

TELMA	Band 38	Seite 121 - 144	4 Abb., 6 Tab.	Hannover, November 2008
-------	---------	-----------------	----------------	-------------------------

Erfahrungen und Ergebnisse eines Feldversuchs im Projekt „Torfmoos als nachwachsender Rohstoff“

Experiences and results of a field experiment in the project
„Peat moss as renewable resource“

DÖRTE KAMERMANN und JOACHIM BLANKENBURG

Zusammenfassung

Im Projekt „Torfmoos als nachwachsender Rohstoff“ (2004-2007) wurde die Torfmooskultivierung zur Gewinnung eines weißtorfadäquaten Substratrohstoffs für den Erwerbsgartenbau untersucht. Anhand eines ersten Feldversuchs (~1000 m²) in der Nähe von Cloppenburg (Nordwest Niedersachsen) wurde die praktische Umsetzung erprobt. Fragmente von *Sphagnum papillosum* sind hierfür manuell verteilt und anschließend mit Stroh bedeckt worden. Es hat sich gezeigt, dass eine Etablierung von Torfmoosen unter den gegebenen Bedingungen möglich ist. Die Produktivität ist nach 3 Jahren Versuchsdauer geringer als in Gewächshausversuchen des Projekts und auch geringer im Vergleich zu Literaturdaten. Die Strohbedeckung (charakterisiert durch Deckung in % und Mächtigkeit in cm) variiert durch die manuelle Verteilung. Das Wachstum der Torfmoose und der Krautschicht sind negativ korreliert mit der Strohbedeckung zu Beginn des Versuchs. Die räumliche Variabilität des Torfmooszuwachses kann zurzeit noch nicht vollständig erklärt werden. Trotz der erfolgreichen Etablierung eines Torfmoosrasens innerhalb von 3 Jahren bleiben noch viele Fragen zur großflächigen Umsetzung der Torfmooskultivierung offen.

Abstract

Peat moss cultivation to substitute white peat as an irreplaceable resource in commercial horticulture was investigated in the project „peat moss as renewable resource“ (2004-2007). With a first field experimental site (~1000 m²) applied implementation was tested near Cloppenburg (Northwest of Lower Saxony). Fragments of *Sphagnum papillosum* were spread and covered with straw mulch. Under these conditions peat mosses established and cultivation appears feasible. Peat moss productivity after growth period of 3 years was lower than that under green house conditions in the project and compared to published data. Straw cover (characterized by cover (%) and thickness (cm)) varied spatially due to manual spreading. Growth of peat mosses and the herb layer was negatively correlated with the thickness of straw cover. Spatial variation in peat moss growth were documented which could not be explained by variables measured in the study. While a peat moss lawn was successfully established in the 3 year field experiment, upscaling peat moss cultivation will face challenges that are currently poorly understood.

1. Einleitung

Die Idee der Torfmooskultivierung bzw. des Anbaus von Torf wurde bereits im Jahre 1658 im Zusammenhang mit einer nachhaltigen Energieerzeugung erwähnt (JOOSTEN 1998). Heute wird der Anbau von Torfmoosen zur nachhaltigen Gewinnung von Substratrohstoffen untersucht (JOOSTEN 1998, GAUDIG 2001a, 2002, KREBS & GAUDIG 2005).

Torfmoose bildeten den für den Erwerbsgartenbau wichtigen Weißtorf, dessen Vorräte in Mitteleuropa mittlerweile knapp geworden sind. Es sind daher Importe aus dem Baltikum, Skandinavien und Kanada notwendig, wo intakte Moore mit ihren wichtigen Funktionen für Naturschutz und Klima zerstört werden (JOOSTEN 1998, JOOSTEN 1995). Weltweit werden jährlich 30 Mio. m³ Weißtorf benötigt (JOOSTEN & CLARK 2002). Adäquate Alternativen zur dauerhaften und langfristigen Rohstoffsicherung fehlen bisher (REINIKAINEN 1997, GRANTZAU 1997). Torfmoose, kultiviert zum Beispiel auf abgetorften Hochmoorflächen (in Nordwestdeutschland), könnten möglicherweise als Substratrohstoff dienen (GAUDIG & JOOSTEN 2002, 2003, GAUDIG 2001a, 2002).

Die Torfmooskultivierung ist Teil des von der Uni Greifswald entwickelten Konzepts der sogenannten „Paludikultur“ für Moore (SUCCOW 2002, 2003, JOOSTEN 1998, JOOSTEN & TIMMERMANN 1999), die eine Reihe von Vorteilen beinhaltet. Für die Torfmooskultivierung sind dies zusammengefasst folgende (GAUDIG 2001a, 2002, JOOSTEN 1998, JOOSTEN & TIMMERMANN 1999):

- Mögliche Alternative zum Weißtorf; damit Schutz intakter, natürlicher Moore (landschaftsgeschichtliches Archiv, Biodiversität, Wasserhaushalt, Stoffsenke)
- Nachhaltige Nutzung von bereits abgetorften Hochmoorflächen (Reduktion des Kohlendioxidausstoßes, Verbesserung des Landschaftswasserhaushaltes, Schaffung von Habitaten)
- Perspektive für Wirtschaft, Naturschutz und Tourismus

Im Projekt „Torfmoos als nachwachsender Rohstoff“ (2004-2007) hat sich die Universität Greifswald in Kooperation mit dem niedersächsischen Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG) erstmals eingehender mit der Torfmooskultivierung zur Gewinnung eines weißtorfadäquaten Substratrohstoffs beschäftigt. Grundlage war eine Literaturstudie, die die wichtigsten Forschungsfragen in diesem Zusammenhang nennt (GAUDIG 2001a, 2002, GAUDIG & JOOSTEN 2003).

Die Universität Greifswald untersuchte im Projekt die Eignung und die Produktivität von mehreren Torfmoosarten im Gewächshaus und das Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG) prüfte die Torfmoosetablierung auf unterschiedlichen Substraten sowie

die praktische Umsetzung anhand eines rund 1000 m² großen Feldversuchs bei Ramsloh (Landkreis Cloppenburg, Niedersachsen). Die pflanzenbauliche Eignung hat die Lehr- und Versuchsanstalt für Gartenbau in Hannover-Ahlem überprüft.

Die Ergebnisse des Feldversuchs werden hier in Anlehnung an den Abschlussbericht des Projektes (FNR 2008) vorgestellt.

2. Methodik

2.1 Geographische Lage

Der rund 1000 m² große Feldversuch wurde im November 2004 in der „Esterweger Dose“ in der näheren Umgebung der Ortschaft Ramsloh (Landkreis Cloppenburg, Niedersachsen; 53° 4' N, 7° 38' E) angelegt.

2.2 Klima

Bei einem ozeanisch beeinflussten Klima beträgt die durchschnittliche jährliche Niederschlagssumme zwischen 1961 und 2006 780 mm (DWD, Station Edewecht). Die durchschnittlichen monatlichen Niederschlagswerte erreichen ihr Maximum in der Zeit von Juni bis Juli und November bis Dezember (vgl. Abb. 2). Die mittlere Jahrestemperatur beträgt 9,1 °C, wobei die niedrigsten Temperaturen im Januar (Ø 1,5 °C) und die höchsten im Juli (Ø 17,2 °C) gemessen wurden (DWD, Station Edewecht).

2.3 Aufbau des Torfkörpers

Die Entstehung des ehemals größten deutschen Hochmoores der „Esterweger Dose“ ist z. B. bei OVERBECK 1975, SCHNEEKLOTH & TÜXEN 1975 und JAHNS 1969 näher beschrieben. Eigene Erhebungen auf der Versuchsfläche in 2004 haben eine Torfmächtigkeit bis 2,70 m ergeben, mit rund 60 cm Weißtorf an der Oberfläche mit einem Zersetzungsgrad (AG BODEN 1994) von 2 bis 4. Unter dem Hochmoortorf (2,25 m; Cymbifolia-, Cuspidata- und *Eriophorum*-Torfe) liegen Schilf- und Erlenbruchwaldtorfe (25 cm) sowie vereinzelt schwach ausgeprägte Sandmudden.

Die chemischen und physikalischen Eigenschaften der darunter liegenden Torfe (Schwarztorfe) sind in den Tabellen 1 und 2 beschrieben. Der Nährstoffgehalt dieser Torfe entspricht den Literaturangaben für ungenutzte Hochmoore (Tab. 1). Auch die physikalischen Kennwerte sprechen für einen ursprünglichen Zustand der Torfe (Tab. 2; vgl. SCHÄFER 2002).

