

Potenzialstudie
„Moore in Niedersachsen“



Niedersachsen. Klar.

Potenzialstudie „Moore in Niedersachsen“

ENTWURF

Herausgeber:
Niedersächsisches Ministerium
für Umwelt, Energie und Klimaschutz
Archivstr. 2
30169 Hannover

Stand: Juni 2024

poststelle@mu.niedersachsen.de
www.umwelt.niedersachsen.de

Bearbeitung: Hofer & Pautz GbR, DUENE e.V., Partner im Greifswald Moor Centrum

Titelbilder: Oben links: Wollgrasblüte im Großen Moor bei Uchte (Foto: E. Rosinski), oben rechts: Bohlenweg im Huvenhoopsmoor (Foto: H.-J. Zietz), unten links: Heidelbeerplantage im Feener Moor (Foto: Foto: H.-J. Zietz), unten rechts: Pferchfläche für Schafherde im Gildehauser Venn (Foto: Foto: H.-J. Zietz).

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	III
Tabellenverzeichnis	III
Kartenverzeichnis.....	IV
Glossar für Fachbegriffe	V
Abkürzungsverzeichnis.....	V
Ministervorwort	6
1 Einleitung.....	7
2 Zusammenfassung	7
3 Hintergrund	8
3.1 Die Moore in Niedersachsen im Kontext zu Deutschland und der EU	8
3.2 Moore in Niedersachsen – früher und heute.....	8
3.3 Klimarelevanz und Klimaschutzpotenzial von Mooren und weiteren kohlenstoffreichen Böden	9
3.4 Aktuelle klimapolitische Rahmenbedingungen	9
3.5 Herausforderungen des Klima- und des Moorbodenschutzes.....	10
3.6 Nutzungskonflikte.....	10
3.7 Aufgaben, Ziele und Grenzen der Potenzialstudie	11
4 Vorgehensweise.....	11
4.1 Abgrenzung von Mooregebieten	11
4.2 Bewertungseinheit.....	12
4.3 Treibhausgas-Minderungspotenzial.....	14
4.3.1 Treibhausgasemissionen	14
4.3.2 Kohlenstoffspeicher	15
4.3.3 Synthese	16
4.4 Rahmenbedingungen	16
4.4.1 Bedarf für eine Anhebung der Wasserstände	16
4.4.2 Physische Standorteigenschaften	17
4.4.3 Raumwiderstände und Nutzungskonflikte	21
4.4.4 Weitere begünstigende oder erschwerende Faktoren.....	23
4.5 Maßnahmenpotenzial.....	27
4.5.1 Maßnahmenpakete.....	27
4.5.2 Gebietsübergreifende Maßnahmen	33
4.5.3 Vorbereitende bzw. flankierende Instrumente	33
4.5.4 Umgesetzte oder geplante Projekte	34
4.5.5 Gesamtheitliche Bewertung des Maßnahmenpotenzials.....	34
4.6 Priorisierung	34
5 Ergebnisse.....	35
5.1 Gesamtheit der in der Potenzialstudie betrachteten kohlenstoffreichen Böden.....	35
5.2 Mooregebiete.....	35
5.3 Treibhausgas-Minderungspotenzial.....	37
5.4 Rahmenbedingungen	38
5.4.1 Bereiche mit moortypischen Wasserständen	38
5.4.2 Bewertung der Standorteigenschaften	38
5.4.3 Bewertung der Raumwiderstände und Nutzungskonflikte	40
5.5 Maßnahmenpotenzial.....	42
5.5.1 Landwirtschaftliche Nutzflächen.....	42
5.5.2 Ungenutzte Flächen	43
5.5.3 Torfabbau und wiedervernässte Torfabbauflächen	43
5.5.4 Wald.....	43
5.5.5 Gebietsübergreifende Maßnahmen sowie vorbereitende und flankierende Instrumente.....	44
5.5.6 Projekte.....	44
5.6 Priorisierung	45
6 Diskussion.....	47
6.1 Datengrundlagen.....	47
6.1.1 Kulisse der kohlenstoffreichen Böden.....	47
6.1.2 Landesweite Biotopkartierung	47
6.1.3 Treibhausgasemissionen	47
6.2 Grenzen der Potenzialstudie	47
6.2.1 Zwischen Landesmaßstab und Gebietsbezogenheit.....	47
6.2.2 Rechtsverbindlichkeit und Einordnung der Aufgabenstellung.....	48
6.2.3 Einordnung zu weiteren moorbezogenen Potenzialstudien.....	48
7 Ausblick und Fazit	48

7.1	Grenzenlose Moore.....	48
7.2	Klimawandel.....	49
7.3	Auslaufender Torfabbau.....	49
7.4	Notwendige Transformation der landwirtschaftlichen Nutzung	49
7.5	Photovoltaik-Freiflächenanlagen auf wiedervernässtem Moor	50
7.6	Fazit.....	51
8	Literatur	52
9	Anhang.....	56

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Nutzungsverteilung der Moorböden Niedersachsens	8
Abbildung 2:	Schaubild zur Bildung der Moorgebiete.	12
Abbildung 3:	Beispiel der Abgrenzungsschärfe der Mooringentur.....	12
Abbildung 4:	Schematische Erläuterung der Klimarelevanz der Torfmächtigkeit.....	15
Abbildung 5:	Klimatische Wasserbilanz	19
Abbildung 6:	Unterschiede zwischen dem RCP8.5 und dem RCP2.6-Szenario.....	20
Abbildung 7:	Reliefklassifikationsindex.....	21
Abbildung 8:	Ableitung von lokalen Höhenunterschieden über Geomorphon-Landformen.....	21
Abbildung 9:	Abstände zum Außenrand der kohlenstoffreichen Böden.	22
Abbildung 10:	Bewertung der Zusammengehörigkeit verfügbarer Flächen.....	23
Abbildung 11:	Milchviehdichte je Gemeinde.....	26
Abbildung 12:	Priorisierung von Maßnahmen je nach Potenzial	27
Abbildung 13:	Schaubild zu Entwicklungspfaden von landwirtschaftlichen Nutzflächen	28
Abbildung 14:	Verteilung verschiedener Größenklassen	36
Abbildung 15:	Einteilung der betrachteten kohlenstoffreichen Böden in die sechs Gebietskategorien.	36
Abbildung 16:	Klassifizierte THG-Emissionen	37
Abbildung 17:	Klassifizierte Torfmächtigkeit	38
Abbildung 18:	Maßnahmenpotenzial von hergerichteten Torfabbauflächen in Moorgebieten mit industriellem Torfabbau.	44
Abbildung 19:	In die drei Prioritätsklassen eingeordnete Moorgebiete.....	46

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Unterschiedliche Betrachtungstiefen in Abhängigkeit von Flächengröße und Bodentypen.....	13
Tabelle 2:	Bewertung der THG-Emissionen.....	14
Tabelle 3:	Emissionsfaktoren in Abhängigkeit von Nutzung, Lage in Naturschutzgebieten und Bodenkategorien	14
Tabelle 4:	Folgenutzung nach FRANK et al. (2021) und die angenommene Resttorfmächtigkeit.....	15
Tabelle 5:	Tiefenstufen der Moormächtigkeit in der BK50 und deren Übersetzung in Bewertungsklassen.	16
Tabelle 6:	Kombinationsmöglichkeiten beider Parameter des Treibhausgas-Minderungspotenzials.	16
Tabelle 7:	Umklassifizierung des Bewertungsschrittes 2	17
Tabelle 8:	Verwendete Daten zur Bewertung der physischen Standorteigenschaften.	17
Tabelle 9:	Schrittabfolge und Bewertungsmatrix der Rahmenbedingungen.	18
Tabelle 10:	Verwendete Daten zur Bewertung der Raumwiderstände und Nutzungskonflikte.	22
Tabelle 11:	Umklassifizierung des Bewertungsschrittes 3	22
Tabelle 12:	Verwendete Daten für weitere begünstigende oder hemmende Faktoren.	24
Tabelle 13:	Nutzungsformbezogene Bewertung für die Nutzungsform „landwirtschaftliche Nutzflächen“	27
Tabelle 14:	Übersicht das Maßnahmenpaket „landwirtschaftliche Nutzflächen“	29
Tabelle 15:	Anwendbarkeit unterschiedlicher Vollvernässungsvarianten.....	30
Tabelle 16:	Übersicht das Maßnahmenpaket „ungenutzte Flächen“	31
Tabelle 17:	Nutzungsformbezogene Bewertung für die Nutzungsform „ungenutzte Flächen“.....	31
Tabelle 18:	Übersicht das Maßnahmenpaket „wiedervernässte Torfabbauflächen“	32
Tabelle 19:	Nutzungsformbezogene Bewertung für die Nutzungsform „(wiedervernässte) Torfabbauflächen“	32
Tabelle 20:	Nutzungsformbezogene Bewertung für die Nutzungsform „Wald“	32
Tabelle 21:	Übersicht das Maßnahmenpaket „Wald“	33
Tabelle 22:	Flächengröße und -anteil der Moorbodenkategorien der BHK50 gemäß GAPKondV	35
Tabelle 23:	Anteil der Gebietskategorien.....	36

Tabelle 24:	Flächengrößen und -anteile der THG-Minderungspotenzials.....	37
Tabelle 25:	THG-Emissionen der verschiedenen Moorboden-Kategorien	38
Tabelle 26:	Flächengrößen der Potenziale zur Anhebung der Wasserstände hinsichtlich der Standorteigenschaften .	39
Tabelle 27:	Flächenanteile der Bewertungskategorien der Standorteigenschaften.....	40
Tabelle 28:	Flächengrößen der Potenziale zur Anhebung der Wasserstände hinsichtlich der Raumwiderstände und Nutzungskonflikte	40
Tabelle 29:	Flächenanteile der Bewertungskategorien der Raumwiderstände und Nutzungskonflikte	41
Tabelle 30:	Flächengrößen und -anteile der Maßnahmenpotenziale der Nutzungsformen.....	42
Tabelle 31:	Folgenutzung von Torfabbauflächen.....	43
Tabelle 32:	Flächengrößen der Prioritätsklassen.....	45

Kartenverzeichnis

Karte 1:	Gesamtheit der im Rahmen der Potenzialstudie betrachteten kohlenstoffreichen Böden	56
Karte 2:	Moorgebiete.....	56
Karte 3:	Treibhausgas-Minderungspotenzial.....	56
Karte 4:	Physische Standorteigenschaften	56
Karte 5:	Raumwiderstände und Nutzungskonflikte.....	56
Karte 6:	Maßnahmenpotenzial.....	56
Karte 7:	Prioritäten.....	56

Datenblätter

Datenblätter der Moorgebiete

Datenblätter für kohlenstoffreiche Böden außerhalb der Moorgebiete

Glossar für Fachbegriffe

Begriff	Erläuterung
aktives Wassermanagement	Aktives Wassermanagement erfolgt durch Grabenanstau, -einstau, Unterflurbewässerung und Berieselung.
CO ₂ -Äquivalent	CO ₂ -Äquivalente sind eine Maßeinheit, die verwendet wird, um die Klimawirkung verschiedener Treibhausgase zu vergleichen und zu kombinieren. Da verschiedene Treibhausgase unterschiedliche Wirkungen auf den Treibhauseffekt haben, werden ihre Emissionen oft in CO ₂ -Äquivalente umgerechnet, um eine einheitliche Messgröße zu erhalten.
Emissionsfaktor	Ein Emissionsfaktor ist eine Kennzahl, die angibt, wie viel Treibhausgas gemessen in CO ₂ -Äquivalenten pro Hektar innerhalb eines Jahres freigesetzt wird.
Folgenutzung	Im Zusammenhang mit Torfabbau wird hier die festgelegte Nutzung bzw. Nicht-Nutzung nach der Beendigung des Abbaus verstanden
Global Warming Potential 100	Der Beitrag einer bestimmten Masse eines Treibhausgases zur globalen Erwärmung gemittelt über den Zeitraum von 100 Jahren im Vergleich zur gleichen Masse CO ₂ .
Grünlandbewirtschaftung	Grünlandnutzung mit wirtschaftlicher Aufwuchsverwertung
Grünlandpflege	Gegenüber der Grünlandnutzung steht bei Grünlandpflegeflächen nicht die landwirtschaftliche Nutzung und Verwertung der aufgewachsenen Biomasse, sondern die Pflege zu Naturschutzzwecken im Vordergrund
Kohlenstoffreiche Böden	Kohlenstoffreiche Böden umfassen Böden mit torfhaltigen Horizonten bis in zwei Metern Tiefe. Folgende Kategorien sind enthalten: Hochmoor, Niedermoor, Moorgley, flach überlagerter Torf, Organomarsch mit Niedermoorauflage, Sanddeckkultur, Moor-Trepose.
Moor	Unter dem Begriff „Moor“ werden sowohl Moorlebensräume als auch Moorböden verstanden.
Moor (undifferenziert)	Moorbodenkategorie der Karte der kohlenstoffreichen Böden Niedersachsens gemäß GAPKondV, die Flächen enthält, in denen uneindeutigen Informationen vorliegen (z.B. keine Unterscheidung in Hoch- oder Niedermoor)
Moorboden	Boden, der sich durch mindestens 30 cm Torf auszeichnet.
Moorgley	Moorgleye weisen eine Torfaufgabe von 10-30 cm auf. Sie sind häufig in Randbereichen mächtiger Moorböden zu finden.
Moorlebensraum	Teil einer Landschaft, der sich durch moortypische Arten und Lebensgemeinschaften auszeichnet.
Moor-Trepose	Auch Sandmischkultur genannt. Hierbei wurden Torfschichten mit Hilfe eines tiefreichenden Pfluges mit dem darunterliegenden Mineralboden vermischt, sodass

Organomarsch	Organomarschen entstehen durch Ablagerungen im Küstenraum. Sie weisen hohe Tongehalte und hohe Gehalte organischer Substanz auf.
Paludikultur	Torferhaltende Bewirtschaftung einer Fläche. Es wird unterschieden angebauten angepassten Gewächsen wie z.B. Rohrkolben, Schilf und Torfmoosen (Anbau-Paludikultur) oder die Nutzung von Spontanaufwuchs, z.B. Nasswiesen-Biomasse (Aufwuchs-Paludikultur).
passives Wassermanagement	Passives Wassermanagement erfolgt bei der (Voll- bzw.) Wiedervernässung durch Grabenverfüllungen, Kammerungen, Verwallungsbau, Einbau von Spundwänden und ggf. Rückbau von Entwässerungseinrichtungen, sofern solche vorhanden sind.
Sackung	Beim Entwässern von Moorboden sinkt der Auftrieb der organischen Substanz, was den Druck auf die darunter liegende Torfschicht erhöht und sie verdichtet.
Sanddeckkulturen	Bei Sanddeckkulturen wurde auf den Moorboden eine 10-20 cm mächtige Sandschicht aufgebracht, um die Bewirtschaftbarkeit von Moorböden zu verbessern.
Schrumpfung	Schrumpfung ist ein physikalischer Prozess in entwässerten Torfen, bei dem sich Bodenteilchen zusammenziehen und das Volumen abnimmt. Dies kann zu Rissen in der Bodenoberfläche führen.
Teilvernässung torferhaltend	Vernässung auf im Jahresmittel bis zu 10 cm unter Flur sommerlicher Wasserstand maximal 10 cm unter Flur
Vollvernässung	Vernässung bis mindestens 10 cm im Jahresmittel unter Flur und höher
Wiedervernässung	Folgenutzung bzw. Ziel bei der Herrichtung von Torfabbauflächen.

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Bedeutung
ANDI	Agrarförderung Niedersachsen Digital
ANK	Aktionsprogramm Natürlicher Klimaschutz
ATKIS®	Amtliches Topographisch-kartographisches Informationssystem
AUKM	Agrarumwelt- und Klimamaßnahmen
BfN	Bundesamt für Naturschutz
BHK50	Böden mit hohen Kohlenstoffgehalten in Niedersachsen
BHK50 GAPKondV	Böden mit hohen Kohlenstoffgehalten in Niedersachsen gemäß GAP-Konditionalitäten-Verordnung
BHK50KS	Kohlenstoffreiche Böden in Niedersachsen 1: 50 000 mit Bedeutung für den Klimaschutz
BK50	Bodenkarte 1 : 50 000

BSR	Biosphärenreservat	LGLN	Landesamt für Geoinformation und Landesvermessung Niedersachsen
CCS	Carbon Capture and Storage = Kohlenstoffabscheidung und -speicher	LIFE	Förderinstrument der Europäischen Union in den Bereichen Umwelt-, Klima-, Naturschutz und Energiewende (franz. L'Instrument Financier pour l'Environnement)
CH ₄	Methan	LROP	Landes-Raumordnungsprogramm
CO ₂	Kohlenstoffdioxid	LRT	Lebensraumtyp der Fauna-Flora-Habitatrichtlinie
DGM1	Digitales Geländemodell mit der Gitterweite 1 m	LSG	Landschaftsschutzgebiet
DLM	Digitales Landschaftsmodell	MoorIS	Moorinformationssystem Niedersachsen
DOP	Digitales Orthofoto	N ₂ O	Lachgas
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz	NIBIS®	Niedersächsisches Bodeninformationssystem
EFRE	Europäischer Fonds für regionale Entwicklung	NLWKN	Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz
EU	Europäische Union	NSG	Naturschutzgebiet
GAP	Gemeinsame Agrarpolitik	PV-FFA	Photovoltaik-Freiflächenanlagen
GAPKondV	GAP-Konditionalitäten-Verordnung	RCP	repräsentativer Konzentrationspfad (engl. representative concentration pathway)
GIS	Geoinformationssystem	RROP	Regionales Raumordnungsprogramm
GLÖZ	Guter landwirtschaftlicher und ökologischer Zustand	TCl _{low}	Reliefklassifikationsindex (engl. terrain classification index)
GWP100	Global Warming Potential 100	THG	Treibhausgas
INVEKOS	Integrierte Verwaltungs- und Kontrollsysteme	TK50	Topografische Karte im Maßstab 1 : 50.000
IPCC	Weltklimarat (engl. Intergovernmental Panel on Climate Change)	WRRL	Wasser-Rahmen-Richtlinie
IVG	Industrieverband Garten e.V.		
KliMo	EFRE-Förderrichtlinie „Klimaschutz durch Moorentwicklung“		
LBEG	Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie		

Ministervorwort

wird noch durch MU ergänzt

1 Einleitung

Spätestens in den letzten Jahren sind die Moore mit ihrer besonderen Bedeutung für den Natur- aber auch insbesondere für den Klimaschutz in der breiten gesellschaftspolitischen Wahrnehmung angekommen. Mit rund 16 Mio. t CO₂ Äquivalenten haben die Moorböden Niedersachsens einen Anteil von rund ein Drittel an den rund 53 Mio. t CO₂ Äquivalenten, die aus deutschen Moorböden jährlich emittieren.

Mit der Novelle des Niedersächsischen Klimagesetzes vom 11. Dezember 2023 hat sich die Landesregierung das Ziel gesetzt, bis 2030 die gesamten Treibhausgas (THG)-Emissionen des Landes um 75 % und bis 2035 um 90 % im Vergleich zu 1990 zu senken. Die Treibhausgasneutralität soll 2040 erreicht werden. Konkretes Ziel für die landesweiten Moore bzw. kohlenstoffreichen Böden ist es, bis zum Jahr 2030 eine Minderung der jährlichen THG-Emissionen um 1,65 Mio. Tonnen gegenüber dem Vergleichsjahr 2020 zu erreichen.

Alle entwässerten Moorböden sind Emissionsquellen, wobei die Freisetzung von Treibhausgasen eng mit den mittleren Wasserständen korreliert (TIEMEYER et al. 2020). Die niedrigsten Gesamtemissionen sind bei einem mittleren Wasserstand von 10 cm unter bis gerade über Flur zu finden. Für das Erreichen der politischen Ziele ist daher eine Anhebung der Wasserstände in den überwiegend durch Entwässerung geprägten niedersächsischen Moorböden möglichst bis auf ein natürliches Niveau anzustreben.

Die hier vorliegende Potenzialstudie der Moore Niedersachsens hat daher die Aufgabe, auf Basis der auf Landesebene vorhandenen Grundlagendaten die Möglichkeiten und Potenziale zur Umsetzung der politischen Zielvorgaben zu analysieren und darzustellen. Diese Potenziale sind abhängig von Standorteigenschaften, Raumwiderständen und Nutzungskonflikten, die erschwerend oder begünstigend wirken können. Es werden geeignete Maßnahmenpakete und übergeordnete Instrumente zum Moorschutz und zur Moorentwicklung sowie zur Minderung der THG-Emissionen abgeleitet. Durch eine Priorisierung sollen Hinweise gegeben werden, wo einerseits eine besondere Dringlichkeit gegeben ist und wo andererseits eine praktische Umsetzung besonders einfach zu realisieren ist.

Die Potenzialstudie soll auf Betrachtungsebene des Landes eine fachliche Grundlage für zukünftige politische Entscheidungsprozesse der raumbezogenen Planung und Strategieentwicklung bieten, sie soll und kann diese jedoch nicht ersetzen.

2 Zusammenfassung

Das Niedersächsische Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz (MU) begann mit Projektstart vom 1. März 2023 mit der Erstellung einer Potenzialstudie zu Mooren in Niedersachsen. Ziel der Studie ist es, für Niedersachsen sowohl einen Gesamtüberblick als auch gebietsbezogene Aussagen

- zu den vorhandenen Potenzialen zur Erhaltung der Kohlenstoffspeicher in Moorböden bzw. zur Minderung von THG-Emissionen aus Moorböden durch Anhebung der Wasserstände sowie
- zu den Potenzialen für diesbezügliche Maßnahmen

zu erhalten. Es wird eine Grundlage geschaffen, um zukünftig in niedersächsischen Moorgebieten zielgerichtet und effektiv Instrumente anzuwenden und Maßnahmen verwirklichen zu können. Die Studie entwickelt keine Verbindlichkeit und soll die Handlungsoptionen für verschiedene Räume aufzeigen.

Die Erarbeitung der Studie wurde durch einen Stakeholder-Dialog mit Vertreterinnen und Vertretern des Niedersächsischen Ministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (ML), der Fachbehörden des Landes, der Kommunen und Hochschulen sowie der Verbände aus der Land- und Forstwirtschaft, der Torfindustrie, der Wasserwirtschaft und des Naturschutzes begleitet. Es sollten die verschiedenen Interessen und Belange gehört und bei der Erarbeitung der Studie berücksichtigt werden.

Für die gebietsbezogene Betrachtung in Datenblättern wurden aus der Karte der Böden mit hohen Kohlenstoffgehalten in Niedersachsen des Landesamts für Bergbau, Energie und Geologie großflächige Moore als sogenannte Moorgebiete abgegrenzt. Für diese wie auch für die restlichen kohlenstoffreichen Böden wurde das THG-Minderungspotenzial unter Einbezug der aktuellen THG-Emissionen und der Kohlenstoffspeicher ermittelt und somit der Handlungsbedarf dargestellt.

Über die anschließende Betrachtung der physischen Standorteigenschaften wie Torfmächtigkeit, klimatische Wasserbilanz und Relief sowie der Nutzungskonflikte und Raumwiderstände wie Flächenverfügbarkeit und Abstand zu Siedlungen lassen sich solche Bereiche identifizieren, in denen eine Anhebung der Wasserstände einfach möglich ist.

Für die Hauptgruppen der Nutzungen („landwirtschaftliche Nutzflächen“, „Wald“, „ungenutzte Flächen“, „(wiedervernässte) Torfabbauflächen“) wurden Maßnahmenpakete in einer Abstufung von einer extensiven Nutzung, Teil- bis hin zur Vollvernässung der Standorte entwickelt. Aussagen zu konkreten Vollvernässungsmaßnahmen wie etwa Paludikultur oder Freiflächen-Photovoltaik werden nur insofern getroffen, als das ausschließende Faktoren wie etwa die Lage in Schutzgebieten aufgeführt werden.

Abschließend fand über das THG-Minderungspotenzial und die festgestellten Maßnahmenpotenziale eine Priorisierung statt. Im Ergebnis zeigen sich räumliche und thematische Schwerpunkte, die als fachliche Basis für zukünftige Abwägungen und Entscheidungen zur Verfügung stehen.

Es wird die Notwendigkeit der Transformation der entwässerungsbasierten landwirtschaftlichen Nutzung deutlich. Die Nationale Moorschutzstrategie setzt dabei auf die Freiwilligkeit dieser für die Eigentümerinnen und Eigentümer sowie Bewirtschafterinnen und Bewirtschafter der Flächen existenziellen Veränderungen. Daher gilt es zukünftig, über die angeführten Ansätze der Paludikultur und der Freiflächen-PV hinaus, wirtschaftliche Lösungsansätze für diesen Wandel zu entwickeln.

In der Diskussion wird die Aktualität der Datengrundlage betrachtet, die sich zwangsläufig aus der Dynamik der organischen Böden ergibt. Hinsichtlich der Datengrundlagen zum klimarelevanten Gasaustausch verschiedener Nutzungen wird ein weiterer Forschungsbedarf erkannt. Die Aussagen der Potenzialstudie basieren auf den auf Landesebene bei den Fachbehörden vorliegenden Daten. Eine Detailtiefe auf Projektebene ist auf diesem Maßstab nicht

erreichbar. Daher wurde zum einen bei den Landkreisen und kreisfreien Städten sowie der Region Hannover aktuelle Planungen abgefragt, zum anderen wird die Entwicklung der Studie durch eine Reihe anschließender Regionalgespräche fortgeführt.

3 Hintergrund

3.1 Die Moore in Niedersachsen im Kontext zu Deutschland und der EU

Die niedersächsischen Moore gehören zu den rund 64.200 km² atlantischer Mooregebiete, welche sich entlang der Atlantik- und Nordseeküste von Nordportugal über die Bretagne, Irland und Großbritannien, die Niederlande, Dänemark und Südwestschweden erstrecken (TANNEBERGER et al. 2021). Die niedersächsischen Moore liegen damit innerhalb einer Moorregion, die nach TANNEBERGER et al. (2021) einerseits einen mit 56 % hohen Anteil in Schutzgebieten liegender Moore – andererseits mit 68 % den europaweit höchsten Anteil zerstörter Moorflächen aufweist.

In Niedersachsen liegen rund ein Drittel der Moorflächen in Deutschland. Damit ist Niedersachsen Deutschlands moorreichstes Bundesland (WITTNEBEL et al. 2022). Etwa 11 % der rund 48.000 km² umfassenden Landfläche Niedersachsens ist mit kohlenstoffreichen Böden gemäß GAPKondV bedeckt, 6 % werden von Hoch- und Niedermooren eingenommen (LBEG 2023). Insbesondere bei den im Nordwesten weit verbreiteten Hochmooren kommt Niedersachsen eine besondere Verantwortlichkeit beim Erhalt der Moorböden als Landschaft und Lebensraum zu, denn hier befinden sich 77 % der Hochmoore Deutschlands. Hohe Niederschläge durch das atlantische Klima sowie der Anstieg des Grundwassers durch den Anstieg des Meeresspiegels begünstigten ihre Bildung.

3.2 Moore in Niedersachsen – früher und heute

Der derzeitige Zustand der niedersächsischen Moore ist maßgeblich durch ihre Besiedlungs- und Kultivierungsgeschichte geprägt. Bereits im 12. Jahrhundert wurden die Niedermoore entwässert, um sie zu kultivieren (SCHMATZLER 2015). Mit der Moorbrandkultur erfolgte ab dem 18. Jahrhundert in einem Großteil der Hochmoore eine erste landwirtschaftliche Nutzbarmachung der zuvor aufgrund der Nährstoffarmut als unbrauchbares Ödland betrachteten Flächen (GÜNTHER 2012). Fehnkulturen entstanden in Ostfriesland, Spittkulturen südlich des Jadebusens und Findorff-Kulturen zwischen Weser und Elbe und prägen noch heute die dortigen Moorlandschaften. Mit der Deutschen Hochmoorkultur wurden gegen Ende des 19. Jahrhunderts durch Entwässerung sowie regelmäßige Düngung und Kalkung die nährstoffarmen Hochmoorstandorte für die konventionelle Landwirtschaft nutzbar gemacht. Sanddeck- und Sandmischkulturen wurden ab dem 20. Jahrhundert zunächst auf geringmächtigen Moorböden angelegt. Sandmischkulturen dienten neben der Regulierung des Wasserhaushaltes und der Ertragsstabilisierung auch der Reduzierung der Verluste an Geländehöhe und Stabilisierung der Vorflutverhältnisse, Sanddeckkulturen sollten die Tragfähigkeit von hofnahem Grünland zur Beweidung verbessern (HÖPER 2024b).

Kleinräumiger Handtorfstich und der nach dem zweiten Weltkrieg verstärkt stattfindende maschinelle Torfabbau reduzierten die Torfmächtigkeiten großflächig. Vorausgehender Torfabbau ermöglichte nun auch auf einst tiefgründigen Moorböden landwirtschaftliche Folgenutzungen durch die Anlage von Sandmischkulturen.

Durch das Niedersächsische Moorschutzprogramm der 1980er Jahre wurde die Genehmigungspraxis hinsichtlich der Folgenutzung von industriellen Torfabbauflächen, insbesondere bei den als besonders wertvoll für den Naturschutz eingestuften Hochmoorkomplexen, in Richtung der Wiedervernässung geändert. So ist inzwischen ein Großteil der viele Jahrzehnte vom industriellen Torfabbau geprägten Hochmoore wiedervernässt (FRANK et al. 2021).

Naturnahe Hoch- und Niedermoore sind inzwischen nur noch kleinflächig vorhanden und zählen aufgrund dessen zu den sehr stark oder stark gefährdeten Biotoptypen Niedersachsens (DRACHENFELS 2012).

Der weitaus größte Teil der niedersächsischen Moorböden wird konventionell landwirtschaftlich genutzt (vgl. Abbildung 1). Auf rund 40 % der Hochmoorböden sowie auf fast zwei Dritteln der Niedermoorböden findet eine Grünlandnutzung statt. Eine Ackernutzung ist auf rund 10 % der Moorbodenfläche beider Moortypen zu finden, der Ackeranteil hat in den letzten zwei Jahrzehnten zugenommen (BLANKENBURG 2015, HÖPER & GEHRT 2022).

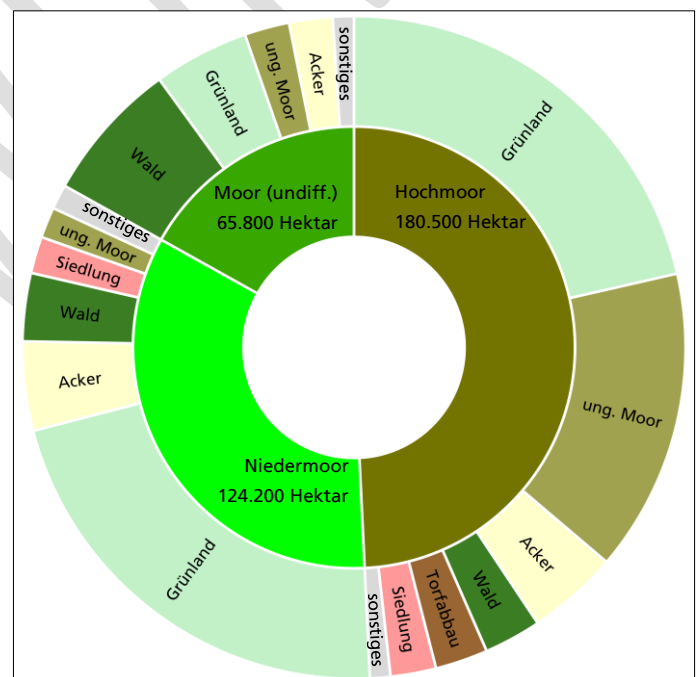


Abbildung 1: Nutzungsverteilung der Moorböden Niedersachsens, unterschieden nach Hochmoor, Niedermoor und Moor (undifferenziert) (Daten: Tatsächliche Nutzung des Basis-DLM gemäß ATKIS®-Objektartenkatalog, Stand 11.12.2023; BHK50 gemäß GAPKondV). Flächengrößen sind auf 100-Hektar-Genauigkeit gerundet. Die Klasse „Wald“ umfasst neben Laub-, Nadel- und Mischwald auch Gehölze. Die Klasse „sonstiges“ enthält beim Niedermoor die Nutzungsklassen Heide, Brache und Torfabbau, beim Hochmoor sind hierunter Gewässer, Brache und Heide gefasst, beim Moor (undifferenziert) sind Gewässer, Brache, Heide und Siedlung enthalten. Die Klasse „ungenutztes Moor“ umfasst unkultivierte Flächen auf Moorböden. „Heide“ beinhaltet unkultivierte Flächen mit typischen Sträuchern, Gräsern und geringwertigem Baumbestand, „Brache“ umfasst eine heterogene Nutzungsklasse aus den Objektarten „Unland und vegetationslose Fläche“ und „Fläche zur Zeit unbestimmbar“.

3.3 Klimarelevanz und Klimaschutzpotenzial von Mooren und weiteren kohlenstoffreichen Böden

Während natürliche und naturnahe Moore durch die Festlegung von Kohlenstoff in ihren Torfen langfristig einen positiven Effekt auf das Klima haben, setzen entwässerte Moore sowie weitere kohlenstoffreiche Böden erhebliche Mengen an Treibhausgasen (THG) frei.

Moorböden in Deutschland emittieren rund 53 Mio. t CO₂ Äquivalente pro Jahr (BMUV 2022), ca. ein Drittel davon (16 Mio. t CO₂ Äquivalenten pro Jahr) stammt aus Moorböden in Niedersachsen (HÖPER 2024a). Die deutschlandweiten Emissionen aus Moorböden entsprechen rund 7,5% der gesamten THG-Emissionen in Deutschland (BMUV 2022). Mit über 80 % stammt der Großteil aus entwässerten und landwirtschaftlich genutzten Moorflächen. Die konventionelle landwirtschaftliche Nutzung auf Moorböden geht mit einer Entwässerung der natürlicherweise wassergesättigten Moorböden einher. Atmosphärischer Sauerstoff gelangt so in den Torfkörper und durch mikrobielle Zersetzungsprozesse wird der im Torf gebundene Kohlenstoff und Stickstoff als Kohlenstoffdioxid (CO₂) bzw. Lachgas (N₂O) in die Atmosphäre abgegeben.

Die Freisetzung von Treibhausgasen korreliert eng mit den mittleren Wasserständen (TIEMEYER et al. 2020); die niedrigsten Gesamtemissionen sind bei einem mittleren Wasserstand von 10 cm unter bis gerade über Flur zu finden. Die Nutzungsintensität hängt unmittelbar mit der Tiefe der Entwässerung zusammen: Tief entwässerte, intensiv genutzte Moorböden emittieren über anderthalbmal so viel wie weniger tief entwässerte, extensiv genutzte Moorflächen (HÖPER 2022). Auch der Bodentyp hat einen Einfluss auf die Höhe der Emissionen. Für geringmächtige Sanddeckkulturen, bei denen durch Bodenbearbeitung regelmäßig Teile des abgedeckten Torfes an die Oberfläche geholt werden, werden ähnlich hohe Emissionswerte angenommen, wie für Hoch- und Niedermoore sowie Moorgley (HÖPER 2022). Bei nicht regelmäßig bearbeiteten oder ungenutzten mit mineralischem Boden überdeckten Moorflächen liegen die Emissionen um rund die Hälfte niedriger. Für Sandmischkulturen liegen keine repräsentativen Emissionsmessungen vor (siehe Box); die Hälfte des Kohlenstoffes der oberen Dezimeter wird jedoch innerhalb der ersten Jahrzehnte freigesetzt (KUNTZE 1987), aber auch alte Sandmischkulturen verlieren noch immer Kohlenstoff aus den oberen Dezimetern (HÖPER 2015).

Alle entwässerten Moorböden sind Emissionsquellen. Zwar entziehen Wälder der Atmosphäre 5,4 t CO₂-Äquivalente je Hektar durch Holzzunahme (BMLE 2017, RIEDEL et al. 2019), jedoch geht in Mitteleuropa die CO₂-Freisetzung aus Wäldern auf mäßig bis stark entwässertem Moorboden mit 10-25 t CO₂ Äquivalente ha⁻¹ a⁻¹ deutlich darüber hinaus (HÖPER 2022).

Durch die immer stärker sichtbaren Folgen des Klimawandels und die politischen Klimaschutzbestrebungen ist die Bedeutung der Moore für den Klimaschutz in der gesellschaftspolitischen Wahrnehmung angekommen.

Box: Einschätzung zu THG-Emissionen aus Sandmischkulturen (HÖPER 2024b): Direkte Messungen der THG-Emissionen von Sandmischkulturen liegen nicht vor. Bei gealterten Sandmischkulturen (>15-20 Jahre alt) wird von relativ geringen Emissionen ausgegangen, wie sich aus einer nur noch geringfügigen Abnahme der Humusgehalte im Oberboden ablesen lässt (6 t CO₂-Äq. ha⁻¹ a⁻¹, HÖPER, 2022). Die DIN 1185 (1973) geht für das 3.-5. Jahrzehnt nach Einrichtung der Sandmischkultur von Höhenverlusten zwischen 0,1 und 0,2 cm pro Jahr aus, ein Wert, der deutlich unter den Höhenverlusten von Moorgrünland (0,7-1,0 cm pro Jahr) oder gar Ackerland auf Moor (1-2 cm pro Jahr) liegt. Nicht bekannt ist, welchen Beitrag die im Unterboden liegenden Torfbalke an den THG-Emissionen leisten, die geringen Höhenverluste gealterter Sandmischkulturen lassen jedoch einen eher geringen Beitrag erwarten. Zu beachten ist bei der Neuanlage von Sandmischkulturen, dass während der ersten ein bis zwei Jahrzehnte nach Herrichtung die Kohlenstoffgehalte im Oberboden deutlich zurückgehen, es also zu einer Freisetzung von CO₂ kommt. HÖPER (2015) hat für eine Bodendauerbeobachtungsfläche auf Sandmischkultur einen Verlust von 71 t Kohlenstoff je Hektar in 15 Jahren entsprechend 17 t CO₂-Äq. ha⁻¹ a⁻¹ in diesem Zeitraum ermittelt, ein Wert, der unter denen für Schwarzkultur und Intensivgrünland auf Hochmoor (39 bis 40 t CO₂-Äq. ha⁻¹ a⁻¹; HÖPER, 2022) liegt.

3.4 Aktuelle klimapolitische Rahmenbedingungen

Wichtige Grundsteine für die heutigen Klimaschutzbestrebungen waren die Verabschiedung der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen im Jahr 1992 und das Kyoto-Protokoll im Jahr 1997 mit der erstmaligen Verpflichtung der Industrienationen zur Senkung der THG-Emissionen.

Im **Übereinkommen von Paris** wurde dann im Jahr 2015 von allen Staaten der Welt einstimmig beschlossen, „den Anstieg der weltweiten Durchschnittstemperatur deutlich unter 2,0 °C über dem vorindustriellen Niveau zu beschränken und Anstrengungen zu unternehmen, um den Temperaturanstieg auf 1,5 °C über dem vorindustriellen Niveau zu begrenzen“. Diese Grenze wurde in der Erkenntnis gewählt, „dass dies die Risiken und Auswirkungen der Klimaänderungen erheblich verringern würde“. Der Weltklimarat IPCC leitete daraus ab, dass bis zum Jahr 2050 alle CO₂-Emissionen auf „Netto-Null“ gebracht sein müssen und nach 2050 eine absolute CO₂-Senke, d.h. eine CO₂-Netto-Festlegung, existieren muss (IPCC 2018). Für CH₄ und N₂O wurden geringere Emissionsziele gesetzt, um die Ernährungssicherheit nicht zu gefährden, weil die Emission dieser Gase durch Reisanbau, Wiederkäuer bzw. Stickstoff-Düngung verursacht werden.

