

TELMA	Band 49	Seite 71 - 88	4 Abb., 2 Tab.	Hannover, November 2019
-------	---------	---------------	----------------	-------------------------

Feldversuch „OptiMoor“ – Erprobung und Entwicklung der Optimierung von Hochmoorsanierung auf landwirtschaftlich genutzten Standorten

The OptiMoor field trial – Testing and developing optimal management strategies for peat bog restoration after intensive agricultural use

VYTAS HUTH, ANNA BARTEL, ANKE GÜNTHER, STEFANIE HEINZE, BERND HOFER, NELE JANTZ, EVA ROSINSKI, JENS RUDOLPH, HANS-BERT SCHIKORA, HANS-PETER SÖCHTING, KARIN ULLRICH und GERALD JURASINSKI

Schlüsselwörter: Hochmoor, Wiedervernässung, Oberbodenabtrag, Torfmoos, Diasporen

Zusammenfassung

Hochmoore gehören zu den am stärksten gefährdeten Lebensräumen in Deutschland. Die Wiederherstellung von Hochmoorbiotopen konzentriert sich bisher auf ehemalige Torfabbauflächen, obwohl allein in Niedersachsen 54% der Hochmoore als Grünland genutzt werden. Strategien zur Wiederherstellung von Hochmoorbiotopen auf ehemals intensiv genutztem Moorgrünland werden von 2016 bis 2021 im Projekt „OptiMoor“ entwickelt und erprobt. Ziel ist es, einen Leitfaden für die Sanierung degradierter Hochmoore unter landwirtschaftlicher Nutzung zu entwickeln. Dafür wurde im Hankhauser Moor (Niedersachsen) auf einer Fläche von ca. 1 ha ein Parzellenversuch eingerichtet.

Erste Untersuchungen vor der Flächeneinrichtung zeigen, dass die biogeochemischen Voraussetzungen von langjährig intensiv genutztem Hochmoorgrünland aufgrund von hohen Nährstoffüberschüssen als schlecht anzusehen sind. Außerdem wird sichtbar, dass das Vegetations- und Diasporenpotenzial von intensiv genutztem Hochmoorgrünland zur Wiederherstellung von Hochmoorbiotopen dramatisch gering ist, so dass die Zielvegetation innerhalb weniger Jahre wahrscheinlich nur durch Oberbodenabtrag und Beimpfung mit Torfmoosfragmenten etabliert werden kann. In sechs Varianten und einer Referenzfläche werden daher verschiedene Kombinationen von Wiedervernässung, Oberbodenabtrag und Beimpfung mit Zielvegetation getestet und sowohl klimaschutz- als auch naturschutzfachlich untersucht. Über die Einrichtung eines differenzierten Wassermanagements werden annähernd gleichmäßig hohe Wasserstände in allen Varianten garantiert. Die Flächeneinrichtung, -pflege und das Wassermanagement wird vom Europäischen Fachzentrum Moor und Klima Wagenfeld GmbH durchgeführt. Die wissen-

schaftliche Begleitung wird seitens der Landschaftsökologie und Standortkunde der Universität Rostock betreut. Über einen Monitoring-Zeitraum von drei Jahren soll das Projekt einen detaillierten Einblick in die Prozesse der Etablierungsphase verschiedener Sanierungsoptionen liefern.

Abstract

Peat bogs are among the most threatened biotopes in Germany. The restoration of peat bogs so far has been focusing on former peat extraction sites although most peat bogs are under intensive grassland use (54% in Niedersachsen). From 2016 to 2021 strategies of peat bog restoration after intensive grassland use are currently under exploration within the project “OptiMoor”. The aim of the project is the development of guidelines for optimal peat bog restoration. To achieve this, a 1-ha field trial has been set up in the ‘Hankhauser Moor’ in Niedersachsen, Germany.

First surveys prior to field-trial installation show that the biogeochemical conditions for successful peat bog restoration are very unfavourable due to high nutrient contents and altered soil properties. In addition, the abundance of bog-typical vegetation and diaspores of the study area is dramatically low, suggesting, that target vegetation will only reclaim the bog after topsoil removal and spreading of bog-typical *Sphagnum* fragments from other sites. Therefore, six restoration approaches, with different combinations of rewetting, topsoil removal and *Sphagnum* spreading and a status-quo plot representing the surrounding intensive grassland use, have been set up. By installing a controlled water management, equal rewetting of the six restoration approaches is guaranteed. The field trial installation, maintenance, and water management are done by Europäisches Fachzentrum Moor und Klima Wagenfeld GmbH. The scientific survey is lead by the Landscape Ecology Group, University of Rostock. Over a monitoring phase of three years the project will give a detailed insight into the processes during the establishing phase of different peat bog restoration approaches after intensive grassland use.

1. Einleitung

Naturnahe Moore liefern eine Reihe wichtiger Ökosystemleistungen, z.B. als Biotope für akut bedrohte Arten der Flora und Fauna, als Kohlenstoff-Senke, für die Hochwasserretention oder die Verbesserung der Wasserqualität (VERHOEVEN 2014). Obwohl der Wert naturnaher Moore durch die Politik in Europa anerkannt ist (ANDERSEN et al. 2017, JOOSTEN 2015) und in der Vergangenheit bereits hohe Investitionen für die Moorrestitution getätigt wurden (ANDERSEN et al. 2017), ist nach wie vor ein Großteil der Moore, v. a. in Norddeutschland, in einem entwässerten und degradierten Zustand. Intakte, torfakkumulierende Moore sind in Deutschland auf 1% ihrer ehemaligen Ausdehnung zurückgedrängt worden (JOOSTEN 2012). Sie sind gemäß der aktuellen Roten Liste der gefährdeten Biotoptypen Deutschlands „akut von der vollständigen Vernichtung bedroht“ (FINCK et al. 2017). Zudem sind entwässerte Moore starke Treibhausgas-(THG)-Quellen, da die Belüftung des Torfprofils den oxidativen Torfabbau beschleunigt (TIEMEYER et al. 2016).

In Niedersachsen sind 81% der Hochmoore entwässert. Davon werden 67% als Grünland und 14% als Acker genutzt. Das entspricht zusammen einer Fläche von über 132.000 ha die 3,4 Mt ha⁻¹ a⁻¹ CO₂-Äquivalente emittieren (HÖPER 2015). Nur ein geringer Teil der

durch den Menschen genutzten Hochmoore ist bisher restituiert worden, überwiegend auf ehemaligen Torfabbauflächen.

