

TELMA	Beiheft 5	Seite 39 - 58	8 Abb., 3 Tab.	Hannover, Juli 2015
-------	-----------	---------------	----------------	---------------------

# Die landwirtschaftliche Nutzung von Mooren in Nordwestdeutschland

The agricultural use of peatlands in northwest Germany

JOACHIM BLANKENBURG

## Zusammenfassung

Die meisten Moore in Nordwestdeutschland werden seit mehreren Jahrhunderten landwirtschaftlich genutzt. Die Kultivierungsverfahren der Moore entscheiden, welche Nutzungen möglich sind. Tiefumbruchböden lassen sich vielfältig, überwiegend als Acker nutzen. Auf den Schwarzkulturen dominiert heute die standortgerechte Grünlandnutzung, wobei die nicht standortgerechte, ackerbauliche Nutzung in jüngster Zeit zugenommen hat. Mit zunehmender Intensität der Flächenbewirtschaftung verschlechtern sich die Torfeigenschaften und durch Mineralisierung der Torfe treten Höhenverluste auf. Die Grenzen der Befahrbarkeit bzw. Trittfestigkeit werden häufig erreicht. In der Nährstoffdynamik unterscheiden sich Hoch- und Niedermoore. Bei der extensiven Grünlandnutzung, verbunden mit reduzierter Entwässerungsintensität, bereiten häufig Flatterbinse (*Juncus effusus*) und Rasenschmiele (*Deschampsia caespitosa*) Probleme. Neue Nutzungsverfahren der Paludikultur befinden sich noch in der Entwicklung und Erprobung. Eine dauerhafte Sicherung der Produktionsstandorte für landwirtschaftliche Nutzungen ist auf Tiefumbruchböden möglich.

## Abstract

Most peatlands in northwest Germany have been used for agricultural purposes for many hundreds of years. The methods of cultivating the peatlands determine the possible uses. Treposols from former peatlands can be used in many ways, mainly as cropland. The black peatland cultivation areas are dominated today by grassland use suited to the local conditions, although cropland use which is not suited to local conditions has been on the increase in the recent past. The higher the agricultural intensity on the fields, the worse the peat properties – and peat mineralisation causes reductions in height. The limits of bearing capacities are demonstrated. Bogs and fens differ in terms of nutrient dynamics. Soft rushes (*Juncus effusus*) and tufted hair grass (*Deschampsia caespitosa*) frequently cause problems when extensive grassland utilisation is combined with reduced drainage intensity. New applications for paludiculture are still in the development and testing phases. The sustainable utilisation of production sites for agricultural purposes is possible on treposols.

## 1. Einleitung

Der Beginn der landwirtschaftlichen Nutzung von Mooren reicht bis ins 11./12. Jahrhundert zurück, zunächst konnten nur die trockeneren Randflächen großer Niedermoore genutzt werden. Vor allem die Mönche des Zisterzienserordens erkannten in Norddeutschland die Bedeutung der Niedermoore für die Futtergewinnung, so wurden im Mittelalter mehrere Klöster und Dörfer am Rand der Niedermoore auf der Geest gegründet (GÖTTLICH & KUNTZE 1990). Die landwirtschaftliche Nutzung der nährstoffarmen Hochmoore begann deutlich später. Im südlichen Bourtanger Moor wurden die ersten Siedlungen in den dortigen Hochmooren im 17. und 18. Jh. gegründet (HAVERKAMP 2011). Im Teufelsmoor bei Bremen begann die große Besiedlung 1751, einen besonderen Namen machte sich der Königliche Moorkommissar Jürgen Christian Findorff (SCHMIDT-BARRIEN 1967). Die Hochmoore wurden zunächst als Moorbrandkultur genutzt, dies Verfahren kam nach 1700 aus den Niederlanden nach Norddeutschland und dehnte sich bis 1900 auf fast alle Moore aus (GÜNTHER 2012). Die extreme Rauchentwicklung führte Ende des 19. Jh. zur Gründung der Moorversuchsstation in Bremen, mit Ziel andere Verfahren der Moornutzung zu entwickeln. Die Hochmoore ließen sich nach Herrichtung zur Deutschen Hochmoorkultur als Grünland bewirtschaften. Nach dem zweiten Weltkrieg wurde der Torfabbau in Niedersachsen forciert, und die abgetorften Flächen konnten nach dem Verfahren der Deutschen Sandmischkultur für die ackerbauliche Nutzung hergerichtet werden (Abb. 1) (EGGELSMANN & BLANKENBURG 2010).

Heute wird der größte Teil der norddeutschen Moore landwirtschaftlich genutzt. Genaue Zahlenangaben sind kaum möglich, da die Moorflächen sich stetig verändern (s. CASPERS in diesem Heft). So geben SCHULTZ-STERNBERG et al. (2000) für Brandenburg eine Fläche der Niedermoore von 200.000 bis 265.000 ha an, je nach Kartengrundlage, wobei die Landwirtschaft davon 200.000 ha nutzt. In Niedersachsen werden 86% der ca. 185.000 ha Niedermoore und 65% der knapp 203.000 ha Hochmoore landwirtschaftlich genutzt (s. HÖPER in diesem Heft). In Mecklenburg-Vorpommern werden von den 290.000 ha (Nieder-)Mooren 181.000 ha landwirtschaftlich genutzt (MÜLLER & HEILMANN 2011). In Deutschland befinden sich 71,4 % der organischen Böden, nach der Definition aus IPCC (2006) sind hier auch teilweise Moor- und Anmoorgleye enthalten, in landwirtschaftlicher Nutzung (TIEMEYER et al. 2013).

## 2. Kultivierungsverfahren der Moore

Moore lassen sich mit den bisherigen landwirtschaftlichen Verfahren nur nutzen, wenn sie vorher ausreichend entwässert werden.

Die Landwirtschaft nutzt heute die nach den folgenden Verfahren kultivierten Moore: Deutsche Hochmoorkultur, Hochmoorbesandung, Deutsche Sandmischkultur, Baggerkuhlung, Niedermoorschwarzkultur, Tiefplugsanddeckkultur und Sanddeckkultur im Niedermoor (Moordammkultur) (Abb. 1) (ZEITZ 2003 und GÖTTLICH & KUNTZE 1990).

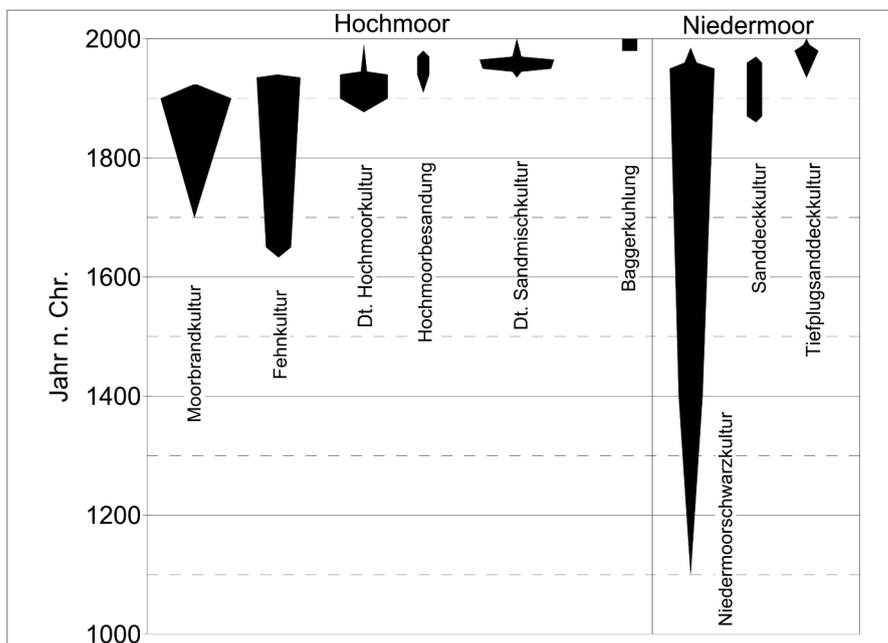


Abb. 1: Entwicklung der Moorkulturen ergänzt nach ZEITZ (2003) und GÖTLICH & KUNTZE (1990).  
Development of peatland cultures supplemented after ZEITZ (2003) and GÖTLICH & KUNTZE (1990).