Das **Europäische Klimagesetz** aus dem Jahr 2021 sieht eine Klimaneutralität bis 2050 vor, d.h. die Emissionen von CO₂, CH₄ und N₂O sollen allesamt auf „Netto-Null“ gesenkt werden. Klimaneutralität bzw. Treibhausgasneutralität ist ein weitreichenderes Ziel als die vom Weltklimarat als Konsequenzen des Paris-Abkommens 2015 formulierte CO₂-Neutralität, weil die CH₄- und N₂O-Emissionen, die aktuell 19 % der EU-weiten und 9 % der deutschen THG-Emissionen betragen (EEA 2023, UBA 2023) zurückgebracht oder mittels zusätzlicher Senken kompensiert werden müssen.

Das **Bundes-Klimaschutzgesetz** aus dem Jahr 2021 schreibt die Klimaneutralität bis zum Jahr 2045 vor. Diese Beschleunigung gegenüber dem Europäischen Klimagesetz geschieht aus Gründen der intergenerationellen Gerechtigkeit, da im Grundgesetz die Gleichberechtigung der Generationen, einschließlich des Rechts auf freie Entfaltung der Persönlichkeit (Art. 2) und des Rechts auf den Schutz der natürlichen Lebensgrundlagen (Art. 20a) festgelegt sind (Urteil des Bundesverfassungsgerichts 30.04.2021). Auch hier sind die gesamten Emissionen von CO₂, CH₄ und N₂O betroffen.

In der **Bund-Länder-Zielvereinbarung** zum Klimaschutz durch Moorbodenschutz (2021) wurde festgelegt, die THG-Emissionen aus den Mooren in Deutschland bis 2030 um 5 Mio. t CO₂-Äquivalente pro Jahr, also um weniger als 10 % der derzeitigen THG-Emissionen, zu senken. Als Teil des Aktionsprogramms Natürlicher Klimaschutz (ANK) konkretisiert die **Nationale Moorschutzstrategie** erforderliche Maßnahmen zum Schutz, zur Wiederherstellung sowie zur Förderung der nachhaltigen Nutzung von Mooren (BMUV 2022).

Am 11. Dezember 2023 wurde die Novelle des **Niedersächsischen Klimagesetzes** verabschiedet. Nach dieser Novelle ist es das Ziel, bis 2030 die gesamten THG-Emissionen des Landes um 75 % und bis 2035 um 90 % im Vergleich zu 1990 zu senken. Die Treibhausgasneutralität soll 2040 erreicht werden. Konkretes Ziel für Moore bzw. kohlenstoffreiche Böden ist es, bis zum Jahr 2030 eine Minderung der jährlichen THG-Emissionen um 1,65 Mio. Tonnen, d.h. etwa 10 %, gegenüber dem Vergleichsjahr 2020 zu erreichen.

3.5 Herausforderungen des Klima- und des Moorbodenschutzes

In Bezug auf die Moore ist die auf EU-, Bundes- und Landesebene festgesetzte Zielsetzung der Klimaneutralität bzw. Treibhausgasneutralität eine enorme Herausforderung. Ein dauerhaft klimaneutraler bis hin zu klimakühlender Zustand aktuell entwässerter Moore würde Folgendes erfordern:

- (I) Die Anhebung der mittleren Moorwasserstände bis auf 10 cm unter bis über Flur (TIEMEYER et al. 2020). Nur so lassen sich die THG-Emissionen nachhaltig reduzieren, während eine geringe Anhebung der Wasserstände oder eine reine Extensivierung der Nutzung diese nur verringert.
- (II) Einen kontinuierlichen Wasserspiegelanstieg, da kontinuierlich kohlenstofffestlegende Moore einen kontinuierlich steigenden Wasserspiegel erfordern. Bei Hochmooren schaffen es nur bestimmte Torfmoosarten mit komplexen Selbstregulationsmechanismen den mooreigenen Wasserstand immer weiter über die Umgebung anzuheben. Für ihre Ansiedlung sind sehr stabile Wasserstände erforderlich. Vor allem in Niedermooren sind Wasserstandsanhörungen unmittelbar mit Auswirkungen im gesamten Einzugsgebiet verbunden. Hohe Grundwasserstände im mineralischen Untergrund, deren Druckpotenzial bis in den darüberliegenden Torf reicht, begünstigen aber auch einen hohen Moorwasserstand in Hochmooren.
- (III) Eine Verringerung der CH₄-Emissionen: Die langfristig verbleibende wärmende Wirkung wiedervernässter Moore wird von ihrer CH₄-Emission bestimmt. Die Aufgabe besteht darin, diese zu verringern, ohne die CO₂-

und N₂O-Emission gleichzeitig wieder zu erhöhen. Die nach Wiedervernässung auftretende unnatürlich erhöhte CH₄-Emissionen kann z.B. durch flachen Abtrag des durchwurzelten Horizontes (Grasnarbe, ca. 5-10 cm) und andere Techniken (GÜNTHER et al. 2020, CONVENTION ON WETLANDS 2021, HOFER et al. 2022) reduziert werden. Eine Reduktion der CH₄-Emissionen erfordert ein differenziertes und oft auch dauerhaftes Management von Hydrologie, Hydrochemie und Vegetation.

Die Bund-Länder-Zielvereinbarung sieht für den Moorbodenschutz den vollständigen Erhalt des Torfkörpers (Torferhalt) durch vollständige (Wieder-)Vernässung, die Teilvernässung zur Minderung der Torfzehrung sowie die Anpassung der bisherigen Bewirtschaftung und Etablierung neuartiger Landnutzungen vor.

Aufgrund des historisch bedingten, hohen Flächenanteils entwässerter, landwirtschaftlicher Nutzflächen an den Moorböden steht der Moorbodenschutz in Niedersachsen vor einer großen Herausforderung. Eine Anhebung der Wasserstände bis an die Geländeoberkante führt zu einer Abnahme der Befahrbarkeit und Trittfestigkeit (BLANKENBURG et al. 2001) sowie zur Ertrags- und Qualitätsminderung der bislang gängigen Nutzpflanzen. Aber auch bei Teilvernässung mit mittleren Wasserständen tiefer als 10 cm ist die Befahrbarkeit bereits deutlich herabgesetzt. Eine Weidenutzung steht durch die Abnahme der Trittfestigkeit und der Veränderung der Artenzusammensetzung vor noch größeren Herausforderungen.

Neben dem ökonomischen Aspekt wird der Moorbodenschutz auch vor wasserwirtschaftliche Herausforderungen gestellt. In Niedersachsen verändert sich durch den Klimawandel die saisonale und regionale Niederschlagsverteilung durch Zunahme winterlicher und Abnahme sommerlicher Niederschläge (MU 2019). Außerdem nimmt die Wahrscheinlichkeit von Starkregenereignissen zu und durch steigende Temperaturen erhöht sich die Verdunstung. Ein Wassermanagement für moorbodenschonende Wasserstände muss daher gleichwohl einen Wasserrückhalt für Trockenperioden sicherstellen als auch aus Gründen des Hochwasserschutzes auf die Ableitung von Überschusswasser nach Starkregenereignissen eingestellt sein.

3.6 Nutzungskonflikte

Die aktuelle land- und forstwirtschaftliche Nutzung auf Moorböden basiert auf einer Entwässerung der Standorte, wodurch sich ein inhärenter Konflikt zu dem definierten Ziel der Verminderung der THG-Emissionen durch Anhebung der Wasserstände ergibt. Die Nationale Moorschutzstrategie nennt als eines der Kernelemente die Freiwilligkeit der Umsetzung. Es bedarf daher ausreichend starker ökonomischer Anreize für eine Nutzungsumstrukturierung von entwässerungsbasierter Nutzung hin zu einer klimafreundlichen Bewirtschaftung sowie zur Durchführung von Maßnahmen zum Klimaschutz und zur Klimaanpassung.

Lösungsansätze für eine moorbodenschonendere Bewirtschaftung bieten zunächst die Teilvernässung mit Wassermanagement und angepasster Bewirtschaftungs- und Ernte-technik sowie die Umstellung auf leichtere Nutzierrassen. Bei der moorbodenschonenden Bewirtschaftung unter Vollvernässung kommen neben einer Pflegenutzung als Naturschutzflächen auch alternative Nutzungsansätze wie

Paludikultur in Frage. Paludikultur ist die torferhaltende Bewirtschaftung einer vollvernässten Fläche (mittlerer Wasserstand 10 cm unter bis über Flur) mit angebauten angepassten Gewächsen wie z.B. Rohrkolben, Schilf und Torfmoosen (Anbau-Paludikultur) oder die Nutzung von Spontanaufwuchs, z.B. Nasswiesen-Biomasse (Aufwuchs-Paludikultur). Einer großflächigen Umsetzung steht bislang insbesondere der noch geringe Absatzmarkt für Paludikultur-Biomasse und -erzeugnisse daraus bzw. die Rentabilität für den Rohstoffproduzenten entgegen.

Neben der Paludikultur bieten sich Photovoltaik-Freiflächenanlagen (PV-FFA) auf wiedervernässten Moorböden an. Photovoltaik hat seit der Novelle des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) im Januar 2023 eine enorme Dynamik entwickelt. Wesentliche Voraussetzung für klimafreundliche Photovoltaik auf Moor ist die Vernässung der Standorte, weil die Stromerzeugung zwar Emissionen aus fossiler Energie vermeidet, aber keine Treibhausgasenkennung ist und somit die Emissionen eines entwässerten Moores nicht ausgleichen kann.

Eine Honorierung der Emissionsreduktion im Bereich des freiwilligen Klimaschutzes wäre eine weitere Möglichkeit, um wirtschaftliche Anreize zur Umsetzung des Klimaschutzes zu setzen. Perspektivisch können auch Verbesserungen der Wasserqualität oder der Biodiversität durch die Entwicklung entsprechender Instrumente honoriert und damit zusätzliche ökonomische Anreize zu schaffen werden.

3.7 Aufgaben, Ziele und Grenzen der Potenzialstudie

Diese Potenzialstudie hat als Ziel, die Potenziale zum Erhalt des Kohlenstoffvorrates in Moorböden bzw. zur Minderung von THG-Emissionen aus Moorböden über eine Anhebung der Wasserstände zu benennen.

Die Studie soll hierbei sowohl einen landesweiten Gesamtüberblick schaffen als auch gebietsbezogene Treibhausgas-Minderungspotenziale ermitteln. Erschwerende oder begünstigende Rahmenbedingungen sollen identifiziert, geeignete Maßnahmenpakete und übergeordnete Instrumente zum Moorschutz und zur Moorentwicklung abgeleitet, Synergien aufgezeigt und Konfliktpotenziale benannt werden.

Die Potenzialstudie stellt ein reines Fachkonzept dar. Bei den dargestellten Flächen handelt es sich somit nicht um eine raumordnerische Zielsetzung oder eine rechtliche Wirkung für Dritte. Aufgrund der unterschiedlichen Maßstabbereiche der zugrundeliegenden Daten bietet die Potenzialstudie keine absolute Flächenschärfe und nur beschränkte Ansätze für gebietsbezogene Maßnahmen, wie etwa eine agrarstrukturelle Analyse oder die Erstellung von hydrogeologischen Machbarkeitsstudien. Die Studie stellt aber landesweite Schwerpunktgebiete heraus und empfiehlt mögliche Maßnahmen. Auf regionaler und lokaler Ebene sind zur Umsetzung jedoch flächen- und projektbezogene Analysen notwendig.

4 Vorgehensweise

4.1 Abgrenzung von Mooregebieten

Datengrundlage war die Karte der „Böden mit hohem Kohlenstoffgehalten in Niedersachsen 1:50.000“ (LBEG 2022), die aus der Bodenkarte 1:50.000 abgeleitet ist (SCHULZ & WALDECK 2015). Die BHK50 umfasst neben den Moorböden auch kohlenstoffreiche Böden wie Moorgley, Organomarsch mit Niedermoorauflage, flach überlagerte Torfe, Sanddeckkulturen sowie Moor-Trepssole. Mit der seit Ende 2023 im Entwurf verfügbaren neuen Karte kohlenstoffreicher Böden für Niedersachsen (LBEG 2023), die der „Verordnung zur Ausweisung der Gebietskulisse nach § 11 der GAP-Konditionalitäten-Verordnung“ nachkommt, ergab sich eine stärkere Fragmentierung der Moorflächen.

Da neben einem Gesamtüberblick auch gebietsbezogene Aussagen zu den vorhandenen Potenzialen getroffen werden sollten, wurde eine Auswahl der landesweit wichtigsten Mooregebiete vorgenommen. Gleichzeitig wurde so die ansonsten schwer fassbare und heterogene Gesamtheit der kohlenstoffreichen Böden durch die Auswahl von Gebieten und Abgrenzung außerhalb liegender Bereiche handhabbarer gemacht. Dazu erfolgte eine Gruppierung der Bodenkategorien der BHK50 in

- (I) Hochmoore, Niedermoores und flach überlagerte Torfe,
- (II) kohlenstoffreiche Böden mit Bedeutung für den Klimaschutz wie Moorgleye, Organomarschen mit Niedermoorauflage sowie Sanddeckkulturen und
- (III) kohlenstoffreiche Böden mit geringerer Bedeutung für den Klimaschutz wie den Moor-Trepsolen.

Alle Flächen dieser Bodenkategorie wurden im GIS zusammengeführt. In Abhängigkeit von Flächengröße und Bodenkategorie wurden drei Gebietstypen gebildet (vgl. Tabelle 1), die sich in ihrer Betrachtungstiefe unterscheiden. Zunächst wurden großflächige Hochmoorböden, Niedermoorböden und flach überlagerte Moorböden anhand der „SCHNEEKLOTH-Mooregebiete“ zu sogenannten Mooregebieten aggregiert (Abbildung 2). Von den 1950er Jahren bis in die 1970er Jahre wurden alle Hoch- und Niedermoores in Niedersachsen mit einem Durchmesser von mindestens 200 m kartiert. Für über 1.000 Mooregebiete wurden Informationen zum damaligen Zustand wie etwa Nutzung und Bewuchs sowie zum stratigrafischen Aufbau des Moorkörpers zusammengestellt (SCHNEEKLOTH et al. 1970-1983). Die kartierten Moore wurden auf einer Karte im Maßstab 1:200.000 vereinfacht dargestellt (SCHNEEKLOTH & SCHNEIDER 1970). Diese Grenzen wurden für die Bearbeitung der Potenzialstudie auf die BHK50 projiziert (Abbildung 3), um so die inzwischen durch Kultivierung und Degradation in ihrer Ausdehnung verkleinerten und dadurch oft fragmentierten Mooregebietsteile aufgrund des moorgenetischen Zusammenhangs anhand der SCHNEEKLOTH-Mooregebiete zusammenzufassen. Auch wurden natürlicherweise in mehrere Teile zerteilte Mooregebiete z.B. im Bereich von fließgewässerbegleitenden Niedermoores, die teils durch (Moor)Gleye unterbrochen werden, aggregiert. Großflächig über tausende Hektar zusammenhängende bzw. ineinander übergehende Mooregebiete wurden anhand der SCHNEEKLOTH-Mooregebiete zerteilt. Nicht in SCHNEEKLOTH et al. (1970-1983) enthaltene Mooregebiete wurden anhand nahegelegener Ortslagen benannt. Für die Mooregebiete wurde eine Mindestflächengröße definiert, um

aus landesweiter Sicht für den Klimaschutz besonders bedeutsame Moore herauszustellen. Um zugleich eine handhabbare Anzahl von insgesamt 200 – 300 Mooregebieten zu erhalten, wurde im nächsten Schritt für die zusammengestellten Mooregebiete eine Mindestflächengröße von 150 Hektar iterativ ermittelt. Es musste sich hierbei nicht um eine zusammenhängende Fläche handeln: Die Mindestgröße konnte auch über mehrere Teilflächen moorgenetisch zusammenhängender Flächen erreicht werden. Um kleinere, landesweit naturschutzfachlich besonders bedeutsame Moorflächen sowie Moorflächen mit einem hohen Flächenanteil im Eigentum der öffentlichen Hand und damit potenziell hohem Umsetzungspotenzial mit dieser Größengrenze nicht zu übergehen, wurden Ausnahme von der Mindestgröße zugelassen: Mooregebiete von mindestens 100 Hektar mit über 60 % Flächenanteil im Eigentum der öffentlichen Hand sowie landesweit naturschutzfachlich besonders bedeutsame Gebiete mit mindestens einer Teilfläche von 50 Hektar.

Weitere Gebietstypen außerhalb dieser Mooregebiete waren kleinflächigere Moorflächen, weitere kohlenstoffreiche Böden mit Bedeutung für den Klimaschutz sowie kohlenstoffreiche Böden und mit geringerer Bedeutung für den Klimaschutz. Für die Flächen der Mooregebiete erfolgt eine vertiefte Betrachtung innerhalb von Datenblättern. Damit wurde auf die aus landesweiter Sicht wichtigsten Gebiete fokussiert, ohne die sonstigen Bereiche auszublenden.

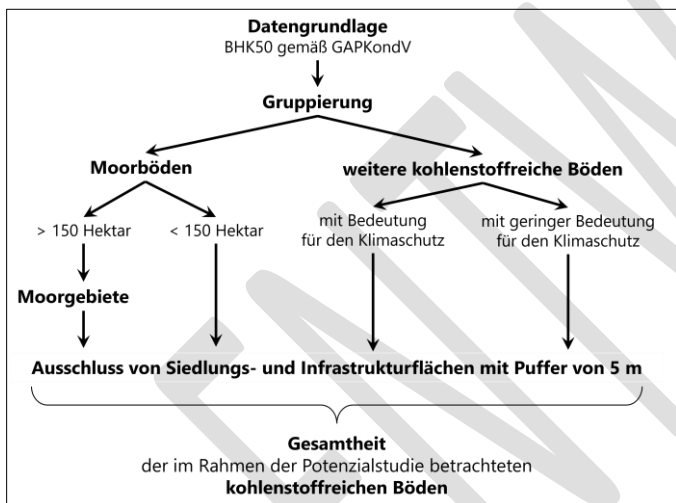


Abbildung 2: Schaubild zur Bildung der Mooregebiete.

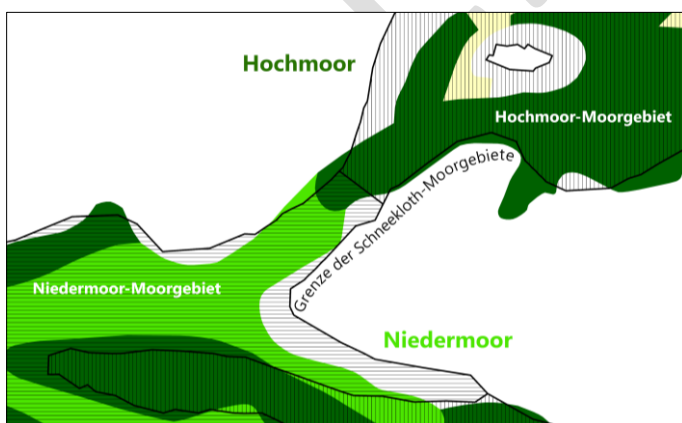


Abbildung 3: Beispiel der Abgrenzungsschärfe der Mooringinventur (SCHNEEKLOTH et al. 1971-1983): Eine unmittelbare Übernahme der digitalisierten Grenzen (NIBIS® Kartenserver 2022a) war aufgrund der räumlichen Unschärfe nicht sinnvoll.

Bereiche, bei denen eine Anhebung der Wasserstände unverhältnismäßig hohe Kosten verursachen könnte oder erhebliche Auswirkungen auf Siedlungsflächen und Infrastruktur hätte, wurden von den im Rahmen der Potenzialstudie betrachteten Flächen ausgeschlossen. Hierzu wurde ein Distanzpuffer von fünf Metern um Siedlungen und Infrastruktur gelegt, wo keine Anhebung von Wasserständen stattfinden soll. Die versiegelten Flächen wurden wie bei HÖPER & GEHRT (2022) nach SBRESNY (2017) ermittelt. Wenn daraus von Siedlungen umschlossene Bereiche von weniger als 0,5 Hektar resultierten, wurden diese Flächen ebenfalls aus der Betrachtung herausgenommen. Nach diesem Arbeitsschritt wurden die Mooregebiete von Fragmenten, die bei der Verschneidung verschiedener Datensätze im GIS entstanden, bereinigt und die Mindestflächengröße von 150 Hektar erneut geprüft. Das Ergebnis ist in Karte 1 dargestellt.

4.2 Bewertungseinheit

Als Bezugsfläche für die weitere Klassifizierung und Bewertung wurden quadratische Rasterzellen von 150 m Kantenlänge gewählt. Durch die Darstellung als Rasterzellen werden die in unterschiedlichen Geodaten-Formaten und in unterschiedlicher räumlicher Auflösung vorliegenden Grundlagen- und Fachdaten vereinheitlicht präsentiert. Zudem wird die durch die Verschneidung im Geoinformationssystem resultierende Pseudogenauigkeit umgangen und nicht flächenscharf abzubildende Inhalte generalisiert dargestellt.

Für jede Rasterzelle wurde berechnet, wie hoch der Anteil der überlagernden Vektor- bzw. feinmaschigeren Rasterdaten ist. Der jeweils höchste Anteil bestimmte, wie die Rasterzelle generalisiert wurde.

Tabelle 1: Unterschiedliche Betrachtungstiefen in Abhängigkeit von Flächengröße und Bodentypen.

Kategorie	Unterkategorie	Bodentyp	Größe	Lage	Betrachtungstiefe
1 großflächige Mooregebiete	a Mooregebiete mit Kerngebiet(en) aus Hoch- oder Niedermoor	Hoch- und Niedermoor Kohlenstoffreiche Böden, die in einem engen räumlichen und moorgenetischen Zusammenhang stehen, werden in das Mooregebiet einbezogen.	≥ 150 Hektar	zusammenhängende Moorflächen <u>oder</u> aggregierte, in engem räumlichem und moorgenetischem Zusammenhang stehende Moorflächen	Je Mooregebiet wird ein eigenes Datenblatt erstellt. Detaillierte Betrachtung von Einspar- und Maßnahmenpotenzialen mit Fokus auf die Kerngebiete (Hochmoore, Niedermooere, flach überlagerte Torfe)
	b Mooregebiete mit Kerngebiet(en) aus flach überlagerten Torfen	flach überlagerte Torfe	≥ 150 Hektar	außerhalb der Hoch- oder Niedermoor-Kerngebiete (Kategorie 1a)	
2 kleinflächigere Moorflächen sowie weitere kohlenstoffreiche Böden mit Bedeutung für den Klimaschutz	a kleinflächigere Hoch- und Niedermooere	Hoch- und Niedermoor	< 150 Hektar	außerhalb der großflächigen Mooregebiete (Kategorie 1)	Je Kategorie wird ein zusammenfassendes Datenblatt erstellt. Nachrangige, allgemeinere Betrachtung von Einspar- und Maßnahmenpotenzialen.
	b kleinflächigere, natürlicherweise oder durch Kultivierung entstandene, flach überlagerte Torfe	flach überlagerte Torfe, Sanddeckkultur	< 150 Hektar	außerhalb der großflächigen Mooregebiete (Kategorie 1)	
	c weitere kohlenstoffreiche Böden außerhalb der Mooregebiete	Moorgley, Organomarschen mit Niedermooerauf-lage	nicht relevant	außerhalb der großflächigen Mooregebiete (Kategorie 1)	
3 Kohlenstoffreiche Böden außerhalb oben genannten Mooregebiete mit geringerer Bedeutung für den Klimaschutz	Moor-Treposole		nicht relevant	außerhalb der großflächigen Mooregebiete (Kategorie 1)	Nachrangige, allgemeinere Betrachtung von Einspar- und Maßnahmenpotenzialen.

4.3 Treibhausgas-Minderungspotenzial

Das Treibhausgas-Minderungspotenzial von kohlenstoffreichen Böden setzt sich aus zwei Komponenten zusammen. Dies sind die derzeitigen THG-Emissionen auf kohlenstoffreichen Böden und der innerhalb eines betrachteten Zeitraums bis 2040 potenziell freisetzbare Kohlenstoff aus den kohlenstoffreichen Böden.

4.3.1 Treibhausgasemissionen

Die Bestimmung von THG-Emissionen über Messungen im Feld ist zeit- und kostenintensiv (TIEMEYER et al. 2017) und damit auf Landesebene nicht praktisch durchführbar. Eine Annäherung an die tatsächlichen Emissionen mittels Emissionsfaktoren muss daher über Indikatoren („proxies“) geschehen. Ein Beispiel für solche Indikatoren sind die Biotoptypen (vgl. DRACHENFELS 2021), die mit mittleren Wasserständen sowie bei genutzten Mooren mit der Nutzungsdichte korreliert sind (GOEBEL 1996, RASPER 2004, BECHTOLD et al. 2014). Weil die THG-Emissionen organischer Böden stark vom mittleren Wasserstand abhängen (TIEMEYER et al. 2020), können den Biotoptypen konkrete Emissionsfaktoren, d.h. Treibhausgasflüsse pro Hektar pro Jahr, zugewiesen werden (HÖPER 2022).

Die derzeitigen THG-Emissionen wurden für das niedersächsische Moorinformationssystem (MoorIS) aus Daten der landesweiten Biotopkartierung und ergänzend mit Landnutzungsdaten des Amtlichen Topographisch-Kartographischen

Informationssystem (ATKIS®) ermittelt (HÖPER 2024a, NIBIS® Kartenserver 2022b). Für die Bereiche, die innerhalb der neuen, aber außerhalb der bisherigen Kulisse der kohlenstoffreichen Böden lagen, wurden die THG-Emissionen gemäß HÖPER (2022, 2024a) berechnet (Tabelle 3).

Die THG-Emissionen wurden in drei Klassen eingeteilt und mit 1-3 Punkten bewertet (s. Tabelle 2), wobei das Minderungspotenzial am höchsten ist, wo die THG-Emissionen am höchsten sind. Teilversiegelte und versiegelte Biotoptypen, Biotoptypen außerhalb von Moorböden (z.B. trockene Sandheide) sowie vegetationsarme Gewässerbioptypen (z.B. naturferne Stillgewässer) außerhalb von Moorböden wurden in die Klasse mit den geringsten THG-Emissionen eingeteilt.

Je Rasterzelle wurde ermittelt, welche Klasse den höchsten Flächenanteil aufwies. Diese bestimmte die Eingruppierung der gesamten Rasterzelle.

Tabelle 2: Bewertung der THG-Emissionen.

THG-Emissionen in t CO ₂ -Äq. ha ⁻¹ a ⁻¹	Bewertung	Potenzial
< 10	1	gering
10-30	2	mittel
> 30	3	hoch

Für die Mooregebiete wurde in den Datenblättern die Summe der THG-Emissionen aus allen Rasterzellen des jeweiligen Mooregebietes und der mittlere Emissionsfaktor gebildet.

Tabelle 3: Emissionsfaktoren in Abhängigkeit von Nutzung, Lage in Naturschutzgebieten und Bodenkategorien (gemäß Anlage 1 in HÖPER 2024). Erläuterungen: HH = Hochmoor, HN = Niedermoor, GH = Moorgley, GIH = flach überlagerter Torf, SDK = Sanddeckkultur, SMK = Sandmischkultur. Für die Lage innerhalb eines Naturschutzgebietes (NSG) wird von HÖPER (2024a) eine extensivere Nutzung bzw. eine nassere Ausprägung von Biotoptypen im Vergleich zu außerhalb eines NSG angenommen. Biotoptypen gemäß DRACHENFELS (2021): WB = Birken- und Kiefern-Bruchwald, WE = Erlen- und Eschenwald der Auen und Quellbereiche, WV = Birken- und Kiefernwald entwässerter Moore, WQ = Bodensaurer Eichenmischwald, BF = sonstiges Feuchtgebüsch, MWD = Wollgras-Degenerationsstadium entwässerter Moore, DT = Abtorfungsbereich/loffene Torffläche, MGF = Feuchteres Glockenheide-Hochmoordegenerationsstadium, MPT = Trockeneres Pfeifengras-Moorstadium, GI = artenarmes Intensivgrünland, GE = artenarmes Extensivgrünland, GF = sonstiges artenreiches Feucht- und Nassgrünland, GN = seggen-, binsen- oder hochstaudenreiche Nasswiese, AM = Mooracker.

Nutzung (ATKIS®)	Bodenkategorie	Naturschutzgebiet	Referenz-Biotoptyp	Emissionsfaktor in t CO ₂ -Äq. ha ⁻¹ a ⁻¹		
				HH, HN, GH	G/H, SDK	SMK
Acker	nicht relevant	nicht relevant	AM	40	40	6
Grünland	nicht relevant	außerhalb	GI	39	39	6
		innerhalb	GE	25	13	6
Brache	Hochmoor	außerhalb	MD	25	13	4
		innerhalb	MD	25	13	4
	Niedermoor	außerhalb	GE, GF	25	13	4
		innerhalb	GE, GF	25	13	4
Heide	nicht relevant	außerhalb	MPT	22	11	4
		innerhalb	MGF	15	8	4
Moor	Hochmoor	außerhalb	MD	25	13	4
		innerhalb	MWD	9	5	4
	Niedermoor	außerhalb	GF	25	13	4
		innerhalb	GN	19	10	4
Gehölz	nicht relevant	außerhalb	WQ	25	13	4
		innerhalb	BF	21	11	4
Laubwald, Mischwald	nicht relevant	außerhalb	WQ	25	13	4
		innerhalb	WE	23	12	4
Nadelwald	nicht relevant	außerhalb	WV	23	12	4
		innerhalb	WB	16	8	4
Torfabbau	nicht relevant	nicht relevant	DT	5	2	4

4.3.2 Kohlenstoffspeicher

Neben den aktuellen THG-Emissionen müssen bei der Bestimmung des Treibhausgas-Minderungspotenzials auch potenzielle Emissionen aus dem noch vorhandenen Kohlenstoffspeicher berücksichtigt werden. Torfart, Zersetzungsgrad und Lagerungsdichte bestimmen den Kohlenstoffgehalt organischer Böden (SCHÄFER 2002). Diese Parameter wurden zwar punktuell im Rahmen von bodenkundlichen Bohrungen der Landesaufnahme oder in Projektkartierungen erhoben (LBEG 2023), liegen landesweit jedoch nicht flächendeckend vor. Daher wurde eine Abschätzung des Kohlenstoffspeichers über die Torfmächtigkeit vorgenommen: Je höher die Torfmächtigkeit ist, desto größer ist der Kohlenstoffspeicher. Die Torfmächtigkeit wurde den zugrundeliegenden Daten der Karte der „Böden mit hohem Kohlenstoffgehalten in Niedersachsen 1:50.000“ (BHK50) entnommen und umfasst das gesamte Torfprofil bis zur Moorbasis.

In Abtorfungsflächen ist die Torfmächtigkeit im Vergleich zur BHK50 durch die Abbautätigkeit reduziert. Für die industriell abgetorfte Flächen liegt ein landesweiter Datensatz zu ihrer Verbreitung im Jahr 2015 vor (FRANK et al. 2021), in welchem die Abtorfungsflächen auch hinsichtlich ihrer Folgenutzung klassifiziert wurden. Jüngere Torfabbauflächen wurden über das aktuelle Basis-DLM (LGLN 2023, Stand 11.12.2023) ergänzt. Bei erweiterten Abbauflächen

wurde die Folgenutzung an die Folgenutzung der ursprünglichen Abbaufäche angepasst, die Folgenutzung aller übrigen Flächen wurde als nicht bekannt unter „Sonstiges“ eingestuft. Für die verbliebenen Resttorfmächtigkeiten wurden je nach Folgenutzung unterschiedliche Werte angenommen (Tabelle 4). Da der Mittelwert von 6 dm für teilabgetorfte oder nicht abgetorfte Restblöcke innerhalb der durch FRANK et al. (2021) identifizierten Abtorfungsflächen nicht repräsentativ ist, erfolgte im GIS mittels Sichtkontrolle über Luftbilder und digitales Geländemodell eine Abgrenzung von landesweit bedeutsamen Restblöcken ab einer Fläche von 50 Hektar.

Tabelle 4: Folgenutzung nach FRANK et al. (2021) und die angenommene Resttorfmächtigkeit.

Folgenutzung	Resttorfmächtigkeit	Begründung
Landwirtschaft	0 dm	überwiegend Tiefumbruch der Resttorfe
Ackerland		
Grünland	6 dm	entspricht dem vom LBEG angenommenen Mittelwert in der BK50 für Moore mit einer Mächtigkeit von 3-8 dm.
Sonstiges		
Forstwirtschaft		
Naturschutz	> 20 dm	Restblock

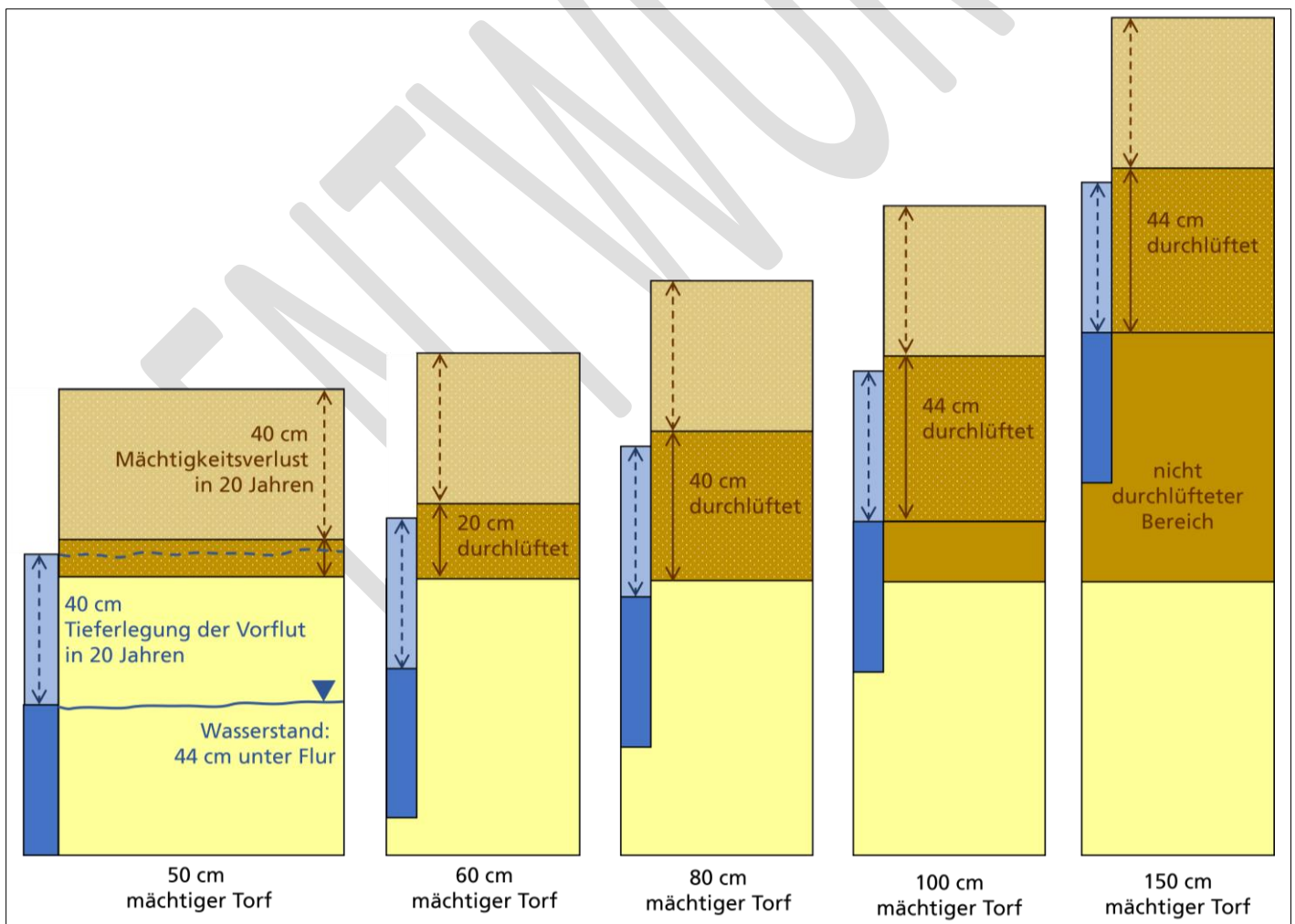


Abbildung 4: Schematische Erläuterung der Klimarelevanz der Torfmächtigkeit. Angenommen wurde ein Mächtigkeitsverlust von 40 cm innerhalb von 20 Jahren (d.h. bis ~ 2040) durch Sackung, Schrumpfung und Schwund sowie parallel dazu fortlaufende Tieferlegung der Vorflut. Gelb = mineralischer Untergrund, braun = Torf, blau = Wasserstand im Vorfluter.

Die Moormächtigkeit wurde in der BK50 innerhalb des niedersächsischen Tiefenstufenschemas in vier Tiefenstufen unterteilt (GEHRT et al. 2021). Mächtige Torfe würden über die Zeit, wenn die Moorwasserstände tief bleiben oder mit absinken, kumulativ mehr emittieren als flachgründige Torfe. Für den klimapolitisch relevanten Betrachtungszeitraum von rund 20 Jahren ist der Torfhorizont entscheidend, der in diesem Zeitraum oxidieren kann. Ausgehend von einem Höhenverlust von 2 cm pro Jahr (HÖPER 2015), der sich aus Sackung, Schrumpfung und Schwund zusammensetzt, wäre das eine Mächtigkeit von 40 cm. Der durchschnittliche Wasserstand für die Grünlandnutzung, als Nutzungsform mit dem größten Flächenanteil, liegt bei 44 cm unter Flur (BECHTOLD et al. 2014). Ab einer Torfmächtigkeit von über 84 cm bleibt der durchlüftete, emittierende und daher klimarelevante Bereich des Torfkörpers unabhängig von der weiteren Profilmächtigkeit bei 44 cm (vgl. Abbildung 4). Der Grenzwert von 80 cm ergibt sich aus der Klassifizierung der Mächtigkeiten des verwendeten Datensatzes.

Für die Bewertung des Kohlenstoffspeichers wurden daher nur zwei Klassen aus diesen Tiefenstufen gebildet (s. Tabelle 5), es erfolgte eine Bewertung mit 1 bzw. 3 Punkten. Zu Bereichen der BHK50 gemäß GAPKondV außerhalb der ursprünglichen BHK50 liegen seitens des LBEG (noch) keine Mächtigkeitsangaben vor. Diese Bereiche wurden mit einem Punkt bewertet, da diese Flächen mindestens ein geringes Potenzial innehaben.

Auch hier wurde je Rasterzelle bestimmt, welche Klasse den höchsten Flächenanteil aufwies. Diese bestimmte die Eingruppierung der gesamten Rasterzelle.

Tabelle 5: Tiefenstufen der Moormächtigkeit in der BK50 und deren Übersetzung in Bewertungsklassen.

Moormächtigkeit	Bewertung	Potenzial
ohne Daten, < 3 dm, 3–8 dm	1	gering
8–13 dm, 13–20 dm, > 20 dm	3	hoch

4.3.3 Synthese

Die für die THG-Emissionen und den Kohlenstoffspeicher je Rasterzelle erfolgte Bewertung wurde für die gesamtliche Bewertung des Treibhausgas-Minderungspotenzials aufsummiert (Tabelle 6).

