

Klimaschutz durch Moorschutz in der Praxis

Ergebnisse aus dem BMBF-Verbundprojekt „Klimaschutz - Moornutzungsstrategien“ 2006-2010

Matthias Drösler, Annette Freibauer, Wolfram Adelman, Jürgen Augustin, Lindsey Bergman, Colja Beyer, Bogdan Chojnicki, Christoph Förster, Michael Giebels, Stefan Görlitz, Heinrich Höper, Jochen Kantelhardt, Horst Liebersbach, Maria Hahn-Schöfl, Merten Minke, Ulrich Petschow, Jörg Pfadenhauer, Lena Schaller, Philipp Schägner, Michael Sommer, Angelika Thuille, Marc Wehrhan

Arbeitsberichte aus dem vTI-Institut für Agrarrelevante Klimaforschung

04/2011

Autoren und Institutionen

Matthias Drösler¹, Annette Freibauer^{2,3}, Wolfram Adelman¹, Jürgen Augustin⁴, Lindsey Bergmann¹, Colja Beyer⁶, Bogdan Chojnicki⁴, Christoph Förster¹, Michael Giebels⁴, Stefan Görlitz⁵, Heinrich Höper⁶, Jochen Kantelhardt⁷, Horst Liebersbach⁶, Maria Hahn-Schöfl², Merten Minke⁴, Ulrich Petschow⁵, Jörg Pfadenhauer³, Lena Schaller⁷, Philipp Schägner⁵, Michael Sommer⁸, Angelika Thuille², Marc Wehrhan⁸

¹ Lehrstuhl für Renaturierungsökologie (bis 1.09.2010 Vegetationsökologie), Technische Universität München, Freising

² Max-Planck-Institut für Biogeochemie, Jena

³ Institut für Agrarrelevante Klimaforschung, Johann Heinrich von Thünen-Institut, Braunschweig

⁴ Institut für Landschaftsstoffdynamik, Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung, Müncheberg

⁵ Institut für Ökologische Wirtschaftsforschung, Berlin

⁶ Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie, Hannover

⁷ Lehrstuhl für Wirtschaftslehre des Landbaues der Technischen Universität München, Freising; jetzt: Institut für Agrar- und Forstökonomie, Universität für Bodenkultur, Wien

⁸ Institut für Bodenlandschaftsforschung, Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung, Müncheberg

Adresse:

Dr. Matthias Drösler
Lehrstuhl für Renaturierungsökologie
Wissenschaftszentrum Weihenstephan
Technische Universität München
Emil-Ramann-Str. 6
D-85350 Freising
Telefon: (49) (0)8161 713715
E-Mail: droesler[at]wzw.tum.de

Dr. Annette Freibauer
Institut für Agrarrelevante
Klimaforschung
Johann Heinrich von Thünen-Institut
(vTI) Bundesforschungsinstitut für
Ländliche Räume, Wald und Fischerei
Bundesallee 50
D-38116 Braunschweig
Telefon: (49) (0)531 596 2634
E-Mail: annette.freibauer[at]vti.bund.de

Die Arbeitsberichte aus dem vTI-Institut für Agrarrelevante Klimaforschung stellen vorläufige, nur eingeschränkt begutachtete Berichte dar.

Der vorliegende Arbeitsbericht kann unter
<http://www.vti.bund.de/de/startseite/institute/ak/publikationen.html>
kostenfrei herunter geladen werden.

Zusammenfassung

Dränierte Moore sind die größte Einzelquelle für Treibhausgase außerhalb des Energiesektors in Deutschland. Der Bericht konzentriert sich auf Moore unter landwirtschaftlicher Nutzung, Naturschutzflächen und wiedervernässte Flächen. Sieben Nutzungskategorien konnten bezüglich ihrer Klimawirksamkeit unterschieden werden: Acker, Grünland mittlerer bis hoher Intensität, trockenes Extensivgrünland, nasses Extensivgrünland, trockene Hochmoorheide, naturnahe und renaturierte Moore, Überstausituationen. Die jährliche Treibhausgas-Bilanz von Mooren kann mit dem mittleren jährlichen Wasserstand und durch die Menge an Kohlenstoff, die mit dem Erntegut exportiert wird, beschrieben werden. Diese im Bericht gezeigte Abhängigkeitskurve eignet sich auch als Grundlage für die Quantifizierung der Klimaschutzwirkung von Moorschutzmaßnahmen in Deutschland.

Nur wenn die Wasserstände in Richtung der naturnahen Lage eingestellt werden, kann ein deutlicher Klimaschutzeffekt erzielt werden. Das Klimaschutzpotenzial pro Hektar ist in landwirtschaftlich genutzten Nieder- und Hochmooren ähnlich. Überstau während der Vegetationsperiode ist aber zu vermeiden bzw. auf möglichst kleine Flächen oder kurze Zeiträume zur Wiederbesiedelung durch Torfmoose zu beschränken. Wenn sich bei Überstau in nährstoffreichen Niedermooren Mudden bilden oder leicht zersetzbare Grasvegetation fault, können extrem hohe Methanemissionen entstehen.

Bei Nutzungsaufgabe und Wiedervernässung in naturnahen Zustand ergeben sich Treibhausgasminderungskosten zwischen 10 und 135 € pro Tonne CO₂. Für die Kalkulation der Werte wurde eine Maßnahmendauer von 20 Jahren, sowie durchschnittliche regionale Flächenwerte zugrunde gelegt. Soweit möglich, wurden ferner die Kosten für bzw. der Nutzen aus einem geänderten Wassermanagement berücksichtigt. Klimaschutz durch Moorschutz ist volkswirtschaftlich sinnvoll, da die Treibhausgasminderungskosten vergleichbar sind mit den Schadenskosten des Klimawandels und weitere Nutzen, z.B. für Biodiversität, Wasserschutz und Tourismus, entstehen.

Schlüsselwörter: Moor, Treibhausgase, Klimaschutz, Treibhausgasminderungskosten, Monitoring

Summary

Drained peatlands represent the largest source of greenhouse gases outside the energy sector in Germany. The report focuses on peatlands under agricultural use, areas under nature protection and rewetted peatlands. Seven peatland use categories could be distinguished in relation to their mean greenhouse gas emissions: cropland, grassland used with medium to high intensity, extensive dry grassland, extensive wet grassland, dry bog heathland, natural and restored near-natural peatlands, permanently flooded situations. The annual mean water table is a key driver of the greenhouse gas balance of peatlands. The annual greenhouse gas balance of peatlands can be described by the mean annual water table and the amount of carbon exported from the ecosystem by harvest. The response curve shown in this report can also be used to quantify the greenhouse gas mitigation effect of peatland restoration measures in Germany.

