

## 2.4. Erläuterungen zur Klimamatrix

Annette Freibauer<sup>1</sup>, Bärbel Tiemeyer<sup>1</sup>, Michel Bechtold<sup>1</sup> & Matthias Drösler<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Thünen-Institut für Agrarklimaschutz, Braunschweig (annette.freibauer@ti.bund.de)

<sup>2</sup> Hochschule Weihenstephan-Triesdorf (HSWT), Professur für Vegetationsökologie, Freising

### 2.4.1 Einleitung

In Deutschland bedecken Moore etwa 5 % der Landoberfläche (ROBKOPF et al., 2015). Diese Moore enthalten 43 % des Bodenkohlenstoffs in deutschen Böden (FREIBAUER et al., 2009). Die Torfe sind über Jahrtausende aus torfbildenden Pflanzen (Torfmoose, Seggen, Schilf und andere) unter anaeroben Verhältnissen entstanden. Bei der Torfbildung wird Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) langfristig der Atmosphäre entzogen. Ein Teil des Pflanzenkohlenstoffs wird in nassen Mooren als Methan (CH<sub>4</sub>) freigesetzt. Im Hinblick auf die Treibhausgaswirkung gleichen sich die CO<sub>2</sub>-Senke und CH<sub>4</sub>-Quelle in naturnahen Mooren weitgehend aus bzw. wirken langfristig in der Bilanz als Senke und damit im Hinblick auf das globale Klima kühlend (FROLKING & ROULET, 2007). Werden Moore für eine land- oder forstwirtschaftliche Nutzung entwässert, gelangt Sauerstoff in den zuvor wassergesättigten Torf, was zu einer mikrobiellen Freisetzung von Kohlendioxid führt. Dieser Prozess wird auch als Torfzehrung oder Torfschwund bezeichnet. Entwässerte Moorböden sind Hotspots für Treibhausgas-(THG)-Emissionen, insbesondere für CO<sub>2</sub> und das sehr starke Treibhausgas Lachgas (N<sub>2</sub>O).

Über 95 % der deutschen Moorböden sind entwässert und genutzt. Die entwässerten Moore tragen 4-5 % zu den gesamten deutschen Treibhausgasemissionen bei, was in etwa dem jährlichen Flugverkehr in Deutschland entspricht (UMWELTBUNDESAMT, 2014).

Treibhausgase in organischen Böden haben verschiedene Quellen. Die klimarelevanten CO<sub>2</sub>-Flüsse aus organischen Böden, die THG-Bilanz sowie deren Ermittlung bzw. Messmethoden sind in Kapitel 4.7.2 beschrieben. Die Treibhausgasemissionen aus entwässerten Moorböden steigen grob proportional zur Entwässerungstiefe an. Die tatsächliche Emissionshöhe und der Emissionsanstieg mit zunehmender Entwässerungstiefe sind aber standortspezifisch, besonders bei Entwässerungstiefen, die tiefer als 30-40 cm unter Flur liegen (TIEMEYER et al., eingereicht). Im naturnahen Bereich sind Vegetationstypen ein relativ zuverlässiger Indikator für Treibhausgase. Je tiefer die Entwässerung und je intensiver die Nutzung ist, umso höher, aber auch variabler werden die Emissionen. Treibhausgase können unter diesen Bedingungen nur durch zusätzliche Standortdaten quantitativ geschätzt werden. Nichtsdestotrotz können Treibhausgasemissionen grob qualitativ bis semiquantitativ mit einfachen Standort-Nutzungs- oder Vegetationsgrößen geschätzt werden. Damit kann auch die Wirkung von Wiedervernässungsmaßnahmen qualitativ geschätzt werden. Quantitative Aussagen erfordern aber zusätzliche Daten zum Standort und entsprechende Fachexpertise. In Teil III, Kapitel 4.7 dieses Dokuments ist die Erhebung von Indikatoren für die Abschätzung der Treibhausgasemissionen und die Treibhausgasmessung im Detail in drei verschiedenen Genauigkeitsstufen beschrieben.

Die Anhebung der Wasserstände in entwässerten Mooren ist in Bezug auf CO<sub>2</sub>-Vermeidungskosten und Flächeneffizienz eine der wirksamsten Klimaschutzmaßnahmen der deutschen Land- und Forstwirtschaft (BONN et al. 2014; DRÖSLER et al., 2013; RÖDER & GRÜTZMACHER, 2012; SCHALLER, 2015).

Eine extreme Wiedervernässung zu sehr nährstoffreichen Flachseen kann in ungünstigen Fällen zu sehr hohen Methanemissionen führen, wenn frische organische Sedimente gebildet werden (DRÖSLER

et al., 2013). Derartige Hotspots gilt es bei der Maßnahmenplanung zu berücksichtigen. Wiedervernässungsprojekte bestehen aber in der Regel aus einem Mosaik verschiedener Teilbereiche, so dass es wichtig ist, nicht nur einzelne besonders wertvolle oder kritische Teilbereiche zu betrachten, sondern die Maßnahmenwirkung auch in der Summe des gesamten Projektgebietes zu bewerten. Selbst Maßnahmen, die in Teilgebieten Methanhotspots geschaffen haben, konnten in der Summe des gesamten Projektgebietes Treibhausgase gegenüber dem trockenen Ausgangszustand deutlich reduzieren (DRÖSLER et al., 2012).

Im Folgenden wird eine Methode zur Bewertung der Klimawirkung von Moorböden anhand von Emissionsschätzungen und aggregierten Ampel-Matrices vorgestellt. Die Matrices können sowohl zur Bewertung des Status quo als auch für Szenarien und ex-post Analysen verwendet werden, wenn entsprechende Daten vorliegen. Die Genauigkeit der Aussagen hängt von den vorhandenen Informationen ab (siehe Kapitel 4.7). Mit Hilfe von Emissionstabellen wird im ersten Schritt die Freisetzung von Treibhausgasen (THG) aus Moorteilbereichen und Moorgebieten geschätzt und bewertet. Darauf aufbauend wird die Relevanz des Moorgebietes als Treibhausgasquelle und im Hinblick auf gefährdete Torfvorräte bewertet. Diese Relevanzbewertung liefert die Grundlage für Handlungsempfehlungen für das weitere Vorgehen bei der Planung und Priorisierung für Klimaschutzmaßnahmen. In „klimarelevanten“ Gebieten wird empfohlen, die Treibhausgase mit Methoden höherer Genauigkeit zu bestimmen. Dies erfordert in der Regel eine entsprechende Fachexpertise. Bei besonders klimarelevanten Gebieten oder Maßnahmen lohnt sich eine differenziertere Untersuchung und Darstellung als die der aggregierten Ampel-Matrix, z.B. die Bildung von zusätzlichen feiner differenzierten Emissionsklassen.