Tabelle 6: Kombinationsmöglichkeiten beider Parameter des Treibhausgas-Minderungspotenzials. Die Umklassifizierung in eine fünfstufige Skala erfolgt in Vorgriff für den Schritt der Priorisierung. Die Farbgebung findet sich in den Datenblättern sowie in Karte 3 wieder.

THG-Emissionen		Kohlenstoff-speicher		Summe / Umklassifizierung	
1	gering	1	gering	2 / 1	gering
2	mittel	1	gering	3 / 2	mittel
1	gering	3	hoch	4 / 3	
3	hoch	1	gering	4 / 3	
2	mittel	3	hoch	5 / 4	
3	hoch	3	hoch	6 / 5	hoch

4.4 Rahmenbedingungen

Im Rahmen der Potenzialstudie wurden begünstigende oder erschwerende Rahmenbedingungen für Maßnahmen zur Minderung von THG-Emissionen aus Moorböden und weiteren kohlenstoffreichen Böden sowie zum Erhalt der Kohlenstoffspeicher über eine Anhebung der Wasserstände identifiziert.

Zunächst wurde zunächst der Bedarf für eine Wasserstands-anhebung abgeprüft (Kapitel 4.4.1), anschließend erfolgte die Bewertung der Rahmenbedingungen. Hierfür wurden die Kriterien in (I) wesentliche physische Standorteigenschaften (Kapitel 4.4.2), (II) wesentliche Raumwiderstände und Nutzungskonflikte (Kapitel 4.4.3) sowie (III) weitere begünstigende oder erschwerende Faktoren (Kapitel 4.4.4) aufgliedert. Die Vorgehensweise wurde in einem begleitenden Stakeholder-Dialog mit den Teilnehmenden diskutiert, die Ergebnisse dieser Diskussion sowie abschließende Stellungnahmen flossen mit in die Studie ein.

Für die Rahmenbedingungen unter (I) und (II) erfolgte jeweils je Rasterzelle eine Bewertung (s. Tabelle 9) für die Gesamtheit der in der Potenzialstudie betrachteten kohlenstoffreichen Böden. Die Bewertung verdeutlicht, ob Maßnahmen zur Minderung der Emissionen schnell realisierbar sind (grün), schwerer realisierbar sind (gelb) oder ob sie sehr kompliziert zu realisieren sind (rot bzw. dunkelrot).

Die weiteren begünstigenden oder erschwerenden Faktoren unterscheiden sich in ihrem Einfluss in Abhängigkeit von Bodenkategorien und Maßnahmenpaketen. Sie sind ausschließlich für die Mooregebiete in den Datenblättern aufgeführt und haben dort einen informativen Charakter.

4.4.1 Bedarf für eine Anhebung der Wasserstände

In einem ersten Schritt erfolgte die Prüfung, ob überhaupt ein Bedarf für eine Wasserstands-anhebung besteht. Bei Flächen mit an und über Flur liegenden Wasserständen besteht in der Regel kein Handlungsbedarf hinsichtlich einer Minderung von THG-Emissionen und Sicherung des Kohlenstoffspeichers. Gleichwohl besteht hier der Bedarf zum Erhalt der hohen Wasserstände.

In BECHTOLD et al. (2014) wurde erstmals mit einem Modell deutschlandweit der standorttypische Moorwasserstand organischer Böden berechnet. Das Thünen-Institut aktualisiert diese Daten jährlich im Rahmen der Klimaberichterstattung im Nationalen Inventarbericht (NIR). Bereiche mit mittleren Wasserständen gemäß NIR (UBA 2023) von höher als 10 cm unter Flur wurden der Kategorie „blau“ („Erhaltungsbedarf“) zugewiesen.

In Ergänzung zu der Auswertung der modellierten Wasserstände wurden Biotoptypen aus der landesweiten Biotopkartierung (Umweltkarten Niedersachsen 2023) zur Bewertung des Bedarfs zur Wasserstands-anhebung herangezogen. Berücksichtigt wurden nur Flächen, die ab dem Jahr 2013 erhoben wurden. Folgende Biotoptypen (DRACHENFELS 2021) wurden für eine „blau“-Einstufung einbezogen: (I) moortypische FFH-Lebensraumtypen (3160, *7110, 7120, 7150, *91D0) mit Erhaltungsgrad A oder (mit Ausnahme des LRT 7120) B der aufgeführten FFH-Lebensraumtypen. Ergänzend wurde der niedermoortypische FFH-Lebensraumtyp *91E0 mit Erhaltungsgrad A einbezogen. (II) Die in NIEMEYER et al.

(2022) als naturnah eingestuftes Biotoptypen der Hochmoore ohne FFH-LRT Zuweisung, sofern sie keine durch Entwässerung hindeutende Zusatzmerkmale (z.B. Verbuschung) und Nebencodes aufwiesen. (III) Sauergras-, Binsen- und Staudenrieder oder Landröhrichte mit dem Zusatzmerkmal „s“ (Schwingrasen/Verlandungsmoor eines Stillgewässers). (IV) Naturnahe nährstoffarme Stillgewässer mit Verlandungsvegetation als Nebencode oder weiterer Hauptcode. (V) Überstauter Erlen-Bruchwald nährstoffreicher Standorte, Erlen-Quellbruchwald nährstoffreicher Standorte, Erlen- und Eschen-Quellwald ohne FFH-LRT-Zuweisung, jeweils ohne auf Entwässerung hindeutende Zusatzmerkmale. (VI) Birken- und Kiefern-Bruchwald ohne FFH-LRT-Zuweisung mit dem Zusatzmerkmal „f“.

Die Flächen der Kategorie „blau“ wurden in den nächsten Schritten nicht weiter bewertet, sondern als in diesem Zustand zu erhaltende Flächen mitgeführt.

4.4.2 Physische Standorteigenschaften

In diesem Unterpunkt wurde die naturräumliche Ausstattung der im Rahmen der Potenzialstudie betrachteten kohlenstoffreichen Böden bewertet, mit dem Ziel, Bereiche zu identifizieren, in denen sich aufgrund der naturräumlichen Ausstattung Maßnahmen zur Minderung der THG-Emissionen einfach umsetzen lassen. Zugleich werden solche Bereiche ausgeschlossen, in denen dieses Ziel nur mit einem unverhältnismäßig hohen finanziellen Aufwand erreicht werden kann. Zu diesem Zweck wurden Reliefparameter sowie klimatische Einflussgrößen analysiert (Tabelle 8).

Die Bewertung bzw. die Eingruppierung dieser Faktoren in eine der drei Bewertungskategorien erfolgte für jede Rasterzelle. Bei der Zuordnung in die Bewertungskategorie „dunkelrot“ wurde die Rasterzelle unabhängig von der Ausprägung der anderen Kriterien im Gesamten als geringes Potenzial bewertet und aus den nachfolgenden Bewertungsschritten herausgenommen. Maßnahmen zur Anhebung der Wasserstände haben in diesen Bereichen die geringste Priorität. Für alle anderen, verbliebenen Rasterzellen entschied die Anzahl an „grün“-Einstufungen über die Gesamtbewertung der Standorteigenschaften (Tabelle 9).

Für die gesamtheitliche Bewertung des Maßnahmenpotenzials (s. Kapitel 4.5.5) wurden die Bewertung der wesentlichen physischen Standorteigenschaften in eine fünfstufige Skala überführt (Tabelle 7).

Tabelle 7: Umklassifizierung des Bewertungsschrittes 2. Die Anzahl an „grün“-Einstufungen je Rasterzelle wurde in eine fünfstufige Skala übertragen. Die Farbgebung findet sich in den Datenblättern sowie in Karte 4 wieder.

Anzahl an „grün“-Einstufungen	umklassifizierter Wert	Potenzial zur Anhebung der Wasserstände
5	5	hoch
4	4	hoch bis mittel
3	3	mittel
2	2	mittel bis gering
1	2	mittel bis gering
0	2	mittel bis gering
dunkelrot	1	gering

4.4.2.1 Torfmächtigkeit

Die Wasserrückhaltefähigkeit in Mooren steigt mit zunehmender Torfmächtigkeit (HOFER et al. 2022), da eine mächtigere Torfaufgabe besser vor bis zur Moorbasis reichenden Trockenrissen schützt, die eine weitere Degradation des Torfes fördern würden. Die hier zugrunde gelegten Angaben zur Torfmächtigkeit entstammen der Karte „Böden mit hohen Kohlenstoffgehalten in Niedersachsen 1:50.000“ (LBEG 2018a) (vgl. Kapitel 4.3.2). Diese wurde durch das LBEG bereits hinsichtlich der Flächenabgrenzung überarbeitet (LBEG 2023), eine Aktualisierung der Torfmächtigkeit stand zum Zeitpunkt der Fertigstellung der Potenzialstudie jedoch noch aus. Um die in den letzten Jahrzehnten erfolgte Sackung und Mineralisierung bereits vorab zu berücksichtigen, wurden von den Torfmächtigkeiten der Moorböden und organischen Böden pauschal 10 cm abgezogen. Dieser in Anbetracht des Alters der bislang vorliegenden Daten niedrige Abzug ist der Tatsache geschuldet, dass die Torfmächtigkeiten in Tiefenstufen vorliegen und eine mittlere Torfmächtigkeit von 60 cm eine Wertespanne von 40-80 cm umfasst.

In Ergänzung zu der Torfmächtigkeit wurden Böden mit großflächig gestörten Torfprofilen in die Bewertung eingebunden. Bei der Anlage von Tiefumbruchböden werden stauende Schichten im Torfprofil und im anstehenden mineralischen Untergrund aufgebrochen. Somit wird bei großflächig durchgeführten Meliorationen der Landschaftswasserhaushalt durch erhöhte Versickerungsraten verändert.

Isoliert von Moorflächen gelegene Flächen mit sehr geringer Torfaufgabe und Flächen mit einem gestörten Torfprofil wurden in die Bewertungskategorie „dunkelrot“ eingeordnet und als Flächen geringster Priorität von den weiteren Bewertungsschritten ausgeschlossen. Im räumlichen Kontakt

Tabelle 8: Verwendete Daten zur Bewertung der physischen Standorteigenschaften.

Datensatz	Quelle	Primärdaten / Sekundärdaten	Auflösung	Aktualität / Stand
Digitales Geländemodell mit einer Gitterweite von 1,0 m (DGM1)	LGLN	Primärdaten	1 m x 1 m	2015-2022 je nach Region
Reliefklassifikationsindex (engl. Terrain Classification Index for Lowlands - TCI _{low}) gemäß Bock et al. (2007)	LBEG	Sekundärdaten	10 m x 10 m	11.2019
klimatische Wasserbilanz (Jahr, Klimaszenarien, 2021-2050, "Klimaschutz"-Szenario (RCP2.6), "Kein-Klimaschutz"-Szenario (RCP8.5))	LBEG, DWD	Sekundärdaten	1.000 m x 1.000 m	11.2022

Tabelle 9: Schrittabfolge und Bewertungsmatrix der Rahmenbedingungen.

1. Schritt: Bedarf für eine Anhebung der Wasserstände			
Kriterium	Bewertungskategorie		
	mittlerer Wasserstand tiefer als 10 cm unter Flur oder keine Daten vorhanden	blau mittlerer Wasserstand höher als 10 cm unter Flur sowie solche Wasserstände indizierende Biotoptypen	
Moorwasserstände			
weitere Vorgehensweise	Betrachtung in Schritt 2	keine Betrachtung in Schritt 2	
2. Schritt: Physische Standorteigenschaften			
Kriterien	Bewertungskategorien		
	grün	gelb	dunkelrot
Torfmächtigkeit	Torfauflage > 40 cm sowie Torfauflage ≤ 40 cm oder gestörtes Torfprofil jedoch eingebettet in Moorflächen liegend	Torfauflage ≤ 40 cm oder gestörtes Torfprofil mit räumlichem Zusammenhang zu Moorflächen	Torfauflage ≤ 40 cm oder gestörtes Torfprofil ohne räumlichen Zusammenhang zu Moorflächen
klimatische Wasserbilanz	Hochmoore: mind. geringer Überschuss (≥ 50 mm a ⁻¹) Niedermoore: mind. ausgeglichen (≥ -25 mm a ⁻¹)	Hochmoore: max. sehr geringer Überschuss (< 50 mm a ⁻¹) Niedermoore: max. sehr geringes Defizit (< -25 mm a ⁻¹)	
regionale Höhenlage	≤ 0,00 m NHN oder unter Vorfluter-Niveau	> 0,00 m NHN oder über Vorfluter-Niveau	
regionale Reliefhöhe	innerhalb von Senken Reliefklassifikationsindex TClow < 0,5	außerhalb von Senken Reliefklassifikationsindex TClow ≥ 0,5	
lokale Höhenunterschiede	gering: Anteil von Geomorphon-Landformtypen 2-6: < 25 % und > 75 %	größer: Anteil von Geomorphon-Landformtypen 2-6: 25 – 75 %	
3. Schritt: Raumwiderstände und Nutzungskonflikte			
Kriterien	Bewertungskategorien		
	grün	gelb	rot
Flächengröße	nicht sehr kleinflächig ≥ 1 Hektar		sehr kleinflächig < 1 Hektar
Abstand zum Außenrand	günstig ≥ 500 m zum Außenrand	mäßig günstig ≥ 100 und < 500 m zum Außenrand	ungünstig < 100 m zum Außenrand
Flächenverfügbarkeit	großflächig zusammenhängend ≥ 20 Hektar	kleinflächig zusammenhängend 5-20 Hektar	nicht zusammenhängend < 5 Hektar
entwässerungsbasierte Schutzobjekte	nicht vorhanden oder unbekannt außerhalb der rechts genannten Bereiche	vorhanden, ambivalent Wiesenvogelschutzprogramm sowie FFH-LRT 6230, 6410, 6430 und 6440	vorhanden mooruntypische FFH-LRT: 4030, 6510, 9160 9190, mooruntypische Biotoptypen: GMS, GMA, HCT, RSZ, RNT
Nutzungsintensität	ungenutzt, extensiv genutzt Heide, Moor, Brache Vegetationsmerkmal = nass Biotoptypen: WB, WA, WE, WN, WV, BA, BF, BN, BR, UF, UH, UN, N und M		intensiv genutzt alle weiteren Flächen
Abstand zu Siedlungen	großer Abstand ≥ 125 m (Hochmoor) ≥ 150 m (alle anderen Bodenkategorien)	mittlerer Abstand zw. 25 bis < 125 m (Hochmoor) 25-150 m (alle anderen Bodenkategorien)	geringer Abstand < 25 m

zu Moorflächen stehende Flächen mit sehr geringer Torfauf-
lage oder mit einem gestörten Torfprofil wurden als „gelb“
gewertet. In Moorflächen eingebettete Flächen mit sehr ge-
ringer Torfauf-
lage oder eingebettete Flächen mit einem ge-
störten Torfprofil sowie Flächen mit einer Torfauf-
lage von über 40 cm wurden in die Bewertungskategorie „grün“ ein-
geordnet.

4.4.2.2 Klimatische Wasserbilanz

Die Differenz zwischen dem Niederschlag und der potenziel-
len Verdunstung – die klimatische Wasserbilanz – liefert eine
erste Einschätzung über die regionale Wasserverfügbarkeit.
Berücksichtigt wurden hierbei die Entwicklungen der klima-
tischen Wasserbilanz 2021-2050 unter den Klimaszenarien
des Weltklimarats (IPCC). Dies umfasst zum einen das „Kein-
Klimaschutz“-Szenario (RCP8.5), welches einen fortlaufen-
den Anstieg der weltweiten THG-Emissionen beschreibt und

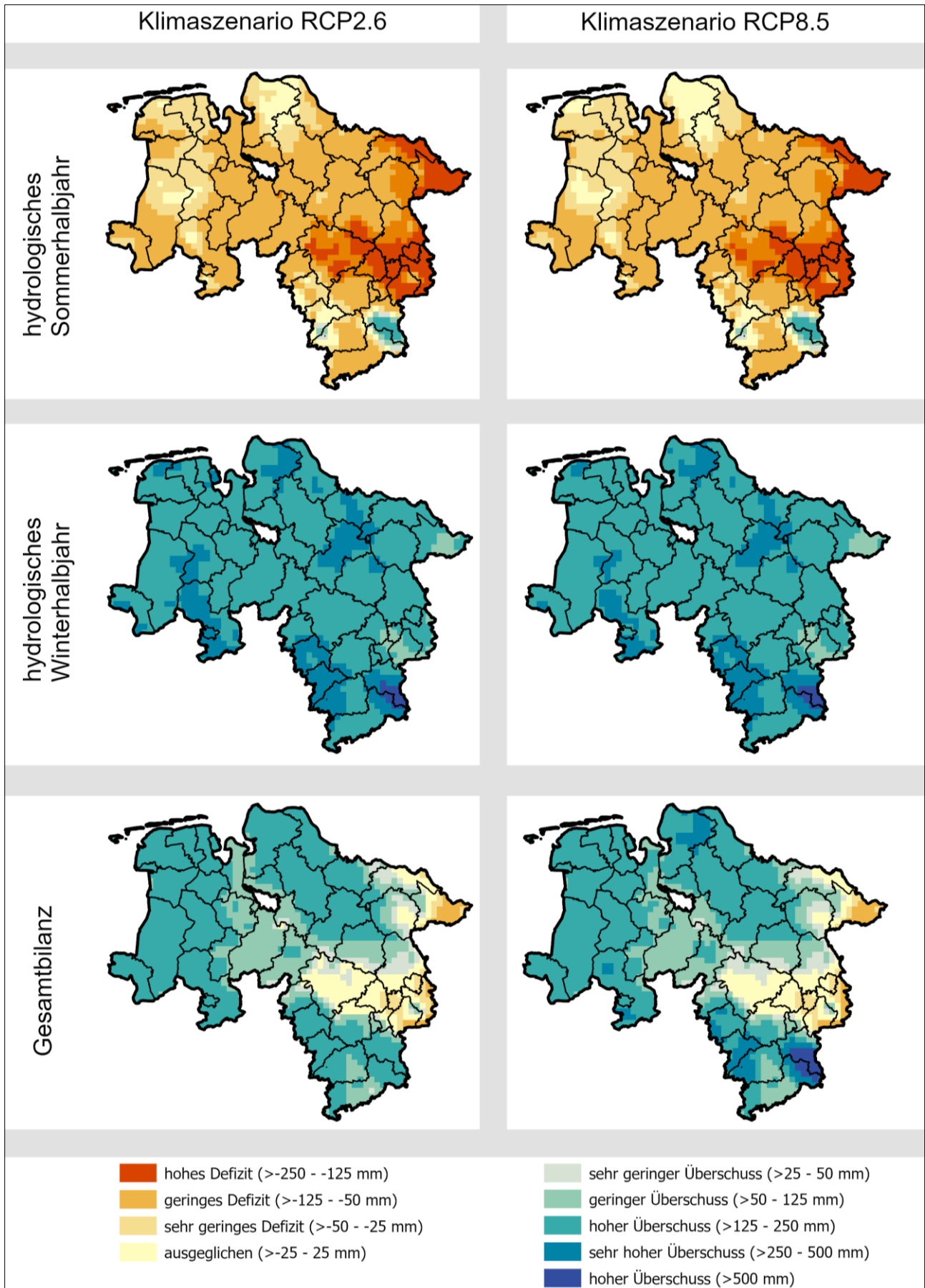


Abbildung 5: Klimatische Wasserbilanz. © Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG), Hannover. Mittlere klimatische Wasserbilanz für den 30-jährigen Zeitraum 2021-2050.

das „Klimaschutz-Szenario“ (RCP2.6), das klare Bemühungen im Bereich des Klimaschutzes voraussetzt. Ein Vergleich der beiden Szenarien zeigt nur geringe Abweichungen innerhalb der vom LBEG definierten Defizit- bzw. Überschuss-Wertspannen (Abbildung 5). Bei den tatsächlichen Werten zeigen sich regionale Unterschiede (Abbildung 6): In Küstennähe und in den Niederungen von Weser, Aller und Elbe sind die Niederschlagssummen im RCP8.5-Szenario um bis zu 25 mm höher als die des RCP2.6-Szenarios. Im Grenzbereich zum nordrhein-westfälischen Münsterland, im Hümmling und im Weserbergland hingegen sind die Niederschlagssummen bis zu 8 mm niedriger. Um das Worst-Case-Szenario abzubilden, wurde jeweils der niedrigste Wert der beiden Szenarien berücksichtigt.

Grundwassergespeiste Niedermoore und niederschlagsgespeiste Hochmoore wurden mit unterschiedlichen Grenzwerten bewertet. Für die Niedermoorstandorte wird angenommen, dass ein mehr oder weniger ausgeglichener Jahreswasserhaushalt (+/- 25mm) einen stabilen Grundwasserstand zulässt. Eine negative Wasserhaushaltsbilanz würde auf Dauer mit einer Absenkung des Grundwasserstandes einhergehen. Bei dieser generalisierenden Betrachtung können Einzelfälle wie z.B. Durchströmungs- oder Quellmoore, die eher indirekt oder verzögert mit der Wasserhaushaltsbilanz verbunden sind, nicht weiter ausdifferenziert werden. Letztlich führen jedoch stark negative Bilanzen zu absinkenden Wasserständen. Für die Hochmoorstandorte sind neben der Jahresbilanz insbesondere die sommerlichen Wasserstände von Bedeutung. Waren es historisch die feuchten und nassen Sommermonate des atlantisch geprägten Klimas, die die Hochmoorgenese gefördert haben, so wirkt sich hier der Klimawandel besonders kritisch aus. Ausgeglichene Wasserhaushaltsbilanzen für das hydrologische Sommerhalbjahr sind zukünftig nur noch in wenigen, küstennahen Regionen Niedersachsens zu erwarten. Die sommerlichen Fehlbeträge müssen durch Rückhalt winterlichen Überschusswassers oder durch ein Wassermanagement kompensiert werden.

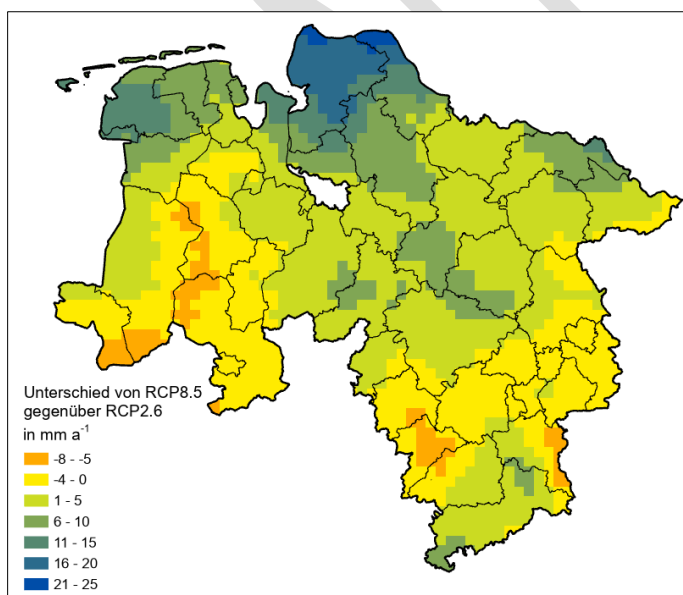


Abbildung 6: Unterschiede zwischen dem RCP8.5 und dem RCP2.6-Szenario. © Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG), Hannover. Mittlere jährliche klimatische Wasserbilanz für den 30-jährigen Zeitraum 2021-2050.

Aus diesen Überlegungen heraus wurde für die Hochmoorstandorte die Grenze für einen Wert von mindestens 50 mm Jahresüberschuss definiert. Für inzwischen unter Vorfluterniveau liegende Hochmoorflächen wurden die Grenzwerte für Niedermoore angewendet, da sie hydrologisch wie ein Niedermoor funktionieren.

4.4.2.3 Regionale Höhenlage

Bereiche, die unter dem Höhengniveau des zugehörigen Vorfluters liegen, sind hydrologisch besonders begünstigt. Hierzu gehören einerseits Bereiche, die unter dem Meeresspiegel liegen, aber auch z.B. ausgedeichte Bereiche an Vorflutern im Tiefland.

Für die Identifizierung von Bereichen unter dem Meeresspiegel wurde das DGM in Bereiche über und unter 0,00 m NHN eingeteilt. Bei den küstenferneren Bereichen erfolgte die Identifizierung von unter Vorfluter-Niveau gelegenen Bereichen in Anlehnung an CONRAD (2002). Hierbei wird im GIS der vertikale Abstand von der Geländeoberfläche zur Höhe des Vorfluters berechnet.

4.4.2.4 Regionale Relieflage

Topographische Senken sind durch hohe unterirdische wie oberirdische Zuflüsse und niedrige Abflüsse gekennzeichnet und sind somit im Hinblick auf den Landschaftswasserhaushalt besonders begünstigt.

Zur Identifizierung solcher Senken wurde der Reliefklassifikationsindex (Terrain Classification Index = TCl_{low}) verwendet. Dieser dimensionslose Index wird mithilfe des digitalen Geländemodells (DGM) erzeugt und bezieht komplexe Reliefparameter mit ein (Bock et al. 2007).

Als Senken wurden Bereiche eingestuft, die eine TCl_{low} Wert von $< 0,5$ aufweisen und damit im 25 %-Perzentil des TCl_{low} -Wertebereichs von 0-2 liegen.

4.4.2.5 Lokale Höhenunterschiede

Anthropogen bedingte Höhenunterschiede durch Handtorfstich oder industriellen Torfabbau sowie natürlicherweise geneigte Flächen stellen eine Herausforderung bei Wiedervernässung zur Einstellung gleichmäßig hoher Wasserstände dar (vgl. STEGINK-HINDRIKS et al. 2022, SSYMANK et al. 2015).

Um lokale Höhenunterschiede zu bestimmen, wurde das 5×5 m DGM aufgrund der Höhenunterschiede jeder Kleinst-Rasterzelle zu ihrer Umgebung in Landformen (a = Gipfel, Grat, Schulter, Felssporn, Hang, b = Senke, Unterhang, Tal und Mulde sowie c = Ebene) unterteilt (JASIEWICZ & STEPINSKI 2013). Anschließend wurde der Anteil der Landformen der Gruppe a an der Rasterzelle berechnet. Werte zwischen 25 und 75 % wurden als „gelb“ eingestuft, was bedeutet, dass die Geländeoberfläche in diesen Bereichen sehr heterogen ist. Diese Spanne wurde iterativ ermittelt und war notwendig, um die Höhenunterschied-Anteile über die 150×150 m aufgelösten Rasterzellen adäquat abbilden zu können. Alle übrigen Rasterzellen gehörten in Kategorie „grün“, da die Geländeoberfläche homogen ist und entweder senkenartige oder höhergelegene Bereiche überwiegen.

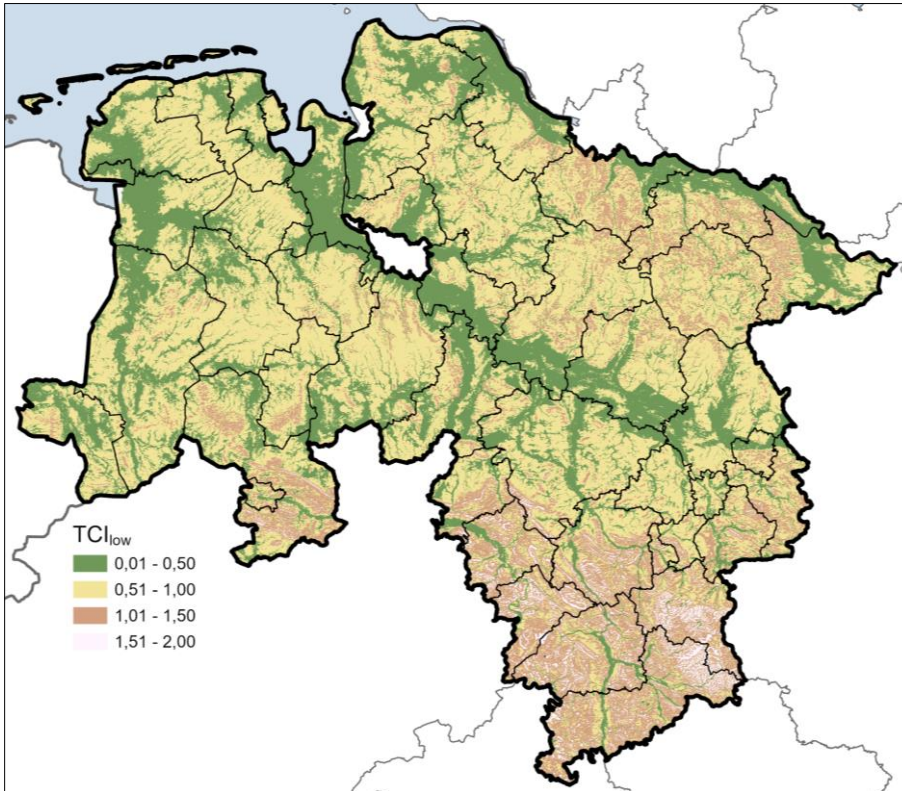


Abbildung 7: Reliefklassifikationsindex (Terrain Classification Index = TCl_{low}). Quelle: LBEG 2023. Der dimensionslose Index kennzeichnet bei Werten von unter 0,5 Senkenlagen.

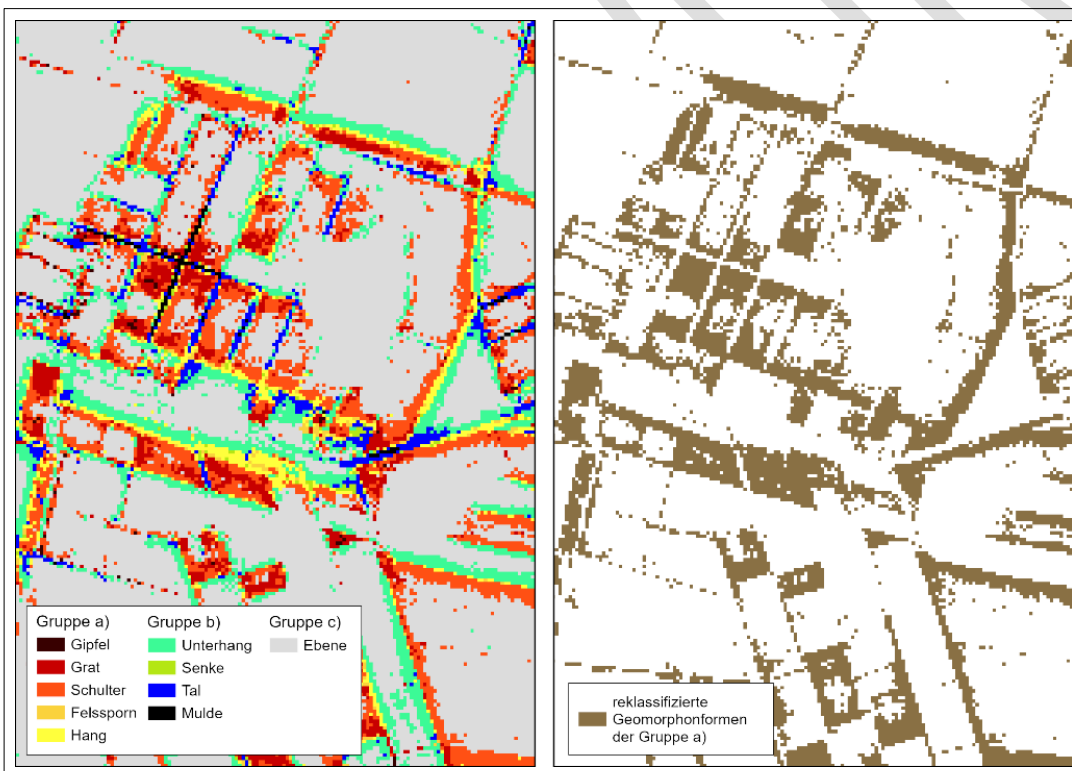


Abbildung 8: Ableitung von lokalen Höhenunterschieden über Geomorphon-Landformen. Links: Geomorphon-Landformen, rechts: Reklassifizierte Bereiche.

4.4.3 Raumwiderstände und Nutzungskonflikte

Die betrachteten kohlenstoffreichen Böden wurden mit Hilfe der Datensätze aus Tabelle 10 auf mögliche Raumwiderstände und Nutzungskonflikte hin analysiert. Jede Rasterzelle wurde anhand der Kriterien (Tabelle 9) einer der drei Kategorien zugeordnet. Die Kategorie „grün“ weist hierbei auf ein geringes Konfliktpotenzial hin, die Kategorie „rot“ auf ein höheres. Die Kriterien der Kategorie „rot“ wurden mit einem Punkt bewertet, Kategorie „gelb“ mit zwei Punkten und Kategorie „grün“ mit drei Punkten.

Für die gesamtheitliche Bewertung des Maßnahmenpotenzials (s. Kapitel 4.5.5) wurde die Bewertung der wesentlichen Raumwiderstände und Nutzungskonflikte in eine fünfstufige Skala überführt (Tabelle 11).

Tabelle 10: Verwendete Daten zur Bewertung der Raumwiderstände und Nutzungskonflikte.

Datensatz	Quelle	Primärdaten / Sekundärdaten	Maßstab	Aktualität / Stand
Kohlenstoffreiche Böden 1 : 50 000 (BHK50)	LBEG	Sekundärdaten	1 : 50.000	02.2022
Eigentumsdaten	LGLN	Primärdaten	flächenscharf	12.2023
EU-Vogelschutzgebiete (VSG) in Niedersachsen	NLWKN	Primärdaten	1 : 50.000	01.2023
Wiesenvogelschutzprogramm Kulisse (Nds. Weg)		Sekundärdaten	1 : 5.000	05.2023
niedersächsische Projektgebiete des Integrierten LIFE-Projektes GrassBirdHabitats	MU	Sekundärdaten	.	02.2024
Projektgebiete des LIFE-Projekts „Wiesenvögel“		Sekundärdaten	.	02.2023
Digitales Landschaftsmodell (Basis-DLM), Datensätze „sied02_f“, „ver01_f“, „veg01_f“, „veg02_f“, „veg03_f“, „veg04_f“	LGLN	Primärdaten	1 : 5.000	12.2023
Biotoptypen	NLWKN	Primärdaten	1 : 5.000	1995-2020

Tabelle 11: Umklassifizierung des Bewertungsschrittes 3. Die Summe der Punkte je Kategorie wurde in eine fünfstufige Skala übertragen. Die Farbgebung findet sich in den Datenblättern sowie in Karte 5 wieder.

Punkte summe	umklassifizierter Wert	Potenzial zur Anhebung der Wasserstände
18	5	hoch
17		
16	4	hoch bis mittel
15		
14		
13	3	mittel
12		
11		
10	2	mittel bis gering
9		
8		
7	1	gering
6		

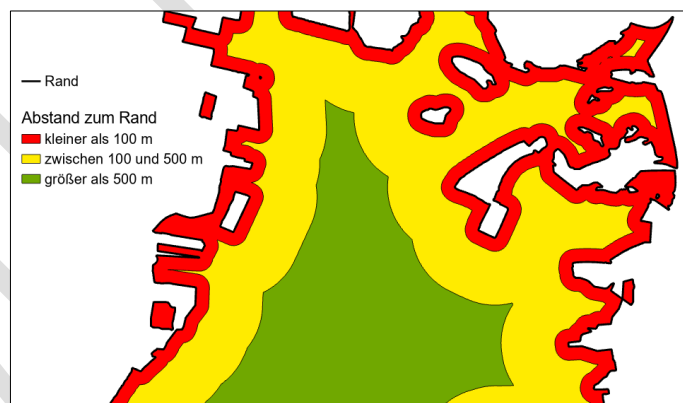


Abbildung 9: Abstände zum Außenrand der kohlenstoffreichen Böden.

Rasterzellen innerhalb des 500 m Distanzpuffers der Kategorie „grün“ und der Bereich dazwischen der Kategorie „gelb“.

4.4.3.1 Flächengröße

Flächen von unter einem Hektar sind nur wenig geeignet, um Maßnahmen zu initiieren und wurden daher der Kategorie „rot“ zugeordnet.

4.4.3.2 Abstand zum Außenrand

Bei einem geringen Abstand zum Außenrand kann verstärkt ein (negativer) Einfluss der umgebenden Landschaft wie etwa Nährstoffeinträge oder randliche Entwässerung auftreten. Dies ist vor allem bei einem geringen Verhältnis von Flächeninhalt zum Umfang durch geringe Breite oder eine unregelmäßige Flächenform gegeben (Abbildung 9). Dies bedeutet, dass die zu erreichende Emissionsminderung geringer ausfällt als in den zentral gelegenen Bereichen und die Effizienz der Maßnahmen geringer ist. Gleichwohl ist auch in den Randbereichen prinzipiell eine Anhebung der Wasserstände anzustreben, da diese Bereiche sonst ihrerseits entwässernd auf die zentral gelegenen Bereiche wirken.

Deshalb wurden für alle Flächen der betrachteten kohlenstoffreichen Böden Distanzpuffer zum Rand berechnet (vgl. KOPPENSTEINER et al. 2023). Rasterzellen innerhalb der 100 m Distanz wurden der Kategorie „rot“ zugeordnet,

4.4.3.3 Flächenverfügbarkeit

Zur Einschätzung der Flächenverfügbarkeit wurden Flächen der öffentlichen Hand herangezogen. Dazu zählen neben dem Bund und anderen Bundesländern, das Land Niedersachsen, die Landkreise und kreisfreien Städte sowie die Gemeinden.

Im GIS wurden zunächst die Splitterflächen, die sich aus der Verschneidung der zur Verfügung gestellten Eigentumsdaten ergeben haben, bereinigt. Ausgeschlossen wurden des Weiteren: (I) Flurstücke mit der Nutzung „Siedlung“ (ohne Torfabbau), (II) typischerweise linear ausgebildete Nutzungen „Verkehr“ (ohne Plätze), „Fließgewässer“ sowie (III) lineare ausgebildete Flurstücke im Bereich von Uferstrandstreifen oder straßenbegleitende Gehölze. Die verbliebenen Flächen wurden zusammengeführt, ein Distanzpuffer von 10 m Breite um sie gelegt und Flächen innerhalb dieser Puffer als zusammengehörig gewertet (Abbildung 10). So wurden z.B. weiter auseinanderliegende Eigentumsflächen entlang eines Grabens nicht als zusammenhängend gewertet, sich unmittelbar gegenüberliegende Flächen beidseits eines Grabens hingegen schon.

Flächen der öffentlichen Hand wurden ab 20 ha der Kategorie „grün“ zugeschlagen, verfügbare Flächen zwischen 5

und 20 ha der Kategorie „gelb“. Alle weiteren Flächen der öffentlichen Hand, alle Flächen im Besitz von z.B. Stiftungen, Verbänden oder Kirchengemeinden sowie alle Privatflächen wurden in die Kategorie „rot“ eingestuft, da hier die Flächenverfügbarkeit nicht eingeschätzt werden kann.