Die Ökosystemleistungen natürlicher bzw. naturnaher Hochmoore sind eng gekoppelt an deren hydrologische Voraussetzungen. Die wichtigste Maßnahme der Moorrestitution ist deshalb die Wiedervernässung, da nur durch wassergesättigte Bedingungen die hochmoortypische Vegetation etabliert und hohe THG-Emissionen als Folge der Torfmineralisation vermieden werden können (KOMULAINEN 1999, MILLER 2011, NUGENT et al. 2018). Allerdings sind die oberen Torfschichten nach Jahrzehnten intensiver landwirtschaftlicher Nutzung physikalisch irreversibel verändert und mit Nährstoffen angereichert, so dass trotz Vernässung moortypische Ökosystemleistungen nur eingeschränkt wiederhergestellt werden können (BROUNS et al. 2014, ZAK et al. 2010).

Mit der Entfernung des degradierten Oberbodens und der damit verbundenen landwirtschaftlichen Vorbelastung sollen die bodenphysikalischen und -chemischen Eigenschaften (z. B. Trockenrohdichte, Nährstoffgehalt) der Moorböden wieder hergestellt, die denen naturnaher Moore entsprechen (EMSENS et al. 2015, RASRAN et al. 2007). Außerdem können auf diese Weise Diasporen hochmooruntypischer Grünlandvegetation entfernt werden, v. a. jene von *Juncus effusus* L. (BLANKENBURG 2015), wodurch die Wiederansiedlung moortypischer Vegetation erleichtert wird (EMSENS et al. 2015, RASRAN et al. 2007). Darüber hinaus nimmt die Gefahr hoher Nährstoffausträge ab (ZAK et al. 2018). Obwohl Oberbodenabtrag die bodenchemischen Eigenschaften verbessert, kann es Jahrzehnte dauern bis der Torf durch eine Zielvegetation besiedelt wird (RENOU-WILSON et al. 2018). Das Übertragen von torfbildender Vegetation und Diasporen aus intakten Hochmooren bzw. Hochmoorelikten kann die Entwicklung moortypischer Lebensräume beschleunigen (QUINTY & ROCHEFORT 2003). Anders als für Torfabbau-Folgeflächen ist die Hochmoorrestitution landwirtschaftlich genutzter Standorte aufgrund fehlender Restitutionsmaßnahmen kaum untersucht worden (ANDERSEN et al. 2017). Diese bieten aber ein hohes Flächenpotenzial und besitzen im Gegensatz zu Flächen nach Torfabbau oft noch Reste einer Weißtorfschicht, die für das Torfmooswachstum günstige biogeochemische Ausgangsbedingungen bietet (QUINTY & ROCHEFORT 2003, GRAF et al. 2017).

Im Rahmen des Projektes „OptiMoor“ wird deshalb in einem Feldversuch mit sechs verschiedenen Varianten (V) die Wiederherstellung von Hochmoor-Ökosystemen auf landwirtschaftlich genutzten Standorten erprobt und deren Entwicklung mit einer Referenzfläche verglichen. In diesem Beitrag werden der Feldversuch sowie dessen standörtliche Voraussetzungen bei Projektbeginn vorgestellt, die den Versuchsaufbau bedingen. Diese sind (i) die bodenkundlichen Voraussetzungen, (ii) die Ausgangsvegetation, und (iii) das Diasporenpotenzial im Torfkörper. Die Ausführungen dokumentieren den Ausgangszustand der Versuchsfläche nach jahrzehntelanger Nutzung als Hochmoorgrünland und sind damit ein wertvoller Vergleichsdatensatz für ähnliche Vorhaben.

2. Das Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet liegt im Hankhauser Moor am Rande der Wesermarsch (53°15'25"N, 8°14'54"E, 1 m NHN). Das Klima der Region ist atlantisch geprägt mit einer mittleren Temperatur von 9,6 °C und einem mittleren jährlichen Niederschlag von 686 mm (1986-2015, DWD Station Bremen 00691). Vor Versuchseinrichtung wurde die Fläche mit Gräben und Rohrdränung entwässert. Sie wurde als mäßig bis intensiv genutztes Grünland bewirtschaftet, das bereits Übergänge zum extensiven und wechselfeuchten Grünland zeigte (siehe 4.3). Der letzte Grünlandumbruch liegt höchstwahrscheinlich mehr als 20 Jahre zurück. Die direkte Nutzungsvorgeschichte der Jahre 2010 bis 2014 war durch eine zwei- bis dreischürige Wiesennutzung mit Nachbeweidung und einem Mix aus Gülle und Mineraldüngung gekennzeichnet. Die durchschnittliche atmosphärische N-Deposition der Jahre 2013–2015 lag bei ca. 20 kg ha⁻¹ a⁻¹ (UMWELTBUNDESAMT 2019). Kurz vor Einrichtung des Feldversuches wurde die Fläche noch mit 15 Jungrindern beweidet (ca. 4 GVE ha⁻¹).

3. Der Feldversuch

Zwischen März und Juni 2017 wurden sieben Versuchspartzen inkl. Referenzfläche (8 x 24 m, Abb. 1) eingerichtet. Die Partzen der sechs Restitutionsvarianten sind jeweils durch Spundwände umgeben (2 m hoch, 1,7 m tief im Schwarztorf verankert) und werden durch ein automatisches Pumpensystem dauerhaft bei 0-10 cm unter mittlerer Geländeoberkante vernässt. Dadurch werden die Varianten trotz der verschiedenen Höhenlagen den gleichen hydrologischen Bedingungen ausgesetzt, die für die Etablierung typischer Hochmoorvegetation möglichst günstig ist. Außerdem wird so der Effekt von klimatisch bedingten Wasserstandsschwankungen minimiert und die relativen Effekte von Vernässung, Oberbodenabtrag und Torfmoosbeimpfung auf die Zielparameter erhöht. Die sieben Partzen sind:

V1: Referenzfläche unter fortlaufender Bewirtschaftung (dreischürig) und mineralischer Düngung (150 kg N ha⁻¹)

V2: Vernässungsfläche mit unverändertem Torf-(Boden)profil direkt aus der landwirtschaftlichen Nutzung

V3: Vernässungsfläche mit unverändertem Torf-(Boden)profil und regelmäßigem Abtrag des lebenden oberirdischen Pflanzenmaterials (Aushagerung durch Mahd mit Abfuhr des Mähgutes, zweischürig)

V4: Vernässungsfläche nach Abtrag des landwirtschaftlichen Oberbodens von 30 cm (flächig mechanisch gestörtes Torf-Profil)

V5: Vernässungsfläche nach Abtrag des landwirtschaftlichen Oberbodens von 30 cm (flächig mechanisch gestörtes Torf-Profil mit Beimpfung der Fläche mit Torfmoosen)

