

TELMA	Band 40	Seite 215 - 228	5 Tab.	Hannover, November 2010
-------	---------	-----------------	--------	-------------------------

## Bilanzierung der Klimawirkung von Moorböden in Schleswig-Holstein.

Assessment of climate impact of peatlands in Schleswig-Holstein.

RITA JENSEN, JOHN COUWENBERG und MICHAEL TREPEL

### Zusammenfassung

Moore speichern weltweit erhebliche Mengen Kohlenstoff und bilden damit einen natürlichen Puffer für das Klima. Durch jahrzehntelange Nutzung und Entwässerung tragen sie inzwischen zunehmend zum Klimawandel bei, indem sie den gespeicherten Kohlenstoff kontinuierlich freisetzen. Um dieser Entwicklung entgegenzuwirken, muss sowohl global als auch lokal gehandelt werden. Voraussetzung für die Entwicklung regionaler Moorschutzkonzepte ist jedoch, die Klimawirksamkeit von Moorböden einzuschätzen. Mit digitalen Bodendaten, der Biotopkartierung und den Emissionsdaten aus dem GEST-Modell als Grundlage wurde für Schleswig-Holstein die Klimawirksamkeit der Moorböden bilanziert. Danach emittieren die 145.500 ha Moorböden in Schleswig-Holstein insgesamt jährlich 2,4 Mio. t CO<sub>2</sub>-Äquivalente. Nasse und ökologisch hochwertige Systeme mit positivem Effekt für das Klima kommen nur noch auf 12% der Fläche vor. Der größte Anteil der Emissionen mit 2,3 Mio. t CO<sub>2</sub>-Äquivalenten entstammt den entwässerten Mooren. Dies entspricht einem Anteil von 9,3% an den Gesamtemissionen Schleswig-Holsteins (ohne Emissionen aus Landnutzung und Landnutzungsänderung). Entwässerte Moore sind damit eine bedeutsame Emissionsquelle. In zwei Szenarien wurde das Emissions-Minderungspotential berechnet. Im Szenario 1 „Moderate Vernässung“ könnten die Klimagasemissionen in Schleswig-Holstein um 0,8 Millionen t CO<sub>2</sub>-Äquivalente a<sup>-1</sup> und im Szenario 2 „Paludikultur“ um 1,3 Millionen t CO<sub>2</sub>-Äquivalente a<sup>-1</sup> reduziert werden. Um diese Potenziale zu realisieren, müssen verstärkt Anreize für die Umsetzung klimafreundlicher Moornutzungen geschaffen werden.

### Abstract

Peatlands store and accumulate large amounts of carbon and play an important role in climate change. After centuries of ongoing land use and drainage, peatlands nowadays contribute significantly to global warming as their large stocks of stored carbon are released to the atmosphere. Putting a halt to this development calls for action on global as well as on local levels. The development of regional action plans requires that the contribution of peatlands to global warming is assessed for a specific region. In this study, geodata on the distribution of peat soils in the German federal state of Schleswig-Holstein are combined with digital habitat maps and vegetation specific emissions factors derived from the so-called GEST-model. According to the calculations, the 145.500 ha of peat soils emit  $2.4 \times 10^9$  kg of CO<sub>2</sub>-equivalents per year. Wet and often ecological important systems occur only on 12% of the original peatland area.

Drained peat soils emit a total of 2.3 million t of CO<sub>2</sub>-equivalents per year. This amount is equal to 8.5% of the total emissions from Schleswig-Holstein (not accounting for land use and land use change). The emission reduction potential was calculated for two hypothetical scenarios. In scenario 1 moderate rewetting would reduce emissions by  $0.8 \times 10^6$  t of CO<sub>2</sub>-equivalents per year. In scenario 2 paludiculture would reduce emissions by  $1.3 \times 10^6$  t of CO<sub>2</sub>-equivalents per year. Realizing these potentials requires a political will to establish climate friendly land use on peat soils.

## 1. Einleitung

Moore und Moorböden sind als Senke und Quelle von klimawirksamen Spurengasen von Bedeutung, daneben beeinflussen sie über die Verdunstung auch das Regional- und Lokalklima. Durch Torfbildung unter anaeroben Bedingungen wurden über lange Zeiträume hinweg große Mengen an Kohlenstoff und anderen Stoffen akkumuliert. Global wird geschätzt, dass etwa ein Drittel der terrestrischen Kohlenstoffvorräte in Torfböden gespeichert sind, wobei Torfböden nur einen Anteil von 3-4 % an der Landfläche haben (JOOSTEN & CLARKE 2002). In Schleswig-Holstein befindet sich, ausgehend von einer Bilanzierungstiefe von 1 m, etwa die Hälfte des terrestrischen Kohlenstoffvorrats in organischen Böden, ihr Anteil an der Landesfläche beträgt aber nur knapp 10 % (TREPPEL 2006). Der wahre Kohlenstoffvorrat ist vermutlich deutlich größer, da die meisten Moore aufgrund ihrer Genese tiefgründiger sind (ZAUFT et al. 2010).

Während die Torfakkumulation ein sich über mehrere Jahrhunderte hinziehender, langsamer Prozess ist, werden bei Entwässerung die biogeochemischen Prozesse umgekehrt. Die aerobe Bodenzone vergrößert sich und vorher über längere Zeiträume akkumulierte Kohlenstoffverbindungen oxidieren schnell.