Als Bewertungsgrundlage werden Grenzwerte als Grundlage für die Zuordnung zu Ampelfarben für die Bewertung der Klimarelevanz von Moorgebieten definiert. Die Grenzwerte sind aus deutschen und internationalen Übersichten zu landnutzungsabhängigen Emissionsfaktoren abgeleitet und gebietsübergreifend anwendbar. Die Grenzwerte können aber auch für die Betrachtung einzelner Projekte verschoben werden, wenn zusätzliche Daten (Boden, Vegetation oder Wasserstände, Treibhausgasmessungen; Methoden siehe Teil III) dies begründen. Ein Anwendungsbeispiel in einem fiktiven Moorgebiet illustriert das Vorgehen bei der Bewertung der Klimawirkung von Moorböden.

#### 2.4.2 Ziel und Anwendung der Emissionstabellen

Im Folgenden werden Emissionstabellen als Bewertungsinstrument beschrieben. Sie dienen dazu, die Freisetzung von Treibhausgasen (THG) aus Moorteilbereichen und Moorgebieten (Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.) zu schätzen und im Hinblick auf Klimarelevanz und Maßnahmenpotenziale zu bewerten.

Ein **Moorteilbereich** ist definiert als ein Standort mit homogenen Vegetations-/Wasserstandsbedingungen und homogener Nutzung. Ein **Moorgebiet** setzt sich aus beliebig vielen Moorteilbereichen zusammen. Ein Moorgebiet repräsentiert z.B. ein Projektgebiet.

Das Vorgehen verknüpft zwei räumliche Ebenen: homogene Moorteilbereiche werden einzeln bewertet und flächengewichtet zur Bewertung von komplexeren Moor- oder Projektgebieten zusammengefasst. Drei Emissionstabellen leiten durch die Bewertung:

- 1) Emissionstabelle "KLIMA 1" adressiert einen Moorteilbereich mit homogenen Vegetations-/Nutzungs-/ Wasserstandsbedingungen: In dieser Tabelle werden die THG-Emissionen als

t CO<sub>2</sub>-Äqu ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> für einen homogenen Moorteilbereich ermittelt. Diese entsprechen der Definition der THG-Bilanz in Kapitel 4.7.2. Die Tabelle gliedert sich in die einzelnen Emissionsquellen und erlaubt so, methodenabhängig die Vollständigkeit der Emissionsberechnung sicherzustellen. Am Ende werden die verschiedenen THG aufsummiert. Das Ergebnis sind THG ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> pro Flächeneinheit eines homogenen Moorteilbereichs (**Abbildung 1**: Tabelle KLIMA 1). Die Schätzung der THG ist mit drei verschiedenen Genauigkeitsstufen möglich, die auch kombiniert werden können (siehe Kapitel 4.7).

- 2) Bewertung des Moorteilbereichs (**Abbildung 1**: Tabelle KLIMA 2) klassifiziert das Ergebnis der Emissionstabelle "KLIMA 1" in die Bewertung pro Flächeneinheit des Moorteilbereichs für die Darstellung in einer Ampelmatrix oder in Übersichtskarten in die drei Ampelklassen. Tabelle KLIMA 2 in **Abbildung 1** kann bezüglich der Grenzwerte oder Anzahl der Klassen an den regionalen Kenntnisstand zu Emissionshöhen angepasst werden. Falls Grenzwerte angepasst werden, empfehlen wir jedoch die Beibehaltung deutlicher und durch Messungen belegter, robuster Unterschiede zwischen den Klassen.
- 3) Die Emissionstabelle "KLIMA 3" (**Abbildung 1**: Tabelle KLIMA 3) summiert bzw. mittelt die THG-Emissionen aller Moorteilbereiche für die Klimawirkung eines gesamten Projekt- oder Moorgebietes mit mehreren Moorteilbereichen. Die Tabelle fasst die Emissionen der Moorteilbereiche eines Moorgebietes zu den gesamten THG-Emissionen des Moorgebietes zusammen und ergibt drei Indikatoren. Nicht immer liegen für das gesamte Moorgebiet ausreichend Daten für eine Bewertung vor. Daher wird unterschieden zwischen der gesamten Moorfläche und der bewertbaren Moorfläche, für die letztlich nur die Bewertung durchgeführt werden kann. Der bewertbare bzw. nicht bewertbare Anteil des Projekt- oder Moorgebietes ist ein wichtiger Indikator für die weitere Planung und Prioritätensetzung bei der Datenerhebung.
  - Bewertbare und gesamte Moorfläche
  - Gesamtemissionen des bewertbaren Moorgebietes
  - Emissionsintensität des bewertbaren Moorgebietes: flächengewichtetes Gebietsmittel der THG-Emissionen (THG-Emissionen pro Flächeneinheit).

Abbildung 1: KLIMA Emissionstabellen (KLIMA 1, KLIMA 2, KLIMA 3)

## KLIMA Emissionstabellen

### Ergebnistabellen für die Klimawirkung von homogenen Moorteilbereichen und Mooregebieten

**Genauigkeitsstufen  
G1, G2, G3**

STATUS-QUO Analyse: Schätzung der aktuellen Treibhausgasfreisetzung  
 SZENARIO Analyse: Schätzung der zukünftigen Treibhausgasfreisetzung bei geänderten Vegetations-/Wasserstandsbedingungen

Die Berechnung kann in verschiedenen Genauigkeitsstufen erfolgen.  
 Die Unsicherheit der Berechnung richtet sich nach der Genauigkeitsstufe der gewählten Methodik und der Qualität der Eingangsdaten.

