist sicher die zentrale Lage der Fläche in einem ausgedehnten und sehr homogenen Moorkörper, der hydrologische und chemische Veränderungen weitgehend abpuffert, so dass sie die Beobachtungsfläche kaum noch erreichen. Wichtiger aber ist wohl die Tatsache, dass sich diese Phytozönose über lange Zeiträume weitgehend ungestört entwickeln konnte und daher unter den herrschenden topographischen und klimatischen Bedingungen ein Klimaxstadium erreicht hat.

Geringfügige Fluktuationen in der floristischen Struktur waren in der Regel klimabedingt, so beispielsweise vorübergehende Verschiebungen im Deckungsverhältnis der beiden Torfmoose: In trockenen Sommern (so z. B. 1989 und 1997) konnte wiederholt festgestellt werden, dass *S. papillosum* begann, *S. subnitens* von den Rändern her zu überwachsen; in niederschlagsreicheren Perioden und insbesondere im Frühjahr breitete sich dann *S. subnitens* wieder stärker aus, so dass sich insgesamt das Verhältnis beider Arten kaum veränderte. Eine Ausnahme bei dieser Stabilität machte lediglich *Drosera rotundifolia*: Häufigkeitsschwankungen dieser Art sind witterungsbedingt in den Ebbe-Mooren immer wieder zu beobachten, doch liegt in der Fläche ganz offensichtlich eine dauerhafte Vermehrung vor, die u. U. auf die oben beschriebene Störung durch Wild zurückzuführen ist: Der Sonnentau kann sich in Störungsbereichen besser ansamen als in geschlossenen und wüchsigen Torfmoos-Rasen.

<sup>18</sup> Etwa 35 % aller *S. papillosum*-dominierten Phytozönosen gehören im Untersuchungsgebiet dieser Gesellschaft an.

### 5.3.3. Ökologie

Die Wasserstandsmessungen in der Beobachtungsfläche „B“ ergaben folgende Werte:

Tabelle 7:

	<b>Maximum</b> (in cm unter Flur)	<b>Minimum</b> (in cm unter Flur)	<b>σ</b> (in cm unter Flur)
<b>1985 – 1989</b>	4	30	14
<b>1995 – 1999</b>	5	32	16
	<b>Mittelwert:</b>		15

Auch hier waren die Höchststände ganz überwiegend im März und die Tiefststände im September zu verzeichnen. Der Wasserspiegel lag durchschnittlich niedriger als bei Fläche „A“, was wohl primär auf die ausgeprägte Hanglage zurückzuführen ist. Weil das Wasser immer relativ schnell abfloss, waren auch Überstauungen der Torfmoose nur selten und kurzfristig zu beobachten.

Die chemischen Analysen des Moorwassers hatten folgende Ergebnisse:

Tabelle 8:

	<b>Max.</b>	<b>Min.</b>	<b>σ</b>
<b>pH(H<sub>2</sub>O)</b> (in mg / l)	4,68	3,50	4,0
<b>Calcium (Ca<sup>++</sup>)</b> (in mg / l)	8,10	0,37	2,1
<b>Magnesium (Mg<sup>++</sup>)</b> (in mg / l)	1,25	0,72	1,0
<b>Natrium (Na<sup>+</sup>)</b> (in mg / l)	4,40	2,75	3,6
<b>Kalium (K<sup>+</sup>)</b> (in mg / l)	1,58	0,25	0,7
<b>Ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)</b> (in mg / l)	1,97	0,03	1,0

In dieser Fläche wurde im September 1987 mit 3,5 der niedrigste pH(H<sub>2</sub>O)-Wert gemessen, der im Rahmen dieser Untersuchung jemals in den Ebbe-Mooren festgestellt wurde<sup>19</sup>. Wenn man sich dabei vergegenwärtigt, dass Quellwasser im Untersuchungsgebiet in der Regel pH-Werte von 4,4 bis 5,1 und Niederschlagswasser von 3,9 bis 4,5<sup>20</sup> aufweisen, dann wird deutlich, dass die Azidität torfmoosreicher Moore nicht nur von diesen beiden Wasserarten abhängen kann, sondern dass noch andere Faktoren eine Rolle spielen müssen. Wichtig in diesem Zusammenhang sind insbesondere bestimmte Stoffwechselprozesse der *Sphagnen*: Sie nehmen durch ihre Blattoberflächen in Wasser gelöste Nährstoffe auf, die sie dann in der Assimilation verwerten; als „Abfallprodukte“ geben sie dafür H-Ionen ab. Das mit Protonen angereicherte (d. h., saurer gewordene) Zellwasser gelangt dann wieder in die Umgebung und bewirkt hier auf Dauer ein allmähliches Absinken des pH-Wertes.

Dieser sog. Kationenaustausch kann gerade in Zeiten starker Assimilationstätigkeit der *Sphagnen* zu einer deutlichen Versauerung des Substrates führen, und insofern ist es kein Zufall, dass der o.g. pH-Wert von 3,5 in einem Sommermonat gemessen wurde.

<sup>19</sup> Der höchste pH(H<sub>2</sub>O)-Wert wurde in einem artenreichen *Sphagno-Alnetum* mit 5,9 gemessen (Herveler Bruch, MTB 4812 / 1.4).

<sup>20</sup> Siehe dazu SIMBREY / BAUMANN (1985).

#### 5.4. Die *Calluna vulgaris*-reiche *S. papillosum*-Gesellschaft (Gesellschaft „C“)

Tabelle 9:

Arten	1985 – 1987	1991 – 1993	1997 - 1999
<i>S. papillosum</i>	4	4	4
d <sub>c</sub>			
<i>Calluna vulgaris</i>	1	2	2
VC - KC			
<i>S. rubellum</i>	2	2	2
<i>Vaccinium oxycoccus</i>	+	+	1
<i>Drosera rotundifolia</i>	1	1	1
<i>Polytrichum strictum</i>	+	1	1
Scheuchz. <i>Car. nigr.</i> -Arten			
<i>Eriophorum angustifolium</i>	2	2	1
Sonstige			
<i>Molinia caerulea</i>	1	1	1
<i>Picea abies</i> (Keiml.)	r	+	r

##### 5.4.1. Floristische Struktur

Beobachtungsfläche „C“ liegt – wie Fläche „B“ – in einem weitgehend geschlossenen großen Torfmoos-Rasen, allerdings nicht im Zentrum, sondern im Übergangsbereich vom Zentrum zur offenen Randzone des Nordhellen-Moores. Die Vegetation<sup>21</sup> unterscheidet sich ziemlich deutlich von der der beiden anderen Quadrate: Das auch hier eindeutig dominierende *S. papillosum* bildet keinen homogenen Rasen, sondern kleinflächig stärker differenzierte Strukturen.

*S. papillosum* wächst in den Mooren des Ebbe-Gebirges meistens in sehr wenig reliefierten Teppichhorizonten: Es bildet zwar flache Erhebungen und Senken, aber kaum ausgeprägte Bulte oder Schlenken. Dieses gilt ganz besonders für die wüchsigen Zentren der Übergangsmoore. Zum Rand hin jedoch, wo die Nährstoff- und Wasserverhältnisse, sowohl räumlich wie zeitlich, stärker wechseln, geht dieser mattenförmige Rasen allmählich in ein deutlich strukturiertes und auch reliefiertes Mosaik über: In den *S. papillosum*-Rasen dringen vermehrt andere Moose, aber auch nässeempfindlichere Phanerogamen ein.

Interessant in diesem Zusammenhang war die Beobachtung, dass *S. papillosum* in dieser Fläche immer wieder stellenweise abstarb. Die Ursache dafür konnte nicht eindeutig ermittelt werden, doch war offensichtlich, dass das Torfmoos hier eine im Vergleich mit den beiden anderen Phytozöosen eingeschränkte Vitalität besass (in Abschnitt 7 wird auf diesen Befund noch einmal zurückzukommen sein).

Im Zentrum der Beobachtungsfläche „C“ liegt ein kleiner, etwa 9 cm hoher Bult, der beziehungsweise aber nicht von *S. papillosum*, sondern von dem dunkelroten *S. rubellum* gebildet wird. Dieses extrem anspruchslose Torfmoos<sup>22</sup>, das allgemein als besonders charakteristische ‚Hochmoorart‘ gilt, ist im Ebbe-Gebirge nicht selten, besiedelt hier jedoch fast ausnahmslos die stärker bultigen Randbereiche der offenen Moore. In der Beobachtungsfläche „C“ wächst es nicht nur auf dem Bult, sondern dringt von dort aus auch in die tiefer gelegenen *S. papillosum*-Rasen vor.

Auf dem Bultgipfel befindet sich ein lockerer Bestand von *Polytrichum strictum*, das ebenfalls im Untersuchungsgebiet durchaus verbreitet ist. Es kann sich jedoch immer nur in solchen Moorphytozöosen ansiedeln, in denen die Torfmoose aufgrund häufiger und langandauernder Austrocknungen geschwächt sind und das Moorbewuchs weitgehend zum

<sup>21</sup> Etwa 20 % aller *S. papillosum*-dominierten Phytozöosen gehören im Untersuchungsgebiet dieser Gesellschaft an.

<sup>22</sup> Die Unterscheidung von *S. rubellum* und *S. capillifolium* bereitet in den Ebbe-Mooren aufgrund unklarer Differenzierungsmerkmale gelegentlich Schwierigkeiten.

Erliegen gekommen ist (sog. Stillstandskomplexe). Begünstigt wird eine solche Ansiedlung häufig auch durch kleine Moorameisen<sup>23</sup>, die in den trockneren *Sphagnen* (z. B. in den Bultgipfeln) ihre Bauten anlegen und so zur Durchlüftung und damit zum Abbau der obersten Torfschichten beitragen.

*Eriophorum angustifolium* wächst in der Gesellschaft „C“ hauptsächlich im *S. papillosum*-Rasen und meidet den *S. rubellum*-Bult; die einzelnen Pflanzen sind kümmerlich und blütenlos. Gleiches gilt für *Molinia caerulea*, die nur am Rande der Fläche in drei kleinen Exemplaren vorkommt.

In der südwestlichen und der südöstlichen Ecke des Quadrates stehen lockere Bestände von *Calluna vulgaris*, die hier sehr kleinwüchsig bleibt (bis 14 cm hohe Pflanzen) und kaum blühte. Der Zwergstrauch ist in den Mooren des Ebbe-Gebirges, auch in dichteren Torfmoosdecken, ziemlich häufig. Im Unterschied zu den echten Moorpflanzen wie *Eriophorum angustifolium* verfügt er jedoch nicht über ein Aerenchym, das die Sauerstoffversorgung auch bei Überflutung des Wurzelraumes sicherstellt. Vielmehr haben die Wurzeln, wie bei allen *Ericaceen*, eine *Mykorrhiza*, d. h., einen Pilzsymbionten, der die Zellstoffzersetzung des Humus beschleunigt und so zur besseren Nährstoffversorgung seiner Wirtspflanze beiträgt. Die *Mykorrhiza* kann aber ihre Funktion nur erfüllen, wenn sie in der Vegetationsperiode nicht längere Zeit vom Wasser überstaut wird. *Calluna* besiedelt daher nur relativ trockene Torfmoos-Rasen, in denen der durchschnittliche Wasserstand also tiefer liegt.

#### 5.4.2. Entwicklung

Die Vegetation dieser Fläche zeigte im Beobachtungszeitraum die stärksten Veränderungen von allen drei Quadraten. Insbesondere in den trockenen und warmen Jahren 1989 – 1991 nahmen die typischen Bultarten deutlich zu: *S. rubellum* breitete sich zu Lasten von *S. papillosum* aus (was allerdings in den Deckungswerten der Tabelle 9 nicht zum Ausdruck kommt) und auch *Calluna vulgaris*, *Vaccinium oxycoccus* und *Polytrichum strictum* vermehrten sich nachhaltig, während auf der anderen Seite *Eriophorum angustifolium* zurückging. Diese floristischen Verschiebungen, die immerhin die Mehrheit aller Arten betrafen, sprechen dafür, dass diese Gesellschaft deutlich weniger stabil ist als die beiden anderen; vielmehr schlugen sich klimatische Veränderungen (insbesondere teilweise sehr lange Austrocknungsphasen) unmittelbar in den Vegetationsverhältnissen nieder. Der wichtigste Grund für diese geringe Elastizität liegt sicher in der Randlage der Phytozönose innerhalb des Moores, durch die hydrologische (und andere) Kalamitäten nicht mehr ausreichend abgepuffert werden können.

#### 5.4.3. Ökologie

Folgende Wasserstände wurden gemessen:

Tabelle 10:

	Maximum (in cm unter Flur)	Minimum (in cm unter Flur)	Ø
1985 – 1989	6	31	15
1995 – 1999	6	34	17
	<b>Mittelwert:</b>		16

In Fläche „C“ lagen also die Wasserstände durchschnittlich am tiefsten, d. h., sie war von allen drei die in der Vegetationsschicht trockenste<sup>24</sup>. Zugleich aber belegt die Tabelle auch, dass der Wasserspiegel hier die größten Schwankungen (Differenzen zwischen Maxima und Minima) von durchschnittlich 27 cm aufwies.

<sup>23</sup> In den Ebbe-Mooren konnte neben häufigeren Ameisen auch die typische Hochmoorart *Formica picea* NYL. nachgewiesen werden. Sie ist als Eiszeitrelikt nur von wenigen Orten Mitteleuropas bekannt und gilt allgemein als stark gefährdet (siehe WOLF 1970 / 71).

<sup>24</sup> Da die Oberfläche des Quadrates „C“ stark reliefiert ist, musste für die Wasserstandsmessungen eine fiktive mittlere Ebene konstruiert werden. Die Wasserstände sind deshalb vom Bultgipfel etwa 5 cm weiter und vom tiefsten Punkt der Fläche etwa 4 cm weniger weit entfernt.

