

Grünlandbewirtschaftung grundwasserbeeinflusster Böden Brandenburgs – Möglichkeiten und Grenzen

präsentiert von:



Evelyn Wallor, Janine Dzialek, Jutta Zeitz

Humboldt-Universität zu Berlin
Landwirtschaftlich-Gärtnerische Fakultät
Fachgebiet Bodenkunde und Standortlehre



Zusammenfassung

Landwirtschaftlich genutzte Gleye, Anmoore und Niedermoore unterliegen aufgrund von Entwässerung und Nutzung einer sekundären Bodenbildung. Während dieses Prozesses kommt es zu irreversiblen Veränderungen der Standorte, die sich nachteilig auf die landwirtschaftliche Produktion auswirken können. Je nach Prozessintensität bilden sich unterschiedliche Standortverhältnisse aus, und natürliche Bodenfunktionen wie z.B. die Speicher- und Regulationsfunktion für Kohlenstoff und Wasser gehen verloren. In Brandenburg bedecken hydromorphe Böden ca. 44% der Landesfläche (BÜK 300). Sie werden hauptsächlich als Grünland genutzt und dienen der Produktion von Milch und Fleisch. Regionale Klimaprojektionen heben die Bedeutung dieser Böden aufgrund ihrer regulativen Eigenschaft im Kohlenstoff- und Wasserhaushalt hervor. Besonders betroffen sind sie durch zukünftig zu erwartende Wechsel der Bodenfeuchtigkeit aufgrund projizierter Starkregenereignisse während der Vegetationsperiode. Dies kann in Verbindung mit steigenden Jahresmitteltemperaturen zu verstärkten Umsetzungs- und Mineralisierungsprozessen der organischen Bodensubstanz führen und die Kohlenstoffemissionen aus diesen Böden erhöhen. Die resultierenden Veränderungen für den Boden- und Naturschutz sowie die landwirtschaftliche Produktion erfordern eine partizipative Erarbeitung von Lösungen. In Kooperation mit regionalen Praxispartnern wurde auf repräsentativen Grünlandflächen eine umfangreiche IST-Analyse der Standortfaktoren Boden, Wasser und Vegetation durchgeführt. Basierend auf aktuellen Ergebnissen konnten zehn Standortnutzungsgruppen identifiziert werden. Für jede Gruppe wurde der Einfluss regionaler Klimaänderungen mittels Impactmodellierung geprüft. Kombiniert mit errechneten Wertschöpfungsketten konnten nachhaltige Anpassungsstrategien definiert werden. Als Ergebnis liegt die Informationsplattform www.hydbos.de vor. Die Jahreserträge der durch Entwässerung und intensive Nutzung stark veränderten Niedermoorböden unterliegen starken Schwankungen. Der Grad der Bodenveränderung korreliert stark mit der Grundwasserdynamik. Die Impactmodellierung bestätigt eine erhöhte Vulnerabilität hydromorpher Böden gegenüber regionalen Klimaänderungen. Die Ergebnisse der betriebswirtschaftlichen Berechnungen machen deutlich, dass unter dem Aspekt des Bodenschutzes eine Anpassung der Förderinstrumentarien im Bereich Grünlandbewirtschaftung auf grundwasserbeeinflussten, kohlenstoffreichen Standorten unerlässlich ist.

Das Projekt HYDBOS ist Teil des vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderten Forschungsverbundes Innovationsnetzwerk Klimaanpassung Brandenburg Berlin (INKA BB).

Einleitung

Zu den grundwasserbeeinflussten Böden gehören Gleye, Anmoore und Niedermoore. Sie alle akkumulieren aufgrund mangelnder Belüftung vergleichsweise hohe Mengen organischer Substanz (OS). Zum Beispiel können Moorgleye und Niedermoore über 30% OS im Oberboden speichern, wobei dieses kohlenstoffreiche Substrat dann als Torf bezeichnet wird. In Brandenburg bedecken hydromorphe Böden insgesamt 44% der Landesfläche (BÜK 300). Sie werden größtenteils landwirtschaftlich genutzt. Im Vordergrund steht der Anbau von Futtergräsern auf Grünland zur Erzeugung von Milch und Fleisch (Abbildung 1).



Abbildung 1: Intensive Grünlandnutzung in der Milchproduktion (Foto: Luise König)

Eine weitere Produktionsrichtung ist die Verwendung geeigneter Grasbestände zur Gewinnung von Vergärungsenergie (Biogas). Jegliche traditionelle Landnutzung hydromorpher Böden erfordert eine mehr oder weniger starke Entwässerung dieser Standorte. Als Folge wird Kohlendioxid in die Atmosphäre freigesetzt, der Boden sackt ab und verdichtet, und wichtige chemische und physikalische Bodeneigenschaften gehen verloren. Im Laufe der Zeit und in Abhängigkeit von der Entstehungsgeschichte des Bodens können diese Prozesse zum Verlust des (Moor)bodens führen. Seit Intensivierung der Moornutzung durch Hydromelioration (ab ca. 1965) steht die landwirtschaftliche Nutzung dieser besonderen Standorte im Vordergrund. Eine zunehmende Degradierung intensiv genutzter Moorstandorte in Folge von Grundwasserabsenkungen bis zu 80 Zentimeter unter Flur kann seit 1975 beobachtet werden (Succow 2001). Auf stark degradierten Standorten wird der kapillare Aufstieg aus dem Grundwasser durch oberflächennahe, aggregierte Moorbodenhorizonte gehemmt. Das Wasser kann die Wurzeln der Gräser nicht erreichen und die flachwurzelnden Grasbestände vertrocknen. Das hat - vor allem in niederschlagsarmen Sommern - negative Auswirkungen auf die Produktivität grundwasserbeeinflusster Standorte und fördert die Etablierung tiefwurzelnder und unproduktiver Krautbestände. Gleichzeitig behindern sekundär entstandene Moorbodenhorizonte die Infiltration von Niederschlägen, was zu einer eingeschränkten Befahrbarkeit und somit zu Ertragseinbußen führen kann. Das gilt vor allem für Starkregenereignisse innerhalb der Vegetationsperiode.

Zielstellung

Die Abschätzung von durch einen potentiellen regionalen Klimawandel hervorgerufenen Gefährdungen für grundwasserbeeinflusste Standorte und ihre Funktionalität ist ein wesentlicher Bestandteil der Untersuchungen im Projekt HYDBOS.