Bei der **Deutschen Hochmoorkultur** wird der pH-Wert die Krume auf 4,5 durch eine Grundkalkung in Höhe von ca. 4-5 t/ha Kalkmergel eingestellt und mit Grund- und Spurennährstoffen versorgt. Bei der Herrichtung sollte mehr als 1 m schwach zersetzter Hochmoortorf (Weißtorf) zur optimalen Entwässerung vorhanden sein. Diese Flächen lassen sich dann standortgerecht als Grünland nutzen, wobei Ackerzwecknutzungen bei notwendigen Grünlandneusaaten möglich sind.

Nach einer Teilabtorfung der stark zersetzten Hochmoortorfe wurden die Leegmoorprofile nach niederländischem Vorbild von Hand umgegraben. Der zurück gebliebene schwächer zersetzte Torf wurde mit Sand aus dem Liegenden abgedeckt. Die mit organischen Abfällen (Straatendreck) aufgedüngte Sandschicht bildete die Grundlage für die ackerbauliche Nutzung dieser **Fehnkulturen**.

Mit der **Besandungsmaschine** wurden überwiegend Hochmoore mit 10 bzw. 20 cm Sand abgedeckt. Mit der Maschine ließ sich Sand noch unterhalb von 3 m mächtigen Hochmooren gewinnen und an die Oberfläche transportieren. Der Sand dient vor allem zur Verbesserung der Trittfestigkeit und der Befahrbarkeit. Beim ersten Pflügen durften nur max. 50 Volumen-% Torf mit dem Sand vermischt werden. Diese Flächen sind als Grünland zu nutzen.

Bei Resttorfmächtigkeiten kleiner 1,4 m Hochmoortorf und geeigneten Sanden im Unterboden wurden viele Flächen mit dem Tiefpflug mit maximalen Pflugtiefen von 2,4 m zu ackerfähigen **Deutschen Sandmischkulturen** hergerichtet. Je nach Torfeigenschaften betrug das Volumenverhältnis zwischen Torf und Sand 2:1 bei schwach zersetzten Hochmoortorfen und 1:2 bei stark zersetzten Hochmoortorfen (DIN 1185 1973, KUNTZE & VETTER 1980).

In den letzten Jahrzehnten setzten Landwirte verstärkt das Verfahren der **Baggerkuhlung** ein. Auch bei Moortiefen von über 3 m wird damit geeigneter Sand aus dem Untergrund gewonnen und oberflächlich in einer Mächtigkeit von bis zu 50 cm auf die Hochmooroberfläche ausgebracht. Die fachgerechte Ausführung des Verfahrens lässt sich kaum kontrollieren, so dass auch Misserfolge möglich sind. Es entstehen zwar grundsätzlich ackerfähige Standorte, aufgrund der großen Moormächtigkeiten ist in der Folge jedoch mit größeren und unregelmäßigen Sackungen zu rechnen.

Der größte Teil der Niedermoore wird als **Niedermoorschwarzkultur** als Grünland aber auch nicht standortgerecht als Acker genutzt. Nur die sehr wenigen sauren Niedermoore bedürfen einer Grundkalkung, bei natürlichen pH-Werten  $>4,5$  ist eine Kalkung nicht erforderlich, wichtig war bei der Kultivierung dieser Standorte eine Phosphor- und Kalium-Meliorationsdüngung.

Schon frühzeitig wurde Ende des 19. Jh. im Drömling durch Rimpau der positive Effekt einer Sandabdeckung von Niedermooren erkannt. Bei flachgründigen Niedermooren wurde Sand aus Gräben entnommen und die Flächen 12 - 20 cm mit Sand abgedeckt um ackerfähige **Moordammkulturen** (=Sanddeckkulturen) zu erhalten. Die Vorteile sind:

- bessere Entwässerung und Belüftung des Oberbodens,
- Abmilderung der Spätfrostgefahr,
- in der Sanddecke finden die Pflanzen einen guten Halt,
- die Befahrbarkeit wird deutlich verbessert,
- die Moorbrandgefahr wird ausgeschlossen und
- höhere Erträge und bessere Qualität des Aufwuchses.

Sackungen oder das Einpflügen von Torfen ließen später nur eine Grünlandnutzung zu. Nur selten kam die Besandungsmaschine zum Einsatz.

Im Küstenbereich wurden Moore auch mit tonhaltigem Mineralboden (meist Marschensedimente), der seitlich herantransportiert wurde, abgedeckt. Diese **Spittkulturen** können gut als Grünland genutzt werden (ROESCHMANN et al. 1993).

Später wurden solche Sandüberdeckungen auch mit speziellen Pflügen erstellt. Diese **Tiefpflugsanddeckkulturen** waren nur bei geringmächtigen Niedermooren ( $< 80$  cm) und geeignetem Mineralboden unterhalb der Torfe erfolgreich zu erstellen und ackerbaulich nutzbar.

Die weitere Entwicklung kultivierter Moore hängt entscheidend vom Meliorationsverfahren ab. Grundsätzlich sind bei vielen Verfahren negative Veränderungen der Torfeigenschaften möglich.

### 3. Torfeigenschaften und deren Veränderungen

Für die landwirtschaftliche Nutzung ist Entwässerung eine Grundvoraussetzung, damit die Flächen befahrbar bzw. trittfest werden, gleichzeitig gelangt ausreichend Luft in den Boden, damit ein Wachstum landwirtschaftlicher Pflanzen möglich ist. Im Laufe der Zeit verringert sich die Fähigkeit der Torfe pflanzenverfügbares Wasser zu speichern und die Durchlässigkeit für Wasser nimmt ab.

Im Moor treten nach Entwässerung Höhenverluste auf, die meist als Sackungen bezeichnet werden. Es handelte sich hierbei um drei Prozesse: Setzungen, Schrumpfung und oxidativen Torfschwund.

