

SIND DIE INTERESSEN VON NATURSCHUTZ, KLIMASCHUTZ UND LANDWIRTSCHAFT VEREINBAR? DIESER FRAGE GEHEN WISSENSCHAFTLER DER UNIVERSITÄT GREIFSWALD AM BEISPIEL DER BEWIRTSCHAFTUNG WIEDERVERNÄSSTER MOORE NACH.

WENDELIN WICHTMANN, SABINE WICHMANN & FRANZISKA TANNEBERGER

Paludikultur – Nutzung nasser Moore: Perspektiven der energetischen Verwertung von Niedermoorbiomasse

Schlagwörter: Wiedervernässung, Moore, Paludikultur, Bioenergie, Bewirtschaftung

Zusammenfassung

Die im Rahmen von Naturschutzprojekten durchgeführte Wiedervernässung von Niedermooeren ist nicht zwangsläufig mit der Nutzungsaufgabe dieser Standorte verbunden. Mit einer „nassen“ Bewirtschaftung können auf der einen Seite Treibhausgasemissionen vermieden werden. Auf der anderen Seite profitieren seltene Tier- und Pflanzenarten vom Erhalt offener und niedriger Vegetation. Für die anfallende Biomasse gibt es viele verschiedene Möglichkeiten der energetischen Verwertung besonders für die wiedervernässten nordostdeutschen Moore geeignete sind. Die Verfahren werden diskutiert. Anhand von Fallstudien werden die Nutzung von Niedermoorbiomasse im Wiesenbrüterschutz in Nordostdeutschland und Polen, die Verwertung von Naturschutzheu am Bodensee und die Produktion von Biomassebriketts in Weißrussland (Belarus) vorgestellt.

1 Einführung

Die herkömmliche, landwirtschaftliche Nutzung von Niedermoorstandorten für Saatgrasland, Extensiv-Grünland und Ackerbau ist an die Absenkung der Grundwasserstände gebunden (vgl. Abb. 1, Abb. 2). Diese Entwässerung verschlechtert die Standortbedingungen und führt zu erheblichen Emissionen klimarelevanter Gase, Stoffausträgen ins Grundwasser und Lebensraumverlust für bedrohte Arten intakter Niedermooere. Gleichzeitig ist aufgrund des sinkenden Futterbedarfs insbesondere durch starken



Abb. 1: Ackerbau auf Niedermoor ist mit hohen Treibhausgas-Emissionen verbunden: Maisanbau in einem der größten Niedermoorgebiete Deutschlands (Friedländer Große Wiese) durch einen der größten Rindermastbetriebe Europas Foto: S. Wichmann



Abb. 2: Ackerbau auf Niedermoor verursacht auch in Brandenburg hohe Treibhausgas-Emissionen sowie Stoffausträge in Grund- und Oberflächenwasser: Maisstoppel im brandenburgischen Uckertal Foto: W. Wichtmann

Abbau der Viehbestände sowie die Verlagerung der Milchproduktion auf den Acker die Bewirtschaftung von Grünland stark zurückgegangen. Viele Grünland-Flächen werden derzeit nur mit Hilfe von Förderungen bewirtschaftet oder bereits bei weiterhin wirksamen Entwässerungsmaßnahmen nicht mehr genutzt (Grünlandüberschuss).

Die Wiedervernässung der trockengelegten Moore ist aus ökologischer und klimapolitischer Sicht erforderlich. Paludikulturen (*palus* lat.: Sumpf, Morast) stellen alternative Nutzungsformen für eine nasse, umweltverträgliche Bewirtschaftung naturnaher und wiedervernässter Moore dar. Sie vereinen Moor-, Klima- und Gewässerschutz mit einer Fortführung der Nutzung und eröffnen auch für den Naturschutz und die in vielen Mooren immer schwieriger umzusetzende Pflege neue Perspektiven. Mögliche Paludikulturen reichen von Torfmoosanbau auf abgetorferten Hochmooren über Erlenwertholz- und Dachschilfnutzung bis hin zur energetischen Nutzung von Niedermoorbiomasse (WICHTMANN & JOOSTEN 2007, AUTORENKOLLEKTIV GREIFSWALD 2009).

2 Niedermoorbiomasse

Eine landwirtschaftliche Bewirtschaftung von ehemals „meliorierten“ Niedermooeren ist auch nach Wiedervernässung möglich: Durch natürliche Sukzession oder nach künstlicher Einbringung (Pflanzung) entstehen Pflanzenbestände, die im Gegensatz zu denen auf den meisten nicht degradierten Moorstandorten sehr produktiv sind. Die wichtigsten Pflanzenarten sind Rohrglanzgras (*Phalaris arundinacea*), Gemeines Schilf (*Phragmites australis*) und Großseggen (*Carex spec.*). Es sind Trockenmasseerträge zwischen 3 und 25 Tonnen pro Hektar und Jahr zu erwarten. Abhängig von den Standorteigenschaften und dem Erntetermin variiert die stoffliche Zusammensetzung dieser Niedermoorbiomasse. Grundsätzlich kommen zwei Ernteperioden in Frage:

- a) Mahd im Sommer (abhängig von Vorgaben des Naturschutzes, meist nach 15. Juli bzw. 1. August) im mehr oder weniger grünen Zustand. Die Biomasse muss vor Einbringung getrocknet werden. Alternativ kann die Biomasse auch

siliert werden, wenn die stoffliche Zusammensetzung und der Wassergehalt es erlauben.

- b) Mahd im Winter im trockenen Zustand. Das Material bedarf bei einer Ernte unter günstigen Bedingungen keiner weiteren Trocknung. Durch Rückverlagerung von Nährstoffen in die Rhizome und Auswaschungsprozesse aus dem stehenden Halm unterscheidet sich diese Biomasse hinsichtlich ihrer Inhaltsstoffe stark von der grünen Biomasse.

Für eine Verwertung über den Kuhmagen oder andere tiergebundene Verfahren ist die Niedermoorbiomasse aufgrund ihrer minderen Qualität – bedingt durch die Pflanzenartenzusammensetzung oder den späten Erntetermin – meistens nicht interessant. Entsprechend sind „Entsorgungsprobleme“ von Landschaftspflegematerial und kostenintensive Notlösungen wie Kompostierung oder Deponierung aus der Naturschutzpraxis bekannt. Alternativen bieten die stoffliche und energetische Verwertung. Für eine stoffliche Nutzung von Niedermoorbiomasse gibt es eine weite Palette der Möglichkeiten: Matten, Platten, Dachschilf, Formkörper etc. (WICHTMANN 1999). Diese sind zwar auf Grund der langfristigen Kohlenstoffbindung und aus ökonomischer Sicht grundsätzlich der energetischen Verwertung vorzuziehen, werden aber eher nur kleinflächig wirksam. Für die stofflichen Verwertungspfade kommen nur ausgewählte Pflanzenarten (z.B. Gemeines Schilf) mit besonderen v.a. biometrischen (physischen) Biomassequalitäten infrage.

3 Niedermoorbewirtschaftung und klimarelevante Emissionen

Die Bewirtschaftung von Mooren ist immer klimarelevant. Insbesondere abhängig von der Intensität des Wassermanagements, der Wasserstandsdynamik, der Düngung des Standortes und der Bodenbearbeitung kommt es zu unterschiedlichen Emissionen von Gasen wie Lachgas, Kohlendioxid und Methan oder zur Aufnahme von Kohlendioxid durch die Vegetation und zur langfristigen Festlegung von Kohlenstoff unter anaeroben Bedingungen als Torf. Die Bilanz aller klimarelevanten Faktoren ergibt das tatsächliche Treibhausgaspotenzial eines Moorstandortes.

