

## Ein Niedermoor wächst über Hochmoortorf

### Die Vegetationsentwicklung am Südostrand des Pfrühlmooses zwischen Oberau und Eschenlohe nach einer Überschwemmung

WOLFGANG BRAUN

**Zusammenfassung:** Nach einem Starkregenereignis an der Westflanke des Estergebirges (Bayerische Alpen, Landkreis Garmisch-Partenkirchen) wurden die Niedermoorzone und Teile des angrenzenden Hochmoores an der Südostseite des Pfrühlmooses im Loisachtal überschwemmt und stark geschädigt. Mit Hilfe eines lückenlosen Transekts quer zum Hochmoorrand konnte die daraufhin einsetzende Regeneration 15 Jahre lang beobachtet werden. Dabei zeigte sich, dass sich das Niedermoor durch die Überflutung und teilweise Überdeckung mit mineralischen Sedimenten zu Ungunsten des Hochmoores ausgedehnt hatte. Nur eine schmale Zone des Hochmoorrandes konnte sich bisher regenerieren. *Trichophorum cespitosum* hatte sich auf den entstandenen Vegetationslücken stark vermehrt und sogar angrenzende Hochmoorteile neu besiedelt. Nach den geologischen Umständen zu urteilen, dürfte diese Niedermoor-Transgression in Zukunft weiter voranschreiten.

**Abstract:** After a heavy rainfall at the western slope of the Ester mountains (Bavarian Alps, district of Garmisch-Partenkirchen) the fen zone and parts of the adjacent raised bog on the SE-side of the Pfrühlmoos moor in the Loisach river valley were inundated and intensively damaged. By means of vegetation plot transect cross the raised bog border the following regeneration could be observed for 15 years. It could be shown that fen vegetation has replaced raised bog vegetation as a consequence of the inundation and partly covering by mineral sediments. Only a narrow zone of the raised bog border could regenerate. *Trichophorum cespitosum* had highly increased on the developed vegetation blanks and even newly settled parts of the adjacent raised bog. As geological matters stand, this fen transgression would precede in the future.

## 1 Einführung

Auf dem Weg von Eschenlohe (Landkreis Garmisch-Partenkirchen) über den landwirtschaftlich genutzten Schwemmkegel der Eschenlaine nach Süden öffnet sich dem Wanderer unvermittelt ein großartiger Blick über einen noch kaum von menschlichen Bauwerken veränderten Talraum (Abb. 1). Das von Gletschern der Eiszeit ausgeschürfte Loisachtal wird hier vom Ammergebirge mit dem Ettaler Mandl und der Kramerspitze an der Nordwestseite und vom Estergebirge mit gewaltigen Steilhängen an der Südostseite eingerahmt. Im Süden bildet das Wettersteingebirge mit der Zug- und Alpspitze einen eindrucksvollen Querriegel. Der Tal-

---

**Anschrift des Autors:** Dr. Wolfgang Braun, Schillerstraße 29, D-85757 Karlsfeld; E-mail: Wlfg. Braun@arcor.de



**Abb. 1:** Blick von Eschenlohe über den Mühlbach und das Pfrühlmoos zum Wettersteingebirge mit Zugspitze (2996 m). Links Estergebirge, rechts Kramerspitze (1985 m). Hinter dem Pfrühlmoos ist der unbewaldete Bergschuttkegel der Schindlerlaine zu erkennen, welche die weitere Ausdehnung des Hochmoores nach Süden verhindert. Links davor liegt das Mooregebiet mit dem beschriebenen Transekt.

boden wird von einem noch nahezu ungestörten Moorkomplex, dem Pfrühlmoos, geprägt. Dieses Hochmoor fügt sich zusammen mit seinem Niedermoorgürtel harmonisch zwischen die laubholzreichen Auwälder der Loisach auf der einen und die Nadelwälder des Gebirgsfußes auf der anderen Seite ein.

Das Loisachtal ist hier naturräumlich gesehen Teil des Niederwerdenfelser Landes, welches selbst wiederum zu den Schwäbisch-Oberbayerischen Voralpen gehört (MEYNEN & SCHMIDHÜSEN 1962). Der ca. 75 ha große Hochmoorbereich des Pfrühlmooses nimmt mit einer Breite von etwa 250 bis 550 m und einer Länge von 2.200 m den Raum zwischen der Loisach und dem Fuß des Estergebirges ein. Er wird im Nordosten vom Mühlbach, im Südwesten von der Schindlerlaine begrenzt und zeichnet sich durch eine auffallend große, nur spärlich bestockte Hochmoorweite aus. In Gegensatz dazu tragen die Ränder weithin einen Gürtel mit Bergkiefern (Spirken und Latschen). Wegen des guten Erhaltungszustandes, der Größe und der beispielhaft schönen Zonierung wird das Moor von KAULE (1974) als national bedeutsam eingestuft. Die mittlere jährliche Niederschlagshöhe beträgt bei Oberau 1428 mm.

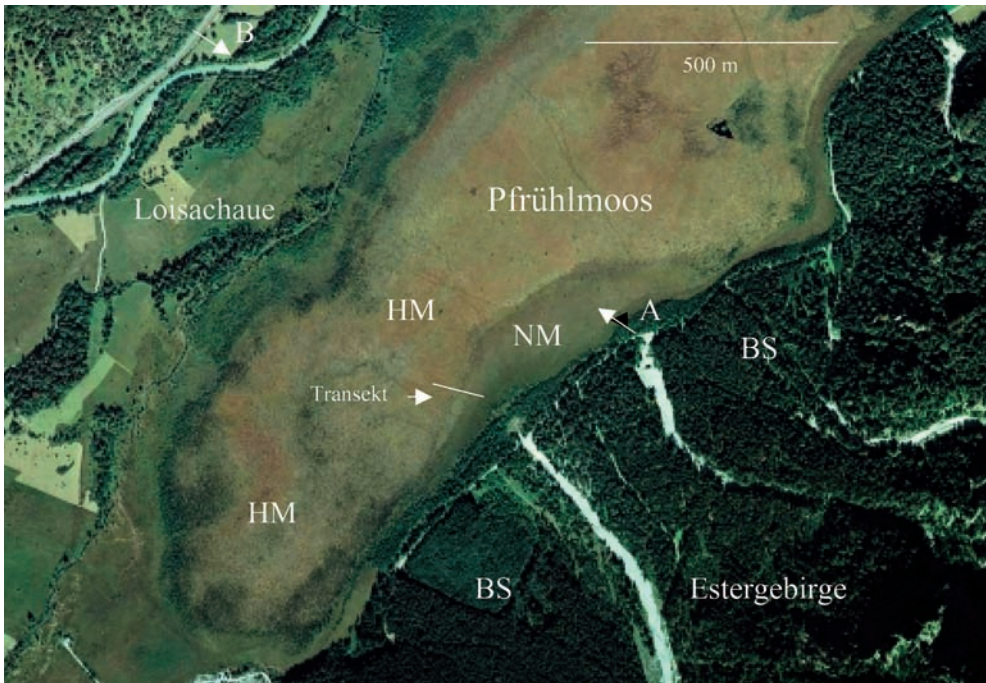
Bei vegetationskundlichen Kartierungen in den Jahren 1983, 1988 und 1993, die in Zusammenhang mit der Trinkwassergewinnung im Oberen Loisachtal durch die Stadt München veranlasst waren (BRAUN 1984–94, BRAUN & HEINZMANN 1988), fielen dem Autor oft Hunderte von Metern lange bandförmige Bestände mit einer *Trichophorum cespitosum*-reichen Vegetation an beiden Längsseiten des Pfrühlmooses auf, die pflanzensoziologisch teils zum Hoch-



**Abb. 2:** Ausweitung des Niedermoores auf Kosten des Hochmoors. Im Gegensatz zum gegenüberliegenden Hochmoorrand fehlt hier der Bergkieferngürtel. Das Transekt befindet sich im linken Viertel des Bildes bei den locker stehenden Schwarzerlen. Die Rasenbinsenbestände sind als bräunliche Flächen vor dem Hochmoorrand zu erkennen.

moor, teils zum Niedermoor gehörten. Obendrein erfuhr er von seinen das Moor stratigraphisch untersuchenden Kollegen (vgl. SCHUCH & HOHENSTATTER 1976), dass dort verbreitet Torflagerstätten erbohrt wurden, deren Wachstum wiederholt von Mineralbodeneinschwemmungen unterbrochen worden war. Auch im Bereich einer auffallenden Einbuchtung des Hochmoorrandes an der SO-Seite des Hochmoores wurde unter Niedermoorvegetation mit *Trichophorum*-Rasen Hochmoortorf mit Resten von *Sphagnum*, *Eriophorum vaginatum*, *Rhynchospora*, *Scheuchzeria palustris*, *Carex limosa* und *Pinus* erbohrt. Obendrein fehlt hier ein mit Bergkiefern bedecktes Hochmoorrandgehänge (Abb. 2). Am ca. 160 m entfernten Moorrand münden zwei Murenrinnen. Sie sind in der Abb. 3 deutlich als weiße Bänder zu erkennen. Nun lag die Vermutung nahe, dass die Rasenbinsen-Bestände, aber auch das beschriebene Niedermoor über Hochmoortorf mit Störungen zusammenhängen, die einerseits von der immer wieder über die Ufer tretenden Loisach, andererseits von den Berghängen des Estergebirges ausgehen.