Bei der erstmaligen Entwässerung treten durch Verlust des Auftriebs Höhenverluste auf, die bis zu 1/3 der gesamten Torfmächtigkeit erreichen können. Zur Kalkulation dieser Höhenverluste (Setzungen) gibt es unterschiedliche methodische Ansätze. Der Ansatz von SEGEBERG (1960) berücksichtigt die Ausgangslagerungsdichte der Torfe, die Gesamttorfmächtigkeit und die Entwässerungstiefe. Diese direkt nach einer Entwässerung einsetzenden Setzungen klingen meist nach wenigen Jahren aus (siehe steile Kurvenverläufe in Abb. 2). Danach sind für die weiteren Höhenverluste Prozesse der Schrumpfung und besonders der oxidative Torfschwund von Bedeutung. Die jährliche Höhenverluste betragen für Hochmoor 0,5 bis 1 cm und für Niedermoor 1 bis 2 cm wobei die geringen Verluste für Grünland und die höheren für Ackerland gelten (EGGELSMANN 1984). Zunächst war man davon ausgegangen, dass Grünland auf Hochmoor nur zu sehr geringen Höhenverlusten führen wird (EGGELSMANN 1960, BADEN 1966). Die Frage ob Hochmoorgrünland altert wurde verneint (BADEN 1966). Ein Jahrzehnt später wurden jedoch im Kehdinger Moor langjährige Daten der Höhenveränderungen ausgewertet (ILNICKI & EGGELSMANN 1977, ILNICKI & KUNTZE 1977, ILNICKI 1977), hierbei konnten unterschiedliche Methoden zur Vorausberechnung von Sackungen (=Höhenverlusten) verglichen werden. In einem Zeitraum von 30 Jahren wurden Höhenverluste im Hochmoor von 0,73 - 1,15 cm/Jahr bei Grünlandnutzung (zwei Standorte) und 0,84 cm/Jahr bei Ackernutzung (ein Standort) gemessen. Eindeutige Unterschiede zwischen Grünland- und Ackernutzung konnten nicht nachgewiesen werden. Dies stimmt auch sehr gut mit den geringen Unterschieden zwischen beiden Nutzungsformen bei der Freisetzung von Treibhausgasen überein (s. HÖPER in diesem Heft). Vorhersagen sind sehr gut mit Zeitsetzungskurven möglich (Abb. 3), hierfür sind aber örtliche langjährige Messdaten der Geländehöhen erforderlich. Neben der Moormächtigkeit wirken sich auf die Sackungsverluste das Substanzvolumen und die Grundwasserabsenkung im Sommer aus (ILNICKI 1977).

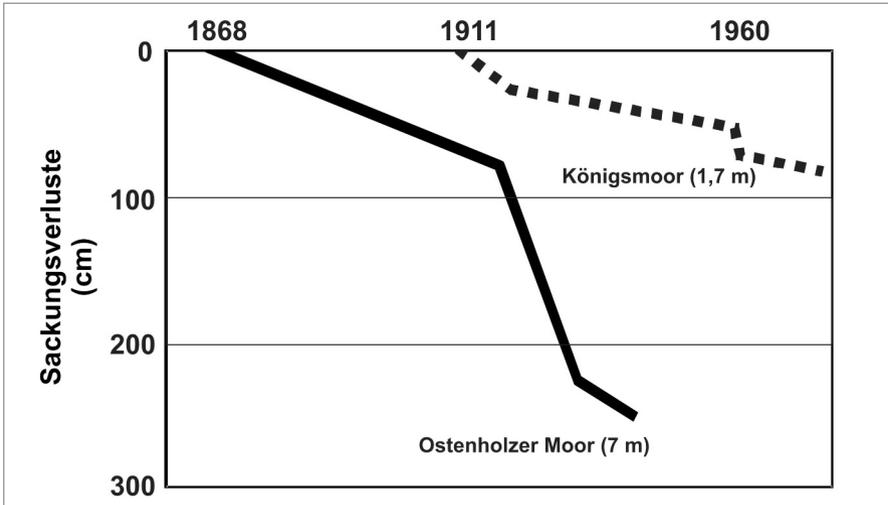


Abb. 2: Zeitlicher Sackungsverlauf in Hochmooren des nordwestdeutschen Flachlandes (Zahlen = Moormächtigkeit (m) vor Erstentwässerung) (verändert nach ILNICKI 1977).  
Subsidence over time in bogs in the northwest German plain (figures = peatland thickness (m) prior to initial drainage) (modified after ILNICKI 1977).

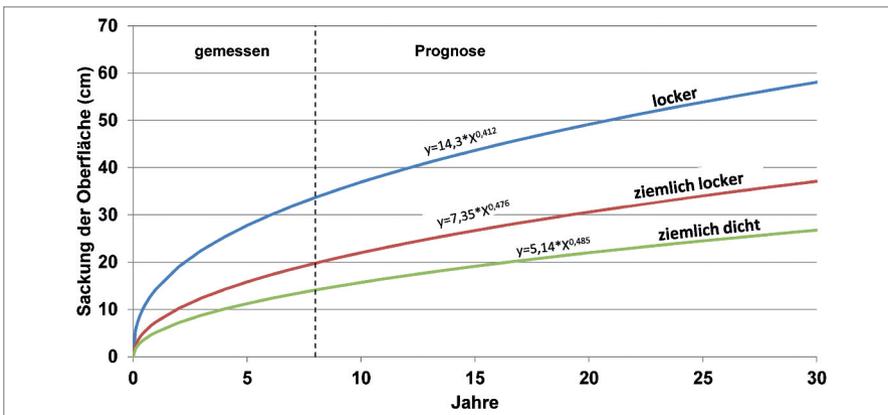


Abb. 3: Prognose der Sackung im Ritscher Moor mit Hilfe von Sackungszeitlinien (verändert nach ILNICKI 1977).  
Subsidence forecast in the Ritscher Moor with the help of subsidence timelines (modified after ILNICKI 1977).

KUNTZE (1983) hat die eintretenden Veränderungen mit dem Teufelskreis der Moornutzung beschrieben (Abb. 4).

Ausgehend von einem erstmalig zu entwässernden Moor, treten zunächst die beschriebenen Setzungen auf. Mit dem Lufteintrag in die Torfe beginnt der oxidative Torfverlust zu-

sammen mit der Schrumpfung der Torfe. Nach mehreren Jahren verringert sich der ursprünglich eingestellte Abstand von der Geländeoberfläche bis zur Dräntiefe. Die Fläche muss neu entwässert werden. Die Setzungen durch die Vertiefung der Vorflut fallen aufgrund der höheren Lagerungsdichten der Torfe deutlich geringer aus als bei der erstmaligen Entwässerung. Die Prozesse des oxidativen Torfabbaus ändern sich kaum. Nach der mehrfachen Vertiefung der Vorflut hat sich die Durchlässigkeit für Wasser soweit verändert, dass Stauwasser auftritt. Mit noch weiteren Torfverlusten nimmt der Anteil feiner Poren zu bis schließlich Haftnässe auftritt und die Standardverfahren der Entwässerung nach vollständigem Verlust der gut wasserdurchlässigen Torfe nicht mehr funktionieren.



Abb. 4: Der Grund-, Stau- und Haftnässezyklus in der Bodenentwicklung von Moorschwarzkulturen – Teufelskreis der Moornutzung (verändert nach KUNTZE 1983).  
The groundwater, waterlogging and residual moisture cycles in the soil development of black peatland cultivation – vicious circle of peatland exploitation (modified after KUNTZE 1983).

Das gesamte Porenvolumen nimmt durch die Prozesse der Setzung und des oxidativen Torfverlustes nur geringfügig ab, bei Hochmoortorfen im Mittel von 95 Vol.-% auf 88 Vol.-% und bei Niedermoortorfen im Mittel von 83 Vol.-% auf 77 Vol.-%. Die nutzbare Feldkapazität nimmt hingegen deutlich stärker ab, bei Hochmoortorfen im Mittel von 60 Vol.-% auf 55 Vol.-% und bei Niedermoortorfen im Mittel von 58 Vol.-% auf 29 Vol.-% (SCHÄFER 2002, AG BODEN 2005).