Die Moorwasser-Analysen ergaben folgende Werte:

Tabelle 11:

	Max.	Min.	ø
<b>pH(H<sub>2</sub>O)</b> (in mg / l)	4,80	3,61	4,2
<b>Calcium (Ca<sup>++</sup>)</b> (in mg / l)	6,87	0,49	2,0
<b>Magnesium (Mg<sup>++</sup>)</b> (in mg / l)	1,39	0,58	0,9
<b>Natrium (Na<sup>+</sup>)</b> (in mg / l)	5,92	2,01	3,6
<b>Kalium (K<sup>+</sup>)</b> (in mg / l)	2,15	0,33	0,8
<b>Ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)</b> (in mg / l)	2,21	0,10	1,2

Ganz allgemein muss bei der Analyse der Stoffgehalte des Moorwassers noch ein besonderer Umstand berücksichtigt werden: In den PVC-Rohren der Beobachtungsflächen sammelte sich in Abhängigkeit von ihrer Perforierung ein Mischwasser aus unterschiedlichsten Torftiefen. Es lässt sich jedoch unmittelbar einsehen und auch experimentell nachweisen<sup>25</sup>, dass die Stoffgehalte in den verschiedenen Schichten des Torfs durchaus unterschiedlich sind: Während in größerer Tiefe der Einfluss des Mineralbodenwassers besonders groß ist, spielen nahe der Oberfläche die Niederschläge sowie der Kationenaustausch und die Kationenspeicherung bzw. -auswaschung der Sphagnien eine große Rolle. Wenn daher das zu analysierende Moorwasser der Oberfläche entnommen wird (wie dies in einschlägigen Untersuchungen häufig geschieht), wird man in der Regel niedrigere pH-Werte und niedrigere Stoffgehalte feststellen als z. B. in 20 cm Tiefe. Nach eigenen Messungen beträgt dieser Unterschied beim pH-Wert beispielsweise zwischen 0,2 und 0,4.

### 5.5. Allgemeine tropische Charakterisierung der drei Gesellschaften

*S. papillosum* als ausgeprägt subatlantische Torfmoosart ist in den Hochmooren NW-Europas der wichtigste Torfbildner (DIERSSEN 1982). Auch im Harz spielt es in den ombrotrophen Moorbereichen noch eine große Rolle (JENSEN 1987), während es in vielen Gebirgsmooren Mitteleuropas<sup>26</sup> und darüber hinaus im mehr boreal-kontinental geprägten Klimagebiet deutlich seltener und auf die minerotrophen Teile der Moore beschränkt, also nicht mehr als ‚Hochmoorart‘ anzusprechen ist<sup>27</sup>. Wie bei *Erica tetralix* lässt sich daher auch bei *S. papillosum* feststellen, dass es am Rande seines natürlichen Verbreitungsgebietes auf nährstoffreichere Standorte ausweicht, weil es unter ombrotrophen Bedingungen nicht mehr konkurrenzstark genug ist.

Wie aber ist der Status des Torfmooses im Ebbe-Gebirge einzuschätzen? In allen drei Beobachtungsflächen ist *S. papillosum* mit dem eindeutig als ‚Niedermoorart‘ ausgewiesenen *Eriophorum angustifolium* vergesellschaftet<sup>28</sup>. Diese Feststellung lässt sich durchaus für alle Moore des Untersuchungsgebietes verallgemeinern: In nahezu allen *S. papillosum*-Rasen sind mindestens einige Blattspreiten des Wollgrases anzutreffen, wobei aber stets zu beobachten ist, dass die einzelnen Pflanzen eine stark reduzierte Vitalität zeigen (siehe die Dauerquadrate „A“, „B“ und „C“). Auch aus den typischen Hochmoorgebieten wird berichtet, dass *Eriophorum angustifolium* (zusammen mit *S. fallax*) zu den anspruchslosesten Mineralbodenwasser-Zeigern gehört und daher noch in den ärmsten Übergangsmooren zu finden ist (JENSEN 1987).

Ganz anders ist der Status von *Molinia caerulea* einzuschätzen. Dieses Gras gehört sicher zu den häufigsten Arten der Ebbe-Moore und gilt meist als ein Zeiger gestörter (austrocknender oder eutrophierter) Moorbereiche. Es ist anspruchsvoller hinsichtlich seiner Nährstoffversorgung<sup>29</sup> als *Eriophorum angustifolium* und meidet stärker und konstanter

<sup>25</sup> Siehe dazu besonders GIES (1982: 111 ff.) und BICK (1985: 201 ff.).

<sup>26</sup> So z. B. in der Rhön (GIES 1972) und im Schwarzwald (HÖLZER 1977); in den Vogesen ist *S. papillosum* bis zu einer Höhe von etwa 1.100 m ü. NN „Hochmoorart“, während es darüber nur noch in Niedermooren vorkommt (BICK 1985).

<sup>27</sup> Hier dominieren stattdessen *S. magellanicum*, *S. fuscum* und *S. rubellum*.

<sup>28</sup> Auf den Britischen Inseln geht *Erioph. angustifolium* auch in ombrotrophe Bereiche hinein.

<sup>29</sup> *Molinia caerulea* wird nicht nur durch Störungen der hydrologischen Verhältnisse im Moor begünstigt, sondern auch durch Eutrophierung. Nachdem 1995 ein Trupp Wildschweine eine kleine Torfmoosfläche im Stoltenberger Moor aufgesucht und erhebliche Mengen von Exkrementen zurückgelassen hatte, stiegen in diesem Bereich die Nährstoffgehalte in den folgenden Jahren dramatisch an. Die einzige Pflanze, die davon deutlich profitierte, war das Pfeifengras, dessen Deckungsanteil bis 1999 von 1 auf 3 zunahm, während *Erioph. angustifolium* zurückging und *Aulacomnium palustre* ganz verschwand (siehe dazu auch RODERFELD u. a. (1993)).

vernässte Stellen. Deswegen gibt es in den Zentren der Moore des Untersuchungsgebietes auch immer wieder kleinere *S. papillosum*-Rasen, in denen das Pfeifengras fehlt. In der Regel jedoch ist es eine der stetigsten Niedermoorarten und ein zuverlässiger Indikator minerotropher Nährstoffverhältnisse: Dafür ist in erster Linie das durch den Torfkörper ständig hangabwärts sickende ombro-minerotrophe Mischwasser verantwortlich das eine relativ gute Nähr- und Sauerstoffversorgung der Torfe garantiert. Das massenhafte Vorkommen von *Molinia caerulea* ist im Ebbe-Gebirge also nicht primär auf Störungen der Moorökologie, sondern auf diese ausgeprägte Wasserzügigkeit zurückzuführen.

Außer den schon genannten Arten gibt es in den *S. papillosum*-Gesellschaften des Untersuchungsgebietes noch eine ganze Reihe weiterer „guter“ Mineralbodenwasser-Zeigerarten. Zu nennen sind hier insbesondere (in der Reihenfolge ihrer Stetigkeit):

*S. palustre*, *Polytrichum commune*, *Vaccinium vitis-idaea*, *Vaccinium myrtillus*, *Betula pubescens* (juv.), *Juncus acutiflorus*, *Trientalis europaea*, *Polygala serpyllifolia* und *Nardus stricta*.

Wesentlicher Grund dafür, dass die Phytozönosen aller drei oben beschriebenen Beobachtungsflächen als mehr oder weniger minerotroph angesprochen werden müssen, ist die relativ geringe Mächtigkeit ihrer Torfablagerungen, die die Vegetationsschicht nicht völlig gegenüber dem Mineralbodenwasser abschirmen können. Nach SUCCOW (1988) saugt der Torf ungestörter Moore (in Abhängigkeit von seiner Struktur) das Mineralbodenwasser wie ein Schwamm bis zu 70 cm nach oben (sog. Kapillare Aufstiegshöhe). Auf der anderen Seite reichen die Wurzeln von Niedermoorarten wie *Eriophorum angustifolium* und *Molinia caerulea* 30 bis max. 50 cm von der Oberfläche her in den Torf hinein<sup>30</sup>. Bei einer Torfschicht von beispielsweise 1 m Mächtigkeit bedeutet dieses aber, dass die genannten Phanerogamen das Mineralbodenwasser mit ihren Wurzeln noch erreichen, während gleichzeitig die Mooschicht bereits unter ombrotrophen Bedingungen existiert. Erst bei deutlich mehr als 1 m Torfauflage sind daher echte Hochmoorverhältnisse zu erwarten. Die folgende Tabelle belegt, dass derartige Torfmächtigkeiten bei den drei Beobachtungsflächen (BF) auch nicht annähernd erreicht werden:

Tabelle 12:

	Höhe der Torfablagerungen <sup>31</sup>		
	BF: „A“ Ø	BF: „B“ Ø	BF: „C“ Ø
1985 – 1986	40 cm	53 cm	58 cm
1998 – 1999	40 cm	54 cm	58 cm

Diese Verhältnisse gelten mehr oder weniger für alle Ebbe-Moore: Die Torfschichten der Heidemoore sind durchschnittlich 25 – 30 cm und die der Übergangsmoore 40 – 60 cm mächtig; sie erreichen nur an sehr wenigen Stellen (obere Bereiche von ‚Grundlose‘, MTB 4812 / 3.1 und ‚Wolfsbruch‘, MTB 4812 / 4.1) Mächtigkeiten von ca. 1 m.

Die Höhe der Torfablagerungen in einem ungestörten Moor ist abhängig von seiner Ökologie und seinem Alter. In der Literatur<sup>32</sup> wird für *Sphagnum*-Hochmoore humider Klimlagen ein Torfwachstum von durchschnittlich 1 mm pro Jahr angenommen. Ein solcher Durchschnittswert ist sicher sehr problematisch, weil er die jeweiligen standörtlichen Faktoren unberücksichtigt lässt. Als allgemeine Orientierung aber ist er im Zusammenhang der Überlegungen zur ökologischen Situation der Ebbe-Moore durchaus verwertbar. Erst kürzlich wurde für die ortsnahen Heidemoore der tieferen Lagen ein Alter von etwa 1.000 Jahren und für die größeren Übergangsmoore der höheren Lagen ein Alter von bis zu 5.500 Jahren ermittelt<sup>33</sup>. Unter Berücksichtigung der oben genannten Torfbildungsrate müsste demnach das Nordhellen-Moor Torfmächtigkeiten bis zu 4 m und das Stoltenberger Moor immerhin noch bis zu 1 m aufweisen. Ausschlaggebend dafür, dass diese Hochrechnungen auch nicht annähernd erreicht werden, ist primär die ausgeprägte Hanglage der beiden Moore (und darüber hinaus fast aller Ebbe-Moore): Ein Gemisch aus Grund- und Niederschlagswasser sickert fast ständig von oben her durch den Moorkörper und versorgt ihn

<sup>30</sup> JENSEN (1981: 58).

<sup>31</sup> Der mineralische Untergrund der Moore ist niemals eben. Bei den Messungen der Torfmächtigkeit mussten deshalb Mittelwerte gebildet werden. Da der Torfkörper auch in Abhängigkeit von seinem Wassergehalt unterschiedlich mächtig ist (sog. Oszillation), wurden Durchschnitte mehrerer Messungen zu verschiedenen Jahreszeiten gebildet.

<sup>32</sup> Siehe dazu OVERBECK (1975: 611 f.).

<sup>33</sup> BUDE hatte 1926 das Alter der Ebbe-Moore aufgrund pollenanalytischer Untersuchungen auf 900 – 1.000 Jahre geschätzt. Neuere Forschungen mit Hilfe der C<sup>14</sup>-Methode von SPEIER (1999) haben aber ergeben, dass diese Schätzung nur im Falle der Heidemoore zutrifft, während die größeren Übergangsmoore teilweise erheblich älter sind.

mit Sauerstoff und Nährstoffen, wobei insbesondere der Sauerstoff die Torfbildung mehr oder weniger stark hemmt, weil er einen besseren Abbau der Phytomasse ermöglicht. Die unter den besonderen topographischen und klimatischen Bedingungen des Untersuchungsgebietes deutlich reduzierte Torfakkumulation zeigt sich eben auch in Tabelle 12: Nur in Fläche „B“ konnte im Verlauf von 15 Jahren ein minimales Torfwachstum von 1 cm festgestellt werden<sup>34</sup>, wobei allerdings berücksichtigt werden muss, dass entsprechende Messungen wegen der feuchtigkeitsabhängigen Oszillation des Torfkörpers und der verhältnismäßig kurzen Beobachtungszeit immer mit einem hohen Ungenauigkeitsfaktor behaftet sind. Verlässlichere Erkenntnisse über die Torfbildungsrate in den Ebbe-Mooren erforderte umfangreichere und genauere Untersuchungen, als sie im Rahmen dieses Projektes möglich waren.

Zusammenfassend lässt sich also feststellen, dass die Analyse der Torfbildungen im wesentlichen die Einschätzung bestätigt, die schon unter floristischen Gesichtspunkten gewonnen worden war: Alle drei *S. papillosum*-Gesellschaften stehen mehr oder weniger unter dem Einfluss des Mineralboden-Wassers, wofür insbesondere die Hanglage der Beobachtungsflächen verantwortlich ist. Auch SUCCOW (1988) weist darauf hin, dass es sich bei Hangmooren in Silikatgebieten aus hydrologischen Gründen in der Regel um oligotrophe Niedermoore mit geringer Torfmächtigkeit (< 1 m) handelt, die sich nur ausnahmsweise und kleinflächig zu Hochmooren weiterentwickeln können.