A significant greenhouse gas mitigation effect can only be achieved if the water table is adjusted to near-natural conditions. The greenhouse gas mitigation potential per hectare is similar in agricultural fens and bogs. Flooding during the vegetation should be avoided or restricted to small areas or short periods to allow the establishment of *Sphagnum* mosses. If organic mud forms in nutrient rich flooded fens or if easily degradable grass vegetation rots extremely high methane emissions may be released.

The abandonment of agricultural use together with rewetting to near-natural condition results in greenhouse gas abatement costs between 10 and 135 € per ton of CO₂. These values were calculated over a duration of the measure of 20 years and average regional area values. As far as possible, costs and benefits of changed water management were considered as well. The mitigation of climate change via peatland restoration is sensible at the level of national economy because the greenhouse gas abatement costs are comparable to the damage costs of climate change. Additional benefits also arise for biodiversity, water protection, tourism etc.

Key words: Peatland, greenhouse gases, climate mitigation, greenhouse gas abatement costs, monitoring

Inhaltsverzeichnis

Autoren und Institutionen	ii
Zusammenfassung	i
Summary	ii
Verzeichnis der Abbildungen	II
Verzeichnis der Tabellen	II
1 Hintergrund und Ziel des Berichts	1
2 Ökologische Serviceleistungen von Mooren	1
3 Moore im Klimawandel	1
4 Moornutzung in Deutschland	2
5 Klimarelevanz deutscher Moore	3
6 Moore in der Klimapolitik	3
7 Unterscheidbare Moornutzungskategorien	4
7.1 Datengrundlage	4
7.2 Unterscheidbare Landnutzungskategorien	6
8 Treibhausgasbilanzen nach Nutzungskategorien und Moortypen im Überblick	7
9 Konsequenzen für eine klimafreundliche Moornutzung	9
10 Treibhausgasvermeidungskosten	11
Literaturverzeichnis	14
BMBF-Verbundprojekt „Klimaschutz - Moornutzungsstrategien“	15

Verzeichnis der Abbildungen

Abbildung 1:	Moorflächen in Deutschland nach GÜK 200 (BGR o. Jahr). Rot: Hochmoore, grün: Niedermoore.....	2
Abbildung 2:	Lage der Testgebiete (TG) und der für die Treibhausgas-Auswertung verwendeten weiteren Gebiete in Bayern und Polen	5
Abbildung 3:	Beispiele der unterscheidbaren Landnutzungs-kategorien.....	5
Abbildung 4:	Mittelwert, Minimum und Maximum der gemessenen Jahresmittelwasserstände (blau) und jährlichen Treibhausgasbilanzen (rot) nach Nutzungskategorien	8
Abbildung 5:	Abhängigkeit der jährlichen THG-Bilanzen der Standorte vom Jahresmittel des Wasserstands (WT_mean) und dem jährlichen Export von Kohlenstoff mit dem Erntegut.....	9
Abbildung 6:	Relative Unterschiede der Treibhausgasbilanzen nach Nutzungskategorien gegenüber Intensivgrünland als Referenz für das Mittel aller Testgebiete und einzelne Niedermoorgebiete (grün) und ein Hochmoor (rot).....	11

Verzeichnis der Tabellen

Tabelle 1:	Messergebnisse der Treibhausgasbilanzen nach Moortyp und Nutzungskategorie. Angaben sind Mittelwert (Minimum bis Maximum [Anzahl der untersuchten Testgebiete]). Die Wasserstände je Nutzungskategorie unterschieden sich nicht zwischen Niedermoor und Hochmoor.....	8
------------	---	---

1 Hintergrund und Ziel des Berichts

Dieser Bericht fasst die Ergebnisse des Verbundprojektes „Klimaschutz-Moornutzungsstrategien – Abschätzung des Klimaentlastungspotenzials, der betriebswirtschaftlichen Effekte und des volkswirtschaftlichen Nutzens von alternativen Moornutzungen“ zusammen. Das Projekt wurde im Zeitraum 2006 bis 2010 im Forschungsprogramm Klimazwei des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert.

Ziel des Berichts ist es, die Planung und Entwicklung von Moorschutzprojekten in Deutschland mit Kenngrößen, Leitplanken und Hinweisen zum Monitoring zu unterstützen, damit Wasser-, Natur- und Klimaschutz in Synergie umgesetzt werden können.

Der Bericht konzentriert sich auf Moore unter landwirtschaftlicher Nutzung, Naturschutzflächen und wiedervernässte Flächen. Flächen mit aktivem Torfabbau, Waldmoore und mit Sand kultivierte Flächen wie Sanddeck- und Sandmischkulturen sowie Anmoore werden nicht berücksichtigt. Diese Nutzungstypen werden aktuell in einem laufenden Verbundforschungsprojekt des Johann Heinrich von Thünen-Instituts untersucht („Berichterstattung organische Böden“).

2 Ökologische Serviceleistungen von Mooren

Moore erfüllen eine Vielzahl von ökologischen Serviceleistungen. Naturnahe Moore fördern den saisonalen Wasserrückhalt in der Landschaft, puffern das regionale Klima, dienen als Speicher für Kohlenstoff und teilweise als Puffer für Nährstoffe, haben eine wesentliche Funktion als Archiv für Vegetations-, Klima- und Menschheitsgeschichte der letzten 10.000 Jahre und stellen Lebensraum für besonders empfindliche, seltene Pflanzen und Tiere. Diese Umweltleistungen gehen durch Dränage und Nutzung zum Torfabbau oder zur landwirtschaftlichen Produktion weitgehend verloren, die Speicherfunktionen sogar vielfach in Niedermooren unwiederbringlich.

3 Moore im Klimawandel

Unter ungestörten Bedingungen sind Moore die einzigen Ökosystemtypen, die kontinuierlich und dauerhaft Kohlenstoff in signifikanten Mengen aufnehmen. Weltweit sind mit bis zu 550 Milliarden Tonnen Kohlenstoff 20 bis 30 Prozent des gesamten Bodenkohlenstoffs in Mooren gespeichert. Im natürlichen Zustand sind Moore klimaneutral. Austrocknung z.B. durch Klimawandel bzw. künstlich herbeigeführte Entwässerung führen zu einer Freisetzung des in den Mooren gebundenen Kohlenstoffs.

Unter dem Einfluss von Entwässerungsmaßnahmen und landwirtschaftlicher Nutzung emittieren Moore große Mengen an Kohlendioxid und teilweise Lachgas durch Torfschwund. Gedrainte Moore sind Hotspots für anthropogene Treibhausgase.