KLIMA 1: Berechnung der THG-Emissionen für einen Moorteilbereich  
 KLIMA 2: Bewertung des Moorteilbereichs für die Darstellung in einer Ampelmatrix oder Übersichtskarte  
 KLIMA 3: Zusammenfassung der Emissionen der Moorteilbereiche eines Mooregebietes zu den gesamten THG-Emissionen

KLIMA 1 Emissionstabelle "Moorteilbereich" für die Klimawirkung eines Bereichs mit homogenen Vegetations-/Nutzungs-/ Wasserstandsbedingungen		
Emissionsquellen und -senken	Treibhausgasemission pro Flächeneinheit in Tonnen CO <sub>2</sub> -Äquivalente pro Hektar und Jahr	Kommentar
Mittlere jährliche CO <sub>2</sub> -Emissionen des Moorteilbereichs aus dem organischen Boden. Die CO <sub>2</sub> -Emissionen müssen nutzungsbedingte C-Exporte durch Ernte und Abfuhr von Biomasse (sowie ggf. Zufuhr durch organische Düngung) berücksichtigen.		Die Emissionsberechnung kann mit verschiedenen Methoden erfolgen. Die Methoden berücksichtigen unterschiedliche Emissionsquellen und aggregieren z.T. mehrere Zeilen dieser Tabelle. Daher muss methodenabhängig geprüft werden, dass die Berechnungen vollständig und ohne Doppelzählungen sind (Methodik: siehe Kapitel 4.7).
Mittlere jährliche Austräge von gelöstem organischem Kohlenstoff (DOC) des Moorteilbereichs		
Mittlere jährliche N <sub>2</sub> O-Emissionen des Moorteilbereichs		
Mittlere jährliche CH <sub>4</sub> -Emissionen des Moorteilbereichs (außer Gräben)		
Mittlere jährliche CH <sub>4</sub> -Emissionen des Moorteilbereichs aus Gräben		
<b>THG-Emissionen pro Hektar und Jahr des Moorteilbereichs</b>		

KLIMA 2 Bewertungstabelle "Moorteilbereich" für die Klimawirkung pro Flächeneinheit eines Moorteilbereichs				
Parameter	Klimawirkung pro Flächeneinheit			Kommentar
THG-Emissionen des Moorteilbereiches pro Hektar und Jahr	<b>Günstig</b> Treibhausgas-Senke oder geringe Treibhausgas-Quelle (grün)	<b>Weniger günstig</b> mäßige Treibhausgas-Quelle (gelb)	<b>Ungünstig - schlecht</b> starke Treibhausgas-Quelle (rot)	
Gesamtbewertung der Klimawirkung: Summe der THG-Emissionen des Moorteilbereichs aus der Emissionstabelle "Moorteilbereich"	Nettosenke oder Nettoquelle ≤ 10 t CO <sub>2</sub> -Äqu. ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	10 - 20 t CO <sub>2</sub> -Äqu. ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	> 20 t CO <sub>2</sub> -Äqu. ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	Grenzen abgeleitet aus IPCC-Emissionsfaktoren: Grün = naturnah / wiedervermässt; rot = intensiv drainiert und genutzt. Siehe Kapitel 2.4.4.

KLIMA 3 Emissionstabelle "Moorgebiet" für die Klimawirkung eines gesamten Mooregebietes mit mehreren Moorteilbereichen				
Namen der Moorteilbereiche	Summe der THG-Emissionen pro Flächeneinheit des Moorteilbereichs aus den Emissionstabellen "Moorteilbereich" (Spalte 2)	Fläche der Moorteilbereiche (Spalte 3)	THG-Emissionen aus der Fläche des Moorteilbereichs (Spalte 2 * Spalte 3)	Kommentar
	t CO <sub>2</sub> -Äqu. ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	Hektar	t CO <sub>2</sub> -Äqu. a <sup>-1</sup>	
Moorteilbereich 1				Spalte 2: THG-Emissionen pro Hektar und Jahr aus den Emissionstabellen der Moorteilbereiche
Moorteilbereich 2				
Moorteilbereich 3				
Moorteilbereich ...				
Moorteilbereich n				
Moorteilbereich "Unbekannt"	(keine Angabe)		(keine Angabe)	Wenn die Emission nicht ermittelbar ist, wird der unbekannt Moorteilbereich nicht in die Berechnung der Gebietsergebnisse einbezogen.
<b>Bewertbare Gebietsfläche</b>				Summe der Flächen aller Moorteilbereiche außer "Unbekannt"
<b>Gesamte THG-Emissionen des Gebietes</b>				Summe der THG-Emissionen aller Moorteilbereiche außer "Unbekannt"
<b>Gebietsmittel der THG-Emissionen</b>				Gesamte THG-Emissionen des Gebiets / Bewertbare Gebietsfläche

**Abbildung 2: KLIMA Evaluierungsmatrix für die Relevanz eines Gebietes für den Klimaschutz**

KLIMA Evaluierungsmatrix für die Relevanz eines Gebietes für den Klimaschutz

**Evaluierungs-Matrix für die Relevanz von Flächen für Klimaschutz innerhalb einer Suchregion oder eines Projektgebietes**

Relevanz bewertet derzeit hohe Treibhausgasemissionen, die durch Wiedervermässung (oder andere Maßnahmen) reduzierbar sind (Matrix 1a). Relevanz bewertet außerdem den konkret gefährdeten Torfvorrat (Matrix 1b).

Die Bewertung basiert auf den Daten der Ergebnistabellen und weiteren Schätzgrößen.  
Die Unsicherheit der Bewertung richtet sich nach der Genauigkeitsstufe der gewählten Methodik und der Qualität der Eingangsdaten.

Genauigkeitsstufen  
G1, G2, G3

Mögliches weiteres Vorgehen nach Nutzung dieser Matrices:			
Wenn der Ist-Zustand als Quelle von Treibhausgasen ... (siehe Gesamtbewertungsfarbe der Matrix 1a)	Gebiet derzeit wahrscheinlich keine starke Quelle von Treibhausgasen: Kein Verbesserungsbedarf, Verschlechterung vermeiden.	Vorgehen abhängig von Projektzielen und konkreten Fragestellungen. Bei großen oder sehr diversen Gebieten kann eine Stratifizierung empfehlenswert sein.	Gebiet derzeit starke Treibhausgasquelle; deutliche Emissionsminderung theoretisch möglich, wenn gleichzeitig das Gebietsmittel der THG-Emissionen hoch ist.
Wenn der konkret gefährdete Torfvorrat ... (siehe Gesamtbewertungsfarbe der Matrix 1b)	Klimaschutzmaßnahmen nicht prioritär		Überdurchschnittlich hohe gefährdete Torfvorräte: Priorisierung für den Klimaschutz empfehlenswert.