V6: Vernässungsfläche mit Abtrag des landwirtschaftlichen Oberbodens bis unter die Drainung mit vollständiger Entfernung der landwirtschaftlichen Vorbelastung und des durchlüfteten Torfprofils von 60-70 cm

V7: Vernässungsfläche mit Abtrag des landwirtschaftlichen Oberbodens bis unter die Drainung mit vollständiger Entfernung der landwirtschaftlichen Vorbelastung und durchlüfteten Torfprofils von 60-70 cm mit Beimpfung der Fläche mit Torfmoosen

Das Spendermaterial der Varianten V5 und V7 entstammte einer benachbarten Torfmooskultivierungsfläche (GÜNTHER et al. 2017/2018) und wurde manuell übertragen. Die dominanten Arten im Spendermaterial waren *Sphagnum fallax* (H.Klinggr.) H.Klinggr., *Sphagnum palustre* L., *Polytrichum commune* Hedw. var. *commune*, *Aulacomnium palustre* (Hedw.) Schwägr., *Sphagnum papillosum* Lindb., *Sphagnum cuspidatum* Ehrh. ex Hoffm. und *Drosera rotundifolia* L.

4. Ausgangszustand des Untersuchungsgebietes

4.1 Topographie

4.1.1 Methodik

Am 28.11.2016 wurde eine Drohnenbefliegung (UX5, Trimble) über einen 61 ha großen Bereich durchgeführt. Für die Einbindung in ein Geoinformationssystem und die Erstellung des digitalen Geländemodells wurden acht Passpunkte (weiße Pressholzplatte, 30 x 30 cm, 30 cm über Geländeoberkante) installiert und vermessen (Zephyr 2 GPS Antenne, R5 Empfänger und TSC3 Controller, Trimble). Die Messdaten wurden mit dem bundesweit verfügbaren Korrekturdatendienst SAPOS in Echtzeit korrigiert. Die Überlappung der aufgenommenen Einzelbilder (Sony NEX-R, 16 MP) betrug 80-90% bei einer Flughöhe von 75 m über Grund. Die Auflösung der Rohdaten lag dabei bei 2 cm. Mithilfe von Geotags wurden die Einzelbilder mit der Software Pix4D zu einem Bildverbund verknüpft.

4.1.2 Ergebnisse und Diskussion

Die Drohnenbefliegung machte eine Grüppenstruktur sichtbar, die durch den Einbau von Tondrainagen entstanden und typisch für die Region ist. Dadurch können die Geländehöhen innerhalb der Varianten auf kleinem Raum um bis zu 40 cm variieren (Tabelle 1). Dies bedeutet, dass die bei einer mittleren Abtragstiefe von 30 cm (V4 und V5) ent-

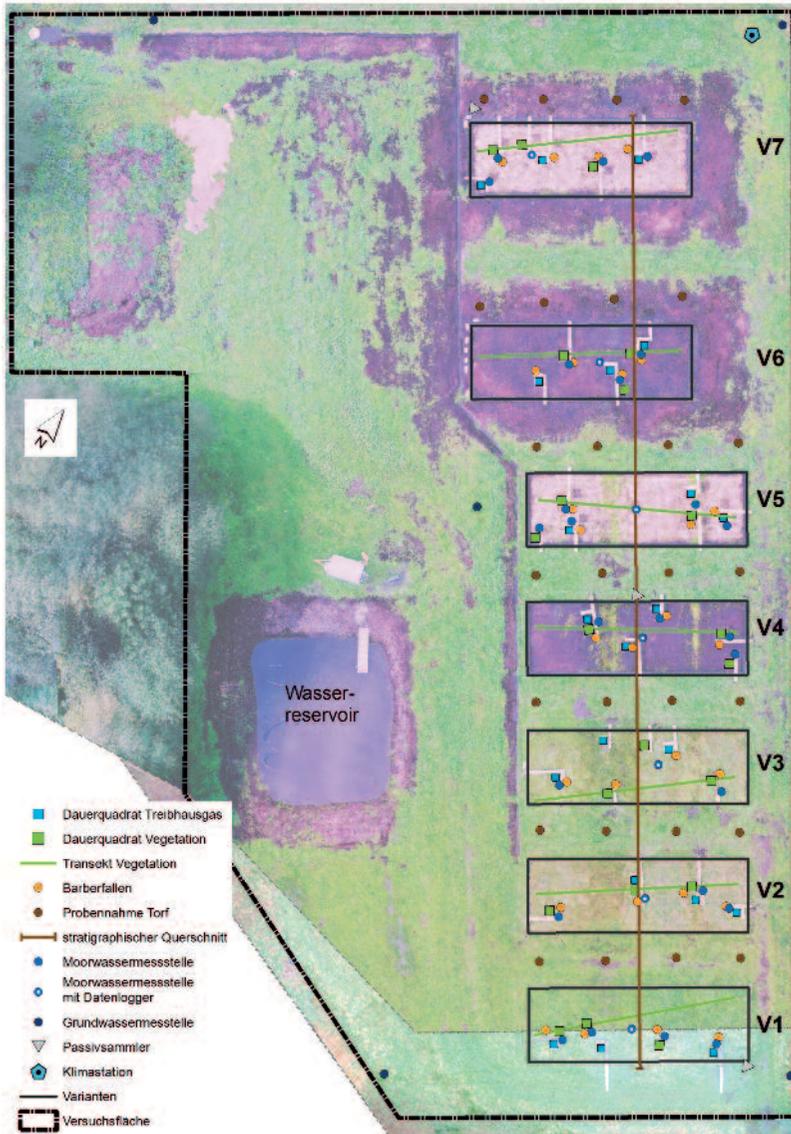


Abb. 1: Der OptiMoor-Feldversuch. Das Luftbild wurde am 28.07.2017 aufgenommen, ca. zwei Monate nach Ende der Versuchseinrichtung. Dargestellt ist die Anordnung der Varianten V1-V7, der stratigraphische Querschnitt und die Torfprobennahmen vor Versuchseinrichtung (s. Abb. 2 und 3) sowie die Untersuchungspunkte und Dauerquadrate (DQ) des geplanten Monitorings (siehe Abschnitt 6).

The OptiMoor field trial. The aerial view was taken on July 28, 2017, approx. two months after finishing the construction works. The view shows the arrangement of the seven plots, the stratigraphic cross-section and the peat sample locations before installment (cf. Fig. 2 and 3) as well as the monitoring locations and permanent squares (cf. Section 6).

standene neue Bodenoberfläche durch heterogene Bodeneigenschaften charakterisiert ist, da hier Reste des Oberbodens im Bereich der ehemaligen Gröppen erhalten bleiben. Daher ist der Vergleich dieser Varianten mit denen einer mittleren Bodenabtragstiefe von 60 cm, bei der der Oberboden vollständig entfernt ist (V6 und V7) für eine Beurteilung der Sanierungsmaßnahmen sinnvoll.