4 Moornutzung in Deutschland

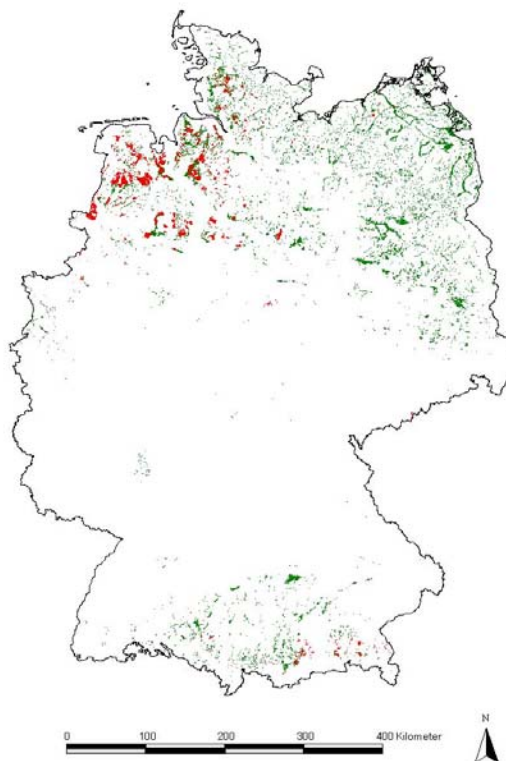
Die Bodenübersichtskarte 1:1.000.000 (BGR 1997) weist 18.098 km² Moorfläche für Deutschland aus. Das sind 5,1 % der Gesamtfläche. Niedersachsen hat einen Anteil von 38,2 % an der deutschen Moorfläche, Mecklenburg-Vorpommern 20 %, Brandenburg 15,6 %, Bayern 10 % und Schleswig-Holstein 8,5 %. Die restlichen 7,7 % verteilen sich in den übrigen Bundesländern (Abbildung 1).

Verschneidet man die Bodenübersichtskarte 1:1.000.000 mit der Landnutzung aus dem Digitalen Landschaftsmodell ATKIS, ergibt sich folgende Nutzungsverteilung: 71% der Moore sind landwirtschaftlich genutzt (32% Acker, 40% Grünland). Die landwirtschaftliche Fläche auf Mooren entspricht 8 % der gesamten landwirtschaftlichen Nutzfläche (5 % der Ackerfläche, 14 % der Grünlandfläche).

Die Geologische Übersichtskarte 1:200.000 weist dagegen nur ca. 13.500 km² Moorfläche für Deutschland aus. Von diesen Flächen sind ca. 17% Acker und 50% Grünland.

Genaue aktuelle Flächen- und Nutzungsdaten sind in einem laufenden Verbundprojekt unter Beteiligung vieler Autoren dieses Berichts in Vorbereitung.

Abbildung 1: Moorflächen in Deutschland nach GÜK 200 (BGR o. Jahr). Rot: Hochmoore, grün: Niedermoore.



5 Klimarelevanz deutscher Moore

Im Nationalen Inventarbericht unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen (NIR 2010) werden folgende Annahmen verwendet:

Mooracker emittiert 44,2 Tonnen CO₂-Äquivalente pro Hektar und Jahr. Moorgrünland emittiert 22,2 Tonnen CO₂-Äquivalente pro Hektar und Jahr. Landnutzungsänderungen, Torfabbau und Moorwald werden ebenfalls berücksichtigt. Deren Treibhausgasemissionen sind aber relativ gering gegenüber den Emissionen aus Mooracker und Moorgrünland. Der im Nationalen Inventarbericht verwendeten Emissionsfaktor für Acker liegt im oberen Bereich der Messwerte des BMBF-Projekts. Der Emissionsfaktor für Grünland entspricht etwa den Messwerten für trockenes Extensivgrünland (siehe Kapitel 8).

Insgesamt emittieren die im Nationalen Inventarbericht unterstellten 18.098 km² Moorfläche 45,7 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente pro Jahr in Deutschland. Das entspricht 5,1 % der gesamten deutschen Treibhausgasemissionen und schließt alle Nutzungsformen ein. Dränierte Moore sind damit die größte Einzelquelle für Treibhausgase außerhalb des Energiesektors (NIR 2010).

6 Moore in der Klimapolitik

Lachgasemissionen aus landwirtschaftlichen Mooren sind im Kyoto-Protokoll berücksichtigt. Dagegen ist die CO₂-Minderung auf landwirtschaftlich genutzten Mooren in der ersten Verpflichtungsperiode unter dem Kyoto-Protokoll (2008-2012) nicht als Klimaschutz anrechenbar, sondern nur die CO₂-Minderung beim Moorschutz unter Wald, bei Aufforstung und Entwaldung – bei ausreichender Datengrundlage zur Dokumentation. Die internationalen Verhandlungen über Klimaschutz ab 2013 laufen noch. Nach aktuellem Verhandlungsstand (März 2011) kann die Bundesregierung entscheiden, dass Deutschland freiwillig ab 2013 die CO₂-Quellen und –Senken aus der Bewirtschaftung von Acker und/oder Grünland als Klimaschutz im Sinne der internationalen Verpflichtungen anrechnet.

Das theoretische Emissionsminderungspotenzial einer klimafreundlichen Moornutzung durch Extensivieren und konsequentes Wiedervernässen auf naturnahe Wasserstände in Deutschland wird auf rund 35 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente pro Jahr bzw. 76 % der aktuellen Emissionen geschätzt (Freibauer et al. 2009).

Im Nationalen Inventarbericht unter der Klimarahmenkonvention und Kyoto-Protokoll können nur Maßnahmen berücksichtigt werden, die auf nationaler Ebene konsistent dokumentiert sind. Die Nachweisbarkeit von Aktivitäten und damit das Erfolgsmonitoring

gewinnen zunehmend an Bedeutung, um Klimaschutzmaßnahmen perspektivisch für die nationale Klimapolitik oder für freiwillige CO₂-Märkte zu entwickeln.

Die derzeit bereits durch Moor- und Naturschutzprogramme umgesetzten Maßnahmen sind nicht ausreichend gebündelt und beschrieben. Teilweise liegen aber Erfolgsindikatoren wie Wasserstände vor und nach der Maßnahme sowie Vegetationsbeschreibungen auf lokaler Ebene vor, so dass in den nächsten Jahren mit einigen Anstrengungen in Zusammenarbeit mit den Bundesländern eine erste nationale Schätzung der Klimaschutzwirkung von Maßnahmen seit 1990 bzw. der aktuellen Situation in geplanten Maßnahmengengebieten vorgenommen werden könnte. Grobe Schätzungen anhand von Nutzungskategorien und Landnutzungsänderungen sind sofort mit den hier präsentierten Daten möglich.

Für gebietsspezifische Berechnungen ist es zentral, die Emissionsfaktoren und Zusammenhänge mit Steuergrößen wie Wasserstand und Nutzungsintensität zu vervollständigen und modellhaft in die Fläche zu bringen.