Im Jahr 1984 wurde von der Bayerischen Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau (heute: Landesanstalt für Landwirtschaft, Freising) im Bereich der oben beschriebenen Einbuchtung des Hochmoorrandes ein Profil quer zur Achse des Loisachtals, also in SO–NW-Richtung, erarbeitet (Abb. 4). Es macht die vorstehend beschriebenen Verhältnisse anschaulich, vor allem die durch Mineralbodeneinschwemmungen getrennten Torflagerstätten im Untergrund und die in jüngerer Zeit erfolgte Transgression von Niedermoorvegetation über Hochmoortorf sowohl an der der Loisach zugewandten NW-Seite (mit Kalkflachmoor, Rasen-



**Abb. 3:** Lage des Transekts und des Profils, dessen Endpunkte mit kleinen Pfeilen und den Buchstaben A und B gekennzeichnet sind. HM = Hochmoor, NM = Niedermoor, BS = Bergschuttkegel (Genordete Kartengrundlage: © Bayerische Vermessungsverwaltung).

binsenmoor und Spirkenwald, dessen Unterwuchs von Niedermoorpflanzen beherrscht wird, *Carex lasiocarpa*-*Pinus rotundata*-Gesellschaft), als auch an der SO-Seite (mit Fadenseggen- und Großseggenried).

Ein besonderes Ereignis veranlasste den Autor schließlich, die Entstehung der geschilderten Niedermoorvegetation über Hochmoortorf genauer zu untersuchen. Zu Beginn des Monats August 1986 führte ein Gewitter mit starken Regengüssen zu Murenabgängen an der Nordwestflanke des Estergebirges. Einer dieser Ströme aus Wasser, Bergschutt (überwiegend Hauptdolomit der alpinen Trias), Schluff und Ton riss dabei eine schon seit früheren Murenabgängen vorhandene, aber bereits halbwegs vernarbte Schneise durch den Bergmischwald erneut auf und ergoss sich in das unten angrenzende Niedermoor. Das grobe Material blieb am Hangfuß liegen und bildete einen Schuttfächer, der sich bis etwa 20 Meter über den ursprünglichen Moorrand hinaus schob. Vor dem Murenrand wurde der Niedermoorstreifen zwischen Hangfuß und Hochmoor, aber auch Teile des angrenzenden Hochmoors von einer Hochwasserwelle überschwemmt und dabei mit einer schluffigen Mineralbodenschicht bedeckt. Diese dünnte mit zunehmender Entfernung vom morphologischen Murenende bis zu einem feinen Film aus. Weitere Bereiche des Hochmoors wurden von Wasser beeinflusst, das zwar von der Vegetation gefiltert, aber dennoch mineralstoffhaltig war.

In der Folge starben viele Nieder- und Hochmoorpflanzen ab. Andere überstanden diese Katastrophe und kämpften um ihr Überleben. Der Randbereich des Hochmoors war bald

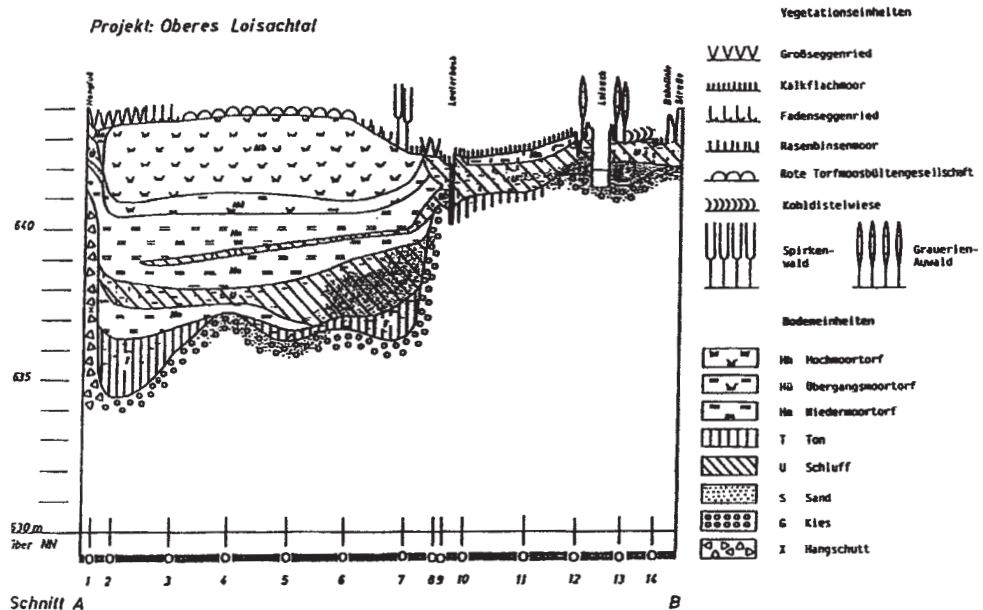


Abb. 4: Profil durch das Pfrühlmoos und die Loischachau ca. 260 - 275 m nördlich des Transekts, Länge 980 m, Ausrichtung SO – NW (A - B).

von abgestorbenen Torfmoosdecken geprägt. Kleine Latschenbüsche verloren ihre Nadeln und starben nach und nach ab. *Eriophorum vaginatum*-Horste kümmernten. Nach drei Jahren zeigten sich aber auch erste Anzeichen einer Regeneration in Form von Neuansiedlungen und Erholung vorher geschädigter Pflanzen. Damit wurde deutlich, dass in den folgenden Jahren hier eine interessante Vegetationsentwicklung zu erwarten war. Mit deren Beobachtung ließen sich mehrere Fragen klären, wie

- a) Welche Arten sterben bei einem derartigen Ereignis und welche überstehen die Überflutung?
- b) Mit welcher Geschwindigkeit regeneriert sich die Vegetation?
- c) Mit welchen Arten und in welcher Reihenfolge erfolgt dies?
- d) Wird die Niedermoorvegetation einen Teil des ehemaligen, jetzt aber mineralstoffbeeinflussten Hochmoors erobern?
- e) Wie wurden die pH-Werte verändert und wie entwickeln sie sich danach?
- f) Haben die *Trichophorum cespitosum*-Bestände etwas mit Überschwemmungen zu tun?

## 2 Methoden

Dafür wurde im Jahr 1989 gemäß den Vorschlägen von PFADENHAUER et al. (1989) ein einreihiges, lückenloses Transekt von 65 Metern Länge quer zur Zonierung am Hochmoorrand gelegt, und zwar an einer Stelle, wo der Standortsgradient relativ steil und die Zonen dadurch nicht so breit wie anderswo waren (Abb. 3). Die Markierung der Endpunkte erfolgte mit Holzpflöcken und zusätzlich versenkten Magneten, die jederzeit mit Hilfe einer Geländeskizze

und eines Metalldetektors aufgefunden werden können. Später wurden auch die GPS-Daten ermittelt. Dieses Transekt befindet sich zudem nur 260–275 m südlich des oben beschriebenen Moorprofils.

Untersucht wurden jeweils 1 qm große Teilflächen (TF), die in dem Transekt aufgereiht sind. Dabei konnten die Dominanzgrade der einzelnen Pflanzenarten nach BRAUN-BLANQUET (1964) und die Deckungsverhältnisse der gesamten Kraut- und Mooschichten geschätzt werden ( $5 = >3/4$  der Fläche deckend,  $4 = 1/2-3/4$ ,  $3 = 1/4-1/2$ ,  $2 = 1/20-1/4$  deckend oder sehr zahlreich,  $1 = <1/20$  deckend aber zahlreich,  $+$  = spärlich,  $r$  = ganz vereinzelt). Zusätzlich wurden die pH-Werte des Moorwassers gemessen und sonstige Erscheinungen, wie abgestorbene Torfmoose, sichtbare Ablagerungen von Schluff oder Treibgut, das Auftreten von Kamhäuten auf dem Schlenken- bzw. Tümpelwasser u. a. notiert. Die pH-Messungen erfolgten mit einer Glaselektrode eines tragbaren Mikroprozessor pH-Meters. Gemessen wurde im meist vorhandenen, oberflächlich stehenden Wasser. Sofern solches nicht zur Verfügung stand, wurde die Elektrode in Wasser gehalten, das beim vorsichtigen Niederdrücken der Vegetation austrat.

Die Geländetermine waren der 10. und 11. Juli 1989, 29. und 30. Juli 1991, 19. und 20. Juli 1994, 16. und 23. September 1999 und 21. und 22. Juli 2004. Am 31. Juli 2007 wurden die Mooroberfläche eingemessen und die Moorprofile erbohrt.

Da der nasse und weiche Moorboden sehr trittempfindlich ist, erfolgten die Untersuchungen von den Seitenrändern des Transekts aus, so dass die Teilflächen selbst nicht betreten werden mussten. Außerdem ermöglichten die relativ langen Intervalle zwischen den Beobachtungsterminen der Vegetation an den betretenen Stellen außerhalb der Probeflächen nicht nur sich immer wieder vollständig zu regenerieren, sondern auch zusammen mit den Beobachtungspartzen ungestört weiter zu entwickeln.

Zur vergleichenden Auswertung wurden die Einzelaufnahmen in Tabellen zusammengestellt und die Arten nach ökologischen Gesichtspunkten angeordnet. Dabei bildeten sich folgende Gruppen heraus:

- a) Hochmoor-Bultarten: Diese umfassen Kennarten der Oxycocco-Sphagnetea soweit sie zu den Blütenpflanzen gehören.
- b) Hochmoor-Schlenkenarten: Hierher gehören die Charakterarten des Rhynchosporion-Verbandes.
- c) Niedermoorarten: Sie enthalten Scheuchzerio-Caricetea-Arten mit Ausnahme der Rhynchosporion-Arten.
- d) Streuwiesenarten u. a.: Hierher gehören an erster Stelle Kennarten der Molinio-Arrhenatheretea. Dazu wurden aber auch Pflanzen anderer offener Lebensräume gestellt, deren Samen anscheinend mit dem Überflutungswasser von außen in das Moor eingeschwemmt worden waren.
- e) Gehölze: Die beobachteten Keimlinge und Jungpflanzen von Gehölzen weisen auf die Baum- und Strauchbestände in der Umgebung des Transekts hin. Erfahrungsgemäß ist den meisten davon in dieser Umgebung allerdings keine lange Lebensdauer beschieden. Höhere Lebenserwartung haben nur *Pinus mugo* und *Calluna vulgaris*.
- f) Kryptogamen: Im westlichen Bereich des Transekts dominieren Torfmoose, überwiegend Charakterarten von Hochmoor-Bulten. Im östlichen Bereich leben vor allem Braunmoose. Die meisten davon sind Charakterarten von Kalkflachmooren (Tofieldietalia), z.B. *Drepanocladus cossonii*, *Campylium stellatum* und *Fissidens adianthoides*. Zwischen allen

konnten oft winzige Lebermoose, wie *Aneura pinguis*, *Gymnocolea inflata*, *Leiocolea alpestris*, *Lophozia ventricosa* und *Riccardia chamaedryfolia* entdeckt werden. Dazu wurden gelegentlich in Erscheinung tretende Algen- und Pilzarten notiert.