Für verschiedene Bewirtschaftungsformen sind unterschiedliche Wasserstände optimal (vgl. Abb. 3). Intensivgrasland und Ackerbau erfordern für eine Befahrung mit schwerem Gerät und üblicher Bereifung Wasserstände von mindestens 35 cm unter Flur (BLANKENBURG et al. 2001). Müssen diese bereits im zeitigen Frühjahr erreicht sein, kann im Sommer der Wasserspiegel bis deutlich unter 120 cm unter Flur fallen. Eine extensive Beweidung kann auch mit konventionellen Rassen ggf. bei mittleren Wasserständen von 30 cm unter Flur stattfinden, wird aber auch bei deutlich tieferen

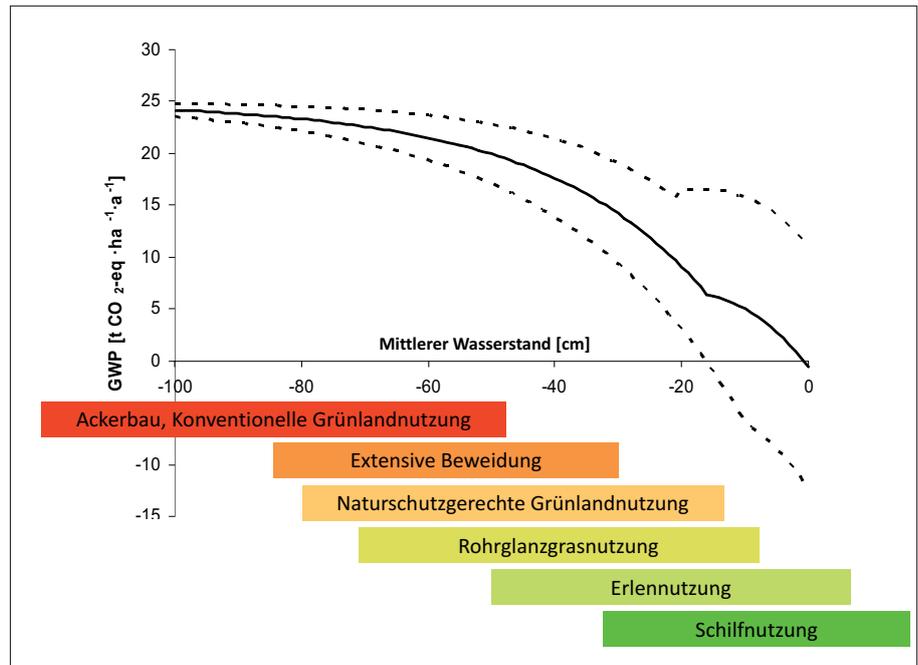


Abb. 3: Treibhausgaspotenzial (GWP; Summe aus Kohlendioxid und Methan, ohne Lachgas), pro Hektar Moorfläche und Jahr in Abhängigkeit vom mittleren Wasserstand und Zuordnung verschiedener Nutzungsformen (verändert nach COUWENBERG et al. 2008)

mittleren Wasserständen als 80 cm durchgeführt. Die Emissionen können hier, je nach tatsächlichem mittlerem Wasserstand, bei mehr als 25 Tonnen Kohlendioxid-Äquivalente (CO₂-eq.) je Hektar und Jahr liegen. Dagegen weisen standortverträgliche Produktionsverfahren ganzjährig Wasserstände höher als 20 cm unter Flur auf (Abb.3). Dies sind die Bewirtschaftung der nasseren Formen der Rohrglanzgrasröhrichte und des Erlernwaldes sowie der Schilfröhrichte und Seggenriede (Paludikulturen). Als tiergebundenes Verfahren ist die Beweidung mit Wasserbüffeln zu nennen. Im Vergleich zur intensiven Grünlandwirtschaft können durch Wiedervernässung und Neuorientierung der Bewirtschaftung Entlastungen der Atmosphäre durch eine Reduktion der Treibhausgasemissionen von mindestens 15 t CO₂-eq. je Hektar und Jahr erreicht werden (KOWATSCHEK et al. 2009) (vgl. Abb. 3). Zusätzlich können durch den Ersatz fossiler Energieträger weitere Emissionen in etwa gleicher Größenordnung eingespart werden. Besonders kritisch sind die neuen Entwicklungen des Anbaus von „Bio“-Energieträgern auf stark entwässerten Mooren zu sehen. Die Produktion von Mais- und Gras-Silage für Biogas und die Veredelung zu „Öko“-Strom wird in Deutschland über das EEG¹ gefördert. Die erforderlichen Wasserstände sind jedoch mit Emissionen von mindestens 25 t CO₂-eq. je Hektar und Jahr verbunden. Es ist daher davon auszugehen, dass in der Gesamtbilanz deutlich mehr klimarelevante Gase beim Anbau von Biomasse auf entwässerten Mooren zur Biogasproduktion in die Atmosphäre entlassen werden als durch den Ersatz fossiler Energieträger eingespart werden können (COUWENBERG 2007, WICHTMANN et al. 2009). Die Rohrglanzgras-, Seggen- und Schilfbewirtschaftung ist aus ökologischer Sicht

sowohl der bisherigen Grünlandnutzung als auch einem Brachfallen bei Beibehaltung der Entwässerungseinrichtungen vorzuziehen. Die positive Klimarelevanz ergibt sich in erster Linie durch den Torferhalt aufgrund hoher Wasserstände sowie den trotz Biomasse-Entnahme möglichen Torfaufbau durch Schilf-Rhizome und Radizellen (Feinwurzeln). Die mit der energetischen Verwertung von Biomasse verbundene Einsparung fossiler Brennstoffe stellt vor diesem Hintergrund einen zusätzlichen positiven Aspekt dar.

4 Niedermoorbewirtschaftung und Naturschutz

Zahlreiche Pflanzen- und Tierarten haben in intakten oder durch extensive Mahd und Beweidung genutzten Mooren ihren Lebensraum. Mit dessen Zerstörung durch Entwässerung und Eutrophierung der Moore bzw. der Nutzungsauffassung sind etliche Arten selten geworden. Dadurch ergeben sich neue Erfordernisse im Schutz der Arten, beispielsweise des Seggenrohrsängers (*Acrocephalus paludicola*). Als einzige global bedrohte Singvogelart Kontinentaleuropas und Charakterart der offenen Niedermoores, deren Schutz gleichbedeutend für den Schutz einer bedrohten Lebensgemeinschaft steht, kann sie bei zunehmender Entwässerung und Eutrophierung in den Brutgebieten nur noch durch Nutzung des Niedermoor-Aufwuchses geschützt werden (Abb. 4).