Tab. 1: Verteilung der Geländehöhen (m NHN) innerhalb der Varianten V1-V7 vor Einrichtung des Versuches.

Elevation distribution (m a.s.l.) within the seven plots before installation of the field trial.

Variante	maximale Geländehöhe	minimale Geländehöhe	durchschnittliche Geländehöhe
V1	1,11	0,70	0,91
V2	1,12	0,75	0,94
V3	1,09	0,74	0,94
V4	1,10	0,79	0,95
V5	1,09	0,73	0,92
V6	1,11	0,73	0,92
V7	1,11	0,72	0,95

4.2 Stratigraphie und Bodenuntersuchungen

4.2.1 Methodik

Die stratigraphischen Ausgangsuntersuchungen wurden anhand von insgesamt 101 Bohrpunkten durchgeführt. Dabei wurden je 10 Bohrungen auf die Grenzen der zukünftigen Varianten gesetzt, um die nachfolgenden Untersuchungen nicht zu beeinflussen. Zur Bestimmung der Trockenrohdichte wurden 100 ml Proben bei 105 °C bis zur Gewichtskonstanz getrocknet (VDLUFÄ 1991). C- und N-Gehalte wurden mit einem Vario EL Analysator durchgeführt (Elementar Analysensysteme GmbH). Gesamt-P-Gehalte wurden mit dem Königswasseraufschluss bestimmt (VDLUFÄ 1991).

4.2.2 Ergebnisse und Diskussion

Die Untersuchungen zeigen eine Gesamtmächtigkeit des Moorkörpers von nahezu 3 m (Abb. 2) mit der typischen Abfolge: degradiertes Oberboden, Weißtorf, Schwarztorf und Niedermoor-torf. Der Oberboden wurde zudem mit Schluffen oder schluffigen Sanden „übergesandet“. Dies ist in der Region eine häufig anzutreffende Kultivierungsmaßnahme, die die ursprünglichen Moorstandorte stark verändert hat.

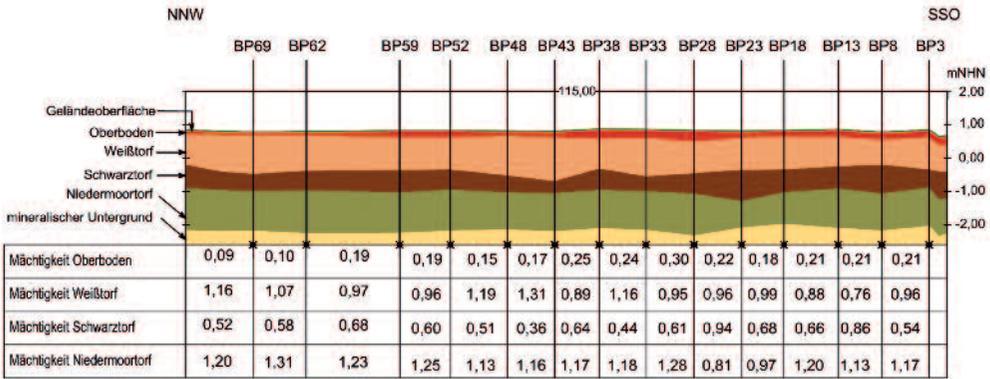


Abb. 2: Stratigraphischer Querschnitt (Länge 115 m) vor Einrichtung des Feldversuchs von Variante 7, Bohrpunkte (BP) 69 und 62 zu Variante 1, Bohrpunkte 8 und 3 (NW nach SO, s. Abb. 1). Alle Zahlenangaben in m. Stratigraphic cross-section (length of 115m) before installment of the field trial from plot 7 (BP 69 and 62) to plot 1 (BP 8 and 3) ranging from north-west to south-east through the study site (cf. Fig. 1). All numbers in m.

Das durch Torfmineralisation und Bioturbation entstehende Torf-Schluff-Gemisch der oberen 30 cm hat eine deutlich erhöhte Trockenrohddichte (Abb. 3) im Vergleich zu reinen Torfen. Dies führt dazu, dass – trotz geringerer Anteile organischer Substanz im Oberboden – die Boden-C-Vorräte dort am höchsten sind (Abb. 3). Der durch Oberbodenabtrag entfernte C-Vorrat wird in der C- und THG-Bilanzierung der Varianten Berücksichtigung finden.

Noch deutlicher als im C-Vorrat ist der Unterschied zwischen dem degradierten Oberboden und den darunterliegenden Weiß- und Schwarztorfschichten im N- und P-Vorrat zu erkennen (Abb. 3). Damit zeigt der Standort die typische Stratigraphie langjährig ent-

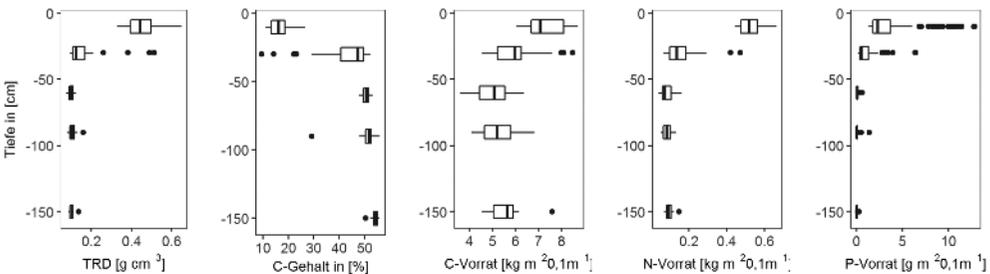


Abb. 3: Trockenrohddichte (TRD / $g\ cm^{-3}$), C-Gehalt (% der Trockenmasse) sowie Boden-C-, -N- ($kg\ m^{-2}\ 0,1\ m^{-1}$) und -P-Vorräte ($g\ m^{-1}\ 0,1\ m^{-1}$) bis in 1,5 m Tiefe der Versuchsfläche. Die Probenahme erfolgte auf der Nordwestseite der Varianten V1 bis V7 vor Versuchseinrichtung (s. Abb. 1). Dry bulk density (in $g\ cm^{-3}$), C content (in % of dry matter), and soil C, N (in $kg\ m^{-2}\ 0.1\ m^{-1}$), and P stock (in $g\ m^{-1}\ 0.1\ m^{-1}$) down to 1.5 m depth of the field trial. The sampling was carried out at the north-western edge of each plot (cf. Fig. 1).

wässerter, intensiv genutzter und degradierter Moore (SÄURICH et al. 2019). Daher können durch den Oberbodenabtrag von im Mittel 30 cm bereits ein Großteil der Nährstoffüberschüsse, die durch die langjährig intensive Landnutzung verursacht wurden, entfernt werden. Ausgenommen hiervon sind die ehemaligen Drainagestreifen der Varianten V4 und V5, in denen Oberbodenreste übriggeblieben sind und die einen Flächenanteil von etwa 20% einnehmen. Dennoch ist auch bei dieser Variante zu erwarten, dass hohe Nährstoffausträge nach der Wiedervernässung vermieden werden können (ZAK et al. 2018).