Aus diesen Gründen wird vermehrt über die Rolle der Moore beim Klimawandel diskutiert. Dabei geht es im Kern um die Fragen, welchen Beitrag Moore und Moorböden an den Treibhausgasemissionen global und lokal haben, mit welchen Vermeidungsmaßnahmen die Klimawirksamkeit von Moorböden verringert werden kann und ob in Mooren spezielle Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel notwendig sind. Diese Zukunftsaufgabe (JESSEL 2008) stellt alle Beteiligten vor Herausforderungen: Während auf internationaler Ebene über zukünftige Klimaabkommen gerungen wird (JOOSTEN 2010), werden gleichzeitig auf nationaler oder lokaler Ebene am Schutz der Erdatmosphäre orientierte Moorschutzprogramme und Vernässungsprojekte aufgelegt (JOOSTEN 2007, SCHLESWIG-HOLSTEINISCHER LANDTAG 2008, MULV MV 2009). Parallel dazu werden nationale Inventarberichte fortgeschrieben und wächst das Verständnis, welche Faktoren die Intensität der Treibhausgasemissionen aus Moorböden beeinflussen (FREIBAUER et al. 2009). Entscheidungen dazu laufen zeitgleich und auf unterschiedlichen Ebenen ab. Je nach Staatensystem (zentralistisch oder föderalistisch) lassen sich politische Entscheidungen schnell oder auch weniger schnell umsetzen. Dass das Thema über verschiedene

Ebenen angegangen wird, ist an sich nicht problematisch, weil sich die Richtung einer moorschonenden Umweltpolitik seit Jahrzehnten nicht wesentlich verändert hat (JOOSTEN & CLARKE 2002).

Vor diesem Hintergrund war es Anfang 2009 erforderlich, für das einst moorreiche Bundesland Schleswig-Holstein die Klimawirksamkeit aller Moorböden zu bilanzieren, um eine Größenordnung der klimawirksamen Emissionen aus Moorböden an den Gesamtemissionen des Landes zu erhalten und darauf aufbauend Vorschläge für die zukünftige Vermeidung dieser Emissionen zu erarbeiten. Diese Daten waren sowohl für den Klimaschutzbericht 2009 von Nutzen als auch für ein gegenwärtig in der Erarbeitung befindliches Moorschutzprogramm für Schleswig-Holstein.

## 2. Material und Methoden

### 2.1 Berechnungsgrundlagen

Die Bilanzierung der Klimawirkung von Moorböden wird mit Gleichung 1 berechnet:

$$GWP = \sum_{i=1}^n (A_i * Egwp_i)$$

Um Gleichung 1 zu lösen, werden Geodaten von Moorböden (Verbreitung und Qualität) und jeweils zugehörige vegetations-spezifische Emissionswerte benötigt. Die zu berechnenden Biotope werden hier als Raumeinheiten bezeichnet. Ihnen müssen neben den Flächengrößen die Emissionswerte gemäß Standorttyp zugewiesen und in die Berechnung einbezogen werden. Danach wird die Klimawirksamkeit einer Raumeinheit pro Jahr (global warming potential = GWP) durch Multiplikation der Flächengrößen ( $A_i$  in ha) in der Raumeinheit vorkommenden Kombinationen von Boden- und Vegetationsformen mit dem kombinationsspezifischen Emissionswert ( $Egwp_i$  in  $\text{CO}_2$ -Äquivalenten pro ha und Jahr) und anschließender Summation der kombinationsspezifischen flächenhaften Emissionswerte ermittelt. Diese Berechnungsweise entspricht mathematisch der im Rahmen der Klimaberichterstattung möglichen und von den meisten Staaten praktizierten Berechnung der landnutzungsbedingten Spurengasemissionen.

### 2.2 Eingangsdaten

Für die Bilanzierung der Klimawirksamkeit der Moorböden Schleswig-Holsteins wurden folgende Datensätze verwendet.

### 2.2.1 Digitale Moorbodenkarte

Die digitale Moorbodenverbreitungskarte Schleswig-Holsteins wurde 1998 von der Abteilung Geologie im Auftrag der Abteilung Gewässer des Landesamtes durch Digitalisierung aller zu diesem Zeitpunkt vorhandenen kartographischen Angaben zur Verbreitung von Mooren in geologischen und bodenkundlichen Karten und Manuskriptkarten erstellt. Die Originaldaten dieser Karten wurden im Zeitraum von 1935 bis zum Ende der 1990er Jahre erhoben, dabei wurden unterschiedliche Kartiereinheiten verwendet, die in der digitalen Karte auf die Einheiten Hochmoor und Niedermoor reduziert wurden. Nach dieser Datenquelle haben sich auf 7,3 % der Landesfläche Niedermoore und auf 1,9 % Hochmoore gebildet. Insgesamt bedecken Moorböden 1455 km<sup>2</sup> in Schleswig-Holstein; dies entspricht einem Flächenanteil an der Landesfläche von 9,2 %.

### 2.2.2 Biotopkartierung

In Schleswig-Holstein wurde die Biotopkartierung in den Jahren 1978 bis 1997 nach Vorgaben der Abteilung Naturschutz des Landesamtes für Natur und Umwelt des Landes Schleswig-Holstein durchgeführt. Die Angaben zur Verbreitung von ökologisch wertvollen Biotopen auf Moorböden wurden von DREWS et al. (2000) im Rahmen der Erstellung des Niedermoorprogramms zusammengestellt.