7 Unterscheidbare Moornutzungskategorien

7.1 Datengrundlage

Die Daten zu Treibhausgasflüssen wurden im BMBF-Verbundprojekt „Klimaschutz: Moornutzungsstrategien“ (Projektbeschreibung: letzte Seite) gemessen und mit Messergebnissen aus weiteren Moorstandorten in Deutschland und Polen ergänzt, die mit vergleichbarer Methodik erhoben wurden. Damit liegt ein umfassender Datensatz aus drei Hochmooren und sieben Niedermooren aus allen wichtigen Moorregionen Deutschlands vor, in denen jeweils bis zu dreizehn verschiedene Landnutzungstypen untersucht wurden (Abbildung 2). Insgesamt umfasst der Datensatz 130 Einzeldaten zu Jahresbilanzen aller drei Treibhausgase in Mooren.

Die Daten wurden nach Hoch- und Niedermooren getrennt und Nutzungskategorien so abgeleitet, dass die Kategorien bezüglich Jahresmittelwasserstand, Ertrag und Stickstoffdüngung möglichst homogen waren. Sieben Nutzungskategorien wurden ausgewiesen: Acker, Grünland mittlerer bis hoher Intensität, trockenes Extensivgrünland, nasses Extensivgrünland, trockene Hochmoorheide, naturnahe und renaturierte Moore, Überstausituationen.

An allen Standorten wurde mit einheitlichen Methoden die Spurengase sowie erklärende Parameter gemessen. Die Messung des Gasaustauschs für die Gase CO₂, CH₄ und N₂O erfolgte nach der von Drösler (2005) beschriebenen Methodik mit manuellen Hauben. Der

CO₂-Austausch wurde in ganztägigen Messkampagnen in mindestens ca. 4-wöchigem Rhythmus durchgeführt. Daraus wurden Abhängigkeitskurven zur photosynthetisch aktiven Strahlung und der Temperatur bestimmt und mit den für 0.5-Stundenschritte interpolierten Parametern die CO₂-Jahresbilanz modelliert. Das Ergebnis wurde um den C-Export durch Erntemaßnahmen und den C-Import durch organische Düngung zu C-Gesamtbilanzen verrechnet. Methan und N₂O wurden alle zwei Wochen gemessen und linear interpoliert.

Abbildung 2: Lage der Testgebiete (TG) und der für die Treibhausgas-Auswertung verwendeten weiteren Gebiete in Bayern und Polen

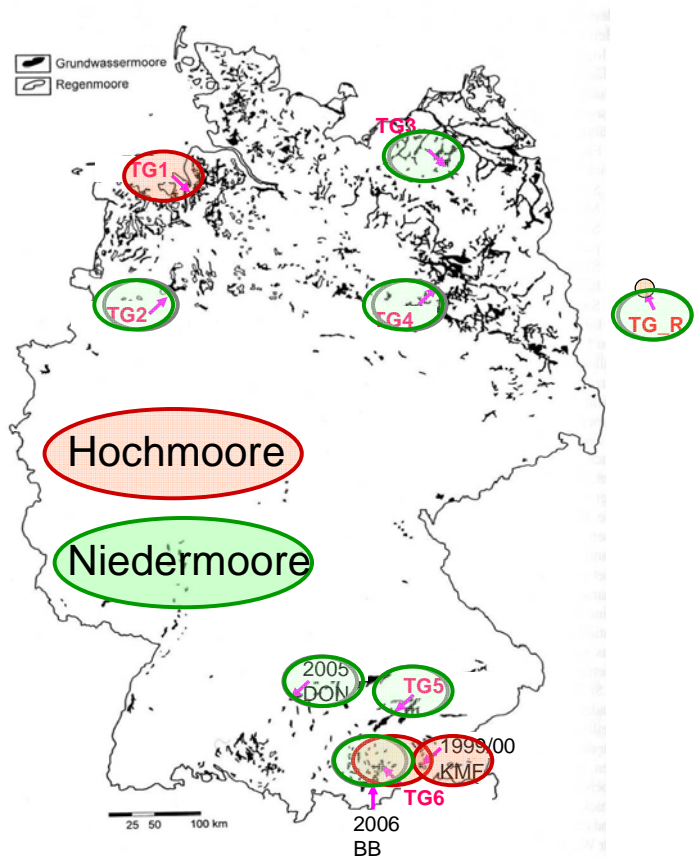
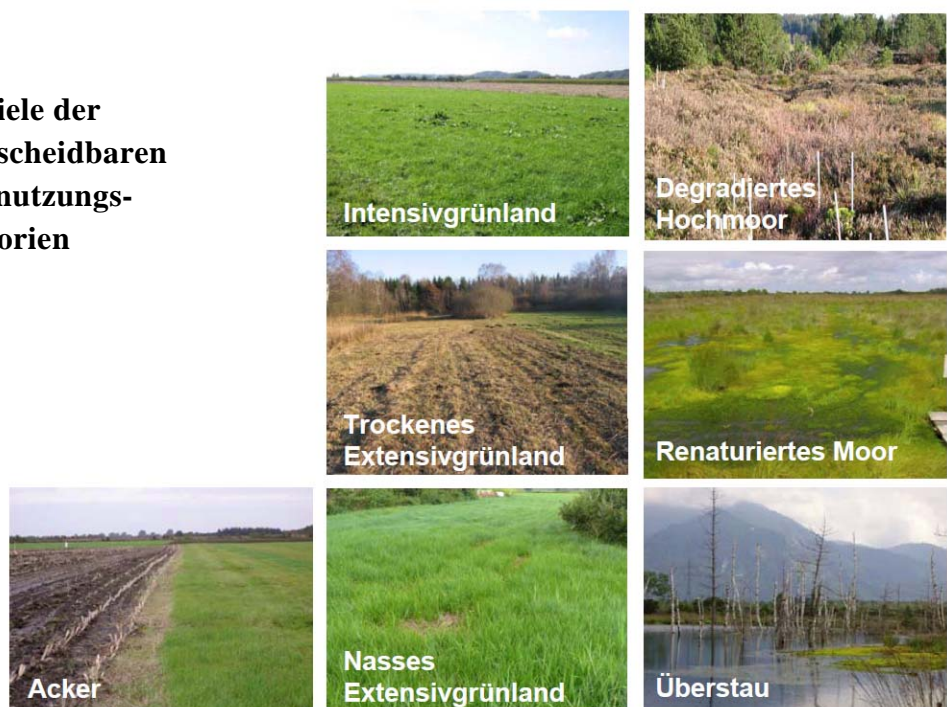


Abbildung 3: Beispiele der unterscheidbaren Landnutzungs-kategorien



7.2 Unterscheidbare Landnutzungskategorien

Beispiele für die im Folgenden beschriebenen Landnutzungskategorien sind in Abbildung 3 dargestellt.