4.3 Vegetation vor Flächeneinrichtung

4.3.1 Methodik

Am 26.09.2016 wurden im Rahmen einer Begehung auf der gesamten Projektfläche Häufigkeit und Verteilung der Pflanzenarten sowie deren Deckung nach REICHELT & WILMANN (1973) mit der erweiterten BRAUN-BLANQUET-Skala bestimmt. Durch den späten Erfassungszeitpunkt im September und durch die teils abgefressene Grasnarbe ist es möglich, dass einige Arten nicht erfasst wurden und die Schätzung der Deckung mit gewissen Ungenauigkeiten behaftet war.

4.3.2 Ergebnisse und Diskussion

Insgesamt wurden 34 Pflanzenarten von Gefäßpflanzen und Kryptogamen auf der gesamten späteren Versuchsfläche nachgewiesen. Pflanzensoziologisch wurde das Grünland der Ordnung der Fett- oder Frischwiesen und -weiden sowie Vielschur-Rasen (*Arrhenatheretalia elatioris* R.Tx. 1931) und dem Verband der Fettweiden und Vielschur-Rasen (*Cynosurion cristati* R.Tx. 1947) zugeordnet (DIERSCHKE 1997). Das Grünland war jedoch pflanzensoziologisch als fragmentarisch zu bezeichnen. Auftretende Kennarten entstammten Nachsaaten bzw. hielten sich nur aufgrund regelmäßiger Düngung des ursprünglich nährstoffarmen Standorts. Flutrasenelemente leiteten zum Gänsefingerkraut-Flut- und Kriechrasen (*Lolio-Potentillion anserinae* Tx. 1947) über (DIERSCHKE 2012).

Außerhalb der Gruppen waren mit *Alopecurus pratensis* L., *Poa pratensis* L. oder *Lolium perenne* L. produktive Ober- und Mittelgräser, sowie mit *Trifolium repens* L. und *Ranunculus repens* L. krautige Arten des Intensivgrünlands vertreten. Einzelne Individuen von *Lolium multiflorum* Lam. und *Phleum pratense* L. zeugten von alten Nachsaaten vergangener Bewirtschaftungsjahre und lassen auf eine hohe Nährstoffversorgung des Oberbodens schließen (ELLENBERG & LEUSCHNER 2010). Neben diesen Arten prägten vor allem auch Arten des Extensivgrünlands wie *Agrostis capillaris* L. oder *Holcus lanatus* L. das Erscheinungsbild des Ausgangszustandes. Häufige und mehr oder weniger gleichmäßig verteilt auftretende Arten wie *Cardamine pratensis* L., *Cerastium holosteoides* Fr. und *Ranunculus acris* L. sowie vereinzelte Exemplare von *Anthoxanthum odoratum* L., *Festuca rubra* L., *Plantago lanceolata* L., *Rumex acetosa* L. und *Vicia cracca* L. vermitteln zum

Arteninventar des mesophilen Grünlands. Am Ostrand unterhalb des Zauns wurden *Potentilla erecta* (L.) Raeusch. sowie *Rumex acetosella* L. nachgewiesen. Beide Arten sind Magerkeitszeiger und weisen auf den eigentlich nährstoffarmen Hochmoorcharakter hin, auf dem Rest der Fläche fehlten diese jedoch.

Die Gruppen, die 1-4 m breite Geländesenken darstellen, wurden großflächig von Flutrasenarten, insbesondere von *Glyceria fluitans* (L.) R. Br.) besiedelt. Diese Art tritt typischerweise auf nassen, zeitweise überfluteten, mäßig bis sehr nährstoffreichen Böden auf. Im Südwesten der Untersuchungsfläche siedelten vereinzelte Exemplare von *Juncus articulatus* L. Diese Art tritt auf nassen oder periodisch überfluteten, mäßig nährstoffreichen Böden auf. Am Rand einer der Gruppen fand sich ein Bestand von *Carex x elytroides* Fr., die hinsichtlich ihrer Standortansprüche zwischen ihren Elternarten vermittelt und auf mäßig nährstoffreichen bis (mäßig) nährstoffarmen, nassen bis wechselfrischen Böden vorkommt. Vor allem rund um die Gruppen sowie am Nordostrand der Parzelle wurden Exemplare von *Juncus effusus* L. kartiert. Mit Ausnahme dieser Feuchte- und Nässezeiger waren innerhalb der Grünlandfläche keinerlei weitere Arten nässebetonter Lebensräume vorhanden. Einzig südlich angrenzend an die Grünlandfläche bildete *Phalaris arundinacea* L. mit Ruderalarten (insb. *Urtica dioica* L.) eine halbruderales Gras- und Staudenflur aus.

Darüber hinaus wurden auf der Fläche zwei Moosarten nachgewiesen. Hierbei handelte es sich zum einem um *Brachythecium rutabulum* (Hedw.) Schimp., das auf der gesamten Fläche verteilt außerhalb der Gruppen zu finden war und um *Rhytidiadelphus squarrosus* (Hedw.) Warnst., das vereinzelt und insbesondere am Ostrand des Feldversuchs aufgenommen wurde. Beide Moosarten zählen zu den landesweit häufigsten Moosarten. Das konkurrenzstarke *Brachythecium rutabulum* (Hedw.) Schimp. wächst vorzugsweise an frischen bis mäßig feuchten, mäßig nährstoffreichen Standorten (NEBEL & PHILIPPI 2001). *Rhytidiadelphus squarrosus* (Hedw.) Warnst. gedeiht vor allem an mäßig sauren, feuchten, lichten bis halbschattigen Stellen (MEINUNGER & SCHRÖDER 2007).

4.4 Diasporenpotential

4.4.1 Methodik

Das Diasporenpotential des Torfprofils wurde nach der Keimungsmethode ermittelt. Dafür wurden in den Varianten V1-V7 direkt nach Flächeneinrichtung und in unmittelbarer Nähe der Dauerquadrate Vegetation und THG (s. Abb. 1) Mischproben der obersten 0-40 cm mit dem Moorbohrer entnommen (600 ml Boden je Probe). Die Proben wurden in Laborschalen verteilt, regelmäßig mit Leitungswasser versorgt und die keimenden Individuen wurden monatlich bestimmt und gezählt. Die präsentierten Zahlen basieren auf den bis zum 31.12.2018 gekeimten Individuen.