### 2.2.3 Emissionswerte nach dem GEST-Ansatz

Von COUWENBERG et al. (2008) wurde im Auftrag des Ministeriums für Landwirtschaft, Umwelt und Verbraucherschutz Mecklenburg-Vorpommern eine in der Praxis einsetzbare Methode zur Beurteilung der Klimarelevanz von Mooren entwickelt. Dabei nutzen COUWENBERG et al. (2008) einen klassischen vegetationskundlichen Ansatz zur Standortindikation. Basierend auf der Erkenntnis, dass die Vegetationsformen bzw. Pflanzengesellschaften eines Standorts dessen Standorteigenschaften widerspiegeln (KOSKA et al. 2001, SCHOLLE & SCHRAUTZER 1993), werden den Vegetationsformen anhand ihrer mittleren jährlichen Wasserstände und Vegetationszusammensetzung Spurengasemissionswerte für Methan und Kohlendioxid zugeordnet. Grundlage für diese Standortwerte ist eine umfangreiche Literaturlauswertung, bei der aus Messungen auf Jahreswerte hochgerechnete Emissionswerte sowie die sie steuernden Begleitparameter wie Wasserstände, Trophie, Bodentyp, Acidität und die Vegetationszusammensetzung ausgewertet wurden. Als Ergebnis dieser Auswertung wurde festgestellt, dass unter den vorhandenen Parametern der mittlere jährliche Grundwasserstand die beste einzelne Erklärungsgröße für die CO<sub>2</sub>- und CH<sub>4</sub>-Emissionen ist. Darüber hinaus beeinflusst das Vorkommen von Pflanzen mit einem Aerenchym die Methan-Emissionen, weil dieses Gas über in der anaeroben Zone wurzelnde Rhizome direkt an die Geländeoberfläche geleitet wird (shunt-Pflanzen). Beim GEST-Ansatz bleiben die N<sub>2</sub>O-Emissionen unberücksichtigt, weil diese sehr er-ratisch sind und breit einsetzbare Proxy-Größen für Lachgasflüsse von Böden bisher fehlen (vgl. JUNGKUNST et al. 2006, LAMERS et al. 2007, BAGGS 2008).

Für die Bilanzierung der Klimarelevanz der Moorböden Schleswig-Holsteins wurden die Standorttypen des GEST-Ansatzes auf die größeren Einheiten der Biotopkartierung übertragen. Dabei wurde eingeschätzt, welche Vegetationsform des GEST-Modells den in Schleswig-Holstein verwendeten Biotoptypen schwerpunktmäßig am nächsten steht (Tab. 1).

Tab. 1: Treibhausgasemissionswerte verschiedener Biotop- und Nutzungsformen auf Moorböden nach dem GEST-Ansatz.

Global warming potential of different ecosystems on peat soils according the GEST-model.

Einheiten Biotopkartierung	Wasserstufe	Torfart	GWP* t CO <sub>2</sub> -eq ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>
<b>Nasse, hochwertige Systeme</b>			
Bult-Schlenken-Stadium	4+ / 5+	Hochmoor	5
Bruchwald <sup>o</sup>	5+	Niedermoor	1
Ehemaliger Torfstich	5+	Hochmoor	3
Übergangs-/ Schwingmoorflächen, naturnah	4+ / 5+	Hochmoor	3
Röhricht	4+	Niedermoor	11
Großseggenried	5+	Niedermoor	5
Niedermoor, Sumpf	5+	Niedermoor	7
<b>Entwässerte hochwertige Flächen</b>			
Heidekraut-Stadium	4+	Hochmoor	9,5
Pfeifengras-Stadium	4+	Hochmoor	9,5
Birken-Stadium	4+	Hochmoor	9,5
Feuchtgebüsch (Weiden) <sup>o</sup>	4+	Niedermoor	0
Hochstaudenflur	2+	Niedermoor	24
Talniederung	3+	Niedermoor	16,5
Feuchtgrünland	3+	Niedermoor	16,5
<b>Entwässerte geringwertige Flächen</b>			
Grünland extensiv	3+	Hochmoor	15
Grünland extensiv	3+	Niedermoor	15
Grünland intensiv	2+	Hochmoor	24
Grünland intensiv	2+	Niedermoor	24
Acker <sup>o</sup>	2+	Hochmoor	24
Acker <sup>o</sup>	2+	Niedermoor	24

<sup>o</sup>: Wasserstufe und Emissionswerte ergänzt (siehe Text); \* GWP = global warming potential.

Die Wasserstufen der Biotoptypen orientieren sich am Vegetationsformen-Ansatz (verändert nach KOSKA et al. 2001, COUWENBERG et al. 2008) und werden wie folgt definiert: 6+ entspricht geflutet (unteres Eulitoral), 5+ nass (oberes Eulitoral), 4+ halbnass (sehr feucht), 3+ feucht und 2+ mäßig feucht. Die Wasserstufen und Klimawirksamkeit der CO<sub>2</sub>- und CH<sub>4</sub>-Emissionen von Ackerflächen und Wäldern auf Moorböden wurden auf der Basis von Literatúrauswertungen konservativ abgeschätzt (AUGUSTIN et al. 1996, 1998, AUGUSTIN 2003, FREIBAUER et al. 2009, ESCHENBACH et al. 1997, VON ARNOLD, 2004).