¹ Erneuerbare-Energien-Gesetz (<http://www.bmu.de/gesetze/verordnungen/doc/2676.php>)

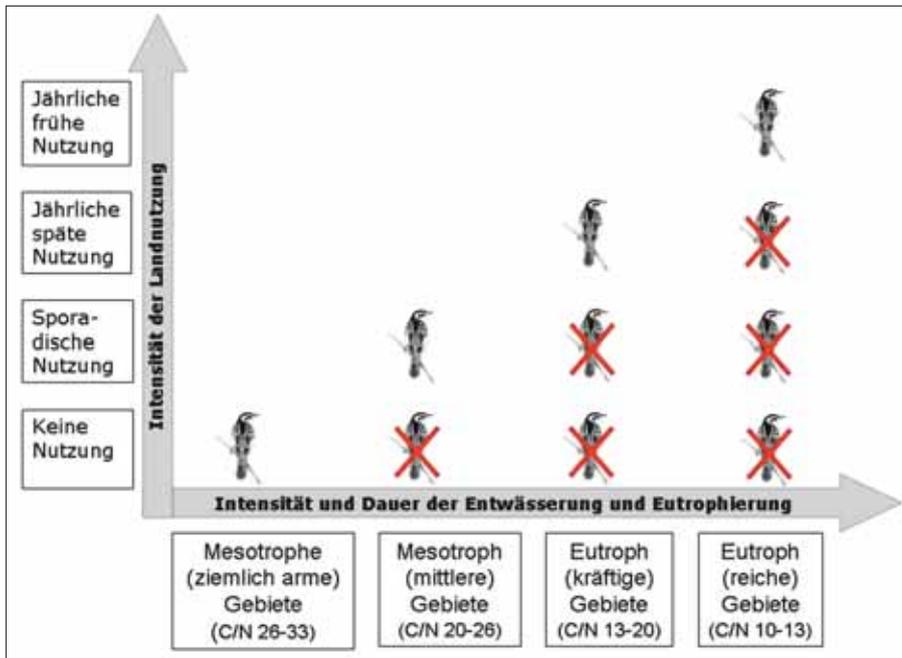


Abb. 4: Modell des Vorkommens von Seggenrohrsängern unter natürlichen Bedingungen und bei drei Stadien zunehmend intensiver und andauernder Entwässerung und Eutrophierung im Verhältnis zur Intensität der Landnutzung (Tanneberger 2008), C/N-Klassen nach Succow & Joosten (2001)



Abb. 5: Im vormals dichten Schilfröhricht in den Murchiner Wiesen (Peenetal) breiten sich nach dreijähriger Sommermahd Seggen (*Carex elata*), Sumpffarn (*Thelypteris palustris*) sowie Fluss-Ampfer (*Rumex hydrolapathum*) und mit diesem der Große Feuerfalter (*Lycaena dispar*) aus
Foto: F. Tanneberger



Abb. 6: Mosaik aus Sommer- und Wintermahdflächen sowie ungenutzten Flächen im Peenetal östlich von Anklam
Foto: B. Herold

Auf wiedervernässten Niedermoorstandorten können sich abhängig vom Wasserstand und -regime sowie von Nährstoffverhältnissen, Samenbank und Torf-Zersetzungsgrad Schilfröhrichte oder Seggenriede entwickeln. In Paludikulturen wird spontan entwickelte Vegetation geerntet (z.B. Pflege-mahd) oder das Wachstum bestimmter Arten gezielt gefördert. Struktur und Management der Flächen bestimmen deren Wert für den Naturschutz (vgl. Abb. 5). Um diesen zu erhöhen, sollte der Entwicklung von Wildnis im Mosaik mit den Paludikultur-Flächen ausreichend Raum gegeben werden. Insbesondere in Schutzgebieten müssen Naturschutz-Mindeststandards wie z.B. Mahd außerhalb der Brutzeiten von Wiesenvögeln eingehalten werden.

Mit dem Übergang von herkömmlich landwirtschaftlich genutzten oder abgetorften Mooren zur Paludikultur wird unmittelbar eine grundsätzliche Verbesserung der Lebensraumfunktion gegenüber den Ausgangsbedingungen erreicht, insbesondere wenn Teilflächen ungenutzt bleiben und Nutzungstermine zeitlich gestaffelt sind (vgl. Abb. 6). Langfristig sollte sich das Zusammenspiel zwischen Produktionsfunktion und Lebensraumfunktion, wie es ja in Zeiten der Feuchtwiesenwirtschaft zum Vorkommen heute extrem seltener Tier- und Pflanzenarten geführt hat, wieder einstellen. Gezielte, auf die Förderung bestimmter Arten (vgl. Fallstudien) abzielende Nutzungsregimes sollten bei Bedarf zwischen Flächennutzern und Naturschutz vereinbart werden (Stehenlassen ungemähter Streifen, Bewirtschaftungstermine). Dafür sind insbesondere Anreizsysteme sinnvoll, wie z.B. die neuen polnischen Agrarumweltprogramme, die spezielle „Seggenrohrsänger-Pakete“ enthalten oder Investitionsförderungsprogramme, die in Absprache mit dem Naturschutz gezielt die Anschaffung von Spezialtechnik fördern und private oder kommunale Investitionen in Verwertungsanlagen (Blockheizkraftwerke) erleichtern.

5 Energetische Verwertung

Für eine energetische Verwertung können auch unspezifische Biomassen in großen Mengen eingesetzt werden. Die Energiebiomasse kann aus verschiedenen Pflanzenarten zusammengesetzt sein und muss nur einige stoffliche Mindestkriterien erfüllen. Verschiedene Möglichkeiten der energetischen Verwertung werden im Folgenden ausführlich vorgestellt.

5.1 Direkte Verfeuerung

Niedermoorbiomasse aus nassen Mooren ist grundsätzlich für die thermische Verwertung in Feuerungsanlagen (Blockheizkraftwerke, Nahwärmeversorgung) verschiedener Größenordnung geeignet. Als technische Lösungen kommen diejenigen in Betracht, die auch für die Verbrennung von Miscanthus („Chinaschilf“) und Stroh eingesetzt werden. Aufgrund der geringen Schüttdich-