Im Rahmen dieser Arbeit wäre die Wiedergabe aller 325 Aufnahmen zu umfangreich. Deshalb wurde die tabellarische Darstellung der Vegetationsentwicklung auf jeweils vier Dauerflächen beschränkt, die für die unten beschriebenen sechs Abschnitte des Transekts besonders charakteristisch erschienen, auch wenn mit dieser Auswahl nicht alle erwähnenswerten Details dargestellt werden konnten. Ebenso wird auf die Aufnahmen von 1991 verzichtet. Dadurch zeigen die einzelnen Spalten der Tabellen 1–6 Entwicklungsschritte von jeweils genau 5 Jahren. Die vollständigen Tabellen sind in der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft, Freising, hinterlegt.

Die Nomenklatur der Blütenpflanzen richtet sich nach der Standardliste von WISSKIRCHEN & HAEUPLER (1998), die der Moose nach der Referenzliste der Moose Deutschlands von KOPERSKI et al. (2000). Die verwendeten syntaxonomischen Einordnungen entstammen der Vegetationsgliederung von OBERDORFER (1998).

### 3 Ausgangssituation

Das Transekt befindet sich bei etwa 644 m über NN und durchschneidet den Südostrand des Pfrühlmooses in WNW–OSO-Richtung (Abb. 3). Auf der Strecke von 65 m fällt die Oberfläche um 30 cm ab.

Bohrungen ergaben, dass unter der Oberfläche überall Hochmoortorf liegt. Dieser ist im westlichen Teil ca. 3 m, im östlichen Bereich ca. 2 m mächtig. Darunter liegen Übergangsmoor- und Niedermoor. Die Obergrenze des Mineralbodens (Schluff) befindet sich zwischen 5,5 und 6,0 m unter der Mooroberfläche. Durch frühere Überschwemmungen und das letzte derartige Ereignis ist der Hochmoortorf im östlichen Bereich des Transekts mit einer wenige Zentimeter dicken, mineralischen Schluffschicht bedeckt. Diese dünnt nach Westen hin aus und verschwindet schließlich.

Selbstverständlich liegen von der Vegetation des Transekts vor der Überschwemmung keine detailgenauen Beschreibungen vor. Vorhanden ist jedoch eine Kartierung der großflächig auftretenden Pflanzengesellschaften des Pfrühlmooses aus dem Jahr 1983 im Maßstab 1:10.000. Außerdem ließ sich die Vegetationszonierung im Bereich des Transekts auch nach der Überschwemmung an Hand der überlebenden hochwüchsigen Blütenpflanzen und der abgestorbenen Torfmoosrasen, die teilweise bis zum Jahr 1994 sichtbar blieben, noch gut rekonstruieren.

Demzufolge lag der Rand des geschlossenen, heute noch wachsenden Hochmoores mit einer Torfmoos-Bultengesellschaft (*Sphagnetum magellanici*) früher weiter südöstlich. Ihr folgte in Richtung Moorrand ein Übergangsmoorgürtel, in dem Schlenken dominiert von *Rhynchospora alba*, *Carex limosa* und *Scheuchzeria palustris* mit Torfmoosbulten abwechselten. Dann kam eine *Trichophorum cespitosum*-Gesellschaft, die sich durch Arten wie *Eriophorum latifolium*, *Carex panicea* und *Carex flava* agg. als Kalkflachmoor zu erkennen gab. Die nächste Zone war ein oligotrophes Großseggenried mit *Carex elata*, *Carex lasiocarpa* und *Carex rostrata*. Die letzten 30 Meter bis zum Moorrand nahm ursprünglich eine relativ eutrophe *Equisetum fluviatile*-Gesellschaft mit *Galium palustre*, *Lysimachia thyrsoflora*, *Lycopus europaeus* u. a. Phragmitetea-Arten ein, die locker mit Schwarzerlen überstellt war.

Das Transekt beginnt von der Mitte des Pfrühlmooses aus gesehen im bis heute erhalten gebliebenen Hochmoorbereich und erstreckt sich in östlicher Richtung über ehemalige, heute gestörte oder vernichtete Hochmoorteile und die ehemalige schlenkenreiche Übergangsmoorzone sowie die alte *Trichophorum*-Zone bis in den großseggenreichen Gürtel. Der *Equisetum fluviatile*-Gürtel wird von dem Transekt nicht erreicht. Er wurde durch die Folgen der Überflutung zwar lückig, blieb in seiner grundlegenden Struktur jedoch erhalten.

#### 4 Die Entwicklung der Pflanzenbestände auf den Teilflächen

Nach einer Beobachtungsdauer von 15 Jahren ließ sich das Transekt von 65 m Länge in sechs Abschnitte unterteilen, die durch jeweils ähnliche Ausgangssituationen und Vegetationsentwicklungen gekennzeichnet waren.

##### 4.1 Zone 1 ohne erkennbare Schädigung der Torfmoosdecke

Tab. 1

Der Anfang des Transekts wurde bewusst in einen Hochmoorbereich gelegt, der von den Auswirkungen des Murenabgangs nicht sichtbar beeinflusst worden war. Die Zone 1 (TF 1-6) blieb wegen ihrer relativen Höhe und ihrer Entfernung vom Moorrand vor Überflutung ver-

Tab. 1: Vegetationsentwicklung in Zone 1 (kaum geschädigtes Hochmoor).

Dauerfläche	1				2				3				4			
<b>Jahr</b>	<b>89</b>	<b>94</b>	<b>99</b>	<b>04</b>	<b>89</b>	<b>94</b>	<b>99</b>	<b>04</b>	<b>89</b>	<b>94</b>	<b>99</b>	<b>04</b>	<b>89</b>	<b>94</b>	<b>99</b>	<b>04</b>
pH-Wert	3,8	4,3	4,1	3,9	4,2	4,1	3,9	3,5	3,5	4,2	3,9	3,6	3,6	4,0	4,0	3,9
Krautschicht (%)	25	40	40	35	25	35	35	35	25	35	35	35	25	30	30	35
Mooschicht (%)	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99
Abgestorbene Sphagnen	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Schluffablagerungen	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Kamhüte	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<b>Artenzahl</b>	<b>11</b>	<b>11</b>	<b>10</b>	<b>12</b>	<b>9</b>	<b>11</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>10</b>	<b>12</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>8</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>11</b>
<b>Bültenarten</b>																
<i>Eriophorum vaginatum</i>	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
<i>Andromeda polifolia</i>	1	2	1	+	1	1	+	+	1	2	1	+	1	2	1	+
<i>Drosera rotundifolia</i>	1	+	+	1	.	1	+	+	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Vaccinium oxycoccum</i>	+	+	+	+	.	+	+	.	+	+	+	1	.	+	+	1
<b>Schlenkenarten</b>																
<i>Rhynchospora alba</i>	1	3	3	3	1	2	2	2	1	1	2	2	2	2	2	2
<i>Scheuchzeria palustris</i>	.	.	.	+	+	+	+	+	.	+	+	+	.	+	+	+
<i>Carex limosa</i>	.	+	.	.	+	+	+	+	.	.	+	+	.	.	.	.
<b>Niedermoorart</b>																
<i>Trichophorum cespitosum</i>	.	+	1	1	.	.	.	.	.	+	+	+	.	+	+	+
<b>Gehölze</b>																
<i>Calluna vulgaris</i>	+	1	1	1	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Picea abies</i> j.	.	.	.	r	.	.	.	r	.	+	.	.	.	.	.	.
<i>Acer pseudoplatanus</i> j.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.
<b>Kryptogamen</b>																
<i>Sphagnum magellanicum</i>	5	5	5	5	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5
<i>Sphagnum papillosum</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	+	1	1	1
<i>Sphagnum rubellum</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Sphagnum cuspidatum</i>	.	.	.	.	2	2	2	2	+	.	.	+	.	.	.	.
<i>Sphagnum tenellum</i>	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.
<i>Trichoglossum hirsutum</i>	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Sphagnum capillifolium</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.
<i>Hypholoma udum</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r



schont, so dass die Torfmoosdecke unbeschädigt blieb und sich ungestört weiter entwickeln konnte. Auch blieben die pH-Werte stets im hochmoortypischen Bereich zwischen 3,5 und 4,9. In den Jahren 1991 und 1994 trat *Andromeda polifolia* stärker in Erscheinung. Ab dem Jahr 1994 siedelten sich hier mit Ausnahme von TF 2 *Trichophorum cespitosum* und auf einigen Probeflächen auch *Scheuchzeria palustris* und *Carex limosa* neu an. Außerdem vermehrte sich *Rhynchospora alba*. Das alles legt die Vermutung nahe, dass infolge der Sedimentablagerungen im Niedermoorbereich der mittlere Moorwasserspiegel in der Hochmoor-Randzone angehoben geworden ist.