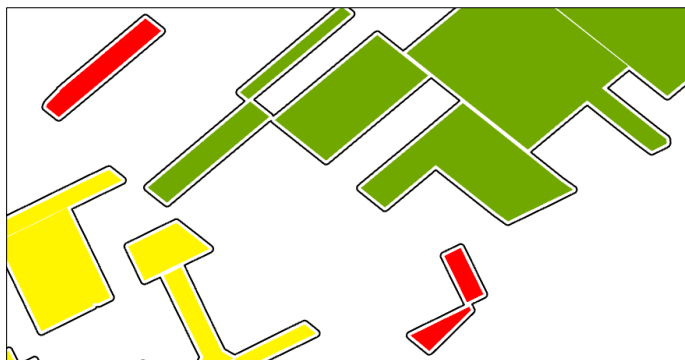


Abbildung 10: Bewertung der Zusammengehörigkeit verfügbarer Flächen.. Grün = Flächen in öffentlicher Hand mit größer als 20 ha zusammenhängender Fläche. Gelb = Flächen in öffentlicher Hand mit 5-20 ha zusammenhängender Fläche. Rot = Flächen in öffentlicher Hand < 5 ha zusammenhängender Fläche. Umrandung = Distanzpuffer von 10 m Breite um die Flächen der öffentlichen Hand.

4.4.3.4 Entwässerungsbasierte Schutzobjekte

In diesem Kriterium sind naturschutzrelevante Objekte zusammengefasst, bei denen eine signifikante Anhebung der Wasserstände im Konflikt mit ihrem Erhalt stehen kann. Dies beinhaltet zum einen die Kulisse des Wiesenvogelschutzprogramms des Niedersächsischen Weges. Diese umfasst Gebiete mit Schwerpunkt vorkommen von Uferschnepfe, Rotschenkel, Brachvogel, Kiebitz, Austernfischer und Bekassine in EU-Vogelschutzgebieten und für diese Wiesenlimikolen bedeutsame landwirtschaftlich genutzte Gebiete außerhalb dieser Schutzgebiete sowie weitere, bedeutsame landwirtschaftlich genutzte Gebiete für die Zielart Braunkehlchen (NLWKN 2023). Eine Anhebung des Wasserstandes kommt diesen Zielarten bis zu einem gewissen Grad zugute. Im Frühjahr darf jedoch keine flächendeckende Überstauung vorherrschen, da andernfalls Nistmöglichkeiten fehlen. Die Arten sind zudem abhängig von niedrigwüchsigen Vegetationsstrukturen, die einer Pflegenutzung bedürfen. Eine Vollvernässung kann diese Pflege aufgrund der herabgesetzten Tragfähigkeit der Böden erschweren. Flächen der Kulisse des Wiesenvogelschutzprogrammes wurden daher in die Kategorie „gelb“ eingeordnet. Dies trifft auch auf die FFH-Lebensraumtypen 6230, 6410, 6430 und 6440 zu, die zwar von einer Anhebung der Wasserstände profitieren, einen langen Überstau jedoch schlecht vertragen.

In die rote Kategorie wurden die mooruntypischen FFH-Lebensraumtypen 4030, 6510, 9110, 9130, 9160 und 9190 sowie gesetzlich geschütztes mesophiles Grünland eingeordnet. Diese Flächen zählen zu den entwässerungsbasierten Schutzobjekten, da sie an trockene, frische oder maximal feuchte Standorte gebunden sind (vgl. KOPPENSTEINER et al. 2023).

4.4.3.5 Nutzungsintensität

Bei ungenutzten oder extensiv genutzten Flächen ist anzunehmen, dass die Bereitschaft für Maßnahmen zur Minderung von THG-Emissionen und zum Erhalt der

Kohlenstoffvorräte höher ist als in intensiver bewirtschafteten Bereichen.

Folgende Flächen wurden in die Kategorie „grün“ einbezogen: (I) Flächen des Basis-DLM mit der Nutzung „Moor“, „Heide“ und „Brache“, (II) Flächen des Basis-DLM mit dem Vegetationsmerkmal „nass“, (III) Flächen der landesweiten Biotopkartierung, die keine oder eine extensive Nutzung indizieren (Haupteinheiten: WB, WA, WE, WN, WV, BA, BF, BN, BR, UF, UH, UN sowie alle Biotoptypen der Obergruppen N und M) sowie Flächen mit beantragtem AUKM-Paket BK1 (moorschonender Einstau).

Alle weiteren genutzten Flächen wurden in Kategorie „rot“ eingeordnet. Bei militärischer Nutzung wurden auch land- oder forstwirtschaftlich nicht genutzte kohlenstoffreiche Böden in diese Kategorie eingruppiert.

4.4.3.6 Abstand zu Siedlungen

Größere Abstände zu Siedlungen begünstigen die Umsetzung von Maßnahmen zur Minderung von THG-Emissionen aus Moorböden und weiteren kohlenstoffreichen Böden über eine Anhebung der Wasserstände, da eine Beeinträchtigung von Siedlungsbereichen mit zunehmender Entfernung ausgeschlossen werden kann und die Akzeptanz von solchen Maßnahmen mit zunehmender Entfernung steigt.

Um Siedlungsflächen aus dem digitalen Landschaftsmodell (Basis-DLM) herum wurden Distanzpuffer erzeugt. Diese richteten sich nach den im Rahmen eines Experten-Workshops ermittelten und abgestimmten Grenzwerten (KOPPENSTEINER et al. 2023, vgl. Tabelle 9). Der Grenzwert wurde bei Hochmooren geringer als bei Niedermooren gewählt, weil eine Vernässung niederschlagsgespeicher Hochmoore einen geringeren Wirkungsbereich aufweist. Im Unterschied zu KOPPENSTEINER et al. 2023 wurden Bereiche in einem Abstand von 25 m zu Siedlungen als hoher Raumwiderstand eingestuft, da Siedlungsflächen durch mögliche Wasserstandsanhörungen nicht negativ beeinflusst werden sollen.

4.4.4 Weitere begünstigende oder erschwere Faktoren

Eine Übersicht über die Grundlagendaten, die bei den nachfolgend beschriebenen Faktoren verwendet wurden, gibt Tabelle 12.

4.4.4.1 Naturschutz / Biodiversität

Bedeutsame Moorbiotope

Den naturnäheren Mooren kommt eine hohe Bedeutung im Hinblick auf die biologische Vielfalt zu. Durch den Niedersächsischen Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten – und Naturschutz (NLWKN) wurden ältere und aktuellere Biotopkartierungen zusammengestellt und besonders naturnahe Biotoptypen mit moortypischen Wasserständen herausgestellt (SAATHOFF 2022). Vorkommen von bedeutsamen Moorbiotopen sind begünstigend für Maßnahmen zur Anhebung des Wasserstandes zu werten, die zugleich auch dem Biotopschutz dienen. Die Neueinrichtung von Anbaupaludikulturen schließen sie hingegen aus. Für jedes Moorgebiet wurde der Flächenanteil berechnet.

Tabelle 12: Verwendete Daten für weitere begünstigende oder hemmende Faktoren.

Datensatz	Quelle	Primärdaten / Sekundärdaten	Auflösung / Bezug / Maßstab	Aktualität / Stand
Naturschutzgebiete	NLWKN	Primärdaten	1:25.000	06.2023
FFH-Gebiete		Primärdaten	1:50.000	01.2023
EU-Vogelschutzgebiete		Primärdaten	1:50.000	12.2022
Landschaftsschutzgebiete		Primärdaten	1:25.000	06.2023
Biosphärenreservate		Primärdaten	1:25.000	06.2023
Nationalparke		Primärdaten	1:25.000	06.2023
Programmkulisse des Aktionsprogramms Niedersächsische Gewässerlandschaften - Auen der WRRL-Prioritätsgewässer		Sekundärdaten	1:50.000	11.2018
Retentionskataster - Suchräume mit Berücksichtigung der Landnutzung		Sekundärdaten	1:5.000	03.2022
Moore mit besonderer Bedeutung für den Biotopschutz		Sekundärdaten	1:5.000	2022
Betreuungsgebiete der Vor-Ort-Betreuung von Schutzgebieten		Primärdaten	.	07.2023
Fauna (ohne Avifauna) - wertvolle Bereiche in Niedersachsen		Sekundärdaten	1:50.000	06.2015
Gastvögel - wertvolle Bereiche 2018		Sekundärdaten	1:25.000	12.2020
Brutvögel - wertvolle Bereiche 2010 (ergänzt 2013)		Sekundärdaten	1:25.000	05.2015
Wasserschutzgebiete		Primärdaten	1:5.000	01.2021
Niedersächsisches Moorschutzprogramm Teil I		MU	Primärdaten	.
Gewässernetz	MU	Primärdaten	.	05.2023
Vorranggebiete des LROP	ML	Primärdaten	1:500.000	2022
Vorranggebiet Grünlandbewirtschaftung, -pflege und -entwicklung der RROP	ML	Primärdaten	1:50.000	2024
Böden mit hohen kohlenstoffgehalten 1 : 50 000 (BHK50)	LBEG	Sekundärdaten	1:50.000	02.2022
Flurbereinigungsverfahren in Niedersachsen 2023	Servicezentrum Landentwicklung und Agrarförderung	Primärdaten	.	2023
Feldblöcke	Servicezentrum Landentwicklung und Agrarförderung	Primärdaten	Feldblock	2023
Thünen Agraratlas (2022): Landwirtschaftliche Nutzung Version 2022.	Thünen Institut	Sekundärdaten	Gemeinde	2022
Die Moore in Niedersachsen. Teile 1-8	SCHNEEKLOTH et al.	Sekundärdaten	.	1971-1983
Abtorfungsflächen	FRANK et al. (2021)	Sekundärdaten	1:50.000	2021

FFH-Lebensraumtypen

FFH-Lebensraumtypen, d.h. natürliche und naturnahe Lebensraumtypen von gemeinschaftlichem Interesse gemäß der FFH-Richtlinie, sind besonders zu schützen und zu fördern. Entwässerungsbasierte FFH-Lebensraumtypen sind bereits im Kriterium „entwässerungsbasierte Schutzobjekte“ (Kap. 4.4.3.4) inkludiert. Die mit dem Bundesamt für Naturschutz (BfN) abgestimmte Einordnung in moortypische, mooruntypische und als intermediär zu wertende FFH-Lebensraumtypen wurde von KOPPENSTEINER et al. (2023) übernommen. Als begünstigend wurden demnach moortypische FFH-Lebensraumtypen wie 3160, 4010, 7110, 7120, 7140, 7150, 91D0 und 91E0 gewertet, zu den ambivalent zu wertenden FFH-Lebensraumtypen zählten 3110, 6230, 6410 und 6430. Alle weiteren FFH-Lebensraumtypen sind als mooruntypisch einzustufen.

Faunistische Bedeutung

Liegen Informationen über eine faunistische Bedeutung

eines Moorgebietes vor, so kann dies bei Tiergruppen mit Bindung an weniger nasse Lebensräume einer Optimierung der Wasserstände entgegenstehen oder gerade erforderlich machen. Für die Berechnung des Flächenanteils der für die Fauna bedeutsamen Bereiche innerhalb eines Moorgebiets wurden nur solche Flächen bewertet, bei denen ausreichende Bestandszahlen vorlagen, Flächen ohne oder mit nicht ausreichenden Bestandszahlen („Status offen“) wurden ausgeschlossen.

Schutzgebiete für die Natur

Ungenutzte Moore sind überwiegend über Naturschutzgebiete gesichert, teils ist auch eine Renaturierung konkret als Schutzzweck in der Schutzgebietsverordnung festgehalten. Bei FFH-Gebieten besteht über das Verschlechterungsgebot Handlungsbedarf, Beeinträchtigungen der natürlichen Lebensräume und Störungen der Arten, für die das Gebiet ausgewiesen wurde, zu vermeiden. In Schutzgebieten für die Natur können Synergien aus Moor-, Klima und Naturschutz

genutzt werden, gleichwohl schließen sie eine den Schutzzielen zuwiderlaufende Nutzung aus. Für die Mooregebiete wurde der jeweilige Flächenanteil der verschiedenen Schutzgebietskategorien (Naturschutzgebiete, FFH-Gebiete, Vogelschutzgebiete, Landschaftsschutzgebiete und Biosphärenreservate) berechnet.

Vor-Ort-Betreuung von Schutzgebieten

Über eine Betreuung durch Naturschutzstationen des NLWKN oder über Ökologische Stationen kann ein zielgenaueres Gebietsmanagement erfolgen. Eine vorhandene Betreuung kann daher als begünstigender Faktor gewertet werden. Innerhalb der Mooregebiete wurde der Flächenanteil der naturschutzfachlich betreuten Flächen berechnet.

4.4.4.2 Boden

Durchlässigkeit des Mineraluntergrundes

Bei der Versickerungsrate spielt der mineralische Untergrund an der Moorbasis eine wesentliche Rolle. Sie kommt in überwiegend sandgeprägten und/oder in Gebieten mit niedrigem Grundwasserstand zum Tragen. Zur Einschätzung der Durchlässigkeit des Mineraluntergrundes wurde der Textabschnitt „Schichtaufbau“ in SCHNEEKLOTH et al. (1970-1983) verwendet. Als erschwerend sind „kiesig“ oder „Grob-sand“ in Kombination mit „verbreitet“ oder „vorwiegend“ zu werten. Als begünstigend wurden Wortkombinationen „podsoliert“, „lehmig“ oder „tonig“ mit „verbreitet“ oder „vorwiegend“ eingeschätzt.

Weißtorfmächtigkeit

Eine geringe Weißtorfmächtigkeit kann in landwirtschaftlich geprägten Bereichen auf eine zunehmend unwirtschaftlich werdende Bewirtschaftung hinweisen, da der darunterliegende, gering durchlässige Schwarztorf zu Staunässe neigt. Aus dem Textabschnitt „Schichtaufbau“ aus SCHNEEKLOTH et al. (1970-1983) wurden Informationen zur Weißtorfmächtigkeit zusammengetragen. Ergänzt wurden diese durch die in den Karten des Niedersächsischen Moorschutzprogrammes (MU 1981) verzeichnete Weißtorfmächtigkeit der von BIRKHOLZ et al. (1980) untersuchten Hochmoore. Bei der Mächtigkeit ist zu beachten, dass diese durch Sackung, Schrumpfung und Schwund stark an Höhe verloren hat.

Moor-Trepssole

Um Moorböden landwirtschaftlich besser nutzbar zu machen, wurden diese u.a. tiefumgebrochen. Mit einem Pflug wurde hierzu das Torfprofil gekippt und mit dem Unterboden vermischt. So wurden stauende Torf- oder Unterbodenschichten durchbrochen und die Versickerungsraten erhöht. Diese Wirkung reicht auch in benachbarte Standorte hinein und wirkt sich somit degradierend auf die dort erhaltenen Torfprofile aus. Der Anteil an Moor-Trepsolen kann daher als Indikator für den Entwässerungszustand eines Mooregebietes dienen und als erschwerender Faktor für eine Anhebung der Wasserstände gewertet werden.

Abtorfungsflächen

Die Art der Folgenutzung entscheidet mit darüber, wie mächtig die Resttorfauflage nach erfolgter Abtorfung ist oder ob anschließende Meliorationen wie Sandmischkulturen erfolgt sind. Je Mooregebiet wurde der Anteil der verschiedenen Folgenutzungsarten ermittelt. Die Folgenutzung „Naturschutz“ ist hinsichtlich des Ziels der Treibhausgasreduktion als begünstigend zu betrachten. Erschwerend auch im Hinblick auf den Wasserhaushalt im Umland (vgl. Kap. 4.4.4.2) aufgrund des sich weit überwiegend anschließenden

Tiefumbruchs sind die Folgenutzungen „Ackerland“ und „Landwirtschaft“ zu werten. Im Unterschied dazu ist bei der Folgenutzung „Grünland“ in der Regel kein Tiefenumbruch erfolgt und deshalb eine Resttorfschicht erhalten geblieben.

4.4.4.3 Wasser

Schutz- und Gewinnungsgebiete für Grund- und Trinkwasser

Die Lage von Mooregebieten innerhalb von Wasserschutzgebieten ist teils als begünstigend, teils als erschwerend und daher insgesamt ambivalent zu werten. In den Datenblättern wird der Flächenanteil an Wasserschutzgebieten je Mooregebiet angegeben.

Eine möglichst lange Wasserhaltung fördert grundsätzlich die Neubildung von Grundwasser. Lokal kann es jedoch durch natürliche vertikale Abdichtungsprozesse zu gleichbleibenden bis leicht abnehmenden Grundwasserneubildungsraten kommen.

Durch den Wegfall oder eine Extensivierung der Flächennutzung durch Teil- oder Vollvernässung ist mit geringeren externen (landwirtschaftlichen) Einträgen von z.B. Pflanzenschutz- oder Düngemitteln (v.a. Nitrat) in Oberflächen- und Grundwasser zu rechnen. Steigende Wasserstände können zu veränderten Stoffdynamiken und zu einer Zunahme interner Einträge führen, überwiegend verursacht durch Veränderungen der Redoxbedingungen. Dazu zählen die Rücklösung von Eisenhydroxid in den Moorböden, oft einhergehend mit der Freisetzung der an den Eisenhydroxidoberflächen sorbierten Stoffen wie z.B. Phosphat. Auch mit einer erhöhten Freisetzung von gelöstem organischem Kohlenstoff (DOC), Ammonium und Sulfat, unter Umständen auch Schwermetallen, muss, zumindest in angrenzenden Oberflächengewässern, gerechnet werden. Auch kann es zu einem vermehrten Austrag von Huminstoffen aus Moorflächen kommen, welche eine (unbedenkliche) Gelbfärbung des Wassers verursachen.

Absenktrichter um Trinkwassergewinnungsbrunnen können sich negativ auf den Wasserhaushalt angrenzender Moore auswirken und z.B. eine Vernässung degradiert Moore erschweren. Häufig unterscheiden sich jedoch der durch die Wasserentnahme entstandene Absenktrichter und das Trinkwassergewinnungsgebiet. Die Wasserschutzgebiete können somit nur eine Annäherung an Bereiche mit erschwerenden Rahmenbedingungen sowie Konfliktbereiche zwischen Klima- und Moorschutz und der Trinkwassergewinnung geben.

Potenziell nutzbare Rückhalteflächen

Vom NLWKN wurden potenziell nutzbare Retentionsflächen an ausgewählten niedersächsischen Gewässern identifiziert. Diese Flächen sind vom Gewässer getrennt, aber geeignet, um angebunden zu werden. Je Mooregebiet wurde der Anteil im Datenblatt angegeben. Bei einem hohen Anteil an potenziell nutzbaren Rückhalteflächen können insbesondere bei Niedermoorböden Synergieeffekte zwischen Hochwasserschutz und Moorschutz genutzt werden.

Programmkulisse des Aktionsprogramms Niedersächsische Gewässerlandschaften

Für die Mooregebiete wurde der Anteil von Auen der WRRL-Prioritätsgewässer ermittelt. Hier können Synergieeffekte zwischen Hochwasserschutz, Naturschutz und Klimaschutz auftreten. Gleichwohl kann die Gewährleistung der Durchgängigkeit bei großflächiger Vernässung auch ein Konfliktpotenzial darstellen.

Gewässernetz / Gewässer erster und zweiter Ordnung

Eine hohe Gewässerdichte ist ambivalent zu werten. Die Gewässer erster und zweiter Ordnung weisen eine erhebliche Bedeutung für die Wasserwirtschaft auf; Gewässer zweiter Ordnung haben im jeweiligen Gebiet des Unterhaltungsverbandes eine überörtliche Bedeutung. Diese Gewässer weisen eine höhere Anzahl an Oberliegern auf, wodurch die rechtlichen Hürden für Maßnahmen in und an diesen höher sind als bei Gewässern dritter Ordnung. Ein dichtes Gewässernetz kann aber auch begünstigend wirken, da der zu vernässenden Fläche schneller Wasser zugeführt werden kann, sofern Einrichtungen zur Wasserstandsregulierung vorhanden sind oder mit vertretbarem Aufwand eingebaut werden können.

Da die Gewässerdichte ambivalent zu werten ist, wird die mittlere Dichte an Gewässer- bzw. Verbandsgewässerslängen je Quadratkilometer je Moorgebiet im Datenblatt angegeben, jedoch nicht als „begünstigend“ oder „erschwerend“ eingeordnet.

4.4.4.4 Nutzung

Bedeutung der Milchviehwirtschaft

Insbesondere in den Moorgebieten der niedersächsischen Küstenregion hat die Milchviehhaltung eine große ökonomische Bedeutung (JANSEN-MINBEN et al. 2022). In Gebieten mit einer hohen Milchviehdichte ist aufgrund der Nutzungskonflikte von erschwerenden Rahmenbedingungen für die Anhebung von Wasserständen auszugehen.

Um eine differenziertere Bewertung vornehmen zu können, wurden die auf Gemeindeebene vorliegenden Daten zur Milchviehdichte aus dem Thünen-Agraratlas (THÜNEN AGRARATLAS 2022) verwendet (Abbildung 11). Dieser Atlas bezieht u.a. Daten der Statistischen Ämter der Länder, Kreisdaten der Landwirtschaftszählung und Daten des AFiD-Panel

Agrarstruktur gemäß GOCHT & RÖDER (2014) ein. Als erschwerender Faktor wurde eine Milchviehdichte von $0,7 \text{ GVE ha}^{-1}$ (vgl. JANSEN-MINBEN et al. 2022) bei einem Grünlandanteil der Gemeinden von über 35 % an der landwirtschaftlichen Nutzfläche gemäß InVeKoS-Daten definiert. Bei hoher Milchviehdichte bei zugleich geringem Grünlandanteil ist davon auszugehen, dass eine reine Stallhaltung überwiegt und so die Nutzungskonflikte bei einer Anhebung von Wasserständen geringer sind.

4.4.4.5 Vorranggebiete

Für verschiedene Vorranggebiete des Landes-Raumordnungsprogrammes (LROP) wurden die Anteile je Moorgebiet ermittelt, darunter Vorranggebiet Rohstoffe, Vorranggebiet Torferhalt, Vorranggebiet Trinkwasser, Vorranggebiet Wald sowie Vorranggebiet für Biotopverbund. Aus den Regionalen Raumordnungsprogrammen (RROP) wurde das Vorranggebiet Grünlandbewirtschaftung, -pflege und -entwicklung einbezogen. Die Vorranggebiete sind je nach anvisiertem Maßnahmenpaket (vgl. Kapitel 4.5) differenziert zu betrachten und daher nur mit ihrem Anteil und nicht wertend im Datenblatt aufgeführt.

4.4.4.6 Flurbereinigung

Flurbereinigung kann mit der Umverteilung von teils kleinpärzellierten Eigentumsverhältnissen bei der räumlichen Auflösung von Nutzungs- und Interessenskonflikten hilfreich sein (WREESMANN & HÖPER 2022). Es erfolgte die Berechnung des Flächenanteils von in Umsetzung befindlichen und geplanten Flurbereinigungsverfahren je Moorgebiet. Diese geben in Ergänzung zu den Eigentumsdaten Informationen zu einer potenziellen Flächenverfügbarkeit.

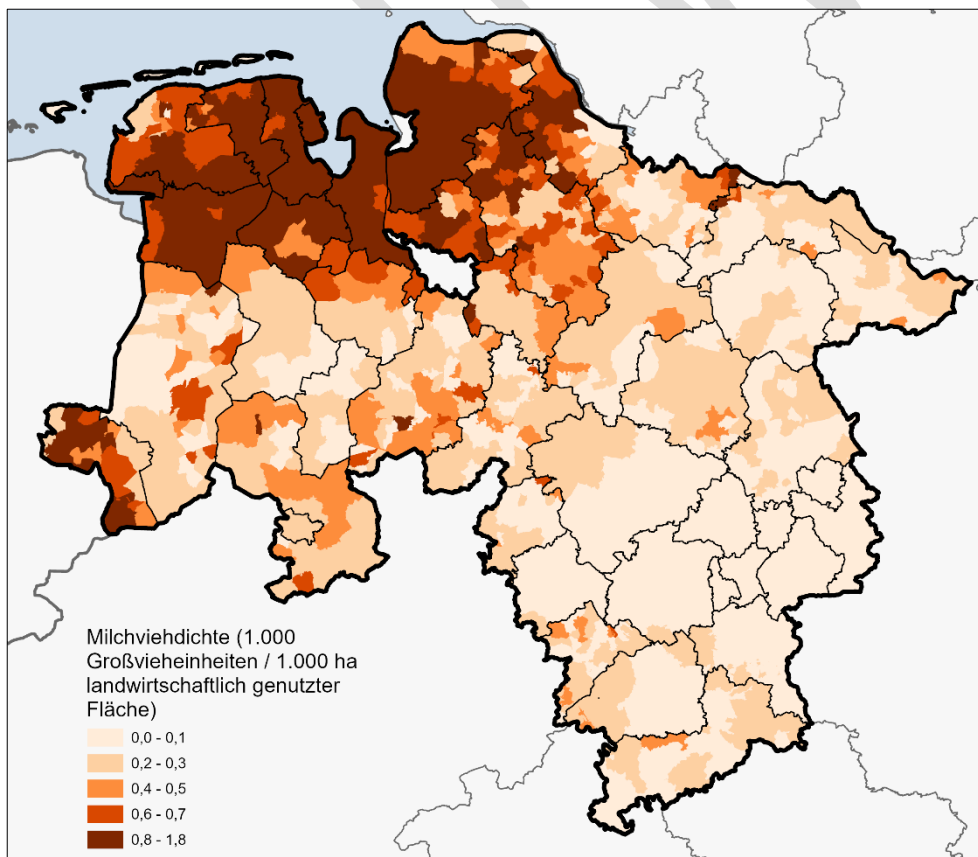


Abbildung 11: Milchviehdichte je Gemeinde. Daten entstammen dem Thünen-Agraratlas (2022): Diese wurde nach GOCHT & RÖDER (2014) auf Gemeindeebene mit Daten der Statistischen Ämter der Länder, Kreisdaten der Landwirtschaftszählung 2020, FDZ der Statistischen Ämter des Bundes und der Länder, der Landwirtschaftszählung 2010/2020 und AFiD-Panel Agrarstruktur berechnet.

4.5 Maßnahmenpotenzial

Für die Mooregebiete sollten geeignete Maßnahmen und Instrumente zur Minderung von THG-Emissionen sowie zum Moorschutz und zur Moorentwicklung benannt werden. Die Maßnahmen wurden ausgehend von der derzeitigen Nutzungsform in verschiedene Maßnahmenpakete eingeordnet (Tabelle 14, Tabelle 16, Tabelle 18, Tabelle 21). Für die Nutzungsformen wurden mögliche Ausschlussflächen festgelegt und nutzungsformbezogene Bewertungskriterien definiert. Flächen kleiner als 1 ha und lineare Flächen wurden generell geringe Maßnahmenpotenziale zugewiesen.

Beim Maßnahmenpotenzial wird in geringes, mittleres und hohes Potenzial unterschieden. Während der Schwerpunkt bei geringem Potenzial auf hydrologisch nicht wirksamen Maßnahmen liegt, liegt er bei mittlerem Potenzial auf den Maßnahmen zur Teilvernässung und bei hohem Potenzial grundsätzlich auf der Vollvernässung (Abbildung 12). Unter Teilvernässung wird hierbei eine Vernässung auf bis zu 10 cm unter Flur im Jahresmittel verstanden, wohingegen eine Vollvernässung eine Vernässung bis mindestens 10 cm im Jahresmittel unter Flur und höher bedeutet.

4.5.1 Maßnahmenpakete

4.5.1.1 Potenzielle THG-Minderung der jeweiligen Maßnahmenpakete

Zur Abschätzung der Möglichkeiten zur THG-Minderung mit den einzelnen Maßnahmenpaketen können über die Biotoptypen des Ausgangs- und Zielzustandes Spannen der THG-Emissionsfaktoren nach HÖPER (2022) angegeben werden (Tabelle 14, Tabelle 16, Tabelle 18, Tabelle 21). Aus diesen wurden Mittelwerte bestimmt, deren Differenz die potenzielle THG-Minderung darstellt. Biotoptypen, die gegenüber anderen, seltener Ziel- oder Ausgangszustand waren, sind in Klammern gesetzt. Die häufigeren wurden demgegenüber bei der Mittelwertberechnung doppelt gewichtet.

Bei einem mittleren Wasserstand von 10 cm unter sowie 10 cm über Flur können Emissionen von 4-5 t CO₂-Äq. ha⁻¹ pro Jahr erreicht werden (TIEMEYER et al. 2020). Auch diese Differenz ist in den genannten Tabellen aufgeführt.

4.5.1.2 Nutzungsform „landwirtschaftliche Nutzflächen“

Dieses Maßnahmenpaket weist im Vergleich zu den anderen die größte Bandbreite möglicher Entwicklungspfade und

Maßnahmen auf (Abbildung 13). Die Maßnahmen gliedern sich in Maßnahmen zur Extensivierung oder Pflege ohne tatsächliche Anhebung der Wasserstände sowie in Teil- und Vollvernässungsmaßnahmen.

Daher wurde für alle bestehenden Grünland- und Ackerflächen aufgrund dieser Vielzahl an Möglichkeiten das nutzungsformbezogene Potenzial zu Anhebung der Wasserstände im Allgemeinen ermittelt. Bei der nutzungsformbezogenen Bewertung wurde eine Torfmächtigkeit von mindestens 80 cm als begünstigend gewertet, da eine ausreichende Torfauflage Sickerverluste minimieren kann und etwa für Anbau-Paludikulturen wie auch für eine Vernässung mit Nutzungsaufgabe Material für den Bau von Verwallungen vorhanden sein muss. Des Weiteren wurde eine Nutzung als Grünland aufgrund der geringeren wirtschaftliche Bedeutung gegenüber Ackerstandorten als begünstigend gewertet. Flächen mit geringer Bedeutung für die Milchviehwirtschaft (vgl. Kapitel 4.4.4.4) wurden aufgrund des geringen Nutzungskonflikts ebenfalls als begünstigend gewertet. Für jedes zutreffende Kriterium wurde ein Punkt vergeben, sodass maximal drei Punkte vergeben wurden. Die erreichbare Punktespanne von 0 bis 3 Punkten wurde in eine fünfstufige Skala transformiert, um diese für das in Karte 6 dargestellte Maßnahmenpotenzial mit den wesentlichen Rahmenbedingungen verrechnen zu können (s. Kapitel 4.5.5).

Die **Umwandlung von Acker** in Grünland und die **Extensivierung** bzw. extensive Nutzung sollen vor allem zur Anwendung kommen, wo das Potenzial zur Anhebung der Wasserstände gering ist. Dies betrifft vor allem auch siedlungsnah Bereiche. Mit der Umwandlung von Acker in Grünland wird eine nennenswerte Reduktion der THG-Emissionen nur mit zeitgleicher Extensivierung und/oder reduzierter Bodenbearbeitung erreicht (Tabelle 14).

Tabelle 13: Nutzungsformbezogene Bewertung für die Nutzungsform „landwirtschaftliche Nutzflächen“.

Punkte	Potenzial	umklassifizierte Punkte
0 Punkte	gering	1
1 Punkt	gering bis mittel	2
2 Punkte	mittel	3
3 Punkte	hoch	5

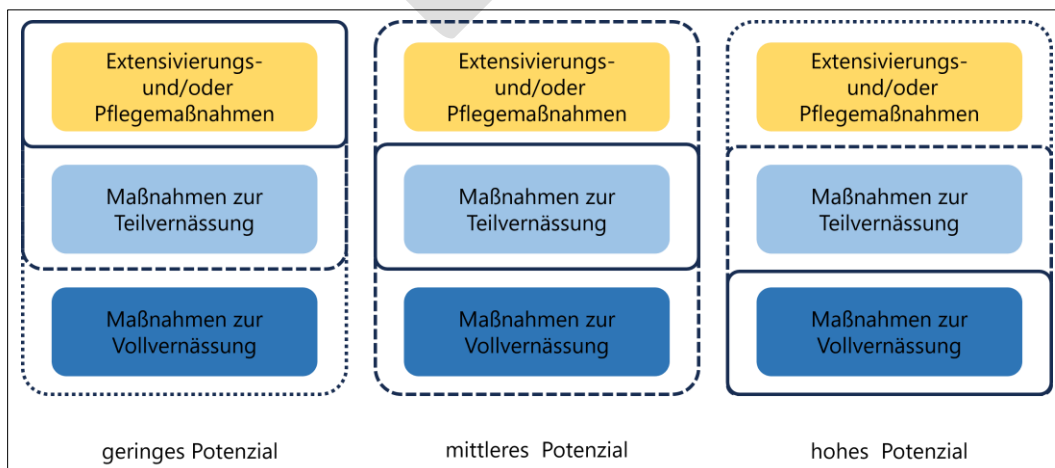


Abbildung 12: Priorisierung von Maßnahmen je nach Potenzial zur Anhebung der Wasserstände. Durchgezogene Kästen geben den Schwerpunkt der Maßnahmen je Potenzial an. Gestrichelte und gepunktete Kästen haben nachrangige Priorität, der gepunktete Kasten verweist auf die geringste Priorität.

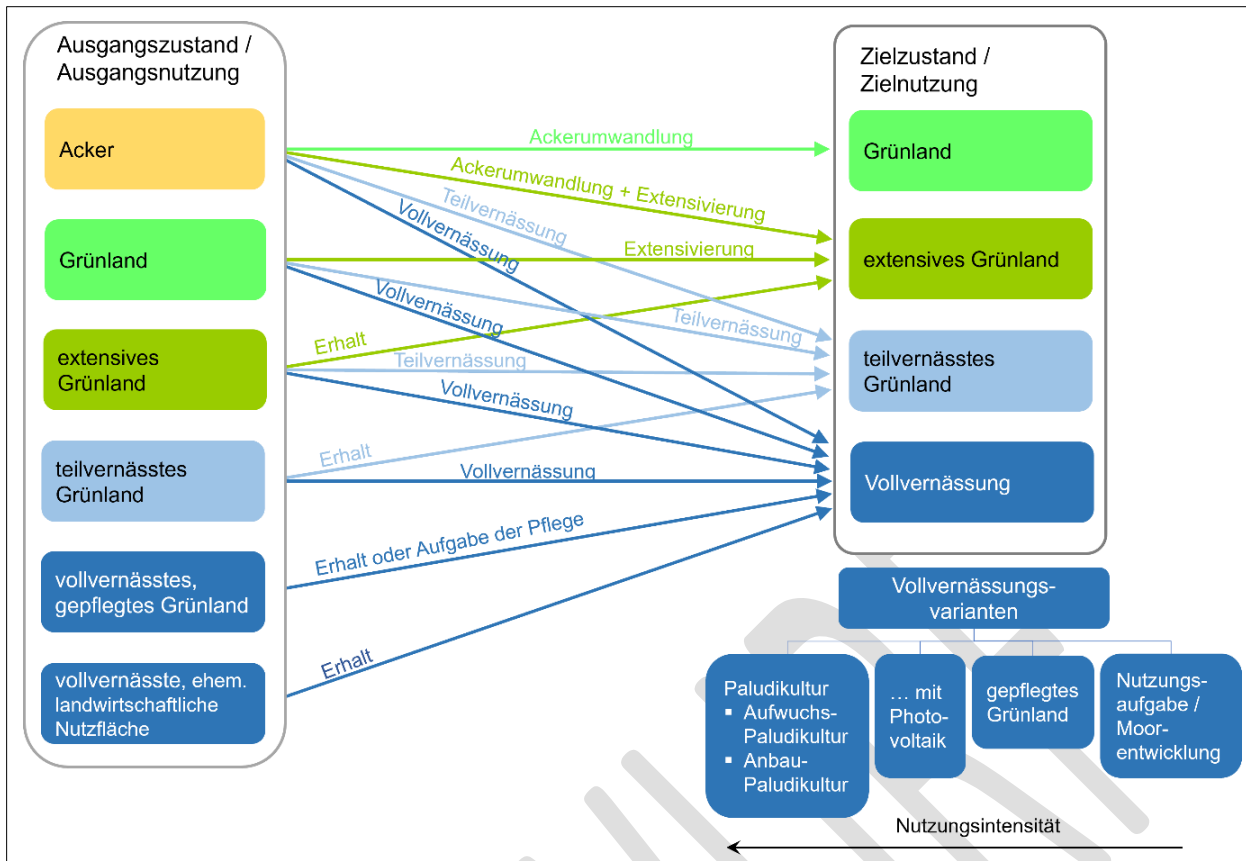


Abbildung 13: Schaubild zu Entwicklungspfaden von landwirtschaftlichen Nutzflächen. Beim Ausgangs- und Zielzustand nimmt der Entwässerungsgrad nach unten hin ab bzw. der Vernässungsgrad nach unten hin zu. Das Treibhausgas-Minderungspotenzial ist daher in der Entwicklung von links oben nach rechts unten am höchsten.

Neben der Vernässung von Mooren kann auch das Vergraben oder Abdecken von Torf eine standortstabilisierende und emissionsmindernde Wirkung haben. Auf landwirtschaftlich genutzten Moorböden mit geringmächtigen Torfen, insbesondere in Randlagen oder in sehr kleinräumiger

Ausdehnung, die sich nicht oder nur sehr kostenaufwändig vernässen lassen und bei denen keine naturschutzfachliche Wertigkeit gegeben ist, können **kulturtechnische Verfahren** Teil des Maßnahmenpaketes zur Umsetzung von Klimaschutzzielen sein. Nach HÖPER (2024b) müsste für eine Emissionsminderung vermutlich die mineralische Abdeckung mächtiger (bis 40 cm) sein, eine in den liegenden Torf eingreifende Bodenbearbeitung unterbunden werden und der Wasserstand so weit wie möglich angehoben werden. Mächtige Sanddecken lassen sich aber meist durch das Hochfördern liegender Sande technisch nicht einrichten und eine Anlieferung von Sand ist sehr kostspielig. Die potenziell hohen THG-Minderungen gehen somit mit hohen Kosten einher. Regional könnte eine Überschlickung, z.B. im Rahmen von Flussvertiefungen, möglich sein, sofern das aufzubringende Material die Anforderungen der Bodenschutzverordnung an geringe Schadstoffgehalte erfüllt (HÖPER 2024b).

Für eine **Teilvernässung** wurden keine besonders geeigneten Flächen identifiziert. Sie soll ihren Schwerpunkt in Bereichen mit mittlerem Maßnahmenpotenzial haben (Abbildung 12) und kann durch aktives Wassermanagement wie An- oder Einstau von Gräben erfolgen. Die Teilvernässung umfasst ein weites Spektrum möglicher Wasserstände und damit einhergehender THG-Emissionen (Tabelle 14), sodass die tatsächliche THG-Minderung sehr variieren kann.

Zur **Vollvernässung** stehen mehrere Varianten zur Verfügung, die sich hinsichtlich möglicher Kulissen deutlich unterscheiden (Tabelle 14). Sie werden im Folgenden beschrieben.

Bei der **Anbau-Paludikultur** werden Feuchtgebietspflanzen wie z.B. Röhricht-, Seggen-, Torfmoosarten, Sonnentau oder Erlen gezielt angebaut. Bei der Errichtung und dem Betrieb von **Photovoltaikanlagen** erfolgt nach einer Vollvernässung des Standortes nur noch die betriebsbedingte Pflege der Fläche. Für beide Vollvernässungsvarianten stellen Naturschutzgebiete, FFH-Gebiete, EU-Vogelschutzgebiete sowie die Kulisse des Wiesenvogelschutzprogrammes eine Eingrenzung des Suchraums dar. Dies gilt auch für schutzwürdiges Grünland- und Sumpf-/Moor-Biotoptypen, die nicht für diese beiden Vollvernässungsvarianten zur Verfügung stehen sollen. Diese Ausschlussflächen sind als fachliche Empfehlung zu verstehen. Besonders geeignet für diese Vollvernässungsvarianten sind Flächen außerhalb von Landschaftsschutzgebieten. Zwar sind Auflagen und Nutzungseinschränkungen geringer als in den ausgeschlossenen Schutzgebietskategorien, es ist aber dennoch eine Abprüfung auf Vereinbarkeit mit dem in der jeweiligen Landschaftsschutzgebietsverordnung verankerten Schutzzweck notwendig. Die in den Regionalen Raumordnungsprogrammen festgelegten Vorranggebiete für Grünlandbewirtschaftung, -pflege und -entwicklung stellen keinen kategorischen Ausschluss für Anbau-Paludikulturen dar, sind aber dennoch als erschwerender Faktor zu werten. Eine zusammenhängende Fläche von mindestens zehn Hektar stellt für Anbau-Paludikulturen einen begünstigenden Faktor hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit dar (NORDT et al. 2022).