Matrix 1a: Bewertung der Quelle von Treibhausgasen				
Parameter	Klimawirkung			Kommentare und Referenzen
<b>Gebietsbewertung als aktuelle Treibhausgasquelle</b>	<b>Günstig</b> Treibhausgas-Senke oder geringe Treibhausgas-Quelle (grün)	<b>Weniger günstig</b> mäßige Treibhausgas-Quelle (gelb)	<b>Ungünstig - schlecht</b> starke Treibhausgas-Quelle (rot)	
Gebietsmittel der THG-Emissionen (Letzte Zeile der KLIMA 3 Emissionstabelle)	≤ 10 t CO <sub>2</sub> -Äqu. ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	10 - 20 t CO <sub>2</sub> -Äqu. ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	> 20 t CO <sub>2</sub> -Äqu. ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	Grenzen abgeleitet aus IPCC-Emissionsfaktoren: Grün = naturnah / wiedervermässigt; rot = intensiv drainiert und genutzt
Gesamte THG-Emissionen des Gebietes (vorletzte Zeile der KLIMA 3 Emissionstabelle)	< 100 t CO <sub>2</sub> -Äqu a <sup>-1</sup>	100 - 500 t CO <sub>2</sub> -Äqu a <sup>-1</sup>	> 500 t CO <sub>2</sub> -Äqu a <sup>-1</sup>	Grenzen: Grün = Kleines Gebiet (< ca. 10 Hektar) oder naturnahes Gebiet; rot = großes oder intensiv emittierendes Gebiet.
<b>Ist das Gebiet aktuell eine starke Treibhausgasquelle?</b>	Treibhausgassenke oder geringe Treibhausgasquelle: beide Parameter grün	Mäßige Treibhausgasquelle: Alle anderen Kombinationen	Starke Treibhausgasquelle: Mindestens ein Parameter rot	

Matrix 1b: Konkret gefährdeter Torfvorrat				
Parameter	Konkret gefährdeter Torfvorrat			Kommentar und Referenzen
	<b>Unterdurchschnittlicher</b> gefährdeter Torfvorrat (grün)	<b>Mäßiger</b> gefährdeter Torfvorrat (gelb)	<b>Hoher</b> gefährdeter Torfvorrat (rot)	<b>Unbekannt</b> (Daten nicht ausreichend für eine Bewertung)
Wie mächtig ist der Torfkörper?	≤ 30 cm	30 - 100 cm	> 100 cm	Es liegen keine oder nicht ausreichend gesicherte Erkenntnisse vor. 30 cm: bodenkundliche Klassifikationsgrenze von Moor; 100 cm: typische Beprobungstiefe
Liegen konkrete Planungen oder Genehmigungen für die Intensivierung oder Vertiefung der Drainagen vor (z.B. Grabenvertiefung, Erneuerung der Drainagerohre, tiefere Zielwasserstände)		Nein	Ja	Es liegen keine oder nicht ausreichend gesicherte Erkenntnisse vor.
Liegen konkrete Planungen oder Genehmigungen für weiteren Torfabbau vor?		Nein	Ja	Es liegen keine oder nicht ausreichend gesicherte Erkenntnisse vor.
<b>Ist der Torfkörper tiefgründig konkret gefährdet?</b>	Unterdurchschnittlich. Parameter grün	Durchschnittliche Gefährdung des Torfkörpers: alle weitere Parameterkombinationen	Tiefgründige Gefährdung des Torfkörpers vorhanden: zwei Parameter rot	Unbekannt. Zwei Parameter "unbekannt"

### 2.4.3 Ziel und Anwendung der Matrix für die Gebietsrelevanz

Aufbauend auf der Schätzung der Treibhausgasemissionen (Emissionstabellen) wird die Relevanz des Mooregebietes als Treibhausgasquelle und im Hinblick auf gefährdete Torfvorräte bewertet (Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden. **Abbildung 2:** Evaluierungsmatrix für die Relevanz eines Gebietes für den Klimaschutz). Die Relevanzbewertung liefert die Grundlage für Handlungsempfehlungen für das weitere Vorgehen bei der Planung und Priorisierung für Klimaschutzmaßnahmen.

#### *Matrix 1a: Ist-Zustand als Quelle von Treibhausgasen*

Eingangsgroßen sind die Ergebnisse der Emissionstabelle "KLIMA 3" (**Abbildung 1**):

1. Die Gesamtemission des Gebiets, berechnet als Summe der Treibhausgasemissionen der Mooreteilbereiche in t CO<sub>2</sub>-Äqu. a<sup>-1</sup> (Fläche der Landnutzungskategorie bzw. des Mooreteilbereichs [ha] \* Emissionsfaktor [t CO<sub>2</sub>-Äqu. ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>]).
2. Das Gebietsmittel der Treibhausgasemissionen in t CO<sub>2</sub>-Äqu. ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> (Gesamtemission des Gebiets [t CO<sub>2</sub>-Äqu. a<sup>-1</sup>] / Gebietsfläche [ha]).