Am Ende dieses Abschnittes soll noch die in den Beobachtungsflächen häufig festzustellende Ansammlung verschiedener Gehölzarten erörtert werden. Meist handelte es sich um Keimlinge von *Picea abies* und *Betula pubescens* agg., in je einem Fall aber auch um *Pinus sylvestris* und *Quercus robur*, weil diese Gehölze in der Umgebung der Moore in großer Zahl vorkommen (in *S. papillosum*-Rasen anderer Ebbe-Moore wurden vereinzelt auch *Frangula alnus* und *Salix aurita* gefunden). Interessant aber war, dass sich diese Keimlinge in keinem Fall länger als 1 Jahr hielten; stets starben sie in Phasen hoher Wasserstände aufgrund starker Niederschläge wieder ab, während in trockenen Zeiten neue erschienen.

Nur auf einer flachtorfigen Bodenwelle mit einem Pfeifengras- und Besenheidereichen *S. papillosum*-Rasen am oberen Rand des Nordhellen-Moores konnte 1987 ein *Picea*-Keimling beobachtet werden, der die nächsten Jahre überlebte. Dieser Jungwuchs hatte 1990 eine Größe von 7 cm, 1993 von 13 cm und 1996 von 20 cm. Während dieser Jahre zeigte er meistens eine deutlich eingeschränkte Vitalität, bildete nur wenige Ästchen mit sehr locker stehenden kleinen Nadeln, die insbesondere im Winter und Frühjahr größtenteils gelbbraun wurden und sich erst im Hochsommer etwas erholten. Es waren ganz offensichtlich die hohen Wasserstände, die dem Bäumchen so stark zusetzten, dass man wiederholt mit seinem Absterben rechnen musste. Erst ab 1997 besserte sich sein Allgemeinzustand allmählich und es wuchs jetzt auch schneller; 1999 erreichte es eine Größe von 38 cm.

Die immer wieder zu beobachtende Gehölzfeindlichkeit der *S. papillosum*-dominierten Moorbereiche des Untersuchungsgebietes beruht also durchaus nicht nur auf dem Nährstoffmangel und dem starken Wildverbiss<sup>35</sup>, wie häufig vermutet wird, sondern hat mehrere Ursachen: Einmal hemmt der extreme Nitratmangel im Torf der Übergangsmoore (Stickstoff liegt hier meist als Ammonium vor) die Keimung von Gehölzsaamen<sup>36</sup>, und zum anderen bedeuten längerfristig hohe Wasserstände während der Vegetationsperiode für viele Gehölze, die über kein Aerenchym verfügen, eine erhebliche Beeinträchtigung, die offensichtlich gerade in den ersten Lebensjahren besonders existenzbedrohend ist.

## 6. Vergleich der ökologischen Befunde mit denen aus anderen Moorgebieten

In diesem Abschnitt wird es primär darum gehen, die bisher gewonnene Charakterisierung der drei *S. papillosum*-Gesellschaften des Ebbe-Gebirges als mehr oder weniger minerotroph anhand der Messergebnisse zu den oben genannten chemischen Parametern zu überprüfen. Dazu werden diese Messergebnisse mit denen zu vergleichen sein, die aus anderen europäischen Moorgebieten in der Fachliteratur veröffentlicht wurden.

<sup>34</sup> Im Nordhellen-Moor mit seiner ausgeprägten Hanglage konnte bei dieser Gelegenheit beobachtet werden, dass der gesamte Torfkörper langsam hangabwärts fließt. Diese Bewegung war am Grunde im Kontakt mit dem Mineralboden an geringsten (etwa 4 cm in 15 Jahren) und an der Oberfläche mit etwa 8,5 cm am größten. Dieser Unterschied zeigt, dass es sich nicht um eine gleichmäßige Rutschung des Torfes auf dem Mineralboden, sondern um eine dynamische Fließbewegung handelt.

<sup>35</sup> Gegen eine Überbewertung des Wildverbisses spricht, dass in stärker verheideten Moorbereichen relativ viel Gehölzjungwuchs hochkommt. Trotzdem bleibt natürlich der Wildverbiss ein entscheidender Faktor zur Behinderung der Naturverjüngung auch in Mooren.

<sup>36</sup> Siehe dazu SCHMIDT (1993).

Die nach wie vor umfassendsten und detailliertesten Untersuchungen zur Ökologie saurer Mittelgebirgsmoore haben JENSEN (1961) für das Sonnenberger Moor / Harz, GIES (1972) für das Schwarze Moor / Rhön und HÖLZER (1977) für das Blindsee-Moor / Schwarzwald vorgelegt. Berücksichtigt werden hier aber auch Arbeiten von DIERSSEN (1984) über die Schwarzwald-Moore allgemein, von BICK (1985) über die Vogesen-Moore, von MÜLLER (1965) über ostfriesische Moore und einige andere Darstellungen.

Gerade GIES und HÖLZER haben in ihren Untersuchungen zur Ökologie von Mittelgebirgsmooren eine Fülle von Messdaten erhoben und ausgewertet und dabei dem Aspekt der Unterscheidung von Hochmoor und Niedermoor mit Hilfe bestimmter Parameter besondere Aufmerksamkeit geschenkt. Seit Jahrzehnten bemüht sich die Moorforschung darum, die vorwiegend aufgrund vegetationskundlicher Beobachtungen postulierte sogenannte Mineralbodenwasser-Grenze (MBWG) als ökologische Trennlinie zwischen Mooren und Moorbereichen, die noch unter dem Einfluss des Mineralbodenwassers stehen und solchen, die ausschließlich über die Luft (insbesondere durch Niederschläge) mit Nährstoffen versorgt werden, auch mit Hilfe objektivierbarer chemischer Messwerte eindeutig zu beschreiben.

Zu dieser grundsätzlichen Diskussion lässt sich mit den Untersuchungsergebnissen aus den Ebbe-Mooren wenig beitragen; es sollte mit ihnen aber möglich sein, die Kenntnisse über die ökologischen Bedingungen einzelner Moortypen, Pflanzengesellschaften und Moorpflanzen in bestimmten geographischen Zusammenhängen zu komplettieren.

### 6.1. Wasserstände

Moorpflanzen haben unterschiedliche Nässeansprüche bzw. -toleranzen; die Pflanzengesellschaften, die sie aufbauen, besiedeln deshalb in den Mooren – in Abhängigkeit von der unterschiedlichen Höhe des mooreigenen Wasserspiegels – unterschiedliche Bereiche. Jeder einzelnen Pflanzengesellschaft ist also ein jeweils charakteristischer Wasserstand zuzuordnen. Es wird jetzt zuerst darum gehen, diesen Sachverhalt bei den *S. papillosum*-Phytozönosen des Ebbe-Gebirges zu konkretisieren und im Hinblick auf die Verhältnisse in anderen Moorgebieten zu diskutieren.

Wie in den Tabellen 4, 7 und 10 dargelegt, liegen die mittleren Wasserstände in den drei Beobachtungsflächen bei 12 cm bis 16 cm unter Flur. Damit vergleichbar<sup>37</sup> sind Angaben, die DIERSSEN (1984) aus dem Schwarzwald für das minerotraphente *Sphagnetum magellanici typicum* (mit *S. papillosum*) vorgelegt hat, bei dem Wasserstände von durchschnittlich 15 bis 20 cm gemessen wurden. Andererseits hat ZICKERMANN (1996) im *Erico-Sphagnetum typicum*, Variante mit *S. papillosum*, mehrerer Moore des nordwestdeutschen Tieflandes mittlere Wasserstände von nur 13,5 cm unter Flur gemessen. Insgesamt aber stimmen diese Ergebnisse doch recht gut mit denen des Untersuchungsgebietes überein. Direkt vergleichbar sind zwischen den verschiedenen Moorgebieten auch die Wasserstandspräferenzen einzelner Torfmoosarten, die in den *S. papillosum*-reichen Gesellschaften vorkommen. Für das Untersuchungsgebiet konnte durch Auswertung aller entsprechenden Messungen für *S. papillosum* selbst ein durchschnittlicher Wasserstand von etwa 14 cm unter Flur ermittelt werden<sup>38</sup>. Für diese Art hat MÜLLER (1965) im norddeutschen Flachland 15 cm festgestellt, was den Verhältnissen im Ebbe-Gebirge sehr nahe kommt. Für *S. fallax* dagegen gibt er ebenfalls 15 cm an, während es im Ebbe-Gebirge nur etwa 11 cm sind. Deutliche Unterschiede ergeben sich auch bei *S. rubellum*, für das MÜLLER immerhin 29 cm errechnet hat, während DIERSSEN (1984) für den Schwarzwald nur 14 cm angibt. Diese Differenzen lassen darauf schließen, dass einige Torfmoose (wohl aufgrund des humideren Klimas) im Nordwesten durchschnittlich weniger nasse Standorte besiedeln als in den Mittelgebirgen. Dementsprechend liegt der Wert von *S. rubellum* im Untersuchungsgebiet, das sich geographisch etwa zwischen Nordseeküste und Schwarzwald befindet, mit 18 cm auch zwischen jenen beiden Extremwerten. – Schließlich sei auch für *S. subnitens* eine Vergleichszahl zitiert: Während es im Ebbe-Gebirge mittlere Wasserstände von 13 cm bevorzugt, sind es im Schwarzwald lt. DIERSSEN 16 cm.

<sup>37</sup> Wasserstandsangaben in der Literatur sind häufig nicht vergleichbar, weil die Messzeiträume unterschiedlich sind bzw. gar nicht angegeben werden. Natürlich sind die durchschnittlichen Wasserstände des Jahres andere als die des Sommers oder einzelner Monate.

<sup>38</sup> Vergleiche hierzu den Abschnitt 7 dieser Arbeit.

Wasserstandsmessungen in den verschiedensten Mooregebieten<sup>39</sup> haben immer wieder ergeben, dass Niedermoores grundsätzlich nasser als Hochmoore sind, also einen höheren durchschnittlichen Wasserstand haben. Im Wurzacher Ried / Oberschwaben beispielsweise liegen die Wasserstände im Niedermoorbereich bei 0 – 15 cm und im Hochmoorbereich bei 13 – 21 cm unter Flur (KELLERMANN, zitiert nach GREMER 1998). Im Schwarzwald hat DIERSSEN (1984) für Niedermoores durchschnittlich 5 – 15 cm und für Hochmoore 15 – 25 cm gemessen. Und JENSEN (1961) nennt für das Sonnenberger Moor im Harz 3 – 14 cm bzw. 12 – 21 cm unter Flur. Diese Angaben deuten darauf hin, dass sich im Bereich von etwa 12 – 15 cm die hydrologische Übergangszone zwischen Nieder- und Hochmoor befindet. Und eben in diesem Bereich liegen bezeichnenderweise auch die in den Beobachtungsflächen des Ebbe-Gebirges ermittelten Werte.

Aber Nieder- und Hochmoor unterscheiden sich hydrologisch nicht nur hinsichtlich der durchschnittlichen Wasserstände im Torf, sondern auch hinsichtlich der Wasserstandsschwankungen, d. h., der Differenzen zwischen Höchst- und Tiefständen. Schon bei den Beobachtungsflächen konnte festgestellt werden, dass die maximalen Wasserstände sich zwischen den einzelnen Flächen kaum, die minimalen aber deutlich unterscheiden (Tabellen 4, 7 und 10). Je tiefer der Wasserspiegel durchschnittlich im Torf steht, je trockener dieser also ist, desto mehr Niederschlagswasser kann er aufnehmen und desto stärker und schneller kann sich auch der Wasserstand verändern. Ein sehr nasser Torf dagegen kann nur noch wenig Wasser aufnehmen, während der Überschuss – insbesondere bei Hangmooren – rasch abfließt; die Wasserstandsveränderungen werden daher geringer ausfallen. – In den Beobachtungsflächen „A“, „B“ und „C“ betragen die Wasserstandsschwankungen 23, 26, und 27 cm, d. h., auch hier waren sie in derjenigen am größten, die die durchschnittlich tiefsten Wasserstände aufwies (BF „C“). DIERSSEN (1984) hat in Schwarzwaldmooren für die verschiedenen Moorkomplexe auch die jeweiligen Wasserstandsschwankungen ermittelt und kommt zu dem Ergebnis, dass bei etwa 29 – 30 cm die Grenze zwischen Nieder- und Hochmoor liegt: Niedermoores zeigen geringere, Hochmoore größere Schwankungen. Im Sonnenberger Moor / Harz liegt dieser Grenzbereich aber deutlich tiefer, nämlich bei etwa 20 – 21 cm (JENSEN 1961). Auch hier liegen also die Ebbe-Werte wieder zwischen den beiden.

## 6.2. Azidität und Konduktivität

Für die Azidität des Moorwassers bzw. des Torfes liegen in der moorkundlichen Fachliteratur die meisten Vergleichswerte vor. Hier sollen insbesondere die Datensammlungen von GIES (1972), DIERSSEN (1984) und JENSEN (1987) mit den im Ebbe-Gebirge ermittelten Werten verglichen werden.

Tabelle 13:

	BF: „A“ – „C“	GIES	DIERSSEN	JENSEN
<b>Hochmoor</b>				
(pH(H <sub>2</sub> O))		3,7 – 4,1	3,0 – 3,5	3,7 – 4,0
<b>Übergangsmoor</b>				
(pH(H <sub>2</sub> O))	4,0 – 4,4	3,7 – 4,2	3,6 – 4,0	3,8
<b>Niedermoor</b>				
(pH(H <sub>2</sub> O))		4,3 – 6,3	4,1 – 5,0	(4,8 – 5,8) <sup>40</sup>

Die Auswahl von pH(H<sub>2</sub>O) Messergebnissen aus verschiedenen deutschen Mittelgebirgen deutet darauf hin, dass Nieder- und Hochmoor mit Hilfe dieses Parameters relativ gut voneinander zu trennen sind. Auch andere Autoren wie MÜLLER (1968) für das nordwestdeutsche Tiefland (pH 3,7 bis 4,0 bei Hochmooren) und GREMER (1998) für das Wurzacher Ried (pH 3,5 bis 4,1 bei Hoch- bzw. 4,2 bis 4,6 bei Niedermooren) belegen, dass die pH-Werte von Hochmoorwässern sich ganz überwiegend im Bereich von 3,5 bis 4,0 und von Niedermoorwässern im Bereich von 4,2 bis 5,3 bewegen. So klar aber die Unterscheidung der beiden Moortypen anhand der pH-Bereiche theoretisch ist, so schwierig wird sie in vielen konkreten Fällen, denn eine verhältnismäßig breite Übergangszone, die etwa von 3,9 bis 4,2 reicht, macht es unmöglich, die sog.