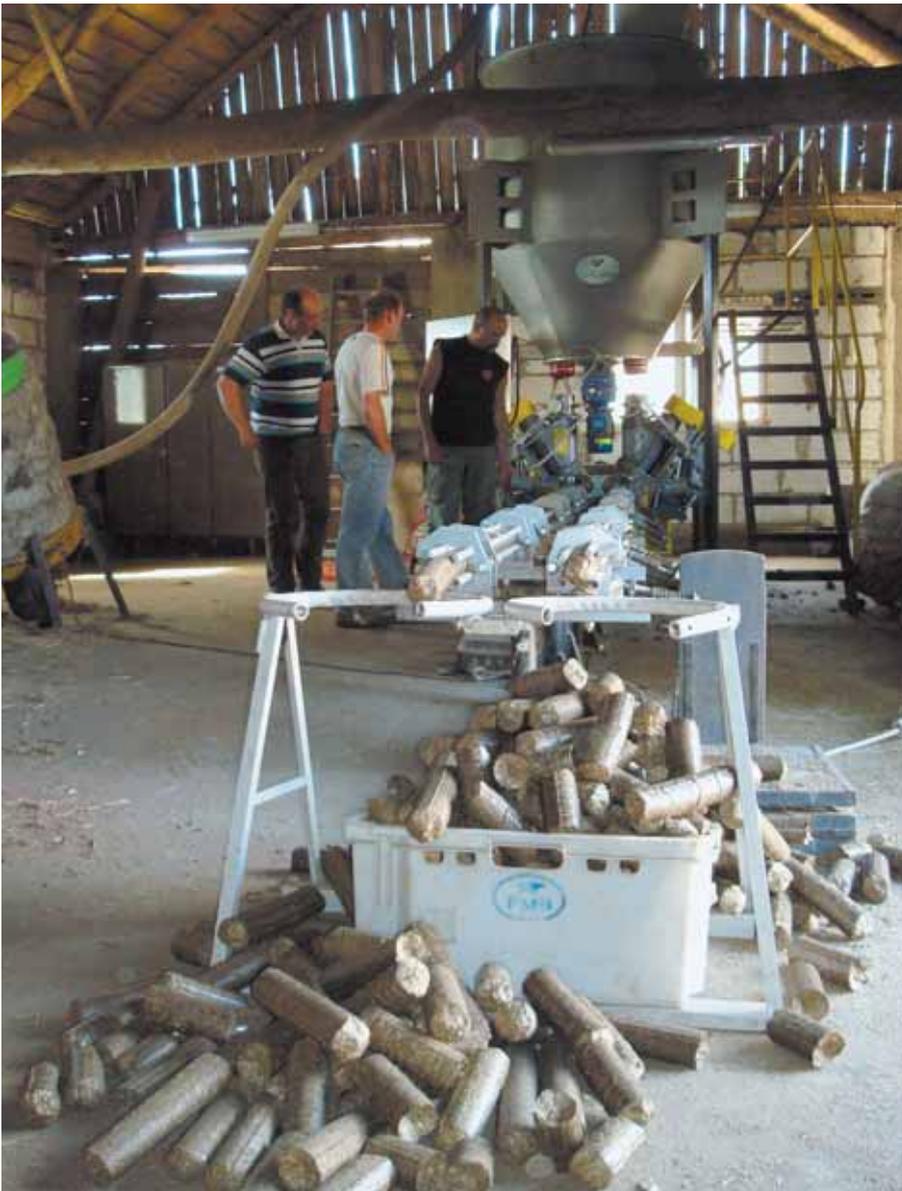


Abb. 7: Brikettierung von Niedermoorbiomasse in Nordost-Polen Foto: L. Lachmann



Abb. 8: Briketts aus Niedermoorbiomasse, verkaufsfertig verpackt (Nordost-Polen) Foto: L. Lachmann

te ist diese Biomasse – ähnlich wie Stroh – allerdings sehr transportlabil. Je weiter ein Transport zu einer thermischen Verwertungsanlage ist, desto wichtiger ist eine Komprimierung der Biomasse. Weitere Potenziale werden in der Veredlung der Niedermoorbiomasse zu Briketts und Pellets gesehen (vgl. Abb. 7, Abb. 8). Die Abnah-

me dieser Presslinge müsste bilateral z.B. mit Großverbrauchern geregelt bzw. über eine Zertifizierung der angebotenen Biomasse deren Verwertbarkeit für den Verbraucher einschätzbar gemacht werden. Niedermoorbiomasse kann auch als Zuzusammensetzung bei der Holzpellets-Produktion verwendet werden (je nach Qualität z. B. 10 bis 30%), wobei die bestehenden Normwerte für Holzpellets eingehalten werden können.

Niedermoorbiomasse weist einen gegenüber Holz nur geringfügig geringeren Heizwert auf: Schilf: 18,0 MJ/kg TM, Rohrglanzgras: 17,5 MJ/kg TM (WICHMANN & WICHMANN 2009). Halmgutartige Biomasse² wie Stroh, Heu und Miscanthus erfordert mit ihrer geringeren Energiedichte und dem deutlich höheren Ascheanfall jedoch eine angepasste Feuerungstechnik hinsichtlich Brennstoff-Zuführung und ggf. -Zerkleinerung sowie Ascheauswurf und Staubabscheidung. Hierfür bestehen durch die Stroh-Verbrennung ausreichend Erfahrungen. In Bezug auf problematische Inhaltsstoffe, die u.a. zu schnellerem Verschleiß

der Verbrennungsanlagen, kritischen Emissionen oder Erniedrigung des Ascheschmelzpunktes mit der Gefahr der Schlackebildung führen können, sind halmgutartige Brennstoffe sehr heterogen. Die Zusammensetzung der Biomasse ist stark abhängig von den Standortbedingungen (Trophie, Hydrologie, Salzgehalt) und der Bewirtschaftung (Düngung, Erntezeitpunkt). Gegenüber Stroh oder Miscanthus bestehen bei Niedermoorbiomasse verschiedene Vorzüge. Da es sich bei den Niedermoorböden um relativ mineralstoffarme organische Substrate handelt und die Flächen nicht gedüngt werden, sind die Mineralstoffgehalte (Mg, Na, Ca) niedriger. Dies wirkt sich insofern aus, dass die Temperatur, bei der die Asche zu schmelzen beginnt, deutlich höher liegt (> 1.300°C) und somit Verschlackungen der Roste nicht zu befürchten sind. Da Sulfate und Chloride ebenfalls in geringeren Konzentrationen vorliegen, werden die abgasführenden Rohre weniger korrosiv belastet als beim Einsatz von Stroh oder Miscanthus. Da der Einsatz von Schilf, Seggen und Rohrglanzgras als Brennstoff noch nicht üblich ist, sollte dies im Betriebsmaßstab zunächst getestet werden. Dabei sind Begleituntersuchungen notwendig, um Erfahrungen mit diesen Brennstoffen zu sammeln und weitere Empfehlungen aussprechen zu können.

Im Rahmen des von der DBU geförderten Forschungsprojektes „ENIM – Energiebiomasse aus Niedermooren“ (2007 - 2010) konnten beim Einsatz von Schilf und Rohrglanzgras im Versuchsbrennofen sowie bei einer Zumischung zu Holzhackschnitzeln im Heizkraftwerk Friedland positive Ergebnisse erzielt werden (vgl. WICHMANN & WICHMANN 2009). Die Rauchgasmessungen ergaben keine Überschreitungen der gesetzlichen Grenzwerte. Probleme ergaben sich jeweils ausschließlich durch die geringe Schüttdichte des beigemischten, losen Materials. Diese würden in auf Stroh oder Miscanthus ausgelegten Feuerungsanlagen nicht auftreten (z.B. Herlt-Ganzballenvergaser, Zigarrenbrenner). Auch beim Einsatz von Briketts oder Pellets sind diese Probleme auszuschließen. Hier wäre zu beachten, dass der Aschegehalt von Niedermoorbiomasse mit 4 - 9% deutlich höher ist als bei Holzpellets (< 1%), was häufigere Wartung erfordert.

Der Einsatz von Niedermoorbiomasse zur Verfeuerung wird trotz besserer Brennstoffeigenschaften genehmigungstechnisch gleich behandelt wie der Einsatz anderer Halmgüter (Stroh, Miscanthus). Im Bereich 4 - 100 kW erfolgt die Genehmigung nach der Kleinfeuerungsanlagenverordnung (1. BImSchV³).

2 Biomasse von Gräsern, wie z.B. Getreidestroh, Chinaschilf, aber auch allgemein Biomasse vom Grünland wird im Bereich Nachwachsende Rohstoffe in Abgrenzung zur Biomasse verholzender Pflanzen „Halmgutartige Biomasse“ genannt (vgl. Vetter 2001).

3 BImSchV – Bundesimmissionschutzverordnung, Norelle in Kraft seit 22.3.2010.



Abb. 9: Schilf-Vollernter auf Pistenraupen-Basis am Neusiedler See
Foto: S. Wichmann



Abb. 10: „Ratrak“-Pistenraupe im Biebrza-Nationalpark
Foto: L. Lachmann

Anlagen ab 100 kW unterliegen der Verordnung über genehmigungsbedürftige Anlagen (4. BImSchV) mit der TA Luft⁴, die strengere Auflagen hinsichtlich der Feinstaubemissionen umfasst sowie zusätzlich Grenzwerte für Stickoxide, Schwefeloxide, HCL und Dioxine/Furane festlegt. Dem Feinstaubproblem kann mit der Nachrüstung eines Feinstaubfilters begegnet werden und aufgrund der geringen Stickstoff-Gehalte von im Winter geernteter Biomasse ist der Stickoxid-Gehalt im Abgas niedrig.