Die standörtliche Diversität sowie die vielfältigen Kombinationsmöglichkeiten aus Entwässerungs- und Nutzungsintensität führen zu unterschiedlich stark ausgeprägten Bodenveränderungen. Als Folge stellt sich in der Regel eine standortspezifische Vegetationszusammensetzung ein, die wiederum die landwirtschaftliche Produktivität beeinflusst. Für die betroffenen Landnutzer und landwirtschaftlichen Berater ist es dringend erforderlich aktuelle Informationen zu diesen Zusammenhängen im Wirkungskomplex Boden, Wasser und Vegetation abrufen zu können. Die im HYDBOS-Projekt erarbeiteten Ergebnisse wurden für die Praxisakteure so aufbereitet, dass die abgeleiteten Handlungsoptionen begründete und umsetzbare Anpassungsstrategien beinhalten. Es entstand das webbasierte Beratungsinstrument www.hydbos.de für die Nutzung und den Schutz hydromorpher Böden. Durch eine objektive und transparente Argumentation und einen aktiven Wissenstransfer soll das bestehende Konfliktpotential in der gegenwärtigen Diskussion über zukünftige Landnutzungsstrategien für hydromorphe Böden zwischen den Akteuren Landwirtschaft, Naturschutz, Klimaschutz und Gewässerschutz nachhaltig reduziert werden. Die Wissensplattform ist ab Februar 2014 frei verfügbar und wird laufend aktualisiert.

Vorgehensweise

Flächenauswahl

Die Auswahl der Untersuchungsflächen fand in Zusammenarbeit mit dem Landesamt für Ländliche Entwicklung, Landwirtschaft und Flurneuordnung (LELF) und den Projektpartnern aus der landwirtschaftlichen Praxis in den Planungsregionen Uckermark-Barnim und Lausitz-Spreewald statt. Es wurde darauf geachtet, dass die Flächen insgesamt einen Gradienten im Kohlenstoffgehalt und bezüglich der Nutzungsintensität aufwiesen. Die am Projekt beteiligten Milchviehbetriebe, welche ihre Flächen größtenteils bzw. ausschließlich intensiv nutzen, haben insbesondere solche Flächen zu Verfügung gestellt, auf denen es vermehrt zu Bewirtschaftungsproblemen kommt. Das wirkt sich selbstverständlich auf die Untersuchungsergebnisse aus, ist aber besonders wichtig im Hinblick auf die Ableitung nachhaltiger Handlungsoptionen für die Bewirtschaftung hydromorpher Böden. Die im folgenden Kapitel dargestellten Methoden sind auf insgesamt 20 Einzelflächen durchgeführt worden.

Methoden

Untersuchungsgegenstand	Methode
Boden	Bodenkartierung nach KA5 (Ad-hoc-AG Boden 2005) entlang eines an die Fläche angepassten Transekts, Beprobung von mindestens einem Leitbodenprofil je Untersuchungsfläche, horizontweise Untersuchung ausgewählter chemischer und physikalischer Bodenparameter
Wasser	Installation von Grundwasserrohren entlang eines an die Landschaftsverhältnisse angepassten Transekts (insg. 15 Rohre in 6 Flächen), Ablesen der Grundwasserstände alle zwei bis drei Wochen innerhalb der Vegetationsperiode (April bis Oktober), wechselnde Installation von Data-Loggern für Niederschlag und Grundwasser für einen Messzeitraum je Fläche von mindestens einem Jahr im Zeitraum 2010 bis 2013
Vegetation	Vegetationskartierung nach Braun-Blanquet (1964) sowie nach Klapp/Stählin (Klapp, Stählin 1936) entlang eines an die Fläche angepassten Transekts bzw. entlang des Grundwassergradienten, Bestimmung der De-

	ckungsgrade [%] sowie der Ertragsanteile [%]
Ertragsparameter	Probeernte im Jahr 2011 innerhalb der kartierten Vegetationspunkte zum tatsächlichen Erntezeitpunkt, Bestimmung der Frischmasse vor Ort, auf Flächen mit mehr als zwei Nutzungen pro Jahr Kalkulation der Jahreserträge nach entsprechender Empfehlung der Datensammlung Brandenburg (Hanff et al. 2010), Untersuchung ausgewählter Pflanzeninhaltsstoffe je Probe
Klimaimpact	Eingabe der errechneten Klimadaten aus den modellierten Klimaszenarien 0°C und 2°C Temperaturanstieg bis 2060 für die angrenzenden Wetterstationen (Gartz, Prenzlau, Eberswalde, Burg) in das ausgewählte Impactmodell <i>Peatland Management Decision Support System</i> (Knieß 2007) je Leitbodenprofil, Darstellung der potentiellen Freisetzung von CO ₂ -Kohlenstoff sowie der potentiellen Sackung je Standort-Nutzungsgruppe bis in das Jahr 2030, der Basisdatensatz stammt aus dem Referenzzeitraum 1951 bis 2006, das verwendete Modell STAR II ist ein statistisches Regionalmodell (Orlowsky et al. 2008)

Datenauswertung und Datenverknüpfung

Um flächenspezifische oder schlaggenaue Aussagen treffen zu können, wurden die horizontal auf einer Fläche erfassten Daten (Vegetation, Ertragsparameter) gemittelt und mit den ebenfalls gemittelten vertikal erfassten Daten (Boden, Wasser) verknüpft. Auf diese Weise ist aus 26 Bodenprofilen und 67 Vegetationsaufnahmen ein Datensatz entstanden, der 20 Flächen mit jeweils 28 Parametern bzw. Eigenschaften charakterisiert. Auf Basis der Vegetationsaufnahmen konnten mittels ungewichteter Clusteranalyse nach van der Maarel (1979) die 10 Standort-Nutzungsgruppen in HYDBOS ausgewiesen werden (siehe Tabelle 1). Desweiteren wurden die üblichen statistischen Verfahren der multiplen Regression metrisch skalierteter Merkmale angewandt.

Ergebnisse

Zustandserhebung hydromorpher Böden Brandenburgs

Alle untersuchten Standorte sind durch sekundäre Bodenbildungsprozesse gekennzeichnet, wobei die Degradierung der intensiv genutzten und stark entwässerten Böden deutlicher ausgeprägt ist, als bei den anderen Nutzungsformen. Ersichtlich wird dies in der Ausprägung, Abfolge und Mächtigkeit der einzelnen Bodenhorizonte (siehe Abbildung 2). Die gezeigten Beispielstandorte lassen sich in das neue, differenzierte Klassifikationssystem für grundwasserbeeinflusste Böden unter Grünlandnutzung einordnen und repräsentieren die Eigenschaften einer Standort-Nutzungsgruppe.