<sup>39</sup> Siehe dazu z. B. BICK (1985: 192 ff.) und JENSEN (1987: 59 ff.).

<sup>40</sup> Im Sonnenberger Moor / Harz stellte JENSEN (1961) fest, dass der Niedermoorbereich saurer als der Hochmoorbereich war, weil in ihm stark versauerte Wässer aus einem Fichten-Randwald einsickerten. Die hier eingesetzten Werte beziehen sich daher nicht auf den engeren Moorbereich, sondern auf eine Niedermoor-Rülle am Rande.

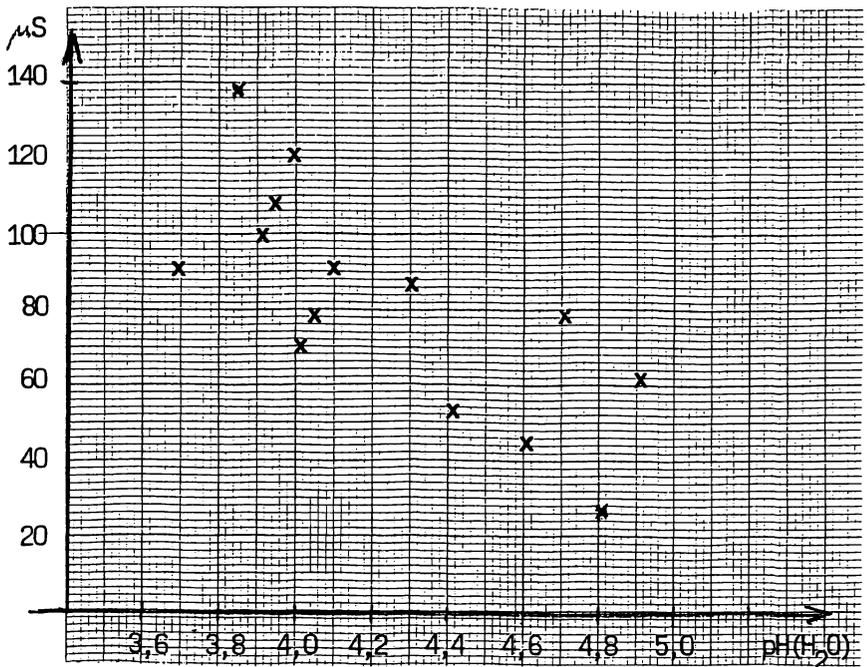
Mineralbodenwasser-Grenze einem bestimmten pH-Wert eindeutig und allgemeingültig zuzuordnen. Und gerade in diesen Zwischenbereich fallen zwei der drei *S. papillosum*-Gesellschaften des Ebbe-Gebirges, wodurch ihr Charakter als Übergangsmoore unterstrichen wird; lediglich Fläche „A“ ist danach zweifelsfrei zu den sauren Niedermooren zu rechnen.

Auch BICK (1985) hat aus den Vogesen ein minerotraphentes *Sphagnetum medii* mit viel *S. papillosum* beschrieben, für das er einen durchschnittlichen  $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$ -Wert von 4,0 ermittelt hat, und das schon erwähnte *S. papillosum*-reiche *Sphagnetum magellanici typicum* des Schwarzwaldes wird von DIERSSEN (1984) mit  $\text{pH}$  3,8 angegeben. Schließlich sollen hier die von DIERSSEN (1984) ermittelten Säurepräferenzen einiger Moose zum Vergleich angeführt werden: *S. rubellum* (ombrotr.):  $\text{pH}$  3,6 und (minerotr.): 4,0; *S. papillosum*: 4,2; *S. fallax*: 4,3; *S. subnitens*: 4,7; *Polytrichum strictum*: 4,0; *Aulacomnium palustre*: 5,0. – Es wird deutlich, dass die in den Beobachtungsflächen des Ebbe-Gebirges gemessenen Werte im Rahmen dessen liegen, was auch aus anderen Gegenden bekannt geworden ist (siehe dazu auch Abschnitt 7 dieser Arbeit).

Die **Konduktivität** misst die elektrische Leitfähigkeit eines Wassers aufgrund der in ihm dissoziierten Ionen; sie gibt also Auskunft über die im Wasser enthaltene Kationenmenge, wobei jedoch die Art der Kationen auf diese Weise nicht zu ermitteln ist. In einem sehr sauren Wasser wird die gemessene Leitfähigkeit ganz überwiegend von H-Ionen bestimmt. Dieser Sachverhalt war der Grund dafür, dass die Konduktivität in den drei Beobachtungsflächen nicht systematisch erfasst, sondern insgesamt in verschiedenen Ebbe-Mooren nur punktuell gemessen wurde, um allgemeine Aussagen über das Verhältnis ‚Azidität – Konduktivität‘ im Untersuchungsgebiet machen zu können.

In torfmoosreichen Phytozönosen wurden hier Leitfähigkeitswerte von 26 bis 138  $\mu\text{S}$  festgestellt; die meisten lagen im Bereich 70 bis 100  $\mu\text{S}$ . Im folgenden Diagramm sind alle Werte jeweils mit den gleichzeitig gemessenen  $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$ -Werten korreliert (senkrechte – waagerechte Achse):

Abbildung 1:



HÖLZER (1977) hat festgestellt, dass im Blindsee-Moor / Schwarzwald im Allgemeinen hohe Leitfähigkeitswerte bei niedrigen pH-Werten auftraten, während GIES (1972) für das Schwarze Moor / Rhön zu entgegengesetzten Ergebnissen kam (niedrige Leitfähigkeitswerte bei niedrigen pH-Werten). Abb. 1 belegt, dass im Ebbe-Gebirge die höchsten Leitfähigkeitswerte eindeutig mit pH-Werten unter 4,2 korrelieren. HÖLZER's Befund wird hier also bestätigt. Zugleich unterstreicht dieser Sachverhalt, dass in der Tat die H-Ionen unter diesen Bedingungen den weitaus größten Anteil an der gemessenen Leitfähigkeit haben.

### 6.3. Ammonium- und Phosphat-Gehalte

Stickstoff stellt (wie Phosphor) einen ganz entscheidenden Mangelfaktor bei der Ernährung der Pflanzen oligotropher Moore dar. Ursache dafür ist u. a. die im sauren und sauerstoffarmen Milieu weitgehend gestörte Nitrifikation, d. h., die mikrobielle Umsetzung von Ammonium in Nitrat<sup>41</sup>. Wichtige Stickstoffquellen für die Moore sind das Mineralbodenwasser (bei Niedermooren), der Niederschlag und der Lufteintrag (der gerade in intensiv landwirtschaftlich genutzten Gebieten sehr hoch sein kann) sowie die Zersetzungsprozesse im Torf und Exkremente von Wildtieren.

Messwerte über Stickstoff-Konzentrationen in Torf und Moorwasser im Allgemeinen und über Ammonium im Besonderen liegen aus anderen Gebieten – im Unterschied zu pH-Werten – kaum vor; die Vergleichsmöglichkeiten für die in den drei Beobachtungsflächen ermittelten Werte sind daher sehr begrenzt. Hinzu kommt als weitere Schwierigkeit, dass die Zuordnung der vorhandenen Messergebnisse zu den verschiedenen Moortypen und Vegetationsformen kein einheitliches Bild ergibt. Für Hochmoore liegen die meisten  $\text{NH}_4$ -Werte der verschiedenen Autoren<sup>42</sup> zwischen 0 (d. h., nicht nachweisbar) und etwa 0,7 mg / l; offene Moorgewässer und Rüllen können aber auch erheblich höhere Werte (bis zu 2 mg / l und mehr) aufweisen. Die Angaben über Konzentrationen in oligo- bis mesotrophen Niedermooren liegen jedoch meist nicht signifikant höher und gehen nur bei eutrophen Mooren deutlich über 2 mg / l hinaus.

Schon diese allgemeinen Angaben belegen, dass die durchschnittlichen Ammonium-Gehalte der drei *S. papillosum*-Gesellschaften des Untersuchungsgebietes (1,0 – 1,5 mg / l) eher im oberen Bereich der in anderen Gebieten gemessenen Werte lagen.

Angaben über Phosphor-Gehalte in Torf und Moorwässern sind in der Literatur noch seltener als über Stickstoff. Sie wurden auch in den Ebbe-Mooren nur punktuell gemessen, weil sie zur chemischen Differenzierung der Moortypen und Pflanzengesellschaften in keiner Weise verwertbar sind<sup>43</sup>. Die Phosphor-Werte (in Form des pflanzenverwertbaren  $\text{PO}_4$ -Orthophosphat) lagen in den Beobachtungsflächen meist im Bereich 0,02 – 0,2 mg / l. BERTRAM (1988) gibt für ein *Erico-Sphagnetum papillosum* in einem gestörten nord-niedersächsischen Hochmoor (Torfstich !) Werte von 0 – 0,4 mg / l an, während RUTHSATZ / HOLZ (1997) für die Quellmoore des Hunsrück  $\text{PO}_4$ -Werte von 0,0 – 0,2 mg / l (überwiegend aber weniger als 0,1 mg / l) nennen.

### 6.4. Elementgehalte

Der Vergleich der in den Wässern der drei Beobachtungsflächen ermittelten Calcium-, Magnesium-, Natrium- und Kalium-Gehalte (siehe die Tabellen 5, 8 und 11) mit denen anderer mitteleuropäischer Mooregebiete ermöglicht relat. differenzierte Aussagen über die besondere Ökologie der Ebbe-Moore. Von den zahlreichen Angaben, die zu diesen Parametern in der Fachliteratur vorliegen, sollen hier insbesondere wieder die von GIES (1972), HÖLZER (1977) und MÜLLER (1968) herangezogen werden, weil sie einerseits besonders systematisch und differenziert erhoben worden sind und andererseits Mooregebiete repräsentieren, deren Vergleich mit dem Ebbe-Gebirge aus klimageographischen Gründen interessant ist. Außer diesen drei Autoren werden aber auch andere Forschungsberichte berücksichtigt.

Tabelle 14 enthält die in den drei Beobachtungsflächen (BF: „A“ – „C“) gemessenen Werte im Vergleich mit denen, die in Hochmooren (!) des Schwarzwaldes, der Rhön und Ostfrieslands festgestellt wurden.

Tabelle 14:

	Ca (in mg / l)	Mg (in mg / l)	Na (in mg / l)	K (in mg / l)
<b>BF: „A“ – „C“</b>	2,0 – 2,1	0,8 – 1,0	3,3 – 3,6	0,7 – 0,8
<b>HÖLZER</b> (Schwarzwald)	0,3 – 0,6	0,1 – 0,3	0,5 – 1,0	0,1 – 0,6
<b>GIES</b> (Rhön)	0,6 – 1,2	0,2 – 0,6	0,7 – 1,3	0,2 – 0,9
<b>MÜLLER</b> (Ostfriesland)	1,5 – 1,7	1,8 – 2,8	7,1 – 9,2	0,5 – 0,6

<sup>41</sup> Siehe ELLENBERG (1996: 473).

<sup>42</sup> GIES (1972), HÖLZER (1977), MÜLLER (1973), BERTRAM (1988) und GÖTTLICH (1990).

<sup>43</sup> Siehe dazu SUCCOW (1988: 41 f.).

Diese Übersicht belegt ein zentrales Problem der vergleichenden Moorökologie: Neben überregional verhältnismäßig einheitlichen Messergebnissen bei einigen Parametern, so z. B. bei Kalium, gibt es andere Parameter, deren Werte zwischen den verschiedenen Moor-gebieten auffallend differieren, z. B. beim Natrium und beim Magnesium: Vergleicht man die entsprechenden Angaben, so ist festzustellen, dass die Na- und Mg-Werte von Hochmooren in Ostfriesland etwa zehnmal höher liegen als die des Schwarzwaldes. Erklärbar werden diese gravierenden Differenzen durch die sehr unterschiedliche Ozeanität der beiden Gebiete. Auch andere Autoren weisen auf diese Zusammenhänge hin: Nach GREMER (1998) wurden im Hochmoorbereich des Wurzacher Rieds, das im oberschwäbischen Alpenvorland und damit noch etwas kontinentaler liegt als das Blindsee-Moor des Schwarzwaldes, Na-Werte von 0,4 – 0,5 mg / l gemessen, während auf der anderen Seite von den Britischen Inseln bis zu 14 mg / l gemeldet werden<sup>44</sup>.

Dieser Sachverhalt ist damit zu erklären, dass das Meer mit einem Salzgehalt von etwa 28 g / l eine starke Quelle für bestimmte Stoffe darstellt. Ihre Ionen werden von den vorherrschenden Nordwestwinden sehr weit landeinwärts transportiert und dort mit den Niederschlägen abgelagert. Die Gehalte dieser Stoffe nehmen daher kontinuierlich ab, je weiter ein Moor vom Meer entfernt liegt<sup>45</sup>. Dieser Einfluss ist (wegen des hohen NaCl-Gehaltes des Meerwassers) beim Natrium besonders groß und beim Kalium am geringsten.