5.2 Biogasproduktion

Biogas kann über eine anaerobe Vergärung bzw. Fermentation der Biomasse produziert werden. Das Biogaspotenzial eines bestimmten Substrats ist insbesondere vom Trockenmassegehalt (TM), der Zusammensetzung der organischen Substanz in der TM, den Nährstoffgehalten (N, P, K) und dem eventuellen Vorhandensein von organischen Schadstoffen abhängig (FNR 2006). Man kann davon ausgehen, dass der Anspruch einer Biogasanlage an das Co-Ferment bei nasser Fermentation oder an das Mono-Substrat bei Trockenfermentationsanlagen ähnlich ist wie der Anspruch einer Hochleistungsmilchkuh. Die auf nassen Niedermooren erzeugte Biomasse ist bei spätem Erntetermin aufgrund der hohen Zellulose- und Ligningehalte somit nicht oder nur in sehr geringen Beimischungen zur Vergärung in konventionellen Biogasanlagen geeignet. Trotz geringerer Gasausbeute kann jedoch der Einsatz von Niedermoorbiomasse attraktiv und wirtschaftlich sein. Wird Landschaftspflegematerial neben anderen Co-Fermenten wie Maissilage zu mehr als 50% eingesetzt, wird dies nach dem EEG mit einem Landschaftspflege-Bonus von 2 Ct je kWh erzeugtem Strom zuzüglich zum Bonus für Nachwachsende Rohstoffe in Höhe von 7 Ct gefördert. Des Weiteren sind Anlagen-Modifikationen, die auch zellulosereiche Substrate mit akzeptablen Gaserträgen vergären können, in Entwicklung (z.B. ATB Potsdam, FH Stralsund). Somit würde das Verwertungsspektrum für Niedermoorbiomasse deutlich erweitert.

5.3 Flüssige Energieträger aus Biomasse

Hierbei werden organische Stoffe über mehrere Prozess-Schritte großtechnisch in flüssige Energieträger umgewandelt ('biomass to liquid'- BTL, auch Sunfuels oder Synfuels genannt). Ein Zwischenprodukt ist Holzkohle, die in kleineren Anlagen dezentral aus Biomasse hergestellt werden kann. Dies hat den Vorteil, dass das Material damit aufkonzentriert wird und Transportkosten reduziert werden. Die wichtigsten Qualitätsparameter sind hohe Gehalte an organischer Substanz und geringe Feuchtigkeit der Biomasse (< 15%), so dass eine Verwendung von Schilf möglich sein sollte (Choren AG, schriftl. Mitteilung 30.1.2008). Bisher existieren für die Produktion von flüssigen Energieträgern aus Biomasse nur Pilotanlagen, die mit entrindetem Fichtenholz betrieben werden. Eine großtechnische Anlage ist bei Schwedt in Brandenburg in Planung. Experimentell wurden auch 'Containerlösungen' für den Einsatz auf dem landwirtschaftlichen Betrieb untersucht, die den Eigenverbrauch an Diesel für den Betrieb decken sollen. Aktuell sind diese Anlagen aber noch nicht verfügbar. Aufgrund der niedrigen Qualitätsansprüche an die einzusetzende Biomasse ist die Produktion von Sunfuels mittelfristig vielversprechend.

6 Produktionsverfahren

6.1 Technik

Hinsichtlich geeigneter Landtechnik kann auf eine Vielzahl von Erfahrungen mit der Bewirtschaftung nasser Flächen im Rahmen der Landschaftspflege bzw. der Qualitätsschilfernte verwiesen werden. Als aussichtsreich für eine Weiterentwicklung der Erntetechnik erscheint zum einen der österreichische Prototyp „Quaxi“ (Abb. 9): Zur Wintermahd von Schilf eingesetzt vereint die modifizierte Pistenraupe die Ernte der Biomasse sowie die Pressung und den Transport von Rundballen. Eine weitergehende Praxiserprobung des Vollernters sowie zusätzlicher Transportfahrzeuge für Aufnahme und Abtransport der

Ballen an den Flächenrand ist insbesondere für eine realistische Kostenkalkulation sowie eine Kostenoptimierung erforderlich. Zum anderen sind mit einem Häcksler kombinierte Pistenraupen (Abb. 10), wie sie in den Biebrza- und Narew-Mooren in Polen eingesetzt werden, eine interessante Option. Hier wird das Häckselgut in einen 8 Kubikmeter fassenden Ladewagen geblasen, der ebenfalls auf einem Pistenraupenfahrwerk aufgebaut und mit einem Kratzboden zum Entladen ausgestattet ist.

Um die Transportwürdigkeit des losen Häckselgutes zu erhöhen, könnte eine Herstellung von Presslingen (Pellets/Briketts) in einer mobilen Anlage erfolgen. Dies wäre zum Beispiel für feuchte Flächen, die im Sommer gemäht werden und zu nass für eine Bodentrocknung von Heu sind (Rohrglanzgras-Ernte) zu empfehlen. Falls eine Trocknung erforderlich ist, kann diese nur stationär in Heutrocknungen vergleichbaren Anlagen erfolgen.

6.2 Wirtschaftlichkeit

Rohrglanzgrasbestände und – bei gefrorenem Boden – auch Schilfröhrichte lassen sich auch mit herkömmlicher Grünlandtechnik beernten (Schlepper mit Breitreifen, Scheibenmäherwerk, Ballenpresse; Abb. 11). Dabei ist die Mahd und direkte Pressung von abgestorbener Schilf-Biomasse im Winter betriebswirtschaftlich günstigster als die Sommermahd von Rohrglanzgras, weil auf die Arbeitsgänge normaler Heuwerbung (Wenden, Schwaden) verzichtet werden kann (vgl. Tabelle 1). Da Transportfahrzeuge die höchsten Belastungen beim Befahren von Niedermoorgrünland verursachen (PROCHNOW & KRASCHINSKI 2001), wird in der Kalkulation davon ausgegangen, dass die Rundballen per Schlepper und Frontgabel zu einem am Flächenrand wartenden Anhänger transportiert werden müssen. Die Kosten je Tonne TM werden deutlich vom Ertragsniveau der Fläche bestimmt (vgl. Tabelle 1). Bei geringem Ertrag erscheint die

4 TA Luft – Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft



Abb. 11: Schilfernte mit herkömmlicher, angepasster Technik im Peenetal

Foto: S. Wichmann

Tabelle 1: Erntekosten von Rohrglanzgras (Sommer) und Schilf (Winter) mit herkömmlicher, angepasster Landtechnik							
	Ertrag t TM/ha	Rohrglanzgras (Bodentrocknung)			Schilf (Ernte bei Frost)		
		gering 2	mittel 5	hoch 10	gering 5	mittel 8	hoch 18
Variable Maschinenkosten	€/ha	56	99	172	74	111	224
Arbeitskosten (15 €/h)	€/ha	33	55	91	41	58	108
Fixe Maschinenkosten	€/ha	48	88	156	68	103	212
Flächenkosten (Pacht, WBV, Grundsteuer)	€/ha	80	80	80	80	80	80
Summe der Einzelkosten	€/ha	217	322	499	263	352	624
	€/t TM	108	64	50	53	44	35

Tabelle 2: Produktions- und Brennstoffkosten von Niedermoorbiomasse bei mittlerem Ertragsniveau (nach WICHMANN & WICHTMANN 2009, Daten für Miscanthus nach KTBL 2006)				
		Natürliche Bestände		Anbaukultur
		Rohrglanzgras	Schilf	Schilf
Eingesetzte Technik		Schlepper, Mähwerk, Ballenpresse	Vollernter (Pistenraupe)	Vollernter (Pistenraupe)
Ertrag	t TM/ha	5	8	8
Anteilige Etablierungskosten ¹	€/ha	0	0	224
Flächenkosten	€/ha	80	80	80
Ernte	€/ha	242	262	262
Transport	€/ha	40	64	64
Lagerung	€/ha	50	80	80
Produktionskosten	€/ha	412	486	710
Brennstoffkosten	€/t TM	82	61	89
	€/GJ	4,69	3,38	4,93
Zum Vergleich:				
Miscanthus (15t TM/ha à 75 €)	€/GJ	4,28		
Stroh (5t TM/ha à 65 €)	€/GJ	3,76		

¹ Annuität mit Zinssatz von 4 %, Bewirtschaftungsdauer: 30 Jahre, Etablierungskosten: Pflanzgut, Maschinen- und Lohnkosten, Flächenkosten der erntefreien Etablierungsjahre

Ernte u.a. durch die hohen anteiligen Flächenkosten wirtschaftlich schnell uninteressant. Die fixen, flächengebundenen Kosten sind jedoch unabhängig von der Bewirtschaftung in jedem Fall zu tragen.