Mit der Abnahme des Grobporenanteils und auch von Mittelporen verringert sich die Durchlässigkeit für Wasser um 1 bis 2 Zehnerpotenzen (AG BODEN 2005).

Zeitgleich verändert sich die Struktur der Torfe. Der oberste Torfhorizont weist vererdete Torfe auf, in den die Ausgangsstruktur nicht mehr zu erkennen ist. Mit fortschreitender Pedogenese bilden sich je nach Nutzungsintensität und Klimaraum vermulmte Oberböden

aus, unter denen sich meist ein Aggregierungshorizont oberhalb des liegenden unveränderten Torfes im wassergesättigten Bereich bildet sich ein Torfschrumpfungshorizont. Bei der Vermulmung und Aggregierung handelt es sich um irreversible Veränderungen (ROESCHMANN et al. 1993).

In der Vergangenheit folgte dann bei nicht zu großen Torfmächtigkeiten und geeignetem Untergrund häufig ein Tiefumbruch. Als Alternative hierzu verbleibt nur eine sehr extensive Nutzung der Flächen bis hin zur Nutzungsaufgabe.

Höhenveränderungen treten auch nach einem Tiefumbruch auf. Nach der Anlage zur Dt. Sandmischkultur treten zunächst Setzungen durch das Auflockern des Bodens durch das Pflügen auf, es folgen Sackungen zwischen 5 und 20 % der Torfmächtigkeit. Nachfolgend ist mit oxidativen Torfverlusten in den ersten Jahren von 4 bis 10 mm je Jahr und später von 1 bis 4 mm je Jahr abhängig von der Nutzung zu rechnen, bis sich stabile Humusgehalte eingestellt haben (Tab. 1).

Auch bei Besadungen, Tiefpflugdeckkulturen und nach einer Baggerkuhlung ist mit Höhenverlusten besonders durch die Auflast zu rechnen.

Tab. 1: Ursache und Ausmaß der Höhenveränderungen in Tiefpflugkulturen von Moor und Anmoor (gilt nur für Hochmoortorfe) (DIN1185 1973).  
Causes and extent of height changes in deep-plough cultivation areas on bogs and peaty soils (only applies to bog peat) (DIN1185 1973).

Ursache	Ausmaß der Höhenveränderungen		
Setzung	10 % der Pflugtiefe		
Sackung	5 % der Torfmächtigkeit bei stark zersetztem Torf bis 20 % der Torfmächtigkeit bei schwach zersetztem Torf		
Abbau (Schwund) der Torfsubstanz	Acker	überwiegend Hackfrucht	10 bis 8 mm/Jahr im 1. bis 2. Jahrzehnt 4 bis 2 mm/Jahr im 3. bis 5. Jahrzehnt
		überwiegend Getreide	6 bis 4 mm/Jahr im 1. bis 2. Jahrzehnt 2 mm/Jahr im 3. bis 5. Jahrzehnt
	Grünland	1 mm/Jahr	

#### 4. Befahrbarkeit und Trittfestigkeit

Mit zunehmender Stau- und Haftnässe nimmt die Befahrbarkeit und Trittfestigkeit der Flächen ab. Bei Vernässungsmaßnahmen von Niedermooren am Dümmer konnten Grenzen der Befahrbarkeit ermittelt werden. Für die dortigen Torfe war ein sommerlicher Wasserstand von  $>0,35$  m unter Gelände erforderlich, damit die Flächen mit Breitreifen befahrbar blieben (Abb. 5) (BLANKENBURG et al. 2001). Ähnliche Grundwasserflurabstände gelten auch für die Beweidung von Flächen, wobei nach längeren Trockenperioden und damit trockeneren Oberböden eine Beweidung auch bei höheren Grundwasserständen möglich ist (SCHOLZ & HENNINGS 1995).

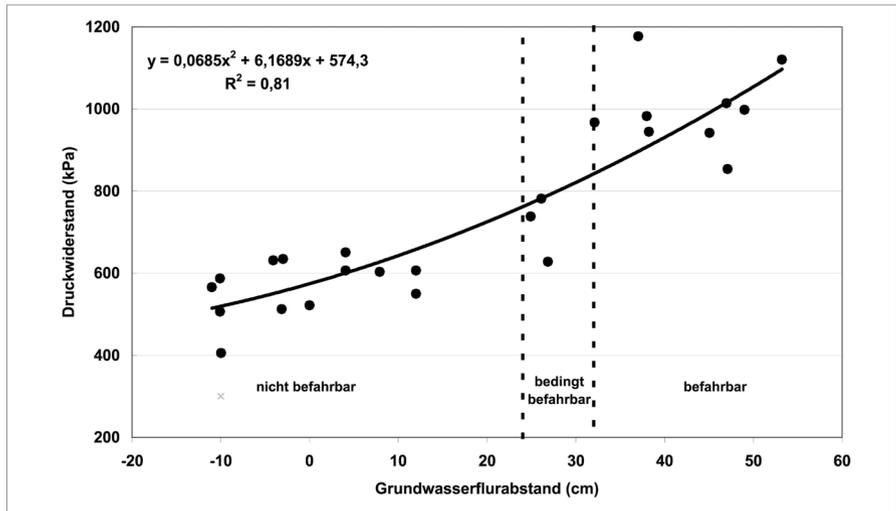


Abb. 5: Beziehungen zwischen Druckwiderstand (Befahrbarkeit) und Grundwasserstand, Versuchsfläche Schäferhof am Dümmer. Im Bereich der bedingten Befahrbarkeit treten tiefere Fahrspuren (6-10 cm) und Schäden der Grasnarbe auf. (BLANKENBURG et al. 2001).

Relationships between pressure resistance (bearing capacity) and groundwater level, test area Schäferhof at the Dümmer. Zones of limited bearing capacity are affected by deep vehicle tracks (6-10 cm) and damage to the turf. (BLANKENBURG et al. 2001).

Die Grenzen der Befahrbarkeit wurden mit Hilfe von Kegeldrucksondenmessungen abgeleitet. Zur differenzierten Betrachtung, besonders unterschiedlicher Vegetationstypen, lassen sich mit Scherfestigkeitsmessungen genauere Aussagen zur Befahrbarkeit unterschiedlicher Biotoptypen auf Niedermoor ableiten (Tab. 2) (PROCHNOW 1999). Flutrasen sind am schlechtesten zu befahren und Großseggenwiesen am besten, auch noch bei sehr hoher Bodenfeuchte im Oberboden. Mit zunehmender Bewuchsdichte eines Pflanzenbestandes verbessert sich die Befahrbarkeit.

Tab. 2: Tragfähigkeiten auf degradiertem Niedermoorgrünland (PROCHNOW 1999).  
Bearing capacity of degraded fen grassland (PROCHNOW 1999).