### 3. Ergebnisse

Für die Bilanzierung der Klimawirksamkeit der Moorböden Schleswig-Holsteins wurden die Flächengrößen der Vegetationseinheiten mit den jeweiligen standorttypischen Emissionsfaktoren multipliziert. Die Ergebnisse sind in Tabelle 2 aufgeführt. Nach diesen Berechnungen werden von rd. 145.500 ha Moorböden in Schleswig-Holstein insgesamt jährlich 2,459 Millionen t CO<sub>2</sub>-Äquivalente emittiert.

Tab. 2: Treibhausgasemissionswerte verschiedener Biotop- und Nutzungsformen auf Moorböden nach dem GEST-Ansatz in Schleswig-Holstein (°: Flächengrößen geschätzt; \*: GWP = global warming potential).

Global warming potential of ecosystems on peat soils in Schleswig-Holstein according the GEST-model (° area estimated; \*: GWP = global warming potential).

Einheiten Biotopkartierung	Torfart	Fläche (ha)	GWP* t CO <sub>2</sub> -eq a <sup>-1</sup>
Bult-Schlenken-Stadium	Hochmoor	141	705
Bruchwald°	Niedermoor	4.763	4.763
Ehemaliger Torfstich	Hochmoor	1.176	3.528
Übergangs-/ Schwingmoorflächen, naturnah	Hochmoor	402	1.206
Röhricht	Niedermoor	7.314	80.454
Großseggenried	Niedermoor	1.088	5.440
Niedermoor, Sumpf	Niedermoor	2.599	18.193
<b>Summe nasse hochwertige Systeme</b>	<b>Moorböden</b>	<b>17.483</b>	<b>114.289</b>
Heidekraut-Stadium	Hochmoor	851	8.085
Pfeifengras-Stadium	Hochmoor	3.756	35.682
Birken-Stadium	Hochmoor	4.025	38.237
Feuchtgebüsch (Weiden)°	Niedermoor	2.305	0
Hochstaudenflur	Niedermoor	2.657	63.768
Talniederung	Niedermoor	1.743	28.760
Feuchtgrünland	Niedermoor	5.417	89.380
<b>Summe entwässerte hochwertige Systeme</b>	<b>Moorböden</b>	<b>20.754</b>	<b>263.912</b>
Grünland extensiv	Hochmoor	14.884 °	223.260
Grünland extensiv	Niedermoor	40.000 °	600.000
Grünland intensiv	Hochmoor	5.000 °	120.000
Grünland intensiv	Niedermoor	37.113 °	890.712
Acker	Hochmoor	300 °	7.200
Acker	Niedermoor	10.000 °	240.000
<b>Summe entwässerte geringwertige Flächen</b>	<b>Moorböden</b>	<b>107.297</b>	<b>2.081.172</b>
<b>Gesamtsumme Schleswig-Holstein</b>	<b>Moorböden</b>	<b>145.534</b>	<b>2.459.373</b>

Den größten Anteil an diesen Emissionen haben die intensiv landwirtschaftlich als Grünland genutzten Niedermoorböden mit 36 %, gefolgt von extensiv landwirtschaftlich als Grünland genutzten Niedermoorböden mit 24 %. Die Emission von ackerbaulich genutzten Niedermoorböden betragen 10 %. Landwirtschaftlich genutzte Hochmoorböden haben insgesamt einen Anteil von 14 % an den Emissionen.

Nasse, ökologisch meist hochwertige Systeme kommen auf einer Fläche von rd. 17.500 ha vor; ihr Anteil an der Moorfläche beträgt 12 %: Die von diesen Flächen ausgehenden Emissionen an CO<sub>2</sub> und CH<sub>4</sub> betragen 114.289 t CO<sub>2</sub>-Äquivalente jährlich. Dies entspricht einem Anteil von 5 % an den von Moorböden Schleswig-Holsteins ausgehenden Gesamtemissionen. Im Vergleich dazu emittieren entwässerte Flächen grob abgeschätzt etwa 2,3 Millionen t CO<sub>2</sub>-Äquivalente jährlich.

## 4. Diskussion

### 4.1 Unsicherheiten

Die vorliegende Abschätzung der Klimawirksamkeit von Moorböden Schleswig-Holsteins ist nur grob. Die Angaben zur Verbreitung der Moorböden Schleswig-Holsteins wurden über einen langen Zeitraum erfasst. Insbesondere bei flachgründigen Moorböden kann der Torfkörper in Folge von Entwässerung und landwirtschaftlicher Nutzung vollständig degradiert sein. Aktuelle Verbreitungsangaben zu Moorböden können nur durch gezielte Nachkartierungen erfasst werden. Andere Datenquellen wie die Reichsbodenschätzung sind für diesen Zweck weniger geeignet, weil sie zum einen von der Erfassung her älter sind als die verwendeten Geodaten und zum anderen nicht flächendeckend vorliegen.

Auch die Flächenangaben zu den Biotopen haben ein hohes Maß an Unsicherheit, weil ihre Erfassung bis 1978 zurückreicht und die Daten daher nicht mehr die aktuellen Landnutzungsverhältnisse spiegeln. Hier bieten zwar Fernerkundungsverfahren (z. B. CORINNE) aktuellere Daten zur Landbedeckung (TREPEL 2007), diese differenzieren aber nicht fein genug bei den ökologisch hochwertigen Flächen und den unterschiedlich intensiv genutzten Grünlandstandorten.