Tabelle 14: Übersicht des Maßnahmenpaket „landwirtschaftliche Nutzflächen“. Erläuterungen: HH = Hochmoor, HN = Niedermoor, GH = Moorgley, G/H = flach überlagerter Torf, SDK = Sanddeckkultur, SMK = Sandmischkultur. ↔ Spanne der Emissionsfaktoren, min. = minimal anzunehmender Emissionsfaktor gem. TIEMEYER et al. (2020). Ø = Mittelwert aus den Spannen, max. = maximal anzunehmende Differenz. Farbliche Kennzeichnung der Klassen der Emissionsfaktoren: < 5, 6-10, 11-15, 16-20, 21-25, 26-35 t CO₂-Äq. ha⁻¹ a⁻¹.

Maßnahmenpaket für landwirtschaftliche Nutzflächen		Bodenkategorie	THG-Emissionen gemäß HÖPER (2022) in t CO ₂ -Äq. ha ⁻¹ a ⁻¹			Referenz-Biotypen DRACHENFELS (2021)	
			Ausgangszustand (AZ)	Zielzustand (ZZ)	Minderung		
Entwicklungsmaßnahme ohne Vernässung	Umwandlung von Acker in Grünland (ohne Extensivierung)	HH, HN, GH	40	39	1	AZ: A ZZ: GA/GI	
		G/H, SDK	40	39	1		
		SMK	6	6	0		
	flachgründige Bodenbearbeitung	HH, HN, GH	39-40, Ø 40	30 ¹	10	AZ: GA/GI, A ZZ: GA/GI, A	
		G/H, SDK	39-40, Ø 40	30 ¹	10		
		SMK	6	4 ¹	2		
	Extensivierung: Verzicht auf Düngung, Verzicht auf Nachsaat	HH, HN, GH	39	25-26, Ø 26	13	AZ: GA/GI ZZ: GM, GE	
		G/H, SDK	39	12	27		
		SMK	6	4-6, Ø 5	1		
	kulturtechnische Maßnahmen zum Vergraben oder zum Abdecken von Torf, Sanddeckkultur mind. 40 cm	ohne Extensivierung	HH, HN, GH	39	20 ²	19	AZ: GA, GI ZZ: GA, GI
			G/H, SDK	39	20 ²	19	
		mit Extensivierung	HH, HN, GH	39	13 ³	26	AZ: GA, GI ZZ: GM, GE
			G/H, SDK	39	13	26	
		ohne Umwandlung, ohne Extensivierung	HH, HN, GH	40	20 ¹	20	AZ: A ZZ: A
			G/H, SDK	40	20 ¹	20	
		mit Umwandlung, ohne Extensivierung	HH, HN, GH	40	20 ¹	20	AZ: GA/GI ZZ: GA/GI
			G/H, SDK	40	20 ¹	20	
		mit Umwandlung, mit Extensivierung	HH, HN, GH	40	13	27	AZ: GA/GI ZZ: GE, GM
G/H, SDK			40	13	27		
Entwicklungsmaßnahme mit dem Ziel der Teilvernässung bis zu 10 cm unter Flur – Grabenanstau, -einstau		HH, HN, GH	↔ 25-26-39 Ø 30	↔ 19-25-26-39 Ø 27	Ø 3	AZ: GA, GI, GE, GM	
		G/H, SDK	↔ 13-39 Ø 26	↔ 10-13-39 Ø 21	Ø 5	ZZ: GI, GE, GM, GN ⁺ , GF ⁺	
Entwicklungsmaßnahme mit dem Ziel der Vollvernässung (über 10 cm unter Flur) siehe Teilvernässung, zusätzlich: – Grabenverfüllungen – Rückbau von Entwässerungseinrichtungen – Kammerungen – Bau von Verwallungen – Einbau von Spundwänden		Anbau-Paludikultur	HH	↔ (19-25-26)- 25-39-40 Ø 29	5	24	AZ: A, GI/GA, GE, (GF, GN, GM) ZZ: NS/MWT
			HN, (GH)	↔ (19-25-26)- 25-39-40 Ø 29	↔ 5-10-14-19 Ø 12 min. 5	Ø 17 max. 24	AZ: A, GI/GA, GE, (GF, GN, GM) ZZ: NR ⁺ , NS, WA
		Photovoltaik	HH, HN	↔ (19-25-26)- 25-39-40 Ø 29	↔ 5-10-19 Ø 11 min. 5	Ø 18 max. 24	AZ: A, GI/GA, GE, (GF, GN, GM) ZZ: NR ⁺ , NS
		Aufwuchs-Paludikultur	HH, HN, GH	↔ 19-25-26-39 Ø 27	↔ 19-26(25-26) Ø 22 min. 5	Ø 5 max. 22	AZ: GI/GA, GE, GF, GN, GM ZZ: GN ⁺ , (GF ⁺)
		Grünlandpflege	HH, HN, GH	↔ 19-25-26 Ø 23	↔ 19-26(25-26) Ø 22, min. 5	Ø 1 max. 18	AZ: GE, GM, GN, GF ZZ: GN ⁺ , (GF ⁺)
		Nutzungsaufgabe mit Moorentwicklung	HH	↔ 19-25-26 Ø 23	5(-6) Ø/min. 5	Ø/max. 18	AZ: GE, GN, GF, GM ZZ: NS, MWT, (MH)
			HN	↔ 19-25-26 Ø 23	↔ 5-10-19 Ø 11, min. 5	Ø 12 max. 18	AZ: GE, GN, GF, GM ZZ: NR ⁺ , NS
		(anschließende) Erhaltungsmaßnahmen zur Beibehaltung der Teil-/Vollvernässung: technische Instandhaltung, Nachjustieren der Wasserstände, Monitoring		HH, HN, GH, G/H, SDK, SMK	keine signifikante Minderung, aber Verhinderung höherer THG-Emissionen		
Pfleßmaßnahmen ohne Vernässung: Mahd oder Mulchmahd, mehrmals jährlich bis sporadisch nach Bedarf, Beweidung		HH, HN, GH, G/H, SDK, SMK	keine signifikante Minderung				

¹ 3 Annahme, dass mit mächtigerer Deckschicht und einem Ausbleiben der Bodenbearbeitung von einer Halbierung der Emissionen ausgegangen wird.

² siehe unter ¹, nur wird hier von einer Abnahme um ein Drittel der Emissionen ausgegangen.

* unterschiedliche Emissionsfaktoren für die Untertypen

Tabelle 15: Anwendbarkeit unterschiedlicher Vollvernässungsvarianten.

	Anbau-Paludikultur	Aufwuchs-Paludikultur	Grünlandpflege	Nutzungsaufgabe mit Moor-entwicklung	Photovoltaik
den Suchraum einschränkende Faktoren					
Naturschutzgebiete, FFH-Gebiete	x	✓	✓	✓	x
Vogelschutzgebiete und Wiesenvogel-schutzprogramm	x	✓	✓	(x)	x
sonstige Faktoren					
Landschaftsschutzgebiete	(x)	✓	✓	✓	(x)
Vorranggebiet Grünland	(x)	✓	✓	(x)	x
bereits gegebene, herabgesetzte Bewirtschaftbarkeit	✓	✓	✓	✓	✓
hohe Bedeutung für Milchviehwirtschaft	(x)	(x)	(x)	(x)	(x)
Flächen der öffentlichen Hand	✓	✓	✓	✓	✓
Torfmächtigkeit	(✓)	=	=	✓	✓

✓ begünstigend

(✓) begünstigend, ambivalent oder überwiegend begünstigend

= neutral

(x) erschwerend, ambivalent

x Einschränkung des Suchraums

Im Vergleich zur Grünlandpflege steht bei der **Aufwuchs-Paludikultur** die wirtschaftliche Nutzung im Vordergrund. Die Mahdfrequenz ist höher und der Mahdzeitpunkt richtet sich nicht unbedingt nach z.B. avifaunistischen Belangen oder nach spät blühenden Arten. Je nach Ausgestaltung der Bewirtschaftung können aber auch fließende Übergänge zur Grünlandpflege vorliegen. Besonders geeignet für Aufwuchs-Paludikultur sind Niedermoorböden, da diese aufgrund der nährstoffreicheren Torfe standortbedingt geeigneter für eine nährstoffbasierte Bewirtschaftung sind als die nährstoffarmen Hochmoorböden. Zudem beherbergt nasses Grünland auf Niedermoorstandorten artenreichere Grünlandgesellschaften als auf Hochmoorstandorten und ist damit aus naturschutzfachlicher Sicht erhaltenswerter. Da innerhalb dieser Variante keine Umwandlung von Grünland stattfindet, ist eine Lage innerhalb des Vorranggebietes

Grünlandbewirtschaftung, -pflege und -entwicklung gegenüber anderen Vollvernässungsvarianten als begünstigend einzustufen.

Vegetationsbestände entstehen können, sollten Vernässungen mit Nutzungsaufgabe vorrangig außerhalb der Kulisse des Wiesenvogelschutzprogramms erfolgen. Extensiv genutzte Hochmoorgrünlandflächen stellen sich artenärmer bei der Vollvernässungsvariante „**Nutzungsaufgabe mit Moorentwicklung**“ wird die landwirtschaftliche Nutzung zugunsten einer neuerlichen Moorentwicklung aufgegeben. Aufgrund dessen ist die Lage außerhalb des Vorranggebietes Grünlandbewirtschaftung, -pflege und -entwicklung vorzusehen. Besonders geeignet für diese Vollvernässungsvariante ist die Lage innerhalb von Schutzgebieten, da sich hier – eine Vereinbarkeit mit dem Schutzzweck vorausgesetzt – Synergien mit Arten-/Biotop-/Landschaftsschutz ergeben. Da innerhalb der Kulisse des Wiesenvogelschutzprogrammes eine geeignete, niedrigwüchsige Vegetationsstruktur für die Zielarten erhalten werden muss und infolge der freien Sukzession nach der Vernässung höherwüchsige

dar als vergleichbare Grünlandflächen auf Niedermoorstandorten und neigen zudem zu einer Dominanz von Problemarten (BUCHWALD et al. 2010). Daher eignen sich die ohnehin schon aufwendiger zu erhaltenden Hochmoorgrünlandstandorte gegenüber Niedermoorstandorten besonders für diese Vollvernässungsvariante.

Gegenüber der Aufwuchs-Paludikultur steht bei der **Grünlandpflege** nicht die landwirtschaftliche Nutzung und Verwertung der aufgewachsenen Biomasse, sondern die naturschutzfachliche Pflege im Vordergrund. Besonders geeignete Flächen sind solche innerhalb von Schutzgebieten mit Synergien mit Arten-/Biotop- und Landschaftsschutz sowie solche innerhalb der Kulisse des Wiesenvogelschutzprogramms durch den Erhalt geeigneter Vegetationsstrukturen. Auf Niedermoorstandorten können artenreichere Grünlandgesellschaften erhalten werden als auf Hochmoorstandorten, daher eignen sich Niedermoorstandorten besonders für diese Variante der Vollvernässung. Auch die Lage innerhalb des Vorranggebietes Grünlandbewirtschaftung, -pflege und -entwicklung ist Grünlandpflege gegenüber Anbau-Paludikultur oder Photovoltaikanlagen als günstig zu werten.

4.5.1.3 Nutzungsform „ungenutzte Flächen“

Zu der Nutzungsform „ungenutzte Flächen“ gehören ungenutzte Moore, Heiden und Brachen. Zur Minderung der THG-Emissionen und zum Erhalt des Kohlenstoffspeichers sind bei entwässerten Flächen je nach Ausgangs- und angestrebten Zielzustand Maßnahmen zur Teil- oder Vollvernässung möglich (Tabelle 16). Die höchste THG-Minderung ist bei einer Vollvernässung stark entwässerter Flächen zu erwarten. Für Flächen mit bereits moortypischen Wasserständen sollten über Erhaltungsmaßnahmen wie etwa die technische Instandhaltung der Vernässungseinrichtungen die bestehenden Bedingungen aufrechterhalten werden.

Für die nutzungsformbezogene Bewertung ist die Lage innerhalb von Schutzgebieten aufgrund der Synergien mit Arten-/Biotop-/Landschaftsschutz begünstigend zu werten. Eine Torfmächtigkeit von mehr als 80 cm ist für die vertikale Abdichtung sowie aufgrund des Materialbedarfs für möglichen Verwaltungsbau als begünstigend anzusehen. Mit einer Flächengröße von mehr als fünf Hektar werden Randeffekte mit erhöhtem Instandhaltungsbedarf vermieden. Für jedes zutreffende Kriterium wurde ein Punkt vergeben, sodass maximal drei Punkte vergeben wurden. Die erreichbare Punktespanne von 0 bis 3 Punkten wurde in eine fünfstufige Skala transformiert, um diese im Anschluss für das in Karte 6 dargestellte Maßnahmenpotenzial mit den wesentlichen Rahmenbedingungen verrechnen zu können (s. Kapitel 4.5.5).

Tabelle 16: Übersicht des Maßnahmenpaket „ungenutzte Flächen“. Erläuterungen: HH = Hochmoor, HN = Niedermoor, GH = Moorgley, G/H = flach überlagerter Torf. Zur Methodik der Mittelwerteermittlung siehe Kapitel 4.5.1.1 ↔ Spanne der Emissionsfaktoren, min. = minimal anzunehmender Emissionsfaktor gem. TIEMEYER et al. (2020). Ø = Mittelwert aus den Spannen, max. = maximal anzunehmende Differenz. Farbliche Kennzeichnung der Klassen der Emissionsfaktoren: < 5, 6-10, 11-15, 16-20, 21-25, 26-35 t CO₂-Äq. ha⁻¹ a⁻¹.

Maßnahmenpaket für ungenutzte Flächen	Bodenkategorie	THG-Emissionen gemäß HÖPER (2022) in t CO ₂ -Äq. ha ⁻¹ a ⁻¹			Referenz-Biototypen DRACHENFELS (2021)
		Ausgangszustand (AZ)	Zielzustand (ZZ)	Minderung	
Entwicklungsmaßnahme mit dem Ziel der Teilvernässung bis auf 10 cm unter Flur – Abschrägen von Torfstickanten – Grabenanstau, -einstau	HH, GH	↔ (9-15-)21-22-25 Ø 19	↔ 5-9-15-21 Ø 13	6	AZ: (MWD), (MGF), MGT/MGZ/MGB, MP ⁺ , MD ZZ: NS/MWT/MS, MWD, MPF, MGF
	HN, GH	19-25-26 Ø 23	↔ 4-5-10-19-25-26 Ø 15	8	AZ: UH, GN ^{b+} , GF ^{b+} ZZ: NR, NS, UHF, GN ^{b+} , GF ^{b+}
	G/H	↔ 10-13 Ø 12	↔ 2-3-5-10-13 Ø 7	↔ 2-3-5-10-13 Ø 5	AZ: UH, GN ^{b+} , GF ^{b+} ZZ: NR, NS, UHF, GN ^{b+} , GF ^{b+}
Entwicklungsmaßnahme mit dem Ziel der Vollvernässung (über 10 cm unter Flur), Maßnahmen siehe Teilvernässung, zusätzlich: – Grabenverfüllungen – Rückbau von Entwässerungseinrichtungen – Kammerungen – Bau von Verwallungen Einbau von Spundwänden	HH, GH	↔ (9-15-)21-22-25 Ø 19	↔ 4-5-6-15-21 Ø 10 min. 5	Ø 9 max. 14	AZ: (MWD), (MGF), MGT/MGZ/MGB, MP ⁺ , MD ZZ: NS, MWS/MWT/MS, MPF, MGF, MH, MZ
	HN, GH	↔ 19-25-26 Ø 23	↔ 4-5-10-19 Ø 10 min. 5	Ø 13 max. 18	AZ: UH, GN ^{b+} , GF ^{b+} ZZ: NR ⁺ , NS
	G/H	↔ 10-13 Ø 12	↔ 2-3-5-10 Ø 5	Ø 7	AZ: UH, GN ^{b+} , GF ^{b+} ZZ: NR, NS
(anschließende) Erhaltungsmaßnahmen zur Beibehaltung der Teil-/Vollvernässung: technische Instandhaltung, Nachjustieren der Wasserstände, Monitoring	HH, HN, GH	keine signifikante Minderung, aber Verhinderung höherer THG-Emissionen			
Pflegemaßnahmen ohne Vernässung: Beweidung, Entkusseln, Forstmulchen, Mulchen	HH, HN, GH	keine signifikante Minderung, aber Verhinderung höherer THG-Emissionen			

* unterschiedliche Emissionsfaktoren für die Untertypen

^b Brachestadien

Tabelle 17: Nutzungsformbezogene Bewertung für die Nutzungsform „ungenutzte Flächen“.

Punkte	Potenzial	umklassifizierte Punkte
0 Punkte	gering	1
1 Punkt	gering bis mittel	2
2 Punkte	mittel	3
3 Punkte	hoch	5

4.5.1.4 Nutzungsform „(wiedervernässte) Torfabbauflächen“

Der Entwicklungspfad bestehender Torfabbauflächen wird von der behördlich festgelegten Folgenutzung bestimmt. In wiedervernässten Torfabbauflächen können durch Entwicklungs- oder Erhaltungsmaßnahmen torfbildungsfördernde Wasserstände geschaffen werden. Hierzu gehört die Optimierung und Instandhaltung bestehender Vernässungseinrichtungen wie Verwallungen und Überläufe, ein aktives Wassermanagement mit der Umverteilung von Wasser innerhalb der Polder oder die Beruhigung großflächiger Wasserflächen (Tabelle 18). Die Beimpfung mit z.B. Torfmoosen mag zwar keinen großen Effekt bei der Minderung der THG-Emissionen zeigen, trägt aber zur Förderung einer erneuten Torfbildung und damit einer langfristigen Kohlenstofffestlegung bei.

Bei diesem Maßnahmenpaket wurde von der sonst erfolgten Bewertungsmethodik abgewichen: Standorteigenschaften, Raumwiderstände und Nutzungskonflikte gingen nicht mit in die Bewertung des Maßnahmenpotenzials ein. Grund hierfür ist, dass diese Flächen stärker der Sukzession unterliegen und vorliegende Datenquellen den Zustand nur unzureichend wiedergeben. Zudem sind durch behördlich festgelegte Folgenutzung Nutzungskonflikte nicht gegeben. In den vom maschinellen Torfabbau geprägten Hochmooren erfolgte daher eine Bewertung des Optimierungsbedarfs.

Da die von FRANK et al. (2021) unter der Folgenutzung „Naturschutz“ zusammengefassten Flächen sowohl nicht vernässte Flächen mit Folgenutzung „Sukzession“ als auch vernässte Flächen mit der Folgenutzung „Wiedervernässung“ umfassten, dienten die Flächen der Folgenutzung „Naturschutz“ nur als Suchraum zur Identifizierung der Flächen mit Folgenutzung „Wiedervernässung“.

Innerhalb des Suchraums erfolgte eine Klassifikation in: (I) Torfabbauflächen mit aktivem sowie genehmigten, aber noch nicht begonnenem Abbau, (II) wiedervernässte Torfabbauflächen, bei denen aufgrund bereits bestehender torfbildungsfördernder Wasserstände kein Bedarf zur Optimierung besteht, (III) wiedervernässte Torfabbauflächen mit Optimierungsbedarf hinsichtlich der Vermeidung eines zu großflächigen Überstaus sowie (IV) zur Folgenutzung „Wiedervernässung“ hergerichtete Torfabbauflächen, die aber eine nicht ausreichende Vernässung aufweisen. Alle weiteren, nicht vernässten ehemaligen Torfabbauflächen wurden in

Tabelle 18: Übersicht des Maßnahmenpaket „wiedervernässte Torfabbauf Flächen“. Erläuterungen: HH = Hochmoor, GH = Moorgley. Die in Klammern stehenden Referenz-Biotoptypen sind weniger häufig Ausgangs- oder Zielzustand, die mit Schrägstrich hintereinanderstehenden Biotoptypen weisen den gleichen Emissionsfaktor auf. ↔Spanne der Emissionsfaktoren, min. = minimal anzunehmender Emissionsfaktor gemäß TIEMEYER et al. (2020). Ø = Mittelwert aus den Spannen, max. = maximal anzunehmende Differenz. Farbliche Kennzeichnung der Klassen der Emissionsfaktoren: < 5, 6-10, 11-15, 16-20, 21-25, 26-35 t CO₂-Äq. ha⁻¹ a⁻¹.

Maßnahmenpaket für wiedervernässte Torfabbauf Flächen	Bodenkategorie	THG-Emissionen gemäß HÖPER (2022) in t CO ₂ -Äq. ha ⁻¹ a ⁻¹			Referenz-Biotoptypen DRACHENFELS (2021)
		Ausgangszustand (AZ)	Zielzustand (ZZ)	Minderung	
Entwicklungsmaßnahmen zur Vollvernässung (über 10 cm unter Flur) <ul style="list-style-type: none"> – Wasserverteilung/-management – Erhöhung bestehender Verwallungen – Verstärkung bestehender Verwallungen durch Spundwände 	HH, GH	↔ (9-15-21-22-25) Ø 19	↔ 4-5-6 (-19-21) Ø 10 min. 5	Ø 9 max. 14	AZ: (MWD), (MGF), MGT/MGZ/MGB, MP+, MD ZZ: MWS/MWT/MS, MIW, MH, (MPF), (MGF)
Entwicklungsmaßnahmen bei bestehender Vollvernässung <ul style="list-style-type: none"> – Beimpfung mit Torfmoosen und/oder Ammenpflanzen – Beruhigung großer Wasserflächen 	HH, (GH)	5	4	1	AZ: MIW ZZ: MWS/MWT
(anschließende) Erhaltungsmaßnahmen zur Beibehaltung der Vollvernässung technische Instandhaltung, Nachjustieren der Wasserstände, Monitoring	HH, (GH)	keine signifikante Minderung, aber Verhinderung höherer THG-Emissionen			
Pflegemaßnahmen ohne Vernässung Beweidung, Entkusseln, Forstmulchen, Mulchen	HH, (GH)	keine signifikante Minderung, aber Verhinderung höherer THG-Emissionen			

* unterschiedliche Emissionsfaktoren für die Untertypen

Tabelle 19: Nutzungsformbezogene Bewertung für die Nutzungsform „(wiedervernässte) Torfabbauf Flächen“.

Zustand	Potenzial	umklassifizierte Punkte
aktiver Torfabbau sowie genehmigter, aber noch nicht begonnener Torfabbau	Potenzial festgelegt durch Folgenutzung	1
hergerichtet mit der Folgenutzung „Wiedervernässung“ mit ausreichender Vernässung	Erhaltungspotenzial	1
hergerichtet mit der Folgenutzung „Wiedervernässung“, mit ausreichender Vernässung aber zu großflächigem Überstau	gering	2
hergerichtet mit der Folgenutzung „Wiedervernässung“ aber mit unzureichender Vernässung	hoch	5

den anderen Maßnahmenpaketen, v.a. im Maßnahmenpaket „ungenutzte Flächen“, berücksichtigt. Der Optimierungsbedarf wurde über hochmoortypische Wasserstände

indizierende Biotoptypen und FFH-Lebensraumtypen (Umweltkarten Niedersachsen 2023) sowie vor allem über eine Luftbildauswertung nach BARTHELMES et al. (2021) eingeschätzt. Hierfür wurde der Vernässungsgrad über Torfmoosreichtum, Verbuschungsgrad, Verheidung, Vergrasung, offene Wasserflächen und abgestorbene Gehölze durch Überstau beurteilt. Ergänzend wurde das DGM1 für die Lokalisierung von Verwallungen verwendet.

4.5.1.5 Nutzungsform „Wald“

In derzeitigen Waldbereichen lassen sich über Maßnahmen zur Teil- und Vollvernässung Optimierungen erreichen. Bei einer Vollvernässung ist die Entwicklung zu Offenland möglich, was z.B. bei inzwischen bewaldeten degradierten Hochmooren mitunter unmittelbares Ziel der Maßnahme sein kann.

In Ergänzung zu den wesentlichen Standorteigenschaften und Raumwiderständen wurden weitere, nutzungsformbezogene Kriterien für sich besonders dafür eignende Bereiche erarbeitet. Die Lage innerhalb von Schutzgebieten wurde aufgrund von Synergien mit Arten-/Biotop-/Landschaftsschutz als begünstigend gewertet, ebenso die Lage innerhalb der Programmkulisse „Niedersächsische Gewässerlandschaften“ wo Synergien mit Gewässer- und Auenentwicklung sowie Hochwasserschutz genutzt werden können. Standorte mit einer Torfmächtigkeit von mehr als zwei Metern wurden aufgrund der geringen Tragfähigkeit des Bodens für maschinelle Bewirtschaftung begünstigend für eine Anhebung der Wasserstände gewertet. Das Vorranggebiet Wald dient dem Erhalt und der Entwicklung der Waldstandorte, da bei einer Vollvernässung auch eine Entwicklung zu

Tabelle 20: Nutzungsformbezogene Bewertung für die Nutzungsform „Wald“.

Punkte	Potenzial	umklassifizierte Punkte
0 Punkte	gering	1
1 Punkt	gering bis mittel	2
2-3 Punkte	mittel	3
4 Punkte	mittel bis hoch	4
5 Punkte	hoch	5

Offenland möglich ist, wurden Flächen außerhalb dieses Vorranggebietes als besonders geeignet zur Ausschöpfung des Maßnahmenpotenzials gewertet. Für jedes zutreffende Kriterium wurde ein Punkt vergeben. Die erreichbare Punktespanne von 0 bis 5 Punkten wurde in eine fünfstufige Skala transformiert, um diese im Anschluss für das in Karte 6 dargestellte Maßnahmenpotenzial mit den wesentlichen Rahmenbedingungen verrechnen zu können (s. Kapitel 4.5.5).

4.5.2 Gebietsübergreifende Maßnahmen

Der Klimawandel stellt den niedersächsischen Küstenraum vor große Herausforderungen (SPIEKERMANN et al. 2018, Projekt „Klimaoptimiertes Entwässerungsmanagement im Verbandsgebiet Emden“ KLEVER). Eine Anhebung der Zielwasserstände oder der lokale Rückbau von Schöpfwerken stellt aber auch bei eingedeichten Flussniederungen eine effektive Maßnahme des Moorbodenschutzes dar (ABEL et al. 2017). Bei Mooregebieten, in denen mehr als 10 % des Mooregebieten unterhalb des Meeresspiegels oder 25 % unter Vorfluterniveau liegen, wurde der Hinweis auf die Nutzung von Synergien mit Küsten- und Hochwasserschutz in den jeweiligen Datenblättern aufgenommen.

Tabelle 21: Übersicht des Maßnahmenpaket „Wald“. Erläuterungen: HH = Hochmoor, HN = Niedermoor, GH = Moorgley, G/H = flach überlagerter Torf, SDK = Sanddeckkultur. ↔ Spanne der Emissionsfaktoren, min. = minimal anzunehmender Emissionsfaktor gemäß TIEMEYER et al. (2020). Ø = Mittelwert aus den Spannen, max. = maximal anzunehmende Differenz. Farbliche Kennzeichnung der Klassen der Emissionsfaktoren: < 5, 6-10, 11-15, 16-20, 21-25, 26-35 t CO₂-Äq. ha⁻¹ a⁻¹.

Maßnahmenpaket für Waldflächen	Bodenkategorie	THG-Emissionen gemäß HÖPER (2022) in t CO ₂ -Äq. ha ⁻¹ a ⁻¹			Referenz-Biototypen DRACHENFELS (2021)
		Ausgangszustand (AZ)	Zielzustand (ZZ)	Minderung	
Entwicklungsmaßnahme mit dem Ziel der Teilvernässung bis auf 10 cm unter Flur – Grabenanstau, -einstau	HH	↔ 23-25 Ø 24	↔ (16)-23 Ø 21	Ø 3	AZ: WV, WP ZZ: (WB/BN), WV
	HN	25	↔ (10-14-16-18-23)- 25 Ø 22	Ø 3	AZ: WU/WP ZZ: (WA, WE ⁺ , BN), WU
	GH	↔ 23-25 Ø 24	↔ (5-10-14-16-18- 23-25) Ø 20	Ø 5	AZ: WV, WP/WU ZZ: (WB/BN, WN, WA, WE ⁺), WU/WP, WV
Entwicklungsmaßnahme mit dem Ziel der Vollvernässung (über 10 cm unter Flur), Maßnahmen siehe Teilvernässung, zusätzlich: – Grabenverfüllungen – Rückbau von Entwässerungseinrichtungen – Kammerungen – Bau von Verwallungen – Einbau von Spundwänden	HH	↔ 23-25 Ø 24	↔ 4-5-6-15-16-21 Ø 11 min. 5	Ø 13 max. 19	AZ: WV, WP WB/BN, MWS/ ZZ: MWT/MS, NS, MIW, MPF, MGF, MH
	HN	25	↔ 4-5-10-14-16- 18-19-23 Ø 14 min. 5	Ø 10 max. 20	AZ: WU/WP ZZ: WA, WE ⁺ , BN, NS, NR
	GH	↔ 23-25 Ø 24	↔ 4-5-6-10-14-15- 16-18-19-21-23 Ø 14 min. 5	Ø 14 max. 19	AZ: WV, WP/WU WA, WE ⁺ , WN, ZZ: WB/BN, MWS/MWT /MS, NS, MIW, MPF, MGF, NR ⁺ , MZ ⁺
(anschließende) Erhaltungsmaßnahmen zur Beibehaltung der Teil-/Vollvernässung technische Instandhaltung, Nachjustieren der Wasserstände, Monitoring	HH, HN, GH	keine signifikante Minderung, aber Verhinderung höherer THG-Emissionen			
Pflegemaßnahmen ohne Vernässung Bekämpfung von Neophyten, Waldumbau, Herabsetzen des Bestockungsgrades	HH, HN, GH, G/H, SDK, SMK	keine signifikante Minderung			

* unterschiedliche Emissionsfaktoren für die Untertypen

Nicht nur in den Küstenregionen, sondern in weiten Teilen des Landes sind Anpassungen an den Klimawandel erforderlich (vgl. Kapitel 3.5). Bei von Hochmooren geprägten Mooregebieten wurde ab einem sommerlichen Defizit der klimatischen Wasserbilanz von 125 mm (LBEG 2022) in den jeweiligen Datenblättern der Hinweis auf die Notwendigkeit von Wassermanagement- und Wasserrückhaltemaßnahmen als Anpassung an den Klimawandel gegeben.

4.5.3 Vorbereitende bzw. flankierende Instrumente

Für die Transformation der landwirtschaftlichen Nutzung sind auf regionaler Ebene agrarstrukturelle Analysen notwendig (vgl. JANSEN-MINBEN et al. 2022). Hierbei werden neben Produktionsstrukturen auch ökonomische und soziale Strukturen erhoben, um gezielt Synergien zwischen agrarstruktureller Entwicklung und Moorbodenschutz nutzen und fördern zu können. Wenn der Anteil landwirtschaftlicher Nutzfläche in einem Mooregebiet größer war als 50 %, wurde in den jeweiligen Datenblättern auf den Bedarf einer agrarstrukturellen Analyse verwiesen. Vor einer Umsetzung von Vernässungsmaßnahmen sind eingehendere Untersuchungen von insbesondere Hydrologie und Stratigraphie im

Rahmen von Machbarkeitsstudien notwendig. Zur Bewertung der zu erhebenden Grundlagendaten bieten TIEMEYER et al. (2017) einen Überblick auf verschiedenen räumlichen Betrachtungsebenen an. Für Waldmoore kann das Entscheidungsunterstützungssystem DSS-WAMOS (ZEITZ et al. 2009) genutzt werden und für Hochmoorstandorte wurde ein Abschätzungsrahmen für den Erfolg von Wiedervernässungsmaßnahmen entwickelt (HOFER et al. 2022).

In Mooregebieten mit Naturschutzgebieten ohne bestehende Vor-Ort-Betreuung von Schutzgebieten durch Naturschutzstationen des NLWKN, Ökologische Stationen, Staatliche Moorverwaltung oder Niedersächsische Landesforsten wurde der Hinweis auf die Etablierung eines gebietsbezogenen Managements gegeben.

Durch Einrichtung von Kooperationen zwischen unterschiedlichen Akteuren im ländlichen Raum sollen unterschiedliche Interessensgruppen zugunsten des Natur- und Moorschutzes zusammengeführt werden. Ein Hinweis auf einen möglichen Bedarf wurde bei einem Anteil landwirtschaftlicher Flächen von mehr als 50 % gegeben.

Durch die Arrondierung zusammenhängender Flächen über Flurbereinigungsverfahren kann die Umsetzung von Maßnahmen zum Klimaschutz vereinfacht und Nutzungskonflikte entzerrt werden (WREESMANN & HÖPER 2022, BATHKE 2022). Wo in Managementplänen der Natura 2000-Gebiete die Notwendigkeit einer Flurbereinigung vermerkt war, wo die Unteren Naturschutzbehörden im Zuge ihrer Beteiligung auf die Notwendigkeit hinwiesen oder dort, wo die Eigentümerstruktur in ungenutzten oder nur extensiv forst- oder landwirtschaftlich genutzten Mooren stark zersplittert ist, wurde auch im Datenblatt der Hinweis auf eine Flurbereinigung gegeben.

4.5.4 Umgesetzte oder geplante Projekte

Von bereits umgesetzten Projekten kann eine Strahlwirkung ausgehen, die weitere Projekte und Maßnahmenumsetzungen fördern können. So haben Akteure bereits zueinander gefunden oder es wurden bereits Grundlagendaten erhoben, die eine Beplanung angrenzender Flächen beschleunigt.

Informationen zu umgesetzten oder geplanten Projekten in Mooregebieten entstammen mehreren Quellen:

- Förderprojekte gemäß EFRE-Richtlinie „Klimaschutz durch Moorentwicklung“ (KliMo)
- LIFE- und integrierte LIFE-Projekte im Bereich kohlenstoffreicher Böden
- MoorIS-Projektdatenbank
- Rückläufe der im Sommer 2023 und Frühjahr 2024 erfolgten Beteiligung der Landkreise und kreisfreien Städte
- Rückläufe aus einer Abfrage bei den Ökologischen Stationen
- Recherche bei Naturschutzverbänden und Naturschutzstiftungen
- Managementpläne von in Mooregebieten gelegenen FFH-Gebieten und EU-Vogelschutzgebieten
- Auswertung von Luftbildzeitreihen und DGM1, je nach Alter der Luftbilder konnten jüngst umgesetzte Maßnahmen nicht erfasst werden

Die in den Karten dargestellten und in den Maßnahmenblättern aufgeführten Informationen erheben keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Maßnahmen mit größeren Bodenbewegungen konnten etwa zielsicherer verortet werden als z.B. punktuelle Grabenstaue.

Aufgeführt in den Karten sind nur Maßnahmen zur Anhebung von Wasserständen, nicht aber reine Pflegemaßnahmen. Zudem wurde versucht, den tatsächlichen Wirkungsbereich abzugrenzen, nicht aber z.B. das gesamte Naturschutzgebiet, in dem die ggf. nur punktuelle Maßnahme stattgefunden hatte. Zur Wiedervernässung hergerichtete Flächen wurden erst dann in die Kartendarstellung aufgenommen, wenn eine erneute Optimierung des Zustandes nach Erstherrichtung erfolgt war. Ziel war es, tatsächlich ausreichend vernässte Bereiche abzubilden. Dort ist zwar der Bedarf zur (weiteren) Anhebung der Wasserstände gering, stattdessen sind der ausreichende Vernässungsgrad durch in-stand haltende Maßnahmen und begleitendes Monitoring zu erhalten.

4.5.5 Gesamtheitliche Bewertung des Maßnahmenpotenzials

Für die Bewertung des Maßnahmenpotenzials wurden die jeweils in einer fünfstufigen Skala bewerteten physischen Standorteigenschaften (vgl. Kapitel 4.4.2) sowie Raumwiderstände und Nutzungskonflikte (vgl. Kapitel 4.4.3) zusammen mit der nutzungsformbezogenen Bewertung aufaddiert. Ausnahme bildeten die wiedervernässten Torfabbauflächen (vgl. Kapitel 0).

Es erfolgte eine Gewichtung von 0,45 für die Bewertung der Standorteigenschaften, 0,35 für die Bewertung der Raumwiderstände und der Nutzungskonflikte und von 0,20 für die nutzungsformbezogene Bewertung. Diese Gewichtung geschieht aus folgendem Grund: Die nutzungsformbezogenen Bewertungskriterien sind sehr heterogen, sie beinhalten sowohl Standorteigenschaften wie auch Raumnutzungswiderstände und Nutzungskonflikte. Die 0,2-fache Gewichtung der nutzungsformbezogenen Bewertung trägt so zu einem Verhältnis von 0,55 (0,45 + 0,10) zu 0,45 (0,35 + 0,10) von Standorteigenschaften zu Raumwiderständen und Nutzungskonflikten bei. Die höhere Gewichtung der Standorteigenschaften gegenüber den Raumwiderständen und Nutzungskonflikten liegt darin begründet, dass sich natürliche Gegebenheiten wie etwa die klimatische Wasserbilanz unveränderlicher sind als z.B. verhältnismäßig leicht zu ändernde Nutzungsintensitäten.

4.6 Priorisierung

Aus der Summe der Bewertungen des Treibhausgas-Minderungspotenzials und des Maßnahmenpotenzials wurde die Priorität zur Anhebung der Wasserstände ermittelt. Diese wurde zunächst für jede Rasterzelle bestimmt und anschließend wurde für jedes Mooregebiet der gewichtete Mittelwert berechnet, um auf Landesebene einen besseren Überblick zu erhalten. Als Grenzwerte zwischen geringer, mittlerer und hoher Priorität wurden die 25- und 75-%-Perzentile der Spannweite der ermittelten gewichteten Mittelwerte verwendet. Durch die Verwendung des 75-%-Perzentils statt einer Drittelung der Spannweite werden die Flächen, die oberste Priorität haben sollen, besonders herausgestellt.

5 Ergebnisse

Im Folgenden werden die über die angewendete, zuvor erläuterte Methodik (Kapitel 4) erzielten Ergebnisse beschrieben. Die Mooregebiete sind mit in Klammern gestellter laufender Nummer von Nordwest nach Südost identifizierbar (s. Karte 2, Anhang 1).

5.1 Gesamtheit der in der Potenzialstudie betrachteten kohlenstoffreichen Böden

In Niedersachsen sind nach der BHK50 gemäß GAPKondV kohlenstoffreiche Böden vorhanden (Tabelle 22). Die in der Potenzialstudie betrachtete Gesamtheit der kohlenstoffreichen Böden ohne rund 29.400 Hektar Siedlungs-, Infrastruktur- und Pufferflächen (vgl. Kapitel 4.1) umfasst 516.500 Hektar.