Tabelle 1: Klassifizierte Standort-Nutzungsgruppen in HYDBOS

Hauptgruppe	Nutzungs- häufigkeit/ Jahr	Standort-Nutzungsgruppe
Intensivgrünland (IGL)	3-4	(1) IGL auf Gleyen und Anmooren (2) IGL auf tiefem Niedermoor (3) IGL auf flachem Niedermoor
Feuchtweiden	2-3	(4) Feuchtweiden auf Gleyen und Anmooren (5) Feuchtweiden auf Niedermoor, altes Saatgrasland (Weidelgräser)
Feuchtweiden	1-2	(6) Feuchtweiden auf Niedermoor, Großseggengeprägt (max. 25%) (7) Feuchtweiden auf Niedermoor, Großseggendominanz (max. 50%)
Feuchtwiesen	2	(8) Feuchtwiesen auf Niedermoor
Nasswiesen	1	(9) Nasswiesen auf Niedermoor, Reines Großseggenried (10) Nasswiesen auf Niedermoor, Mischbestand mit Röhrichten

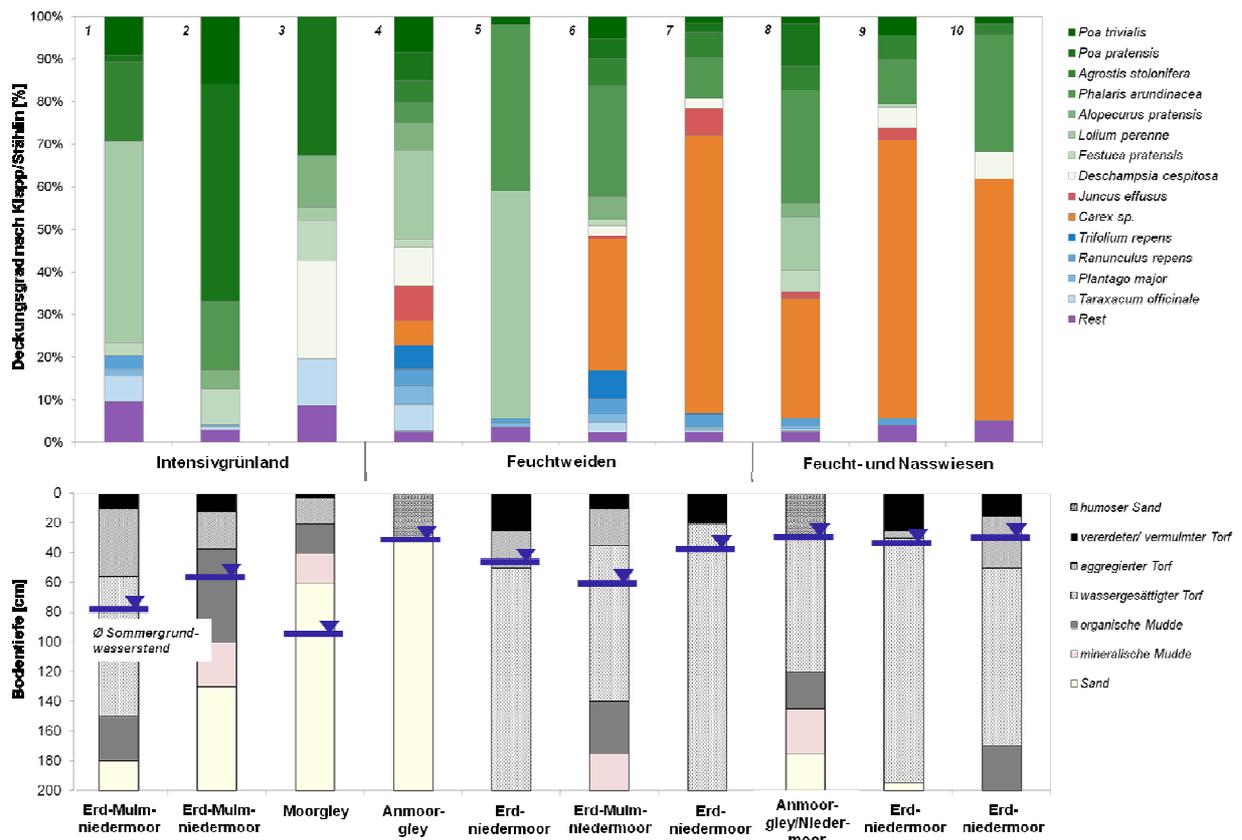


Abbildung 2: Boden- und Wasserverhältnisse sowie die Vegetationszusammensetzung von zehn untersuchten Beispielstandorten der Hauptgruppen Intensivgrünland, Feuchtweiden, Feuchtwiesen und Nasswiesen

Die Moormächtigkeit der Standorte ist unterschiedlich und hängt von der jeweiligen Entstehungsgeschichte ab. Im Hinblick auf eine nachhaltige Bewirtschaftung spielt sie jedoch eine zentrale Rolle: tiefgründige Niedermoo-re verlieren infolge sukzessiver Entwässerung stärker an Mächtigkeit und haben längere Zeit noch frische orga-

nische Substanz für den Mineralisierungsprozess. Der aktuelle Bodenzustand der gezeigten Standorte 1 bis 10 wird bestimmt von der jeweiligen Grundwasserdynamik. Anhand des mittleren Sommergrundwasserstandes lässt sich dieser Zusammenhang mit Hilfe eines Beispiels sehr gut verdeutlichen.

Beispielstandort Nr. 1 der Standort-Nutzungsgruppe IGL auf tiefem Niedermoor (vgl. Abbildung 2)

Der für die Entwicklung des Moorbodens repräsentative Ø Sommergrundwasserstand liegt bei etwa 80 cm unter Flur und zeigt einen geringen Schwankungsbereich. Abzüglich des Kapillarsaums ergibt sich eine langfristige Belüftung der oberen 60 bis 70 cm. Daher haben sich ein vermulmter Oberbodenhorizont und ein mächtiger aggregierter Unterbodenhorizont ausgebildet. Langfristig kann es hier zu Bewirtschaftungsproblemen kommen, da der vermulmte Oberboden wasserabweisend wirkt und leicht verschlämmt. Eine Verdichtung des Unterbodens hemmt den Wasseraustausch in beide Richtungen.