Acker: Tiefe, aber variable Dränage, die in ungewöhnlich trockenen Jahren zu Trockenstress, in nassen Jahren aber unzureichend bis zum Ausfall der Ernte wirken konnte. Vorwiegend Sommerkulturen, v.a. Mais, Getreide und Hackfrüchte. Mittlere Düngergaben (ca. 150 kg N/ha). Die hohe Variabilität der Treibhausgasbilanzen (Abbildung 3) liegt v.a. an der unterschiedlichen Menge von Ernterückständen (z.B. Silomais versus Corn-Cob-Mix) und organischer Düngung.

Grünland hoher und mittlerer Intensität: Tiefe, aber variable Dränage vergleichbar mit Ackerstandorten. Saatgrünland oder regelmäßiger Umbruch mit Neuansaat, Bewirtschaftung mit zwei bis fünf Schnitten, wobei der erste Schnitt möglichst im Mai erfolgt, oder äquivalente Beweidung. Mittlere bis hohe Düngergaben (> 200 kg N/ha). Ziel ist die Produktion von hochwertigem Raufutter für die Milchproduktion.

Trockenes Extensivgrünland: Mäßige Dränage. Nutzung als Streuwiese, zur Mutterkuhhaltung oder keine Nutzung, maximal ein Schnitt oder äquivalente Beweidung, meist mit Naturschutzförderung. Häufig keine Düngung.

Nasses Extensivgrünland: Geringe Dränage, teilweise wiedervernässte oder grabennahe Standorte mit schwankendem, im Mittel aber relativ hohem Wasserstand. Nutzung als Streuwiese oder keine Nutzung, maximal ein Schnitt oder äquivalente Beweidung mit angepassten Extensivrassen, meist mit Naturschutzförderung. Meist deutlicher Seggenanteil.

Trockene Hochmoorheide: mäßig gedrainte degradierte Hochmoorheide ohne Torfmoose als Relikt früherer Dränagen für Torfstiche oder auf alten Torfstichen. Z.t. mit Moorbirken.

Naturnahe und renaturierte Moore: Standorte mit naturnahem Wasserstand. Naturschutzflächen, die langjährig weitgehend unberührt blieben oder in den letzten Jahren bis Jahrzehnten renaturiert wurden. Typische Vegetation sind in Niedermooren Groß- und Kleinseggenrieder und in Hochmooren Torfmoosrasen und Bult-Schlenkenkomplexe. Für Schilfröhrichte und Wald auf Niedermoor sind noch keine Daten vorhanden.

Überstau: Renaturierte Standorte und Grabensituationen, in denen das Wasser bis in den Sommer oder ganzjährig über der Geländeoberkante steht. Hier können sich nach vegetationsfreien Phasen im Niedermoor Schilf- und Rohrkolbenröhrichte ausbilden. Im Hochmoor werden große Überstau meist langsam mit flutenden Torfmoosrasen besiedelt.

8 Treibhausgasbilanzen nach Nutzungskategorien und Moortypen im Überblick

Die Messergebnisse der Treibhausgasbilanzen nach Moortyp und Nutzungskategorie sind in Tabelle 1 zusammengefasst. Abbildung 4 veranschaulicht die Ergebnisse von Tabelle 1, wobei Hoch- und Niedermoor vereinfachend zusammengefasst wurden.

Die Treibhausgasbilanzen umfassen CO_2 , CH_4 und N_2O . Innerhalb der Nutzungskategorien wurden weite Spannen der Treibhausgasflüsse und Wasserstände gemessen, die im wesentlichen auf Standorteigenschaften, Schwankungen zwischen trockenen und nassen Jahren, Nutzungsintensität und die Beiträge von CH_4 und N_2O zur Treibhausgasbilanz zurückzuführen sind. Weitere standortspezifische Faktoren wie die Vegetationszusammensetzung, Biomasse, möglicherweise auch Torfeigenschaften oder Torfmächtigkeit bei flachgründigen Mooren und zeitlich dynamische Faktoren wie Sommer- und Winterwasserstände tragen zu der in Abbildung 4 und Abbildung 5 unerklärten Varianz bei. Diese Zusammenhänge sind Gegenstand der aktuellen Forschung. Der Mittelwert kann aber als robustes Ergebnis betrachtet werden. Die Unsicherheit bei den Nutzungskategorien Acker, Grünland intensiv / mittel und Grünland extensiv trocken beträgt ca. 20% für „mittlere, typische“ Zustände unabhängig vom Moortyp. Für die nasseren Nutzungskategorien sollte zwischen Hoch- und Niedermoor differenziert werden.

Der Jahresmittelwasserstand ist eine wesentliche Steuergröße für die Treibhausgasbilanz von Moorstandorten. Der Jahresmittelwasserstand alleine kann etwa die Hälfte der Varianz zwischen den Messergebnissen erklären. Bei gleichem Jahresmittelwasserstand ergibt sich aber noch eine weite Streuung, die von weiteren Einflussgrößen wie Nutzungstyp, Nutzungsintensität und möglichen weiteren Faktoren erklärt wird.

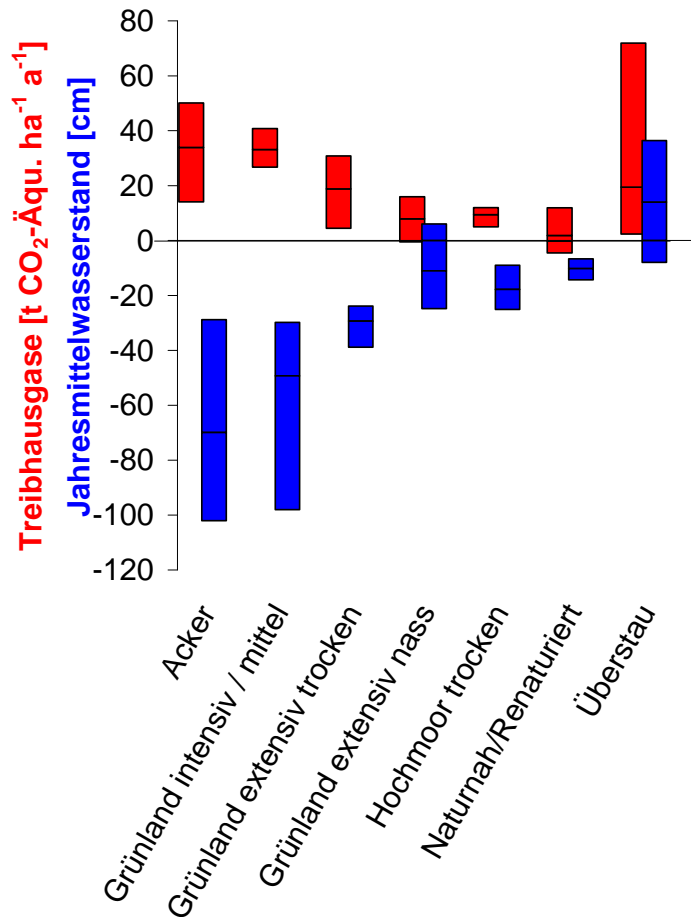
Die Nutzungsintensität lässt sich beschreiben durch die Menge an Kohlenstoff, die mit dem Erntegut exportiert wird. Diese bivariate Abhängigkeitskurve der jährlichen THG-Bilanzen (Abbildung 5) kann knapp drei Viertel der Varianz zwischen den Standorten erklären und ist damit robust, um Empfehlungen für Klimaschutz durch Moorschutz zu geben. Die Funktion eignet sich auch als Grundlage für die Bewertung der Klimaschutzwirkung von Moorschutzmaßnahmen in Deutschland.