#### 4.2 Zone 2 mit Schädigung und Regeneration der Torfmoosdecke Tab. 2

Die Zone 2 (TF 7 bis 11) wurde von offenbar mineralstoffhaltigem, aber durch die Vegetation gefiltertem Wasser überschwemmt. Dies kam durch abgestorbene Torfmoosrasen und bis auf ca. 15 % reduzierte Deckungsgrade der Mooschicht zum Ausdruck. Überlebt hatten am ehesten die Moose auf Bulten. Trotzdem blieben die pH-Werte im hochmoortypischen Bereich (3,6–4,1). *Trichophorum* musste erst einwandern, auf den tiefer gelegenen Teilflächen 9-11 bis 1991, auf den TF 7 und 8 bis 1994. Die TF 7 bis 9 enthielten Schlenken, was sich im Vorkommen von *Sphagnum cuspidatum* und die relativ hohen Deckungsgrade von *Rhyn-*

**Tab. 2:** Vegetationsentwicklung in Zone 2 (teilgeschädigtes, sich regenerierendes Hochmoor).

Dauerfläche	8				9				10				11			
Jahr	89	94	99	04	89	94	99	04	89	94	99	04	89	94	99	04
pH-Wert	4,1	4,2	4,0	3,8	3,6	4,3	4,0	4,0	3,6	4,1	4,1	3,8	3,8	4,0	4,1	3,9
Krautschicht (%)	25	30	25	35	25	30	25	25	25	35	25	25	25	30	30	35
Mooschicht (%)	35	80	80	98	15	70	70	99	20	90	99	99	30	95	99	99
Abgestorbene Sphagnen	v	.	.	.	v	.	.	.	v	.	.	.	v	.	.	.
Schluffablagerungen	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Kamhüte (v = vorhanden)	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<b>Artenzahl</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>13</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>11</b>	<b>11</b>	<b>10</b>
<b>Bültenarten</b>																
<i>Eriophorum vaginatum</i>	2	2	1	2	2	2	1	1	2	2	1	1	2	2	2	2
<i>Andromeda polifolia</i>	1	1	+	.	1	2	1	r	1	2	1	+	1	2	1	+
<i>Vaccinium oxycoccos</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Drosera rotundifolia</i>	+	+	+	1	+	+	+	+	+	1	+	1	+	+	+	+
<b>Schlenkenarten</b>																
<i>Rhynchospora alba</i>	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	2	1	1	1
<i>Scheuchzeria palustris</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	.	.	r	r	.	.	.
<i>Carex limosa</i>	.	.	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<b>Niedermoorart</b>																
<i>Trichophorum cespitosum</i>	.	1	+	+	.	1	1	+	.	2	2	2	.	1	1	2
<b>Gehölze</b>																
<i>Calluna vulgaris</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	1	2	2
<i>Picea abies</i> j.	.	r	r	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.
<b>Kryptogamen</b>																
<i>Sphagnum magellanicum</i>	3	4	4	4	2	4	4	4	2	4	5	5	3	5	5	5
<i>Sphagnum papillosum</i>	+	+	+	+	+	1	1	1	+	2	2	1	+	1	2	1
<i>Sphagnum rubellum</i>	.	.	.	.	+	+	+	+	+	1	+	+	+	1	1	+
<i>Sphagnum cuspidatum</i>	+	2	2	2	+	+	2	2	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Sphagnum tenellum</i>	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	+	+	+	.
<i>Gymnocolea inflata</i>	.	.	+	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Trichoglossum hirsutum</i>	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

*chospora alba* zeigte. Die TF 11 war durch einen Bult mit *Calluna vulgaris* geprägt. Dieser Zwergstrauch breitete sich im Laufe der Jahre immer weiter aus. Im Jahr 1991 waren keine toten Torfmoose mehr zu erkennen. Bis zum Jahr 2004 hatten sich die Torfmoosdecken weitgehend erholt. Bei den Blütenpflanzen fielen nur eine vorübergehende Zunahme von *Andromeda polifolia* sowie das Einwandern und eine mäßige Vermehrung von *Trichophorum cespitosum* auf.

In der nur schwach geschädigten Zone 2 konnten die verbliebenen Torfmoose die Lücken rasch wieder schließen. Die stark geschädigte Hochmoorzone dagegen zerfiel im Laufe einer Periode von 18 Jahren nach der Katastrophe in zwei Bereiche. Die obere (Zone 3) zeichnete sich durch eine allmähliche Rückbildung des Hochmoores aus. Das Einsetzen von Torfmooswachstum erfolgte zu unterschiedlichen Zeiten in Abhängigkeit von der Entfernung zum unzerstörten Hochmoorrand. Dabei sanken die pH-Werte ganz erheblich auf das für Hochmoore typische Niveau. Der Bereich, in dem der pH-Wert umschlug, rückte im Laufe des Beobachtungszeitraums jährlich um durchschnittliche  $1\frac{3}{4}$  m vor. Der untere Bereich (Zone 4) zeigte dagegen Entwicklungen zu einem Kalkflachmoor. Es ist die Zone, in der mineralische Sedimente lange noch sichtbar blieben und in der die pH-Werte im Laufe der Entwicklung nur geringfügig zurückgingen. Die 17 Meter der Zone 4 hatte das Niedermoor durch die Überschwemmung anscheinend dauerhaft dazu gewonnen. Der Hochmoorrand dürfte hier hinein nur noch sehr langsam wenn überhaupt vorrücken.

### 4.3 Zone 3 mit starker Reduktion und Erholung der Torfmoosdecke Tab. 3

Die TF 12 bis 30 hatten folgende Gemeinsamkeiten: Die Moosdecken waren im Jahr 1989 auf winzige Relikte (Maximum 3%) zusammengeschrumpft oder fehlten ganz. Entsprechend großflächig traten die abgestorbenen Sphagnum in Erscheinung. Tote Torfmoose waren sogar noch im Jahr 1991 zu erkennen. Durch den Verlust der Moose waren die Artenzahlen in einigen TF erheblich gesunken (Minimum 5). Die pH-Werte waren auf 4,6 bis 7,0 angestiegen. Die erneute Vermehrung der Torfmoose hatte auf den TF 12 bis 16, 18 und 19 im Jahr 1994, auf den TF 17, 20 bis 28 (Ausnahme TF 26) im Jahr 1999 und auf den TF 29 und 30 erst im Jahr 2004 eingesetzt. Dadurch wurden bis zum Jahr 2004 bei der ersten Gruppe fast 100 %, bei der zweiten bis 95 % und bei der letzten bis 10 % Deckung erreicht. Gleichzeitig waren auf den meisten TF die Artenzahlen wieder gestiegen und die pH-Werte auf 3,7 bis 3,9 gesunken, in der letzten Gruppe nur auf 4,0 bis 4,2. Bei den Blütenpflanzen fiel ein zumeist sprunghaftes Einsetzen von *Trichophorum cespitosum* bis zum Jahr 1991 auf. Andererseits zeigten Bult- und Schlenkenarten abnehmende Tendenz, die bis zum Ausfall von Arten im letzten Untersuchungsjahr führte. Anscheinend waren sie den neuen Standortverhältnissen nicht gewachsen. *Andromeda polifolia* zeigte eine Erholungsphase in den Jahren 1991 bis 1999. Auf der TF 27 und den folgenden traten vereinzelt Arten mit verschiedener synsystematischer Zugehörigkeit (Streuwiesenarten u. a.) auf, wie *Eupatorium cannabinum*, *Crepis paludosa* und *Calamagrostis varia*. Deren Samen waren offenbar aus den Bereichen oberhalb des Moores eingetragen worden. Auf den TF 19, 21 und 26 bis 30 hatten sich im Jahr 1989 noch Reste von absterbenden *Pinus mugo*-Sträuchern am Leben erhalten. Diese starben bis 1991 bzw. 1994 aber auch noch ab (Ausnahme TF 28 und 30). Eine Ersatzpflanze hatte sich bis 1994 auf der TF 26 angesiedelt. Diese war nach zehn Jahren so groß geworden, dass sie auch noch in die Nachbarparzelle (TF 27) ragte.

**Tab. 3:** Vegetationsentwicklung in Zone 3 (weitgehend zerstörtes, sich regenerierendes Hochmoor).

Dauerfläche	21				22				23				24			
Jahr	89	94	99	04	89	94	99	04	89	94	99	04	89	94	99	04
pH-Wert	5,7	4,5	4,2	3,8	6,7	4,6	4,8	3,8	6,2	4,6	4,4	3,7	6,5	4,7	4,8	3,8
Krautschicht (%)	25	65	70	40	25	65	60	35	25	70	65	35	15	35	40	35
Mooschicht (%)	+	.	4	50	2	5	40	40	.	+	5	40	+	.	20	40
Abgestorbene Sphagnen	v	.	.	.	v	.	.	.	v	.	.	.	v	.	.	.
Schluffablagerungen	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Kamnhäute (v = vorhanden)	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<b>Artenzahl</b>	<b>7</b>	<b>6</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>11</b>	<b>8</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>9</b>	<b>13</b>	<b>14</b>
<b>Bültenarten</b>																
<i>Eriophorum vaginatum</i>	2	+	+	+	2	+	+	+	2	+	+	1	2	+	+	+
<i>Andromeda polifolia</i>	1	2	2	r	+	2	2	+	+	2	2	.	+	2	1	r
<i>Vaccinium oxycoccos</i>	+	+	+	+	+	+	2	1	+	1	1	1	+	1	1	+
<i>Drosera rotundifolia</i>	+	+	r	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	1	+
<b>Schlenkenarten</b>																
<i>Rhynchospora alba</i>	+	.	.	.	+	.	+	+	+	.	.	.	1	2	+	+
<i>Scheuchzeria palustris</i>	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	r	r	1	+	+	r
<i>Carex limosa</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.
<b>Niedermoorarten</b>																
<i>Trichophorum cespitosum</i>	.	4	4	3	.	4	3	3	.	4	4	3	.	2	3	3
<i>Drosera anglica</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	1	+	.
<b>Streuwiesenarten u. a.</b>																
<i>Eupatorium cannabinum</i>	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<b>Gehölze</b>																
<i>Calluna vulgaris</i>	.	r	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	1	+
<i>Picea abies</i> j.	.	.	r	.	.	.	r	.	.	r	r	.	.	.	r	r
<i>Pinus mugo</i> j.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Acer pseudoplatanus</i> j.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r
<b>Kryptogamenarten</b>																
<i>Sphagnum magellanicum</i>	+	.	1	3	+	.	2	2	.	.	1	3	.	.	.	+
<i>Sphagnum papillosum</i>	.	.	.	1	+	1	1	1	.	.	+	+	r	.	2	3
<i>Sphagnum rubellum</i>	.	.	.	.	+	1	3	3	.	.	.	2	.	.	.	.
<i>Riccardia chamaedryfolia</i>	.	.	+	.	.	.	+	.	.	.	+	+	.	.	1	+
<i>Sphagnum tenellum</i>	.	.	.	1	+	1	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Polytrichum strictum</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+
<i>Trichoglossum hirsutum</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.
<i>Aneura pinguis</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.