Die Klimaschutzwirkung je Hektar Moor hängt von der Emissionsintensität (bzw. beim Einsatz in Szenarienrechnungen vom erzielbaren Unterschied in der Emissionsintensität) und dem gefährdeten Torfvorrat ab. Die Wirkung ist unabhängig von der Moorgröße je Hektar gleich. Für den Klimaschutz ist es daher unerheblich, ob Maßnahmen in kleinen oder großen Mooren stattfinden, da nur die Wirkung je Hektar und die Gesamtfläche der Maßnahmen zählt. In der Praxis sind die notwendigen Maßnahmen und Monitoringanforderungen für einen quantitativen Nachweis der Klimaschutzwirkung bei geringen Treibhausgasemissionen oder bei Maßnahmen mit geringer Emissionsminderung gegebenenfalls zu aufwändig. Daher wurde in die Relevanzbewertung nicht nur die Emissionsintensität (Gebietsmittel der Treibhausgasemissionen), sondern auch die Gesamtemission aufgenommen. So kann z.B. eine Emissionsschätzung mit geringerer Genauigkeit bei wenig emissionswirksamen Gebieten oder Maßnahmen ausreichen, während bei 'klima-relevanten' Gebieten oder Maßnahmen eine detailliertere Schätzung der THG-Emissionen sinnvoll ist. Große Gebiete schneiden in der Kategorie Gesamtemissionen pro Gebiet immer gelb oder rot ab, d.h., sie werden grundsätzlich als relevant für den Klimaschutz eingeschätzt, so dass grundsätzlich eine differenziertere Betrachtung der Treibhausgasemissionen empfohlen wird. Dies könnte z.B. durch eine Aufteilung in mehrere Teilgebiete erfolgen, um die relevantesten Bereiche eines großen Gebietes besser zu identifizieren.

#### *Matrix 1b: Konkret gefährdeter Torfvorrat*

In der Bewertung des Erhaltungszustands von FFH-Lebensräumen hat es sich bewährt, die Gefahr der Verschlechterung des aktuellen Zustands anhand von Zukunftsaussichten zu bewerten. Bei Klimaschutzprojekten werden diese Zukunftsaussichten als Referenz zur Abschätzung der langfristigen Projektwirkung verwendet.

Die Mächtigkeit des Torfkörpers bestimmt, wieviel Kohlenstoff maximal im Gebiet verloren gehen kann. Für eine Übersichtsabschätzung wurden typische bodenkundliche Kartiergrenzen verwendet. Alternativ verwenden z.B. die Methoden der MoorFutures (<http://www.moorfutures.de/mehr-als->

[klimaschutz/moorfutures-2-0/](#), Joosten et al. 2013) die Torferschöpfungszeit. Niedersachsen verwendet eine Priorisierung ab 130 cm Torfmächtigkeit aufwärts.

Ist das Moor mächtiger als das aktuelle Drainageniveau und liegen konkrete Planungen oder Genehmigungen für eine weitere Entwässerung oder Torfabbau vor, geht die akute Gefährdung tiefer in den Torfkörper. Diese zusätzliche Gefährdung kann zur Priorisierung von Mooregebieten für Klimaschutzmaßnahmen verwendet werden.

#### 2.4.4 Ableitung der Ampelklassen in der Klimamatrix

Als Bewertungsgrundlage werden Grenzwerte als Ampelfarben für die Bewertung der Klimarelevanz von Mooregebieten definiert. Die Grenzwerte sind aus deutschen und internationalen Übersichten abgeleitet und gebietsübergreifend anwendbar. Tabelle KLIMA 2 kann bezüglich der Grenzwerte oder Anzahl der Klassen für die Betrachtung einzelner Projekte an den regionalen Kenntnisstand zu Emissionshöhen angepasst werden. Falls Grenzwerte angepasst werden, empfehlen wir jedoch die Beibehaltung deutlicher und durch Messungen belegter, robuster Unterschiede zwischen den Klassen.

Für einen einfachen Vergleich von Mooregebieten und von Entwicklungsszenarien in einem Mooregebiet wurde eine Klassifikation der Treibhausgasfreisetzung in drei Ampelklassen vorgenommen (**Abbildung 1**). Die Klassengrenzen können nicht vollständig objektiv festgelegt werden, da die THG-Emissionen in der Praxis stark standortabhängig und innerhalb von Vegetationstypen oder Landnutzungstypen variieren (**Abbildung 1**). Die meisten Landnutzungs-kategorien können nicht eindeutig einer Ampelklasse zugeordnet werden (**Abbildung 1**). Es werden Klassengrenzen von 10 bzw. 20 t CO<sub>2</sub>-Äqu. ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> vorgeschlagen, da hiermit grob zwischen naturnah – nass / mäßig entwässert – extensiv genutzt / tief entwässert – intensiv genutzt unterschieden werden kann.

Wenn genauere THG-Emissionsdaten und Informationen zur Abhängigkeit der THG-Emissionen von Steuergrößen wie Wasserständen und Nutzung vorliegen, können die Klassengrenzen oder die Einordnung einer Nutzungsform in eine Klasse entsprechend angepasst werden. So haben Hochmoore tendenziell niedrigere THG-Emissionen als Niedermoore oder andere organische Böden (TIEMEYER et al. eingereicht). Regionale, projektübergreifende Analysen und Darstellungen sollten aber in eine einheitliche allgemein gültige Klassifizierung eingeordnet werden.

Dabei wurden folgende Entscheidungen auf Expertenbasis getroffen, die sich an landnutzungstypischen IPCC-Emissionsfaktoren (IPCC 2014, Kap. 2 und 3) und deutschen Messdaten (z.B. BEETZ et al., 2013; BEYER et al., 2015; DRÖSLER et al., 2013; EICKENSCHIEDT et al., 2015; LEIBER-SAUHEITL et al., 2014) sowie weiteren unveröffentlichten Daten orientieren:

**Grün** Treibhausgassenke oder geringe Treibhausgasquelle < 10 t CO<sub>2</sub>-Äqu. ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>. Die Klasse repräsentiert einen natürlichen oder naturnah wiederhergestellten Zustand: Naturnahe nährstoffreiche Niedermoore können durch Methanemissionen im Mittel ca. 10 t CO<sub>2</sub>-Äqu. ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> emittieren (IPCC 2014, Kap. 3). Der naturnahe Zielzustand liegt aber in vielen Fällen bei Werten weit unter 10 t CO<sub>2</sub>-Äqu. ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> oder erreicht gar eine Netto-Treibhausgassenke, insbesondere in Hochmooren. In diese Kategorie fallen typischerweise naturnahe und naturnah wiederhergestellte Hochmoore (BEETZ et al., 2013; BEYER et al., 2015; HOMMELTENBERG et al., 2014) und Niedermoore, aber auch Standorte, die nasser oder leicht

trockener sind als der naturnahe Zustand (DRÖSLER, 2005), einschließlich z.T. Nassgrünländern, und leicht degradierten Moorheiden. Paludikulturen können ebenfalls niedrige THG-Emissionen aufweisen (BEYER et al., 2015). Die Klassengrenze von 10 t CO<sub>2</sub>-Äqu. ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> liegt so hoch, dass die Klasse nicht mehr vollständig als klimafreundlich betrachtet werden kann, insbesondere wenn man bedenkt, dass selbst intensiv genutzte Mineralböden selten mehr als 1 – 2 t CO<sub>2</sub>-Äqu. ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> (vorwiegend als N<sub>2</sub>O aus der Düngung oder als CO<sub>2</sub> nach Grünlandumbruch, UMWELTBUNDESAMT, 2014) emittieren.