4.4.2 Ergebnisse und Diskussion

Insgesamt wurden Diasporen von 18 Pflanzenarten im Torfprofil der Varianten V1-V7 nachgewiesen (Tab. 2). Die Gesamtindividuenzahl dieser Proben beläuft sich auf 1.241. Fast alle gezählten Individuen entstammen den Varianten V1-V3 (1.198) und damit dem Oberboden des Ausgangsgrünlands (Abb. 4). Die mit Abstand meisten Keimlinge gehörten zu *Juncus effusus* L. (905). In den Varianten V4 und V5, in denen der Oberboden im Mittel um ca. 30 cm abgetragen wurde, konnten nur noch vier Arten mit insgesamt 27 Individuen gezählt werden, wobei auch hier *Juncus* sp. fast die Hälfte ausmachte (12). Bei 60 cm Oberbodenabtrag waren die Zahlen ähnlich gering. Damit zeigt sich, dass Oberbodenabtrag eine extrem effektive Methode ist, die Diasporenbank des Wirtschaftsgrünlands zu entfernen und der *Juncus*-Problematik zu begegnen (BLANKENBURG 2015). Allerdings ist auch festzustellen, dass hochmoortypische Vegetation in (diesem) intensiv genutzten Moorgrünland nicht mehr vorhanden ist und daher eine eigenständige Neubesiedelung potenziell nur von außen (von noch intakten Hochmooren bzw. ihrer noch naturnahen Überreste) ausgehen kann. Dieser Zustand ist typisch für Hochmoorgrünland in Niedersachsen (RATH & BUCHWALD 2008). Außerdem wird deutlich, dass im Bereich der ehema-

Tab. 2: Artenliste basierend auf den bis zum 31.12.2018 gekeimten Individuen im Torfprofil aller Varianten V1-V7 nach Flächeneinrichtung (sortiert nach Stetigkeit). Feuchte- (F), Reaktions- (R) und Stickstoffzahl (N) nach ELLENBERG & LEUSCHNER (2010) sind angegeben, wenn Individuen bis auf Art-Ebene bestimmt wurden.

Species list based on plant individuals within the peat profile of the seven plots germinated until December 31, 2018 (sorted by abundance). Moisture (F), pH (R), and nutrient (N) indicators are given after ELLENBERG & LEUSCHNER (2010) where species were fully determined.

Wiss. Name	Absolute Stetigkeit	F	R	N
<i>Juncus</i> sp.	905	-	-	-
<i>Ranunculus repens</i>	130	7	x	7
<i>Carex</i> sp.	80	-	-	-
<i>Agrostis</i> sp.	36	-	-	-
<i>Salix</i> sp.	16	-	-	-
<i>Gnaphalium uliginosum</i>	13	7	4	4
<i>Trifolium repens</i>	13	5	6	6
<i>Cirsium arvense</i>	11	x	x	7
<i>Cardamine pratensis</i>	10	6	x	x
<i>Rumex</i> sp.	8	-	-	-
<i>Lotus pedunculatus</i>	6	8	6	4
<i>Veronica</i> sp.	5	-	-	-
<i>Epilobium</i> sp.	3	-	-	-
<i>Taraxacum officinale</i>	3	5	x	8
<i>Holcus</i> sp.	1	-	-	-
<i>Lysimachia nummularia</i>	1	6~	x	x
<i>Poa pratensis</i>	1	5	x	6

ligen Gruppen (V4 und V5), also bei einem mittleren Oberbodenabtrag von 30 cm, die Samen der Grünland-Vegetation in den Oberbodenresten erhalten bleiben und in Konkurrenz mit der moortypischen Vegetation treten.

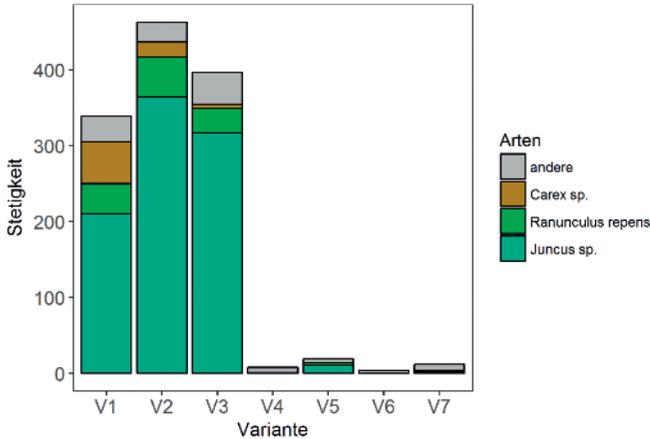


Abb. 4: Absolute Stetigkeit der bis zum 31.12.2018 gekeimten Individuen im Torfprofil der Varianten V1-V7. Gattungen/Arten mit weniger als 5% Anteil an der Gesamt-Individuenzahl sind unter „andere“ zusammengefasst.

Abundance of plant individuals within the peat profile of the seven plots germinated until December 31, 2018. Species with less than 5% share of the total number of individuals are summarised under "others".

5. Ausblick und Monitoring

Die in diesem Beitrag vorgestellten Untersuchungen zeigen, dass das gebietseigene Potenzial zur Wiederherstellung naturnaher Hochmoorvegetation sehr gering ist. Das liegt zum einen am Nährstoffreichtum und den veränderten bodenphysikalischen Eigenschaften des degradierten und übergesandeten Moores, zum anderen am Fehlen hochmoortypischer Vegetation und entsprechender Diasporen im Torfkörper.

Im Projekt „Optimoor“ werden mehrjährige Begleituntersuchungen zeigen, in welchen Varianten sich Initialstadien einer Hochmoorbiozönose einstellen bzw. welche Maßnahmen deren Etablierung begünstigen. Darüber hinaus wird erfasst, welche Maßnahmen die Minderung von THG-Emissionen aus entwässerten Mooren besonders begünstigen. In saisonalen, zweiwöchentlichen und permanenten Untersuchungen werden folgende Indikatoren erfasst (s. Abb. 1):

Saisonal: Vegetationsentwicklung anhand von räumlich zufällig gewählten Dauerquadraten (drei je Variante) sowie Transekt-Aufnahmen quer zur Beet-Gruppen-Struktur.

Saisonal: Entwicklung der Fauna anhand ausgewählter Gliederfüßergruppen mit hoher bioindikatorischer Relevanz (Webspinnen und Laufkäfer). Standardisierte Erfassung mit Bodenfallen (vier je Variante).