Die Intensität der Bodenentwicklung in Abhängigkeit von der Entwässerungs- und Bewirtschaftungsintensität wird außerdem durch eine Abnahme des organischen Kohlenstoffgehalts und einen Anstieg der Trockenrohdichte gekennzeichnet (siehe Abbildung 3).

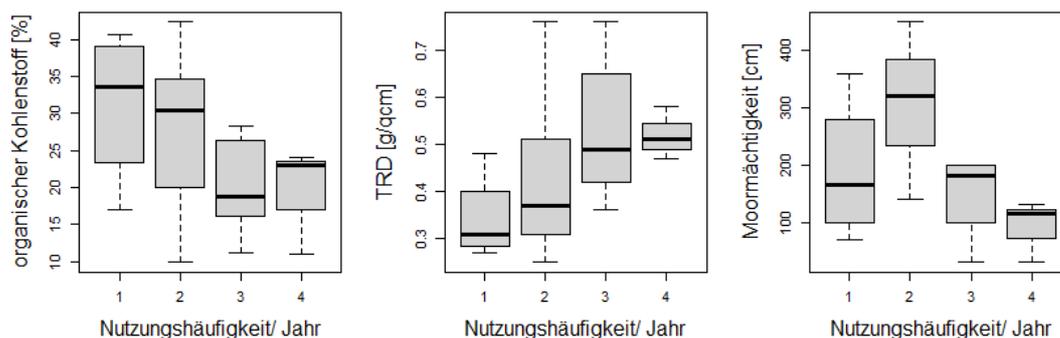


Abbildung 3: Ausgewählte Bodenparameter der oberen 30 cm aller untersuchten Bodenprofile (n=26) in Abhängigkeit von der jährlichen Nutzungshäufigkeit

Die zum Teil große Spanne der Werte resultiert aus der Vielfalt der untersuchten Bodentypen. Gleye und Anmoore haben bereits originär geringere Kohlenstoffgehalte als Niedermoorböden. Außerdem ist auf ursprünglich geringmächtigen Niedermoorböden (< 100 cm Moormächtigkeit) sowie auf Gleyen und Anmooren die jährliche Nutzungsfrequenz höher als auf tiefgründigen Niedermoorstandorten. Es ist zu beachten, dass hier eine Wechselwirkung besteht: die Landnutzungsgeschichte der geringmächtigen Niedermoorbereiche, die häufig in den Randbereichen der Niederungen zu finden sind, ist länger. Das heißt, anthropogen bedingte Bodenbildungsprozesse laufen schon viel länger ab als in den zentralen, tiefgründigen Niederungsbereichen. Gleichzeitig bedingen diese Prozesse aber eine weitere Abnahme der Moormächtigkeit.

Aus diesem Grund liefert die Informationsplattform www.hydbos.de bodentypspezifische Ergebnisse zu jeder Hauptgruppe (Intensivgrünland, Feuchtweiden, Feuchtwiesen und Nasswiesen). Der Einfluss der Bodeneigenschaften nimmt mit steigenden Grundwasserständen jedoch ab. Die Vegetationszusammensetzung wird dann zunehmend durch die Wasserverhältnisse bestimmt. Dieser Sachverhalt kann anhand der in Abbildung 2 dargestellten Ergebnisse nachvollzogen werden: der Anteil der Süßgräser nimmt mit steigendem mittlerem Sommergrundwasserstand ab. Stattdessen werden die entsprechenden Flächen von *Carex sp.*, *Phalaris arundinacea* und *Phragmites australis* dominiert. Vor allem auf den intensiv genutzten Standorten mit vergleichsweise niedrigen

Grundwasserständen finden sich typische Arten des Saatgraslandes wie beispielsweise *Lolium perenne*, *Poa pratensis* und *Poa trivialis*. Feuchtweiden und Intensivgrünland sind durch einen erhöhten Besatz verschiedener Kräuter charakterisiert. Während es auf den Feuchtweiden zu einer nutzungsbedingten Etablierung von *Juncus effusus* kommen kann, können sich auf stickstoffgedüngten, stark degradierten Standorten des Intensivgrünlandes inselartige Strukturen mit einem Besatz an *Urtica dioica*, *Cirsium arvense* und *Elymus repens* ausbilden. Hierbei handelt es sich entweder um nitrophile oder tiefwurzelnde Arten, welche gegenüber den Süßgräsern in Konkurrenz bezüglich der Stickstoff- und/oder Wasserversorgung stehen. Typisch für diese Problematik ist der Beispielstandort Nr. 3 (siehe Abbildung 2). Die dort erfassten tiefen Wasserstände ermöglichen es den Gräsern nicht, sich ausreichend mit Wasser zu versorgen. Zusätzlich zur Stickstoffdüngung, wie sie auf intensiv genutzten Standorten üblich ist, kommt ein nicht quantifizierbarer Stickstoffpool aus der Mineralisierung der verbleibenden organischen Substanz. Die Etablierung solcher Pflanzenbestände wirkt ertragsminimierend und erhöht den Pflegebedarf auf diesen Flächen. Für diese Flächen ist zu prüfen, ob die Futtergewinnung für die Milchproduktion noch eine effiziente Nutzung mehr darstellt. Abbildung 4 zeigt die dazugehörigen Ertragsspannen und Energiegehalte der geernteten Jahreserträge 2011 je Hauptgruppe.