Tab. 1: Chemische Kennwerte des Substrats im Feldversuch in Ramsloh (n=5) (Literaturangaben: *SUCCOW & JOOSTEN 2001; **FEIGE 1977) [Bezug jeweils Trockenmasse]
 Chemical properties of the substrate on the experimental site (n=5) (References: *SUCCOW & JOOSTEN 2001; **FEIGE 1977)

Kennwert	Ca [%]	Fe [%]	K _{CaCl2 löslich} [mg/100ml Boden]	K [%]	Mg _{CaCl2 löslich} [mg/100ml Boden]	Mg [%]	Na [%]	N [%]
Messwert	0,17 (±0,04)	< 0,01	1,54 (±0,34)	0,02 (±0,00)	12,45 (±3,78)	0,17 (±0,04)	0,04 (±0,00)	1,24 (±0,13)
Literaturangabe	**0,11-0,38%	**0,03%		*0,04-0,35% **0,01-0,09%		*0,04-0,20%	**0,03-0,08%	*0,5-1,5 % **0,5-1,33%
Kennwert	P _{H2O löslich} [mg/100ml]	P [%]	SO _{4 H2O löslich} [mg/100ml Boden]	C _{org} [%]	C/N-Verhältnis	Trockenmasse [%]	pH _{H2O}	Elektr. Leitfähigkeit [mS]
Messwert	0,30 (±0,04)	0,01 (±0,00)	0,70 (±0,29)	58,1 (±0,6)	47 (±5)	7,8 (±0,9)	4,7 (±0,1)	0,01 (± 0,00)
Literaturangabe		*** 0,01-0,06%						

Tab. 2: Analytierte und abgeleitete physikalische Kennwerte des Substrats im Feldversuch in Ramsloh (n=5) (SV=Substanzvolumen, nFK=nutzbare Feldkapazität, FK=Feldkapazität)
 Analysed and derived physical properties of the substrate on the experimental site (n=5)
 (SV=volume of substance, nFK=useable field capacity, FK=field capacity)

Zersetzungsgrad	Glührückstand [%]	Rohdichte feucht [g/L]	Rohdichte trocken [g/L]	SV	LK	nFK	FK
<i>Fingerprobe nach AG Boden (1994)</i>	<i>Analyse</i>			<i>berechnet nach Schäfer (2002)</i>	<i>abgeleitet nach AG Boden (1994)</i>		
z 2-3	1,8 (±0,5)	969 (±16)	76 (±8)	4,7 (±0,51) SV 2 (AG Boden 1994)	30	55	65

2.4 Nutzung

Der Feldversuch (1000 m²) wurde auf einer im privaten Besitz befindlichen Torfabbaufäche angelegt, die mehrere Hektar umfasst. Mit dem Torfabbau (Frästorfverfahren) wurde im Jahr 2000 begonnen; zuvor wurde dieser Bereich rund 30 Jahre als Hochmoorgrünland genutzt. Im Rahmen der Nutzung als Hochmoorgrünland sowie für den Torfabbau wurde die Fläche entwässert.

Die Torfabbaufächen sind vegetationslos. In der näheren Umgebung befinden sich Gehölzstreifen u. a. bestehend aus *Alnus glutinosa* (Schwarzerle) und *Prunus serotina* (Späte Traubenkirsche) sowie unbeweidetes Hochmoorgrünland u. a. mit *Holcus lanatus* (Wolliges Honiggras).

2.5 Versuchsaufbau

Gefäßversuche im Vorfeld des Projekts haben gezeigt, dass sich entwässerter, lockerer Weißtorf als Substrat für die Torfmooskultivierung nicht eignet (BLANKENBURG, unveröffentlichte Daten). Die zunächst empfindlichen Torfmoosfragmente sind auf eine stetige Wasserversorgung durch kapillaren Aufstieg aus dem Substrat angewiesen, was großporiger, lockerer Weißtorf nicht leisten kann (QUINTY & ROCHEFORT 1997). Daher wurden im Vorfeld des Versuchs 60 cm der Weißtorfaufgabe abgetragen (Abb. 1a).

Aufgrund der Vornutzung mussten die hydrologischen Verhältnisse für die Torfmooskultivierung optimiert werden. Dazu wurden Dränrohre in die Fläche eingezogen, die mit einer, als Ring um die Fläche angelegten, Gruppe verbunden wurden (Abb. 1a). Der Wasserstand in der Gruppe wurde über einen Auslass kontrolliert, wobei überschüssiges Wasser in das örtliche Grabennetz abgeleitet wurde. Ein für die genutzte Bult-Torfmoosart (*Sphagnum papillosum*) schädlicher längerfristiger Überstau (JOOSTEN 1993) konnte so vermieden werden. In den Sommermonaten wurde Grundwasser mittels Windrad in die Ringgruppe gepumpt. Die Nährstoffgehalte des Grundwassers (Tab. 3) entsprechen etwa denen von Moorwasser (LÜTT 1992). Lediglich der Gehalt an Ammonium (NH_4) ist höher (Tab. 3). Eine direkte Auswirkung auf die Torfmoose war aber nicht zu erwarten, da das Wasser zum Anstau und nicht zur direkten, oberflächlichen Bewässerung genutzt wurde. Es ist davon auszugehen, dass der etwas erhöhte pH-Wert des Grundwassers durch den Kontakt mit dem sauren Torf im Untergrund der Gruppe herabgesetzt wurde und daher kein Problem darstellt. Von einer Bewässerung mit nährstoffarmem Oberflächenwasser aus der Umgebung wurde aus technischen Gründen abgesehen.

Die Menge an zugeführtem Bewässerungswasser wurde nicht bestimmt. Es erfolgte eine Erfassung der Niederschlagsmengen sowie eine Analyse ausgewählter Inhaltsstoffe.

Tab. 3: Nährstoffgehalte und pH-Wert des Bewässerungswassers (in der unmittelbaren Umgebung geförderttes Grundwasser) und Vergleichswerte von Moorwässern (LÜTT 1992)
Nutrient content and pH in irrigation water (pumped local groundwater) and in reference data of bog water (LÜTT 1992)

Parameter	Analyse	LÜTT 1992 (Tab. 10)	Parameter	Analyse	LÜTT 1992 (Tab. 10)
Ca [mg/l]	2,06	0,87 – 1,69	NH ₄ [mg/l]	4,44	0,048 – 0,31
Fe [mg/l]	3,99	k. A.	o-P [mg/l]	0,18	0,078 – 0,231
K [mg/l]	1,59	0,45 – 3,14	P [mg/l]	0,05	k. A.
Mg [mg/l]	0,97	0,63 – 1,68	Leitfähigkeit [mS]	0,12	0,08 – 0,18
Na [mg/l]	14,7	7,6 - 14	pH	6,0	3,5 – 5,8

Da Torfmoose keine Wurzeln besitzen, findet der Wassertransport kapillar zwischen den dicht zusammenstehenden Pflanzen und über die hängenden Äste statt (OVERBECK 1975, CLYMO 1997). Torfmoose können zwar über die in den Blättern und im Stamm vorhandenen Hyalocythen große Mengen Wasser speichern, das aber ab einer Saugspannung unter -100 hPa entweicht, so dass die Moose dann austrocknen (HAYWARD & CLYMO 1982, PRICE 1998). Die Wasserversorgung erfolgt entweder aus dem Niederschlag oder kapillar aus dem Torf. Dafür sollte der Wasserstand möglichst ausgeglichen, mit geringen Schwankungen und oberflächennah sein, d. h. nicht unter 30 bis 40 cm unter Gelände fallen (SCHOUWENAARS 1988, LÜTT 1992, PRICE 1997, QUINTY & ROCHEFORT 2003).

Zur Kontrolle des mooreigenen Wasserstandes auf der Versuchsfläche wurden insgesamt 15 Messstellen eingerichtet (Abb. 1b). An 4 Punkten erfolgte die Bestimmung des mooreigenen Wasserstandes unter Geländeoberkante (GOK) kontinuierlich stündlich mittels Datalogger. An den 11 weiteren Messstellen wurde der Wasserstand 14tägig mittels Kabellichtlot bestimmt. Das installierte Messnetz konnte darüber hinaus Aufschluss über die Funktionstüchtigkeit der Be- und Entwässerungseinrichtungen geben. Der Wasserstand allein liefert (während trockener Perioden) nicht genügend Informationen zur tatsächlichen Wasserversorgung der Torfmoose, da durch die Evaporation Wasser aus der ungesättigten Zone des Bodens entweicht (PRICE 1997, PRICE et al. 1998). Aussagekräftiger ist daher der Bodenwassergehalt, der für die gesamte Fläche und die Dauerflächen regelmäßig mit einer TDR-Sonde erfasst wurde. Um die Messergebnisse der TDR-Sonde zu verifizieren, erfolgte einmalig eine gravimetrische Ermittlung des Wassergehalts. Die Messung der Saugspannung anhand von Einstich-Tensiometern, ausgebracht in der Nähe der Moorwasser-Messstellen, erfolgte im Zeitraum vom 30.06.2006 bis 18.08.2006 insgesamt viermal.

Basierend auf Erfahrungen aus Kanada (z.B. ROCHEFORT 2000, ROCHEFORT et al. 2003, QUINTY & ROCHEFORT 2003), wurden im November 2004, nach Abtrag des Weißtorfs und Planierung der 1000m^2 großen Fläche, 10m^3 ($100\text{m}^3/\text{ha}$) Fragmente von *S. papillosum* in einer Schichtstärke von ca. 1 cm gleichmäßig manuell verteilt und anschließend mit $6500\text{kg}/\text{ha}$ Stroh bedeckt. Ein Versuchsstart im Spätherbst ist günstig, da die Verdunstung gering und der Bodenwassergehalt in der Regel hoch ist, was die Torfmoosfragmente vor Austrocknung schützt (CAMPEAU & ROCHEFORT 1996, ROCHEFORT & CAMPEAU 1997). *S. papillosum* wurde genutzt, da es in größeren Mengen in der näheren Umgebung mit behördlicher Genehmigung entnommen werden konnte. Die Entnahme erfolgte per Hand, um den Bestand zu schonen. Die Torfmoose wurden nach der Entnahme mit einem für die Landschaftspflege gängigen Mulcher in 0,5 bis 2 cm lange Stücke zerkleinert. Fragmente ergeben eine bessere Anbindung an das Substrat. Zudem kann eine größere Fläche mit Fragmenten bedeckt werden, als (ganze) Torfmoospflanzen auf einer natürlichen Fläche gesammelt wurden, so dass der Eingriff begrenzt wird (ROCHEFORT et al. 1995). In Ramsloh lag das Verhältnis von gesammelten zu verteilten Moosen in etwa bei 1:10, was den Empfehlungen von ROCHEFORT et al. (2003) bzw. QUINTY & ROCHEFORT (2003) entspricht.