Die Tatsache, dass einerseits die ökologische Stellung der *S. papillosum*-Gesellschaften des Ebbe-Gebirges zwischen Hoch- und Niedermoor, andererseits aber auch ihre klimageographische Zuordnung zu klären ist, macht den Vergleich mit ähnlichen Moorkomplexen anderer Gebiete in jeder Hinsicht problematisch („Gleichung mit zwei Unbekannten“). Eine Beurteilung ihrer trophischen Stellung auf chemischer Grundlage muss sich daher vorerst mit den Parametern begnügen, die von der klimageographischen Situation nicht oder nur wenig abhängig sind. Dieses gilt insbesondere für Kalium und eingeschränkt auch für Calcium.

Die K-Werte der Beobachtungsflächen liegen entsprechend den geringen Kalium-Gehalten des Ausgangsgesteines auffallend niedrig; von allen untersuchten Kationen weist dieses Element die geringsten Konzentrationen auf. Zahlreiche Untersuchungen<sup>46</sup> deuten darauf hin, dass Kalium in sauer-oligotrophen Mooren generell als Minimumfaktor gewertet werden muss, der mitentscheidend für die sehr schlechte Nährstoffversorgung der Pflanzen ist, denn wenn es an einem erforderlichen Stoff mangelt, können auch die anderen nicht ausreichend verwertet werden, selbst wenn sie zur Verfügung stehen.

Im Vergleich mit dem Schwarzwald, der Rhön und Ostfriesland liegen die mittleren K-Werte der *S. papillosum*-Gesellschaften des Ebbe-Gebirges an der oberen Grenze der dort in den Hochmooren gemessenen Gehalte. Leider hilft dieser Befund jedoch insofern nur wenig weiter, als Kalium dasjenige Element ist, dessen Konzentrationen sich zwischen Hoch- und Niedermooren am wenigsten unterscheiden: So hat GIES beispielsweise außer seinen Hochmoorwerten von 0,2 – 0,9 mg / l Niedermoorwerte von 0,1 – 1,0 mg / l ermittelt. Starke Überschneidungen stellte auch HÖLZER fest (0,1 – 0,6 mg / l bzw. 0,3 – 1,5 mg / l)<sup>47</sup>. Immerhin aber befinden sich im Vergleich mit diesen Schwarzwald-Werten die Ergebnisse aus den Ebbe-Mooren überwiegend knapp oberhalb der Hochmoorgrenze, und auch im Vergleich mit den Werten MÜLLER's liegen sie in diesem unklaren Übergangsbereich mit einer etwas stärkeren Orientierung zum Niedermoor.

Eine relativ geringe Abhängigkeit von der klimageographischen Situation zeigen auch die Calcium-Gehalte des Moorwassers. Bei diesem Parameter sind die Konzentrationen in Hochmooren des ostfriesischen Tieflandes etwa dreimal so hoch wie im Schwarzwald. Die Werte, die in den Beobachtungsflächen des Ebbe-Gebirges ermittelt wurden, sind jedoch noch höher als die ostfriesischen und fast doppelt so hoch wie derjenige, den JENSEN (1961) aus dem Harz<sup>48</sup> gemeldet hat (1,1 mg / l). Dieser Befund nun ist von Bedeutung, weil er unter Berücksichtigung auch der klimageographischen Verhältnisse des Untersuchungsgebietes die *S. papillosum*-Gesellschaften eindeutig als Niedermoor-Phytozöosen ausweist<sup>49</sup>.

<sup>44</sup> Zitiert nach GIES (1972: 148).

<sup>45</sup> OVERBECK (1975) zitiert eine Untersuchung der Ionengehalte des Regenwassers in Abhängigkeit von der Entfernung von der Nordseeküste, die diese Zusammenhänge eindeutig bestätigt (S. 158 f.).

<sup>46</sup> Siehe dazu GIES (1972), RUTHSATZ (1996) und RUTHSATZ / HOLZ (1997).

<sup>47</sup> Allerdings deuten Untersuchungen in der Eifel darauf hin, dass zwischen unterschiedlichen Niedermoorarten Kalium doch ein brauchbarer Differenzierungsparameter sein kann (RUTHSATZ 1996).

<sup>48</sup> Der Harz liegt dem Meer nur wenig näher als das Ebbe-Gebirge.

<sup>49</sup> Dieses gilt auch dann, wenn einem solchen Vergleich nicht die Hochmoor-, sondern die Übergangsmoor-Werte von GIES (0,9 – 1,6 mg / l) und HÖLZER (0,7 – 1,2 mg / l) zugrundegelegt werden.

In sehr saurem Substrat spielt Calcium insofern eine besonders wichtige Rolle, als dass es (zusammen mit Magnesium) einigen Pflanzen den selektiven Ausschluss von toxischen Aluminium-Ionen ermöglicht. Es spricht einiges dafür, dass viele Pflanzen im Hochmoor nicht primär aus Gründen des Nährstoffmangels, sondern wegen der für sie giftigen freien Al-Ionen, die gerade im sauren Milieu sehr angereichert sind, nicht mehr vorkommen<sup>50</sup>.

Die insbesondere im Frühjahr teilweise sehr hohen Al-Konzentrationen im Moorwasser könnten auch ein weiterer wichtiger Grund für die Gehölzfeindlichkeit der Zentren vieler Ebbe-Moore sein.

Einige Moorforscher (insbesondere aus Skandinavien) haben die Ansicht vertreten, der Calcium-Gehalt sei der entscheidende Faktor zur chemischen Differenzierung von Hoch- und Niedermoor. Aufgrund entsprechender Untersuchungsergebnisse haben sie sogar die These aufgestellt, die sog. Mineralbodenwasser-Grenze werde chemisch durch einen Ca-Wert von 1 mg / l bestimmt<sup>51</sup>. Dieser Ansicht, die eventuell für Skandinavien durchaus zutrifft, wurde hinsichtlich ihrer Verallgemeinerbarkeit in der Folgezeit vielfach widersprochen. So stellte HÖLZER (1977) in seiner Arbeit zweifelsfrei fest, dass der Ca-Grenzwert zwischen Hoch- und Niedermoor im Schwarzwald viel tiefer (nämlich bei etwa 0,45 mg / l) liege, während er nach Messungen von GIES (1972) in der Rhön bei etwa 1,2 mg / l anzusetzen sei. Diese Unterschiede sind angesichts der Abhängigkeit der Calcium-Konzentrationen von der Ozeanität auch zu erwarten. Alle Autoren stimmen aber darin überein, dass dem Ca-Wert eine erhebliche Bedeutung bei der ökologischen Differenzierung der Vegetationsverhältnisse von Mooren zukommt.

Wie schon oben dargelegt, ist der Natrium-Gehalt des Moorwassers besonders stark abhängig von der Entfernung des Moores vom Meer und damit ein guter Indikator für seine Ozeanität. Dieses lässt sich gerade mit den Analyseergebnissen der drei Beobachtungsflächen der Ebbe-Moore belegen: Die Na-Gehalte lagen hier zwischen denen des Schwarzwaldes und denen Ostfrieslands, und in der Tat liegt das Ebbe-Gebirge etwa gleich weit vom Schwarzwald wie von der Nordseeküste entfernt. Während das Schwarze Moor der Rhön und das Blindsee-Moor des Schwarzwaldes aufgrund ihrer Na-Gehalte von unter 1,7 mg / l bereits als leicht kontinental bezeichnet werden können und damit den südost-deutschen und polnischen Mooren deutlich näherstehen als den nordwestdeutschen, müssen die Ebbe-Moore wegen ihrer Na-Werte im Bereich 2,5 mg / l bis knapp unter 4,0 mg / l als mäßig atlantisch beeinflusst eingestuft werden.

Eine vergleichende Betrachtung der Magnesium-Gehalte der drei Beobachtungsflächen bestätigt diese Einschätzung: Allerdings ist das Bild hier undeutlicher und auch wenig einheitlich, zumal die Daten aus den verschiedenen Untersuchungen zum Teil stark differieren. GIES (1972) nennt aus der Rhön Messergebnisse aus Zwischen(= Übergangs-)moor-Bereichen; sie sind mit 0,4 – 0,7 mg / l nur geringfügig höher als die Hochmoorwerte (siehe Tabelle 14). Verglichen mit diesen Konzentrationen zeigt sich jedoch noch einmal der stärker ozeanische Charakter der Ebbe-Moore. Auch in den sauren Quellmooren des ebenfalls subatlantischen Hunsrück ermittelten RUTHSATZ / HOLZ (1997) Mittelwerte im Bereich 0,9 – 2,1 mg / l.

Magnesium muss in sauer-oligotrophen Mooren ebenfalls als Minimumfaktor gewertet werden, dessen geringe Konzentrationen hier das Wachstum der Pflanzen stark begrenzen. Dieses gilt insbesondere im Hinblick auf die schon bei Calcium erwähnte Tatsache, dass es Pflanzen vor der Toxizität freier Aluminium-Ionen schützen kann. Unter diesem Gesichtspunkt wird verständlich, dass sog. Bodenschutz- oder Waldkalkungen mit Ca-/Mg-Stoffgemischen für diese Moore nicht nur eine ökologisch unbedenkliche geringfügige „Aufbesserung“ zweier Mangelstoffe, sondern eine schockartige Veränderung des gesamten chemischen und biologischen Gleichgewichtes bedeuten<sup>52</sup>.

Am Ende dieser Analyse der in den Beobachtungsflächen der genannten Ebbe-Moore untersuchten ökologischen Parameter und ermittelten Daten können zwei wichtige Ergebnisse noch einmal hervorgehoben werden: Erstens hat der Vergleich der pH-, der Calcium- und (sehr bedingt) auch der Kalium-Werte der Moorwässer mit entsprechenden Messwerten anderer mittel- und nordwesteuropäischer Mooregebiete eine Einschätzung bestätigt, die oben bereits unter floristischen und vegetationskundlichen Gesichtspunkten getroffen worden war, dass es sich nämlich bei den drei *S. papillosum*-Gesellschaften des Untersuchungs-

<sup>50</sup> Siehe dazu RUTHSATZ / HOLZ (1991: 154 f.)

<sup>51</sup> Siehe dazu WITTIG, zitiert nach DU RIETZ (1954).

<sup>52</sup> 1987 wurde ein Teil des Nordhellen-Moores im Rahmen einer sog. Bodenschutzkalkung mit einem Gesteinsmehl (CaCO<sub>3</sub> und MgCO<sub>3</sub>) bestäubt. Ab September des gleichen Jahres konnte bei entsprechenden Wasseranalysen eine deutliche Erhöhung (teilweise Verdoppelung) der Calcium- und Magnesium-Gehalte sowie des pH-Wertes (von 4,0 auf über 5) festgestellt werden; gleichzeitig ging der Ammonium-Gehalt (wohl aufgrund gesteigerter Aufnahme durch die Pflanzen) drastisch zurück (auf weniger als die Hälfte der ursprünglichen Werte). Diese Veränderungen waren auch 1997 noch zu beobachten. Ab 1991 verschoben sich die Anteile der Torfmoosarten zulasten von *S. papillosum* und *S. rubellum* und zugunsten mesotropher Arten (insbesondere *S. fallax*). Ab 1993 begann sich *Molinia caerulea* auszubreiten, und es wurden verstärkt Fichten-Keimlinge in den Moospolstern beobachtet. – Es ist zu befürchten, dass die durch allgemeine Immissionen und forstliche Maßnahmen ohnehin gefährdeten Ebbe-Moore durch derartige Kalkungen zusätzlich erheblich belastet werden.

gebietes um mehr oder weniger ausgeprägt minerotraphente Phytozönosen handelt. Da während des gesamten Projektes im Ebbe-Gebirge keine Moorbereiche gefunden werden konnten, in denen einerseits Mineralbodenwasser-Zeigerpflanzen gänzlich fehlten und in denen andererseits die im Moorwasser gemessenen pH-, Calcium- und Kalium-Konzentrationen durchschnittlich niedriger waren als in den Beobachtungsflächen, kann (natürlich mit dem notwendigen Vorbehalt) hier auch verallgemeinernd die These formuliert werden, dass alle Moore des Untersuchungsgebietes als mehr oder weniger minerotroph angesprochen werden müssen; Hochmoorbildungen gibt es im Ebbe-Gebirge auch kleinflächig mit größter Wahrscheinlichkeit nicht. Damit muss durchaus auch eine entgegengesetzte Beurteilung in der Arbeit „Die wichtigsten Pflanzengesellschaften der Ebbe-Moore / Südwestfalen“ korrigiert werden, die dort aufgrund floristischer und vegetationskundlicher Beobachtungen vorgenommen worden war. Und es muss auch SPEIER (1999) widersprochen werden, der in seiner Untersuchung (ebenfalls aus vegetationskundlichen Erwägungen) Hochmoorbildungen im Ebbe-Gebirge postuliert.

Das zweite wichtige Ergebnis dieses Abschnittes war die Bestätigung des subatlantischen Charakters der *S. papillosum*-Gesellschaften der Ebbe-Moore anhand der gemessenen Na- und Mg-Konzentrationen im Vergleich mit denen anderer Moorgebiete. Allerdings war diese Charakterisierung weniger deutlich, als es die floristischen Befunde erwarten ließen: Das Vorkommen von ausgeprägt atlantischen Arten wie *Erica tetralix*, *Narthecium ossifragum* und *Osmunda regulis* im Untersuchungsgebiet deutete auf eine stärkere Ozeanität hin als sie mit Hilfe der chemischen Parameter gemessen werden konnte.