Ebenfalls mit Unsicherheiten behaftet sind die verwendeten Emissionsfaktoren. Die verwendeten Werte liegen in einer ähnlichen Größenordnung wie die Werte aus Literaturrecherchen von HÖPER (2007) oder FREIBAUER et al. (2009). Allerdings basieren die Emissionsabschätzungen von HÖPER (2007) teilweise auf Moorsackungsdaten, wodurch bei der Umrechnung erhebliche Unsicherheiten auftreten. Des Weiteren bieten die Daten von HÖPER (2007) keine Differenzierung in unterschiedlich genutzte Grünlandssysteme oder unterschiedlich nasse, natürliche und halb-natürliche Vegetationsformen. Gerade die Differenzierung in die letzten drei Kategorien wird in der Praxis dringend benötigt, um Entwicklungspotenziale abzuschätzen. Die hier verwendete feinere Differenzierung erscheint gerechtfertigt, weil die CO<sub>2</sub>- und CH<sub>4</sub>-Emissionen, wie zahlreiche Studien bestätigen (z. B. DRÖSLER 2005), maßgeblich von den mittleren jährlichen Entwässerungstiefen geprägt und lediglich durch die Vegetationszusammensetzung und Nutzungsintensität variiert werden.

Methodische Unsicherheiten bestehen bei der „Übersetzung“ der auf Vegetationsformen basierenden GEST-Faktoren in Biotope. Die abiotischen Standortfaktoren der Biotope haben eine breitere Standortamplitude als die der Vegetationsformen. Schilfröhrichte kommen zum Beispiel zwischen den Wasserstufen 3+ bis 6+ vor; ihr Verbreitungsschwerpunkt liegt aber bei Wasserstufe 4+, so dass die hierfür geltenden GEST Faktoren als repräsentativ angesehen werden. Ähnlich verhält es sich mit den anderen Biotoptypen. Daher wird die hier vorliegende Abschätzung als die zurzeit bestmögliche Abschätzung der Klimawirksamkeit von Moorböden auf Landesebene betrachtet. Dabei dürften die Emissionen von tief entwässerten Standorten erheblich höher sein. Die hier aufgeführten Zahlen gelten daher als konservative beste Abschätzungen, zumal die Lachgasemissionen außer Betracht gelassen wurden. Verbesserungen im Sinne einer Verringerung der mit der Bilanzierung verbundenen Unsicherheiten werden vor allem durch aktuelle Angaben zur Verbreitung der Moorböden und zum aktuellen Nutzungszustand erreicht. Zusätzliche Emissionsdaten unterschiedlicher Vegetationstypen werden zu einer Verbesserung und Absicherung führen.

#### 4.2 Bedeutung der Emissionen aus Moorböden

In Schleswig-Holstein werden nach Angaben des Statistischen Landesamts Nord (STATISTIK NORD 2008) aktuell jährlich 24,7 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalente an klimawirksamen Spurengasen ohne Berücksichtigung der Landwirtschaft und der Emissionen aus entwässerten Moorböden emittiert (Tab. 3). Die Emissionen aus entwässerten Moorböden entsprechen knapp 10 % dieser 24,7 Mio. Tonnen.

Tab. 3: Aktuelle Emissionen klimawirksamer Spurengase in Millionen t CO<sub>2</sub>-Äquivalente pro Jahr unterschiedlicher Sektoren nach Angaben des Statistischen Landesamtes Nord ergänzt um Emissionen entwässerter Moorböden Schleswig-Holsteins.  
Emission in million t of CO<sub>2</sub>-equivalents per year of main sectors and of drained peat soils in the federal state of Schleswig-Holstein.

Sektor / Quelle	Emissionen	Anteil an Gesamtemissionen <sup>o</sup>
Haushalte	8,3	33,6%
Industrie	5,9	23,9%
Verkehr	5,6	22,7%
Gewerbe, Handel, Dienstleistungen	4,9	19,8%
Summe	24,7	100,0%
Verhältnis zu Gesamtemissionen <sup>o</sup>		
Entwässerte Moorböden	2,3	9,3%

<sup>o</sup> Gesamtemissionen ohne Landnutzung und Landnutzungsänderungen

### 4.3 Entwicklungsperspektiven / Szenarien

Durch Vernässung in Verbindung mit Extensivierung kann die Klimawirkung von Moorböden verringert werden. Die größten Emissionsminderungseffekte (bis zu 20 t CO<sub>2</sub>-Äquivalente ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>) werden erreicht, wenn tief entwässerte und landwirtschaftlich genutzte Niedermoorböden der Wasserstufe 2+ durch Vernässung in die Wasserstufe 5+ überführt werden und sich mittelfristig Röhrichte oder Großseggenrieder auf diesen Standorten etablieren (Tab. 1). Die Vernässung tief entwässerter Hochmoorflächen wäre ebenso effektiv, wenn es gelänge, die hydrologischen Verhältnisse für die Etablierung torfmoosreicher Bult-Schlenken-Systeme wieder herzustellen.