Zwischen den Zonen 3 und 4 hatte sich am Ende der Beobachtungszeit (Abb. 5) ein starker Gegensatz herausgebildet. In einem Bereich von nur 6 Metern änderte sich der pH-Wert um zwei Stufen, nämlich von 4,2 (TF 30) auf 6,2 (TF 35). In geringer Distanz sprangen die Säuregrade von hochmoortypischen Werten auf niedermoortypische. Dementsprechend wuchsen an der Nahtstelle dicht neben Torfmoosen Kalkflachmoorarten. Dieser kleinräumige Übergang ist für südbayerische Niedermoores charakteristisch und hängt mit dem geringen Puffervermögen kalkreich-oligotropher Torfböden zusammen (BRAUN 1968, DIERSSEN 1988). Durch die Überschwemmung war vorübergehend eine weite Übergangszone entstanden, die am Ende der Beobachtungszeit wieder eingeeengt worden war.

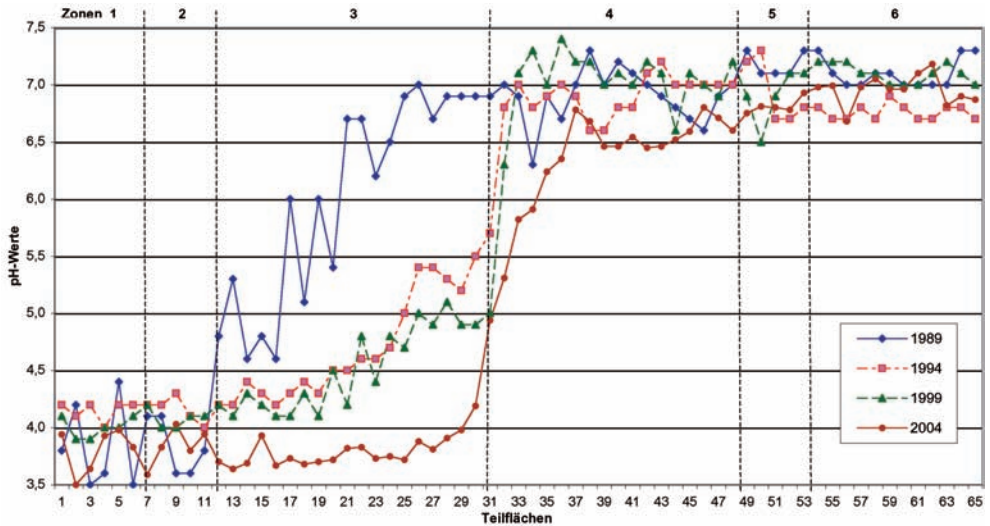


Abb. 5: pH-Werte auf den Teilflächen der Zonen des Transekts.

#### 4.4 Zone 4 mit abgestorbenen Torfmoosen und Entwicklung zum Kalkflachmoor Tab. 4

Die TF 31 bis 48 zeichneten sich dadurch aus, dass zumindest im ersten Beobachtungsjahr (1989) abgestorbene Torfmoosrasen zu erkennen waren, auf den TF 35 bis 41 auch noch im zweiten (1991) und auf den TF 42 bis 47 sogar noch im dritten (1994). Gleichzeitig waren reichlich Hochmoorbult- und Schlenken-Arten vorhanden. *Eriophorum vaginatum* trat dabei meistens mit dem Deckungsgrad 2 auf. *Pinus mugo* war anfangs auf zwei Teilflächen vorhanden. Deshalb ist anzunehmen, dass hier vor der Überflutung eine Hochmoorbult-Schlenken-Vegetation herrschte. Im Gegensatz zur Zone 3 trat jedoch keine Entwicklung zu einem torfmoosreichen Moor auf, sondern eine zum Kalkflachmoor. Das zeigte sich im Laufe des Beobachtungszeitraums an abnehmenden Artenzahlen und Deckungsgraden von Bult- und Schlenkenarten sowie in der Einwanderung von immer mehr Charakterarten der Kalkflachmoore und deren Ausbreitung. Dazu gehörten u. a. *Drosera anglica*, *Eriophorum latifolium*, *Juncus alpinus*, *Equisetum variegatum*, *Carex panicea*, *C. lepidocarpa*, *C. flava* s. str., *Parnassia palustris*, *Tofieldia calyculata* und *Epipactis palustris*. Zusätzlich tauchten typische Moose auf wie *Campyllum stellatum*, *Drepanocladus cossonii* und *Fissidens adianthoides*. Gleichzeitig vermehrte sich *Trichophorum cespitosum* erheblich auf den durch Überschlückung entstandenen Vegetationslücken und wurde zur dominanten Art. Ab der TF 41 erreichte es zuletzt Deckungsgrade um 65 %. Dabei stiegen die Artenzahlen auf den TF zumeist erheblich bis auf maximal 23 an. Insgesamt wurde dies bis zum Jahr 2004 der artenreichste Abschnitt des gesamten Transekts (vgl. Abb. 6). Die pH-Werte waren im Jahr 1989 auf 6,3 bis 7,2 gestiegen. Im Lauf des Beobachtungszeitraums sanken sie wieder, aber nur auf Werte zwischen 5,8 und 6,8, wenn man von den Übergangsparzellen 31 und 32 absieht (4,9 u. 5,3). Ab der TF 34 waren auch Schluffablagerungen sichtbar. Diese wurden nach und nach von neuen organischen Ablagerungen verdeckt, waren teilweise aber noch bis zum Jahr 2004 erkennbar. Daneben waren

Tab. 4: Vegetationsentwicklung in Zone 4 (Eratz des zerstörten Hochmoors durch Kalkflachmoor).

Dauerfläche	37				38				39				40			
Jahr	89	94	99	04	89	94	99	04	89	94	99	04	89	94	99	04
pH-Wert	7,0	6,9	7,2	6,8	7,3	6,6	7,2	6,7	7,0	6,6	7,0	6,5	7,2	6,8	7,1	6,5
Krautschicht (%)	15	30	45	45	20	35	45	45	15	30	35	30	20	25	40	35
Moosschicht (%)	+	+	10	5	+	+	20	5	+	.	5	5	+	.	1	1
Abgestorbene Sphagnen	v	v	.	.	v	v	.	.	v	v	.	.	v	v	.	.
Schluffablagerungen	v	v	.	.	v	v	v	.	v	v	v	.	v	v	v	.
Kamhüte (v = vorhanden)	v	.	v	.	v	.	v	.	v	.	v	v	.	.	v	v
<b>Artenzahl</b>	<b>8</b>	<b>11</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>21</b>	<b>17</b>	<b>9</b>	<b>11</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>10</b>	<b>9</b>	<b>16</b>	<b>14</b>
<b>Bültenarten</b>																
<i>Andromeda polifolia</i>	+	+	+	r	+	+	+	+	+	+	r	r	+	r	.	.
<i>Eriophorum vaginatum</i>	2	.	.	.	2	+	.	.	2	+	.	.	2	.	.	.
<i>Vaccinium oxycoccos</i>	r	.	+	.	.	.	+	.	.	.	r	.	r	.	.	+
<b>Schlenkenarten</b>																
<i>Scheuchzeria palustris</i>	+	+	.	+	+	+	+	+	1	+	+	1	+	+	+	1
<i>Carex limosa</i>	+	+	+	+	1	.	.	.	+	+	+	+	1	+	+	1
<i>Rhynchospora alba</i>	+	+	+	.	+	+	+	.	+	1	+	.	+	1	.	.
<b>Niedermoorarten</b>																
<i>Trichophorum cespitosum</i>	.	1	2	2	+	3	3	3	.	2	2	2	.	2	2	2
<i>Eriophorum latifolium</i>	.	2	1	1	.	+	+	+	.	+	+	1	.	+	+	1
<i>Juncus alpinus</i>	.	1	+	.	.	+	+	.	+	1	.	+	.	1	+	.
<i>Drosera anglica</i>	.	.	+	1	.	.	+	+	.	.	+	2	r	.	+	1
<i>Carex panicea</i>	.	.	2	2	.	.	+	1	.	.	.	1	.	1	2	2
<i>Carex flava</i> s. str.	.	.	2	1	.	.	.	.	.	+	1	+	.	+	+	+
<i>Utricularia minor</i>	.	.	2	1	.	.	1	+	.	.	1	1	.	.	.	.
<i>Tofieldia calyculata</i>	.	.	.	.	.	.	+	+	.	.	.	+	.	.	+	+
<i>Eriophorum angustifolium</i>	.	+	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r
<i>Equisetum variegatum</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	+	r	.
<i>Carex lepidocarpa</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	.	1	.
<i>Carex echinata</i>	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Epipactis palustris</i>	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Pinguicula vulgaris</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.
<i>Liparis loeselii</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r
<b>Streuwiesenarten u. a.</b>																
<i>Molinia coerulea</i>	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	1	.	.	r	+
<i>Eupatorium cannabinum</i>	.	.	.	.	r	.	+	1	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Campanula cochlearifolia</i>	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Campanula scheuchzeri</i>	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Calamagrostis varia</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.
<b>Gehölze</b>																
<i>Picea abies</i> j.	.	r	.	.	.	r	.	r	.	+	.	r	.	.	.	.
<i>Acer pseudoplatanus</i> j.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Betula pubescens</i> j.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Pinus mugo</i> j.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.
<b>Kryptogamen</b>																
<i>Catocopium nigratum</i>	+	+	1	1	+	+	+	.	+	.	.	.	+	.	.	.
<i>Drepanocladus cossonii</i>	.	.	.	1	.	+	2	1	.	.	1	1	r	.	+	.
<i>Campylium stellatum</i>	.	.	1	1	.	.	.	.	.	.	+	+	.	.	+	+
<i>Bryum pseudotriquetrum</i>	.	.	.	+	.	.	+	+	+	.	1	.	.	.	.	.
<i>Fissidens adiantoides</i>	.	+	1	1	.	.	+	1	.	.	+	.	.	.	.	.
<i>Aneura pinguis</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+
<i>Conocephalum conicum</i>	.	.	.	+	.	.	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Tortella tortuosa</i>	.	.	.	.	+	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Lophozia ventricosa</i>	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Tomenthypnum nitens</i>	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.
<i>Scytonema mirabile</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	.	.	.
<i>Ctenidium molluscum</i>	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Calliergonella cuspidata</i>	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.