Rund ein Drittel davon sind Hochmoore, etwas weniger als ein Viertel Niedermoore. Zu den Bodenkategorien mit über 10 % Flächenanteil gehören zudem Moor-Treposole und undifferenzierte Moorböden. Hochmoorböden treten vor allem im Nordwesten des Landes auf (Karte 1), Verbreitungsschwerpunkte sind neben den großen Hochmoorkomplexen der Oldenburgisch-Ostfriesischen Geest und Stader Geest auch die Diepholzer Moorniederung sowie die Hannoversche Mooregeest. Großflächige Niedermoorböden treten vor allem in der Wesermünder Geest im Landkreis Cuxhaven auf, ansonsten sind sie landesweit insbesondere in den Niederungen anzutreffen. Moor-Treposole sind vor allem in Westen Niedersachsens in den großflächigen Moorkomplexen der Oldenburgisch-Ostfriesischen Geest verbreitet. Flach überlagerte Torfe haben ihren Verbreitungsschwerpunkt an der Küste, wo sie v.a. mit Klei- und Kalkmarsch überlagert sind, sowie in küstennahen Bereichen der Oldenburgisch-Ostfriesischen Geest und der Wesermünder Geest. Moorgleye fehlen weitestgehend im Küstenraum, sind jedoch im Tiefland weit verbreitet und finden sich dort v.a. am Rand größerer Moore. Sanddeckkulturen sind landesweit verbreitet, großflächigere Vorkommen finden sich in den Moorkomplexen der Oldenburgisch-Ostfriesischen Geest und der Stader Geest. Organomarschen mit Niedermoorauflage weisen den

geringsten Flächenanteil auf, ihr Vorkommen beschränkt sich auf den Küstenraum.

5.2 Mooregebiete

Bei der Abgrenzung der Mooregebiete (Kapitel 4.1) wurden insgesamt 275 Mooregebiete herausgestellt, diese umfassen über 60 % der kohlenstoffreichen Böden Niedersachsens (Tabelle 23). Während diese mit jeweils eigenen Datenblättern (Anhang 1) dargestellt wurden, erfolgte für die restlichen 40 % der außerhalb der Mooregebiete liegenden kohlenstoffreichen Böden eine allgemeinere Betrachtung von Einspar- und Maßnahmenpotenzialen auf einem jeweils zusammenfassenden Datenblatt je Moorbodenkategorie (Anhang 2).

Die Mooregebiete lassen sich je nach dominierender Moorbodenkategorie in drei Gruppen unterteilen (Karte 2). Die von mineralisch überlagerten Moorböden geprägten Mooregebiete (Moorgebietsnummern 1, 3, 16-20, 23, 24, 26, 30) befinden sich im Niederungsbereich zwischen Leda und Fehntjer Tief sowie in der Westjademarsch und Jademarsch (12, 14, 35, 36, 81). Mooregebiete mit großflächigen Hochmoorböden haben ihren Schwerpunkt nördlich des Oldenburgischen Münsterlandes (2, 6-8, 2, 28-29, 42, 49, 50, 60, 63, 72, 78, 79, 90), am Rande der Wesermarsch (76, 83, 85, 86, 93) in der Diepholzer Moorniederung (88, 98-101, 104, 107, 109, 11-113, 198-200), in der Hannoverschen Mooregeest (203, 224, 227-231, 233, 234), in der Niederung von Hamme und Oste (118-120, 122, 150, 152, 153) sowie im Norden der Wesermünder Geest (125, 127, 128).

Der Großteil der Mooregebiete ist 250-500 Hektar groß (Abbildung 14). Die Verteilung zwischen den Größenklassen 150-250 Hektar, 500-1.000 Hektar sowie 1.000-2.500 Hektar ist annähernd gleich. Die kleinste und größte Größenklasse weist jeweils die geringste Anzahl an Mooregebieten auf. Zu den größten Mooregebieten gehört das Ipweyer Moor (85) mit 8.500 ha, das Mooregebiet westlich der Hamme und des Giehler Bachs (118) mit 7.400 ha und das Moor im Geeste-Tal (134) in der Wesermünder Geest mit 6.300 ha.

Tabelle 22: Flächengröße und -anteil der Moorbodenkategorien der BHK50 gemäß GAPKondV (Stand 13.10.2023). Flächengrößen sind auf 100-Hektar-Genauigkeit gerundet. Gegenüber der Karte „Kohlenstoffreiche Böden 1 : 50 000 mit Bedeutung für den Klimaschutz ohne versiegelte Flächen (BHK50KSoVS)“ wurde die neue Karte gemäß GAPKondV verwendet und ein Puffer von 5 m Breite um Siedlung und Infrastruktur erzeugt, der nicht mit in die in der Potenzialstudie betrachteten kohlenstoffreichen Böden einfließt.

Bodenkategorien	BHK50 gemäß GAPKondV Flächengröße in Hektar	davon: Siedlungen und Infrastruktur sowie 5 m-Puffer um diese herum Flächengröße in Hektar	Gesamtheit der in der Potenzialstudie betrachteten kohlenstoffreichen Böden	
			Flächengröße in Hektar	Flächenanteil in %
Hochmoor	180.500	10.200	170.300	33
Niedermoor	124.200	8.500	115.700	22
Moor (undifferenziert)	65.800	2.800	63.000	12
flach überlagerter Torf	49.700	3.900	45.800	9
Moorgleye	22.200	900	21.300	4
Organomarsch mit Niedermoorauflage	1.800	100	1.700	< 1
Sanddeckkultur	15.300	1.300	14.000	3
Moor-Treposol	86.200	1.500	84.700	16
Summe	545.900	29.400	516.500	100

Tabelle 23: Anteil der Gebietskategorien an der Gesamtheit der in der Potenzialstudie betrachteten kohlenstoffreichen Böden.

Gebietskategorie	Flächengröße in ha	Anteil in %
1 großflächige Mooregebiete	327.700	64
2a kleinflächigere Hoch- und Niedermoore	62.200	12
2b kleinflächigere, natürlicherweise oder durch Kultivierung entstandene, flach überlagerte Torfe sowie Sanddeckkulturen	22.300	4
2c weitere kohlenstoffreiche Böden (Moorgleye, Organomarschen mit Niedermoorauflage)	21.400	4
3 kohlenstoffreiche Böden mit geringerer Bedeutung für den Klimaschutz (Moor-Treposesole)	82.900	16
Summe	516.500	100

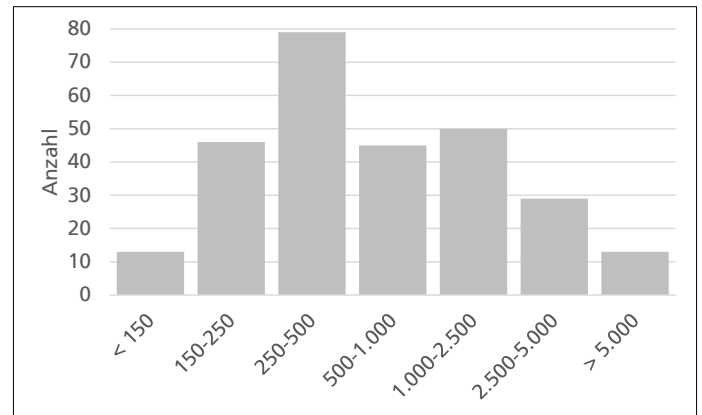


Abbildung 14: Verteilung verschiedener Größenklassen (in Hektar) bei den Mooregebieten.

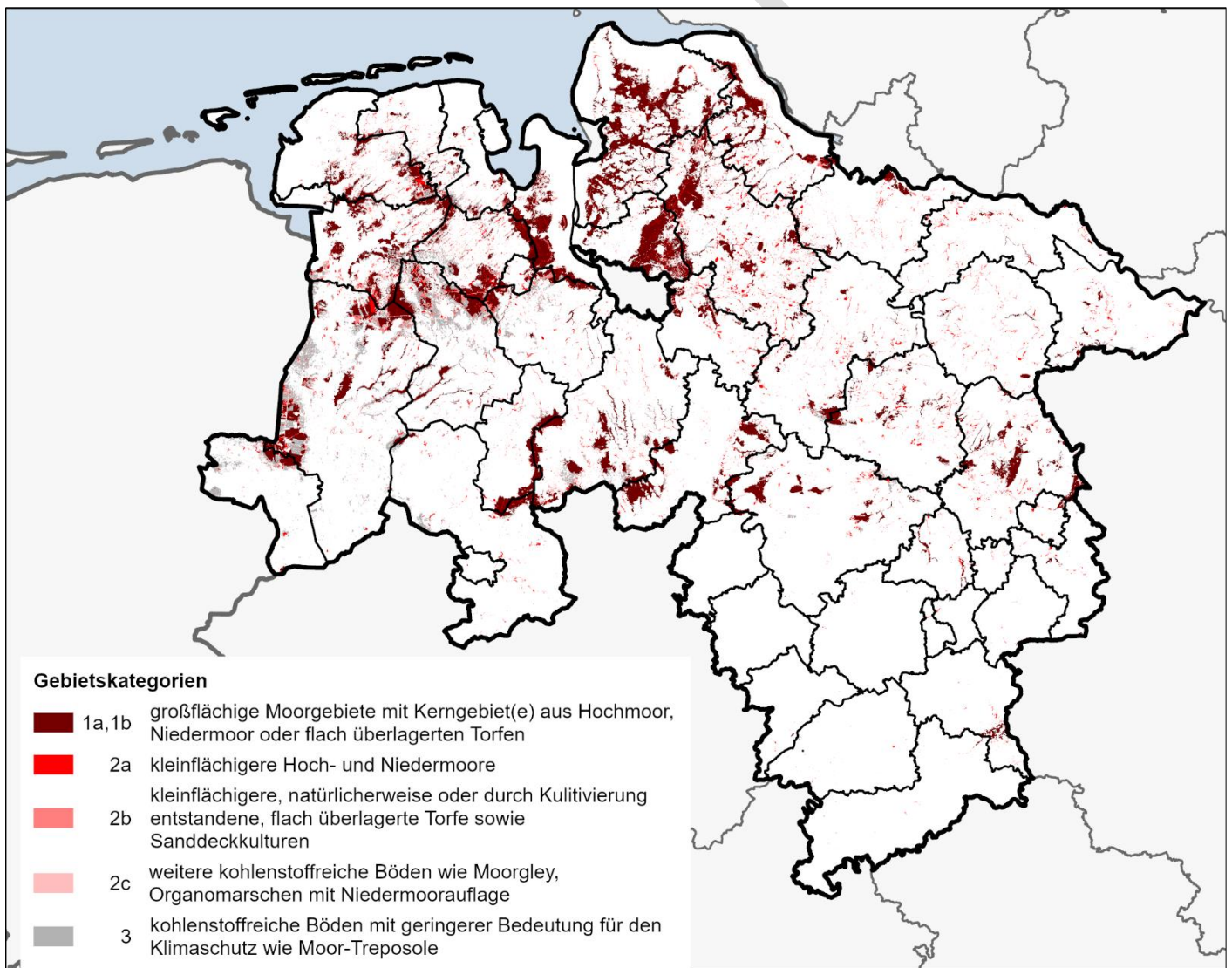


Abbildung 15: Einteilung der betrachteten kohlenstoffreichen Böden in die sechs Gebietskategorien.

Lebende Moore waren siedlungsfeindliche Räume und somit wurden historisch Grenzen zwischen Siedlungen, Kommunen oder höheren Verwaltungsebenen bevorzugt durch diese „Ödlandflächen“ gezogen. Von den 275 Mooregebieten liegen 102 in je zwei Landkreisen. Insgesamt 16 Mooregebiete liegen in je drei Landkreisen, das ostfriesische Mooregebiet „Lengener Moor“ (28) liegt sogar in vier Landkreisen.

Dies setzt sich auch zwischen Niedersachsen und den angrenzenden Bundesländern fort. Zwischen Nordrhein-Westfalen und Niedersachsen ist es das Gildehauser Venn (39) und das Dümmermoor (89), die beide ihren Flächenschwerpunkt in Niedersachsen haben, sowie das Oppenweher Moor (107), welches auch einen nennenswerten Flächenanteil auf der Seite des nordrhein-westfälischen Kreises Steinfurt hat.

Die Niederung des Großen Bruchs (274) erstreckt sich vom niedersächsischen Schladen-Werla bis Oschersleben in Sachsen-Anhalt. Der Drömling (272) liegt zu großen Teilen auf sachsen-anhaltinischer Seite. Das Niedermoor bei Radenbeck (269) nördlich von Wolfsburg befindet sich zwar unmittelbar an der Grenze zu Sachsen-Anhalt, setzt sich dort jedoch jenseits des Grünen Bandes nicht fort. Die Niedermoore entlang der Dumme (255), darunter auch die Moore bei Wustrow (256) sowie weiter östlich das Niedermoor am Landgraben (257) bei Lübbow finden sich beiderseits der niedersächsisch-sachsen-anhaltinischen Grenze.

Die Marschrandmoore zwischen Buxtehude und Winsen (Luhe) (185, 188, 194, 197) setzen sich in Hamburg fort. Die grenznahen Moore (46, 51, 53) zwischen der Grafschaft Bentheim, dem Emsland, dem südlichen Landkreis Leer und den Niederlanden zählten einst zum größten zusammenhängenden Moorkomplex Westeuropas – dem Bourtanger Moor. Das über 2.000 Hektar große, wiedervernässte Bargerveen ist auf niederländischer Seite übriggeblieben, auf deutscher Seite finden sich mehrere größere, aber verstreut liegende Hochmoorreste.

5.3 Treibhausgas-Minderungspotenzial

Treibhausgas-Emissionen

Fast 50 % der betrachteten kohlenstoffreichen Böden weisen hohe THG-Emissionen von über 30 t CO₂ Äq. ha⁻¹ a⁻¹ auf (Tabelle 24), etwas weniger als ein Drittel der Flächen emittieren 10-30 t CO₂ Äq. ha⁻¹ a⁻¹ und ein Fünftel weist niedrige THG-Emissionen von unter 10 t CO₂ Äq. ha⁻¹ a⁻¹.

Grundsätzlich weisen Flächen mit derzeit hohen Emissionen das höchste Potenzial für eine Minderung der THG-Emissionen auf. Großflächige Bereiche hoher Emissionen finden sich im Nordwesten des Landes (Abbildung 16) in den zusammenhängenden Moorkomplexen der Wesermünder Geest, der Oldenburgisch-Ostfriesischen Geest sowie jeweils an deren Grenzbereichen zum Küstenraum.

Während Bereiche mit hohen Emissionen immer mit intensiver landwirtschaftlicher Nutzung gleichzusetzen sind, ist dies umgekehrt für Bereiche mit niedrigen THG-Emissionen nicht unmittelbar ableitbar. Dies liegt in den niedrigen Emissionen

Tabelle 24: Flächengrößen und -anteile der THG-Minderungspotenzials sowie der Kriterien THG-Emissionen und Kohlenstoffspeicher der Gesamtheit der in der Potenzialstudie betrachteten kohlenstoffreichen Böden.

	Flächengröße in Hektar	Flächenanteil in %
THG-Emissionen		
hoch	250.800	49
mittel	154.600	30
gering	111.100	21
Kohlenstoffspeicher		
hoch	272.200	53
gering	244.300	47
THG-Minderungspotenzial		
hoch	148.700	29
mittel	261.700	51
gering	106.100	21
Summe jeweils	516.500	100

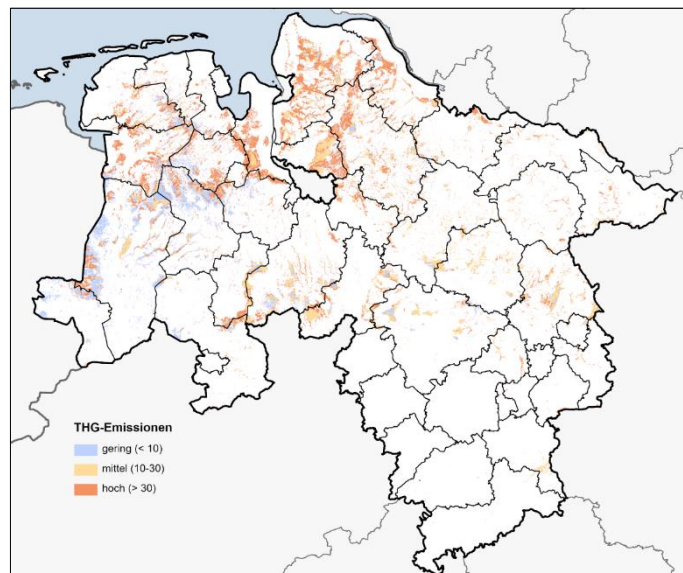


Abbildung 16: Klassifizierte THG-Emissionen (t CO₂-Äq. ha⁻¹ a⁻¹)

von Sanddeck- und vor allem Sandmischkulturen begründet, welche, mit Ausnahme von sehr intensiv genutzten Sanddeckkulturen, gegenüber Moorböden deutlich geringere THG-Emissionen aufweisen. So stellen sich weite Teile der Grafschaft Bentheim, des Emslandes sowie entlang des Küstenkanals als Bereiche mit geringen THG-Emissionen dar (Abbildung 16). Hierbei handelt es sich überwiegend um intensiv landwirtschaftlich genutzte, großflächige Moor-Treposesole. Die Emissionsfaktoren gehen jedoch auf Sandmischkulturen der 1970er Jahre zurück und gelten somit nicht für neue angelegte Moor-Treposesole.

Torfabbauflächen weisen aufgrund des fehlenden Bewuchses ebenfalls geringe THG-Emissionen von 5 t CO₂ Äq. ha⁻¹ a⁻¹ auf. So zeichnen sich die verbliebenen Torfabbaustätten wie etwa die Esterweger Dose (60), das Große Moor bei Barnstorf (98) oder das Tote Moor (227) am Steinhuder Meer als Flächen geringer THG-Emissionen ab. Auch vegetationsarme Initialstadien auf zur Folgenutzung „Wiedervernässung“ hergerichteten, ehemals abgebauten Hochmoorflächen zeigen nur geringe THG-Emissionen. Bereiche, in denen die niedrigen Emissionen auf hohe Wasserstände zurückgehen, finden sich in naturnahen Hoch- und Niedermooren, darunter auch die wiedervernässten Hochmoore der Diepholzer Moorniederung (u.a. 104) und der Wesermünder Geest (u.a. 127) im Landkreis Cuxhaven.

Insgesamt belaufen sich die jährlichen THG-Emissionen der in der Potenzialstudie betrachteten Flächen auf rund 13,8 Mio. t CO₂-Äq. (**Kohlenstoffspeicher**)

Der Anteil von Flächen mit hohem und geringen Kohlenstoffspeicher ist mit 53 % bzw. 47 % fast gleichverteilt.

Flachgründige Torfaufgaben finden sich außerhalb der Moorböden in Randbereichen größerer Moorkomplexe bei Moorgleyen, aber auch in den Torfabbaustätten, wo das Torfprofil bis auf geringe Resttorfaufgaben abgetragen wurde (Abbildung 17). Größere Bereiche und Anteile natürlicherweise geringer Torfmächtigkeiten sind entlang der Wümmen oder in den Tälern der Oldenburger Geest vorhanden. Großflächig zusammenhängende Moorflächen mit einem hohen Kohlenstoffspeicher befinden sich z.B. am Rand

der Wesermarsch, in der Hammeniederung und in den Niederungen der Wesermünder Geest.

Ein (noch) nicht bezifferbares Potenzial ist den Bereichen außerhalb der alten BHK50 zuzuweisen, in denen noch keine Angaben zu Torfmächtigkeiten vorliegen.

THG-Minderungspotenzial

Ein hohes THG-Minderungspotenzial liegt auf rund 30 % der in der Potenzialstudie betrachteten kohlenstoffreichen Böden vor (Tabelle 24). Diese Bereiche weisen sowohl hohe THG-Emissionen als auch höhere Torfmächtigkeiten auf und befinden sich vor allem im Norden und Nordwesten Niedersachsens (Karte 3). Etwas über 50 % der betrachteten kohlenstoffreichen Böden weisen ein mittleres THG-Minderungspotenzial auf, hierzu gehören vor allem die kleineren

Tabelle 25). Während der Anteil der Moor-Treposesole an den THG-Emissionen gegenüber deren Flächenanteil geringer ist, ist der Anteil an den landesweiten THG-Emissionen bei allen anderen Moorbodenkategorien höher und hebt die Bedeutung dieser Moorbodenkategorien für den Klimaschutz hervor.

Kohlenstoffspeicher

Der Anteil von Flächen mit hohem und geringen Kohlenstoffspeicher ist mit 53 % bzw. 47 % fast gleichverteilt.

Flachgründige Torfauflagen finden sich außerhalb der Moorböden in Randbereichen größerer Moorkomplexe bei Moorgleyen, aber auch in den Torfabbaustätten, wo das Torfprofil bis auf geringe Resttorfauflagen abgetragen wurde (Abbildung 17). Größere Bereiche und Anteile natürlicherweise geringer Torfmächtigkeiten sind entlang der Wümme oder in den Tälern der Oldenburger Geest vorhanden. Großflächig zusammenhängende Moorflächen mit einem hohen Kohlenstoffspeicher befinden sich z.B. am Rand der Wesermarsch, in der Hammeniederung und in den Niederungen der Wesermünder Geest.

Ein (noch) nicht bezifferbares Potenzial ist den Bereichen außerhalb der alten BHK50 zuzuweisen, in denen noch keine Angaben zu Torfmächtigkeiten vorliegen.

THG-Minderungspotenzial

Ein hohes THG-Minderungspotenzial liegt auf rund 30 % der in der Potenzialstudie betrachteten kohlenstoffreichen Böden vor (Tabelle 24). Diese Bereiche weisen sowohl hohe THG-Emissionen als auch höhere Torfmächtigkeiten auf und befinden sich vor allem im Norden und Nordwesten Niedersachsens (Karte 3). Etwas über 50 % der betrachteten kohlenstoffreichen Böden weisen ein mittleres THG-Minderungspotenzial auf, hierzu gehören vor allem die kleineren

Tabelle 25: THG-Emissionen der verschiedenen Moorboden-Kategorien. Unterschiede zu HÖPER (2024a) resultieren aus folgenden Gegebenheiten: (I) Kulisse der kohlenstoffreichen Böden gemäß GAPKondV statt BHK50ks, (II) aktuellere ATKIS-Daten (Stand 11.12.2023) und (III) aktuellere Schutzgebietsabgrenzungen (Stand Januar 2024).

Moorboden-kategorie	Flächen-größe in Hektar	%	THG-Emissionen in t CO ₂ -Äq. a ⁻¹	%
Hochmoor	170.300	33	4.775.100	35
Niedermoor	115.700	22	3.787.000	27

Moor (undifferenziert)	63.000	12	1.784.400	13
flach überlagerter Torf	45.800	9	1.627.900	12
Moorgley	21.300	4	728.400	5
Organomarsch mit Niedermoorauflage	1.700	< 1	61.600	
Sanddeckkultur	14.000	3	518.800	4
Moor-Treposol	84.700	16	528.500	4
Summe	516.500	100	13.811.700	100

Moorflächen im Osten des Landes. Ein geringes THG-Minderungspotenzial liegt im Westen Niedersachsens sowie entlang des Küstenkanals vor. Hierzu zählen sowohl Flächen mit geringer, etwa durch Torfabbau reduzierten Torfauflage und zugleich geringen THG-Emissionen durch Wiedervernäsung aber auch großflächige Bereiche mit Moor-Treposesolen.

Minderungspotenzial auf, hierzu gehören vor allem die kleineren Moorflächen im Osten des Landes. Ein geringes THG-Minderungspotenzial liegt im Westen Niedersachsens sowie entlang des Küstenkanals vor. Hierzu zählen sowohl Flächen mit geringer, etwa durch Torfabbau reduzierten Torfauflage und zugleich geringen THG-Emissionen durch Wiedervernäsung aber auch großflächige Bereiche mit Moor-Treposesolen.

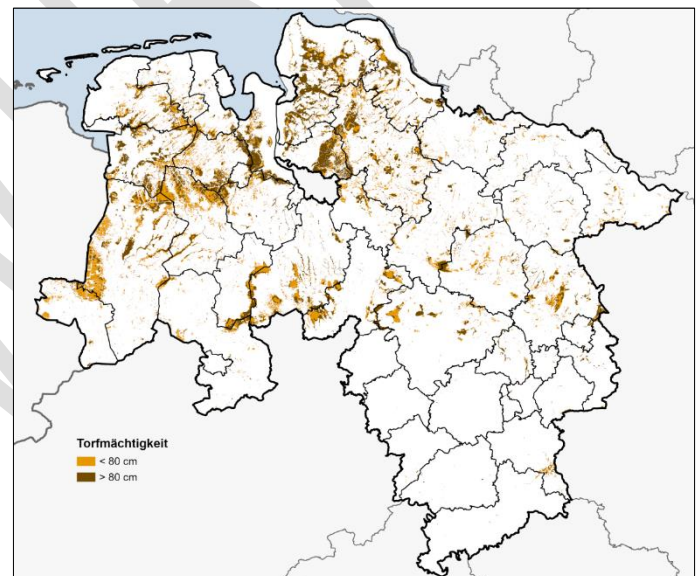


Abbildung 17: Klassifizierte Torfmächtigkeit

5.4 Rahmenbedingungen

5.4.1 Bereiche mit moortypischen Wasserständen

Bereiche, für die nach BECHTOLD et al. (2014) oder über moortypische Wasserstände indizierende Biotoptypen anzunehmen ist, dass nur ein Erhaltungsbedarf besteht, belaufen sich auf Rasterzellenebene auf insgesamt rund 1.600 Hektar. Sie finden sich landesweit verteilt, weisen aber einen Schwerpunkt östlich der Weser auf (vgl. Karte 4).

5.4.2 Bewertung der Standorteigenschaften

Die Bewertung der Standorteigenschaften der Gesamtheit, der in der Potenzialstudie betrachteten kohlenstoffreichen

Böden ist in Karte 4 dargestellt. Die dahinterliegenden Flächengrößen sind in Tabelle 27 aufgeführt.

Torfauflage: In die rund 10 % der betrachteten kohlenstoffreichen Böden umfassende dunkelrote Kategorie fallen u.a. die großflächigen Moor-Treposele im Bourtanger Moor und am Küstenkanal sowie zahlreiche kleinflächige kohlenstoffreiche Böden ohne Kontakt zu Moorböden. In diesen Bereichen wurden etwaige stauende Torfschichten oder Stauschichten im Untergrund durchbrochen. Dadurch und durch das begleitend angelegte Entwässerungssystem wurden diese Bereiche tiefgründig entwässert. Eine effektive Anhebung der Wasserstände ist durch dieses erhöhte Versickerungspotenzial schwierig umsetzbar. Mäßig günstige Standorteigenschaften weisen v.a. Moor-Treposele auf, die in Kontakt zu Moorböden stehen bzw. mit diesen verzahnt sind. In solchen Bereichen sind neben gestörten auch noch intakte Stauschichten vorhanden. Alle weiteren Flächen weisen hinsichtlich der Torfauflage günstige Standorteigenschaften auf.

Klimatische Wasserbilanz: Hinsichtlich der jährlichen klimatischen Wasserbilanz weisen einige Hochmoore der Hannoverschen Moorgeest (203, 208, 227, 228-234), sowie Hochmoore der Südheide (265, 266, 268, 270) mit einer jährlichen klimatischen Wasserbilanz von unter 50 mm nur mäßig günstige Standorteigenschaften auf. Dieser geringe Überschuss geht vor allem auf die defizitären Niederschläge im Sommerhalbjahr zurück, sodass die Wasserverfügbarkeit in diesen Bereichen im Sommer nicht gegeben ist. Im Grenzbereich zu Sachsen-Anhalt liegen auch für Niedermoore, darunter das Große Bruch (274), der Drömling (272) und die Dumme-Niederung (255, 256), ungünstigere klimatische Bedingungen mit einem Defizit von mindestens 25 mm vor.

Regionale Höhenlage: Unter dem Meeresspiegel befinden sich Bereiche rund um Emden und in den Emsmarschen westlich von Leer, westlich der Weser nördlich von Bremen, in den Harburger Elbmarschen sowie in der Oste-Niederung nördlich von Bremervörde. Weitere, jedoch kleinflächiger ausgeprägte, unter Vorfluterniveau liegende Bereiche existieren über das ganze Land verteilt. Sie nehmen insgesamt etwas unter 20 % der betrachteten kohlenstoffreichen Böden ein. Insbesondere in küstennahen Bereichen oder in eingedeichten Flüssen erfolgt die Entwässerung über Pumpwerke mit eingestellten Wasserständen. Eine Anhebung der Wasserstände ist in diesen Arealen mit vergleichsweise einfachen Mitteln möglich, da diese Bereiche bereits hydrologisch begünstigt und gleichwohl hinsichtlich Küsten- und Hochwasserschutz beachtenswert sind.

Regionale Relieflage: Großflächige Senkenlagen finden sich in den Niederungen von Ems, Leda, Jümme, Weser, Hamme, Aller und Elbe, in der Ostfriesischen Seemarsch und der Harburger Elbmarsch sowie im Bereich der Diepholzer Moorniederung im Weser-Hase-Urstromtal (Abbildung 7). Zu den Senken mit geringerer Ausdehnung zählen die zahlreichen Niederungen weiterer Fließgewässer. Fast 60 % der betrachteten kohlenstoffreichen Böden befinden sich in einer

Senkenlage. Dies spiegelt die Bedeutung dieser hydrologisch begünstigen Senken bei der Moorbildung wider. Senken sind in zweifacher Hinsicht hydrologisch begünstigt – oberirdisch wie auch unterirdisch strömt diesen Gebieten Wasser zu. Durch Verhinderung des Abflusses dieser Zuströme kann eine Anhebung der Wasserstände herbeigeführt werden.

Lokale Höhenunterschiede: Größere Höhenunterschiede sind dort vorhanden, wo in Hochmoorgebieten Torfstichkanten etwa an Siedlungsachsen verblieben sind. Dies betrifft u.a. das Stadtgebiet von Papenburg sowie die Siedlungsachsen von Worpswede und Gnarrenburg. Auch Bereiche mit erhalten gebliebenen Resttorfblöcken in einer tiefer abgetorften Umgebung wie etwa der Meerkolk im Emsland, das Dustmeer im Vehnemoor sowie das Lengener Meer bei Wiesmoor wurden als nur mäßig günstig eingestuft. Neben diesen anthropogen bedingten Höhenunterschieden finden sich aber auch an Moorrändern im Niederungsbereich im Übergang zur Terrasse oder zum Hang geneigte Flächen. Große Höhenunterschiede oder geneigte Flächen stellen bei der gleichmäßigen Einstellung von Wasserständen eine Herausforderung dar.

Gesamtüberblick: Großflächig ungünstige Standorteigenschaften sind auf rund 9 % der betrachteten kohlenstoffreichen Böden anzutreffen, u.a. im Bourtanger Moor, in den Hochmooren beidseits des Küstenkanals sowie in Moorrandbereichen im Weser-Hase-Urstromtal anzutreffen. Diese sind in Karte 4 in dunkelroter Farbe dargestellt. Ein mittleres Potenzial, in Karte 4 mit hellgrüner Farbe dargestellt, weisen aufgrund der klimatisch ungünstigeren Lage die Hochmoore der Hannoverschen Moorgeest auf. In dem stärker atlantisch geprägten Teil der im Rahmen der Potenzialstudie betrachteten kohlenstoffreichen Böden, sind es die Bereiche mit anthropogen verursachten Höhenunterschieden, die ein geringeres Potenzial zur Anhebung der Wasserstände bedingen. Das höchste Potenzial zur Wasserstands-anhebung ist in küstennahen Senkenlagen wie etwa zwischen Leda, Jümme, Fehntjer Tief und Großem Meer, der Wesermarsch, der Niederung der Geeste und dem Land Hadeln in den Harburger

Tabelle 26: Flächengrößen der Potenziale zur Anhebung der Wasserstände hinsichtlich der Standorteigenschaften. Bezugsseinheit sind die 150 x 150 m-Rasterzellen, die Flächengrößen sind auf 100-Hektar-Genauigkeit gerundet.

Potenzial zur Anhebung der Wasserstände	Flächengröße in Hektar	Flächengröße in %
hoch	69.000	13
mittel bis hoch	357.600	69
mittel	39.200	8
gering bis mittel	1.800	< 1
gering	47.300	9
Zwischensumme	514.900	> 99
Kategorie „blau“	1.600	< 1
Summe	516.500	100

Kriterien	Bewertungskategorie					
	grün		gelb		dunkelrot	
	Hektar	%	Hektar	%	Hektar	%
Torfauflage	444.100	86	23.500	5	47.300	9
klimatische Wasserbilanz ^a	439.100	85	28.500	6	.	.

regionale Höhenlage ^a	81.300	16	386.300	75	.	.
regionale Relieflage ^a	280.400	54	187.200	36	.	.
lokale Höhenunterschiede ^a	433.000	84	34.600	7	.	.
^a Flächenanteile beziehen die 1.600 Hektar der Kategorie „blau“ (Schritt 1) und die 47.300 Hektar der Kategorie „dunkelrot“ (Schritt 2) mit ein.						

Tabelle 27: Flächenanteile der Bewertungskategorien der Standorteigenschaften für die Gesamtheit der in der Potenzialstudie betrachteten kohlenstoffreichen Böden. Bezugseinheit sind die 150 x 150 m-Rasterzellen, die Flächengrößen sind auf 100-Hektar-Genauigkeit gerundet.

Elbmarschen zu finden. Diese Bereiche sind in Karte 4 mit blaugrüner Farbe gekennzeichnet und nehmen rund ein Achtel der betrachteten kohlenstoffreichen Böden ein. Der mit rund 70 % weit überwiegende Teil der im Rahmen der Potenzialstudie betrachteten kohlenstoffreichen Böden weist im Hinblick auf die großräumig betrachteten Standorteigenschaften ein mittleres bis hohes Potenzial auf. Dies spiegelt die – noch immer – hydrologisch günstigen Standorteigenschaften wider, die zur den großflächigen Moorbildungen in Niedersachsen führten.

5.4.3 Bewertung der Raumwiderstände und Nutzungskonflikte

Die Bewertung der Raumwiderstände und Nutzungskonflikte der Gesamtheit, der in der Potenzialstudie betrachteten kohlenstoffreichen Böden ist in Karte 5 dargestellt. Die zugehörigen Flächengrößen sind in Tabelle 29 aufgeführt.

Flächengröße: Da Kleinstflächen bereits bei der Bereinigung der betrachteten kohlenstoffreichen Böden ausgeschlossen wurden, ist der Anteil an Flächen < 1 Hektar mit rund 1.000 Hektar gering. Bei Kleinstflächen steht der Aufwand zur Anhebung der Wasserstände in keinem Verhältnis zu den anfallenden Kosten.

Abstand zum Außenrand: Fast 60 % der kohlenstoffreichen Böden liegen innerhalb eines Bereiches von weniger als 100 m zum Außenrand, darunter fallen zum einen stark fragmentierte Bereiche, zum anderen aber auch linear ausgebildete Niedermoore in schmalen Talniederungen der Geest. Fast 40 % liegen zwischen 100 und 500 m entfernt zum Rand der Flächen der kohlenstoffreichen Böden und nur 6 % liegen weiter als 500 m vom Rand entfernt.

Flächenverfügbarkeit: Rund 12 % der kohlenstoffreichen Böden sind Teil von mindestens 20 Hektar großen Flächenkomplexen im Eigentum der öffentlichen Hand, weitere zwei Prozent liegen innerhalb von 5-20 Hektar großen Flächenkomplexen der öffentlichen Hand. Zu den großflächig zusammenhängend verfügbaren Bereichen zählen etwa die Tinner Dose (52), die Esterweger Dose (60), die Hammeniederung (118), das Hahnenknooper Moor (133) und das Ostenholzer Moor (218). Insgesamt 85 % der betrachteten kohlenstoffreichen Böden ist nicht in öffentlicher Hand und die Flächenverfügbarkeit deshalb unklar.

Entwässerungsbasierte Schutzobjekte: Mit nur 88 Hektar liegt ein verschwindend geringer Anteil eindeutig entwässerungsbasierter Schutzobjekte, wie mesophiles Grünland frischer Standorte, innerhalb der im Rahmen der Potenzialstudie betrachteten kohlenstoffreichen Böden. Ein Fünftel

befindet sich innerhalb der Kulisse des Wiesenvogelschutzprogrammes, die unter Umständen nicht mit einer Vollvernässung vereinbar ist. Ein großflächiger Überstau zur Brutzeit muss vermieden werden und die Möglichkeit der landwirtschaftlichen Nutzung oder Pflegenutzung muss gewährleistet sein.

Nutzungsintensität: Für fast 20 % der kohlenstoffreichen Böden ist aufgrund der Biotopausstattung oder der Standortverhältnisse eine fehlende Nutzung oder zumindest eine herabgesetzte Bewirtschaftbarkeit wahrscheinlich. Es ist anzunehmen, dass die Bereitschaft für eine (weitere) Anhebung der Wasserstände höher ist als bei land- und forstwirtschaftlich intensiv bewirtschafteten Flächen. Des betrifft vor allem die großflächigen ungenutzten Hochmoorkomplexe sowie extensiv bewirtschaftete bzw. gepflegte und/oder (teil)vernässte Schutzgebiete wie in der Dümmer- oder Hammeniederung (89, 118).

Siedlungsnähe: Rund 1 % der kohlenstoffreichen Böden liegen in einem Abstand von 25 m zu Siedlungen, rund 20 % befinden sich in einem weiteren Abstand von 125 bzw. 150 m zu Siedlungen, etwas weniger als 80 % weisen einen noch größeren Abstand zu Siedlungen auf. Bei den Moorgebieten weisen das Große Wildenlohsmoor (79), die Moorgebiete rund um Wiesmoor (7, 8, 22), das Moor bei Schweie (81) sowie die Moorgebiete zwischen Worpsswede, Lilienthal und Buchholz (119, 120, 122) hohe Anteile geringer Abstände der kohlenstoffreichen Böden zu Siedlungen auf.

Gesamtüberblick: Das höchste Potenzial zur Anhebung der Wasserstände mit geringen Raumwiderständen und geringen Nutzungskonflikten findet sich in den großflächigen,

Tabelle 28: Flächengrößen der Potenziale zur Anhebung der Wasserstände hinsichtlich der Raumwiderstände und Nutzungskonflikte. Bezugseinheit sind die 150 x 150 m-Rasterzellen, die Flächengrößen sind auf 100-Hektar-Genauigkeit gerundet.

Potenzial zur Anhebung der Wasserstände	Flächengröße in Hektar	Flächenanteil in %
hoch	26.300	5
mittel bis hoch	101.800	20
mittel	327.200	63
gering bis mittel	12.300	2
gering	< 100	< 1
Zwischensumme	467.600	> 90
Kategorie „dunkelrot“	47.300	9
Kategorie „blau“	1.600	< 1
Summe	516.500	100

Kriterien	Bewertungskategorie					
	grün		gelb		rot	
	Hektar	%	Hektar	%	Hektar	%
Flächengröße	467.000	90	.	.	600	< 1
Abstand zum Rand	33.200	6	177.100	34	257.300	50
Flächenverfügbarkeit	62.700	12	11.800	2	393.100	76
Entwässerungsbasierte Schutzobjekte	408.600	79	58.900	11	100	< 1
Nutzungsintensität	103.900	20	.	.	363.700	70
Abstand zu Siedlungen	369.600	71	91.100	18	6.900	1
Flächenanteile beziehen die 1.600 Hektar der Kategorie „blau“ (Schritt 1) und die 47.300 Hektar der Kategorie „dunkelrot“ (Schritt 2) mit ein.						