Da die Frostsicherheit nur unzureichend ist, ist für die Beerntung feuchter Standorte der Einsatz von Spezialtechnik sinnvoll. Die Kalkulation in Tabelle 2 berücksichtigt für Schilf-Bestände daher einen Vollernter auf Pistenraupenbasis mit aufgesetzter Rundballenpresse sowie den Ballenabtransport von der Fläche per separatem, mit Ladekran und Laufbändern ausgestattetem Tragschlepper. Die Brennstoffkosten umfassen neben den Erntekosten, Posten für Transport, Lagerung und – bei der Ernte kultivierter Bestände – die umgelegten Ausgaben für die Bestandesetablierung (Tabelle 2). Eine aktive Etablierung von Röhrichtern auf degradierten Niedermoorflächen durch Anpflanzung mit anschließender Wiedervernässung der Flächen scheint nur interessant, wenn die Kosten dafür nicht dem Produktionsverfahren angelastet werden und von anderer Stelle übernommen werden. Ein Vergleich mit den Kosten anderer halmgutartiger Brennstoffe lässt Niedermoorbiomasse bereits bei mittlerem Ertragsniveau konkurrenzfähig erscheinen. Für Stroh ergeben sich bei einem Marktpreis von 55 € je Tonne Frischmasse Brennstoffbereitstellungskosten frei Kraftwerk von 3,76 € je GJ (TM-Gehalt: 85 %, Heizwert: 17,2 MJ/kg TM). Für Miscanthus wurden auf der Basis von Angaben des Kuratoriums für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (KTBL 2006) Kosten von 60 € je Tonne Frischmasse (Ertrag: 19t/ha) bzw. 4,28 € je GJ ermittelt (Heizwert: 17,6 MJ/kg TM, TM-Gehalt: 80 %).

Ein direkter Vergleich der ermittelten Brennstoffbereitstellungskosten (€/GJ) mit denjenigen von Holz, v. a. aber mit Heizöl, ist nicht sinnvoll. Bau und Betrieb von Halmgutfeuerungen sind auf Grund anderer Anforderungen z. B. an Filteranlagen teuer. Diesen Nachteil müssen entsprechend günstigere Brennstoffkosten ausgleichen. Ein Vergleich der unterschiedlichen Brennstoffe muss die Wirtschaftlichkeit der Feuerungsanlagen berücksichtigen und kann nur über die Wärmegestehungskosten, die sich aus Kapitalkosten, Betriebskosten und Brennstoffkosten zusammensetzen, erfolgen. Vergleicht man die Brennstoffkosten mit denen für andere halmgutartige Biomasse wie Miscanthus und Stroh (Tabelle 2) liegen die Werte für Niedermoorbiomasse in der gleichen Größenordnung, bei mittleren Schilferträgen sogar günstiger als die Alternativen vom Acker.

Gegenüber herkömmlichen „Verfahren“ auf Niedermoorgrünland zur Erzeugung von Fleisch zur Erhaltung von Offenland oder zur Erbringung von Naturschutzleistungen weist die Produktion von Niedermoorbiomasse in prämienerloser Kulisse geringere Kosten auf. Eine Anerkennung von Schilf als landwirtschaftliche Kulturpflanze durch die Zahlung von EU-Flächenprämien oder die Honorierung der vielfältigen externen Leis-

tungen u.a. für Klima- und Gewässerschutz würde nicht nur einen volkswirtschaftlichen Gewinn sondern bereits unter durchschnittlichen Bedingungen auch einen betriebswirtschaftlichen Erfolg ermöglichen. Im Rahmen des novellierten Moorschutzkonzeptes Mecklenburg-Vorpommerns ist vorgesehen, dass durch Wiedervernässung von Saatgrasland entstandene Schilf- und Rohrglanzgrasflächen sowie Seggenriede prämienerberechtigt bleiben (MLUV 2009). Somit entfällt der Konkurrenzvorteil der herkömmlichen Grünlandbewirtschaftung.

7 Fallbeispiele

Zur Veranschaulichung des Konzeptes werden nachfolgend drei Fallbeispiele aus Deutschland und Osteuropa vorgestellt, in denen Ziele des faunistischen oder floristischen Artenschutzes mit einer stofflichen (Dachschilf) bzw. energetischen Nutzung von Niedermoorbiomasse (Verfeuerung von Briketts, Rundballen, ggf. Silage für Biogas) verbunden sind.

Fallbeispiel 1: Nutzung von Niedermoorbiomasse im Seggenrohrsängerschutz in Nordostdeutschland und Polen

Aktuelle Untersuchungen aus Polen und Deutschland haben gezeigt, dass Lebensräume des Seggenrohrsängers an schwach eutrophen Standorten durch Wintermahd erhalten werden können. Großflächige Schilfmahdgebiete (> 1000 ha) für die Dachschilfproduktion in Nordwest-Polen stellen den letzten nennenswerten Lebensraum für die Pommersche Population des Seggenrohrsängers dar (TANNEBERGER et al. 2009). Dabei wird das Moor mit nachgebauten Seiga-Maschinen (Abb. 12) beerntet, die mit Niedrigdruck-Ballonreifen ausgestattet sind. Im Gegensatz dazu ist in stark eutrophen Gebieten (z.B. im Nationalpark Unteres Odertal) und in ehemaligen, heute verschilften Brutgebieten (z.B. im Peenetal) eine sommerliche Mahd als Erhaltungs- bzw. Wiederherstellungsmanagement erforderlich. Hier bestehen auf Teilflächen ggf.

Verwertungsmöglichkeiten auch als Biogas-Substrat. In den Biebrza-Mooren werden seit 2008 viele hundert Hektar Niedermoor mit „Ratrak-Pistenraupen“ (vgl. Abb. 10) gemäht und die Bewirtschaftung wird durch Agrar-Umweltprogramme gefördert.

Fallbeispiel 2: Nahwärme aus „Naturschutz-Heu“ am Bodensee

Aus der Pflege von Feuchtwiesen und Rieden (z.B. Pfeifengras-Wiesen, Kohldistel-Wiesen, Knotenbinsen-Schilf-Bestände, Großseggen-Riede) stehen im Landkreis Konstanz am Bodensee große Mengen an Landschaftspflegeheu zur Verfügung (ca. 1.200 t), die bisher nur in Teilen genutzt werden. Selten ist die anfallende Biomasse zur Fütterung von Pferden und Jungvieh geeignet. Die Nutzung als Einstreu oder als Mulchmaterial ist begrenzt. Der Großteil wird kompostiert. Die Initiative Energie & Landschaftspflege Bodensee (ELaBo GmbH & Co KG) will zukünftig rund 700 t Landschaftspflegematerial im geplanten Heizwerk Kaltbrunn verwerten. Derzeit werden mit den Kaltbrunner Haushalten (ca. 900 Einwohner) Verträge zum Anschluss ans Nahwärmenetz und zur Wärmelieferung durch ELaBo geschlossen. Vorgesehen ist die Installation einer REKA-Strohverbrennungsanlage. Dieser Anlagentyp ist robust und hat sich in Dänemark seit Jahrzehnten bewährt. Bei automatischer Beschickung, Auflösung der Rundballen mittels einer Walze und Abgasableitung durch einen separaten Filter hat er eine Leistung von 650 kW und einen Speicher von 100 m³. Das Nahwärmenetz ist mit einer Länge von 3,9 km geplant. Die Lagerhalle (45 m*20 m) soll 75 % des Jahresbedarfs an Ballen fassen können. Die Finanzierung des innovativen Vorhabens basiert auf drei Säulen: Förderung durch Bund und Land, KfW-Kredit sowie Anteile der Mitglieder der Kommanditgesellschaft (KG). Das Land hat zudem für 15 Jahre eine kostenlose Bereitstellung des „Naturschutz-Heus“ zugesagt, indem die Zahlung der Landschaftspflegesätze übernommen wird. Für die Versorgung des Heizwerks mit halmgutartiger

Biomasse wurde gemeinsam mit der Naturschutzbehörde ein Flächenpool von 200 ha erarbeitet, der u.a. Landschaftspflegeflächen am Mindelsee, im Wollmatinger Ried und im Radolfzeller Aachried umfasst.