In zwei Szenarien wurde geprüft, wie sich unterschiedliche Entwicklungsziele auf die Emissionen aus Moorböden auswirken würden. Im Szenario 1 „Moderate Vernässung mit Extensivierung“ wurde angenommen, dass alle landwirtschaftlich genutzten Hochmoorböden in naturnahe Übergangsmoore bzw. Schwingrasen sowie Ackerflächen und Intensivgrünland auf Niedermoorböden in extensiv genutztes Feuchtgrünland umgewandelt werden. Im Szenario „Paludikultur“ werden alle Acker und Intensivgrünlandflächen auf Hoch- und Niedermoorböden vollständig vernässt und in Paludikultur-Systeme umgewandelt (Tab. 4). In beiden Szenarien werden extensiv genutzte Niedermoorböden nicht weiter vernässt. Alle Landnutzungsänderungen setzen in beiden Szenarien eine Anhebung der Wasserstände gemäß den Definitionen in Tabelle 1 voraus.

Tab. 4: Beschreibung der Änderungen von Nutzung und Wasserstand in den Entwicklungsszenarien.  
Description of land use and water management change in the scenarios.

<b>Ist-Zustand</b>	<b>Szenario 1: Moderate Vernässung mit Extensivierung</b>	<b>Szenario 2: Paludikultur</b>
Degradierete Hochmoorstadien (Heidekraut- und Pfeifengrasstadien)	Hochmoor, Bult-Schlenken-Stadien	Hochmoor, Bult-Schlenken-Stadien
Degradierete Hochmoorstadien (Birkenstadium)	Übergangsmoorstadien	Übergangsmoorstadien
Hochstaudenfluren	Bruchwälder	Bruchwälder
Extensiv-Grünland (Hochmoor)	Übergangsmoor	Übergangsmoor
Intensiv-Grünland (Hochmoor)	Übergangsmoor	Übergangsmoor / Paludikultur (Torfmoosproduktion)
Intensiv-Grünland (Niedermoor)	Extensiv-Grünland	Paludikultur / Seggenried
Acker (Hochmoor)	Übergangsmoor	Paludikultur / Torfmooskultur
Acker (Niedermoor)	Extensiv-Grünland	Paludikultur (Erlenwälder)
Extensiv landwirtschaftlich genutzte Flächen	bleibt so	bleibt so

Das Treibhauspotential der entwässerten Moorböden Schleswig-Holsteins kann von 2,3 Millionen t CO<sub>2</sub>-Äquivalente a<sup>-1</sup> durch moderate Vernässung mit Extensivierung im Szenario 1 auf 1,5 Millionen t CO<sub>2</sub>-Äquivalente a<sup>-1</sup> und durch Einführung einer Paludikul-

tur auf 1,0 Millionen t CO<sub>2</sub>-Äquivalente a<sup>-1</sup> verringert werden. Die Einsparungen von 0,8 Millionen t CO<sub>2</sub>-Äquivalente a<sup>-1</sup> im Szenario 1 hätten einen Anteil an den Gesamtemissionen ohne Landnutzung aus Schleswig-Holstein von 3,1 % und die Verminderung um 1,3 t Millionen t CO<sub>2</sub>-Äquivalente a<sup>-1</sup> im Szenario 2 einen Anteil von 5,2 %. Dies sind im Vergleich zu anderen technischen Maßnahmen beachtliche Minderungspotenziale, die kostengünstig realisiert werden können (SCHÄFER 2009).

## 5. Ausblick

Entwässerte Moorböden tragen in den norddeutschen Bundesländern erheblich zu den klimawirksamen Emissionen bei (Tab. 5). Sie sind damit eine nicht zu vernachlässigende Quelle klimawirksamer Emissionen, die bei zukünftigen Bilanzierungen mitberücksichtigt werden muss.

Tab. 5: Verhältnis der Emissionen entwässerter Moorböden zu den Gesamtemissionen ohne Landnutzungen von drei norddeutschen Bundesländern.  
Emissions from drained peat soils expressed as fraction of the total emissions without land use of three Federal states in North-Germany.

Bundesland	Verhältnis Emissionen entwässerter Moorböden zu Gesamtemissionen ohne Landnutzung	Methode	Quelle
Schleswig-Holstein	9 %	GEST	diese Studie
Mecklenburg-Vorpommern	37 %	GEST	MLUV MV (2009)
Brandenburg	36 %	GEST	LANDGRAF (2010)

Diese grob bilanzierten Zahlen unterstreichen, dass die Entwicklung moorschonender Nutzungsformen in Norddeutschland auch unter dem Aspekt des Atmosphärenschutzes dringend geboten ist. Es ist seit langem bekannt, dass für den Erhalt und die Wiederherstellung von Mooren die Wasserstände im Moor und in dessen Umgebung (Stichwort hydrologische Schutzzone) angehoben und stabilisiert werden müssen. Die Umsetzung solcher Maßnahmen vermindert mittelfristig die Klimawirksamkeit dieser Standorte und ermöglicht im günstigsten Fall die Initiierung einer torfbildenden Vegetation. Gleichzeitig dienen diese Maßnahmen auch den Zielen des Gewässerschutzes, weil die Flächen extensiviert werden und das Rückhaltevermögen verbessert wird, sowie dem Arten- und Biotopschutz, weil der Lebensraum für an nasse Verhältnisse angepasste Arten vergrößert wird (TREPEL 2008, LANDGRAF 2010). In zahlreichen Fällen können vernässte Standorte auch weiterhin ökonomisch rentabel genutzt werden. Die Nutzung nasser Standorte wird mit dem Begriff Paludikultur bezeichnet und umfasst ein Nutzungsspektrum von extensiver Beweidung, Anbau von Erlen-Wertholz, Biomasse-Gewinnung in Röhrichten oder Torfmoosanbau (WICHTMANN et al. 2010). Neben der Nutzung nasser Moorböden stehen