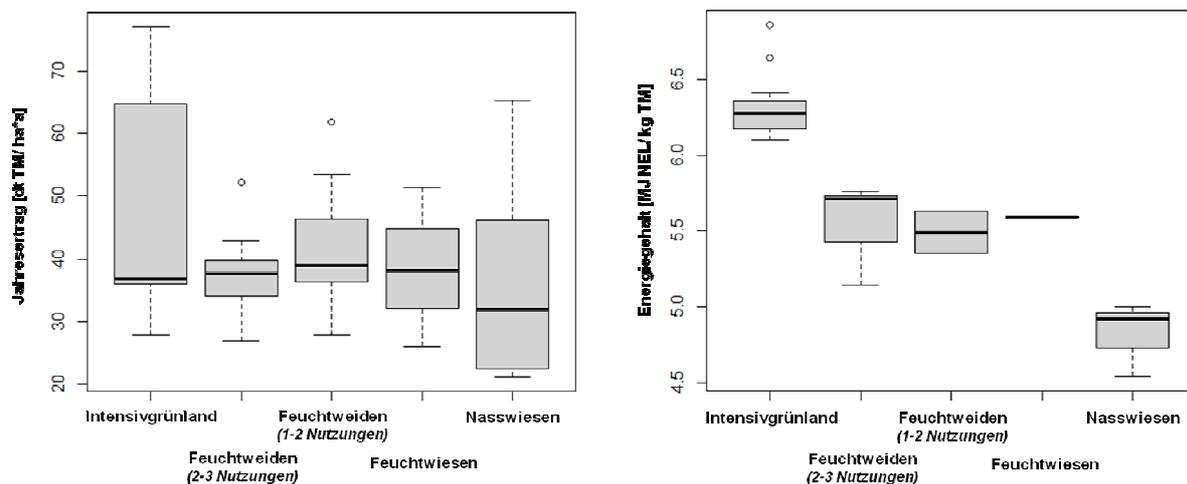


Abbildung 4: Ertragsspannen und Energiegehalte des Jahres 2011 (n=1 bis 12)

Insgesamt zeigen die Untersuchungsflächen eine breite Spanne der Jahreserträge 2011. Dies lässt sich unter anderem anhand der unterschiedlichen Pflanzenbestände der Flächen erklären: die Biomasse von *Phalaris arundinacea* bringt beispielsweise einen höheren Ertrag als die Biomasse von *Lolium perenne*. Betrachtet man die Mediane, so entsprechen die Jahreserträge und Energiegehalte der extensiv bewirtschafteten Flächen den Angaben aus der Datensammlung Brandenburg (Hanff et al. 2010); hier wird kein zusätzlicher Stickstoff gedüngt und die Nutzungshäufigkeit ist geringer, so dass die Pflanzenbestände in der Regel bereits höhere Rohfasergehalte zeigen, wenn sie das erste Mal geschnitten oder beweidet werden. Die Energiegehalte in der Hauptgruppe Intensivgrünland liegen aufgrund der Stickstoffdüngung, der erhöhten Nutzungsfrequenz und der etablierten Saatgrasbestände höher. Die Ertragspanne ist ebenfalls auf die entsprechenden Pflanzenbestände zurückzuführen (siehe Abbildung 2). Beispielsweise handelt es sich bei *Poa pratensis* um einen ausdauernde Art, die einen dichten Rasen bildet, aber nicht hochwüchsig ist. Deckungsgrade von bis zu 30 Prozent sind wünschenswert und erhöhen die Befahrbarkeit der Flächen. Ein Besatz mit mehr als 50 Prozent kann allerdings dazu führen, dass die angestrebten Erträge des Intensivgrünlandes dauerhaft nicht erreicht werden. Diese liegen in der Regel bei 90

Dezitonnen pro Hektar und Jahr (Ertragsklasse I für Intensivgrünland in Brandenburg nach Hanff et al. 2010). Das im Jahr 2011 maximal erfasste Ertragsniveau des Intensivgrünlands auf den grundwasserbeeinflussten Böden der HYDBOS-Flächen lag bei 77 Dezitonnen pro Hektar. Eine mögliche Ursache für diese Differenz könnten die phasenweise hohen Grundwasserständen während des Sommers 2011 gewesen sein (siehe Abbildung 5), hervorgerufen durch Starkniederschläge in den Monaten Juni und Juli.

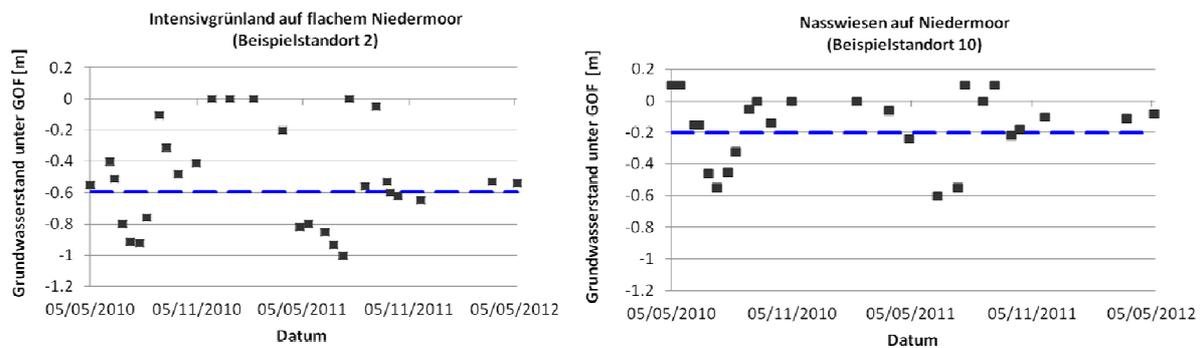


Abbildung 5: Grundwasserdynamik der Beispielstandorte 2 und 10, Randowbruch 2011

Die Produktivität der untersuchten Flächen des Intensivgrünlandes ist gegenüber Witterungsbedingungen also extrem anfällig. Das Risiko einer kurzfristigen Ertragsminderung infolge von Starkniederschlägen während der Vegetationsperiode ist hier besonders hoch: häufig kann das Regenwasser nicht schnell genug in den Boden infiltrieren oder wird durch verdichtete Moorboden- und Muddehorizonte gestaut. Die jeweiligen Flächen bleiben vernässt und sind zum eigentlichen Erntezeitpunkt nicht befahrbar. Die beobachtete Bodendegradierung dieser Flächen kann außerdem zu einer langfristigen Ertragsminderung infolge der Etablierung unproduktiver Pflanzenbestände führen (z.B. *Urtica dioica*). In jedem Fall erhöhen sich die Kosten zusätzlicher Pflegemaßnahmen für den Erhalt eines produktiven Pflanzenbestandes auf diesen Flächen. Diese müssen in Relation zu den erwirtschafteten Erträgen gesetzt werden. Ohne eine zweiseitige Wasserregulierung bei gleichzeitigem Anheben des Grundwasserniveaus generell verursachen diese Flächen zum jetzigen Zeitpunkt die höchsten CO₂-Emissionen.