Fallbeispiel 3: Biomassebriketts statt Torfbriketts in Belarus (Weißrussland)

Im Rahmen eines Projektes zur Moor-Wiedervernässung in Belarus (THIELE et al. 2009) wurde die Machbarkeit der wirtschaftlichen Biomasseverwertung in nassen Mooren geprüft. Die üblicherweise für die Beheizung von privaten und öffentlichen Gebäuden eingesetzten Torfbriketts sollen in einem Pilotvorhaben durch Niedermoorbiomasse-Briketts ersetzt werden. Für 2010 ist folgende Verfahrenskette vorgesehen: Bei der Beerntung eines nassen Niedermoorkomplexes soll ein umgebauter Pistenbully mit angebautem Feldhäcksler und angehängtem „Ladewagen“ eingesetzt werden. Dabei wird auf Erfahrungen und Technik aus Ostpolen zurückgegriffen, wo eine vergleichbare Technik schon seit 2008 im Einsatz ist (vgl. Abb. 10). Die Biomasse wird am Feldrand auf straßengängige Transportfahrzeuge umgeladen und zum landwirtschaftlichen Betrieb transportiert. Hier wird die lose Biomasse, falls sie noch Wassergehalte deutlich über 15 % aufweist, mit einem Ladekran in eine mit einem Spezialventilator und einem Kondensator/Wärmehückgewinnung ausgestattete Trocknungsbox gefüllt und getrocknet. Danach schließt sich die Brikettierung und Einlagerung der Briketts an. Mit diesen Arbeiten soll jeweils ab Oktober/November begonnen werden. Weil dann auch die Heizperiode beginnt, ist nur von einer kurzen „Verweilzeit“ der losen Biomasse und auch der fertigen Briketts im Lager auszugehen. Die Kosten für den Betrieb eines Mähgerätes (bei einer Abschreibung über 10 Jahre) zur Beerntung von 600 ha/a sowie für die Brikettierung von 3.000 t TM Biomasse belaufen sich auf ca. 66.000 Euro pro Jahr. Bei einem üblichen Preis von 26 Euro/t TM Torfbriketts wären die Einnahmen bei Verkauf zum gleichen Preis 78.000 Euro. Insbesondere aufgrund des niedrigeren Aschegehaltes (Torf: 10 - 18 %; Biomasse: 5 - 8 %) wäre die Verwendung von Biomasse-Briketts für die Verbraucher günstiger. Durch die Einsparung fossiler Brennstoffe und den Erhalt von Lebensräumen des hier brütenden Seggenrohrsängers erzielt die Biomassenutzung erhebliche Vorteile für Klima und Biodiversität.

8 Fazit

- Die Produktion von Niedermoorbiomasse in nassen und wiedervernässten Mooren (Paludikultur) ist machbar. Die dafür notwendige Technik ist verfügbar bzw. durch leichte Modifikationen von herkömmlicher Technik bereitzustellen.
- Der Natur- und Artenschutz erhält Optionen für eine sinnvolle Verwertung



Abb. 12: Winterbeerntung von Schilf mit einer umgebauten Saiga-Maschine in Nordwestpolen
Foto: F. Tanneberger

von Landschaftspflegematerial, das derzeit häufig nach kostenintensiver Bergung gebührenpflichtig entsorgt wird.

- Der landwirtschaftliche Betrieb hat über den neuen Betriebszweig der naturnahen, nachhaltigen Energierohstoffproduktion eine sinnvolle Verwertung für die in den wiedervernässten Mooren anfallende Biomasse. Er kann seine Arbeitskräfte in der arbeitsarmen Winterzeit sinnvoll beschäftigen.
- Der Biomassemarkt wird um weitere Produkte bereichert, ohne dass die Konkurrenz zwischen Nahrungsmittelproduktion und Energieerzeugung auf dem Acker verschärft wird. Die Produktion von Niedermoorbiomasse ist wirtschaftlich, wenn sie nicht durch Anreize, die für andere Nutzungen auf Mooren gegeben werden, benachteiligt wird.
- Bei der Produktion von Niedermoorbiomasse werden ohne volkswirtschaftliche Kosten Emissionen klimarelevanter Gase vermieden. Daher ist eine Orientierung auf eine nasse Niedermoorbewirtschaftung zur Produktion von Biomasse im Vergleich zu den Vermeidungskosten an anderer Stelle wie z.B. der Gebäudesanierung (ca. 50 €/t CO₂-eq) deutlich sinnvoller als andere Vermeidungsstrategien. Auch bei Bereitstellung von Transferzahlungen wie landwirtschaftlichen Flächenprämien oder Investitionsbeihilfen zur Unterstützung der Etablierung einer nassen Bewirtschaftung von Mooren stellen Paludikulturen für die Gesellschaft sehr kostengünstige Maßnahmen für Klima-, Gewässer- und Naturschutz dar.

9 Politikvorschläge für Brandenburg

Eine deutliche Reduktion der negativen Klimawirkungen von entwässerten Mooren kann durch Wiedervernässung und daran anschließende Naturentwicklung ohne Bewirtschaftung oder durch nasse Bewirtschaftung („Paludikultur“) erfolgen. Die Erarbeitung eines Moorschutzprogramms, d.h. von Konzepten zum Schutz sowie zur standortgerechten Nutzung der Moore im Land Brandenburg, würde hierfür einen wichtigen Grundstein legen. Für eine großflächige Umsetzung des Paludikultur-Ansatzes sind folgende Entwicklungen unerlässlich:

Bildung und Beratung

Der Aufbau eines Beratungsnetzwerkes zur Moornutzung, das – analog der Energieberater im Bereich Eigenheimsanierung – u.a. die Reduktion von Treibhausgasen zum Ziel hat, ermöglicht eine breite Information der Landnutzer über Paludikulturen als umweltfreundliche Alternative zur herkömmlichen, standortschädigenden Moorbewirtschaftung. Hierzu wird eine Kooperation der landwirtschaftlichen Beratung (Landwirtschaftskammern und private Agrarberatung) mit Naturschutzverbänden angeregt.

Investitionsförderung

Die Investitionsförderung sollte auf die Umsetzung standortgerechter Nutzungsformen ausgerichtet werden. Paludikulturen erfordern eine Umstellung auf standortangepasste Landtechnik sowie den Aufbau von Verwertungslinien für die dezentrale energetische Verwertung der Biomasse. Zielführend wären Beihilfen zum Erwerb von Spezialerntemaschinen sowie die Förderung der Errichtung von Biomassefeuerungen, Blockheizkraftwerken und Nahwärmenetzen verbunden mit der bevorzugten Verwendung von Biomasse aus nassen Mooren.