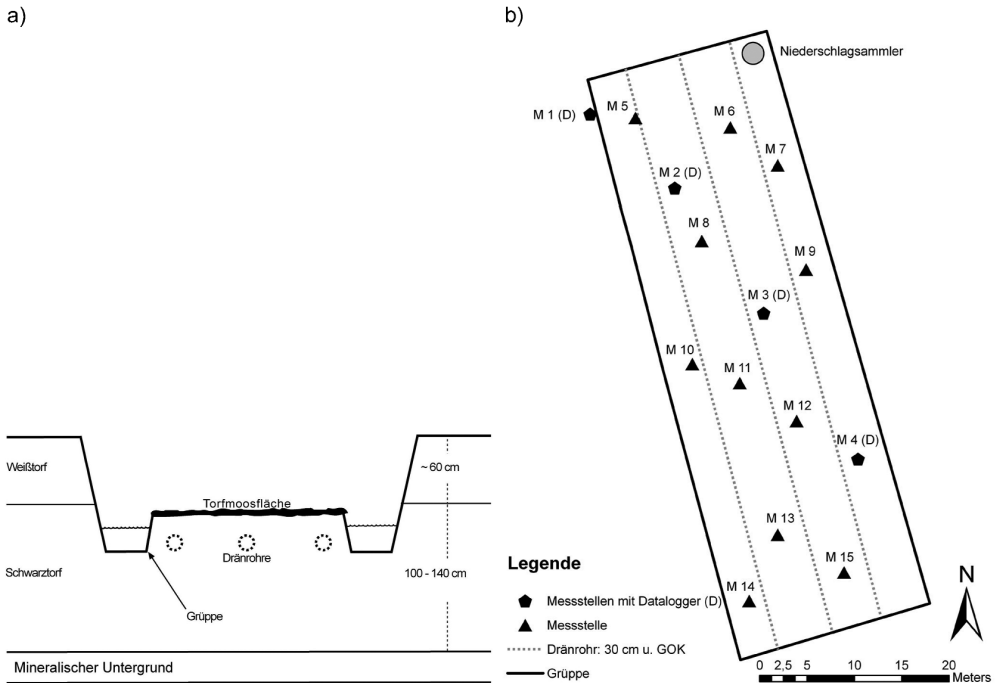


Abb. 1: Schematischer Aufbau der Versuchsfläche (a) und Lage der Moorwasser-Messstellen (b)
Design of the experimental site (a) and location of wells (b)

Die Nutzung von Fragmenten stellt kein Problem dar, da sich aus allen Teilen der Torfmoospflanze (außer den Blättern) neue Pflanzen bilden können (POSCHLOD & PFADENHAUER 1989). Das Stroh verbessert deutlich die Wasserversorgung der Torfmoosfragmente durch Erhöhung des Bodenwassergehalts, Verringerung der Bodenwasserspannung, Absenkung der Bodentemperatur und Herabsetzung der Verdunstung (QUINTY & ROCHEFORT 1997, ROCHEFORT et al. 1997, PRICE 1998, WROBEL 2002, QUINTY & ROCHEFORT 2003). Es dient außerdem im geringen Maße als Dünger (QUINTY & ROCHEFORT 1997).

Die manuelle Ausbringung hatte eine ungleichmäßige Verteilung des Strohs zur Folge und damit unmittelbar Auswirkungen auf die Etablierung der Torfmoose. Bei der Einrichtung der Dauerflächen fand dies Berücksichtigung, indem vorher für die gesamte Fläche die Mächtigkeit (cm) und die Deckung (%) des Strohs kartiert und anschließend in 3 Klassen zusammengefasst wurde (Tab. 4). Dieses Vorgehen ermöglichte die Identifizierung der günstigsten Strohbedeckung zur Schaffung von optimalen Startbedingungen für die Etablierung von Torfmoosen. Die Strohkartierung wurde regelmäßig wiederholt, um Veränderungen in der Strohbedeckung zu dokumentieren (Tab. 5).

Tab. 4: Klassen der Strohbedeckung im Feldversuch
Classes of straw cover in the field experiment

Klasse Strohbedeckung	gering	mittel	mächtig
Ø Strohdicke	1,6 cm	3,2 cm	5,6 cm
Ø Strohdeckung (Flächenanteil der Strohdicke)	40%	80 %	99 %

Tab. 5: Untersuchungsprogramm im Feldversuch (TM=Trockenmasse; GOK=Geländeoberkante)
Research program of the field experiment (TM=dry mass; GOK = soil surface)

Gegenstand der Untersuchung	Ort der Untersuchung	Parameter	Zeitpunkt
Wasser- und Nährstoffzufuhr durch den Niederschlag	Randbereich (Niederschlagssammler Typ "Osnabrück")	Pflanzennährstoffe Spurenelemente pH-Wert Leitfähigkeit	Niederschlagshöhe: 14tägig Nährstoffe: monatlich (Nov 2005 –Okt 2007)
Beschattung der Torfmoose	gesamte Fläche	Strohbedeckung in Mächtigkeit [cm] und Deckung [%] (3 Klassen: gering, mittel und mächtig (vgl. Tab. 4))	vierteljährlich (erstmalig im Juni 2005)
Etablierung von Torfmoosen ausgehend von unterschiedlichen Startbedingungen hinsichtlich Strohbedeckung und Bodenwassergehalt	60 Dauerflächen (25 x 25 cm)	Deckungsgrad Mooschicht [%] Deckungsgrad Krautschicht [%] Arten (Torf-)Moose & Gefäßpflanzen Länge der Torfmoospflanzen [cm] Bodenwassergehalt [Vol%] Strohbedeckung [%] Anteil Offenboden [%]	vierteljährlich, ausgenommen Wintermonate (erstmalig im Juni 2005)
Produktivität der Torfmoose	60 Dauerflächen (25 x 25 cm)	Biomasseaufwuchs [g TM]	Juli 2007
Wasserversorgung der Torfmoose	gesamte Fläche (im Raster)	Bodenwassergehalt [Vol%]	Frühjahr und Herbst (erstmalig im Juni 2005)
	15 Messstellen (Filtertiefe jeweils 1 m), 4 davon mit Dataloggern im Bereich der Messstellen	Mooreigener Wasserstand [cm u. GOK] Saugpannung [hPa] in 10 cm und 20 cm Bodentiefe	Datalogger: ein Messwert pro Std., restliche Messstellen: 14tägig (Mai 2005 – Okt 2007) Sommer 2006
Bodeneigenschaften	5 repräsentative Punkten	Nährstoffe pH-Wert Leitfähigkeit C/N-Verhältnis	einmalig im Winter 2005

Das Wachstum der Torfmoose und anderer Pflanzenarten wurde anhand von 60 Dauerflächen (à 25 x 25 cm, QUINTY & ROCHEFORT 1997) repräsentativ für die gesamte Fläche untersucht. Je Strohbedeckungsklasse wurden 20 Dauerquadrate eingerichtet, jede Klasse wurde jeweils in zwei Bodenwassergehaltsstufen unterschieden (<85 Vol%, >85 Vol%), so dass 10 Dauerflächen je Ausgangsbedingung vorlagen. Für jedes Quadrat wurde im Frühjahr, Sommer und Herbst u. a. die flächige Ausbreitung (in %) und die Länge (cm) der sichtbaren sowie der mit Stroh bedeckten Torfmoose dokumentiert (Tab. 5). Weitere Moose sowie Gefäßpflanzen sind insgesamt und je Art in ihrer prozentualen Deckung geschätzt worden. Die Bestimmung des Biomassezuwachses von *S. papillosum* erfolgte im Juli 2007 indem auf jeder Dauerfläche der gesamte Aufwuchs inklusive Stroh entfernt und anschließend die Trockenmasse durch Trocknung bei 60 °C bestimmt wurde. Vor der eigentlichen Trocknung erfolgte eine Sortierung in die Fraktionen Torfmoose, sonstige Moose, Gefäßpflanzen und Stroh sowie ggf. Torf.

Da es sich beim Feldversuch um eine Pilotfläche handelte, wurden nicht von Anfang an systematische Versuchspartellen inklusive Nullpartellen eingerichtet. Im Mittelpunkt stand vielmehr die Frage, ob sich das in Kanada entwickelte Verfahren zur Ausbringung von Torfmoosfragmenten auf Substrat (ROCHEFORT ET AL. 2003, QUINTY & ROCHEFORT 2003) in Nordwestdeutschland umsetzen lässt. Das Untersuchungsprogramm (Tab. 5) wurde daher entsprechend des Erfahrungszuwachses und der zur Verfügungen stehenden Ressourcen dynamisch angepasst. Eine statistische Auswertung erfolgte nicht.