Klimaimpact

In Folge des projizierten Klimawandels werden die geschilderten Zusammenhänge zwischen Nutzung, Grundwasser, Bodenentwicklung und Pflanzengesellschaft weiter verstärkt. Die durchgeführten Impactmodellierungen zeigen einen Anstieg der CO₂-Freisetzung aus diesen Böden im Zusammenhang mit einem regionalspezifischen Anstieg der Jahresmitteltemperatur bei gleichbleibender Grundwasserdynamik. Zusätzlich zu ihrer allgemein anerkannten Klimaschutzwirkung (Joosten 2011, UNFCCC 2007, IPCC 2007) sollen grundwasserbeeinflusste Böden zukünftig auch als Retentionsräume für Wasser dienen. Inklusiv der Freisetzung von CO₂ aus dem Abbau der Kohlenstoffvorräte organischer Böden erhöht sich der Anteil der Landwirtschaft an der Treibhausgasemission in Deutschland auf 14 Prozent (Dämmgen und Flessa 2009). Die Bedeutung nachhaltiger Landnutzungsstrategien für grundwasserbeeinflusste (Niedermoor)Standorte wird unter dem Aspekt der sekundären Bodenveränderung nochmals hervorgehoben: es gibt einen bislang nicht abschätzbaren Flächenpool stark degradierter Standorte (Aggregation, Reliefierung), welcher zunehmend schwerer zu bewirtschaften ist. Rechnet man

mit einer Zunahme der sommerlichen Starkregenereignisse, steigt das Risiko einer kurzfristigen und quantitativen Ertragsminderung auf diesen Standorten erheblich.

Ausschlaggebend für die CO₂-Emissionen aus der organischen Substanz grundwasserbeeinflusster Böden sind zum einen die Grundwasserabsenkungen und zum anderen die stark schwankenden Grundwasserstände, welche zu einer regelmäßigen Durchfeuchtung der Oberböden führen. Unter diesen Bedingungen können sich die Umsetzungsprozesse durch die mikrobielle Aktivität erhöhen (Meyer und Höper 1998, Wessolek et al. 2002). Abbildung 6 zeigt eine Gegenüberstellung der CO₂-Freisetzungspotentiale bis 2030 der untersuchten Beispielstandorte unter aktuellen und fiktiven Wasserverhältnissen. Der mittlere Sommergrundwasserstand ist in den Szenarien für Intensivgrünland auf 40 cm, für Feuchtweiden und –wiesen auf 30 cm und für Nasswiesen auf 20 cm unter Flur simuliert worden. Weitere Größen, welche die Höhe der potentiellen Kohlendioxidemission beeinflussen sind die Moormächtigkeit, die Nutzungsintensität und die Jahresmitteltemperatur.

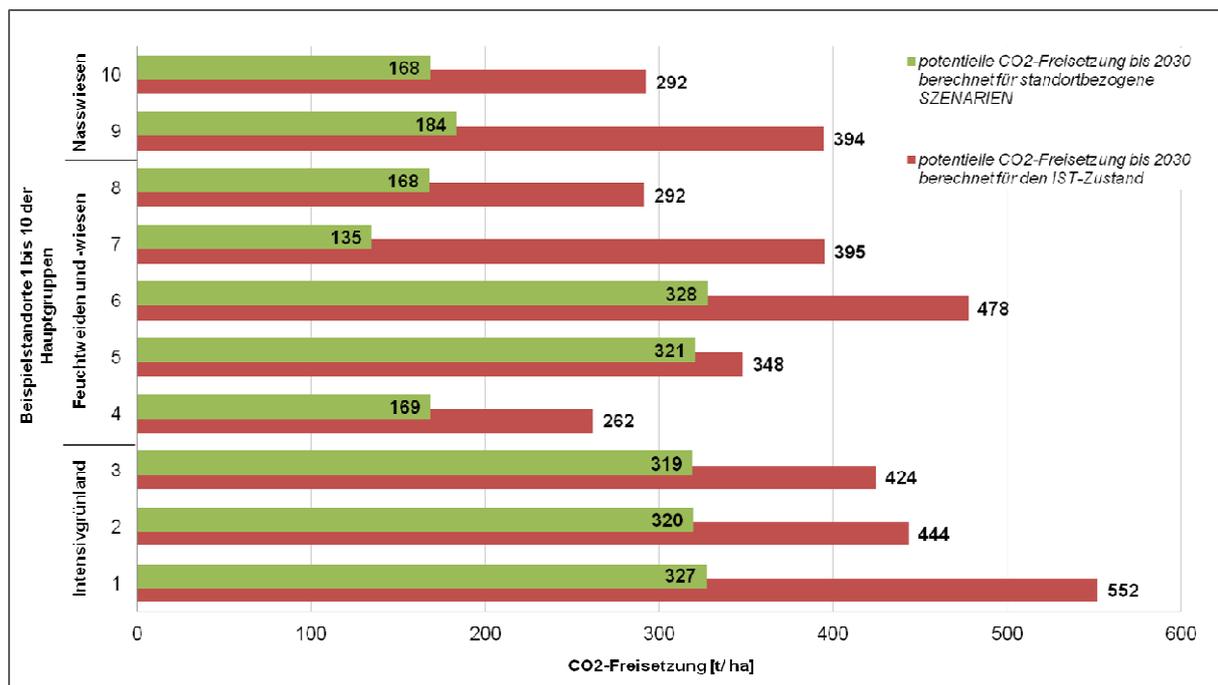


Abbildung 6: Gegenüberstellung der CO₂-Freisetzungspotentiale aller zehn Beispielstandorte unter aktuellen (Ist-Zustand) und fiktiven (Szenarien) Wasserverhältnissen für den Zeitraum 2010-2030 bei einem Temperaturanstieg von 0°C

Anpassungsstrategien

Die abschließend definierten Anpassungsstrategien richten sich nach dem jeweiligen Bodentyp. Originäre Gleye und Anmoore akkumulierten weniger Kohlenstoff als Niedermoore und die Mächtigkeit des humosen Oberbodens beträgt maximal 40 Zentimeter. Daher sind die Freisetzungspotentiale für Kohlendioxid aus diesen Böden generell geringer. Dennoch ist die Landnutzung auf Gleyen und Anmooren durch einen potentiellen regionalen Klimawandel gefährdet. Da es sich um typische Böden der Niederungen handelt, können sie zukünftig häufiger von Überflutungsereignissen und oberflächennahen Grundwasserständen während der Vegetationsperiode betroffen sein. Unter diesem Gesichtspunkt und im Hinblick auf den Erhalt der organischen Substanz muss die Nutzung den jeweiligen Standortbedingungen angepasst werden. Aus den Untersuchungen des IST-Zustandes der ausgewählten Flächen ergeben sich für genutzte Niedermoorböden Brandenburgs die in Tabelle 2 dargestellten wichtigen Zusammenhänge.