**Gelb** Mäßige Treibhausgasquelle von 10 – 20 t CO<sub>2</sub>-Äqu. ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>, Treibhausgasemissionen höchstens doppelt so hoch wie in der Klasse „natürlicher oder naturnah wiederhergestellter Zustand“: Mäßig intensiv genutzte Landnutzungskategorien wie Nass- und Feuchtgrünland (LEIBER-SAUHEITL et al., 2014; TIEMEYER et al., eingereicht), drainierte Waldstandorte (HOMMELTENBERG et al., 2013) und stark degradierte Moorheiden (DRÖSLER, 2005) emittieren typischerweise zwischen 10 und 20 t CO<sub>2</sub>-Äqu. ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>.

**Rot** Starke Treibhausgasquelle > 20 t CO<sub>2</sub>-Äqu. ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>, Treibhausgasemissionen mehr als doppelt so hoch wie in der Klasse „natürlicher oder naturnah wiederhergestellter Zustand“: Dies ist typisch für tief drainierte Standorte und intensive Landnutzungskategorien. Unter Acker- oder Grünlandnutzung (EICKENSCHIEDT et al., 2015; LEIBER-SAUHEITL et al., 2014; TIEMEYER et al., eingereicht) sowie auf Flächen mit aktivem Torfabbau werden auch in günstigen Fällen Emissionen von 20 t CO<sub>2</sub>-Äqu. ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> selten unterschritten. Beim Torfabbau muss der entnommene Torf als CO<sub>2</sub>-Quelle mit bilanziert werden.

#### 2.4.5 Beispielergebnisse für ein fiktives Moorgebiet

Die Anwendung der Emissionstabellen zeigt nachfolgendes Beispiel für ein fiktives Moorgebiet von 100 Hektar. Für die Emissionstabellen KLIMA 1 und KLIMA 2 wurden homogene Moorteilbereiche entsprechend der Landnutzungskategorien nach den Emissionsfaktoren der nationalen Treibhausgasberichterstattung (Thünen-Institut, unveröffentlicht, siehe Leitfaden Kapitel 4.7.5.2) und IPCC (2014), siehe Leitfaden Kapitel 4.7.5.1, ausgewiesen. Dabei wurde angenommen, dass die Bereiche mit degradierte Moorvegetation nur zu 50% emissionsrelevant drainiert sind, aber insgesamt für den Klimaschutz aufwertbar sind. **Tabelle 1** zeigt das Ergebnis für die ausgefüllte Emissionstabelle KLIMA 3. In entsprechender Weise werden Szenarien gebildet, indem sich die Flächenanteile homogener Moorteilbereiche oder die Treibhausgasemissionen der Moorteilbereiche ändern.



**Tabelle 1:** Ausgefüllte KLIMA 3 Emissionstabelle "Moorgebiet" für die Klimawirkung nach Status quo eines fiktiven Moorgebietes

KLIMA 3 Emissionstabelle "Moorgebiet", Beispiel für ein fiktives Gebiet				
Namen der Moorteilbereiche	Summe der THG-Emissionen des Moorteilbereichs aus den Emissionstabellen "Moorteilbereich" (Spalte 2)	Fläche der Moorteilbereiche (Spalte 3)	THG-Emissionen pro Moorteilbereich (Spalte 2 * Spalte 3)	Kommentar
	t CO <sub>2</sub> -Äqu. ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	Hektar	t CO <sub>2</sub> -Äqu. a <sup>-1</sup>	
Wald, Gehölz	11	10	110	Spalte 2: THG-Emissionen pro Hektar und Jahr aus den Emissionstabellen der Moorteilbereiche
Acker	30	5	150	
Grünland	27	35	945	
Moor degradiert, teildrainiert	12	10	120	
Hochmoor wiedervernässt	3.5	10	35	
Moorteilbereich "Unbekannt"	(keine Angabe)	30	(keine Angabe)	Wenn die Emission nicht ermittelbar ist, wird der unbekannte Moorteilbereich nicht in die Berechnung der Gebietsergebnisse einbezogen.
<b>Bewertbare Gebietsfläche</b>		<b>70</b>		Summe der Flächen aller Moorteilbereiche außer "Unbekannt"
<b>Gesamte THG-Emissionen des Gebietes</b>			<b>1.360 t CO<sub>2</sub>-Äqu a<sup>-1</sup></b>	Summe der THG-Emissionen aller Moorteilbereiche außer "Unbekannt"
<b>Gebietsmittel der THG-Emissionen</b>			<b>19,4 t CO<sub>2</sub>-Äqu ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup></b>	Gesamte THG-Emissionen des Gebiets / Bewertbare Gebietsfläche

Für eine Übersicht übers Projektgebiet werden die Moorteilbereiche als Flächenanteile nach Ampelklassen addiert. **Tabelle 2** zeigt das Ergebnis der Bewertungsmatrix 1a, die das Beispielsgebiet als mäßige Treibhausgasquelle und von relevanter Größe und daher insgesamt als starke Treibhausgasquelle einschätzt.