Biotoptyp	Flutrasen	arme Feuchtwiesen	reiche Feuchtwiesen	Frischwiesen/Rohrglanzgrasröhrichte	Großseggenwiesen
Bodenfeuchte Vol.-%	Tragfähigkeitsklasse (bei mittlerer Bewuchsdichte)				
≤ 60	mittel	hoch	hoch	sehr hoch	sehr hoch
> 60 - 70	gering	mittel	hoch	sehr hoch	sehr hoch
> 70 - 80	sehr gering	gering	mittel	hoch	sehr hoch
> 80	sehr gering	gering	gering	mittel	sehr hoch

Es ist bekannt, dass in Mooren die Qualität der Grasnarbe entscheidend für die Befahrbarkeit ist. Bei einer intensiven Stickstoffdüngung auf Hochmoorgrünland nimmt die Trittfestigkeit ab, wobei die Grenze der Durchtrittigkeit nicht erreicht wurde (BARTELS & SCHWAAR 1975, BARTELS 1977). So nehmen die Kegeleindringwiderstände in Niedermoo- ren am Dümmer mit der Intensität der Nutzung (extensive Grünlandnutzung > Grünland- neuansaat > Acker) ab, d.h. die Befahrbarkeit verschlechtert sich. Extensiv genutzte Grün- landflächen weisen bei gleichen Wassergehalten höhere Kegeleindringwiderstände auf als intensiv genutzte Grünlandflächen oder Neuansaat (PRAUSE 1999).

Gute Befahrbarkeiten werden auf Tiefumbruchböden (z. B. Dt. Sandmischkultur) und mit Sand abgedeckten Mooren erreicht (Sanddeckkultur), dies gilt auch für natürlich über- schlickte Niedermoo- re.

## 5. Düngung und Nährstoffverfügbarkeit

Die beiden Haupttypen Hochmoor und Niedermoor unterscheiden sich deutlich in der Nährstoffdynamik.

Die nährstoffarmen Hochmoore können nur nach einer Meliorationsdüngung landwirt- schaftlich als Grünland oder Acker genutzt werden, Niedermoo- re ließen sich bereits ohne Düngung als Streuwiese extensiv nutzen, dies ist auf die unterschiedlichen Nährstoffge- halte zurückzuführen. So enthalten die Niedermoo- re gegenüber Hochmooren mehr Stick- stoff, Phosphor, Kalium und Kalzium (Tab. 3).

Da die Lagerungsdichten in Mooren in einem weiten Bereich schwanken und sich deutlich von Mineralböden unterscheiden ist bei allen Angaben zu Nährstoffen ein Volumenbezug unabdingbar. Das Hauptwurzelswachstum in Moorböden ist beim (Hochmoor-)Grünland auf die oberen 20 cm, dem aufgekalkten Bereich, und beim Acker auf die oberen 30 cm (Pflugtiefe) begrenzt.

Tab. 3: Mittlere natürliche Gesamtnährstoffgehalte von Moor- und Mineralböden (verändert nach KUNTZE 1984).

Average natural total nutrient concentrations of bog and mineral soils (modified after KUNTZE 1984).

Moortyp	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO
kg/ha in 0-10 cm Tiefe (geringe - hohe Lagerungsdichte*)				
Hochmoor	<600 - 2400	<50 - 200	<25 - 100	<150 - 600
Niedermoor	>2500 - 10000	>200 - 800	>100 - 400	>1000 - 4000
Mineralböden z. Vergleich	300 - 5000	200 - 3500	2000 - 5000	2000 - 25000

\* Verwendete Lagerungsdichten (gering – hohe), beim Hochmoor 50 - 200 g/l, beim Niedermoor 200 - 400 g/l und beim Mineralboden 1000 - 1700 g/l

Bei der intensiven Grünlandnutzung führt langjährige Düngung zu einer oberflächennahen Anreicherung der Nährstoffe, hierdurch können in den oberen 1 - 2 cm auch hohe Phosphatmengen gespeichert werden. Bei günstigem Wasserangebot stehen diese Nährstoffe den Pflanzen zur Verfügung, in Trockenzeiten werden sie in der Krume akkumuliert und sind nicht pflanzenverfügbar.

Andererseits ist die Nährstoffverfügbarkeit von Phosphor und Kalium in Hochmoorböden und sauren Niedermoorböden sehr gut, dies führt zu einer hohen Auswaschungsgefahr dieser Elemente (s. TETZLAFF et al. in diesem Heft). Auch bei niedrigen Versorgungsstufen wird daher bei der Grünlandnutzung nur eine Entzugsdüngung empfohlen (BORSTEL et al. 1995, BARTELS 2002).

Nieder- und Hochmoore verhalten sich im Vergleich zu den Mineralböden „biologisch“ träge. Um das Wachstum im Frühjahr anzuregen, werden die noch kalten, umsetzungsträgen Böden daher vergleichsweise früh mit Stickstoff gedüngt, sofern die Flächen abgetrocknet und befahrbar sind. Es wird empfohlen, etwa die Hälfte der gesamten Stickstoffdüngung eines Jahres im Frühjahr zur ersten Nutzung zu düngen.

Im Niedermoorboden werden durch die Mineralisierung der Torfe große Stickstoffmengen im Sommer freigesetzt, die bei fehlender Aufnahme durch die Pflanzen in Gewässer ausgetragen werden können (s. TETZLAFF et al. in diesem Heft). Die Stickstoffdüngung auf Niedermoorstandorten kann daher auf 200 kg N/ha in zwei bis drei Düngegaben begrenzt werden. Die stickstoffärmeren Hochmoorböden benötigen zur Erzielung eines vergleichbaren Gründlandertrages höhere Stickstoffgaben. Die Stickstoffdüngung soll aus Boden- und Klimaschutzgründen auch auf Hochmoorstandorten auf 240 kg N/ha in drei bis vier Düngegaben begrenzt werden (LANGE 2010).

## 6. Nutzungsverfahren

Hoch- und Niedermoore werden landwirtschaftlich heute überwiegend als Grünland genutzt, wobei in den letzten Jahren die ackerbauliche Nutzung zugenommen hat. Auf der anderen Seite werden Flächen für Naturschutzzwecke extensiv genutzt und neue Nutzungen bei hohen Grundwasserständen sind in der Erprobung. Was ist bei den einzelnen Nutzungen zu beachten?

### 6.1 Grünland (Mahd/Weide)

Die Grünlandnutzung der Moore wird als standortgerecht bewertet (BADEN 1966, BOESS et al. 2011), da die jährliche Bodenbearbeitung entfällt, auch werden höhere Grundwasserstände in den Wintermonaten toleriert. Infolge einer geschlossenen Grasnarbe sind die Flächen gegenüber einer ackerbaulichen Nutzung besser befahrbar (Abb. 6) (BARTELS

2002). Auf Moorstandorten ist ein Grünlandumbruch nach Bundes-Naturschutzgesetz zu unterlassen (BNATSCHG 2009), wobei es sich hier um die Umwandlung von Grünland in Acker handeln wird. Seitens des Klimaschutzes wird ein Verzicht des Grünlandumbruchs gefordert (NIEDERSÄCHSISCHES MINISTERIUM FÜR UMWELT, ENERGIE UND KLIMASCHUTZ 2012). Bei intensiver Grünlandnutzung werden hohe Torfmineralisationsraten erreicht, die sich bei Hochmooren deren von Acker genutzten Mooren annähern (ILNICKI & KUNTZE 1977, s. HÖPER in diesem Heft).



Abb. 6: Intensiv genutzte Deutsche Hochmoorkultur.  
Intensive farming using the German bog cultivation method.