3. Ergebnisse

3.1 Wasserhaushalt

Die durchschnittlich ermittelten monatlichen Niederschlagssummen für die Versuchsfäche und die mittlere Niederschlagshöhe für die Klimastation Edewecht sind in Abbildung 2 dargestellt. Die Monate Juni und Juli 2006 weisen im Vergleich zum langjährigen Mittel sehr geringe Niederschläge auf. In diesem Zeitraum lag der tiefste Wasserstand kurzzeitig bei - 0,47 m. Dieser konnte aber nur für Messstelle 3 (vgl. Abb. 1b) nachgewiesen werden, die Wasserstände der anderen beiden Messstellen lagen immer zwischen 0,00 und - 0,20 m. Insgesamt sanken aber nur 7% aller durch Messstelle 3 dokumentierten Wasserstände unter -0,30 m. Es ist also gelungen den Wasserstand auf einem für die Torfmoose nötigen Niveau (zwischen 0,30 cm bis 0,40 cm u. GOK, vgl. Kap. 2.2) einzustellen und zu halten.

Die Moorwasserstände variierten sowohl zeitlich als auch räumlich. Der mittlere (Messstelle 3 und Messstelle 8, vgl. Abb. 1b) und südwestliche Bereich (Messstellen 13 und 14, vgl. Abb. 1b) der Fläche erwiesen sich als vergleichsweise trocken, wo hingegen der östliche und nördliche Teil feuchter waren. Diese Tendenz ließ sich vor allem in trockenen Perioden beobachten, zu anderen Zeiten waren die Wasserstände auf der gesamten Fläche auf einem vergleichbaren Niveau. Im Südosten (Messstelle 4) der Fläche waren die Wasserstände zeitweilig so hoch, dass es zu einem Überstau gekommen ist.

Der Bodenwassergehalt auf den Dauerflächen bzw. auf der gesamten Fläche war selbst in trockenen Perioden wie im Juli 2006 oder April 2007 überwiegend größer als 70 Vol%. Im Juli 2006 wiesen 18% der Dauerflächen einen Bodenwassergehalt unter 70 Vol% auf, im April 2007 waren es 8%. Die zusätzlich gemessene Saugspannung unterschritt im Zeitraum vom 30.06. bis 18.08.2006 in keinem Fall 100 hPa.

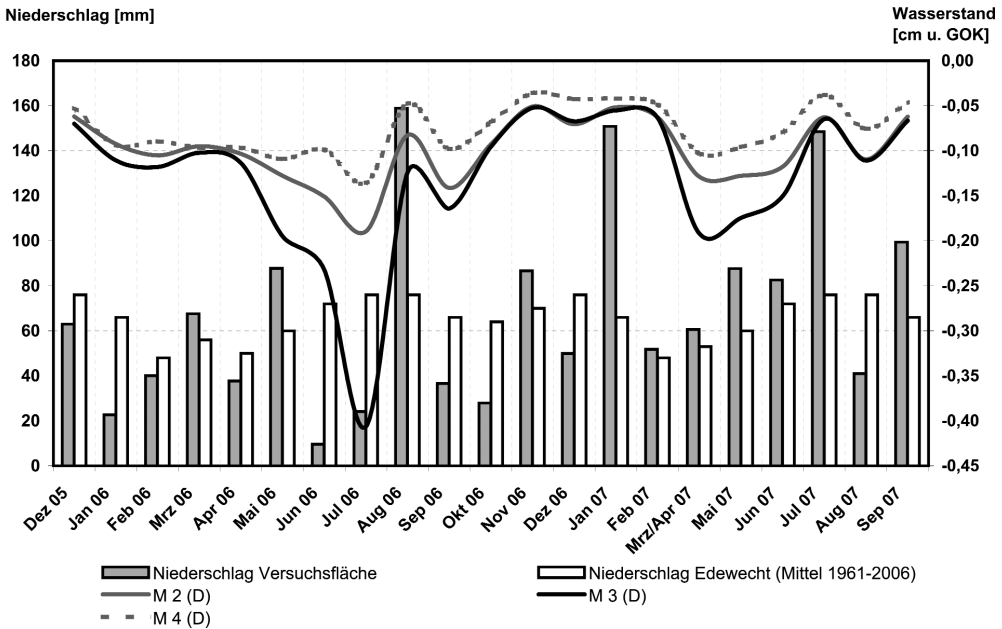


Abb. 2: Monatlicher Niederschlag und mittlere Wasserstände auf der Versuchsfläche (Dez 2005 bis Sep 2007) (GOK = Geländeoberkante. (Zur Lage der Messstellen siehe Abb. 1b)
 Monthly mean precipitation and water level on the experimental site (Dec 2005 - Sep 2007) (GOK = soil surface. (Location of wells is described in figure 1b)

3.2 Torfmooswachstum

Insgesamt hat sich im Laufe des Versuchs ein dichter Torfmoosrasen entwickelt. Die Entwicklung der Flächenanteile der direkt sichtbaren Bestandteile von *S. papillosum* je Strohbedeckungsstufe (zu Beginn des Versuchs) ist in Abb. 3a dargestellt. Deutlich wird, dass die sichtbare flächige Ausbreitung bei einer geringen Strohbedeckung bereits zu Beginn bei 60% lag und diese im Laufe des Versuchs nur um rund 10% zugenommen hat. Die zwischenzeitliche Abnahme der Deckung kommt durch die regelmäßig durchgeführte Mahd (siehe Kapitel 3.3) zustande, bei der das Mähgut auf der Fläche verblieben ist und zum Zeitpunkt der Schätzung der Torfmoosdeckung nicht mehr vom Stroh unterschieden werden konnte. Die Torfmoose, welche unter Einfluss einer mittleren bzw. mächtigen Strohbedeckung gewachsen sind, weisen eine Steigerung der Deckung im Laufe des Versuchs auf. Das Maximum der Torfmoosdeckung unter diesen beiden Strohbedeckungsstufen wurde wahrscheinlich noch nicht erreicht. Die mit Torfmoos unbewachsenen Flächenanteile weisen entweder keinen Bewuchs (mit und ohne Strohbedeckung) auf oder sind mit Gefäßpflanzen bewachsen.

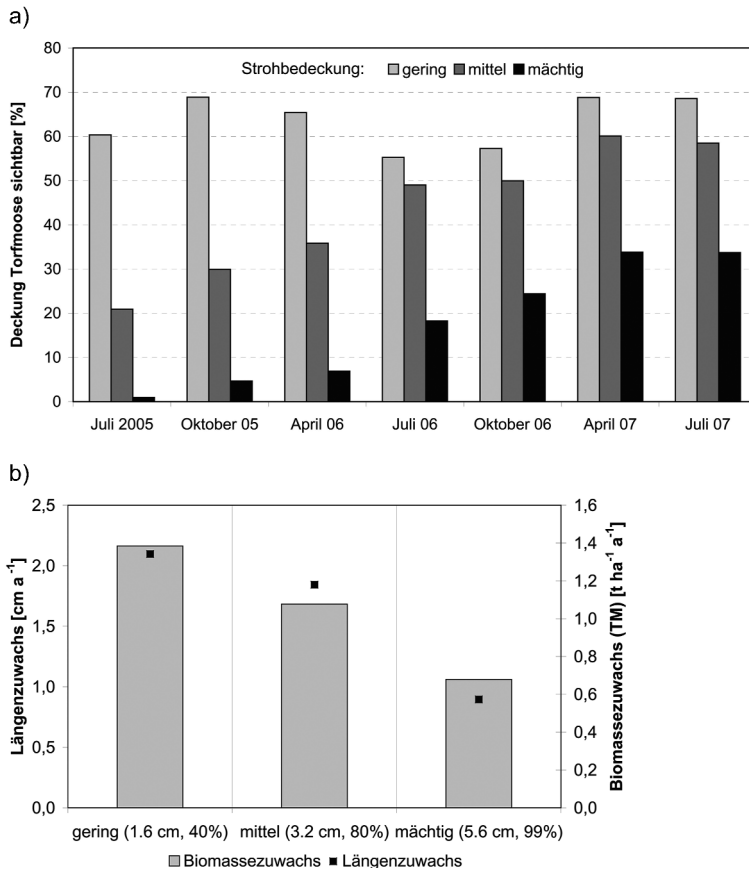


Abb. 3: a) Entwicklung der Deckung der sichtbaren Bestandteile von *S. papillosum* je Strohhedekungsstufe auf den Dauerquadraten (60 à 25 x 25 cm), (Juli 2005-Juli 2007)
 b) Mittlerer jährlicher Längen- (cm a⁻¹) und Biomassezuwachs (t TM ha⁻¹ a⁻¹) von *S. papillosum* je Strohhedekungsstufe auf den Dauerquadraten (Nov 2004 - Juli 2007)
 a) Cover of visible elements of *S. papillosum* on investigations quadrates (60, each 25 x 25 cm) classified in straw cover classes (July 2005 - July 2007)
 b) Mean length growth (cm a⁻¹) and productivity (t TM ha⁻¹ a⁻¹) of *S. papillosum* on investigations quadrates classified in straw cover classes (Nov 2004 - July 2007)

Neben der flächigen Ausbreitung der Torfmoose wurden die Länge sowie die aufgewachsene Biomasse (Trockenmasse) der Moospflanzen bestimmt. Insgesamt waren die Torfmoose im Juli 2007 durchschnittlich 4,4 cm lang. Auf den Dauerflächen konnte zu diesem Zeitpunkt eine maximale Länge von 11 cm nachgewiesen werden. In Abbildung 3b sind der jährliche Biomasse- und Längenzuwachs je Strohhedekungsstufe dargestellt. Die geringe Strohhedekung hat die höchsten Längen- und Biomassezuwächse zur Folge, während eine mächtige Strohhedekung zu Beginn des Versuchs die geringsten Zuwächse aufweist.