die klassischen Naturschutzkonzepte, ökologisch hochwertige Moore entweder zu pflegen oder sich eigendynamisch entwickeln zu lassen. Die Entscheidung zwischen Pflegegenutzung und Sukzession hängt vom Arten- und Biotopbestand eines Gebiets ab, in jedem Fall muss geprüft werden, ob die hydrologischen Verhältnisse entsprechend den naturschutzfachlichen Entwicklungszielen durch gebietsspezifische Maßnahmen optimiert werden können. Diese Maßnahmen vermindern die Emissionen klimawirksamer Spurengase.

Um großflächig die von entwässerten Moorböden ausgehenden Umweltbelastungen zu mindern, sind aber weitergehende Konzepte und Maßnahmen erforderlich. Diese müssen auf möglichst vielen Ebenen ansetzen. Der Ankauf und die Vernässung von degradierten Mooren wird für den Naturschutz eine wichtige Säule bleiben. Weiterhin ist es notwendig, eine klimaschonende Nutzung von Moorböden finanziell zu honorieren. Hierfür sollten geeignete Agrarumweltmaßnahmen entwickelt werden, deren Prämien sich an den Vernässungshöhen orientieren (SCHÄFER 2009). Auch der freiwillige Kohlenstoffhandel hat ein erhebliches Potenzial, um die Vernässung von Moorböden in Deutschland zu unterstützen. Flankierend wirken sich imagefördernde Maßnahmen, wie die in Mecklenburg-Vorpommern entwickelten MoorFutures, positiv auf die Wahrnehmung dieser Thematik in der Öffentlichkeit aus.

## 6. Danksagung

Wir danken Monique Ziebarth und Thorsten Permien vom Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Verbraucherschutz Mecklenburg-Vorpommern für die Initiierung und Finanzierung des GEST-Ansatzes und ihre stete Diskussionsbereitschaft.

## 7. Literaturverzeichnis

- AUGUSTIN, J. (2003): Gaseous emissions from constructed wetlands and (re)flooded meadows. - *Publications Instituti Geographici Universitatis Tartuensis* **94**: 3-8
- AUGUSTIN, J., MERBACH, W., KÄDING, SCHMIDT, W. & SCHALITZ, G. (1996): Lachgas- und Methanemission aus degradierten Niedermoorstandorten Nordostdeutschlands unter dem Einfluß unterschiedlicher Bewirtschaftung. - In: Alfred-Wegener-Stiftung (ed.): *Von den Ressourcen zum Recycling*: 131-139; Berlin (Ernst & Sohn).
- AUGUSTIN, J., MERBACH, W., STEFFENS, L. & SNELINSKI, B. (1998): Nitrous oxide fluxes of disturbed minerotrophic peatlands. - *Agrobiological Research* **51**: 47-57.
- BAGGS, E.M. (2008): A review of stable isotope techniques for N<sub>2</sub>O source partitioning in soils: recent progress, remaining challenges and future considerations. - *Rapid Communications in Mass Spectrometry* **22**: 1664-1672.

- COUWENBERG, J., AUGUSTIN, J., MICHAELIS, D., WICHTMANN, W. & JOOSTEN, H. (2008): Entwicklung von Grundsätzen für eine Bewertung von Niedermooren hinsichtlich ihrer Klimarelevanz. - Unveröffentlichte Studie im Auftrag des Ministeriums für Landwirtschaft, Umwelt und Verbraucherschutz Mecklenburg-Vorpommern; Greifswald. Online: <http://paludiculture.botanik.uni-greifswald.de/documents/gest.pdf>.
- DREWS, H., JACOBSEN, J., TREPPEL, M. & WOLTER, K. (2000): Moore in Schleswig-Holstein unter besonderer Berücksichtigung der Niedermoore - Verbreitung, Zustand und Bedeutung. - *Telma* **30**: 241-278; Hannover
- DRÖSLER, M. (2005): Trace gas exchange and climatic relevance of bog ecosystems, Southern Germany. - Dissertation an der Technischen Universität München, 179 S.; München.
- ESCHENBACH, C., MIDDELHOFF, W., STEINBORN, W., WÖTZEL, J. KUTSCH, W. & KAPPEN, L. (1997): Von Einzelprozessen zur Kohlenstoffbilanz eines Erlenbruchs im Bereich der Bornhöveder Seenkette. - *EcoSys Supplement* **20**: 121-132.
- FREIBAUER, A., DRÖSLER, M., GENSIOR, A. & SCHULZE, E.-D. (2009): Das Potenzial von Wäldern und Mooren für den Klimaschutz in Deutschland und auf globaler Ebene. - *Natur und Landschaft* **84**: 20-25.
- HÖPER, H. (2007): Freisetzung von Treibhausgasen aus deutschen Mooren. - *Telma* **37**: 85 - 116; Hannover.
- JESSEL, B. (2008): Zukunftsaufgabe Klimawandel – der Beitrag der Landschaftsplanung. - *Natur und Landschaft* **83**: 311 - 317.
- JOOSTEN, H. & CLARKE, D. (2002): The Wise Use of Mires and Peatlands - Background and Principles including a Framework for Decision-making. - International Mire Conservation Group & International Peat Society. 304 pp.
- JOOSTEN, H. (2007): Belarus takes the lead in peatland restoration for climate! - *IMCG-Newsletter* **2007** (3): 21-23.
- JOOSTEN, H. (2010): Getting peatlands under Kyoto: Arriving in Copenhagen – and now what? - *IMCG-Newsletter* **2010** (1): 8-11.
- JUNGKUNST, H.F., FREIBAUER, A., NEUFELDT, H. & BARETH, G. (2006): Nitrous oxide emissions from agricultural land use in Germany - a synthesis of available annual field data. - *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* **169**: 341-351.
- LAMERS, M., INGWERSEN, J. & STRECK, T. (2007): Modelling nitrous oxide emission from water-logged soils of a spruce forest ecosystem using the biogeochemical model Wetland-DNDC. - *Biogeochemistry* **86**: 287–299.
- KOSKA, I., SUCCOW, M. & CLAUSNITZER, U. (2001): Vegetation als Komponente landschaftsökologischer Naturraumkennzeichnung. - In: SUCCOW, M. & JOOSTEN, H. (Hrsg.): *Landschaftsökologische Moorkunde*, 2. Auflage: 112-128; Stuttgart (Schweizerbart sche Verlagsbuchhandlung).
- LANDGRAF, L. (2010): Wo steht der Moorschutz in Brandenburg? - *Naturschutz und Landschaftspflege in Brandenburg* **19** (3-4): 126-131.