## 6.2 Acker

In den letzten Jahren hat die ackerbauliche Nutzung der Moore, auch die der Hochmoore, deutlich zugenommen. In einzelnen Regionen Niedersachsens beträgt der Ackeranteil bereits ca. 20% der Hochmoorfläche (HOFER 2014). Neben dem bisherigen Anbau der Moorkartoffel nimmt der Maisanbau deutlich zu. Zusätzlich zu den höheren Torfverlusten treten in den Herbstmonaten bei hohen Niederschlägen Probleme mit der Befahrbarkeit der Flächen zur Ernte vom Mais auf. Die ackerbauliche Nutzung wird als nicht standortgerecht bewertet.

## 6.3 Extensive Nutzungsformen

Extensiv genutzte Grünlandflächen dienen als Pufferzone zwischen vernässten Moorbereichen und der intensiven Landwirtschaft. Sie sind auch die bevorzugte Nutzungsform in Naturschutzgebieten, in denen dem Erhalt einer Offenlandschaft z.B. für den Wiesenvo-

gelschutz eine große Bedeutung zukommt. Die Entwässerungsintensität wird zurückgefahren und die Düngung häufig vollständig untersagt. In Niedermooren ist eine langfristige Nutzung ohne Düngung mehrere Jahre möglich. Nach Aufbrauch der pflanzenverfügbaren Nährstoffe, hier besonders Kalium, sinken die Erträge, sodass eine landwirtschaftliche Nutzung zunehmend schwieriger und unrentabler wird. Bei Wiesennutzung lässt sich mit abnehmender Futterqualität der Aufwuchs kaum noch verwerten, bei der Beweidung finden die Tiere durch das selektive Fraßverhalten noch qualitativ hochwertiges Futter, wobei die Flächenleistung auch hier deutlich zurückgeht (BENKE & ISSELSTEIN 2001, MÜLLER & MEISSNER 2008). Die Mutterkuhhaltung im Projektgebiet Osterfeiner Moor war auf Flächen der öffentlichen Hand wirtschaftlich möglich, auf privaten Flächen unter Berücksichtigung der Opportunitätskosten hingegen nicht (SEIDEL & MÜLLER 2008). In den sorptionsschwachen Hochmoorböden nehmen die Aufwüchse im Vergleich zu den Niedermoorböden schneller ab. Neben Kalium wird auch Phosphor hier zum Mangelfaktor. Im Vergleich zur intensiven Nutzung sinken im Hochmoor die Erträge um 80% und im Niedermoor um 42% (BORSTEL 1996).

Mit höheren Wasserständen und reduzierter Pflege, kein Walzen, breiten sich auf vielen Flächen Problempflanzen aus. Die Flatterbinse (*Juncus effusus*) (Abb. 7) und Rasenschmiele (*Deschampsia caespitosa*) können dominierende Bestände bilden, auch Ampferarten (*Rumex crispus*, *R. obtusifolius*) und Sumpfschachtelhalm (*Equisetum palustre*) können sich ausbreiten (RASRAN & JEROMIN 2010). In tiefer liegenden Flächen reicht die Trittfestigkeit häufig nicht mehr aus (Abb. 8). Es entstehen Pflegeflächen.



Abb. 7: Extensiv genutztes Hochmoorgrünland mit Flatterbinse (*Juncus effusus*).  
Extensively farmed bog grassland with soft rushes (*Juncus effusus*).



Abb. 8: Durchgetretene Grasnarbe im Grabenbereich einer Dt. Hochmoorkultur.  
Trampled-in turf of a German bog cultivation area.

#### 6.4 Zukünftige Alternativen

Das Anheben der Wasserstände bis dicht an die Geländeoberfläche verhindert den oxidativen Torfschwund (s. HÖPER in diesem Heft). Paludikulturen sind bei solch hohen Wasserständen möglich, z.B. der Anbau von Torfmoosen, Erlen oder Schilf. Die Herrichtung der Flächen und die Steuerung der Wasserstände mit Wasserzufuhr in den Sommermonaten stellen sich zurzeit noch recht aufwändig dar, hier sind weitere Forschungs- und Entwicklungsarbeiten notwendig (s. KREBS et al. in diesem Heft).

In Naturschutzgebieten und in den hydrologischen Pufferzonen um vernässte Moore wird auch in der Zukunft die extensive Grünlandbewirtschaftung dominieren. Mit einer moderaten Kalium- und Phosphatdüngung lassen sich auch für die Landwirtschaft noch verwertbare Aufwüchse bei Wiesenutzung auf Niedermoor erzielen, bei Hochmooren wird zusätzlich eine geringe Stickstoffdüngung empfohlen. Das Anheben der Wasserstände ist durch Staueinrichtungen möglich. Eine optimale Einstellung von sommerlichen Wasserständen ist mit der kontrollierten Dränung bzw. mit dem Einstau von Gräben (Gruppen) möglich, wenn den Flächen in Trockenperioden Wasser zugeführt werden kann (QUERNER et al. 2012).

Eine Reduzierung der Nutzungsintensität auf den überwiegenden Grünlandflächen wird sich ohne momentären Ausgleich kaum erzielen lassen (SEIDEL & MÜLLER 2008, RABE 2015). Schlecht zu entwässernde Flächen werden aus der Nutzung herausfallen und kön-

nen wieder vernässt werden. Beispiele aus Schleswig-Holstein zeigen, dass bisher als Grünland genutzte Moore sich vernässen lassen, ein Ankauf von Flächen ist hierfür erforderlich (WALTER & MORDHORST-BRETSCHNEIDER 2015).

Eine nachhaltige landwirtschaftliche Nutzung als Grünland oder Acker ist derzeit nur auf Tiefumbruchböden möglich (BLANKENBURG 1999). Auch mit Mineralboden (Sand oder tonhaltigen Böden) abgedeckte Moore, natürlich oder anthropogen, lassen bei ausreichenden Mächtigkeiten  $>0,3$  m eine nachhaltige Nutzung erwarten. Damit extensive Nutzungsformen um vernässte Flächen herum möglich sind, ist häufig ein Flächenankauf oder -tausch erforderlich. Mit Hilfe von Flurbereinigungsverfahren lassen sich zusammenhängende Flächen entwickeln.

## 7. Auswirkungen auf die Umwelt

Für die landwirtschaftliche Nutzung der Moore werden die Flächen entwässert und gedüngt, hierdurch werden die Prozesse des oxidativen Torfschwundes eingeleitet. Nicht von den Pflanzen aufgenommene Nährstoffe können mit dem Sickerwasser ins Grundwasser und in die Oberflächengewässer gelangen. Hohe Phosphatausträge sind bei Hochmooren und hohe Nitratausträge bei Niedermooren zu erwarten (s. TETZLAFF et al. in diesem Heft).

Durch den Abbau der organischen Substanz werden  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$  und  $\text{N}_2\text{O}$  je nach Feuchteverhältnissen freigesetzt und belasten als klimaschädliche Gase die Atmosphäre. Eine deutliche Reduktion ist nur mit einem Anheben der Wasserstände möglich (s. HÖPER in diesem Heft).