Tabelle 29: Flächenanteile der Bewertungskategorien der Raumwiderstände und Nutzungskonflikte für die Gesamtheit der in der Potenzialstudie betrachteten kohlenstoffreichen Böden. Bezugseinheit sind die 150 x 150 m-Rasterzellen, die Flächengrößen sind auf 100-Hektar-Genauigkeit gerundet.

ENTWURF

unzerschnittenen, ungenutzten Moorkomplexen. Zu den rund 5 % der betrachteten kohlenstoffreichen Böden (Tabelle 28) zählen die wiedervernässten Torfabbauf Flächen im Bourtanger Moor (46, 51, 53), die Moore der Diepholzer Moorniederung, die wiedervernässten Torfabbauf Flächen entlang des Küstenkanals (42, 60, 63, 90), die ungenutzten Moorflächen sowie die wiedervernässten Torfabbauf Flächen der ostfriesischen Zentralmoore (2, 6, 7, 22, 28), die großflächigen Moorbereiche entlang der Hamme (118) sowie das Mosaik aus wiedervernässten Torfabbauf Flächen und ungenutzten Moorflächen am westlichen Rand der Wesermünder Geest (127, 131, 133, 138) sowie die Moore der Wümme-Niederung (161, 166, 172, 173). Entlang der Siedlungsachsen von Papenburg, Wiesmoor und Gnarrenburg sowie den zersiedelten Bereichen im Großen Wildenlohsmoor (79) sowie im Kurzen Moor (122) zwischen Worpswede, Lilienthal und Buchholz liegen die höchsten Raumwiderstände und höchsten Nutzungskonflikte vor. Den mit 63 % höchsten Anteil nehmen Flächen mit mittlerem Potenzial zur Anhebung der Wasserstände ein.

5.5 Maßnahmenpotenzial

Das für die 275 Moorgebiete ermittelte Maßnahmenpotenzial ist in Karte 6 dargestellt. Für jedes Moorgebiet sind zudem die Anteile des geringen, mittleren und hohen Maßnahmenpotenzials in einem separaten Datenblatt aufgeführt (Anhang 1).

Da Flächen mit sehr ungünstigen Standorteigenschaften weit überwiegend außerhalb der Moorgebiete vorkommen bzw. großflächige Moor-Trepose nicht mit in die Bildung der Moorgebiete eingegangen sind, findet sich ein geringes Maßnahmenpotenzial in der Gesamtbetrachtung überwiegend dort, wo unmittelbar angrenzend großflächige Bereiche mit geringer Torfauflage oder gestörtem Torfprofil

liegen. Der Anteil geringen Maßnahmenpotenzials ist daher durchweg niedrig.

Insgesamt weisen mit 155.500 Hektar über 50 % der einem Maßnahmenpotenzial zugewiesenen Flächen innerhalb der Moorgebiete ein hohes Potenzial auf (Tabelle 30), ein mittleres Potenzial zeigen etwas über 40 %, ein geringes Potenzial haben demnach unter 10 % inne.

5.5.1 Landwirtschaftliche Nutzflächen

Innerhalb der Nutzungsform „landwirtschaftliche Nutzflächen“ ist der Anteil mittleren und hohen Potenzials etwa gleich verteilt (Tabelle 30). Bereiche mit geringem Maßnahmenpotenzial liegen etwa im zersiedelten Großen Wildenlohsmoor (79) vor. Großflächig hohe Maßnahmenpotenziale weisen dagegen die küstennahen Marschen auf mit Emsmarsch, Wesermarsch und Harburger Elbmarsch, außerdem mehrere Niederungen in der Wesermünder Geest sowie die Hammeniederung. Ebenfalls hohe Maßnahmenpotenziale, aber geringere Flächenausdehnung, finden sich in den Radetälern im Emsland (55, 58, 67), in der Dümmerniederung (89), im Meerbruch (226) am Steinhuder Meer sowie in Niederungen in der Südheide.

Im Nordwesten Niedersachsens zeigt sich hinsichtlich der Anhebung der Wasserstände ein Nutzungskonflikt mit der Milchviehwirtschaft (Abbildung 11). Die Milchviehdichten sind in den küstennahen Bereichen zwischen Ems- und Wesermündung in den Landkreisen Leer, Emden, Aurich, Wittmund, Friesland, Ammerland, Wesermarsch und Cuxhaven landesweit mit am höchsten, gegenüber der ebenfalls hohen Milchviehdichte in der Grafschaft Bentheim ist im Nordwesten jedoch auch der Grünlandanteil der landwirtschaftlich genutzten Fläche hoch.

Tabelle 30: Flächengrößen und -anteile der Maßnahmenpotenziale der Nutzungsformen.

Nutzungsform	Potenziale	Flächengröße in Hektar			Flächenanteil von (c) an der jeweiligen Nutzungsform in %	Flächenanteil von (c) an Moorgebieten in %
		(a) inkl. Projektflächen ¹	(b) Projektflächen ¹	(c) exkl. Projektflächen ¹		
landwirtschaftliche Nutzflächen	geringes Potenzial	2.900	< 100	2.900	1	1
	mittleres Potenzial	111.700	800	110.900	51	36
	hohes Potenzial	109.500	4.800	104.700	48	34
ungenutzte Flächen	geringes Potenzial	700	< 100	700	2	< 1
	mittleres Potenzial	8.900	600	8.300	20	3
	hohes Potenzial	39.600	6.700	32.900	79	11
wiedervernässte Torfabbauf Flächen	geringes Potenzial, Erhaltung	10.600	< 100	10.600	58	3
	geringes Potenzial	4.000	1.600	2.400	13	1
	hohes Potenzial	7.200	1.900	5.300	29	2
Wald	geringes Potenzial	100	0	100	< 1	< 1
	mittleres Potenzial	14.000	100	13.900	59	4
	hohes Potenzial	10.700	1.200	9.500	40	3
Flächen ohne Maßnahmenpotenzialzuordnung (u.a. Torfabbau, Gewässer)		7.800	.	7.800	.	2
Summe		327.700	17.700	306.100	.	100

¹ Projektflächen zur Anhebung des Wasserstandes, Flächengröße auf Rasterzellenebene

Innerhalb der Schutzgebiete ist zwar das Maßnahmenpotenzial für Vollvernässung hoch, jedoch ist das tatsächlich umsetzbare Potenzial geringer. Entweder wurden bereits großflächig Vernässungsmaßnahmen umgesetzt wie in der Dümmmer- (89) oder in der Hammeniederung (118) oder eine Umsetzung ist in den Managementplänen für die Natura 2000-Gebiete festgeschrieben und wird kurz- bis mittelfristig umgesetzt.

5.5.2 Ungenutzte Flächen

Bei den ungenutzten Flächen überwiegt das hohe Potenzial mit fast 80 % deutlich. Flächen mit hohem Maßnahmenpotenzial finden sich quer durch das Land verteilt vor allem im Kernbereich größerer Moorflächen. Bereiche mit mittlerem

Potenzial sind in den fragmentierten Moorflächen des Bourtangener Moores (46, 51, 53), in den Mooren angrenzend an den Küstenkanal (42, 60, 75, 78, 79) und des Gnarrenburger Moores (153) sowie in den in Grünlandkomplex eingebettete, kleinere, ungenutzte Moorflächen der Wesermünder Geest (137) vorhanden.

5.5.3 Torfabbau und wiedervernässte Torfabbauflächen

Aus den Grundlagendaten ergeben sich rund 6.600 Hektar bestehende Torfabbauflächen sowie rund 600 Hektar, auf denen Torfabbau genehmigt, aber noch nicht begonnen ist. Eine mdl. Mitteilung des IVG¹ ergab, dass noch für rund 8.000 Hektar bestehende Torfabbaugenehmigungen vorliegen, von denen aber nur noch unter 2.000 Hektar aktiv im Abbau sind. Die aktive Abbaufläche ist somit deutlich geringer als die aus den Grundlagendaten ermittelte Fläche, die auch noch nicht abschließend hergerichtete Flächen umfasst, auf denen jedoch kein weiterer Abbau mehr stattfindet.

Die Folgenutzung ist mit über 70 % auf Naturschutz festgelegt (Tabelle 31), wovon wiederum der Großteil wiedervernässt und somit nach Beendigung des Torfbaus in einen vollvernässten Zustand versetzt werden wird. Ein Maßnahmenpotenzial weisen daher vor allem die Flächen mit einer Folgenutzung Grünland auf (siehe Datenblätter), sofern sie eine Resttorfaufgabe aufweisen. Torfabbauflächen mit der Folgenutzung Grünland finden sich am Ostrand der Esterweger Dose (60), im Rüdershauser Moor (83) in der Wesermarsch, im Gnarrenburger Moor (153) und im nördlichen Kehdinger Moor (179).

Bei den wiedervernässten Torfabbauflächen überwiegen die ausreichend vernässten Flächen mit etwas über 40 %, knapp ein Viertel ist zwar ausreichend vernässt, weist aber eher zu hohe Wasserstände auf. Ein Optimierungsbedarf hinsichtlich zu großer Wasserflächen ist vor allem in jüngeren, wenig mit Torfmoosen und anderen Moorpflanzen besiedelten wiedervernässten Torfabbauflächen, darunter etwa im Bourtangener Moor (51, 53), in der Esterweger Dose (60), im Vehnemoor, im Großen Moor bei Barnstorf (98), im Nördlichen Wietingsmoor (101) oder im Teufelsmoor (118) gegeben. Durch

Wellenschlag wird eine Ansiedlung von Torfmoosen erschwert, die Besiedlung mit Gefäßpflanzen, welche als Wuchshilfe dienen können, geht nur langsam vorstatten.

Etwas über ein Drittel zur Folgenutzung „Wiedervernässung“ hergerichteten Torfabbauflächen weist eine noch unzureichende Vernässung für eine neuerliche Moorentwicklung auf. Ein hoher Anteil findet sich ebenfalls im Bourtangener Moor (53) und der Esterweger Dose (60), aber auch im Campemoor (88), im Uchter Moor (200), im Toten Moor (227), im Gnarrenburger Moor (153) und im Grienenbergsmoor (138) bei Hagen im Bremischen. Die Gründe hierfür sind vielfältig, darunter u.a., dass die Flächen mitunter noch nicht vollständig vernässt sind, da sich nahegelegene Teilbereiche noch in Abtorfung befinden und eine ausreichende Vorflut benötigt wird. Oder es liegt ein Wechsel der Folgenutzung von Landwirtschaft zu Naturschutz mit Wiedervernässung vor, wo die Vernässung der Abbauflächen vor großen Herausforderungen steht, da vielfach der mineralische Untergrund der Moore in Annahme eines Tiefumbruchs angeschlitzte wurde, um die Abbauflächen stärker entwässern zu können. Auch die Lage im Bereich von flach aufragenden Mineralkuppen mit geringerer Torfaufgabe verursacht einen zu trockenen Zustand der Wiedervernässungsflächen. Ein Nebeneinander von zu nassen und zu trockenen Flächen birgt durch Umverteilung von Wasser innerhalb einer ehemaligen Abbaustätte ein insgesamt hohes Maßnahmenpotenzial für den Gesamtkomplex.

Tabelle 31: Folgenutzung von Torfabbauflächen. Diese umfassen sowohl Flächen, die noch nicht wiedervernässt oder für sonstige Folgenutzungen vorbereitet wurden als auch aktive Abbauflächen. Flächen gerundet auf 10er.

Folgenutzung	Fläche (ha)	Anteil (%)
Ackerland	190	3
Landwirtschaft	250	4
Grünland	620	9
Forstwirtschaft	10	< 1
Naturschutz	4.610	70
Sonstiges	880	13
Zwischensumme bestehender Abbau genehmigt, aber noch nicht begonnen	6.560	100
Summe	560	
	7.120	

5.5.4 Wald

Das mittlere Maßnahmenpotenzial überwiegt mit 60 % innerhalb dieser Nutzungsform. Großflächig hohe Maßnahmenpotenziale sind überwiegend auf landesweit verbreitete, schmale, bewaldete Niederungen sowie bewaldete Teilbereiche von Hochmooren im Südosten Niedersachsens beschränkt, zu letzten zählen das Ostenholzer Moor (218), das Gifhorner Moor (268) und der Drömling (272). Im Norden Niedersachsens weist ein größerer Moorwaldkomplex im Bederkesaer Moor (130) ein hohes Maßnahmenpotenzial auf.

¹ Mdl. Mitteilung des IVG nach aktuellen Abfragen der Mitgliedswerke.

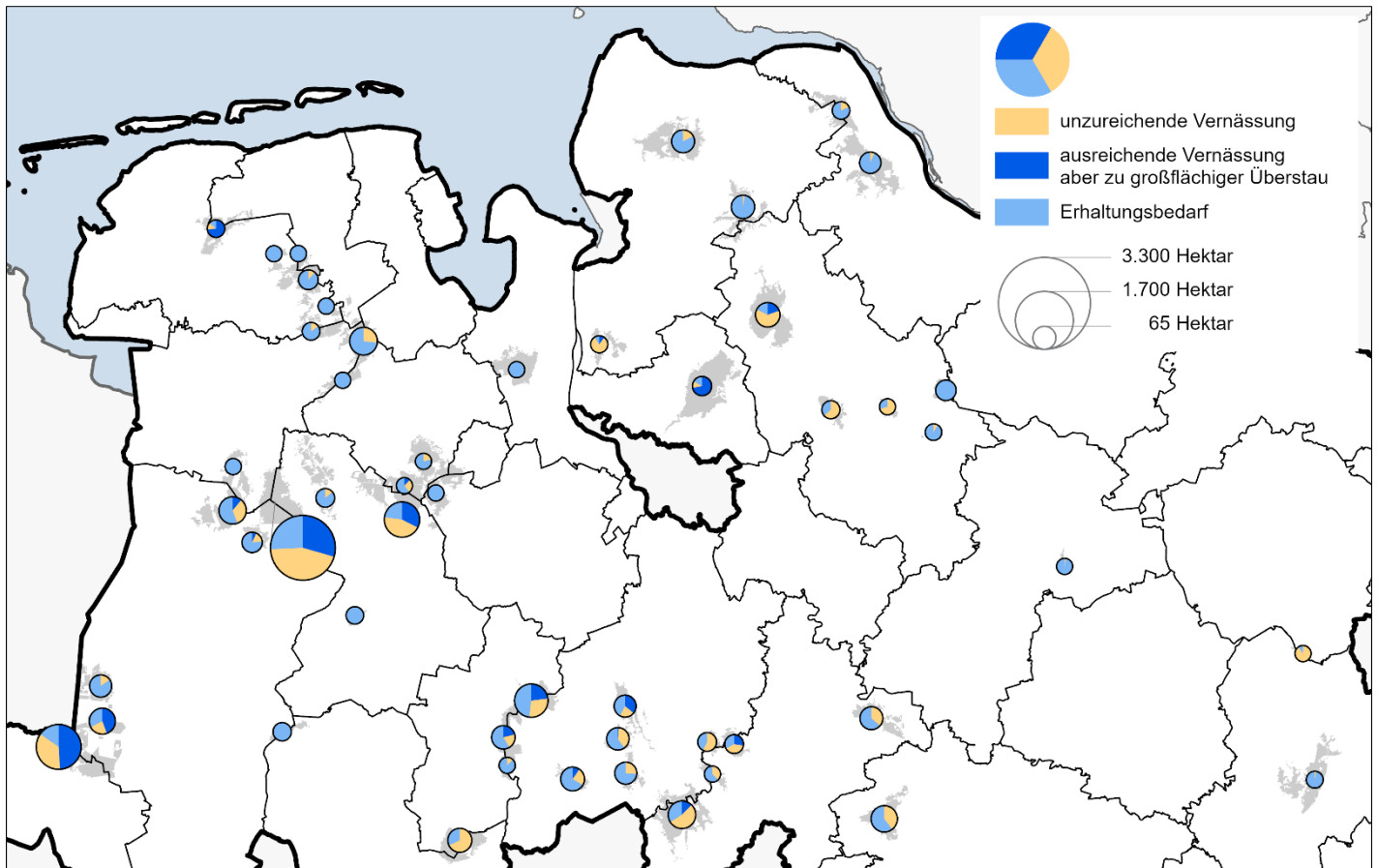


Abbildung 18: Maßnahmenpotenzial von hergerichteten Torfabbaufächen in Mooregebieten mit industriellem Torfabbau.

5.5.5 Gebietsübergreifende Maßnahmen sowie vorbereitende und flankierende Instrumente

Zu den Mooregebieten, in denen Synergien mit Küsten- und Hochwasserschutz genutzt werden sollten, zählen vorrangig alle küstennahen Mooregebiete im Bereich der Emsmarschen im Rheiderland (17, 18, 19), Südbrockmerland (3) und Moormerland (4, 16, 20), der Leda- und Jümmeniederung (23, 24, 26, 27, 30), der ostfriesischen Seemarsch westlich von Wilhelmshaven (11, 12, 14, 33, 34), der Wesermarsch (26, 38, 76, 81-86, 93) und der Harburger Elbmarsch (179, 181, 185, 188). Aber auch in den Niederungen von Lune (137), Geeste (129, 131, 134) und Oste (140, 141, 149) ist die Nutzung von Synergien zwischen Moorbodenschutz sowie Küsten- und Hochwasserschutz zu bedenken. Zu den weiter landeinwärts gelegenen Mooregebieten, in denen Hochwasserschutz und Moorbodenschutz synergetisch wirken sollten, gehören u.a. das Große Moor bei Gifhorn (268), das südliche Bourtanger Moor (53) oder die Hochmoore am Küstenkanal (41, 45, 49, 60, 63).

Die Notwendigkeit von Wassermanagement- und Wasser-rückhaltmaßnahmen als Anpassung an den Klimawandel besteht insbesondere im Osten und Südosten Niedersachsens in den Regionen Hannover (u.a. 227, 228-231) und Braunschweig (u.a. 264, 266, 268), wo die Mooregebiete im Mittel ein sommerliches Defizit der klimatischen Wasserbilanz von - 125 mm aufweisen.

Zu den landwirtschaftlich geprägten Mooregebieten zählen vor allem die Mooregebiete nördlich des Küstenkanals zwischen Leer, Wiesmoor und Westerstede (u.a. 20-22, 72, 73), der Wesermarsch (26, 38, 76, 81-86, 93), die Mooregebiete der Stader Geest (u.a. 134, 137), der Oste- (140, 141, 149) und der

Hammeniederung (118, 152, 153). Insbesondere in diesen landwirtschaftlich geprägten Mooregebieten ist der Bedarf einer agrarstrukturellen Analyse und der Einrichtung von Kooperationen gegeben.

Zu den Mooregebieten, bei denen in Schutzgebieten die Etablierung eines gebietsbezogenen Managements sinnvoller wäre, zählen z.B. das Ipweger Moor (85) oder die Esterweger Dose (60), wo der Kernbereich des Mooregebietes nach Beendigung des Torfabbaus vollends dem Naturschutz zur Verfügung steht.

5.5.6 Projekte

5.5.6.1 Umgesetzte Projekte

Auf rund 18.000 Hektar wurden bereits Maßnahmen zur effektiven Wasserstands-anhebung umgesetzt. Die umgesetzten Projekte fanden zu rund 40 % auf ungenutzten Flächen statt. Ein Drittel der umgesetzten Projekte befand sich innerhalb von landwirtschaftlichen Flächen, ein Fünftel innerhalb von wiedervernässten Torfabbaufächen und der restliche Anteil innerhalb von bewaldeten Flächen.

Die umgesetzten Projekte befinden sich zu rund 90 % innerhalb von Schutzgebieten etwa in den Mooren zwischen Diepholz und Hannover in den Hochmooren der Diepholzer Moorniederung (101, 104, 105, 109, 200) oder in der Hannoverschen Moor-geest, wo insbesondere in den vergangenen Jahren Vernässungsmaßnahmen im Rahmen des LIFE+ Projektes „Hannoversche Moor-geest“ (228-231) umgesetzt wurden. Im Westen Niedersachsens zwischen Ems und Weser wurden in mehreren Hochmoorgebieten durch die Staatliche Moorverwaltung degenerierte Flächen vernässt,

darunter großflächige Maßnahmen im Hahnenmoor (87) im Emsland sowie in Hochmoorresten des Bourtanger Moores (46, 51, 53). Außerdem optimierte bzw. optimiert die Staatliche Moorverwaltung weiterhin wiedervernässte Torfabauflächen im Stapeler Moor (28) und im Hochmoor Klinge (7) bei Wiesmoor. Die Hahnenknooper Moore (133) südlich von Bremerhaven und das Hohe Moor (182) zwischen Bremerförde und Stade stellen Projektschwerpunkte im Nordosten des Landes dar. Im südlichen Teil Niedersachsens zählen die Hochmoore im Solling (258) zum Naturschutzschwerpunkt.

Großflächige Vernässungen von Niedermoorböden mit dem Ziel des Wiesenvogelschutzes erfolgten am Fehntjer Tief (16), rund um den Dümmer (89), in den Huntewiesen (85), am Meerbruch (226) am Steinhuder Meer und in der Hammeniederung (118). Großflächigere Vernässungen von Hochmoorgrünland mit dem Ziel der Moorentwicklung wurden im Veenhusener Königsmoor (21), im Großen Moor bei Aurich (2), im Lichtenmoor bei Nienburg (203) und im NSG Ochsenweide bei Esens (9) umgesetzt. In bewaldeten Mooren wurden vor allem durch die Niedersächsischen Landesforsten Maßnahmen umgesetzt.

Bei Flächen mit bereits umgesetzten Maßnahmen bedarf es zwar aktuell keiner kurzfristigen Optimierung, jedoch ist der hydrologisch günstige Zustand durch geeignetes Monitoring zu überwachen und durch geeignete Erhaltungsmaßnahmen zu bewahren. Hier zählen etwa die technische Instandhaltung oder die Anpassung der Wasserstände nach Rückquellung vernässter Torfe oder nach Höhenwachstum der torfbildenden Vegetation.

5.5.6.2 Geplante Projekte

Vor allem im Zuge der Managementplanung für Schutzgebiete des Natura 2000-Netzes sind kurz-, mittel oder langfristige Maßnahmen zur Optimierung des Wasserhaushalts vorgesehen. Ein erster Schritt ist oftmals erst die flächenkonkrete Machbarkeitsprüfung, eine flächenscharfe Abgrenzung geplanter Maßnahmen war nur zu einem kleineren Anteil der vorliegenden Managementpläne vorhanden.

Zu weiteren geplanten Projekten zählen Vernässungsmaßnahmen im Zuge von Flurbereinigungen wie etwa in Westoverledingen bei Papenburg (29) oder gesamtheitliche Gebietsentwicklungskonzepte wie im Neuenlander Moor (93) bei Ganderkesee.

5.6 Priorisierung

Den mit rund 20 bis fast 50 % höchsten Anteil der hohen Priorität (vgl. Karte 7) weisen folgende Mooregebiete (in alphabetischer Reihenfolge) auf: Ahlersmoor (115), Bookholzberger Moor (93), Großes Emlandmoor (140), Hammelwarder Moor (84), Hochmoor bei Wymeer (18), Krähenmoor (202), Moor bei Ditzum (17), Moor bei Meyerburg (144), Rahrdumer Moor (33), Wehdener Moor (129) und Wiedeler Moor und Niedermoore bei Moorhausen (34). Sie liegen allesamt in der nordwestlichen Hälfte Niedersachsens. Zu den Mooregebieten mit Anteilen zwischen 10 und 20 % hoher Priorität zählen weitere Moore in der Wesermarsch (86), am Rand der Wesermünder Geest (129, 132), der Harburger Elbmarsch (179, 194), der Wümmeniederung (121) und im ostbraunschweigischen Flachland (275).

Während der Anteil mittlerer bis hoher Priorität im Großteil der insgesamt 275 Mooregebiete deutlich überwiegt, weisen einige Moore der Wümmeniederung (176, 177), der Südheide (236, 240, 241, 242, 243, 248) sowie nahe der Lüchower Niederung (254, 257) einen Anteil von über 90 % der mittleren Priorität auf. In diesen Mooregebieten ist der Anteil an Flächen mit hohem THG-Minderungspotenzial gegenüber den Mooregebieten mit höheren Anteilen hoher Priorität geringer.

Der Anteil niedriger bis mittlerer Priorität ist mit 10-20 % in vom industriellen Torfabbau geprägten Mooregebieten wie dem mittleren Bourtanger Moor (51), der Esterweger Dose (60) und dem Toten Moor (227) am höchsten. Den Mooregebieten sind geringere THG-Emissionen durch eine (noch) geringe Vegetationsdeckung sowie geringe Raumwiderstände und Nutzungskonflikte durch eine hohe Flächenverfügbarkeit und geregelte Folgenutzungen gemein. Ein höheres THG-Minderungspotenzial bei zugleich ungünstigen Rahmenbedingungen weisen u.a. am Rand der großen Hochmoorkomplexe der Hunte-Leda-Moorniederung gelegene Mooregebiete (31, 43, 47) auf.

Bei der Betrachtung der Prioritäten auf Mooregebietsebene (s. Abbildung 19) zählen Mooregebiete im küstennahen Raum in den Emsmarschen (17, 18, 19), in der Wesermarsch (85, 80, 86, 93), am Rand der Wesermünder Geest (33, 34, 144), in der Osteniederung (140), in den Harburger Elbmarschen (188, 194, 197) zu denen hoher Priorität. Weit überwiegend wurden in diesen küstennahen Mooregebieten hoher Priorität noch keine flächenrelevanten Maßnahmen umgesetzt. Weitere Mooregebiete hoher Priorität liegen an der Terrassenkante der Ems (40, 44, 48), in den Raddetälern im Emsland (55, 58, 67), in der Wesermünder Geest (123, 125, 128, 131, 132, 134, 135) sowie einzelne Moore in der Hohen Heide und Südheide (148, 178, 237, 210) und in der Hannoverschen Moorgeest (224, 226, 229) sowie im Drömling (272). In den rund 94.000 Hektar umfassenden Mooregebieten hoher Priorität (Tabelle 32) findet sich ein hohes THG-Minderungspotenzial mit zugleich günstigen Bedingungen für eine Minderung der THG-Emissionen, sei es durch günstige naturräumliche Eigenschaften oder durch geringe Raumwiderstände wie einer fehlenden oder geringen Nutzungsdensität oder verfügbaren, großräumigen Flächen.

Etwas über 50 % der Mooregebietsflächen gehören zur mittleren Prioritätsklasse. Zu den Mooregebieten mit niedriger Priorität zählen die noch immer vom Torfabbau geprägten Hochmoorkomplexe wie das Bourtanger Moor (46, 51, 53), die Esterweger Dose (60), das Lichtenmoor bei Nienburg (203), außerdem das Barstedter Moor (3) bei Emden, kleinere und/oder fragmentiertere Moore am Rand der Hunte-Leda-Moorniederung (31) und der Ostfriesischen Zentralmoore (1, 12, 22, 25, 73), in der Diepholzer Moorniederung (98, 99, 101, 104, 105, 111, 113) und in der Hannoverschen Moorgeest (207, 208, 227, 233) sowie zahlreiche Moore in

Tabelle 32: Flächengrößen der Prioritätsklassen. Die Klassen wurden über die 25- und 75%-Perzentile gebildet.

Prioritätsklasse	Flächengröße in Hektar	Flächenanteil in %
hoch	93.700	29
mittel	175.300	53
niedrig	58.700	18
Summe	327.700	100

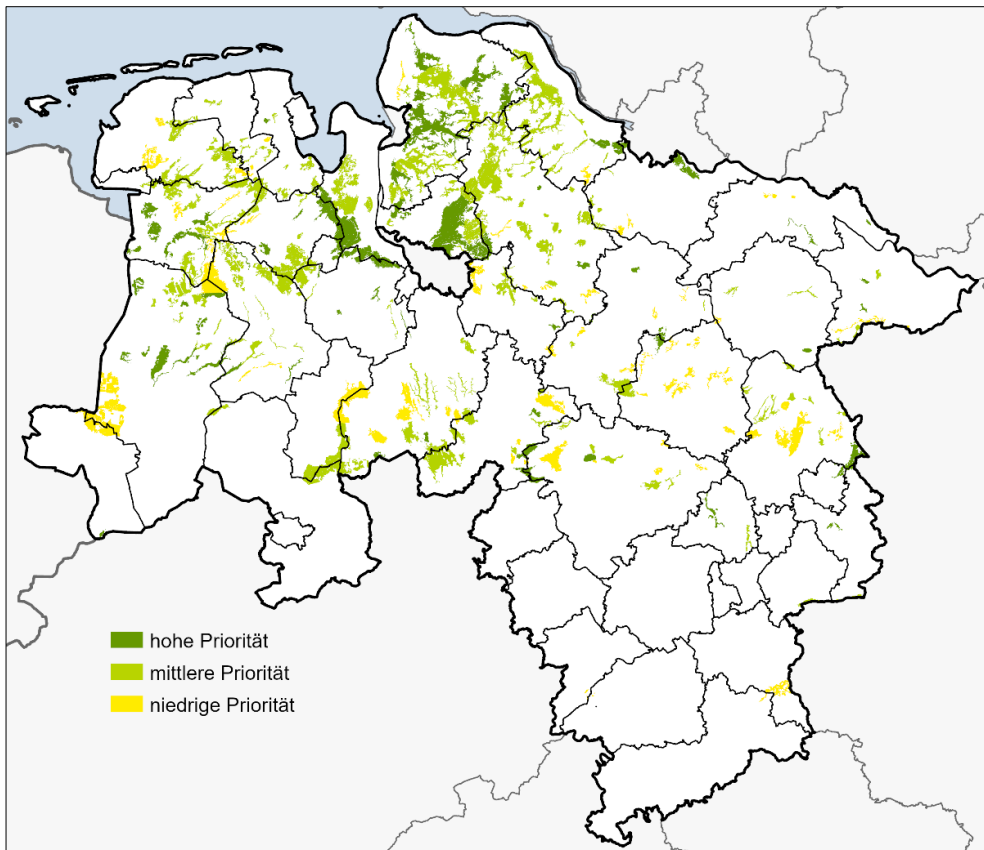


Abbildung 19: In die drei Prioritätsklassen eingeordnete Moorgebiete.

der Hohen Heide und Südheide (214, 215, 216, 217, 238, 239, 240, 241, 242, 243, 244, 245, 246, 248, 268). Moorgebiete dieser Prioritätsklasse umfassen insgesamt rund 59.000 Hektar. Die niedrige Priorität ist u.a. zurückzuführen auf weniger günstige Standorteigenschaften, wie etwa im atlantisch geprägten Nordwesten Niedersachsens mit großflächigen Niederungen. Auch sind einige kleinflächigere und/oder stärker fragmentierte Moorgebiete enthalten, die größere Raumwiderstände nach sich ziehen. Hinsichtlich des THG-Minderungspotenzials umfassen Moorgebiete dieser Prioritätsklasse sowohl Bereiche mit abbau- und herrichtungsbedingt als auch natürlicherweise niedrigen THG-Emissionen. Zudem sind hier auch Flächen enthalten, in denen wie etwa in der Diepholzer Moorniederung etwa bereits viele Moorschutzmaßnahmen umgesetzt wurden, die zu einem geringen THG-Minderungspotenzial beigetragen haben.

6 Diskussion

6.1 Datengrundlagen

6.1.1 Kulisse der kohlenstoffreichen Böden

Kohlenstoffreiche Böden sind dynamische Standorte. Unter natürlichen Bedingungen akkumulieren sie Biomasse und durch ihre Vertorfung kommt es zu einer Mächtigkeit- und damit Höhenzunahme. Unter entwässerten Bedingungen führen die Prozesse der Sackung, der Schrumpfung und des Schwunds zu Massen- und damit Höhenverlusten. Somit befinden sich die organischen Böden in Niedersachsen in ihrer Ausdehnung in einem kontinuierlichen Wandel.

Die Potenzialstudie kann daher nur so aktuell wie ihre Datengrundlagen sein. So fand mit der Neuauflage der Karte der kohlenstoffreichen Böden Niedersachsens gemäß GAPKondV (LBEG 2023) zwar eine Aktualisierung der Abgrenzung der die Eingangskulisse statt, die Inhalte befinden sich jedoch noch in Überarbeitung durch das LBEG. So sind die Torfmächtigkeiten der kohlenstoffreichen Böden gemäß GAPKondV generell nicht aktuell und für einige Flächen gar nicht verfügbar. Das für Flächen unbekannter Torfmächtigkeiten angenommene geringe THG-Minderungspotenzial kann tatsächlich auch ein mittleres THG-Minderungspotenzial sein. In der Folge bleibt das THG-Minderungspotenzial in Teilbereichen mit Unsicherheiten behaftet. Im Rahmen des ANDI-Antragsverfahrens besteht zudem noch die Möglichkeit von Änderungen in der betrachteten Gesamtheit der kohlenstoffreichen Böden, die nicht mehr in die Potenzialstudie einfließen können. Durch die vorgesehene Aktualisierung der Inhalte der Karte der kohlenstoffreichen Böden Niedersachsens gemäß GAPKondV durch das LBEG können sich daher andere Bewertungsergebnisse ergeben.

6.1.2 Landesweite Biotopkartierung

Die Daten der landesweite Biotopkartierung fanden bei mehreren Arbeitsschritten Verwendung, so etwa zur Einschätzung des Bedarfs zur Anhebung der Wasserstände, bei der Bewertung der Nutzungsintensität, bei der Einschätzung des Optimierungsbedarfs wiedervernässter Torfabbauflächen und nicht zuletzt bei der Ermittlung der THG-Emissionen. Der verwendete Datensatz umfasste bis 2020 erhobene Daten. Datensätze, die zum Zeitpunkt noch nicht durch den NLWKN fachlich geprüft waren oder seitdem neu erhobene Biotopkartierungsdaten wie jüngst etwa für eine Vielzahl der Natura 2000-Gebiete im Rahmen der Managementplanerstellung, sind somit nicht enthalten. Bei einer Einbeziehung aktuellerer Datensätze können sich daher abweichende Bewertungsergebnisse ergeben.

6.1.3 Treibhausgasemissionen

Die niedrigen Emissionswerte von Sanddeck- und Sandmischkulturen (HÖPER 2022) könnten zu der Aussage verleiten, dass diese Kultivierungsmaßnahmen dem Klimaschutz dienen. Dies ist jedoch differenziert zu betrachten. Die in HÖPER (2015) dargestellten Emissionsfaktoren gehen auf Messungen von Sandmischkulturen der 1970er Jahre zurück, wo der Großteil des Kohlenstoffes der oberen Dezimeter bereits innerhalb der ersten Jahrzehnte freigesetzt wurde (KUNTZE 1987). Durch regelmäßige Bearbeitung der Bodenkrume

werden bei der Sandmischkultur regelmäßig Torfanteile aus den schräggestellten Torfprofilen miteingemischt und der Oxidation unterworfen. Auch ringsum an den umgebenden Gräben liegen die Torfbalken frei und unterliegen der Freisetzung von CO₂. Während ein Unterpflügen des abgedeckten Torfes je nach Mächtigkeit der Sanddeckschicht entfällt, ist das Torfprofil unter der Deckschicht entlang der Gräben weiterhin der Oxidation ausgesetzt. Auch für diese kultivierten Moorstandorte stellt sich daher die Frage nach einer Minderung der THG-Emissionen. Diese könnte durch eine Anhebung der Wasserstände bis an die Deckschicht der Sanddeckkultur sowie bis an die Oberfläche bei den Moor-Treposolen erreicht werden, soweit die hydrologischen Bedingungen noch gegeben sind und ein Wasseranstau nicht z.B. aufgrund durchbrochener Stauschichten nicht mehr möglich ist. Zur Minderung des Gasaustausches von Bodenluft und Atmosphäre kann eine nur flachgründige Bodenbearbeitung beitragen. Einen Beitrag zur THG-Minderung könnte auch eine zusätzliche Abdeckung, um eine in den Torf eingreifende Bodenbearbeitung zu unterbinden, leisten (HÖPER 2024b).

Von der Lage innerhalb von Naturschutzgebieten kann nur bedingt auf die tatsächlichen THG-Emissionen geschlossen werden. So dürfte der von HÖPER (2024a) für innerhalb von Naturschutzgebieten gelegenen, ungenutzten Hochmoorflächen ohne vorliegende Biotopkartierungen angenommene Emissionsfaktor mit 9 t CO₂-Äq. ha⁻¹ a⁻¹ zu niedrig angesetzt sein, da degenerierte Hochmoorbiotoptypen Emissionsfaktoren von 20-25 t CO₂-Äq. ha⁻¹ a⁻¹ aufweisen (HÖPER 2022). Innerhalb von Schutzgebieten, in denen keine konkreten Biotopkartierungsdaten vorliegen, wird das Treibhausgas-Minderungspotenzial offener Moorflächen daher unterschätzt.

Vegetationsarme- oder freie Torfabbauflächen oder junge Wiedervernässungsflächen weisen geringe THG-Emissionen auf. Dieser Zustand ist jedoch nur temporär. Mit zunehmender Besiedlung sind den Flächen dann höhere THG-Emissionsfaktoren zuzuweisen. Es ist für solche Flächen daher von einer Unterschätzung des THG-Minderungspotenzials auszugehen.

6.2 Grenzen der Potenzialstudie

6.2.1 Zwischen Landesmaßstab und Gebietsbezogenheit

Um ganz Niedersachsen betrachten zu können, musste auf landesweit verfügbare Datensätze zurückgegriffen werden. In diesen fehlen maßstabsbedingt Informationen zu lokalen Gegebenheiten, die von entscheidender Bedeutung für das tatsächliche Maßnahmenpotenzial sein können. Dies können etwa kleinflächig geringere Torfaufgaben in Torfstichbereichen sein, die sich in den auf den Maßstab 1 : 50.000 ausgelegten Bodenkarten nicht wiederfinden und die Vernässbarkeit vor Ort mitunter fraglich erscheinen lassen. Außerdem können dies zu berücksichtigende artenschutzrechtliche Belange sein, die sich in den landesweiten Datensätzen nicht abbilden. Auf der anderen Seite können sich aber auch begünstigende Faktoren wie etwa Privatinitiativen auf dem Landesmaßstab nicht abzeichnen, da für diese Flächen zunächst höhere Raumwiderstände angenommen werden müssen. Zugleich sollte die Potenzialstudie innerhalb der herausgestellten Mooregebiete gebietsbezogene Informationen abbilden, die teils wiederum auf flurstückbezogene

Informationen aus der Beteiligung der Landkreise und kreisfreien Städte zurückgingen. In den Regionalgesprächen sollen Akteure der moorreichen Regionen zudem regionalspezifische Aspekte und Kenntnisse einbringen können.

6.2.2 Rechtsverbindlichkeit und Einordnung der Aufgabenstellung

Ziel der Potenzialstudie war es, Räume mit einem hohen Potenzial zur Anhebung der Wasserstände zu identifizieren. Dies geht nicht einher mit einer raumordnerischen Regelung für die Nutzung der kohlenstoffreichen Böden mit rechtsverbindlichen Vorgaben. Es handelt sich um eine wissenschaftliche Studie bzw. ein Fachkonzept, aus dem keine Verpflichtungen für Dritte ableitbar sind. Die Potenzialstudie ersetzt auch nicht die Landesstrategie zum Moorbodenschutz, sondern liefert Erkenntnisse zu den THG-Minderungsspotenzialen kohlenstoffreicher Böden, die wiederum als Grundlage bei der Erarbeitung der Landesstrategie herangezogen werden können.