Als Ergebnis des BMBF-Verbundprojektes wird daher für die Berechnung von Treibhausgasemissionen aus Mooren in Deutschland die Verwendung der Faktoren Jahresmittelwasserstand und Kohlenstoffexport als Indikator für die Nutzungsintensität gemäß Abbildung 5 empfohlen. Damit werden die wichtigsten Steuergrößen Wasserstand, Nutzung, Nutzungsintensität und Indikatoren für Emissionsrisiken erfasst.

Tabelle 1: Messergebnisse der Treibhausgasbilanzen nach Moortyp und Nutzungskategorie. Angaben sind Mittelwert (Minimum bis Maximum [Anzahl der untersuchten Testgebiete]). Die Wasserstände je Nutzungskategorie unterschieden sich nicht zwischen Niedermoor und Hochmoor.

	Niedermoor Tonnen CO ₂ -Äquivalente pro Hektar und Jahr	Hochmoor	Wasserstand cm
Acker	33,8 (14,2 bis 50,0 [4])	keine Daten	-70 (-29 bis -102)
Grünland intensiv / mittel	30,9 [21,3 bis 40,7 [5])	28,3 [1]	-49 (-39 bis -98)
Grünland extensiv trocken	22,5 (19,5 bis 30,9 [4])	20,1 [1]	-29 (-14 bis -39)
Grünland extensiv nass	10,3 (5,8 bis 16,3 [4])	2,2 (0 bis 4,4 [2])	-11 (6 bis -25)
Hochmoor trocken		9,6 (5,3 bis 12,1 [3])	-18 (-9 bis -25)
Naturnah/Renaturiert	3,3 [-4,3 bis 11,9 [5])	0,1 (-1,8 bis 2,9 [3])	-10 (-7 bis -14)
Überstau	28,3 [10,6 bis 71,7 [4])	8,3 [6,1 bis 10,4 [2])	14 (-8 bis 36)

Abbildung 4: Mittelwert, Minimum und Maximum der gemessenen Jahresmittelwasserstände (blau) und jährlichen Treibhausgasbilanzen (rot) nach Nutzungskategorien



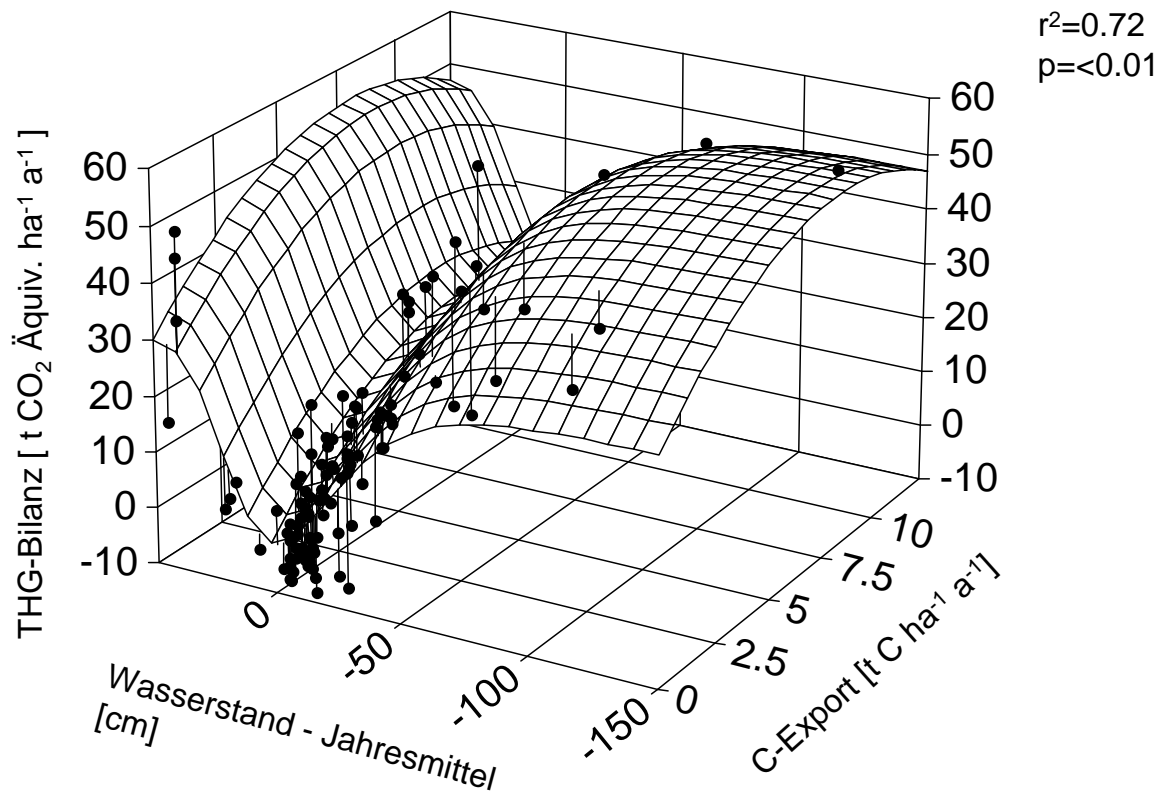


Abbildung 5: Abhängigkeit der jährlichen THG-Bilanzen der Standorte vom Jahresmittel des Wasserstands und dem jährlichen Export von Kohlenstoff mit dem Erntegut.

9 Konsequenzen für eine klimafreundliche Moornutzung

Die Messungen zeigen weite standort- und nutzungsabhängige Spannen in der Treibhausgasbilanz genutzter Moore. Die Nutzung von Moor als Acker und Intensivgrünland belastet das Klima am meisten. Eine Extensivierung kann Emissionen einsparen. Aber erst, wenn die Wasserstände angehoben werden, kann ein deutlicher Klimaschutzeffekt erzielt werden. Einsparungseffekte durch alternative Nutzungen mit nachwachsenden Rohstoffen und hohen Grundwasserständen sind noch nicht umfassend untersucht.