auf den Wasserstellen Kamhüte zu beobachten, jene im Sonnenlicht wie Ölfilme schillernden Bakterienteppe. Sie fehlten in Bereichen mit niedrigen pH-Werten und erwiesen sich so als Indikatoren für mineralstoffhaltiges Wasser.

#### **4.5 Zone 5 mit Entwicklung zu einem rasenbinsenreichen Niedermoor Tab. 5**

Auf den TF 49 bis 53 tritt *Carex rostrata* als einzige Großsegge in Erscheinung. In die ersten beiden davon wanderte sie erst nach 1989 ein, auf den übrigen war sie anscheinend von Anfang an vorhanden, vermehrte sich dann in den Jahren 1991 und 1994, um dann zu Gunsten von *Trichophorum cespitosum* wieder zurückzuweichen. Die Rasenbinse erreichte in den Jahren 1999 und 2004 Deckungsgrade von mehr als 50 %. Die anfangs vorhandenen Bultarten gingen im Laufe der Beobachtungsjahre zurück, Schlenkenarten fehlten. Die Kalkflachmoorarten konnten sich vermutlich durch die Konkurrenz mit *Trichophorum* und *Carex rostrata* nicht so stark durchsetzen wie in der Zone 4. Die pH-Werte schwankten anfangs zwischen 7,1 und 7,3, am Ende zwischen 6,8 und 6,9. Die Artenzahlen stiegen von einem niederen Stand nur geringfügig auf maximal 19 an.

Die Zonen 5 und 6 mit *Carex rostrata* bzw. mit zusätzlicher *Carex elata* gehörten schon vor der Überschwemmung zum Niedermoor und blieben es auch danach. Allerdings hatte sich durch die Störung vor allem in Zone 5 *Trichophorum cespitosum* breit gemacht und bestimmte nun die Konkurrenzverhältnisse mit. Diese Art erwies sich, wie eingangs vermutet wurde, als Störungszeiger, der auf Überschwemmungen reagiert. Das vereinzelte, schwache Vorkommen von Hochmoorarten in den Zonen 5 und 6 weist darauf hin, dass im Untergrund Hochmoortorf vorhanden ist. Vermutlich handelt es sich hier um Relikte der früheren Vegetation, als der Hochmoorrand noch weiter südöstlich lag.

#### **4.6 Zone 6 mit Entwicklung zu einem großseggenreichen Niedermoor Tab. 6**

Auf den TF 54 bis 65 tritt zu *Carex rostrata* noch eine zweite Großsegge, nämlich *Carex elata* mod. *dissoluta*. Diese nichtbultige Modifikation der Steifsegge ist für kalkoligotrophe, sehr nasse Moorstandorte charakteristisch (BRAUN 1968). Auf den meisten TF war sie schon im Jahr 1989 vorhanden, auf den TF 56, 64 und 65 wanderte sie erst danach bis 1991 ein. Durch Vermehrung erreichte sie auf den TF 54 und 62 im Jahr 2004 Deckungsgrade über 50 %. Auf der TF 55 kam noch *Molinia caerulea* hinzu. Auf den übrigen Flächen hielten sich beide Großseggenarten die Waage. *Trichophorum cespitosum* konnte sich anscheinend wegen des hohen Wasserstandes nicht so entwickeln wie im vorhergehenden Abschnitt. Im Jahr 1989 gab es noch Relikte einer früheren Flachmoorvegetation, die dann abstarben, teilweise später jedoch durch Neuansiedlungen ersetzt wurden, wie *Eriophorum angustifolium* (TF 54, 57-60), *Eriophorum latifolium* (TF 60, 61), *Carex davalliana* (TF 58-61, 63) und *Juncus subnodulosus* (TF 61). Bis zum Jahr 2004 erreichten die Tofieldietalia-Arten ähnliche Artenzahlen wie im Abschnitt 5, mengenmäßig blieben sie jedoch meist auf niederem Niveau. Nur auf der TF 55 erreichten sie einen ähnlichen Anteil wie in Zone 5. Die Vegetation der TF 61 bis 65 entsprach am Ende des 15jährigen Beobachtungszeitraums einer Großseggen-Fazies des Juncetum alpini. Hochmoor-Bultarten wurden während der gesamten Beobachtungszeit nur vereinzelt angetroffen. Schlenkenarten fehlten abgesehen von *Scheuchzeria palustris* auf den TF 57, 58 und 61 bis 65. Unter den Streuwiesenarten traten *Molinia caerulea* und *Potentilla erecta* mit auffallend hoher Stetigkeit, aber mit Ausnahme von TF 55 nur mit geringen Deckungsgraden in

Tab. 5: Vegetationsentwicklung in Zone 5 (Rasenbinsenreiches Niedermoor).

Dauerfläche	49				50				51				52			
Jahr	89	94	99	04	89	94	99	04	89	94	99	04	89	94	99	04
pH-Wert	7,3	7,2	6,9	6,8	7,1	7,3	6,5	6,8	7,1	6,7	6,9	6,8	7,1	6,7	7,1	6,8
Krautschicht (%)	30	40	65	65	30	40	65	65	30	45	75	70	40	45	70	70
Mooschicht (%)	+	1	3	2	+	+	3	2	+	+	+	2	+	.	.	.
Abgestorbene Sphagnen	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Schluffablagerungen	v	.	.	.	v	.	.	.	v	.	.	.	v	.	.	.
Kamhüte (v = vorhanden)	.	.	.	.	v	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<b>Artenzahl</b>	<b>9</b>	<b>12</b>	<b>17</b>	<b>10</b>	<b>8</b>	<b>15</b>	<b>15</b>	<b>14</b>	<b>8</b>	<b>10</b>	<b>12</b>	<b>19</b>	<b>7</b>	<b>9</b>	<b>8</b>	<b>8</b>
<b>Büldenarten</b>																
<i>Andromeda polifolia</i>	.	+	+	+	+	+	+	+	+	1	1	+	+	1	+	+
<i>Vaccinium oxycoccos</i>	.	.	r	.	.	r	.	.	r	.	+	r	.	.	+	+
<i>Eriophorum vaginatum</i>	2	.	.	.	2	.	.	.	2	.	.	.	+	.	.	.
<b>Niedermoorarten</b>																
<i>Trichophorum cespitosum</i>	1	3	4	4	1	3	4	4	1	3	4	4	2	3	4	4
<i>Eriophorum angustifolium</i>	1	+	1	.	1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Carex flava</i> s. str.	+	+	1	+	.	+	+	+	.	.	.	r	.	.	.	.
<i>Carex panicea</i>	.	.	.	.	.	.	+	+	.	.	.	.	.	.	+	+
<i>Carex echinata</i>	.	.	+	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Juncus alpinus</i>	+	+	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Equisetum variegatum</i>	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.
<i>Eriophorum latifolium</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.
<i>Tofieldia calyculata</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.
<b>Großseggenriedarten</b>																
<i>Carex rostrata</i>	.	1	1	1	.	2	1	1	1	1	1	1	3	+	+	+
<i>Mentha aquatica</i>	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Carex elata dissoluta</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.
<b>Streuwiesenarten u. a.</b>																
<i>Molinia coerulea</i>	.	.	+	1	.	+	1	1	.	1	1	1	.	+	1	2
<i>Crepis paludosa</i>	.	.	.	.	.	+	r	r	r	+	+	+	.	r	.	.
<i>Carex flacca</i>	.	+	.	.	.	.	.	+	.	+	+	+	.	+	+	+
<i>Eupatorium cannabinum</i>	.	+	.	.	.	+	.	.	.	r	r	.	.	+	.	.
<i>Calamagrostis varia</i>	.	.	.	.	.	+	.	.	.	+	+	1	.	+	.	.
<i>Hieracium sylvaticum</i>	.	+	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Polygala amarella</i>	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.
<i>Platanthera bifolia</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	r	.	.	.	.
<i>Potentilla erecta</i>	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Angelica sylvestris</i>	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<b>Gehölz</b>																
<i>Salix myrsinifolia</i> j.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<b>Kryptogamen</b>																
<i>Campyllum stellatum</i>	.	1	1	1	.	+	1	1	+	.	.	+	+	.	.	.
<i>Ctenidium molluscum</i>	.	1	1	.	.	r	.	+	.	.	.	+	.	.	.	.
<i>Calliergonella cuspidata</i>	.	+	+	+	.	.	.	+	.	.	.	.	+	.	.	.
<i>Campyllum chrysophyllum</i>	.	.	.	.	.	+	1	.	.	+	+	+	.	.	.	.
<i>Drepanocladus cossonii</i>	.	.	+	.	.	+	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Fissidens adiantoides</i>	.	.	.	+	.	.	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Bryum pseudotriquetrum</i>	+	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Catoscopium nigrum</i>	+	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Brachythecium rivulare</i>	+	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Aneura pinguis</i>	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Tomenthypnum nitens</i>	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.