## 7. Zur ökologischen Differenzierung der drei *S. papillosum*-Gesellschaften

Die Übersichtstabelle 2 belegt bei allen Übereinstimmungen zwischen den drei *S. papillosum*-Gesellschaften doch auch ihre deutlichen floristischen und strukturellen Unterschiede. Nur vier Arten kommen in allen drei Vegetationseinheiten vor, nämlich die beiden *Oxycocco-Sphagnetea*-Arten *S. papillosum* und *Vaccinium oxycoccus*, ferner die *Scheuchzerio-Caricetea nigrae*-Art *Eriophorum angustifolium* und die *Molinio-Arrhenatheretea*-Art *Molinia caerulea*. Weitere vier Arten finden sich nur in zwei und immerhin sechs Arten in jeweils nur einer Gesellschaft. Die floristischen Differenzen sind also größer als die Übereinstimmungen<sup>53</sup>. Aber diese Differenzen sind nicht zwischen allen drei gleich groß. Vielmehr stehen sich die Phytozönosen „A“ und „B“ einerseits und „B“ und „C“ andererseits näher als „A“ und „C“: „A“ und „B“ werden durch die Arten *S. subnitens* und *Betula pubescens* agg., „B“ und „C“ durch *Drosera rotundifolia* und *Picea abies* verbunden; solche exklusiven Verknüpfungen gibt es zwischen „A“ und „C“ nicht. Diese beiden Gesellschaften stehen sich von den drei also am fernsten.

Eine Analyse der Nährstoffansprüche der die drei Phytozönosen aufbauenden Pflanzenarten unterstreicht diesen Befund: Mit *Eriophorum angustifolium*, *Molinia caerulea*, *S. fallax* und *S. subnitens* verfügt die *S. fallax*-reiche *S. papillosum*-Gesellschaft über die meisten Mineralbodenwasser-Zeiger; die typische Ausbildung hat mit *Eriophorum angustifolium*, *Molinia caerulea* und *S. subnitens* immerhin noch drei solcher Arten, während die *Calluna*-reiche mit *Eriophorum* und *Molinia* die wenigsten aufweist<sup>54</sup>. Vegetationskundlich betrachtet ist also Fläche „A“ die nährstoffreichste und „C“ die nährstoffärmste, während Fläche „B“ zwischen beiden steht. Ob sich diese vegetationskundliche Bewertung des Verhältnisses der drei Gesellschaften zueinander mit Hilfe der untersuchten ökologischen Parameter bestätigen lässt, soll nun erörtert werden.

Die durchschnittlichen Wasserstände, das belegen die Tabellen 4, 7 und 10, waren im Beobachtungsquadrat „A“ mit 12 cm am höchsten und in „C“ mit 16 cm unter Flur am tiefsten. Hierzu muss an den in Abschnitt 6.1 gemachten Hinweis erinnert werden, dass ein Moorbereich i. d. R. um so nährstoffreicher ist, je nasser er ist. Das gilt insbesondere für arme Nieder- und Übergangsmoore, deren Wässer durch Kontakt mit dem mineralischen Untergrund mehr oder weniger stark mineralisiert wurden. Umgekehrt aber bedeutet das

<sup>53</sup> Dieser Vergleich gilt selbstverständlich nur für die Artenstruktur, also qualitativ, nicht jedoch für die Deckungsgrade dieser Arten.

<sup>54</sup> *S. papillosum* bleibt bei dieser Zählung vorerst unberücksichtigt, da sein Status im Ebbe-Gebirge noch nicht geklärt ist. Da diese Art jedoch in allen drei Gesellschaften vertreten ist, würde ihre Berücksichtigung die Ergebnisse dieses Vergleiches auch nicht beeinflussen.

auch, dass die Nährstoffversorgung um so schlechter ist, je weiter der durchschnittliche Wasserstand von der Oberfläche entfernt liegt. Phanerogamen, die mit ihren Wurzeln mehrere Dezimeter tief in den Torf hineinreichen, sind davon weniger betroffen als Moose, die über kein Wurzelsystem verfügen, sondern die Nährstoffe der unmittelbaren Umgebung direkt entnehmen. So wird verständlich, dass zwar die Niedermoorarten *Eriophorum angustifolium* und *Molinia caerulea* in allen drei Beobachtungsflächen noch vorkommen, dass bei den Torfmoosen das etwas anspruchsvollere *S. fallax* aber auf die nassere Fläche „A“ beschränkt ist.

Ein Vergleich mit zwei anderen Beobachtungsflächen des Untersuchungsgebietes bestätigt diese Interpretation: Eine ausgeprägt mesotraphente *Eriophorum angustifolium*-*S. fallax*-Gesellschaft des Großen Bruchs bei Westebbe (MTB 4812 / 3.2)<sup>55</sup>, in der *Oxycocco-Sphagnetum*-Arten weitgehend fehlen und stattdessen Niedermoor-Arten wie *S. fallax*, *Polytrichum commune* und *Eriophorum angustifolium* dominieren, wies einen durchschnittlichen Wasserstand von 10 cm unter Flur auf, während auf der anderen Seite in einem besonders armen *S. magellanicum*-Bult<sup>56</sup> am oberen Rande des Nordhellen-Moores 22 cm unter Flur gemessen wurden.

Diese Vergleichswerte belegen noch einmal die Zwischenstellung der *S. papillosum*-Gesellschaften zwischen den eher mesotraphenten Niedermoor- und Schlenken-Gesellschaften auf der einen und den schon ausgeprägt oligotraphenten Bultgesellschaften auf der anderen Seite: Während die *S. fallax*-reiche Ausbildung noch sehr deutlich zu den ersteren zu rechnen ist und die *Calluna vulgaris*-reiche bereits zu den verschiedenen *S. magellanicum*-Gesellschaften vermittelt<sup>57</sup>, steht die typische Ausbildung als Optimalstadium zwischen beiden und muss daher als die charakteristische Torfmoos-Phytozönose der Übergangsmoore des subatlantischen Ebbe-Gebirges angesehen werden.

Gute Indikatoren der sehr unterschiedlichen Feuchtigkeitsverhältnisse in den Flächen „A“ und „C“ sind *Erica tetralix* bzw. *Calluna vulgaris*. Es war schon gesagt worden, dass beide über eine Mykorrhiza, d. h., einen symbiotischen Wurzelpilz, verfügen, der ihnen bei der Nährstoffversorgung behilflich ist. Die Mykorrhiza aber ist sehr empfindlich gegenüber Sauerstoffmangel, so dass die beiden Zwergsträucher nur an solchen Standorten gedeihen können, wo der mittlere Wasserspiegel entsprechend tief liegt. *Erica tetralix* als typische Moorpflanze hat sich dieser Einschränkung dadurch angepasst, dass sich ihr Wurzelsystem vorwiegend in der Horizontalen ausbreitet; sie bildet so einen oberflächennahen Wurzelhorizont aus, der bei der Beobachtungsfläche „A“ nur etwa 11 – 13 cm in den Torf hineinreicht<sup>58</sup>. *Calluna vulgaris* als Heideart jedoch hat diese Möglichkeit nicht; ihre Wurzeln wachsen primär in die Tiefe, um auch noch an tiefer gelegene Wasservorräte heranzukommen. Konkret bedeutet das, dass *Erica tetralix* bei einem mittleren Wasserstand von 12 cm unter Flur in der Fläche „A“ noch sehr vital ist und auch lebhaft blüht, während *Calluna* schon bei einem Wasserstand von 16 cm in der Fläche „C“ nur noch schlecht wächst: Die Pflänzchen erreichten hier eine Größe von maximal 14 cm und blühten bisher kaum. Weil *Erica tetralix* im Untersuchungsgebiet eher etwas mesotrophere und nassere, *Calluna vulgaris* dagegen eher oligotrophe und trockenere Standorte besiedelt, kommen beiden Arten hier – im Unterschied etwa zum nordwestdeutschen Tiefland – nur selten gemeinsam vor.

Auch bei der Azidität des Moorwassers ergaben sich in den drei Beobachtungsflächen mit „A“ : pH 4,4, „B“ : pH 4,0 und „C“ : pH 4,2 unterschiedliche Durchschnittswerte. Vergleiche mit Messergebnissen in anderen Moor-Phytozönosen des Untersuchungsgebietes belegen, dass dieser Parameter in der Tat einen verhältnismäßig sensiblen Indikator der ökologischen Verhältnisse in unterschiedlichen Vegetationsformen darstellt. So etwa wurden in der oben schon erwähnten *Eriophorum angustifolium*-*S. fallax*-Gesellschaft des Großen Bruchs / Westebbe ein durchschnittlicher pH(H<sub>2</sub>O)-Wert von 4,5 und in einer *Erica tetralix*-reichen *S. flexuosum*-Gesellschaft des Kamm-Moores<sup>59</sup> (MTB 4812 / 3.2) ein solcher von 4,7 festgestellt; ein artenreiches *Sphagno-Alnetum* bei Herval (MTB 4812 / 3.2) wies sogar einen mittleren pH-Wert von 5,1 auf.

<sup>55</sup> Artenstruktur dieser Gesellschaft: *S. fallax* 5; *S. subnitens* +; *Polytrichum commune* 1; *Eriophorum angustifolium* 2; *Carex rostrata* +; *Juncus bulbosus* +; *Vaccinium oxycoccus* +; *Molinia caerulea* 1.

<sup>56</sup> Artenstruktur dieser Phytozönose: *S. magellanicum* 5; *S. rubellum* 1; *Polytrichum strictum* +; *Vaccinium oxycoccus* 2; *Drosera rotundifolia* r; *Eriophorum angustifolium* 1; *Calluna vulgaris* 3; *Molinia caerulea* 2; *Polygala serpyllifolia* +.

<sup>57</sup> JENSEN (1961) stellte fest, dass auch im Harz die sog. *S. rubellum*-Phase des „*Sphagnetum papillosum*“ ein Übergangsstadium zum *Sphagnetum magellanicum* darstellt (S. 27). Diese Beobachtung kann für das Ebbe-Gebirge bestätigt werden.

<sup>58</sup> *Vaccinium oxycoccus* verhält sich ähnlich.

<sup>59</sup> Artenstruktur dieser Gesellschaft: *S. flexuosum* 5; *S. fallax* 1; *S. papillosum* +; *Erica tetralix* 3; *Vaccinium oxycoccus* 1; *Eriophorum angustifolium* 2; *Molinia caerulea* 2.

Von den drei *S. papillosum*-Phytozönosen hat also die der Fläche „A“ den höchsten pH-Wert und entspricht daher den Erwartungen, die aufgrund des zu Beginn dieses Abschnittes angestellten floristischen Vergleiches bestehen. Hinsichtlich der beiden anderen Flächen aber ist der Befund insofern widersprüchlich, als dass die vermeintlich „ärmste“ Gesellschaft „C“ mit 4,2 einen etwas höheren pH-Wert aufweist als „B“. Der Grund hierfür ist möglicherweise in einem kleinen Quelltopf zu suchen, der sich etwa 2 m nordwestlich der Fläche „A“ unter dem Torf<sup>60</sup> befindet und der bei stärkeren Niederschlägen Mineralbodenwasser im Torfkörper aufsteigen läßt. Die Frage jedoch, warum diese Fläche trotzdem eine „hochmoorähnlichere“ Vegetation als „B“ hat, muss vorerst offen bleiben und soll am Ende dieses Abschnittes noch einmal aufgegriffen werden.

Auch die Ammonium-Gehalte der drei Beobachtungsflächen waren deutlich unterschiedlich, und wie beim pH-Wert hatte auch hier die *S. fallax*-reiche *S. papillosum*-Gesellschaft mit 1,5 mg / l den höchsten Wert. Wiederum läge es nahe, den ausgeprägt minerotraphenten Charakter dieser Phytozönose auf diesen Befund zurückzuführen. Ein Vergleich mit der oben schon erwähnten *Eriophorum angustifolium*-*S. fallax*-Gesellschaft des Großen Bruchs belegt jedoch, dass diese Interpretation nicht stimmen kann. Überraschenderweise wurde nämlich hier nur eine durchschnittliche NH<sub>4</sub>-Konzentration von 0,9 mg / l ermittelt, also sogar weniger als in der stickstoffärmsten Beobachtungsfläche „B“ und selbst in einem artenreichen *Sphagno-Alnetum* bei Herval (MTB 4812 / 3.2) konnten nur 1,3 mg / l festgestellt werden. Deutlich höhere Werte ergaben sich lediglich in entweder anthropogen (d. h., durch Immissionen von benachbarten Landwirtschaftsflächen bzw. Verkehrswegen<sup>61</sup>) oder durch Tierexkrementen belasteten Moorbereichen. Vieles spricht dafür, dass auch der relativ hohe NH<sub>4</sub>-Wert der Fläche „A“ auf Immissionen zurückzuführen ist, die von südwestlich des Stoltenberger Moores liegendem, intensiver genutztem Grünland, möglicherweise aber auch von der etwa 700 m entfernten Autobahn ausgehen.

Alle Untersuchungsergebnisse, die zu dieser Frage im Ebbe-Gebirge gewonnen werden konnten, lassen den Schluss zu, dass dem Ammonium keine wesentliche Rolle bei der ökologischen und floristischen Differenzierung der Moore zukommt. Diese Beurteilung deckt sich mit dem, was im Abschnitt 6.3 beim Vergleich mit Messwerten anderer Mooregebiete schon festgestellt worden war<sup>62</sup>. Die Aufnahme von Stickstoff durch die Pflanzen wird weniger durch den Stickstoffgehalt des Moorwassers<sup>63</sup>, als einerseits durch die chemische Verbindung, in der er vorliegt, und andererseits durch die Verfügbarkeit bestimmter anderer Stoffe limitiert, die für das Pflanzenwachstum erforderlich sind (siehe dazu auch Abschnitt 6.4). Unter diesem Gesichtspunkt wird im folgenden auch zu erörtern sein, warum sich der im Vergleich mit Fläche „B“ etwas höhere NH<sub>4</sub>-Gehalt der Fläche „C“ nicht in ihrer floristischen Struktur widerspiegelt.