Je tiefer die Drainage, desto höher sind die CO₂-Emissionen. Allerdings erhöhen sich die CO₂-Emissionen bei Dränagetiefen unter 60-80 cm nicht mehr wesentlich. Das höchste

Risiko für N₂O-Emissionen herrscht in Niedermooren bei stark schwankenden Wasserständen und einem mittleren jährlichen Grundwasserstand von 50 cm unter Flur.

Im BMBF-Projekt haben sich im Mittel der Testgebiete keine signifikanten Unterschiede der Treibhausgasemissionen zwischen Acker und Grünland ergeben (Abbildung 4). Allerdings wurden die höchsten Emissionen unter Acker und Unterschiede innerhalb einiger Testgebieten beobachtet (Abbildung 6). Dies war vor allem bei tiefer Drainage, geringen oder leicht abbaubaren Ernterückstände wie bei Silomais, Rüben oder bei Strohabfuhr und geringen Mengen organischer Düngung der Fall. Selbst wenn die Kohlenstoffzufuhr durch Stroh und Wirtschaftsdünger die Kohlenstoffbilanz des Standorts verbessert, ist der Torfschwund höher als bei Grünlandnutzung bei vergleichbar intensiver Drainage. Eine Umwandlung von Acker zu Grünland kann somit den Torfschwund verringern.

Intensivgrünland ist (fast) so klimabelastend wie Ackernutzung. Grünlandnutzung zur Produktion von hochwertigem Grünfutter führt zu unerwartet hohen Treibhausgasemissionen von über 30 Tonnen CO₂-Äquivalenten pro Hektar und Jahr, die weit über den derzeit in der nationalen Klimaberichterstattung verwendeten Emissionsfaktoren von 22 Tonnen CO₂-Äquivalenten pro Hektar und Jahr liegen.

Extensivgrünland mit einem Jahresmittelwasserstand unter -20 cm hat nur in 50% der Testgebiete geringere Treibhausgasemissionen als Intensivgrünland. Offensichtlich gibt es zwar eine gewisse Verschiebung im Artenspektrum im Sinne des Naturschutzes, aber keinen sicheren Schutz des Torfkörpers. Stimulierend wirkt sich vor allem die sommerliche Wasserabsenkung, z.B. auch zur Durchführung von Pflegeschnitten, auf die Torfmineralisation aus.

Extensivgrünland mit einem Jahresmittelwasserstand über -20 cm hat in allen Testgebieten um 50 bis 75 % geringere Treibhausgasemissionen als Intensivgrünland.

Naturnahe Flächen und solche mit einem Jahresmittelwasserstand um -10 cm sind klimaneutral oder mindestens um weitere 15 bis 25 % emissionsärmer als nasses Extensivgrünland. Dies ist aus Klimasicht der Optimalzustand.

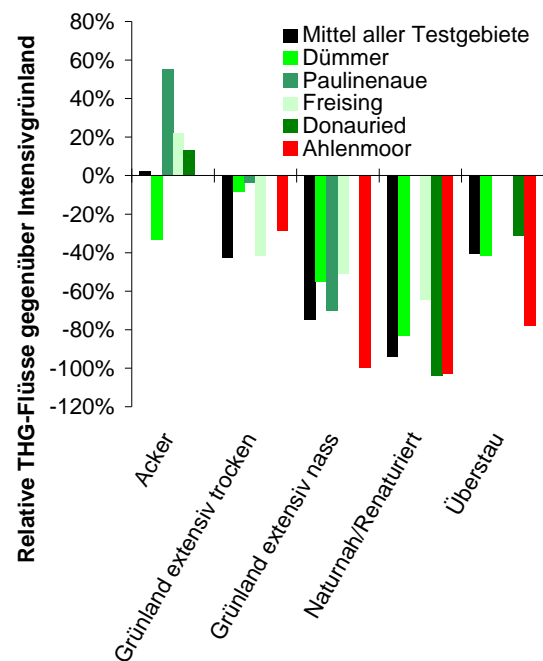
Überstau während der Vegetationsperiode ist zu vermeiden bzw. auf möglichst kleine Flächen zu beschränken. Wenn sich bei Überstau in nährstoffreichen Niedermooren Mudden bilden oder leicht zersetzbare Grasvegetation fault, können extrem hohe Methanemissionen entstehen, die eine ähnliche oder höhere Klimawirkung wie die Ackernutzung haben können. In Hochmooren ist der Effekt geringer - vergleichbar mit Emissionen aus degradierten Heideflächen. Die Renaturierungspraxis mit großflächigem Überstau, z.B. nach Torfabbau, ist zu überdenken. Das Wassermanagement sollte so

gestaltet werden, dass sich möglichst schnell Torfmoose einstellen. Wenn die Torfmoose aus wassergesättigten Flächen herauswachsen, kann, wie in natürlichen Mooren, das im gebildete Methan vor Erreichen der Oberfläche partiell wieder verbraucht werden.

Die Renaturierung von degradierten Hochmoorheiden hat ein bedeutendes Emissionsminderungspotenzial.

Das Klimaschutzpotenzial pro Hektar ist in Nieder- und Hochmooren ähnlich. Bei mäßiger und intensiver Dränage mit Jahresmittelwasserständen unter -20 cm unterscheiden sich die Treibhausgasbilanzen nicht zwischen Niedermooren und Hochmooren. In nasseren Situationen sind Hochmoore weitgehend klimaneutral oder bei Überstau geringe Treibhausgasquellen. Niedermoore dagegen bleiben auch im renaturierten Zustand geringe Treibhausgasquellen.

Abbildung 6: Relative Unterschiede der Treibhausgasbilanzen nach Nutzungskategorien gegenüber Intensivgrünland als Referenz für das Mittel aller Testgebiete und einzelne Niedermoorgebiete (grün) und ein Hochmoor (rot)



10 Treibhausgasvermeidungskosten

In den sechs Testgebieten wurden mit detaillierten Betriebs- und Expertenbefragungen Deckungsbeiträge der Moorflächen unter landwirtschaftlicher Nutzung sowie der Naturschutzflächen berechnet. Zusätzlich wurden Kosten für das Wassermanagement erhoben.

Die Flächenproduktivität bezüglich Nutzungsintensität der Moorfläche, Erträgen und Milchleistung war in den nordwestdeutschen Mooren höher als in den bayerischen Mooren und deutlich höher als in den nordostdeutschen Mooren. Dies spiegelte sich auch in den Pachtpreisen wider.