## 8. Literaturverzeichnis

- AG BODEN (2005): Bodenkundliche Kartieranleitung. – 438 S., 5. verb. u. erw. Aufl.; Stuttgart (Schweizerbart).
- BADEN, W. (1966): Bewirtschaftung und Leistung des Grünlandes auf „Deutscher Hochmoorkultur“. Ein Beispiel 5 Jahrzehnte langer Standortforschung in der Moorversuchswirtschaft Königsmoor. – Mitt. Arb. Staatl. Moor-Vers.-Stat. **9**: 222 S.
- BARTELS, R. (1977): Die landwirtschaftliche Nutzung von Moorböden. – Geol. Jb. **F4**: 141-174.
- BARTELS, R. (2002): Landwirtschaftliche Moornutzung. – Arbeitshefte Boden **2002/3**: 35-44.
- BARTELS, R. & SCHWAAR, J. (1975): Trittfestigkeit von Hochmoorgrünland bei intensiver N-Düngung. – Kali-Briefe **4(5)**: 1-8.
- BENKE, M. & ISSELSTEIN, J. (2001): Extensive Landwirtschaft auf Niedermoorgegrünland. – In: KRATZ, R. & PFADENHAUER, J. (Hrsg.): Ökosystemmanagement für Niedermoore – Strategien und Verfahren zur Renaturierung: 184-199; Stuttgart (Ulmer).

- BLANKENBURG, J. (1999): Leitbilder der Hochmoornutzung und die langfristige Nutzung von Hochmoorgrünland. – *Telma* **29**: 183-190.
- BLANKENBURG, J., HENNINGS, H. H. & SCHMIDT, W. (2001): Bodenphysikalische Eigenschaften und Wiedervernässung.– In: KRATZ, R. & PFADENHAUER, J. (Hrsg.): Ökosystemmanagement für Niedermoo-re – Strategien und Verfahren zur Renaturierung: 81-91; Stuttgart (Ulmer).
- BNATSchG (2009): Gesetz zur Neuregelung des Rechts des Naturschutzes und der Landschaftspflege (BNatSchG). – *BGBI I*, **51**: 2542-2579.
- BOESS, J., FORTMANN, J., MÜLLER, U., SEVERIN, K., AHLERS, E., BURGHARDT, H., HÖPER, H., SCHÄFER, W. & STROTDREES, J. (2011): Kriterienkatalog Nutzungsänderung von Grünlandstandorten in Niedersachsen. – *Geofakten* **27**: 1-20.
- BORSTEL, U. v. (1996): Bedeutung des Hochmoorgrünlandes für die Landwirtschaft. – *Telma* **26**: 117-128.
- BORSTEL, U. v., SEVERIN, K. & BLUMENDELLER, D. (1995): P-, K-, Mg-Düngungsversuche auf dem Grünland zur Bestimmung der optimalen Grunddüngung. – *VdLUFA Kongressband 1995*: 225-228.
- DIN 1185 (1973): Dränung: Regelung des Bodenwasser-Haushaltes durch Rohrdränung, rohrlose Dränung und Unterbodenmelioration – Blatt 2: Wesentliche Angaben für Planung und Bemessung. – 17 S.; Berlin (Beuth).
- EGGELSMANN, R. (1960): Über die Höhenveränderungen der Mooroberfläche infolge von Sackung und Humusverzehr sowie in Abhängigkeit von Acidität, Atmung und anderen Einflüssen. – *Mitt. Arb. Staatl. Moor-Vers.-Stat.* **8**: 99-132.
- EGGELSMANN, R. (1984). Entwässerung als Voraussetzung landwirtschaftlicher Moornutzung. – In: KUNTZE, H. (Hrsg.): Bewirtschaftung und Düngung von Moorböden: 13-19; Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung - Bodentechnologisches Institut Bremen.
- EGGELSMANN, R. & BLANKENBURG, J. (2009): 131 Moor- und Bodenforschung in Bremen. – *Telma* **39**: 193-218.
- GÖTLICH, KH. & KUNTZE, H. (1990): Moorkultivierung für Land- und Forstwirtschaft. – In: GÖTLICH, KH. (1990): Moor- und Torfkunde. – 3. Aufl., 385-410 S.; Stuttgart (Schweizerbart).
- GÜNTHER, J. (2012): Die Moorbrandkultur und der Buchweizenanbau als eine frühe Form der landwirtschaftlichen Hochmoornutzung in Nordwestdeutschland. – *Telma* **42**: 57-70.
- HAVERKAMP, M. (2011): Binnenkolonisierung, Moorkultivierung und Torfwirtschaft im Emsland unter besonderer Berücksichtigung des südlichen Bourtanger Moores – Entwicklungslinien und Forschungsstand. – *Telma* **41**: 257-282.
- HOFER, B. (2014): Gemeinsames Positionspapier NABU und IVG: Entwicklungskonzepte für Hochmoorgebiete unter den Aspekten von Natur- und Klimaschutz und Integration der Rohstoffnutzung. [https://niedersachsen.nabu.de/imperia/md/content/niedersachsen/positionspapiere/nabu\\_ivg\\_moor\\_konzept\\_langfassung.pdf](https://niedersachsen.nabu.de/imperia/md/content/niedersachsen/positionspapiere/nabu_ivg_moor_konzept_langfassung.pdf) [15.6.2015].

- ILNICKI, P. (1977): Sackung in wiederholt entwässerten Hochmooren des nordwestdeutschen Flachlandes – 3. Bericht: Vorausberechnung der Moorsackung. – Z. f. Kulturtechnik u. Flurbereinigung **18**: 153-165.
- ILNICKI, P. & EGGELSMANN, R. (1977): Sackung in wiederholt entwässerten Hochmooren des nordwestdeutschen Flachlandes – 1. Bericht: Höhenverluste im wiederholt entwässerten Kehdinger Hochmoor. – Z. f. Kulturtechnik u. Flurbereinigung **18**: 23-34.
- ILNICKI, P. & KUNTZE, H. (1977): Sackung in wiederholt entwässerten Hochmooren des nordwestdeutschen Flachlandes – 2. Bericht: Zusammendrückbarkeit der Torfe und Moorsackung. – Z. f. Kulturtechnik u. Flurbereinigung **18**: 74-82.
- IPCC (2006): IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. In: EGGLESTON, H.S., BUENDIA, L., MIWA, K., NGARA, T., TANABE, K. (Eds.), Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme. IGES, Hayama, Japan.
- KUNTZE, H. (1983): Probleme bei der modernen landwirtschaftlichen Moornutzung. – Telma **13**: 137-152.
- KUNTZE, H. (1984): Hoch- und Niedermoor – zwei verschiedene Moortypen. – In: KUNTZE, H. (Hrsg.): Bewirtschaftung und Düngung von Moorböden: 7 - 13; Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung – Bodentechnologisches Institut Bremen.
- KUNTZE, H. & VETTER, H. (Hrsg.) (1980): Bewirtschaftung und Düngung von Sandmischkulturen: Berichte des Bodentechnologischen Instituts, Bremen, und der Landwirtschaftlichen Untersuchungs- und Forschungsanstalt der Landwirtschaftskammer Weser-Ems. 1 - 120; Oldenburg (Landwirtschaftsverlag Weser-Ems).
- LANGE, G. (2010): Stickstoffdüngung im Dauergrünland. – Landwirtschaftskammer Niedersachsen. <https://www.lwk-niedersachsen.de/download.cfm/file/278,8b089eb9-237d-eebf-5e70e7af1b2080a6~pdf.html> [15.6.2015].
- MÜLLER, J. & HEILMANN, H. (2011): Stand und Entwicklungstendenzen der agrarischen Nutzung von Niedermoorgrünland in Mecklenburg-Vorpommern. – Telma Beiheft **4**: 235-248.
- MÜLLER, J. & MEISSNER, P. (2008): Erhebungen zur Futterqualität. – In: BRUX, H., HETTER, K., HIELSCHER, M., WALTER, G., ARENS, S., SIMON, M., HIELEN, B., LEHMANN, A., MÜLLER, J., STROTHOFF, J., MEISSNER, P., SEIDEL, K., BLANKENBURG, J. & HENNINGS, H. H.: E+E-Vorhaben „Osterfeiner Moor“ – Abschlussbericht 1996-2006 – Abschlussbericht nach 5b.1.1 BNBest-P: 233-235. [http://www.ibl-umweltplanung.de/wp-content/uploads/publikationen/2008\\_Abschlussbericht-EEV OM\\_1996-2006.pdf](http://www.ibl-umweltplanung.de/wp-content/uploads/publikationen/2008_Abschlussbericht-EEV OM_1996-2006.pdf) [2.6.2015].
- NIEDERSÄCHSISCHES MINISTERIUM FÜR UMWELT, ENERGIE UND KLIMASCHUTZ (2012): Regierungskommission Klimaschutz: Empfehlungen für eine niedersächsische Klimaschutzstrategie. – 170 S., 12 Abb., 23 Tab.; Hannover (Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz).
- PRAUSE, D. (1999): Einfluss der Extensivierung in der Dämmerniederung auf die Befahrbarkeit der Niedermoorböden und Folgerungen für die künftige Nutzung. 102 S.; Diplomarbeit Uni. Hannover.
- PROCHNOW, A. (1999): Angepasstes Befahren von Niedermoorgrünland. Projektbericht 1996 bis 1999 und Begleitheft zu Maschinenvorführung und Seminar am 23.09.1999 in Rieben. – 106 S.; Stücken (Landschafts-Förderverein Nuthe-Nieplitz-Niederung).