Wenn nun die verschiedenen Element-Gehalte im Hinblick auf ihre Bedeutung für die floristische Differenzierung der drei Beobachtungsflächen betrachtet werden, dann fällt bei einem Vergleich der Tabellen 5, 8 und 11 sofort auf, dass sich die ermittelten Durchschnittswerte kaum unterscheiden: Die Unterschiede betragen bei Kalium und Calcium maximal 0,1 mg / l und lediglich bei Natrium und Magnesium etwas mehr, nämlich bis zu 0,3 mg / l. Gerade beim gem. Abschnitt 6.4. für die floristische Differenzierung bedeutsamen Calcium sind also die Differenzen so gering, dass sie die deutlichen floristischen Unterschiede zwischen den drei Gesellschaften kaum befriedigend erklären können. Demgegenüber weisen jedoch Vegetationskomplexe, die von mesotraphenten Torfmoosen dominiert werden, deutlich höhere Werte auf: So etwa wurden in der genannten *Eriophorum angustifolium*-*S. fallax*-Gesellschaft des Großen Bruchs Ca-Gehalte von durchschnittlich 2,5 mg / l und K-Gehalte von 1,3 mg / l und in der *S. flexuosum*-Gesellschaft des Kamm-Moores solche von 2,7 bzw. 1,9 mg / l festgestellt.

Diese Befunde und stichprobenartige Vergleichsmessungen in torfmoosreichen Phytozönosen anderer Ebbe-Moore lassen daher als Zwischenergebnis den Schluss zu, dass die *S. papillosum*-Gesellschaften des Untersuchungsgebietes generell bei Ca-Werten um 2 mg / l und bei K-Werten um 0,8 mg / l vorkommen. Eine eindeutige ökologische Differenzierung

<sup>60</sup> Am oberen Rand des Nordhellen-Moores liegen mehrere kleine Quellbereiche, die normalerweise kaum festzustellen sind und erst im Winter auffallen, weil der Schnee über ihnen wegen des etwas wärmeren Grundwassers zuerst wegtaut.

<sup>61</sup> Auch die *S. flexuosum*-Gesellschaft des Kamm-Moores liegt mit einem NH<sub>4</sub>-Wert von immerhin 2,1 mg / l in unmittelbarer Nachbarschaft eines stark frequentierten Wanderparkplatzes.

<sup>62</sup> Auch in anderen mitteleuropäischen Mooregebieten ließen sich Hoch- und Niedermoor nicht mit Hilfe signifikant unterschiedlicher Stickstoff-Gehalte unterscheiden.

<sup>63</sup> Obwohl Stickstoff sicher ursprünglich den entscheidenden Mangelfaktor oligotropher Moore darstellte, kann davon heute, angesichts mehr oder weniger starker anthropogener Immissionen, sicher nicht mehr die Rede sein; im Gegenteil sind inzwischen fast alle nährstoffarmen Lebensräume durch Eutrophierungen aus der Luft bedroht.

der verschiedenen Ausbildungen ist mit ihrer Hilfe aber nicht möglich; selbst die *S. fallax*-reiche Ausbildung, die floristisch am deutlichsten zu den sauren Niedermooren gestellt werden konnte, unterschied sich bei Calcium und Kalium kaum von den anderen Ausbildungen.

Die bei allen drei Gesellschaften verhältnismäßig einheitlich niedrigen Ca-, K- und Mg-Gehalte limitieren auch die Stickstoffaufnahme und -verarbeitung der Pflanzen<sup>64</sup>. Dieses lässt sich gerade durch einen Vergleich der Fläche „A“ mit der *Eriophorum angustifolium*-*S. fallax*-Gesellschaft des Großen Bruchs konkretisieren: Obwohl erstere eine deutlich höhere Ammonium-Konzentration im Moorwasser aufwies, war ihre Vegetation oligotropher, weil ihre Ca-, K- und Mg-Gehalte erheblich geringer waren. Der wahrscheinlich durch anthropogene Immissionen (s. o.) verursachte verhältnismäßig hohe  $\text{NH}_4$ -Gehalt der *S. fallax*-reichen *S. papillosum*-Gesellschaft konnte also wegen des akuten Elementmangels von den Pflanzen nicht voll genutzt werden.

Etwas anders sind die Verhältnisse hinsichtlich der Natrium- und Magnesium-Konzentrationen: Die Messergebnisse bei diesen Parametern, die ja – wie oben ausgeführt – die klimageographischen Verhältnisse eines Moores anzeigen, sind zwischen Beobachtungsfläche „A“ einerseits und den Beobachtungsflächen „B“ und „C“ andererseits durchaus unterschiedlich, nämlich um 0,3 mg / l beim Natrium und um bis zu 0,2 mg / l beim Magnesium. Ganz offensichtlich ist das in der Nähe des zentralen Ebbe-Kammes gelegene Nordhellen-Moor stärker atlantisch beeinflusst als das erheblich tiefer und im Windschatten des Rothenstein liegende Stoltenberger Moor. Interessant in diesem Zusammenhang ist auch, dass die *S. flexuosum*-Gesellschaft des Kamm-Moores, das in der Nähe des Nordhellen-Moores liegt, den gleichen Na-Gehalt aufwies wie die Flächen „B“ und „C“ (obwohl sie sich doch hinsichtlich der meisten anderen Parameter deutlich unterschied).

Zusammenfassend bleibt also festzustellen, dass sich von den in den Ebbe-Mooren untersuchten Parametern der Wasserstand, der pH-Wert und der Calcium-Gehalt der Moorwässer als die für die ökologische Differenzierung der verschiedenen Moorbereiche aussagekräftigsten erwiesen haben. Diese bewusst noch sehr allgemein gehaltene Schlussfolgerung entspricht durchaus den Forschungsergebnissen anderer Autoren<sup>65</sup>, bedarf aber – das wurde in diesem Abschnitt deutlich – der Präzisierung. Torfmoosreiche Phytozönosen unterschiedlicher Trophiestufen unterschieden sich ökologisch bei allen drei genannten Parametern, d. h., mesotrophente Vegetationskomplexe<sup>66</sup> wiesen signifikant höhere pH-Werte, Ca-Gehalte und meistens auch höhere mittlere Wasserstände auf als oligotrophente. Dieses konnte durch Vergleiche der drei *S. papillosum*-Gesellschaften mit der *Erioph. angustifolium*-*S. fallax*-Gesellschaft und – eingeschränkt – auch mit der *S. flexuosum*-Gesellschaft<sup>67</sup> belegt werden. Innerhalb eines Vegetationskomplexes waren dann die Messwerte für die Stoffgehalte der Wässer sehr einheitlich, während es mehr oder weniger deutliche Unterschiede bei den pH-Werten und bei den Wasserständen gab.

Diese Verhältnisse ließen sich auch bei den drei *S. papillosum*-Gesellschaften des Ebbe-Gebirges beobachten: Hinsichtlich der Nährstoffgehalte ihrer Wässer stimmten sie weitgehend<sup>68</sup> überein, gehörten also einem Vegetationskomplex an. Bei den Wasserständen und pH-Werten waren jedoch mehr oder weniger deutliche Unterschiede festzustellen<sup>69</sup>. Insbesondere die Fläche „A“ hatte mit 12 cm (zu 15 cm bzw. 16 cm) unter Flur einen signifikant höheren mittleren Wasserstand und mit 4,4 (zu 4,0 bzw. 4,2) einen höheren mittleren  $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$ -Wert als die beiden anderen Flächen. Diese Messergebnisse – das wurde beim Vergleich mit entsprechenden Daten aus anderen Mooren deutlich (Abschnitte 6.1. und 6.2.) – weisen die *S. fallax*-reiche *S. papillosum*-Gesellschaft eindeutig als den oligotroph-sauren Niedermooren zugehörig aus und bestätigen damit den Eindruck, der schon mehrfach aufgrund anderer Kriterien gewonnen worden war.

<sup>64</sup> Siehe dazu ELLENBERG (1996: 91 f.).

<sup>65</sup> Siehe dazu u. a. GREMER (1998) und WARNE-GRÜTTNER (1990).

<sup>66</sup> Der Begriff des Vegetationskomplexes wird von JENSEN (1961) übernommen; er meint eine Gruppe unterschiedlicher, aber benachbarter und floristisch verwandter Pflanzengesellschaften gleicher Trophiestufe.

<sup>67</sup> Der Wasserstand ist kein besonders sensibler Indikator der unterschiedlichen Vegetationsverhältnisse. Da er großen Schwankungen unterliegt und das Wachstum der Torfmoose weniger direkt als indirekt über die Nährstoff- und Sauerstoff-Versorgung beeinflusst, gibt seine Entfernung von der Oberfläche die ökologische Situation nur ungefähr wieder. In der *S. flexuosum*-Gesellschaft des Kamm-Moores befand er sich durchschnittlich 15 cm unter Flur und unterschied sich damit nicht von der *S. papillosum*-Gesellschaft. In anderen Ebbe-Mooren kam *S. flexuosum* jedoch auch an deutlich nasserem Stellen vor.

<sup>68</sup> Der wahrscheinlich aufgrund externer Einflüsse bei Fläche „A“ höhere  $\text{NH}_4$ -Gehalt bleibt hierbei unberücksichtigt.

<sup>69</sup> In der pflanzensoziologischen Systematik der *Oxycocco-Sphagneteta* werden bei den einzelnen Assoziationen die Varianten nach unterschiedlichen Nährstoff- und die Subassoziationen nach unterschiedlichen Wasserstufen gebildet (DIERSSEN 1984, S. 95). Demnach könnten die drei *S. papillosum*-Gesellschaften als Subassoziationen innerhalb der minerotrophenten Variante des *Erico-Sphagnetums* angesehen werden.

So eindeutig also das ökologische Verhältnis zwischen der Beobachtungsfläche „A“ einerseits und den Beobachtungsflächen „B“ und „C“ andererseits auch war, so unklar und sogar widersprüchlich war es jedoch zwischen „B“ und „C“: Zwar hatte die *Calluna*-reiche *S. papillosum*-Gesellschaft einen geringfügig tieferen Wasserstand (16 cm zu 15 cm unter Flur) und geringfügig niedrigeren Ca-Gehalt (2,0 mg / l zu 2,1 mg / l) als die typische Ausbildung, aber diese Unterschiede waren keinesfalls signifikant, sondern bewegten sich im Bereich der durch die Messmethodik möglichen Ungenauigkeiten; dieses wird auch dadurch belegt, dass der Ca-Gehalt von „C“ der gleiche war wie der von „A“ und dass lediglich „B“ minimal von diesem Einheitswert abwich. Ganz offensichtlich aber wird die Unklarheit des Verhältnisses zwischen den Flächen „B“ und „C“ durch ihre pH-Werte, die bei „C“ überraschenderweise etwas höher waren als bei „B“ (4,2 zu 4,0). Dieser Befund widerspricht ganz eindeutig dem, was aufgrund der Vegetationsverhältnisse in den beiden Flächen zu erwarten war.

Es bleibt nunmehr also abschließend festzustellen, dass die deutlichen floristischen und strukturellen Unterschiede zwischen der Typischen und der *Calluna vulgaris*-reichen *S. papillosum*-Gesellschaft sich mit Hilfe der im Rahmen dieses Projektes untersuchten ökologischen Parameter nicht befriedigend erklären lassen. Natürlich ist nicht auszuschließen, dass die Ursachen für diese Unterschiede im Bereich von Parametern zu suchen sind, die hier unberücksichtigt blieben. GIES (1972), der im Rahmen seiner Forschungen im Schwarzen Moor der Rhön mit ähnlichen Fragen konfrontiert wurde, nennt ausdrücklich bestimmte organische Verbindungen, deren Bedeutung für den Stoffhaushalt der Pflanzen noch weitgehend unbekannt sei (S. 150)<sup>70</sup>.

Wahrscheinlicher aber ist, dass für die unterschiedlichen Vegetationsverhältnisse der Beobachtungsflächen „B“ und „C“ des Nordhellen-Moores bestimmte hydrologische Ursachen maßgebend waren. Einige Indizien deuteten darauf hin, dass sich in der *Calluna*-reichen *S. papillosum*-Gesellschaft aufgrund ihrer Randlage innerhalb des Moores und aufgrund ihrer Nähe zu dem schon erwähnten Quelltopf der Wasserstand kurzfristiger und auch häufiger veränderte als bei der Typischen Ausbildung: Aufgrund der geringeren Pufferfähigkeit des Torfes am Moorrand und aufgrund der niederschlagsabhängigen Quellschüttungen könnte der Wasserstand in der Fläche „C“ unter Umständen unmittelbarer, d. h., insbesondere deutlicher und schneller auf klimatische Veränderungen reagieren; solche ausgeprägteren Schwankungen werden von *S. papillosum*<sup>71</sup> und *S. subnitens* erfahrungsgemäß schlechter vertragen als beispielsweise von *S. rubellum*. Diese größere Instabilität der hydrologischen Verhältnisse in der *Calluna*-reichen *S. papillosum*-Gesellschaft könnte auch erklären, warum ihre Vegetation im Laufe der Beobachtungszeit von 15 Jahren stärker auf die großklimatischen Veränderungen (Anstieg der Durchschnittstemperaturen und geringere Jahresniederschlagssummen – siehe Abschnitt 4.) reagierte als die beiden anderen Ausbildungen (siehe Abschnitt 5.4.2.). Eine Überprüfung dieser These hätte wesentlich häufigere Wasserstandskontrollen unter genauer Berücksichtigung der jeweiligen Klimaverhältnisse erfordert. Das aber war aus technischen Gründen leider nicht möglich.