Tabelle 2: Wichtige Zusammenhänge zwischen Nutzung, Grundwasserdynamik und Bodenzustand genutzter Niedermoore Brandenburgs

<p>1. Je höher die Nutzungsintensität</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ desto tiefer liegen die mittleren Sommergrundwasserstände, ➤ desto höher ist das CO₂-Freisetzungspotential, ➤ desto fortgeschrittener ist die Bodendegradierung, ➤ desto höher ist das Risiko der Ertragsminderung und ➤ desto wichtiger ist die Wasserregulierung. 	<p>2. Je höher die mittleren Sommergrundwasserstände</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ desto geringer ist die Nutzungsintensität, ➤ desto geringer ist das CO₂-Freisetzungspotential, ➤ desto geringer ist die Bodendegradierung, ➤ desto geringer ist die Wertschöpfung und ➤ desto wichtiger ist das Wasserdargebot.
--	---

Diese werden durch einen potentiellen regionalen Klimawandel verstärkt. Eine Erhöhung der Jahresmitteltemperatur bei gleichbleibender Grundwasserdynamik kann beispielsweise eine Erhöhung des CO₂-Freisetzungspotentials des jeweiligen Standortes bewirken. Höhere Grundwasserstände könnten dagegen eine Freisetzung von Kohlendioxid und ein Fortschreiten der Bodendegradierung verhindern. Eine intensive Nutzung mit vier Ernten pro Jahr erfordert aber eine Befahrbarkeit der Flächen ab Anfang Mai. Demnach spielt die zweiseitige Wasserregulierung, also die Möglichkeit der gesteuerten Be- und Entwässerung, mit zunehmender Nutzungshäufigkeit eine besondere Rolle. Ein Anheben der Wasserstände während der Vegetationsperiode bei geringer Wasserstandsamplitude empfiehlt sich für fast alle untersuchten Standorte. Das Wasserstands-niveau richtet sich dabei nach dem Nutzungstyp (Intensivgrünland, Feuchtweiden und -wiesen, Nasswiesen) und der Nutzungshäufigkeit. Für Flächen mit generell höheren Grundwasserständen steht das Wasserdargebot im Hinblick auf eine potentielle Erhöhung der regionalen Jahresmitteltemperatur im Vordergrund: eine erhöhte Lufttemperatur fördert die potentielle Verdunstung und beeinflusst den Wasserverbrauch einer Landschaft. Der Wasserrückhalt gewinnt perspektivisch an Bedeutung. Eine zweiseitige Wasserregulierung wäre auch für diese Flächen von Vorteil. Aufgrund der Pflanzenbestände, welche sich bei dauerhaft höheren Grundwasserständen etablieren, ist die Wertschöpfung solcher Standorte vergleichsweise gering. Eine Bewirtschaftung wird hauptsächlich durch die entsprechenden Agrarförderprogramme finanziert. Beispielsweise werden die Produktionspotentiale der Nasswiesen zu Zeit nicht ausgeschöpft. Die politischen und ökonomischen Rahmenbedingungen für die Produktion von Biomasse aus *Phalaris arundinacea* oder *Phragmites australis* zur energetischen Nutzung sollten unbedingt angepasst werden. So kann den landwirtschaftlichen Unternehmen eine Nutzungsalternative für die entsprechenden Flächen zur Verfügung gestellt werden. Ein betriebswirtschaftlich positiver Gewinnbeitrag dieser Nutzungsform kann dazu beitragen, dass der Produktionsdruck auf andere Flächen abnimmt. Generell wird eine standortangepasste Nutzung durch ein vielfältiges Spektrum von Nutzungsformen innerhalb des einzelnen Betriebes erhöht. Wie bereits angedeutet, sollten insgesamt die Leistungspotentiale der einzelnen Standorte stärkere Beachtung bei der Auswahl der Produktionsrichtung finden.

Wissenstransfer und Informationsbereitstellung

Die praxisorientierte Forschung im Projekt wurde im Rahmen eines Netzwerkes aus verschiedenen Kooperationspartnern durchgeführt. Dazu zählen Akteure aus der landwirtschaftlichen Praxis, Vertreter von Verbänden und Behörden sowie andere wissenschaftliche Institutionen. Unabdingbar für den Erfolg des Projektes war die Bereitschaft der Praxispartner aus der Landwirtschaft ihre Grünlandflächen sowie eine Vielzahl betrieblicher Daten für die entsprechenden Untersuchungen zu Verfügung zu stellen. Ein kontinuierlicher Wissenstransfer

unter Berücksichtigung praxisrelevanter Fragestellungen hat zu einer intensiven und konstruktiven Zusammenarbeit während der gesamten Projektlaufzeit geführt. Sowohl innerhalb bilateraler Gespräche als auch auf organisierten Workshops und Feldtagen wurden allgemeine Informationen zum Projektthema sowie konkrete Projektergebnisse vermittelt und diskutiert (siehe Abbildung 7). Dass es einer Strategie bedarf, wie zukünftig mit den grundwasserbeeinflussten und kohlenstoffreichen Böden Brandenburgs umgegangen werden soll, wurde bereits im Mai 2011 durch alle Netzwerkpartner des HYDBOS-Projektes bestätigt (Zitat): „Es sind heute vier Hauptinteressen, die den Nutzungskonflikt der Moorflächen prägen: Wassermanagement, landwirtschaftliche Produktion, Naturschutz und Klimaschutz.“ (*HYDBOS-Feldtag im Mai 2011: interne und externe Kooperationspartner, Praxispartner*).



Abbildung 7: Wie sieht ein Moor aus? Informationsveranstaltung HYDBOS-Feldtag im Mai 2011 (Foto: Luise König)

Die entstehende Informationsplattform www.hydbos.de ist konzipiert für Akteure der landwirtschaftlichen Praxis sowie behördliche und unabhängige Berater. Es besteht die Möglichkeit, die Inhalte der Plattform auch für Ausbildungs- und Lehrzwecke zu nutzen. Die Entwicklung des Portals erfolgte nutzerorientiert und wurde unter Mitarbeit der Projektpartner evaluiert. Die nachfolgende Infobox *Kleine Bodenkunde* dient als Beispiel für die Aufbereitung allgemeiner Informationen zu Entstehung und Klassifikation grundwasserbeeinflusster Böden. Das Informationsportal www.hydbos.de ermöglicht es dem Nutzer unter die Oberfläche zu schauen und seine Standortkenntnisse um einen entscheidenden Faktor zu erweitern: den Boden als Schnittstelle im Wasser- und Stoffhaushalt und als Grundlage für die landwirtschaftliche Produktion, die es zu erhalten gilt!