- QUERNER, E. P., JANSEN, P. C., VAN DEN AKKER, J. J. H. & KWAKERNAAK, C. (2012): Analysing water level strategies to reduce soil subsidence in Dutch peat meadows. – *Journal of Hydrology* **446-447**: 59-69.
- RABE, I. (2015): Vertragsnaturschutz. – In: LANDESAMT FÜR LANDWIRTSCHAFT, UMWELT UND LÄNDLICHE RÄUME DES LANDES SCHLESWIG-HOLSTEIN (Hrsg.): *Moore in Schleswig-Holstein: Geschichte – Bedeutung – Schutz*: 101-103.
- RASRAN, L. & JEROMIN, H. (2010): Problempflanzen im Fokus des Naturschutzmanagements von Dauergrünlandflächen (Literaturstudie). – *Telma* **40**: 119-136.
- ROESCHMANN, G., GROSSE-BRAUCKMANN, G., KUNTZE, H., BLANKENBURG, J. & TÜXEN, J. (1993): Vorschläge zur Erweiterung der Bodensystematik der Moore. – *Geol. Jb.* **F29**: 1-49.
- SCHMIDT-BARRIEN, H. (1967): *Im Geiste Findorffs – 25 Jahre Wasser- und Bodenverband Teufelsmoor Jubiläumsschrift*. – 198 S.; Worpswede (Wasser- und Bodenverband Teufelsmoor).
- SCHÄFER, W. (2002): Bodenphysikalische Eigenschaften von Torfen niedersächsischer Moorböden unter Berücksichtigung ihrer Pedogenese. – *Arbeitshefte Boden* **2002/3**: 59-75.
- SCHOLZ, A. & HENNINGS, H. H. (1995): Grenzen der Beweidbarkeit bei der Wiedervernässung von Niedermooren. – *Z. f. Kulturtechnik u. Landentwicklung* **36**: 162-164.
- SCHULTZ-STERNBERG, R., ZEITZ, J., LANDGRAF, L., HOFFMANN, E., LEHRKAMP, H., LUTHARDT, V. & KÜHN, D. (2000): *Niedermoore in Brandenburg*. – *Telma* **30**: 139-172.
- SEGEBERG, H. (1960): Moorsackung durch Grundwasserabsenkungen und deren Vorausberechnung mit Hilfe empirischer Formeln. – *Z. f. Kulturtechnik u. Flurbereinigung* **2**: 144-161.
- SEIDEL, K. & MÜLLER, J. (2008): Ökonomische Bewertung der extensiven Grünlandbewirtschaftung im Projektgebiet Osterfeiner Moor und deren zukünftige Perspektive. – In: BRUX, H., HETTWER, K., HIELSCHER, M., WALTER, G., ARENS, S., SIMON, M., HIELEN, B., LEHMANN, A., MÜLLER, J., STRODT-HOFF, J., MEISSNER, P., SEIDEL, K., BLANKENBURG, J. & HENNINGS, H. H.: *E+E-Vorhaben „Osterfeiner Moor“ – Abschlussbericht 1996-2006 – Abschlussbericht nach 5b.1.1 BNBest-P*: 236-252.  
[http://www.ibl-umweltplanung.de/wp-content/uploads/publikationen/2008\\_Abschlussbericht-EEV OM\\_1996-2006.pdf](http://www.ibl-umweltplanung.de/wp-content/uploads/publikationen/2008_Abschlussbericht-EEV OM_1996-2006.pdf) [2.6.2015].
- TIEMEYER, B., FREIBAUER, A., DRÖSLER, M., ALBIAC-BORRAZ, E., AUGUSTIN, J., BECHTOLD, M., BEETZ, S., BELTING, S., BERNRIEDER, M., BEYER, C., EBERL, J., EICKENSCHIEDT, T., FELL, H., FIEDLER, S., FÖRSTER, C., FRAHM, E., FRANK, S., GIEBELS, M., GLATZEL, S., GRÜNWALD, T., HEINICHEN, J., HOFFMANN, M., HOMMELTENBERG, J., HÖPER, H., LAGGNER, A., LEIBER-SAUHEITL, K., LEPELT, T., METZGER, C., PEICHL-BRAK, M., RÖHLING, S., ROSSKOPF, N., RÖTZER, T., SOMMER, M., WEHRHAN, M. & ZEITZ, J. (2013): Klimarelevanz von Mooren und Anmooren in Deutschland: Ergebnisse aus dem Verbundprojekt „Organische Böden in der Emissionsberichterstattung“. – *Thünen Working Paper* **15**: 1-18.
- WALLOR, E., DZIALEK, J. & ZEITZ, J. (2005): *Grünlandbewirtschaftung grundwasserbeeinflusster Böden Brandenburgs – Möglichkeiten und Grenzen*. <http://project2.zalf.de/hydbos/hydbosbeitragwebsite> [5.5.2015].
- WALTER, J. & MORDHORST-BRETSCHNEIDER, H. (2015): *Hartshoper Moor*. – In: LANDESAMT FÜR LANDWIRTSCHAFT, UMWELT UND LÄNDLICHE RÄUME DES LANDES SCHLESWIG-HOLSTEIN (Hrsg.): *Moore in Schleswig-Holstein: Geschichte – Bedeutung – Schutz*: 111-114.

ZEITZ, J. (2003): Moorkulturen. – In: BLUME, H.-P., FELIX-HENNINGSSEN, P., FISCHER, W., R., FREDE, H.-G., HORN, R. & STAHR, K. (1996): Handbuch der Bodenkunde, Loseblattsammlung: 1-36; Landsberg/Lech (ecomед).

Anschrift des Verfassers:

Dr. Joachim Blankenburg  
Geologischer Dienst für Bremen  
Leobener Straße MARUM  
D-28359 Bremen  
E-Mail: [j.blankenburg@gdfb.de](mailto:j.blankenburg@gdfb.de)