Tab. 6: Vegetationsentwicklung in Zone 6 (Großseggenreiches Niedermoor).

Dauerfläche	61				62				63				64			
Jahr	89	94	99	04	89	94	99	04	89	94	99	04	89	94	99	04
pH-Wert	7,0	6,7	7,0	7,1	7,0	6,7	7,1	7,2	7,0	6,8	7,2	6,8	7,3	6,8	7,1	6,9
Krautschicht (%)	40	40	60	65	50	45	65	65	55	50	70	70	60	50	70	65
Mooschicht (%)	+	1	2	8	.	.	3	8	+	+	1	3	+	+	5	5
Abgestorbene Sphagnen	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Schluffablagerungen	v	.	.	.	v	.	.	.	v	.	.	.	v	.	.	.
Kamnhäute (v = vorhanden)	v	.	.	v	v	v	.	v	v	.	v	v	v	.	.	.
<b>Artenzahl</b>	<b>15</b>	<b>11</b>	<b>14</b>	<b>14</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>14</b>	<b>12</b>	<b>16</b>	<b>18</b>	<b>17</b>	<b>10</b>	<b>13</b>	<b>19</b>
<b>Hochmoorarten</b>																
<i>Vaccinium oxycoccos</i>	r	.	+	+	.	.	r	+	.	.	r	+	.	.	.	+
<i>Scheuchzeria palustris</i>	+	.	.	+	+	.	.	.	+	+	.	.	+	+	.	.
<b>Niedermoorarten</b>																
<i>Trichophorum cespitosum</i>	1	2	2	2	+	+	+	1	2	1	2	1	1	+	2	2
<i>Eriophorum angustifolium</i>	1	+	+	+	+	+	+	+	1	+	+	+	1	+	+	+
<i>Carex panicea</i>	1	+	+	1	1	1	1	1	1	1	+	+	1	1	+	1
<i>Eriophorum latifolium</i>	1	+	+	+	+	+	+	.	1	1	1	.	+	+	+	+
<i>Equisetum variegatum</i>	r	+	r	.	+	+	+	.	+	+	+	+	+	.	+	.
<i>Juncus alpinus</i>	1	.	.	.	+	+	+	+	.	.	.	.	2	.	+	.
<i>Eleocharis uniglumis</i>	.	.	.	+	1	+	+	+	.	.	+	+	.	.	.	+
<i>Menyanthes trifoliata</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	+	1	+	1	.	.	+	+
<i>Carex davalliana</i>	2	.	.	.	.	+	.	.	1	+	.	.	.	.	.	.
<i>Carex flava</i> s. str.	.	.	.	.	.	+	+	+	.	.	.	.	+	1	.	.
<i>Carex lasiocarpa</i>	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	+	.	.	.	1
<i>Juncus subnodulosus</i>	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Carex lepidocarpa</i>	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Carex pulicaris</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+
<i>Parnassia palustris</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+
<b>Großseggenriedarten</b>																
<i>Carex rostrata</i>	2	3	3	2	2	2	+	.	3	2	3	2	3	3	3	3
<i>Carex elata dissoluta</i>	1	+	1	2	3	2	3	4	1	2	1	3	.	+	.	.
<i>Peucedanum palustre</i>	.	.	+	.	.	.	+	+	.	.	+	r	.	.	.	+
<b>Streuwiesenarten u. a.</b>																
<i>Molinia coerulea</i>	+	+	+	1	+	+	1	+	+	+	2	1	+	+	2	1
<i>Potentilla erecta</i>	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	+	+	.	.	.	+
<i>Eupatorium cannabinum</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	r	.	.	.	.
<i>Reseda lutea</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.
<i>Agrostis stolonifera</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.
<b>Gehölze</b>																
<i>Erica herbacea</i>	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Picea abies</i> j.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Acer pseudoplatanus</i> j.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.
<b>Kryptogamen</b>																
<i>Campylopusium stellatum</i>	+	+	1	1	.	.	1	2	+	+	1	1	+	.	.	.
<i>Calliergonella cuspidata</i>	.	+	1	2	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	1	.
<i>Campylopusium chrysophyllum</i>	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	+	+	.	.	+	1
<i>Bryum pseudotriquetrum</i>	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	+
<i>Drepanocladus cossonii</i>	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	+	+	.	.	+
<i>Fissidens adiantoides</i>	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	+	.	+	+
<i>Ctenidium molluscum</i>	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+
<i>Palustriella commutata</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.



Erscheinung. Im Laufe der Jahre stiegen die Artenzahlen sowie die Deckungsgrade der Kraut- und Mooschicht nur geringfügig an. Die pH-Werte schwankten nur geringfügig und blieben im Bereich zwischen 6,7 und 7,3.

## 5 Entwicklung der Artenzahlen und Deckungsgrade

Im Hochmoorbereich (Zonen 1–2) waren die mittleren Artenzahlen (Abb. 6) von Anfang an wegen der spezialisierten Pflanzenwelt gering und blieben es auch im Laufe der Beobachtung. In der Zone 3 fehlten in den Jahren 1989 und 1994 als Folge der Überschwemmung einige typische Arten vor allem unter den Moosen. Diese hatten sich bis zum Jahr 1999 erneut eingestellt. Auch in den Zonen 4 bis 6 waren die Artenzahlen nach der Überflutung deutlich vermindert. Sie stiegen im Laufe der Jahre wieder, am stärksten in der Zone 4 durch das Einwandern von Kalkflachmoorarten. In den Zonen 5 und 6 wurde die Artenanreicherung vermutlich durch die Dominanz von Großseggen gebremst.

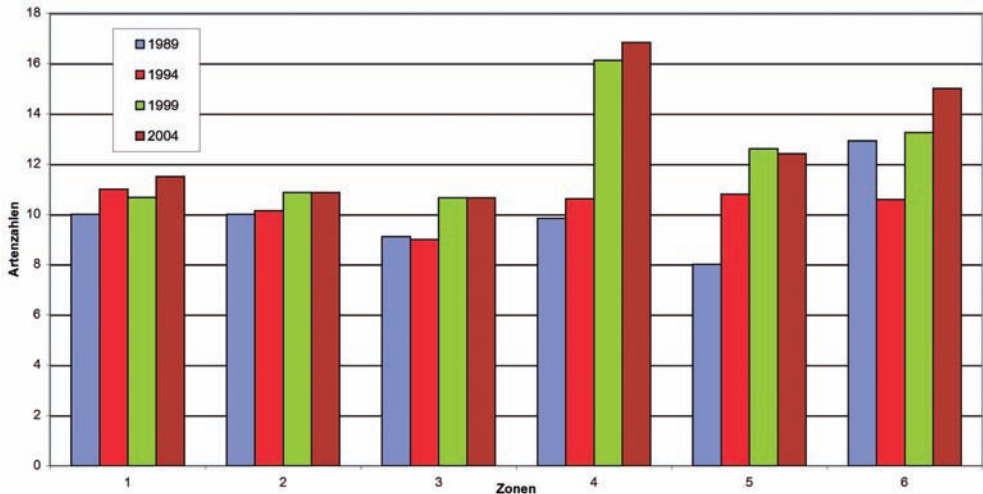


Abb. 6: Mittlere Artenzahlen auf den Teilflächen der Zonen

Die mittleren Deckungsgrade der Krautschicht (Abb. 7) bewegten sich in den Zonen 1–2 während des ganzen Untersuchungszeitraums auf einem niedrigen, für wachsende Hochmoore typischen Bereich. In der Zone 3 herrschten anfangs ebenfalls niedrige Werte. Nach dem Einwandern von *Trichophorum cespitosum* stiegen diese jedoch steil an und hatten sich erst wieder im Jahr 2004 etwas vermindert. Auch in den Zonen 4–6 stiegen die Deckungsgrade im Laufe der Jahre. Besonders hoch waren sie im Jahr 2004 durch die Dominanz der Großseggen.

In den Deckungsgraden der Mooschicht (Abb. 8) spiegelt sich vor allem die Regeneration des Hochmoorrandes. In der Zone 1 lagen sie stets bei fast 100 %. In den Zonen 2 und 3 stiegen sie kontinuierlich mit der Neuansiedlung bzw. Vermehrung der Torfmoose an. Eine ähnliche Entwicklung in den Zonen 4–6 hing mit der entsprechenden Entwicklung von Charakterarten der Niedermoores zusammen. Sie wurde jedoch durch die Dominanz der Großseggen und ihre abgestorbenen Blätter behindert.