Agrar-(Umwelt-)Zahlungen

Die Beibehaltung von EU-Direktzahlungsansprüchen für wiedervernässte Niedermoor würde die Wirtschaftlichkeit nasser Bewirtschaftung verbessern. Durch die Aufnahme von erfolgsorientierten Maßnahmen für eine nachhaltige, standortangepasste Bewirtschaftung von nassen Niedermooeren in Agrarumweltprogramme kann der abiotische Ressourcenschutz (Emissionsminderung) mit der gezielten Förderung bestimmter Arten verknüpft werden.

Die hier vorgeschlagenen Anregungen würden dazu beitragen, dass Landwirte Niedermoor zukünftig nachhaltig(er) bewirtschaften und die Paludikultur als wirtschaftlich tragfähiges Produktionsverfahren in ihre betrieblichen Konzepte integrieren. Damit würden der Rückzug von Landwirten aus den Mooren und der Verlust von Arbeitsplätzen verhindert, beträchtliche Treibhausgasemissionen zeitnah und kostengünstig vermieden sowie die Lebensbedingungen gefährdeter Arten verbessert werden.

Dank

Die Autoren danken der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) für die Förderung des Projektes „ENIM – Energiebiomasse aus Niedermooeren“, dem Bundesministerium für Naturschutz, Umwelt und Reaktorsicherheit (BMU) für die Förderung des Projektes „Wiedervernässung und nachhaltiges Management von Mooren in Weißrussland“ und der Europäischen Union für die Förderung des Projektes „Schutz des Seggenrohrsängers in Polen und Deutschland“ (LIFE05NAT/PL/000101) sowie allen in diesen Projekten mitwirkenden Projektpartnern.

Literatur

AUTORENKOLLEKTIV GREIFSWALD 2009: Paludikultur – Perspektiven für Mensch und Moor. Universität Greifswald, Institut für Botanik und Landschaftsökologie, Institut für Dauerhaft Umweltgerechte Entwicklung von Naturräumen der Erde (DUENE) e.V., Greifswald. 16 S. (<http://paludiculture.botanik.uni-greifswald.de>)

BLANKENBURG, J., HOPER, H.H. & SCHMIDT, W. 2001: Bodenphysikalische Eigenschaften und Wiedervernässung. In: Kratz, R. & J. Pfadenhauer (Hrsg.): Ökosystemmanagement für Niedermoor – Strategien und Verfahren zur Renaturierung. Ulmer Stuttgart: 81-91

COUWENBERG, J. 2007: Biomass energy crops on peatlands: on emissions and perversions IMCG newsletter, issue 2007/3: 12-14 (www.imcg.net)

COUWENBERG, J.; AUGUSTIN, J.; MICHAELIS, D.; WICHTMANN, W. & JOOSTEN, H. 2008: Entwicklung von Grundsätzen für eine Bewertung von Niedermooeren hinsichtlich ihrer Klimarelevanz. Studie im Auftrag des

Ministeriums für Landwirtschaft und Naturschutz M-V. Duene e.V., Greifswald. 33 S. http://paludiculture.botanik.uni-greifswald.de/links_ger.html

FACHAGENTUR NACHWACHSENDE ROHSTOFFE (FNR) 2006: Handreichung Biogasgewinnung und -nutzung. 3. Aufl., Gülzow. 232 S.

KOWATSCH, A., SCHÄFER, A. & WICHTMANN, W. 2009: Nutzungsmöglichkeiten auf Niedermoorstandorten, Umweltwirkungen, Klimarelevanz und Wirtschaftlichkeit. Endbericht des IfBL und DUENE e.V. Greifswald im Auftrag von: Land Mecklenburg-Vorpommern, Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Verbraucherschutz, 57 S. http://paludiculture.botanik.uni-greifswald.de/links_ger.html

KURATORIUM FÜR TECHNIK UND BAUWESEN IN DER LANDWIRTSCHAFT E.V. (KTBL) 2006: Energiepflanzen. Daten für die Planung des Energiepflanzenanbaus. Datensammlung mit Internetangebot. KTBL, Darmstadt. 372 S.

MINISTERIUM FÜR LANDWIRTSCHAFT, UMWELT UND VERBRAUCHERSCHUTZ MECKLENBURG-VORPOMMERN (MLUV) (2009): Konzept zum Schutz und zur Nutzung der Moore, Fortschreibung des Konzeptes zur Bestandssicherung und zur Entwicklung der Moore in Mecklenburg-Vorpommern (Moorschutzkonzept). Schwerin. 109 S. http://www.regierung-mv.de/cms2/Regierungsportal_prod/Regierungsportal/de/Im/_Service/Publicationen/index.jsp?publikid=2351

PROCHNOW, A. & KRASCHINSKI, S. 2001: Angepasstes Befahren von Niedermoorgrünland. Deutsche Landwirtschaftsgesellschaft (DLG) (Hrsg.), Merkblatt 323. 16 S. (http://www.dlg.org/uploads/media/dlg-merkblatt_323.pdf)

SUCCOW, M. & JOOSTEN, H. 2001: Landschaftsökologische Moorkunde. Schweitzerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart. 622 S.

TANNEBERGER, F. 2008: The Pomeranian population of the Aquatic Warbler – habitat selection and management. Dissertation, Universität Greifswald. 186 S.

TANNEBERGER, F., TEGETMEYER, C., DYLAWEWSKI, M., FLADE, M. & JOOSTEN, H. 2009: Slender, sparse, species-rich – winter cut reed as a new and alternative breeding habitat for the globally threatened Aquatic Warbler. *Biodiversity and Conservation* 18: 1475-1489.

THIELE, A., TANNEBERGER, F., MINKE, M., COUWENBERG, J., WICHTMANN, W., KARPOWICZ, Z., FENCHUK, V., KOZULIN, A. & JOOSTEN, H. 2009: Belarus boosts peatland restoration in Central Europe. *Peatlands International* 01/2009: 32-24.

VETTER, A. 2001: Qualitätsanforderungen an halmgutartige Bioenergieträger hinsichtlich der energetischen Verwertung. In: Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (FNR) (2001): Energetische Nutzung von Stroh, Ganzpflanzengetreide und weiterer halmgutartiger Biomasse. Stand der Technik und Perspektiven für den ländlichen Raum. Gülzower Fachgespräche, Band 17: 36-49.

WICHTMANN, S. & WICHTMANN, W. 2009: Bericht zum Forschungs- und Entwicklungsprojekt Energiebiomasse aus Niedermooeren (ENIM). Institut für Botanik und Landschaftsökologie. Universität Greifswald. 190 S. http://paludiculture.botanik.uni-greifswald.de/links_ger.html

WICHTMANN, W. 1999: Nutzung von Schilf (*Phragmites australis*). Archiv für Naturschutz und Landschaftsforschung, 38: 217-232.

WICHTMANN, W. & JOOSTEN, H. 2007: Paludiculture: peat formation and renewable resources from rewetted peatlands. *IMCG-Newsletter* 3/2007: 24-28. (www.imcg.net)

WICHTMANN, W., COUWENBERG, J. & KOWATSCH, A. 2009: Standortgerechte Landnutzung auf wiedervernässten Niedermooeren. Klimaschutz durch Schilfanbau. *Ökologisches Wirtschaften* 1/2009: 25-27.

Anschriften der Verfasser:

Universität Greifswald Institut für Botanik und Landschaftsökologie
Institut für dauerhafte umweltgerechte Entwicklung von Naturräumen der Erde (Duene e.V.)
Michael Succow Stiftung zum Schutz der Natur
Grimmer Str. 88
17487 Greifswald
wicht@uni-greifswald.de