Im Versuchszeitraum (Nov. 2004 bis Juli 2007, insgesamt 973 Tage) sind auf der Fläche insgesamt 2,8 t TM ha⁻¹ *S. papillosum* aufgewachsen. Die durchschnittlichen Zuwächse auf der Versuchsfläche fallen im Vergleich zum Gefäßversuch in Bremen und zu Literaturangaben geringer aus; so liegt bei einer geringen Strohbdeckung der durchschnittliche jährliche Biomassezuwachs bei 1,3 t TM ha⁻¹a⁻¹ und im Gefäßversuch bei 3,4 t TM ha⁻¹a⁻¹ (Gefäß gefüllt mit sterilem Schwarztorf; Wasserstand -5 bis -8 cm unter Torfmoosköpfchen). Der Biomassezuwachs der mittleren Strohbdeckungsstufe liegt mit 1,2 t TM ha⁻¹a⁻¹ nicht wesentlich unter dem der geringen Strohbdeckung. Unter natürlichen Bedingungen weist *S. papillosum* eine Produktivität von 0,7 bis 6,1 t TM ha⁻¹a⁻¹ (GAUDIG 2001b) auf.

Zwar ist die Strohbdeckung in der initialen Entwicklung vom Fragment zur Torfmoospflanze sehr wichtig (QUINTY & ROCHEFORT 2003), jedoch gibt dieser Parameter nicht komplett Aufschluss über die räumlichen Unterschiede des Torfmooswachstums auf der Versuchsfläche. Im nördlichen Teil war die Strohbdeckung zu Beginn durch die manuelle Verteilung höher als im Süden, dennoch weist der südliche Teil nicht die höchsten Zuwächse auf, wie sich dies aus den oben genannten Ergebnissen ergeben würde. Die höchsten Biomassezuwächse befinden sich tendenziell im Osten der Fläche. Hier dominierte zu Beginn des Versuchs die mittlere Strohbdeckung, außerdem konnten in trockenen Phasen vergleichsweise höhere Wasserstände festgestellt werden als für den Rest der Fläche.

Aus Abbildung 3b wird darüber hinaus deutlich, dass der Längenzuwachs als Indiz für die Höhe des Biomassezuwachses dienen kann: Je länger die Torfmoose sind, desto mehr Biomasse ist tendenziell aufgewachsen.

3.3 Wachstum der Krautschicht

Eine geringe Strohbdeckung fördert zwar einerseits den Längen- und Biomassezuwachs von *S. papillosum*, sorgt aber andererseits dafür, dass die prozentuale Deckung der Krautschicht (Abb. 4a) und der Biomassezuwachs der Gefäßpflanzen (hier nicht dargestellt) höher sind als bei den anderen Strohbdeckungsstufen. Das Wachstum anderer Moose neben *S. papillosum* ist dagegen unabhängig von der Strohbdeckung zu Beginn des Versuchs.

Die Deckung der Krautschicht hat sich von Juli 2005 bis Juli 2007 deutlich erhöht (Abb. 4a). Die Schwankungen zwischen den einzelnen Erfassungsterminen sind zum einen jahreszeitlich bedingt, zum anderen spielt die Mahd der Fläche eine Rolle. Die Mahd wurde erstmalig im August 2005 mittels Motorsense durchgeführt, da sich *Juncus effusus* (Flatterbinse) zu Beginn des Versuchs stark ausgebreitet hatte (vgl. Abb. 4b) und diese Art eingedämmt werden sollte. Gemäht wurde jeweils im Frühjahr, im Sommer (kurz vor der Blüte) und im Herbst (vor der Frostperiode). Die im Frühjahr durchgeführte Mahd verrin-

gert die Beschattung der Torfmoose durch die schnellwachsenden Binsen, während die im Sommer eine weitere Ausbreitung dieses Grases verhindern hilft. Eine Mahd kurz vor dem Winter ist besonders effektiv, da sich die verbleibenden Binsenhalme mit Wasser füllen und dann durch Frost zerstört werden. Bei der Mahd wurde darauf geachtet, dass der Torfmoosrasen nicht beschädigt wird; abgemäht wurden nur die Gefäßpflanzen.

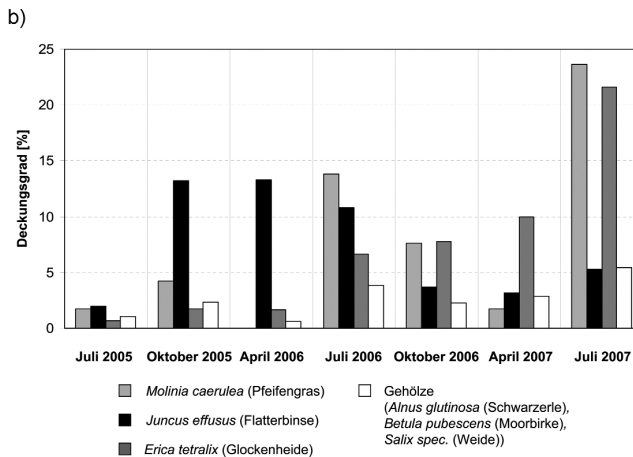
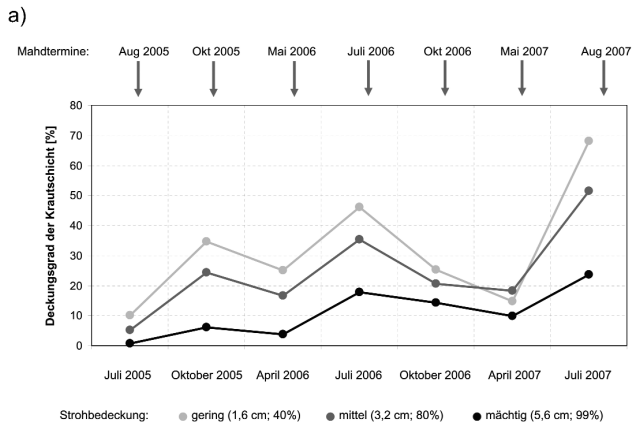


Abb. 4: a) Deckung der Krautschicht [%] auf den Dauerflächen (60 à 25 x 25 cm) von Juli 2005 bis Juli 2007 je Strohbedeckungsstufe im Vergleich
 b) Durchschnittlicher Deckungsgrad [%] der häufigsten Arten auf den Dauerflächen von Juli 2005 bis Juli 2007 im Vergleich
 a) Development of herb layer cover [%] on investigations quadrates (60, each 25 x 25 cm) classified in straw cover classes (July 2005 - July 2007)
 b) Comparison of mean cover of frequent species on investigations quadrates (July 2005 - July 2007)

Die Krautschicht setzt sich aus Arten zusammen, die zum großen Teil typisch für Hochmoore sind (Tab. 6) wie *Drosera rotundifolia* (Rundblättriger Sonnentau), *Rhynchospora alba* (Weißes Schnabelried) und *Vaccinium oxycoccus* (Moosbeere), welche in Niedersachsen als gefährdet eingestuft werden. *Molinia caerulea* (Pfeifengras) und *Erica tetralix* (Glocken-Heide) waren im Juli 2007 die häufigsten Arten auf der Versuchsfläche. Ihre Deckung hat innerhalb des Versuchszeitraums stetig zugenommen, während die Deckung von *Juncus effusus* abgenommen und die der Gehölze nur geringfügig zugenommen hat (+4%) (Abb. 4b).

Tab. 6: Mittlere Deckung der Krautschichtarten und gefährdeten Arten in Niedersachsen (BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ 1996)
Mean cover of vascular plants and protected species in Lower Saxony (Germany) (BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ 1996)

Art	Rote Liste (Niedersachsen)	Mittelwert der Deckung im Juli 2007 [%]	Anzahl Dauerflächen (n=60)
<i>Alnus glutinosa</i> (Schwarz-Erle)		7,2	6
<i>Betula pubescens</i> (Moor-Birke)		6,2	17
<i>Calluna vulgaris</i> (Besen-Heide)		9,5	11
<i>Drosera rotundifolia</i> (Rundblättriger Sonnentau)	3 (gefährdet)	2,8	10
<i>Erica tetralix</i> (Glocken-Heide)		21,6	51
<i>Eriophorum angustifolium</i> (Schmalblättriges Wollgras)		5,0	1
<i>Hydrocotyle vulgaris</i> (Wassernabel)		9,5	1
<i>Juncus effusus</i> (Flatter-Binse)		5,3	23
<i>Molinia caerulea</i> (Pfeifengras)		23,6	55
<i>Prunus serotina</i> (Späte Traubenkirsche)		2,0	1
<i>Rhynchospora alba</i> (Weißes Schnabelried)	3 (gefährdet)	5,0	2
<i>Salix spec.</i> (Weide)		3,0	13
<i>Vaccinium oxycoccus</i> (Moosbeere)	3 (gefährdet)	1,0	1

4. Diskussion

4.1 Wasserhaushalt

Der Wasserstand hat nur ausnahmsweise die kritische Marke von 0,40 m unter Gelände unterschritten, so dass dieser in einem Bereich lag, der günstig ist für das Torfmooswachstum (SCHOUWENAARS 1988, PRICE 1997). Die mittlere kapillare Aufstiegsrate aus dem Moorwasser bei einem Wasserstand von 30 cm unter GOK beträgt bei den vorhandenen Torfen etwa 3 mm pro Tag (AG BODEN 1994). Diese Wassermenge sollte für das Torfmooswachstum ausreichend sein. Bei einem Wasserstand von 50 cm unter GOK sinkt diese Nachlieferung auf 1,3 mm je Tag (AG BODEN 1994) und reicht damit für eine optimale Wasserversorgung nicht mehr aus.