Saisonal: Wasserchemische Parameter (pH, Leitfähigkeit, Redoxpotential, gelöster Kohlenstoff, Nitrat, Ammonium und Phosphat) in drei bis fünf Moorwasserpegeln je Variante.

Saisonal: Die Entwicklung der Geländehöhe und Vegetation durch die Erstellung von hochauflösenden digitalen Oberflächenmodellen mithilfe von Drohnenbefliegungen.

Zweiwöchentlich: THG-Flüsse (CO_2 , CH_4 und N_2O) mithilfe der manuellen Haubenmethode (HOFFMANN et al. 2018).

Zweiwöchentlich: Wasserchemische Parameter (pH, Leitfähigkeit, Redoxpotential) in den Bewässerungsgräben der Varianten.

Permanent: Moorwasserstände über automatische Pegel und die für die CO_2 -Modellierung relevanten Umweltparameter photosynthetisch aktive Strahlung, sowie Lufttemperatur an einer eigenen Wetterstation (HUTH et al. 2017), sowie Bodentemperatur mit je einem automatischen Logger je Variante.

Permanent: Erfassung der eingespeisten Wassermengen durch je eine Wasseruhr am Einlauf jeder Variante.

Mit diesem Monitoring sollen im OptiMoor-Projekt folgende Forschungsfragen beantwortet werden:

Wie wirkt sich Oberbodenabtrag auf Biodiversität und THG-Bilanzen von landwirtschaftlich vorgemasteten Hochmooren aus?

Kann eine Funktion zwischen Abtragtiefe und Flächenentwicklung nach Vernässung (0-10 cm unter Flur) des ehemaligen Hochmoorgrünlandes ermittelt werden?

Wie wirkt sich Beimpfung mit hochmoortypischer Vegetation auf Biodiversität und THG-Bilanzen nach Wiedervernässung und Oberbodenabtrag von landwirtschaftlich vorgemasteten Hochmooren aus?

Aus den Ergebnissen des Monitorings soll unter Berücksichtigung von Erkenntnissen aus anderen Projekten ein Leitfaden für die Wiederherstellung von landwirtschaftlich vorgemasteten Hochmoorbiotopen abgeleitet werden. Dieser kann als Grundlage für großmaßstäbige Projekte dienen und Akteure, die für die Umsetzung von Moorschutzprojekten verantwortlich sind, bei der Auswahl von Maßnahmen unterstützen, die Hochmoorrestitutions nach intensiver Grünlandnutzung möglichst effektiv und zielführend zu gestalten.

6. Danksagung

Das Projekt „OptiMoor - Erprobung und Entwicklung der Optimierung von Hochmoor-sanierung auf landwirtschaftlich vorgezogenen Standorten zur Erhöhung von Biodiversität und Kohlenstoffspeicherung“ wird im Rahmen eines Erprobungs- und Entwicklungsvorhabens des Bundesamts für Naturschutz, einem Fördertitel des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit und im Rahmen des EFRE-Förderprogramms „Klimaschutz durch Moorentwicklung“ des Landes Niedersachsen gefördert (<https://www.optimoor.de>).

7. Literaturverzeichnis

- ANDERSEN, R., FARRELL, C., GRAF, M., MULLER, F., CALVAR, E., FRANKARD, P., CAPORN, S. & ANDERSON, P. (2017): An overview of the progress and challenges of peatland restoration in Western Europe. – *Restoration Ecology* **25**: 271-282.
- BLANKENBURG, J. (2015): Die landwirtschaftliche Nutzung von Mooren in Nordwestdeutschland. – *Telma Beiheft* **5**: 39-58.
- BROUNS, K., VERHOEVEN, J. T. A. & HEFTING, M. M. (2014): Short period of oxygenation releases latch on peat decomposition. – *Science of the Total Environment* **481**: 61-68.
- DIERSCHKE, H. (1997): *Arrhenatheretalia* (Wiesen und Weiden frischer Standorte). – *Synopsis der Pflanzengesellschaften* **3**: 74 S.
- DIERSCHKE, H. (2012): *Polygono-Potentilletalia anserinae* (Kriech- und Flutrasen). – *Synopsis der Pflanzengesellschaften* **11**: 104 S.
- ELLENBERG, H. & LEUSCHNER, C. (2010): *Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen in ökologischer, dynamischer und historischer Sicht*. – 6. Aufl., 1357 S; Stuttgart (Ulmer).
- EMSSENS, W.-J., AGGENBACH, C. J. S., SMOLDERS, A. J. P. & VAN DIGGELEN, R. (2015) Topsoil removal in degraded rich fens: Can we force an ecosystem reset? – *Ecological Engineering* **77**: 225-232.
- FINCK, P., HEINZE, S., RATHS, U., RIECKEN, U. & SSYMANK, A. (2017): Rote Liste der gefährdeten Biotoptypen Deutschlands: dritte fortgeschriebene Fassung 2017. – *Naturschutz und Biologische Vielfalt* **156**: 637 S.
- GRAF, M., BREDEMEIER, B., GROBE, A., KÖBBING, J. F., LEMMER, M., OESTMANN, J., RAMMES, D., REICH, M., SCHMILEWSKI, G., TIEMEYER, B. & ZOCH, L. (2017): Torfmooskultivierung auf Schwarztorf: ein neues Forschungsprojekt in Niedersachsen. – *Telma* **47**: 109-128.
- GÜNTHER, A., JURASINSKI, G., ALBRECHT, K., GAUDIG, G., KREBS, M. & GLATZEL, S. (2017/2018): Greenhouse gas balance of an establishing *Sphagnum* culture on a former bog grassland in Germany. – *Mires and Peat* **20**, Article 2: 1-16.