Für alle Testgebiete wurden Szenarien für eine klimafreundliche Moornutzung und Wiedervernässung berechnet. Dabei zeigte sich, dass die Treibhausgasvermeidungskosten am geringsten sind wenn

- Extensive, kaum oder nicht landwirtschaftlich genutzte Flächen vernässt werden; in diesem Fall sind die Treibhausgaseinsparung pro Hektar zwar teilweise gering, den Einsparungen stehen dann aber auch nur verhältnismäßig geringe Opportunitätskosten gegenüber, oder
- intensiv landwirtschaftlich genutzte Flächen vollständig bis zum naturnahen Zustand unter Nutzungsaufgabe vernässt werden; in diesem Fall kann den teilweise sehr hohen Opportunitätskosten eine sehr hohe Treibhausgaseinsparung pro Hektar gegenüber stehen.

Für die oben genannten Renaturierungssituationen liegen die Treibhausgasminderungskosten zwischen 10 und 135 €/pro Tonne CO₂. Für die Kalkulation der Werte wurde eine Maßnahmendauer von 20 Jahren, sowie durchschnittliche regionale Flächenwerte inklusive Prämienzahlung zugrunde gelegt. Bei der Ermittlung der Kosten wurden die Kosten der Landwirtschaft, die bei Umstellung/Aufgabe der Flächennutzung entstehen würden, sowie - soweit möglich - die veränderten Kosten der Entwässerung, bzw. der Wasserbereitstellung berücksichtigt. In anderen Renaturierungssituationen, insbesondere bei hohen Kosten für die Landwirtschaft und geringen CO₂-Einsparungen, können die CO₂-Minderungskosten deutlich höher ausfallen und Beträge bis zu über tausend €/t CO₂ erreichen. In günstigen Renaturierungssituationen erreichen die Treibhausgasminderungskosten durch Moorschutz jedoch durchaus eine ähnliche Größenordnung wie der aktuelle CO₂-Preis im Emissionshandel (z.B. Leipziger Strombörse ca. 16 €/pro Tonne CO₂, Stand 23.03.2011). In diesen Fällen kann Moorschutz auch wesentlich kostengünstiger als alternative Klimaschutzmaßnahmen wie z. B. die Förderung von Biokraftstoffen und Biogas sein.

Die Spannen, innerhalb derer die Treibhausgasvermeidungskosten liegen, unterscheiden sich regionsspezifisch deutlich. Für das bayerische Freisinger Moos liegen die CO₂-Vermeidungskosten beispielsweise zwischen 10 und 70 Euro. Würde die Zielstellung der landwirtschaftlichen Flächenprämien in Richtung einer Emissionsminderungsprämie weiterentwickelt und die Prämie den Landwirten damit auch bei Umnutzung bzw. Aufgabe der Nutzung erhalten bleiben, wären noch geringere CO₂-Vermeidungskosten zu erreichen.

Aus volkswirtschaftlicher Sicht sind die Preise im Emissionshandel gegenwärtig bei weitem zu niedrig, reflektieren sie doch nicht die anspruchsvollen Minderungsziele der Bundesregierung bis 2050, von daher tragen entsprechende Kostenansätze nicht hinreichend zur Erreichung der anspruchsvollen Klimaschutzziele bei. Zwar sind die Bandbreiten der Schätzungen von Vermeidungskosten und Schadenskosten der Klimagasemissionen sehr groß. Die Methodenkonvention des Umweltbundesamtes schlägt daher als Orientierungsgröße vor, bei öffentlichen Investitionen Schadenskosten durch Klimawandel von 70 € pro t CO₂-Äquivalent zu Grunde zu legen und Sensitivitätsrechnungen in der Bandbreite 20-280 € pro t CO₂-Äquivalent durchzuführen. Unter günstigen Renaturierungsbedingungen liegen die im Projekt berechneten CO₂-Minderungskosten innerhalb der Bandbreite der Schadenskosten. In diesem Fall ist Klimaschutz durch Moorschutz volkswirtschaftlich sinnvoll.

Literaturverzeichnis

- BGR, 1997. Bodenübersichtskarte der Bundesrepublik Deutschland 1:1.000.000 (BÜK 1000). Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, BGR. http://www.genesys-hannover.de/nn_337084/DE/Themen/Boden/Produkte/Karten/BUEK__1000.htm
- BGR, ohne Jahr. Geologische Übersichtskarte der Bundesrepublik Deutschland 1:200 000 (GÜK200). Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe.
- Drösler, M., 2005. Trace gas exchange and climatic relevance of bog ecosystems, Southern Germany, PhD thesis, Chair of Vegetation Ecology, Department of Ecology, Technical University Munich, 179 pp., 2005.
- Freibauer, A., M. Drösler, A. Gensior, E.-D. Schulze, 2009. Das Potenzial von Wäldern und Mooren für den Klimaschutz in Deutschland und auf globaler Ebene. Natur und Landschaft 1/2009: 20-25.

BMBF-Verbundprojekt „Klimaschutz - Moornutzungsstrategien“

Titel: „Klimaschutz-Moornutzungsstrategien – Abschätzung des Klimaentlastungspotenzials, der betriebswirtschaftlichen Effekte und des volkswirtschaftlichen Nutzens von alternativen Moornutzungen“

Projektbeschreibung: Im Rahmen des BMBF-Verbundprojektes „Klimaschutz: Moornutzungs-strategien“ wurden in sechs räumlich und strukturell sehr verschiedenen Testgebieten Treibhausgasflüsse in typischen aktuellen Landnutzungssystemen und perspektivisch klimafreundlichen Alternativen gemessen sowie Treibhausgasminderungskosten und die regionale Bereitschaft zur Umsetzung von Maßnahmen mit betriebswirtschaftlichen und sozioökonomischen Untersuchungen durch Betriebsbefragungen und Stakeholder-Workshops geprüft.

Die Ergebnisse dienen der Unterstützung der Politik bei Entscheidungen zur Umsetzung von Moorschutzprogrammen und potenzieller zukünftiger Klimaschutzmaßnahmen im Moor.

Projektpartner:

Lehrstuhl für Renaturierungssökologie (bis 1.09.2010 Vegetationsökologie) der Technischen Universität München, Projektleitung: Dr. Matthias Drösler, droesler@wzw.tum.de

Lehrstuhl für Wirtschaftslehre des Landbaues der Technischen Universität München

Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG), Hannover

Max-Planck-Institut für Biogeochemie (MPI-BGC), Jena

Institut für Ökologisches Wirtschaften (IÖW), Berlin

Zentrum für Agrarlandschaftsforschung – Institut für Bodenlandschaftsforschung (ZALF-BLF), Müncheberg

Zentrum für Agrarlandschaftsforschung – Institut für Landschaftsstoffdynamik (ZALF-LSD), Münchenberg

Laufzeit: 2006 – 2010

Förderung: 1.3 Millionen Euro