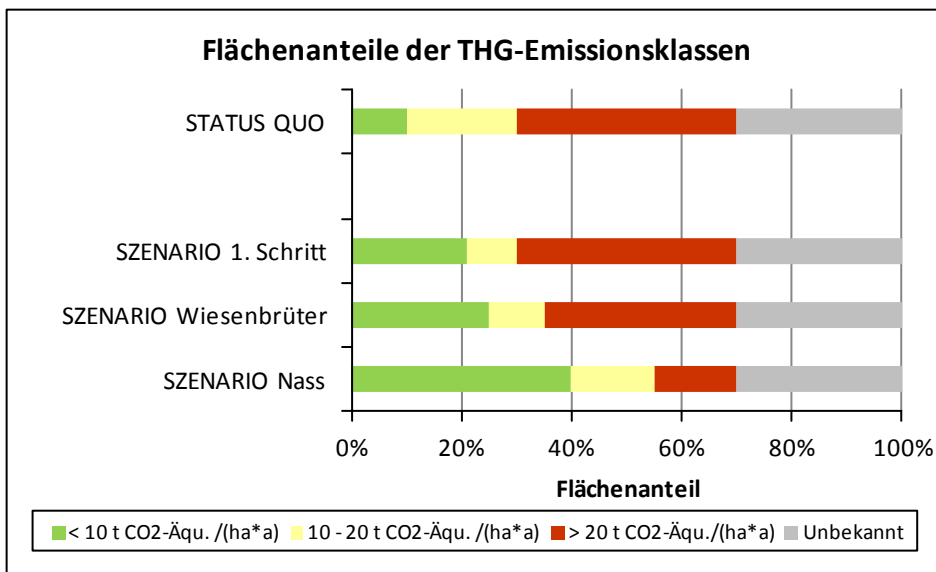
**Tabelle 2:** Ausgefüllte Bewertungsmatrix 1a für die Bewertung der Quelle von Treibhausgasen im Status quo eines fiktiven Moorgebietes.

Matrix 1a: Bewertung der Quelle von Treibhausgasen			
Parameter	Klimawirkung		
	Günstig Treibhausgas-Senke oder geringe Treibhausgas-Quelle (grün)	Weniger günstig mäßige Treibhausgas- Quelle (gelb)	Ungünstig - schlecht starke Treibhausgas-Quelle (rot)
Gebietsbewertung als aktuelle Treibhausgasquelle			
Gebietsmittel der THG-Emissionen aus der Emissionstabelle "Gebiet"		19,4 t CO <sub>2</sub> -Äqu. ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	
Gesamte THG-Emissionen des Gebietes aus der Emissionstabelle "Gebiet"			1.360 t CO <sub>2</sub> -Äqu a <sup>-1</sup>
<b>Ist das Gebiet aktuell eine starke Treibhausgasquelle?</b>			<b>JA</b>

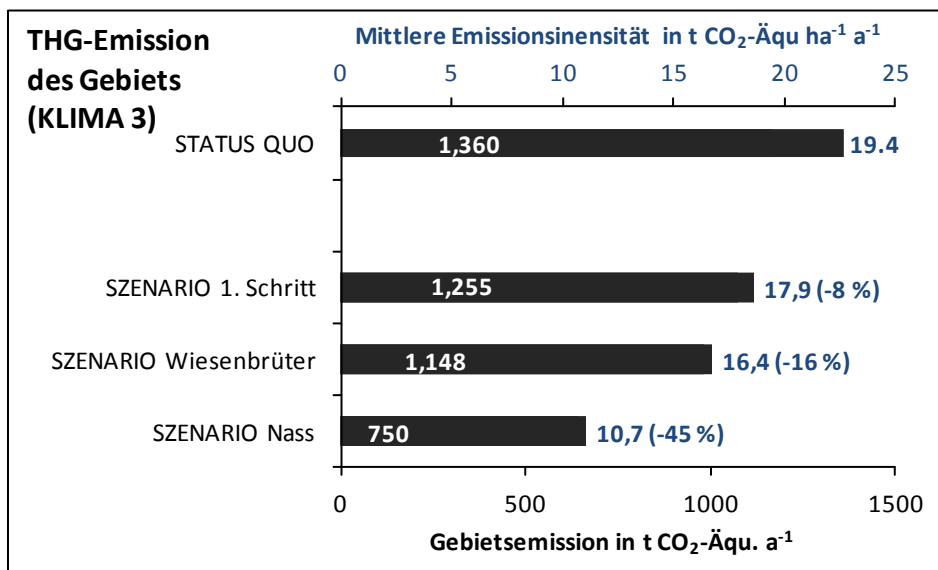
Das Ergebnis lässt sich anders darstellen und durch Szenarien für die Planung von Moorschutzmaßnahmen ergänzen. Dies ergibt z.B. die in **Abbildung 3** Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.dargestellten Balkengraphiken, die den IST-Zustand und verschiedene Szenarien

für ZIEL-Zustände eines fiktiven Beispielsprojektgebietes zeigen. Dabei wurde angenommen, dass 70% des Gebietes bewertbar bzw. 30% des Gebietes nicht bewertbar sind.

Die Ergebnisse lassen sich ebenso als mittlere Emissionsintensität des Mooregebietes darstellen (Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden. **Abbildung 4**). Während **Abbildung 3** die Verschiebung der emissionsrelevanten Flächenanteile in den Szenarien hervorhebt, zeigt **Abbildung 4** die Gesamtwirkung von Szenarien für den Klimaschutz. In den Szenarien 1. Schritt und Wiesenbrüter wird ein Teil der emissionsärmsten degradierten Flächen wiedervernässt. Im Szenario Nass werden weitere Flächen wiedervernässt, wobei 10% des Gebiets zu nass mit Überstau werden und hier lokal die Emissionen leicht ansteigen, im Gesamtgebiet aber weiter absinken.



**Abbildung 3:** Flächenanteile eines fiktiven Mooregebietes im Status quo und in Maßnahmenszenarien nach Treibhausgasemissionsklassen



**Abbildung 4:** Treibhausgasemissionen und Emissionsintensität eines fiktiven Mooregebietes im Status quo und in Maßnahmenszenarien