- HOFFMANN, M., PEHLE, N., HUTH, V., JURISCH, N., SOMMER, M. & AUGUSTIN, J. (2018): A simple method to assess the impact of sealing, headspace mixing and pressure vent on airtightness of manual closed chambers. – *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* **181**: 36-40.
- HÖPER, H. (2015): Treibhausgasemissionen aus Mooren und Möglichkeiten der Verringerung. – *Telma Beiheft* **5**: 133-158.
- HUTH, V., VAIDYA, S., HOFFMANN, M., JURISCH, N., GÜNTHER, A., GUNDLACH, L., HAGEMANN, U., ELSGAARD, L. & AUGUSTIN, J. (2017): Divergent NEE balances from manual-chamber CO₂ fluxes linked to different measurement and gap-filling strategies: A source for uncertainty of estimated terrestrial C sources and sinks? – *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* **180**: 302-315.
- JOOSTEN, H. (2012): Zustand und Perspektiven der Moore weltweit. – *Natur und Landschaft* **87**: 50-55.
- JOOSTEN, H. (2015): Peatlands, climate change mitigation and biodiversity conservation: An issue brief on the importance of peatlands for carbon and biodiversity conservation and the role of drained peatlands as greenhouse gas emission hotspots. – Policy brief. Nordic Council of Ministers, Kopenhagen, Dänemark, 17 S.
- KOMULAINEN, V.-M., TUUTTILA, E.-S., VASANDER, H. & LAINE, J. (1999): Restoration of drained peatlands in southern Finland: Initial effects on vegetation change and CO₂ balance. – *Journal of Applied Ecology* **36**: 634-648.
- MEINUNGER, L. & SCHRÖDER, W. (2007): Verbreitungsatlas der Moose Deutschlands. – *Regensburgische Botanische Gesellschaft*, Bd. **2** u. **3**; Regensburg.
- MILLER, R.L. (2011): Carbon gas fluxes in re-established wetlands on organic soils differ relative to plant community and hydrology. – *Wetlands* **31**: 1055-1066.
- NEBEL, M. & PHILIPPI, G. (2001): Die Moose Baden-Württembergs. Band 2: Spezieller Teil (Bryophytina II, Schistostegales bis Hypnobryales). – 529 S.; Stuttgart.
- NUGENT, K. A., STRACHAN, I. B., STRACK, M., ROULET, N. T. & ROCHEFORT, L. (2018): Multi-year net ecosystem carbon balance of a restored peatland reveals a return to carbon sink. *Global Change Biology*: 10.1111/gcb.14449.
- QUINTY, F. & ROCHEFORT, L. (2003): Peatland restoration guide, 2nd ed. Canadian Sphagnum Peat Moss Association and New Brunswick Department of Natural Resources and Energy, Quebec, Canada, 106 S.
- RASRAN, L., VOGT, K. & JENSEN, K. (2007): Effects of topsoil removal, seed transfer with plant material and moderate grazing on restoration of riparian fen grasslands. – *Applied Vegetation Science* **10**: 451-460.
- RATH, A. & BUCHWALD, R. (2008): Beitrag der Diasporenbank zur Wiederherstellung artenreichen Hochmoor-Grünlandes. In: DENGLER, J., DOLNIK C. & TREPPEL M. (Hrsg.) *Flora, Vegetation und Naturschutz zwischen Schleswig-Holstein und Südamerika – Festschrift für Klaus Dierßen zum 60. Geburtstag*. – *Mitt. Arbeitsgem. Geobot. Schleswig-Holstein, Hamburg, Kiel*, **65**: 167-184.

- REICHELT, G. & WILMANN, O. (1973): *Vegetationsgeographie*. – Braunschweig, 210 S.
- RENOU-WILSON, F., WILSON, D., RIGNEY, C., BYRNE, K., FARREL, C. & MÜLLER, C. (2018): Network monitoring rewetted and restored peatlands/organic soils for climate and biodiversity benefits (NEROS), Wexford, Ireland, 56 S.
- SÄURICH, A., TIEMEYER, B., DETTMANN, U. & DON, A. (2019): How do sand addition, soil moisture and nutrient status influence greenhouse gas fluxes from drained organic soils? – *Soil Biology and Biochemistry* **135**: 71-84.
- TIEMEYER, B., ALBIAC BORRAZ, E., AUGUSTIN, J., BECHTOLD, M., BEETZ, S., BEYER, C., DRÖSLER, M., EICKENSCHIEDT, T., EBELI, M., FIEDLER, S., FÖRSTER, C., FREIBAUER, A., GIEBELS, M., GLATZEL, S., HEINICHEN, J., HOFFMANN, M., HÖPER, H., JURASINSKI, G., LEIBER-SAUHEITL, K., PEICHL-BRAK, M., ROSSKOPF, N., SOMMER, M. & ZEITZ, J. (2016): High emissions of greenhouse gases from grasslands on peat and other organic soils. – *Global Change Biology* **22**: 4134-4149.
- UMWELTBUNDESAMT (2019): Hintergrundbelastungsdaten Stickstoff. Interaktiver Kartendienst. – Online abgerufen am 05.03.2019 via <https://gis.uba.de/website/depo/>.
- VDLUFA (1991): *Methodenbuch Band I Böden*, VDLUFA-Verlag Darmstadt, 1655 S.
- VERHOEVEN, J. T. A. (2014): Wetlands in Europe: Perspectives for restoration of a lost paradise. – *Ecological Engineering* **66**: 6-9.
- ZAK, D., GOLDDHAMMER, T., CABEZAS, A., GELBRECHT, J., GURKE, R., WAGNER, C., REUTER, H., AUGUSTIN, J., KLIMKOWSKA, A. & MCINNES, R. (2018): Top soil removal reduces water pollution from phosphorus and dissolved organic matter and lowers methane emissions from rewetted peatlands. – *Journal of Applied Ecology* **55**: 311-320.
- ZAK, D., WAGNER, C., PAYER, B., AUGUSTIN, J. & GELBRECHT, J. (2010): Phosphorus mobilization in rewetted fens: the effect of altered peat properties and implications for their restoration. – *Ecological Applications* **20**: 1336-1349.

Anschriften der Verfasser:

Korrespondierender Autor: Dr. V. Huth

Dr. V. Huth, Dr. A. Günther, Dr. G. Jurasinski
 Universität Rostock
 Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät
 Landschaftsökologie und Standortkunde
 Justus-von-Liebig Weg 6
 D-18059 Rostock
 E-Mail: vytas.huth@uni-rostock.de

A. Bartel
Europäisches Fachzentrum Moor und Klima GmbH
Auf dem Sande 11
D-49419 Wagenfeld-Ströhen

S. Heinze, Dr. K. Ullrich
Bundesamt für Naturschutz
Fachgebiet Biotopschutz und Biotopmanagement, Nationales Naturerbe
Konstantinstraße 110
D-53179 Bonn

B. Hofer, E. Rosinski, J. Rudolph
Hofer & Pautz GbR Ingenieurgesellschaft für Ökologie Umweltschutz
und Landschaftsplanung
Buchenallee 18
D-48341 Altenberge

Dr. N. Jantz
Technische Hochschule Ostwestfalen-Lippe
Campusallee 12
D-32657 Lemgo

Dr. H.-B. Schikora
Ökologische Station Oste-Region
Am Vorwerk 10
D-27432 Bremervörde

Dr. H.-P. Söchting
Julius Kühn-Institut
Messeweg 11/12
D-38104 Braunschweig

Manuskript eingegangen am 22. August 2019