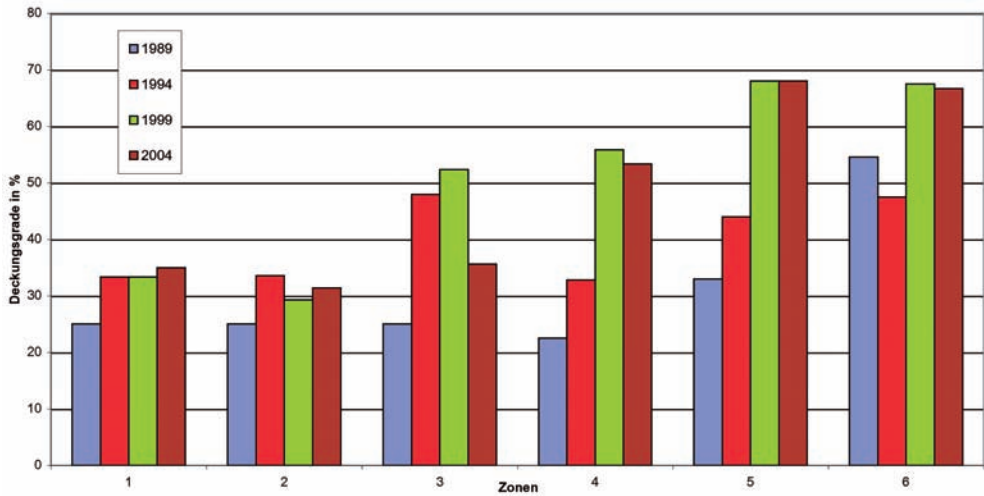


Abb. 7: Mittlere Deckungsgrade der Krautschicht auf den Teilflächen der Zonen.

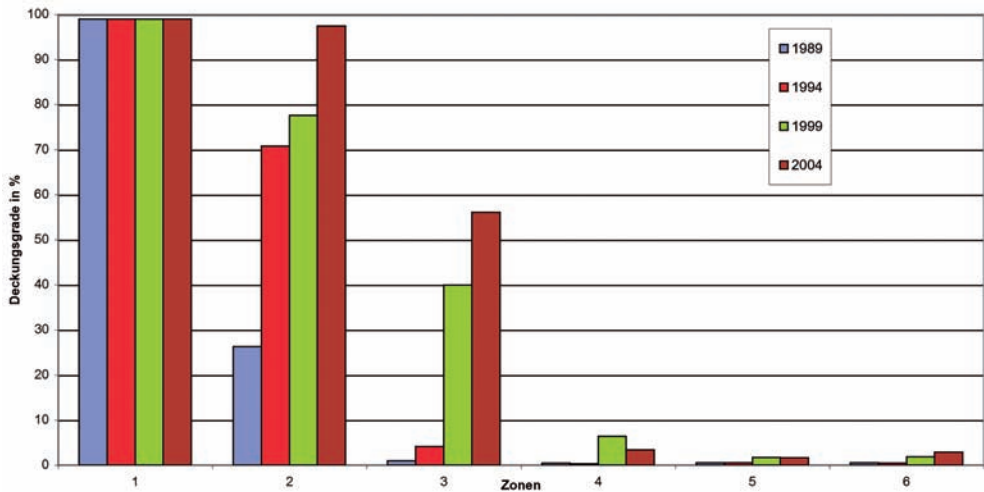


Abb. 8: Mittlere Deckungsgrade der Moosschicht auf den Teilflächen der Zonen.

## 6 Folgerungen und Ausblick

Das beschriebene Transekt und seine Vegetationsentwicklung zeigen beispielhaft Veränderungen, die an der Südostflanke des Pfrühlmooses ohne menschliche Einwirkung ablaufen. Nach einem Murenabgang und Überschwemmung des Hochmoorrandes setzten bald, noch während Pflanzen, die unter den veränderten Standortverhältnissen zum Tod verurteilt waren, um ihr Überleben kämpften, Regenerationsvorgänge ein. Dennoch reichten 18 Jahre nicht, wieder die vorhergehenden Verhältnisse in der Pflanzendecke herzustellen. Der Kampf um ein neues Gleichgewicht zwischen den einzelnen Pflanzenarten und Pflanzengesellschaften geht

weiter. Deshalb dürfte die Beobachtung des Transekts auch in Zukunft von Interesse sein, bis vielleicht ein erneutes Überflutungsereignis die zur Zeit eingeleitete Entwicklung unterbricht. Es gehört zur Natur des Gebirges, dass die bis über 2000 m (Oberer Risskopf 2049 m) aufragenden Steilwände des Estergebirges oberhalb des Pfrühlmooses weiter verwittern und damit die Bergschuttkegel an ihrem Fuß wachsen werden. Dabei wird sich auch der Hangfuß weiter nach Nordwesten ausdehnen und den vermoorten Talraum einengen. Als Folge davon wird schließlich der Vorgang, der mit dem Transekt dokumentiert wurde, weiter voranschreiten, indem sich das randliche Niedermoor entgegen der üblichen Entwicklung und angeschoben durch gelegentliche Hochwasserereignisse nach und nach auf Kosten des zentralen Hochmoors ausdehnt und letztlich über Hochmoortorf wächst.

Vor der beschriebenen Murenrinne und ihrem nordöstlichen Zwilling ist dieser Vorgang schon besonders weit fortgeschritten. Wie die Abb. 2 und 3 zeigen, erscheint dort der Hochmoorrand eingedellt, der sonst übliche Saum mit Bergkiefern fehlt. Seine Relikte lassen sich im Hochmoortorf unter dem Niedermoor in Form von Holz- und Rindenresten nachweisen. Dagegen ist der Niedermoorgürtel besonders breit. Hier staut sich nach starken Niederschlägen das Wasser aus beiden Rinnen, bevor es durch die schmalen Randlaggs nach Nordosten und Südwesten abfließen kann.

An einzelnen Stellen am Fuß des Estergebirges wirkt man der Anhäufung der Bergschuttmassen durch Materialentnahme entgegen. Wie die Ereignisse des Sommers 1989 zeigten, wird dies aber nicht verhindern, dass sich langfristig gesehen die Schuttkegel am Fuß der Wände doch noch weiter zuungunsten des Moores verschieben. Damit wird auch die Transgression des Niedermoores über das Hochmoor weitergehen.

## 7 Danksagung

Der Autor bedankt sich bei folgenden ehemaligen und gegenwärtig noch aktiven Angehörigen der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft in Freising-Weihenstephan, nämlich Johann Beitrock, Robert Frankl, Irmi Kemmer, Wilhelm Meindl, Paul Seethaler und Eleonore Weidele, für das immer wiederkehrende Einmessen des Transekts, die Nivellements, die pH-Messungen, die Moorbohrungen, die Analyse der dabei gewonnenen Torfproben sowie die EDV-mäßige Dateneingabe und deren tabellarische Aufbereitung. Auch Herrn Dr. Gisbert Kuhn verdankt er wertvolle Mitarbeit, ebenso die kritische Durchsicht des Manuskripts sowie zahlreiche nützliche Anregungen. Herr Ludwig Meinunger (Ludwigsstadt-Ebersdorf) übernahm die Bestimmung von Moosproben.

## 8 Literaturverzeichnis

- BRAUN-BLANQUET, J. 1964: Pflanzensoziologie, 2. Aufl., 865 S. – Wien.
- BRAUN, W. 1968: Die Kalkflachmoore und ihre wichtigsten Kontaktgesellschaften im Bayerischen Alpenvorland. – *Dissertationes Botanicae* 1, 134 S., Lehre.
- BRAUN, W. 1984–1994: Ökologische Beweissicherung für das Fassungsgebiet der Wasserversorgung der Stadt München im Oberen Loissachtal (n. p.). – München: Bayer. Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau (heute: Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft).
- BRAUN, W. & HEINZMANN, K. 1988: Auswirkungen der Münchner Trinkwassergewinnung im Oberen Loissachtal. – *GWF – Das Gas- und Wasserfach* 129(3): 135-146.

- DIERSSEN, K. 1988: Zur Gliederung des *Rhynchosporion albae* W. Koch 1926 in Europa. – *Phytocoenologia* **16**(1): 37-104.
- KAULE, G. 1974: Die Übergangs- und Hochmoore Süddeutschlands und der Vogesen. – *Dissertationes Botanicae* **27**, 345 S., Lehre.
- KOPERSKI, M., SAUER, M., BRAUN, W. & GRADSTEIN, S.R. 2000: Referenzliste der Moose Deutschlands. – *Schriftenreihe für Vegetationskunde* **34**, 519 S.
- MEYNEN, E. & SCHMIDTHÜSEN, J. 1962: *Handbuch der naturräumlichen Gliederung Deutschlands*, 1339 S. – Bundesanstalt für Landeskunde und Raumforschung, Bad Godesberg.
- OBERDORFER, E. 1998: *Süddeutsche Pflanzengesellschaften, Teil 1, Fels- und Mauergesellschaften, alpine Fluren, Wasser-, Verlandungs- und Moor-Gesellschaften*, 4. Aufl. – Jena.
- PFADENHAUER, J., POSCHLOD, P. & BUCHWALD, R. 1986: Überlegungen zu einem Konzept geobotanischer Dauerbeobachtungsflächen für Bayern. Methodik der Anlage und Aufnahme. – *Berichte der Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege* **10**: 41-60.
- SCHUCH, M. & HOHENSTATTER, E. 1976: Die Moorkommen des Kartenblattes 8433 Eschenlohe. – In: *Geolog. Karte von Bayern 1:25.000. Erläuterungen zum Kartenblatt Nr. 8433 Eschenlohe*. München: Bayerisches Geologisches Landesamt.
- WISSKIRCHEN, R. & HAEUPLER, H. 1998: *Standardliste der Farn- und Blütenpflanzen Deutschlands mit Chromosomenatlas von F. ALBERS*. – *Farn- u. Blütenpflanzen Deutschlands* **1**, 764 S. Bonn-Bad Godesberg: Bundesamt für Naturschutz.