Auch die Amplitude der Wasserstandsschwankungen war im Untersuchungszeitraum gering: Schwankungen sind auf der Versuchsfläche nur sehr sporadisch aufgetreten, insbesondere aber beim Ausfall der Wasserzufuhr, wie es im Frühjahr bzw. Sommer 2006 und

2007 kurzzeitig vorgekommen ist. Ohne eine Bewässerung würde der Wasserstand im Sommer auf bis zu 80 cm unter der Geländeoberkante fallen, wie Untersuchungen in vergleichbaren Torfen im Leegmoor gezeigt haben (BLANKENBURG 2001, 2002). Eine Bewässerung ist daher zwingend notwendig, um eine Torfmooskultur auf abgetorfem Hochmoorgrünland, insbesondere während der Sommermonate, zu erhalten.

Die gemessenen Wassergehalte der Torfe sind vergleichbar mit länger überstauten Schwarztorfflächen im Leegmoor (vgl. GÜTTES 1996). Die Gehalte weisen zum einen auf eine positive Wirkung der Bewässerung hin. Zum anderen kann die relative Konstanz des Bodenwassergehalts auch als Indiz für den positiven Einfluss der Torfmoose auf den Wasserhaushalt gewertet werden. Durch eine Hellfärbung der Köpfechen reduzieren die Torfmoose den Wasserverlust (bzw. die Verdunstung) in trockenen Perioden (JOOSTEN 1993). Ist der Torfmoosrasen geschlossen, wie es auf der Versuchfläche in großen Bereichen der Fall ist, wird dann entsprechend auch der Wasserverlust der unteren Torfmoospflanzenteile sowie des Bodens herabgesetzt. Folglich hat der Torfmoosrasen eine vergleichbare Wirkung wie das Stroh auf den Torfmoosfragmenten zum Versuchsstart.

Die gemessene Saugspannung und der ermittelte Bodenwassergehalt entsprechen den Beobachtungen von KUNTZE et al. (1994). Damit war die Wasserversorgung für die Torfmoose selbst im trockenen Sommer 2006 noch im optimalen Bereich, da eine Wasserentnahme aus dem Torf möglich war (PRICE 1997, PRICE et al. 1998).

Insgesamt ist es also gelungen mit Hilfe der Bewässerungseinrichtung den Wasserstand über das Anstauen von Grundwasser über Gruppen das Jahr über konstant zu halten. In großflächig angelegten Versuchen bedarf es nach jetzigem Kenntnisstand entweder Grund- oder Grabenwasser. Idealer wäre dagegen nährstoffärmeres Wasser aus Hochmoorkolken oder vernässten Hochmooren (gespeichertes Niederschlagswasser). Von einer oberflächigen Bewässerung (Beregnung) der Torfmoose wurde aus mehreren Gründen abgesehen:

Im Gefäßversuch in Bremen konnte beobachtet werden, dass Wassertropfen, die während niederschlagsfreier Perioden vor allem in der Mittagszeit auf die Torfmoose appliziert wurden, wie Brenngläser wirkten. Die Wachstumspunkte der Torfmoose (Köpfechen) verbrannten und wurden damit zerstört, so dass ein Weiterwachsen nicht mehr möglich war. Graben- und Grundwasser enthält Nährstoffe, die direkt auf die Torfmoose ausgebracht das Wachstum möglicherweise negativ beeinflussen können, in dem zum Beispiel das Algen- und Pilzwachstum gefördert werden, die eine Zerstörung der Kultur bedeuten können. Inwieweit sich Ablagerungen auf den Torfmoospflanzen aus gelöster organischer Substanz und Schwebstoffen des Bewässerungswassers (z.B. Grabenwasser) auf das Wachstum von Torfmoosen auswirkt, kann zurzeit nicht beurteilt werden.

4.2 Optimale Strohbedeckung für die Torfmoosetablierung

Es ist gelungen, innerhalb von weniger als 3 Vegetationsperioden einen geschlossenen Torfmoosrasen zu etablieren, was den Erfahrungen aus Kanada entspricht (CAMPEAU & ROCHEFORT 2002). Die Zuwächse auf der Versuchsfläche sind vergleichsweise gering, da sich die Torfmoose in den ersten 1 bis 2 Jahren aus Fragmenten zu vollständigen Pflanzen entwickeln müssen und die Produktivität dabei gering bleibt. Ist der Torfmoosrasen geschlossen, steigt der Zuwachs, wie im Gefäßversuch in Bremen festgestellt wurde. Eine Ernte der Torfmoose nach 3 Jahren ist daher ungünstig. Welche Zuwächse in dem von SUCCOW (2002) beschriebenen 5-jährigen Erntezyklus erwartet werden können muss untersucht werden.

Eine mittlere Strohbedeckung mit einer Strohmächtigkeit von ca. 3 cm wird zum jetzigen Zeitpunkt als optimal angesehen, weil zum einen der Biomassezuwachs vergleichbar mit dem der Stufe „gering“ ist und zum anderen das Wachstum der Krautschicht geringer ist. Die Strohbedeckungsstufe „mächtig“ erweist sich mit den durchschnittlich geringsten Zuwächsen als ungünstig. Dies ist vermutlich damit zu begründen, dass das Stroh zu Beginn des Versuchs zu mächtig auf den Torfmoosfragmenten lag, die photosynthetische Strahlung dadurch reduziert wurde (< 50%) und es so zu einer Wachstumshemmung gekommen ist (CLYMO & HAYWARD 1982), die bis zum Ende des Versuchs nicht mehr ausgeglichen werden konnte.

Im Vergleich zu Empfehlungen aus Kanada (z.B. PRICE 1998, QUINTY & ROCHEFORT 2003), die eine Strohbedeckung von 2250 kg Stroh/ha oder auch weniger vorgeben, wurde in Ramsloh insgesamt die dreifache Menge an Stroh ausgebracht. Welche Strohbedeckungsstufe welcher ausgebrachten Strohmenge entspricht, kann im Nachhinein nicht mehr nachvollzogen werden, da zwischen der Versuchsanlage und der Bestimmung der Strohbedeckungsklassen 7 Monate lagen. In diesem Zeitraum wurde das Stroh durch Feuchtigkeit komprimiert. Es bedarf daher systematischer Versuche zur optimalen Strohbedeckung, die Angaben in einer praktisch leicht umsetzbaren Größe (in kg/ha, Anzahl Ballen, etc.) zum Ziel haben.

4.3 Entwicklung und Eindämmung der Krautschicht

Im Feldversuch wurde zur Eindämmung der Krautschicht die Fläche regelmäßig gemäht. Dennoch hat sich die Deckung der Krautschicht von Juli 2005 bis Juli 2007 deutlich erhöht. Die Mahd von *Juncus effusus* kann, trotz der generellen Zunahme der Krautschicht, als Erfolg bewertet werden, weil die Deckung dieser Art unabhängig von der Strohbedeckung abgenommen hat. Auch die Gehölze haben sich nicht wesentlich ausgebreitet. Die Verbuschung von Flächen ist sonst ein häufiges Problem auf geschützten Hochmoorstandorten (EIGENER & SCHMATZLER 1991).

Das im Sommer 2007 sehr verbreitete Gras *Molinia caerulea* konnte allerdings nicht durch die Mahd zurückgedrängt werden, obwohl es erfahrungsgemäß empfindlich auf Schnitt reagiert (OBERDORFER 2001). *Molinia caerulea* ist typisch für wechselfeuchte Standorte (OBERDORFER 2001). Zwar war der Wasserstand auf der Versuchsfläche insgesamt ausgeglichen, dennoch könnten die sporadisch aufgetretenen wechselfeuchten Verhältnisse über die Zersetzung der Torfe ein größeres Nährstoffangebot verursacht haben, die das Vorkommen dieser Art beeinflussten (EIGENER & SCHMATZLER 1991).

Fraglich ist, woher die Diasporen für die Arten der Krautschicht stammen. Wahrscheinlich ist ein Eintrag durch die Entnahmefläche der Torfmoose, auf der neben *Juncus effusus*, auch *Molinia caerulea* und vor allem *Erica tetralix* und andere Heidekräuter der Hochmoore vorkommen. Insbesondere für *Juncus effusus* ist aber die Verbreitung durch Wind typisch und könnte Ursache für die Ausbreitung der Art darstellen (BRIEMLE & DIERSCHKE 2002). Ein Einfluss der Samenbank kann ausgeschlossen werden, da diese mit dem Abtragen des Weißtorfs entfernt wurde.