Es sollte in diesem Zusammenhang auch auf einen sehr grundsätzlichen Einwand von WARNKE-GRÜTTNER (1990) hingewiesen werden: Bei der Vegetationskunde und der Moorökologie handelt es sich um zwei selbständige wissenschaftliche Interpretationsmodelle, die zwar vielfältig miteinander verknüpft, aber nicht immer völlig miteinander zur Deckung zu bringen sind.

## 7. Ökologische Präferenzen einiger Moorarten

In der folgenden Tabelle 15 wurden für einige Moorarten<sup>72</sup> des Untersuchungsgebietes Mittelwerte derjenigen Parameter zusammengestellt, die für die vegetationskundliche und ökologische Differenzierung wichtig sind. Diese Mittelwerte wurden durch Zusammenfassung aller gemessenen Einzelwerte unter Berücksichtigung des Deckungsgrades der betreffenden Art in der jeweiligen Phytozönose berechnet. Sie markieren die ökologischen Bedingungen, unter denen die Art in den untersuchten Vegetationsformen **ü b e r w i e g e n d** vorkommt.

<sup>70</sup> JENSEN (1961) weist in diesem Zusammenhang auf sogenannte niederpolymere Hemmstoffe hin, die das Wachstum bestimmter Pflanzen behindern könnten (S. 68).

<sup>71</sup> Bei der Analyse der floristischen Struktur der *Calluna*-reichen *S. papillosum*-Gesellschaft in Abschnitt 5.4.1. war darauf hingewiesen worden, dass *S. papillosum* hier einen in seiner Vitalität deutlich reduzierten Eindruck machte. Und in Abschnitt 5.5. war in diesem Zusammenhang auch die Frage nach dem Status des Torfmooses aufgeworfen worden. Eine verbindliche Klärung dieser Frage ist wohl nicht möglich, da es im Ebbe-Gebirge keine Hochmoorbildungen gibt. Da *S. papillosum* aber in dem erwähnten *S. magellanicum*-Bult, der aufgrund eines besonders tiefen durchschnittlichen Wasserstandes in seiner Moosschicht nur noch ombrotrophente Arten ausweist, und auch in anderen ähnlichen Phytozönosen nicht mehr vorkommt, darf wohl – natürlich mit entsprechendem Vorbehalt – davon ausgegangen werden, dass dieses Torfmoos im Ebbe-Gebirge nicht mehr als Hochmoorart zu werten ist.

<sup>72</sup> Ausgewählt wurden Arten, für die jeweils mindestens 7 Messwerte vorlagen.

Tabelle 15:

Art	Zahl der Einzelwerte	Wasserstand in cm unter Flur	pH(H <sub>2</sub> O)	Ca-Gehalt in mg / l
<i>S. fallax</i>	26	11	4,5	2,3
<i>S. flexuosum</i>	12	13	4,6	2,6
<i>S. magellanicum</i>	7	21	4,1	2,0
<i>S. papillosum</i>	46	14	4,2	2,1
<i>S. rubellum</i>	21	18	4,1	2,0
<i>S. subnitens</i>	28	13	4,3	2,2
<i>Aulacomnium pal.</i>	19	13	4,7	2,2
<i>Polytrichum comm.</i>	9	12	4,5	2,4
<i>Polytrichum strict.</i>	16	20	4,2	2,2
<i>Calluna vulgaris</i>	21	19	4,1	2,0
<i>Carex rostrata</i>	9	8	4,6	2,5
<i>Drosera rotundif.</i>	28	15	4,1	2,1
<i>Erica tetralix</i>	21	(15) <sup>73</sup>	4,3	2,3
<i>Eriophorum ang.</i>	49	(13) <sup>73</sup>	4,4	2,4
<i>Eriophorum vag.</i>	7	(10) <sup>73</sup>	4,2	2,1
<i>Juncus bulbosus</i>	9	8	4,7	2,7
<i>Molinia caerulea</i>	51	(18) <sup>73</sup>	4,3	2,4
<i>Vaccinium oxycoc.</i>	42	17	4,1	2,1

Der Begriff „Hochmoorarten“ ist missverständlich, weil er suggeriert, diese Arten kämen nur im Hochmoor, also unter ombrotrophen Bedingungen, vor. Pflanzen, die nur im Hochmoor wachsen, gibt es nicht. „Hochmoorarten“ wachsen im Hoch- und Niedermoor, während die echten Niedermoorarten nur im Niedermoor zu finden sind<sup>74</sup>. Fast alle „Hochmoorarten“ wachsen im Niedermoor deutlich besser als im Hochmoor, weil die Nährstoffbedingungen hier günstiger sind. Sie sind jedoch so konkurrenzschwach, dass sie unter minerotropen Verhältnissen allmählich von den „echten“ Niedermoorarten verdrängt werden und sich nur in ombrotrophen Moorbereichen dauerhaft behaupten können, weil die Niedermoorarten hier nicht mehr vorkommen.

Die klassische „Hochmoorart“ *S. magellanicum* z. B. wächst in den Ebbe-Mooren überwiegend unter minerotropen Bedingungen, d. h., an deutlich nährstoffreicheren Standorten als in den echten Hochmooren NW- und Mitteleuropas. Um über die Ökologie einzelner Arten verallgemeinerbare Aussagen machen zu können, muss man die Zusammenhänge berücksichtigen, in denen eine Art oder eine Gesellschaft jeweils vorkommt<sup>75</sup>. DIERSEN (1984) weist beispielsweise darauf hin, dass *S. magellanicum* im Schwarzwald in Nieder- und Übergangsmooren pH-Werte von 3,7 und in Hochmooren von 3,4 bevorzugt. Ähnlich verhalten sich auch die anderen „Hochmoorarten“. Und auch hinsichtlich der Nährstoffansprüche gelten derart deutliche Unterschiede.

Die in Tabelle 15 zusammengestellten Werte beziehen sich daher ausschließlich auf Übergangsmoor-Standorte der betreffenden Art und können auch nur mit Werten an entsprechenden Standorten anderer Mooregebiete verglichen werden.

<sup>73</sup> Sehr sensibel reagieren Moose auf unterschiedliche Wasserstände; sie sind daher gute Indikatoren für die jeweiligen hydrologischen Verhältnisse. Phanerogamen sind aufgrund ihres Wurzelbaues weit weniger von bestimmten Wasserständen abhängig. Insbesondere die beiden Wollgräser und das Pfeifengras wachsen bei sehr unterschiedlichen Wasserständen.

<sup>74</sup> Ausnahmsweise kommen Niedermoorarten im Bereich offenen Wassers (an Kolken, Schlenken oder Rüllen) auch inmitten des Hochmoores vor (sog. Niedermoor-Fenster) (siehe dazu MÜLLER 1976).

<sup>75</sup> COENEN (1981) schreibt (S. 161): „Die Grenze zwischen Hochmoor und Niedermoor verläuft nämlich mitten durch die Gesellschaften des *Sphagnion*...“

## 8. Literaturhinweis

- BERTRAM, R. (1988): Pflanzengesellschaften der Torfstiche nordniedersächsischer Moore und die Abhängigkeit von der Wasserqualität. – Diss. Bot., Bd. **126**, Berlin – Stuttgart.
- BICK, H. (1985): Die Moorvegetation der zentralen Hochvogesen. – Diss. Bot., Bd. **91**, Berlin – Stuttgart.
- BUDDE, H. (1926): Pollenanalytische Untersuchungen der Ebbe-Moore. – In: Verhandlungen des Naturhist. Vereins der preuß. Rheinlande und Westfalens, Bonn.
- COENEN, H. (1981): Flora und Vegetation der Heidegewässer und -moore auf den Maas-terrassen im deutsch-niederländischen Grenzgebiet. – Bonn.
- DIERSSEN, K. (1982): Die wichtigsten Pflanzengesellschaften der Moore NW-Europas. – Genf.
- DIERSSEN, B. & DIERSSEN, K. (1984): Vegetation und Flora der Schwarzwaldmoore. – Karlsruhe.
- DU RIETZ, G. E. (1954): Die Mineralbodenwasserzeigergrenze als Grundlage einer natürlichen Zweigliederung der Nord- und Mitteleuropäischen Moore. – In: Vegetatio, Nr. **5 / 6**, Den Haag.
- ELLENBERG, H. (1996): Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen. – Stuttgart.
- GIES, Th. (1972): Vegetation und Ökologie des Schwarzen Moores (Rhön) unter besonderer Berücksichtigung des Kationengehaltes. – Diss. Bot., Bd. **20**, Lehre.
- GÖTTLICH, K. (Hrsg.) (1990): Moor- und Torfkunde. – Stuttgart.
- GREMER, D. (1998): Renaturierungsprojekt Wurzacher Ried 1989 – 1993. – In: Ökologie und Schutz der Hochmoore im Erzgebirge. – Dresden.
- HÖLZER, A. (1977): Vegetationskundliche und ökologische Untersuchungen im Blindsee-Moor bei Schonach. – Diss. Bot., Bd. **36**, Vaduz.
- HÖLZER, A. (1982): Beziehungen zwischen chemischen Parametern des Moorwassers und Pflanzen in den Biberkessel-Mooren an der Hornisgrinde (Nordschwarzwald). – In: Telma, Bd. **12**, S. 37 ff., Hannover.
- JENSEN, U. (1961): Die Vegetation des Sonnenberger Moores im Oberharz und ihre ökologischen Bedingungen. – Hannover.
- JENSEN, U. (1987): Die Moore des Hochharzes. – In: Natur- und Landschaftspflege in Niedersachsen, Heft **15**, Hannover.
- KAULE, G. (1974): Die Übergangs- und Hochmoore Süddeutschlands und der Vogesen. – Diss. Bot., Bd. **27**, Lehre.
- MÜLLER, K. (1965): Zur Flora und Vegetation der Hochmoore des nordwestdeutschen Flachlandes. – In: Schriften Naturw. Verein Schl. Holstein, Nr. **36**, Kiel.
- MÜLLER, K. (1976): Zur Frage der „Mineralbodenwasserzeiger“ auf ombrogenen Moorkomplexen. – In: Schr. d. Bot. Inst. u. Bot. Gartens der Univ. Kiel.
- MÜLLER, N. (1999): Bedeutung natürlicher und anthropogener Säurequellen im Porenwasser des Roten Moores / Harz. – In: Telma, Bd. **29**, Hannover.
- OVERBECK, F. (1975): Botanisch-geologische Moorkunde. – Neumünster.
- RODERFELD, H. et. al. (1993): Vegetationsversuche mit Bunkerde – ein Beitrag zur Wiederbesiedlung teilabgetorfter Hochmoore mit hochmoortypischen Pflanzen. – In: Telma, Bd. **23**, Hannover.
- RUTHSATZ, B. (1996): Veränderungen der Vegetationsdecke eines Schwingrasens über Torfstichgelände nach Wassereinstau. – In: Tuexenia., NS., Nr. **16**, Göttingen.
- RUTHSATZ, B. & HOLZ, I. (1997): Dauerbeobachtung von Vegetation und Quellwasserchemismus im „Palmlbruch“ und „Oberluderbruch“ des NSG „Hangbrücher bei Morbach“ / Hunsrück - Ableitung von Schutz- und Monitoringkonzepten. – In: Decheniana, Bd. **150**, Bonn.
- SCHMIDT, W. (1993): Der Einfluß von Kalkungsmaßnahmen auf die Waldbodenvegetation. – In: LÖLF-Mitteilungen, **1 / 1993**, Recklinghausen.
- SIMBREY, J. & BAUMANN, W. (1985): Quellenuntersuchungen im Märkischen Kreis. – Veröffentlichung des Instituts für Umweltschutz und der Arbeitsgruppe Angewandte Ökologie an der Universität Dortmund, Dortmund.
- SJÖRS, H. (1950): On the relation between vegetation and electrolytes in north swedish mire waters. – In: Oikos, **2**, Lund.

- SUCCOW, M. (1988): Landschaftsökologische Moorkunde. – Berlin – Stuttgart.
- SPEIER, M. (1999): Das Ebbe-Gebirge – Vegetationskundliche und paläologische Untersuchungen zur Vegetations- und Landschaftsgeschichte des Hochsauerlandes. – In: Abhandlungen aus dem Westfälischen Museum für Naturkunde, 61. Jahrgang, Heft 4, Münster.
- TÜXEN, J. et. al. (1977): Beobachtungen über den Wasserhaushalt von Kleinstmooren. – In: Mitt. d. Florist. soz. Arbeitsgem., NF 19 / 20, Göttingen.
- WARNKE-GRÜTTNER, R. (1990): Ökologische Untersuchungen zum Nährstoff- und Wasserhaushalt in Niedermooren des westlichen Bodenseegebietes. – Diss. Bot., Bd. 148, Berlin – Stuttgart.
- WOLF, H. (1970 / 71): Die Schwarze Moorameise (*Formica transcaucasica*) im Rothensteiner Moor. – In: Der Sauerländische Naturbeobachter, Nr. 9, Lüdenscheid.
- ZICKERMANN, F. (1996): Vegetationsgeschichtliche, moorstratigraphische und pflanzensoziologische Untersuchungen zur Entwicklung seltener Moorökosysteme in Nordwestdeutschland. – In: Abhandlungen aus dem Westfälischen Museum für Naturkunde, 58. Jahrgang, Heft 1, Münster.

**Anschrift des Verfassers:**

Bernd SCHRÖDER, Am Kirchplatz 3 a, D-59519 Körbecke / Möhnesee

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Dortmunder Beiträge zur Landeskunde](#)

Jahr/Year: 2000

Band/Volume: [34](#)

Autor(en)/Author(s): Schröder Bernd

Artikel/Article: [Die Sphagnum papillosum-Gesellschaften der Ebbe-Moore / Südwestfalen - Struktur, Dynamik, Ökologie - 87-115](#)