#### 2.4.6 Literatur

- Beetz, S., Liebersbach, H., Glatzel, S., Jurasinski, G., Buczko, U. & Höper, H. (2013): Effects of land use intensity on the full greenhouse gas balance in an atlantic peat bog. *Biogeosciences* 10: 1067–1082. [\[pdf\]](#)
- Beyer, C., Liebersbach, H. & Höper, H. (2015): Multiyear greenhouse gas flux measurements on a temperate fen soil used for cropland or grassland. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 178: 99–111. [\[link\]](#)
- Bonn, A., Berghöfer, A., Couwenberg, J., Drösler, M., Jensen, R., Kantelhardt, J., Luthardt, V., Permana, I.G., Röder, N., Schaller, L., Schweppe-Kraft, B., Tanneberger, F., Trepel, M., Wichmann, S., Schäfer, A. & Grützmaker, F. (2014): Klimaschutz durch Wiedervernässung von kohlenstoffreichen Böden. In: *Naturkapital und Klimapolitik: Synergien und Konflikte; Kurzbericht für Entscheidungsträger*. Berlin: Technische Univ, pp 124-147. [\[pdf\]](#)
- Drösler, M., Adelman, W., Augustin, J., Bergman, L., Beyer, C., Chojnicki, B., Förster, C., Freibauer, A., Giebels, M., Görlitz, S., Höper, H., Kantelhardt, J., Liebersbach, H., Hahn-Schöfl, M., Minke, M., Petschow, U., Pfadenhauer, J., Schaller, L., Schägner, J.P., Sommer, M., Thuille, A. & Wehrhan, M. (2013): Klimaschutz durch Moorschutz : Schlussbericht des Vorhabens "Klimaschutz - Moorschutzstrategien" 2006-2010. Technische Universität München, 201 S. [\[pdf\]](#)
- Drösler, M. (2005): Trace gas exchange of bog ecosystems, Southern Germany. Technische Universität München, Freising. [\[pdf\]](#)
- Drösler, M., Schaller, L., Kantelhardt, J., Schweiger, M., Fuchs, D., Tiemeyer, B., Augustin, J., Wehrhan, M., Förster, C., Bergman, L., Kapfer, A. & G.-M. Krüger (2012): Beitrag von Moorschutz- und -revitalisierungsmaßnahmen zum Klimaschutz am Beispiel von Naturschutzgroßprojekten. *Natur und Landschaft* 87: 70-76.
- Eickenscheidt, T., Heinichen, J. & Drösler, M. (2015): The greenhouse gas balance of a drained fen peatland is mainly controlled by land-use rather than soil organic carbon content. *Biogeosciences* 12: 5161–5184. [\[pdf\]](#)
- Freibauer, A., Drösler, M., Gensior, A. & Schulze, E.D. (2009): Das Potenzial von Wäldern und Mooren für den Klimaschutz in Deutschland auf globaler Ebene. *Natur und Landschaft* 84 (1): 20-25.
- Frolking, S. & Roulet, N. (2007): Holocene radiative forcing impact of northern peatland carbon accumulation and methane emissions. *Global Change Biology* 13: 1079-1088. [\[link\]](#)
- Hommeltenberg, J., Schmid, H. P., Drösler, M. & Werle, P. (2014): Can a bog drained for forestry be a stronger carbon sink than a natural bog forest? *Biogeosciences* 11: 3477-3493. [\[pdf\]](#).
- IPCC (2014) 2013 Supplement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Wetlands, Hiraishi, T., Krug, T., Tanabe, K., Srivastava, N., Baasansuren, J., Fukuda, M. and Troxler, T.G. (eds). Published: IPCC, Switzerland. [\[pdf\]](#)
- Joosten H., Brust K., Couwenberg J., Gerner A., Holsten B., Permien T., Schäfer A., Tanneberger F., Trepel M. & Wahren, A. (2013): MoorFutures®. Integration von weiteren Ökosystemdienstleistungen einschließlich Biodiversität in Kohlenstoffzertifikate – Standard, Methodologie und Übertragbarkeit in andere Regionen. BfN-Skript 350. [\[pdf\]](#)
- Leiber-Sauheitl, K., Fuß, R., Voigt, C. & Freibauer, A. (2014): High CO<sub>2</sub> fluxes from grassland on histic Gleysol along soil carbon and drainage gradients. *Biogeosciences* 11: 749–761. [\[pdf\]](#)
- Röder, N. & Grützmaker, F. (2012): Emissionen aus landwirtschaftlich genutzten Mooren - Vermeidungskosten und Anpassungsbedarf. *Natur und Landschaft* 87(2): 56-61.
- Roßkopf, N., Fell, H. & Zeitz, J. (2015): Organic soils in Germany, their distribution and carbon stocks. *Catena* 133: 157–170. [\[link\]](#)
- Schaller, L., 2015. Landwirtschaftliche Nutzung von Moorflächen in Deutschland – Sozioökonomische Aspekte einer klimaschonenden Bewirtschaftung, Dissertation an der Technischen Universität München.
- Tiemeyer, B., Borraz, E.A., Augustin, J., Bechtold, M., Beetz, S., Beyer, C., Drösler, M., Eickenscheidt, T., Ebli, M., Fiedler, S., Förster, C., Freibauer, A., Giebels, M., Glatzel, S., Heinichen, J., Hoffmann, M., Höper, H., Jurasinski, G., Leiber-Sauheitl, K., Peichl-Brak, M., Roßkopf, N., Sommer, M., Zeitz, J. (eingereicht): High emissions of greenhouse gases from grasslands on peat and other organic soils. *Global Change Biology*.

Umweltbundesamt (Hrsg.), 2014. Nationaler Inventarbericht zum Deutschen Treibhausgasinventar 1990 – 2012  
Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen und dem Kyoto-Protokoll  
2014. Climate Change Nr. 24/2014. [[pdf](#)]

**Zitiervorschlag:**

Freibauer, A., Tiemeyer, B., Bechtold, M. & Drösler, M. (2016): Erläuterungen zur Klimamatrix. In: Tiemeyer, B., Bechtold, M., Belting, S., Freibauer, A., Förster, C., Schubert, E., Dettmann, U., Fuchs, D., Frank, S., Gelbrecht, J., Jeuther, B., Laggner, A., Rosinski, E., Leiber-Sauheitl, K., Sachteleben, J., Zak, D. & Drösler, M.: Instrumente und Indikatoren zur Bewertung von Biodiversität und Ökosystemleistungen von Mooren, Braunschweig. URL: <http://www.moorschutz-deutschland.de/index.php?id=234>

Die Publikation „Instrumente und Indikatoren zur Bewertung von Biodiversität und Ökosystemleistungen von Mooren“ wurde im Rahmen des vom Bundesamt für Naturschutz mit Mitteln des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit geförderten F+E-Vorhabens "Moorschutz in Deutschland - Optimierung des Moormanagements in Hinblick auf den Schutz der Biodiversität und der Ökosystemleistungen" (FKZ: 3511 82 0500) erarbeitet.