Das Mähgut wurde aus praktischen und wirtschaftlichen Gründen auf der Fläche belassen. Eigene Untersuchungen (hier nicht dargestellt) haben ergeben, dass die Stickstoff- und Phosphor-Gehalte gemähter Halme von *Juncus effusus* und *Molinia caerulea* denen der Torfmoose auf der Versuchsfläche entsprechen (N: 1,09 % bzw. P: 0,06 % je Trockenmasse). Der Kalium-Gehalt ist etwa doppelt so hoch wie bei den Torfmoosen (Torfmoose: 0,40 % je Trockenmasse; *Juncus effusus*/*Molinia caerulea*: 0,97 % je Trockenmasse). Die Gehalte im Torf liegen höher (Tab. 1), so dass die Nährstoffzufuhr durch das Mähgut gering und damit unschädlich ist.

Die Wirkung der Mahd auf das Wachstum der Torfmoose und der Krautschicht bzw. andere Methoden zur Eindämmung der Krautschicht sollten in weiteren Versuchen getestet werden. Dies gilt auch für den möglichen positiven Einfluss der Krautschicht über die Beschattung und damit die Verbesserung des Wasserhaushaltes auf die Etablierung von Torfmoosen (BOUDREAU & ROCHEFORT 1998, FERLAND & ROCHEFORT 1997, GROENEVELD et al. 2002a, 2002b).

Trotz der Probleme, die die Samen von Gefäßpflanzen in der Frischmasse der Torfmoos für die wirtschaftliche Nutzung im Erwerbsgartenbau darstellen (JOOSTEN & TIMMERMANN 1999), ist die Krautschicht ein Indiz für den Erfolg des Versuchs. Es hat sich, unter dem Einfluss einer sporadischen Mahd, eine hochmoortypische Vegetation entwickelt. Hervorzuheben sind insbesondere die Heidegewächse, wie die in Niedersachsen geschützte Moosbeere (*Vaccinium oxycoccus*).

4.4 Räumliche Variabilität

Das Torfmooswachstum erfolgte während der Versuchsdauer zeitlich und räumlich sehr heterogen und kann nicht nur anhand eines einzelnen Parameters, wie Strohbedeckung, Wasserstand, Bodenwassergehalt, Deckung und Zusammensetzung der Krautschicht erklärt werden: Der östliche Bereich war zu Beginn des Versuchs geprägt durch die Strohbedeckungsstufen „mittel“, wies während trockener Perioden die höchsten Wasserstände auf was zu den höchsten Torfmooszuwächsen führte. Hier war die Wasserversorgung möglicherweise günstiger. Im Südosten der Fläche waren die Bedingungen ähnlich. Allerdings kam es hier im ersten Winter zu einem zeitweiligen Überstau, der zu einer Erosion des Strohs geführt hat, so dass die Torfmoosfragmente in der initialen Entwicklungsphase keinen Verdunstungsschutz aufwiesen und der Zuwachs insgesamt geringer als im Osten ausgefallen ist. Rund 10 bis 15 m weiter westlich wurden dagegen sehr geringe Wasserstände und die geringsten Torfmooszuwächse für die gesamte Fläche gemessen. Die vorherrschende Strohbedeckung war hier „gering“. Vergleichbare Zuwächse konnten für den Norden mit einer dominierenden mittleren Strohbedeckung nachgewiesen werden, obwohl die Wasserstände hier stabil waren.

Für den wirtschaftlichen Anbau von Torfmoosen ist ein gleichmäßiger Rasen von großer Bedeutung, so dass das Ziel sein sollte, die Gründe für die räumliche Variabilität zu untersuchen (z.B. Eigenschaften der Torfe, Sackung).

5. Ausblick

Der Feldversuch in Ramsloh hat gezeigt, dass die Etablierung von Torfmoosen unter der Nutzung bekannter Methoden auf rund 1000 m² möglich ist. Für eine großflächige Umsetzung der Torfmooskultivierung sind allerdings noch einige Fragen offen geblieben, die Thema folgender Projekte sein werden. Die wichtigsten Punkte sind:

- Der limitierende Faktor ist zurzeit die Beschaffung von genügend „Torfmoossaatgut“, da die natürlichen Bestände begrenzt sind und nicht zerstört werden dürfen. Es bedarf daher neben der Anzucht von Torfmoosen auch Untersuchungen zur Beschleunigung der Reproduktion und des Wachstums.
- Die Ursachen der räumlichen Variabilität des Zuwachses einer Torfmooskultur gilt es zu untersuchen und einzudämmen, um gute Erträge zu gewährleisten.
- Die Krautschicht stellt ein Problem für die Nutzung von Torfmoosfrischmasse im Erwerbsgartenbau dar, so dass Untersuchungen zum Diasporeneintrag, zur Eindämmung der Krautschicht auf dem Feld und/oder zur Entfernung von Samen aus dem Torfmoosrohstoff nötig sind.

- Da ohne Bewässerung eine Torfmooskultur nicht möglich ist, müssen Wasserbedarf und Dimensionierung der Bewässerungsanlage bestimmt werden.
- Für eine großflächige Torfmooskultur bedarf es der Entwicklung von Geräten zum Ausbringen der Torfmoose, der Pflege und der Ernte.

6. Danksagung

Wir danken der Fachagentur für nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR) für die Finanzierung des Projekts sowie Dr. habil. Hans Joosten und Greta Gaudig (beide Universität Greifswald) für die produktive Zusammenarbeit. Dem Torfwerk Moorkultur Ramsloh möchten wir für die Bereitstellung und Herrichtung der Fläche sowie für die tatkräftige Unterstützung bei Betreuung und Bewässerung der Fläche danken. Unser Dank gilt auch allen Mitarbeitern des LBEG der Außenstelle Bremen, die uns im Rahmen des Projekts mit Rat und Tat zur Seite standen.

7. Literaturverzeichnis

AG BODEN (1994): Bodenkundliche Kartieranleitung. – 4. Aufl., 392 S., 33. Tab., 91. Tab; Hannover.

BLANKENBURG, J. (2001): Moorkundlich-hydrologische Untersuchungen. – In: NICK, K.-J., LÖPMEIER, F.-J., SCHIFF, H., BLANKENBURG, J., GEBHARDT, H., KNABKE, C., WEBER, H. E., FRÄMBS, H. & MOSSAKKOWSKI, D.: Moorregeneration im Leegmoor/ Emsland nach Schwarztorfabbau und Wiedervernässung. *Angewandte Landschaftsökologie* **38**: 39-50.

BLANKENBURG, J. (2002): Moorschutz in Niedersachsen. *Arb.-H. Boden* 2002/3: 45-58; Hannover.

BOUDREAU, S. & ROCHEFORT, L. (1998) : Restoration of post-mined peatlands : effect of vascular pioneer species on *Sphagnum* establishment. – In: MALTERER, T., JOHNSONS, K. & STEWARD, J. (eds.): Peatland Restoration and Reclamation – Techniques and Regulatory Considerations, Proceedings of the International Peat Symposium in Duluth: 39-43; Jyskä.

BRIEMLE, G. & DIERSCHKE, H. (2002): Kulturgrasland. – 1. Aufl.; 220 S.; Stuttgart (Ulmer).

BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ 1996: Rote Liste – gefährdete Pflanzen Deutschlands. – Schriftenreihe für Vegetationskunde **28**; Bonn-Bad Godesberg.

CAMPEAU, S. & L. ROCHEFORT, L. (1996): *Sphagnum* regeneration on bare peat surfaces: Field and greenhouse experiments. – *Journal of Applied Ecology* **33**(3): 599-608.

CAMPEAU, S. & ROCHEFORT, L. (2002): Possibilities and limits to *Sphagnum* farming. – In: SCHMILEWSKI, G. & ROCHEFORT, L. (eds.): Peat in horticulture. Quality and environmental challenges. International Peat Society: 264-269; Jyväskylä.

CLYMO, R. S. & HAYWARD, P.M (1982): The ecology of *Sphagnum*. – In: SMITH, A.J.E. (ed.): Bryophyte ecology: 229-289; London – New York (Chapmann & Hall)

CLYMO, R. S. (1997): The roles of *Sphagnum* in peatlands. – In: PARKYN, L., STONEMAN, R.E. & INGRAM, H.A.P. (eds.): Conserving peatlands, CAB International: 95-102.

DWD: Deutscher Wetterdienst; Station Edewecht.

EIGNER, J. & SCHMATZLER, E. (1991): Handbuch des Hochmoorschutzes – Bedeutung, Pflege, Entwicklung; Greven (Kilda-Verlag).

FEIGE, W. (1977): Verfügbarkeit von Pflanzennährstoffen in organischen Böden. – Geol. Jb. Reihe F4: 175-201; Stuttgart (Schweizerbart).

FERLAND, C. & ROCHEFORT, L. (1997): Restoration techniques for *Sphagnum*-dominated peatlands. – Can. J. Bot **75**: 1110-1118.

FNR (2008): Abschlussbericht des Forschungsprojekts „Torfmoos als nachwachsender Rohstoff“ (in Druck); Gülzow.

HAYWARD & CLYMO (1982): Profiles of water content and pore size in *Sphagnum* and peat and their relation to peat bog ecology. – Proc. R. Soc. Lond. B **215**: 299-325.

GAUDIG, G. (2001a): Das Forschungsprojekt: Etablierung von *Sphagnum* – Optimierung der Wuchsbedingungen. – Telma **31**: 329-334, 2 Abb.; Hannover.

GAUDIG, G. (2001b): *Sphagnum* als nachwachsender Rohstoff. Etablierung von *Sphagnum* – Optimierung der Wuchsbedingungen. – Abschlussbericht einer Literaturstudie. 75 S.