Infobox: Kleine Bodenkunde

Zu den hydromorphen (=grundwasserbeeinflusst) Böden gehören Gleye, Anmoore und Niedermoore. Je nach Intensität und Dauer des Grundwassereinflusses bilden sich sehr stark humose ($8 < 15\%$ OBS) oder anmoorige ($\geq 15\%$ und $< 30\%$ OBS) Oberböden aus, die bis zu 3 dm mächtig sein können. Für die Entstehung eines Niedermoors braucht es viel Zeit und vor allem langfristig stabile Wasserverhältnisse. Nur so kann sich Torf bilden ($\geq 30\%$ OBS). Torf beinhaltet mehr als 30% organische Bodensubstanz. Für die Entstehung von 1 mm Torf bedarf es eines ganzen Jahres: die ständige Präsenz von Wasser sorgt für sauerstoffarme Verhältnisse. So wird Jahr für Jahr abgestorbenes Pflanzenmaterial konserviert und bildet den Torf. Wird den Niedermooren das Wasser entzogen, werden die Torfe belüftet und die organische Substanz wird abgebaut. Gleichzeitig sacken die Torfe in sich zusammen, da der Auftrieb des Wassers fehlt. Die Folgen sind der Verlust von Kohlenstoff, welcher größtenteils in Form von Kohlendioxid (CO_2) in die Atmosphäre entweicht, sowie eine Absenkung der Geländeoberfläche und eine Verdichtung der belüfteten Torfe (Aggregation). In der Summe können diese Prozesse den Verlust des (Nieder)Moorbodens bewirken. Diese sogenannte sekundäre Bodenbildung auf Niedermooren wird hauptsächlich geprägt durch die Intensität der Entwässerung (Grundwasserdynamik) in Kombination mit der Nutzungsintensität (häufiges Befahren, ggfls. Grünlandumbruch). Boden- und Wasserverhältnisse sind wiederum verantwortlich für die Pflanzengesellschaften, die sich auf dem jeweiligen Standort etablieren und die landwirtschaftliche Produktivität des Standortes kennzeichnen. Daher ist das **Zusammenwirken der einzelnen Faktoren** von großer Wichtigkeit.

Literatur

Ad-Hoc-AG Boden (2005): Bodenkundliche Kartieranleitung. Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (Hrsg.). Stuttgart: E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung.

Braun-Blanquet, J. (1964): Pflanzensoziologie: Grundzüge der Vegetationskunde. Wien: Springer Verlag.

BÜK 300: Bodenübersichtskarte des Landes Brandenburg - Bodengeologische Grundkarte 1:300 000, 2. Auflage 2012, Landesamt für Bergbau Geologie und Rohstoffe.

Dämmgen U., Flessa H. (2009): Stellung der Landwirtschaft in der Klimadiskussion.

[<http://www.maikomitee.de/web/upload/pdf/zm/com0309.pdf>; 10.12.2013]

Hanff, H., Neubert, G., Brudel, H. (2010): Datensammlung für die Betriebsplanung und die betriebswirtschaftliche Bewertung landwirtschaftlicher Produktionsverfahren im Land Brandenburg - Ackerbau, Grünlandwirtschaft, Tierproduktion. Hrsg. vom Ministerium für Infrastruktur und Landwirtschaft des Landes Brandenburg (MIL).

IPCC (2007): Summary for Policymakers. In: Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Parry, M.L., Canziani, O.F., Palutikof, J. P., van der Linden P. J., C.E. Hanson (Eds.), Cambridge:University Press, UK, p. 7-22.

Joosten, H. (2011): Neues Geld aus alten Mooren: Über die Erzeugung von Kohlenstoffzertifikaten aus Moorwiedervernässungen. In: TELMA Beiheft 4 zu den Berichten der Deutschen Gesellschaft für Moor- und Torfkunde, S. 183-202.

Klapp, E., Stählin, A. (Hrsg.) (1936): Standorte, Pflanzengesellschaften und Leistungen des Grünlandes. Stuttgart:Ulmer.

Knieß, A. (2007): Development and application of a semi-quantitative decision support system to predict long-term changes of peatland functions. PhD diss., Ecology Centre, CAU Kiel, Germany. URN: <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:gbv:8-diss-30904>.

Meyer, K., Höper, H. (1998): C-Spurengasgehalt bei vollständigem Überstau eines flachen Niedermoors in Niedersachsen (Beitrag einzelner Niedermoorhorizonte zu Methan- und Kohlendioxidfreisetzung). Mitteilungen der Bodenkundlichen Gesellschaft. Heft 88, S. 23-26.

Orlowsky, B., Gerstengarbe, F.-W., Werner, P. C. (2008): A resampling scheme for regional climate simulations and its performance compared to a dynamical RCM. In: Theoretical and Applied Climatology. Hrsg. vom Springer Verlag. Heft 92/3-4, S. 209-233.

Succow, M. (2001): Kurzer Abriß der Nutzungsgeschichte mitteleuropäischer Moore. In: Succow, M., Joosten, H. (Hrsg.). Landschaftsökologische Moorkunde. Stuttgart: E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, S. 404-406.

UNFCCC (2007): Report of the Conference of the Parties on its thirteenth session, Bali, 3 to 14 December 2007, United Nations Framework Convention on Climate Change, FCCC/CP/2007/6/add.1 [www.unfccc.int; 10.12.2013]

van der Maarel, E. (1979): Transformation of cover-abundance values in phytosociology and its effects on community similarity. In: Vegetatio. Hrsg. vom Springer Verlag. Heft 39/2, S. 97-114.

Wessolek, G., Schwärzel, K., Renger, M., Sauerbrey, R., Siewert, C. (2002): Soil hydrology and CO₂ release of peat soils. In: Journal of Plant Nutrition and Soil Science. Hrsg. vom Wiley Verlag Weinheim. Heft 165, S. 494-500.