- MULV MV / Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Verbraucherschutz Mecklenburg-Vorpommern (2009): Konzept zum Schutz und zur Nutzung der Moor - Fortschreibung des Konzepts zur Bestandssicherung und zur Entwicklung der Moore. - 102 S.; Schwerin.
- SCHÄFER, A. (2009): Moore und Euros – die vergessenen Millionen. - Archiv für Forstwesen und Landschaftsökologie **43** (4): 156-160.
- SCHLESWIG-HOLSTEINISCHER LANDTAG (2008): Antrag der Fraktionen von CDU und SPD Moorschutzprogramm für Schleswig-Holstein. - Schleswig-Holsteinischer Landtag Drucksache 16/2272.
- SCHOLLE, D. & SCHRAUTZER, J. (1993): Zur Grundwasserdynamik unterschiedlicher Niedermoor-Gesellschaften Schleswig-Holsteins. - Zeitschrift für Ökologie und Naturschutz **2**: 87-98.
- STATISTIK NORD / Statistisches Amt für Hamburg und Schleswig-Holstein (2008): Kohlendioxid(CO<sub>2</sub>)-Emissionen in Hamburg- und Schleswig-Holstein 2005. - Statistik informiert II/2008 (30.05.2008).
- TREPEL, M. (2006): Modellanwendungen bei der skalenübergreifenden Planung, Umsetzung und Erfolgskontrolle von Umweltprogrammen – am Beispiel des Niedermoorprogramms Schleswig-Holsteins. - Habilitationsschrift, Christian-Albrechts-Universität Kiel; Kiel
- TREPEL, M. (2007): Evaluation of the implementation of a goal-oriented peatland rehabilitation plan. - Ecological Engineering **30**: 167-175.
- TREPEL, M. (2008): Zur Bedeutung von Mooren in der Klimadebatte. - Jahresberichte des Landesamtes für Natur und Umwelt des Landes Schleswig-Holstein 2007/08, **12**: 61-74.
- VON ARNOLD, K. (2004): Forests and greenhouse gases - fluxes of CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> and N<sub>2</sub>O from drained forests on organic soils. - Linköping Studies in Arts and Science no **302**. 48p.
- WICHTMANN, W., WICHMANN, S. & TANNEBERGER, F. (2010): Paludikultur – Nutzung nasser Moore: Perspektiven der energetischen Verwertung von Niedermoorbiomasse. - Naturschutz und Landschaftspflege in Brandenburg **19** (3-4): 211-218.
- ZAUFT, M., FELL, H., GLÄBER, F., ROSSKOPF, N. & ZEITZ, J. (2010) Carbon storage in the peatlands of Mecklenburg-Western Pomerania, north-east Germany. - Mires and Peat **6**: Art. 4. (Online: [http://www.mires-and-peat.net/map06/map\\_06\\_04.htm](http://www.mires-and-peat.net/map06/map_06_04.htm))

Anschriften der Verfasser:

R. Jensen

Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume Schleswig-Holstein

Abt. Naturschutz

Hamburger Chaussee 25

D-24220 Flintbek

E-Mail: [rita.jensen@llur.landsh.de](mailto:rita.jensen@llur.landsh.de)

J. Couwenberg

DUENE e.V.

Institut für Dauerhaft Umweltgerechte Entwicklung von Naturräumen der Erde

Grimmer Straße 88

D-17487 Greifswald

E-Mail: [couw@gmx.net](mailto:couw@gmx.net)

Dr. M. Trepel

Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume Schleswig-Holstein

Abt. Gewässer

Hamburger Chaussee 25

D-24220 Flintbek

E-Mail: [michael.trepel@llur.landsh.de](mailto:michael.trepel@llur.landsh.de)

Manuskript eingegangen am 16. September 2010