GAUDIG, G. (2002): Das Forschungsprojekt: „Torfmoose (*Sphagnum*) als nachwachsender Rohstoff: Etablierung von Torfmoosen – Optimierung der Wuchsbedingungen“. – Telma **32**: 227-242; Hannover.

GAUDIG, G. & JOOSTEN, H. (2002): Peat moss (*Sphagnum*) as a renewable resource – an alternative to *Sphagnum* peat in horticulture. – In: SCHMILEWSKI, G. & ROCHEFORT, L. (eds.): Peat in horticulture. Quality and environmental challenges: 117-125; Jyväskylä.

GAUDIG, G. & JOOSTEN, H. (2003): Kultivierung von Torfmoos als nachwachsender Rohstoff – Möglichkeiten und Erfolgsaussichten. – Greifswalder Geographische Arbeiten **31**: 75-86; Greifswald.

GRANTZAU, E. (1997): Eigenschaften organischer Substratkomponenten. – Taspo Gartenbaumagazin, Heft Oktober: 51.

GROENEVELD, E., ROCHEFORT, L. & MASSÈ, A. (2002a): *Polytrichum strictum* as a companion plant to *Sphagnum* on post vacuum harvested peatlands. – In: SCHMILEWSKI, G. & ROCHEFORT, L. (eds.): Peat in horticulture. Quality and environmental challenges. International Peat Society: 304-308; Jyväskylä.

GROENEVELD, E., ROCHEFORT, L. & MASSÈ, A. (2002b): Nursing plants in peatland restoration: on their potential use to alleviate frost heaving problems. – Suo **53** (3-4): 73-85.

GÜTTES, C. (1996) Untersuchungen zu ausgewählten Wasserhaushaltsparametern und Vegetationseinheiten auf wiedervernässten Schwarztorfabbauflächen im Leegmoor/ Emsland. – Unveröffentlichte Diplomarbeit im Studiengang Geographie der Universität Bremen.

- JAHNS, W. (1969): Torfmoos-Gesellschaften der Esterweger Dose. – Schriftenr. Vegetationskunde **4**: 49-74; Bonn.
- JOOSTEN, H. (1993): Denken wie ein Hochmoor. – *Telma* **23**: 95-115; Hannover.
- JOOSTEN, J.H.J. (1995): The golden flow: the changing world of international peat trade. – *Gunneria* **70**: 269-292.
- JOOSTEN, H. (1998): Peat as a renewable resource: The road to paludiculture. – In: MALTERER, T., JOHNSONS, K. & STEWARD, J. (eds.): Peatland Restoration and Reclamation – Techniques and Regulatory Considerations, Proceedings of the International Peat Symposium in Duluth: 56-63; Jyskä.
- JOOSTEN, H. & TIMMERMANN, T. (1999): Torf als nachwachsender Rohstoff. – *Telma* **35**: 171-181; Hannover.
- JOOSTEN & CLARK (2002): Wise use of mires and peatlands – Background and principles including a framework for decision-making. – International Mire Conservation Group / International Peat Society; Totnes (NHBS Ltd.)
- KREBS, M. & GAUDIG, G. (2005): Torfmoos (*Sphagnum*) als nachwachsender Rohstoff – Untersuchungen zur Maximierung der Produktivität von *Sphagnum papillosum* im Regendurchströmungsmoor Ispani 2 (Georgien). – *Telma* **35**: 171-189, 6 Abb., 5 Tab.; Hannover.
- KUNTZE, H., ROESCHMANN, G. & SCHWERTDFEGER, G. (1994): Bodenkunde. – 5. Aufl., 424 S.; Stuttgart (Ulmer).
- LÜTT, S. (1992): Produktionsbiologische Untersuchungen zur Sukzession der Torfstichvegetation in Schleswig Holstein. – Mitt. AG Geobot. Schlesw.-Holst. u. Hamburg **43**: 249 S. + Anhang; Kiel.
- OBERDORFER, E. (2001) Pflanzensoziologische Exkursionsflora für Deutschland und angrenzende Gebiete. – 1051 S.; Stuttgart (Verlag Eugen Ulmer).
- OVERBECK, F. (1975): Botanisch-geologische Moorkunde. – 719 S.; Neumünster (Karl-Wachholtz Verlag).
- POSCHLOD, P. & PFADENHAUER, J. (1989): Regeneration vegetativer Sprosssteilchen von Torfmoosen – Eine vergleichende Studie an neun *Sphagnum*-Arten. – *Telma* **19**: 77-88, 4 Abb., 2 Tab.; Hannover.
- PRICE, J. (1997): Soil moisture, water tension, and water table relationships in a managed cutover bog. – *Journal of Hydrology* **202**: 21-32.
- PRICE, J. (1998): Methods for Restoration of a cutover peatland, Quebec, Canada. – In: MALTERER, T., JOHNSONS, K. & STEWARD, J. (eds.): Peatland Restoration and Reclamation – Techniques and Regulatory Considerations, Proceedings of the International Peat Symposium in Duluth: 149-154; Jyskä.
- PRICE, J. ROCHEFORT, L. & QUINTY, F. (1998): Energy and moisture considerations on cutover peatlands: surface microtopography, mulch cover and *Sphagnum* regeneration. – *Ecological Engineering* **10**: 293-312.
- QUINTY, F. & ROCHEFORT, L. (1997): Plant reintroduction on a harvested bog. – In: TRETTIN, C. C., JURGENSEN, M.F., GRIGAL, D. F., GALE, M. R. & JEGNUM, J. K. (Hrsg.): Northern forested wetlands – Ecology and Management: 133-145; Boca Raton, New York, London und Tokyo (CRC Lewis Publishers).

- QUINTY, F. & ROCHEFORT, L. (2003): Peatland Restoration Guide - Second Edition. – 120 S.; Quebec (Canadian *Sphagnum* Peat Moss Association & New Brunswick Department of Natural Resources and Energy).
- REINIKAINEN, O. (1997): Peat, the ultimate material for horticultural use? – In: SCHMILEWSKI, G. (ed.): Peat in horticulture – its use and sustainability: 105-111; Jyväskylä (International Peat Society).
- ROCHEFORT, L., GAUTHIER, R. & LEQUÈRE, D. (1995): *Sphagnum* regeneration – toward an optimisation of bog restoration. – In: WHEELER, B.D., SHAW, S.C., FOJT, W. J. & ROBERTSON, R.A. (1995): Restoration of temperate wetlands: 423-434; Chichester (John Wiley & Sons).
- ROCHEFORT, L. & CAMPEAU, S. (1997): Rehabilitation work on post-harvested bogs in south Eastern Canada. – In: PARKYN, L., STONEMAN, R. E. & INGRAM, H.A.P. (eds.): Conserving pealands, CAB International: 287-294.
- ROCHEFORT, L., QUINTY, F. & CAMPEAU, S. (1997): Restoration of peatland vegetation: The case of damaged or completely removed acrotelm. – Int. Peat J. 7: 20-28.
- ROCHEFORT, L. (2000): *Sphagnum* – A keystone genus in habitat restoration. – The Bryologist 103(3): 503-508.
- ROCHEFORT, L., QUINTY, F., CAMPEAU, S., JOHNSON, K. & MALTERER, T. (2003): North American approach to the restoration of *Sphagnum* dominated peatlands. – Wetlands Ecology and Management 11: 3-20.
- SCHÄFER, W. (2002): Bodenphysikalische Eigenschaften von Torfen niedersächsischer Moorböden unter Berücksichtigung ihrer Pedogenese. Arb.-H. Boden 2002/3: S. 59-75; Hannover.
- SCHNEEKLOTH, H. & TÜXEN, J. (1975): Die Moore in Niedersachsen. – Veröffentlichungen des niedersächsischen Instituts für Landeskunde und Landesentwicklung an der Universität Göttingen; Reihe A: Forschungen zur Landes- und Volkskunde 96(4); Göttingen (Kommissionsverlag Göttinger Tageblatt GmbH & Co.)
- SCHOUWENAARS, J. M. (1988): The impact of water management upon groundwater fluctuations in a disturbed bog relict. – Agriculture Water Management 14: 439-449.
- SUCCOW, M. (2002): Zur Nutzung mitteleuropäischer Moore – Rückblick und Ausblick. – Telma 32: 255-266; Hannover.
- SUCCOW, M. (2003): Moore der temperaten Laufwaldzone – Funktionen, Schutz und naturverträgliche Nutzung. – Greifswalder Geographische Arbeiten 31: 13-19; Greifswald.
- SUCCOW, M. & JOOSTEN, H. (Hrsg.) (2001): Landschaftsökologische Moorkunde. – 2. Aufl.; 622 S.; Stuttgart (E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung).
- WROBEL, S. (2002): Vergleichende Untersuchungen zum Einfluss von Strohmulch und Beschattung durch Schattierleinen auf das Mikroklima und das *Sphagnum*-Wachstum einer abgetorften Hochmoorfläche in Nordwest-Deutschland. – Telma 32: 207-225, 9 Abb.; Hannover.

Anschrift der Verfasser:

Dörte Kamermann
Lüneburger Straße 12
D-28203 Bremen
E-Mail: d.kamermann@gmail.com

Dr. Joachim Blankenburg
Geologischer Dienst für Bremen (GDfB)
Marum-Leobener Straße
D-28359 Bremen
E-Mail: j.blankenburg@gdfb.de

Manuskript eingegangen am 22. August 2008.