6.2.3 Einordnung zu weiteren moorbezogenen Potenzialstudien

Das F+E-Vorhaben "Grundlagen zur Umsetzung einer nationalen Moorschutzstrategie" umfasste einen ersten Teil (FKZ 3519 800 300), welcher die Ergebnisse einer Literaturrecherche und zweier Expertenworkshops enthält (NITSCH & SCHRAMEK 2021) sowie einen zweiten Teil (FKZ 3519 800 30A) in welchem bundesweit Potenzialgebiete mit hohen Umsetzungschancen und zugleich hohen potenziellen maximalen Effekte identifiziert werden sollten (KOPPENSTEINER et al 2023, Abschlussbericht in Vorb.).

Die Bearbeitung der Potenzialstudie „Moore in Niedersachsen“ und die Abschlussphase des F+E Vorhaben "Grundlagen zur Umsetzung einer nationalen Moorschutzstrategie – Teil 2" erfolgte zeitlich parallel. In beiden Projekten wurden Potenziale bzw. Potenzialgebiete ermittelt, allerdings bestehen Unterschiede hinsichtlich des verwendeten Auswertungsansatzes: Während im F+E-Vorhaben die Potenziale zur Vernässung im Allgemeinen bewertet wurden, sollten im Rahmen der Potenzialstudie zusätzlich zu Potenzialen zur Anhebung des Wasserstandes im Allgemeinen auch für einzelne Maßnahmenpakete die Potenziale abgeschätzt werden. Auch in dem im Jahr 2023 gestarteten Projekt „Roadmap zur Vernässung organischer Böden in Deutschland“ (RoVer) soll eine differenzierte Betrachtung hinsichtlich möglicher Handlungsoptionen erfolgen.

Aufgrund der unterschiedlichen Betrachtungsebenen kamen innerhalb der beiden Projekte auch unterschiedliche Grundlegendaten zur Anwendung. So konnten im F+E-Vorhaben nur solche Daten Eingang in die Bewertung finden, die im überwiegenden Teil der Bundesländer zur Verfügung standen, um eine bundesweite Vergleichbarkeit der Ergebnisse zu gewährleisten. Daten zur Flächenverfügbarkeit konnten innerhalb dieses Projektes daher nur sehr eingeschränkt genutzt werden. Für die Potenzialstudie lagen hingegen Informationen zu sämtlichen Flächen der öffentlichen Hand für die Bewertung der Potenziale vor. Zudem standen zur Bearbeitung der Potenzialstudie Informationen zur Torfmächtigkeit niedersächsischer kohlenstoffreicher Böden (GEHRT et al. 2021), zur aktuellen Ausdehnung der kohlenstoffreichen Böden in Niedersachsen (LBEG 2023) sowie Daten der

landesweiten Biotopkartierung (NLWKN 2023b) zur Verfügung, welche aufgrund der vergleichenden Betrachtung auf Bundesebene im Rahmen des F+E-Vorhaben nicht genutzt werden konnten. Ein wichtiger Unterschied ist, dass in RoVer die Moor-Treposole keinen nachrangigen Status haben, sondern gleichgestellt mitgeführt werden. Es findet zudem die der Karte „Böden mit hohen Kohlenstoffgehalten in Niedersachsen 1:50.000“ zugrundeliegende Kulisse Verwendung und nicht die in der Potenzialstudie verwendete Kulisse gemäß GAPKondV.

Unterschiedliche Grundlegendaten, Betrachtungsräume und Wichtungen können zu unterschiedlichen Aussagen in der Potenzialstudie und dem F+E- führen. Diese sind immer im Kontext zur Zielsetzung des jeweiligen Projektes und den verwendeten Grundlegendaten zu sehen.

7 Ausblick und Fazit

7.1 Grenzenlose Moore

Moore machen an administrativen Grenzen nicht Halt – seien es Landkreis-, Landes- oder Bundesgrenzen. In vergangenen Jahrhunderten stellten vor allem die großen Moor-komplexe für die Menschen kaum zu durchquerende Hindernisse dar und wurden als unfruchtbares Ödland wahrgenommen. Erst im Zuge der Kultivierung erfolgte eine Aufteilung der Moore, sodass durch sie heutzutage oftmals geradlinige, am Reißbrett aufgeteilte Grenzen verlaufen. Tiere und Pflanzen sowie Wasser nehmen diese willkürlich gezogenen Grenzen jedoch nicht wahr – zur Erarbeitung von gemeinsamen Entwicklungskonzepten und zur Umsetzung von Maßnahmen ist daher eine grenzüberschreitende Zusammenarbeit notwendig. Dies erfordert enge Abstimmungsprozesse und die Regelung von Zuständigkeiten zwischen den Flächenanrainern.

Als Beispiel für eine Zusammenarbeit zwischen Niedersachsen und den angrenzenden Niederlanden ist die Grenzregion im Bourtanger Moor zu nennen. So wurden im Internationalen Naturpark Bourtanger Moor-Bargerveen, der Teile des Emslandes und der Grafschaft Bentheim sowie der niederländischen Provinz Drenthe umfasst, innerhalb des INTERREG VA-Projektes „Grenzenlos Moor - grenzeloos veen“ gemeinsam Impulse zur Entwicklung des Natur-, Lebens- und Wirtschaftsraums Moor gesetzt. Als Naturpark-Region „Moor ohne Grenzen“ wurde die deutsche Seite im Jahr 2023 zudem als LEADER-Region für die aktuelle EU-Förderperiode ausgezeichnet.

Während sie einst die innerdeutsche Grenze teilte, ist die Natur- und Kulturlandschaft des Drömlings seit dem Jahr 2023 als bundesländerübergreifendes UNESCO-Biosphärenreservat anerkannt. Dies würdigt die langjährige Zusammenarbeit zwischen Niedersachsen und Sachsen-Anhalt in der von Feuchtwäldern und Feuchtwiesen geprägten Region.

Als Beispiel einer grenzübergreifenden Vor-Ort-Betreuung von Schutzgebieten ist das Oppenweher Moor am Südrand der Diepholzer Moorniederung zu nennen, wo auch der nordrhein-westfälische Teil durch den BUND Diepholzer Moorniederung betreut wird, um eine ganzheitliche Gebietsentwicklung zu erreichen.

Nicht zuletzt erfolgte im Zuge der Erstellung von Managementplänen zur Sicherung und Weiterentwicklung der Schutzgebiete des Natura 2000-Netzwerkes eine enge Zusammenarbeit der zuständigen Unteren Naturschutzbehörden. Die Umsetzung und Fortschreibung dieser Pläne werden auch zukünftig die grenzüberschreitende Zusammenarbeit fördern und fördern.

7.2 Klimawandel

Die klimawandelbedingten Veränderungen im Niederschlagsgeschehen sind regional unterschiedlich ausgeprägt. In den küstennahen, stark atlantisch geprägten Regionen sind die Bedingungen für eine Anhebung der Wasserstände mit nach wie vor deutlichen Überschüssen in der Wasserhaushaltsbilanz als günstig einzuschätzen. Mit zunehmender Kontinentalität mit ohnehin schon defizitären Wasserbilanzen im Sommerhalbjahr machen sich langanhaltende Trockenperioden im Sommerhalbjahr künftig besonders negativ bemerkbar. Aber auch langanhaltende Niederschlagsperioden sowie die Zunahme von Starkregenereignissen im Winterhalbjahr stellen Vernässungsmaßnahmen landesweit vor technische Herausforderungen. Den Auswirkungen der zukünftig häufiger auftretenden Wetterextreme muss projektbezogen durch ein angepasstes Wassermanagement entgegengetreten werden. In wiedervernässten Torfabbauflächen oder in durch den Bau von Dämmen vernässten Moorflächen erhöhen langanhaltend nasse Witterungsperioden und/oder Starkregenereignisse durch Wasserdruck aus der vernässten Fläche die Gefahr von Damm- und Grundbrüchen (BLANKENBURG et al. 2022). Reparaturen solcher Brüche sind aufwendig und kostenintensiv, sodass v.a. bei einer anvisierten Vernässung bei verbliebenen großflächigeren Resttorfblöcken ein zukunftssicherer Erhalt von Beginn an mitgedacht werden muss.

Die Folgen des Klimawandels mit dem Anstieg des Meeresspiegels und der Zunahme von Extremwetterereignissen wie Starkregen, Dauerregen oder Sturmfluten stellt den niedersächsischen Küstenraum vor große Herausforderungen (SPIEKERMANN et al. 2018, Projekt „Klimaoptimiertes Entwässerungsmanagement im Verbandsgebiet Emden“ KLEVER). Die Entwässerung des eingedeichten, teils unter dem Meeresspiegel gelegenen Küstenraumes erfolgt bislang über Siele und Schöpfwerke, die modernisiert und deren Kapazitäten erhöht werden müssen. Durch lokale Anhebung von Zielwasserständen der Vorfluter könnte der Erhalt kohlenstoffreicher Böden gefördert werden; Speicherlösungen könnten Wasser für Trockenperioden zurückhalten und das Entwässerungssystem entlasten (SPIEKERMANN et al. 2018, AHLHORN & MEYERDIRKS 2010). Diese Synergieeffekte mit dem Moorbodenschutz sollten bei der Erstellung des Generalplans Klimaanpassung in Siel- und Schöpfwerksgebieten Berücksichtigung finden.

Generell bedarf es auf Landschaftsebene eines Umdenkens hinsichtlich der Zielsetzung der Wasserwirtschaft von der Entwässerung hin zu einem Rückhalt von Wasser. Hierbei können Moore eine wichtige Rolle einnehmen.

7.3 Auslaufender Torfabbau

Im vergangenen Jahrhundert hat der Torfabbau beginnend mit dem Handtorfstich über die Entwicklung zum industriellen Torfabbau insgesamt über 50.000 Hektar (FRANK et al.

2021) der großflächigen Hochmoorkomplexe geprägt. Heute hat sich dieses Bild gewandelt – die Mehrheit der Flächen ist wiedervernässt, bestehende Torfabbaugenehmigungen liegen laut IVG nur noch für rund 8.000 Hektar vor, davon sind nur noch unter 2.000 Hektar aktiv im Abbau.

Die Nationale Moorschutzstrategie sieht das mittelfristige Ende des Torfabbaus in Deutschland vor. Die Torfnutzung soll im Hobbybereich bis 2026 enden und im Erwerbsgartenbau ist ein weitgehender Ersatz des Torfes bis 2030 vorgesehen. Zwischenzeitlich hat der Niedersächsische Landtag im Dezember 2023 ein Verbot von neuen Torfabbaugenehmigungen beschlossen. Damit kann davon ausgegangen werden, dass der Torfabbau bis auf kleinräumige Ausnahmen in den nächsten Jahren ausläuft. Die bestehenden Abbaugenehmigungen mit über das Jahr 2030 hinausreichenden Fristen werden rohstoffseitig im Wesentlichen vorzeitig erschöpft sein.

Die Substratindustrie steht daher vor großen Herausforderungen zur Substitution niedersächsischer Torfe. Einen (begrenzten) Beitrag für eine Übergangslösung, um weitere Torfimporte aus den baltischen Staaten mit zusätzlichen transportbedingten Emissionen zu vermeiden, könnte etwa die Verwertung des landwirtschaftlichen Oberbodens bei der Hochmoorsanierung sein, da dieser für die schnellere Entwicklung einer moortypischen Vegetation und zur Verringerung von CH₄-Emissionen vor Wiedervernässung abgetragen werden kann. Torfmoos-Biomasse sowie andere Rohstoffe aus der Anbau-Paludikultur könnten hingegen bei einer Produktion im industriellen Maßstab Weißtorfimporte dauerhaft ersetzen.

Die Nutzung des vorhandenen Knowhows und der Spezialmaschinen der Abbaufirmen bei Erhalt und Pflege der wiedervernässten Torfabbauflächen oder bei der Vernässung degradierter Moorflächen wäre ein wertvoller Beitrag für die Umsetzung der ermittelten Potenziale.

Mit der Folgenutzung „Grünland“ mit einer extensiven landwirtschaftlichen Nutzung ohne Vollvernässung ist eine langsame, aber beständige Torfzehrung der verbliebenen Resttorfaufgabe verbunden. Zudem reduziert Staunässe die Bewirtschaftbarkeit und damit einhergehend die naturschutzfachliche Wertigkeit durch Ausbildung hochwüchsiger Dominanzbestände. Eine Umstellung auf eine nasse Bewirtschaftungsweise oder auch auf Freiflächen-Photovoltaik könnte, vorbehaltlich der Aspekte der abgehandelten Eingriffsregelung, in Erwägung gezogen werden.

7.4 Notwendige Transformation der landwirtschaftlichen Nutzung

Landwirtschaftlich genutzte Hochmoore und Niedermoore weisen das höchste THG-Minderungspotenzial auf und sind für einen Großteil der THG-Emissionen verantwortlich. Zur Minderung der THG-Emissionen ist eine Anhebung der Wasserstände notwendig. Eine optimale Minderung wird durch mittlere Jahreswasserstände von 10 cm unter bis gerade über Flur erreicht (TIEMEYER et al. 2020). Dies stellt die konventionelle Landwirtschaft vor große Herausforderungen: Wassergesättigte oder rückquellende Torfe sorgen für eine Abnahme der Befahrbarkeit mit etablierte Maschinenteknik und Trittfestigkeit für moderne Nutztierassen, es kommt zur Ertrags- und Qualitätsminderung der bislang gängigen Nutzpflanzen. Der Paradigmenwechsel von

entwässerungsbasierter Nutzung hin zu moorbodenschonender bzw. im Idealfall torferhaltender Nutzung ist daher mit hohen Investitionen verbunden, da vorhandene Kulturen und Nutzungsweisen an ihre Grenzen stoßen. Ein Ansatz kann daher die Umstellung auf Paludikulturen sein. Paludikultur vereint mehrere Vorteile: Der Landwirtschaft wird eine Perspektive geboten, die Ziele des Klimaschutzes werden erreicht und es werden nachwachsende Rohstoffe erzeugt. Neben ihrem Beitrag zum Klimaschutz können Anbau-Paludikulturen, insbesondere Torfmoos-Kulturen, auch als Ersatzlebensraum oder als Refugium von gefährdeten Moorpflanzen dem Naturschutz dienen (GAUDIG & KREBS 2016, REICH et al. 2019).

Durch mehrere Forschungsvorhaben und Pilotprojekte stehen Erfahrungswerte zur Einrichtung, zum Anbau und zur Beerntung von Anbau-Paludikulturen zur Verfügung. In Niedersachsen sind dies die Sphagnum-Bank „Provinzialmoor“ im Emsland, eine Vermehrungsfläche für Torfmoose für Renaturierungszwecke und die Torfmooskultivierungsfläche „Drenth“ im Emsland (Projekt Torfmooskult: SCHMILEWSKI & KÖBBING 2016; GRAF et al. 2017, Projekt SubstratMoos: KÖBBING 2018, Projekte MoosKult und KlimDivMoos: REICH et al. 2019), die Sphagnumfarm „Barver“ in der Diepholzer Moorniederung (Projekt CANAPE: CANAPE 2020), die Sphagnumfarm „Hankhauser Moor“ bei Oldenburg (Projekt MOOSGRÜN: KREBS et al. 2012; AUTORENKOLLEKTIV 2016, GAUDIG et al. 2018, Projekt MOOSWEIT: DAUN et al. 2023, Projekt OptiMoos: GAUDIG et al. 2023), der Versuchspolder zur Niedermoor-Paludikultur im Hohenbökener Moor (Projekt NAPALU, Projekt „Produktketten aus Niedermoorbiomasse“) und der Versuchspolder zur Niedermoor-Paludikultur bei Berderkesa (Projekt NAPALU, Projekt RoNNi).

Gleichwohl fehlt aktuell noch die praktische Umsetzung in einem wirtschaftlich relevanten Maßstab. So erfordern betriebliche Entscheidungen existenzieller Reichweite eine Sicherheit hinsichtlich der Absatzmärkte und der zu erzielenden Deckungsbeiträge, die zurzeit fehlen. Zugleich findet sich für die zu erzeugenden Produkte erst ab einem bestimmten Absatzvolumen ein entsprechendes Interesse auf der Abnehmerseite. Einen weiteren Schritt in diese Richtung geht bei den Torfmoos-Kulturen das Projekt MOOSland, welches die großflächige Umsetzung und die Einführung von Torfmoos-Biomasse in Gartenbaubetrieben zum Ziel hat.

Weiterhin bestehen Fragen hinsichtlich der landwirtschaftlichen Subventionen und Förderungen sowie einzuholenden Genehmigungen (SCHÄFER et al. 2022, DVL & GMC 2021). So ist bei der Anlage von Anbau-Paludikulturen auf Grünland die Einholung einer Genehmigung zur Umwidmung von Dauergrünland in eine Dauerkultur notwendig und es besteht die Pflicht, eine Ersatzfläche zu schaffen. Dies behindert die flächige Umstellung der landwirtschaftlichen Nutzung auf Anbau-Paludikulturen. Aber auch bei gepflegtem, teil- oder vollvernässtem Naturschutzgrünland zieht ein ausreichend großer Anteil von mit Röhricht- und Riedarten bewachsenen Fläche Kürzungen für den Gesamtbetrieb nach sich.

Derzeit noch bestehende Engpässe bei der Beschaffung von Impfmateriale für großflächig anzulegende Torfmooskultivierungen können mittel- bis langfristig über Bioreaktoren erzeugt werden (PRAGER et al. 2023). Diese können auch bei der Beimpfung von wiedervernässten, ungenutzten Hochmooren Verwendung finden.

Eine sozialverträgliche, gerechte Umstellung von einer entwässerungsbasierten Nutzung kohlenstoffreicher Böden hin zu einer moorbodenschonenden bzw. im Idealfall torferhaltenden Nutzung bedarf einer gesamtgesellschaftlichen Anstrengung analog zu dem Kohleausstieg in den Braunkohlerevieren (JANSEN-MINBEN et al. 2022, SCHÄFER et al. 2022).

7.5 Photovoltaik-Freiflächenanlagen auf wiedervernässtem Moor

Mit der Novelle des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) im Januar 2023 ist die Errichtung von Photovoltaik-Freiflächenanlagen (PV-FFA) auf entwässerten und landwirtschaftlich genutzten Moorböden förderfähig, vorausgesetzt die Moorböden werden dauerhaft wiedervernässt. Seitdem ist ein steigendes Interesse an dieser Nutzung zu verzeichnen.

Mit PV-FFA auf wiedervernässten Moorböden werden mehrere positive Beiträge zum Klimaschutz kombiniert: Mit Solarenergie kann einerseits regenerative Energie erzeugt und die Nutzung fossiler Energieträger vermieden werden, andererseits kann durch die Wiedervernässung der Ausstoß von CO₂ aus dem entwässerten Moorboden gemindert werden.

Bei der Planung und Errichtung von PV-FFA auf Moorböden sind jedoch mehrere Aspekte zu berücksichtigen (vgl. GMC 2022): (I) Um keine Stauschichten zu zerstören, müssen die baulichen Maßnahmen zur Flächeneinrichtung bodenschonend und torferhaltend etwa durch eine bodenkundliche Baubegleitung erfolgen. (II) Eine flächendeckende, torfbildende Vegetation kann einen weiteren Beitrag zum Klimaschutz leisten. Hierzu müssen Aufständehöhe, Reihenabstände und Anordnung so gewählt werden, dass ausreichend Licht den Boden erreicht. (III) Die Wartung der Anlagen und auch die Rückbaubarkeit sind bereits eingangs mit zu planen. Von der Errichtung von PV-FFA kann zudem eine Hebelwirkung für großflächigere Wiedervernässungsmaßnahmen ausgehen (GMC 2022), indem angrenzende Flächen als hydrologische Einheit mitvernässt werden und diese dann aber z.B. dem Naturschutz dienen. (IV) In bestimmten Bereichen soll dem Naturschutz oder auch anderen Arten der „Nutzung“ ein Vorrang einräumt werden.

Der wirtschaftliche Hintergrund der PV-FFA kann als Vorteil betrachtet und die Errichtung von PV-FFA auf entwässerten Moorböden mit deren Vernässung als strategische Chance genutzt werden. So kann mitunter eine Vollvernässung von Flächen erzielt werden, die auf anderem Wege nicht erreichbar und vernässbar wären.

Die Potenzialstudie hat jedoch nicht das Ziel, potenzielle Standorte oder Flächenkulissen für PV-FFA auszuweisen, es werden nur einschränkende Raumwiderstände und Zielkonflikte aufgezeigt. Hierzu zählen etwa Naturschutzgebiete, FFH-Gebiete, EU-Vogelschutzgebiete sowie die Kulisse des Wiesenvogelschutzprogrammes. Bei dem Ausschluss dieser Schutzgebiete und der Programmkulisse handelt es sich um eine Eingrenzung eines Suchraumes für diese Maßnahme, nicht jedoch um eine flächenbezogene Regelung.

7.6 Fazit

Mit der hier vorliegenden Potenzialstudie für die Moore Niedersachsens hat das Niedersächsische Umweltministerium eine Grundlage für einen dringend erforderlichen Baustein zum Moorschutz und Klimaschutz erstellt. Die Bedeutung der Moore für den Klimaschutz wurde in der jüngeren Vergangenheit in Wissenschaft, Politik und Öffentlichkeit erkannt. Eine Umsetzung der geforderten Maßnahmen zum Klimaschutz ist aber deutlich komplexer als dies häufig dargestellt wird. Daher ist eine Potenzialstudie eine zentrale Voraussetzung u.a. für die gezielte Bündelung der vorhandenen Mittel.

Im Ergebnis werden klare Tendenzen auf Landesebene sichtbar. Diese basieren einerseits auf der Verteilung von naturräumlichen Standortbedingungen, wie einem günstigen Klima in Küstennähe, andererseits sind es auch regional unterschiedliche kulturgeschichtliche Entwicklungen, die sich durchprägen. In der Summe lassen sich für zukünftige politische Entscheidungen und Strategien Schwerpunkte für die auf den Weg zu bringenden Maßnahmen erkennen.

Zugleich wird anhand der detaillierten Analyse der Standortbedingungen, der Nutzungskonflikte und Raumwiderstände die Dimension der formulierten Zielsetzung deutlich. Insbesondere für eine Transformation der entwässerungsbasierten Landwirtschaft sind die derzeit verfügbaren Instrumente noch nicht ausreichend. Für die Umsetzung der notwendigen Maßnahmen zur Minderung der THG-Emissionen werden Finanzierungen in einem erheblichen Umfang nötig sein.

Auch wenn die allgemeinen Ansprüche an solch eine Studie hoch sein mögen, so ist es angesichts der für die Erarbeitung der Potenzialstudie gewählten landesweiten Betrachtung nicht möglich, dass hierbei schon Planungsgrundlagen im regionalen Maßstab erstellt, raumordnerische Entscheidungen über dargestellte Nutzungskonflikte getroffen und landesweite Strategien für die Erreichung des politischen Ziels der Klimaneutralität und den Moorschutz formuliert werden. Allerdings kann die Potenzialstudie eine fachlich neutrale Grundlage für genau diese Aufgaben bieten.

8 Literatur

- Abel, S., Trepel, M. & W. Wichtmann (2017): Bericht über das Fachgespräch „Wasserwirtschaft und Moorschutz“ am 6. Und 7. Juni 2017 in Ammersbek, Schleswig-Holstein. In: TELMA - Berichte der Deutschen Gesellschaft für Moor- und Torfkunde, Band 47: 157 - 164, Online unter: <https://doi.org/10.23689/fidgeo-2938>
- Ahlhorn, F. & J. Meyerdirks (2010): Speichern statt pumpen. Abschlussbericht. Online unter: https://www.nationalpark-wattenmeer.de/wp-content/uploads/2020/06/abschlussbericht_speichernstattpumpen.pdf
- Autorenkollektiv (2016): Schlussbericht „Torfmooskultivierung auf Hochmoorgrünland; Teilvorhaben 1: Umsetzung und Optimierung der Torfmooskultivierung auf Hochmoorgrünland“. Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Verbraucherschutz FK 08NR223.
- Barthelmes et al. (2021): Evaluierung von Moor-Wiedervernässungen in Deutschland – Ergebnisse, Erfahrungen und Empfehlungen. Naturschutz und Biologische Vielfalt 171: 121-148.
- Bathke, M. (2022): Bewertungsbericht zur Fördermaßnahme „Flächenmanagement für Klima und Umwelt“ (FKU). Programm zur Förderung im ländlichen Raum 2014 bis 2020 in Niedersachsen und Bremen (PFEIL). Online unter: https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/dn064825.pdf
- Bechtold, M., Tiemeyer, B., Laggner, A., Leppelt, T., Frahm, E. & Belting, S. (2014): Large-scale regionalization of water table depth in peatlands optimized for greenhouse gas emission upscaling. *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 18, 3319–3339. Online unter: <https://doi.org/10.5194/hess-18-3319-2014>
- Birkholz, B., Schmatzler, E. & H. Schneekloth (1980): Untersuchungen an niedersächsischen Torflagerstätten zur Beurteilung der abbauwürdigen Torfvorräte und der Schutzwürdigkeit im Hinblick auf deren optimale Nutzung. Naturschutz u. Landschaftspflege in Nieders. Hannover: 402 S.
- Blankenburg, J. (2015): Die landwirtschaftliche Nutzung von Mooren in Nordwestdeutschland. In: TELMA - Berichte der Deutschen Gesellschaft für Moor- und Torfkunde, Band Beiheft 5: 39 - 58, Online unter: <https://doi.org/10.23689/fidgeo-2095>
- Blankenburg, J., Hennings, H. H & W. Schmidt (2001): Bodenphysikalische Eigenschaften und Wiedervernässung. In: Kratz, R. & Pfadenhauer, J. (Hrsg.): Ökosystemmanagement für Niedermoore – Strategien und Verfahren zur Renaturierung: 81-91. Stuttgart (Ulmer).
- Blankenburg, J., Niemeyer, F., Kulp, H.-G., Beuster, T., Germer, P. & M. Graf (2022): Technische Maßnahmen. *Geo-Berichte* 45: 25-48. Online unter: https://doi.org/10.48476/geoerber_45_2022
- Bock, M., Böhner, J., Conrad, O., Köthe, R. & A. Ringeler (2007): Methods for creating Functional Soil Databases and applying Digital Soil Mapping with SAGA GIS. - In: Hengl, T. et al. (Eds.) Status and prospect of soil information in south-eastern Europe: soil databases, projects and applications. - EUR 22646 EN, 149-163, Scientific and Technical Research series, Office for Official Publications of the European Communities; Luxembourg.
- Buchwald, R., Rath, A. & M. Willen (2010): Projekt „Wiederherstellung artenreichen Hochmoorgrünlandes durch eine nachhaltige landwirtschaftliche Nutzung unter besonderer Berücksichtigung der Flatterbinsen-Problematik“. Abschlussbericht (2010). Online unter: <https://www.dbu.de/OPAC/ab/DBU-Abschlussbericht-AZ-23063.pdf>
- Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMLE) (Hrsg.) (2017): Aufnahmeanweisung für die Kohlenstoffinventur 2017 im Rahmen der Treibhausgasberichterstattung nach §41a BWaldG. Kohlenstoffinventur 2017. Online unter: https://www.bundeswaldinventur.de/fileadmin/SITE_MASTER/content/Downloads/CI2017/ci2017_0_anweis20170612_fin.pdf
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV) (2022): Nationale Moorschutzstrategie. 199. Oktober 2022. 57 S. Online unter: https://www.bmuv.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Naturschutz/nationale_moorschutzstrategie_bf.pdf
- Canape (2020): So how do you build a sphagnum farm? Online unter: <https://northsearegion.eu/canape/news/canape-so-how-do-you-build-a-moss-farm/>
- Conrad, O. (2002): Module Vertical Distance to Channel Network. Online unter: https://saga-gis.sourceforge.io/saga_tool_doc/2.1.3/ta_channels_3.html
- Convention on Wetlands. (2021). Global guidelines for peatland rewetting and restoration. Ramsar Technical Report No. 11. Gland, Switzerland: Secretariat of the Convention on Wetlands.
- Daun, C., Huth, V., Gaudig, G., Günther, A., Krebs, M. & G. Jurasinski (2023): Full-cycle greenhouse gas balance of a Sphagnum paludiculture site on former bog grassland in Germany. *STOTEN*, 877, 162943; Online unter: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.162943>
- Drachenfels, O. v. (2021): Kartierschlüssel für Biotoptypen in Niedersachsen unter besonderer Berücksichtigung der gesetzlich geschützten Biotope sowie der Lebensraumtypen von Anhang I der FFH-Richtlinie, Stand März 2023. – Naturschutz Landschaftspf. Niedersachs. Heft A/4, 336 S.. ISSN: 0933-1247. Online unter: <https://www.nlwkn.niedersachsen.de/kartierschlüssel-biotoptypen/kartierschlüssel-fuer-biotoptypen-in-niedersachsen-45164.html>
- European Environment Agency (EEA) (2023): EEA greenhouse gases — data viewer. Online unter: <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/data-viewers/greenhouse-gases-viewer>
- Frank, S., Caspers, G., Höper, H. & W. Schäfer (2021): Karte der Flächen mit industriellem Torfabbau in Niedersachsen. – *Geo-Berichte* 38: 31 S.. Online unter: https://doi.org/10.48476/geoerber_38_2021
- Gaudig, G. & M. Krebs (2016): Torfmooskulturen als Ersatzlebensraum - Nachhaltige Moornutzung trägt zum Artenschutz bei. *Biologie in unserer Zeit* (Hrsg.), Band 46 (4), S 251–257. <https://doi.org/10.1002/biuz.201610600>

- Gaudig, G., Brötzmann, D., Brust, K., Buchwald, R., Daun, C., Emmel, M., Fritz, C., Gebbe, R., Jurasinski, G., Käär-
melähti, S., Krebs, M., Lüdtkke, M., Muster, C., Prager, A.,
Quadra, G.R., Temmink, R.J.M., Wahren, A., Wichmann,
S. & H. Joosten (2023): Torfmooskultivierung optimieren:
Wassermanagement, Klimabilanz, Biodiversität & Pro-
duktentwicklung (OptiMOOS), Abschlussbericht des Ver-
bundprojektes. 125 S.
- Gaudig, G., Krebs, M., Prager, A., Wichmann, S., Barney, M.,
Caporn, S. J. M., Emmel, M., Fritz, C., Graf, M. & A. Grobe
(2018): Sphagnum farming from species selection to the
production of growing media - a review. *Mires and Peat*
20, Article 13 1–30. Online unter:
<https://doi.org/10.19189/MaP.2018.OMB.340>
- Gehrt, E., Benne, I., Evertsbusch, S., Krüger, K. & S. Langner
(2021): Erläuterung zur BK50 von Niedersachsen. – Ge-
oBerichte 40: 282 S. Online unter:
https://doi.org/10.48476/geober_40_2021
- German Environment Agency (2023): National Inventory Re-
port for the German Greenhouse Gas Inventory 1990 –
2021. Submission under the United Nations Framework
Convention on Climate Change 2023 German Environ-
ment Agency.
- Gocht, A. & N. Röder (2014): Using a Bayesian estimator to
combine information from a cluster analysis and remote
sensing data to estimate high-resolution data for agricul-
tural production in Germany. *International Journal of*
Geographical Information Science (Hrsg.). Online unter:
<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/13658816.2014.897348>
- Goebel, W. (Bearb.) (1996): Klassifikation überwiegend
grundwasserbeeinflusster Vegetationstypen. – Schriften-
reihe des Deutschen Verbandes für Wasserwirtschaft und
Kulturbau (DVWK) 112: 492 S.
- Graf, M., Bredemeier, B., Grobe, A., Köbbing, J. F., Lemmer,
M., Oestmann, J., Rammes, D., Reich, M., Schmilewski, G.,
Tiemeyer, B. & Zoch, L. (2017): Torfmooskultivierung auf
Schwarztorf: ein neues Forschungsprojekt in Niedersach-
sen. In: TELMA - Berichte der Deutschen Gesellschaft für
Moor- und Torfkunde, Band 47: 109 – 128. Online unter:
<https://doi.org/10.23689/fidgeo-2936>
- Günther, A., Barthelmes, A., Huth, V., Joosten, H., Jurasinski,
G. Koebsch, F. & J. Couwenberg (2020): Prompt rewetting
of drained peatlands reduces climate warming despite
methane emissions. *Nat Commun.* 2024 Apr
12;15(1):3180. Online unter:
<https://doi.org/10.1038/s41467-024-47604-x>
- Günther, J. (2012): Die Moorbrandkultur und der Buchwei-
zenanbau als eine frühe Form der landwirtschaftlichen
Hochmoornutzung in Nordwestdeutschland. In: TELMA -
Berichte der Deutschen Gesellschaft für Moor- und
Torfkunde, Band 42: 57 – 70. Online unter:
<https://doi.org/10.23689/fidgeo-2961>
- Hofer, B., Rosinski, E. & J. Blankenburg (2022): Abschät-
zungsrahmen für den für den Erfolg von Wiedervernä-
sungsmaßnahmen auf Hochmoorstandorten. In: Graf, M.,
Höper, H. & K. Hauck-Bramsiepe (Redaktion): Handlungs-
empfehlungen zur Renaturierung von Hochmooren in
Niedersachsen. *GeoBerichte* 45: 21–25. Online unter:
https://doi.org/10.48476/geober_45_2022
- Höper, H. & E. Gehrt (2022): Karten der kohlenstoffreichen
Böden in Niedersachsen im Maßstab 1 : 50.000. – Geofak-
ten 37: 12 S. Online unter: https://doi.org/10.48476/geofakt_37_1_2022
- Höper, H. (2015): Treibhausgasemissionen aus Mooren und
Möglichkeiten der Verringerung. In: TELMA - Berichte
der Deutschen Gesellschaft für Moor- und Torfkunde,
Band Beiheft 5: 133 – 158. Online unter:
<https://doi.org/10.23689/fidgeo-2929>
- Höper, H. (2022): Treibhausgasemissionen der Moore und
weiterer kohlenstoffreicher Böden in Niedersachsen. –
Geofakten 38: 23 S. Online unter:
https://doi.org/10.48476/geofakt_38_1_2022
- Höper, H. (2024a): Landesweite Treibhausgasemissionen aus
Mooren und weiteren kohlenstoffreichen Böden sowie
aus der Torfproduktion und -gewinnung in Niedersach-
sen. – Geofakten 45: 17 S. Online unter:
https://doi.org/10.48476/geofakt_45_1_2024
- Höper, H. (2024b): Einschätzung zur Eignung und Wirkung
kulturtechnischer Maßnahmen bei der Minderung der
Treibhausgasemissionen von landwirtschaftlich genutz-
ten Moorböden. Textbeitrag zur Einbindung in die Po-
tenzialstudie. 2 S.. Unveröffentlicht.
- Intergovernmental Panel in Climate Change (IPCC) (2018):
1,5°C Globale Erwärmung. Ein IPCC-Sonderbericht über
die Folgen einer globalen Erwärmung um 1,5°C gegen-
über vorindustriellem Niveau und die verbundenen glo-
balen Treibhausgasemissionspfade im Zusammenhang
mit einer Stärkung der weltweiten Reaktion auf die Be-
drohung durch den Klimawandel, nachhaltiger Entwick-
lung und Anstrengungen zur Beseitigung von Armut.“
Online unter: [https://www.ipcc.ch/site/assets/uplo-
ads/2020/07/SR1.5-SPM_de_barrierefrei.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2020/07/SR1.5-SPM_de_barrierefrei.pdf)
- Jansen-Minßen, F., Klinck, L. & A. Krause (2022): Zukunft der
Moorstandorte in der Küstenregion Niedersachsens. Fak-
ten, Fragen, Handlungsansätze. 51 S. Online unter:
[https://www.gruenlandzentrum.org/wp-content/uplo-
ads/2022/11/Faktencheck.pdf](https://www.gruenlandzentrum.org/wp-content/uploads/2022/11/Faktencheck.pdf)
- Jasiewicz, J. & T. F. Stepinski (2013): Geomorphons – a pattern
recognition approach to classification and mapping of
landforms. *Geomorphology* (Hrsg.), Volume 182, S. 147 –
156. Online unter: [https://www.sciencedirect.com/sci-
ence/article/abs/pii/S0169555X12005028](https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0169555X12005028)
- Köbbing, J. F. (2018): Abschlussbericht Projekt "Großflächige
Torfmooskultivierung als Folgenutzung nach
Schwarztorf-Abbau und ihr Potenzial zur nachhaltigen
Produktion eines Substratausgangsstoffes als Torfersatz"
(SubstratMoos). Förderkennzeichen des Ministeriums für
Ernährung, Landwirtschaft, Verbraucherschutz: 105.1-
3234/1-13-2, unveröffentlicht.
- Koppensteiner, W., Wegmann, J., Ischebeck, M., Laggner, A.
& B. Tiemeyer (2023): Ermittlung von Potenzialgebieten
für Moorschutzmaßnahmen in Deutschland. *Natur und
Landschaft* 98: 94–103. Online unter:
<https://doi.org/10.19217/NuL2023-03-01>

- Krebs, M., Gaudig, G. & H. Joosten (2012): Sphagnum farming on bog grassland in Germany – First results. Online unter: <https://www.moorwissen.de/files/doc/publikationen/Krebs%20et%20al.%20%282012%29%20Sphagnum%20farming%20on%20bog%20grassland%20in%20Germany.pdf>
- Kuntze, H. (1987): Prozesse der Bodenentwicklung auf Sandmischkulturen. In: TELMA - Berichte der Deutschen Gesellschaft für Moor- und Torfkunde, Band 17: 41 – 49. Online unter: <https://doi.org/10.23689/fidgeo-5915>
- Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG) (2022): Kohlenstoffreiche Böden in Niedersachsen 1: 50 000 mit versiegelten Flächen (vereinfachte Kategorien) (BHK50). Online unter: <https://nibis.lbeg.de/net3/public/ikxcms/default.aspx?pgid=1027>
- Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG) (2023): Moorbodenkategorien GAPKondV (ENTWURF). Stand: 13.10.2023
- Landesamt für Geoinformation und Landesvermessung Niedersachsen (LGLN) (2023): Digitales Landschaftsmodell (Basis-DLM). Online unter: <https://opengeodata.lgln.niedersachsen.de/#bdlm>
- NIBIS® Kartenserver (2022a): Moore in Niedersachsen – Kartenwerk von Schneekloth et al.. - Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG), Hannover.
- NIBIS® Kartenserver (2022b): Treibhausgasemissionen der kohlenstoffreichen Böden in Niedersachsen (BHK50THG). - Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG), Hannover.
- Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN) (2023): Wiesenvogelschutzprogramm. Erweiterte Eckpunkte. Online unter: <https://www.umwelt.niedersachsen.de/download/160143>
- Niedersächsisches Ministerium für Umwelt (MU) (1981): Niedersächsisches Moorschutzprogramm. Teil 1. Programm der Niedersächsischen Landesregierung zum Schutze der für den Naturschutz wertvollen Hochmoore mit näheren Festlegungen für rund drei Viertel der noch vorhandenen geologischen Hochmoorfläche in Niedersachsen vom 1. Dezember 1981. 37 S.
- Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz (MU) (Hrsg.) (2019): Klimawirkungsstudie Niedersachsen. Wissenschaftlicher Hintergrundbericht. 187 S. Online unter: https://www.nlwkn.niedersachsen.de/download/143865/Klimawirkungsstudie_Niedersachsen_2019_.pdf
- Niemeyer, F., Kulp, H.-G., Janinhoff-Verdaat, N. Beuster, T. & P. Germer (2022): Renaturierung ungenutzter naturnaher und degenerierter Flächen. In: Graf, M., Höper, H. & K. Hauck-Bramsiepe (Redaktion): Handlungsempfehlungen zur Renaturierung von Hochmooren in Niedersachsen. GeoBerichte 45: 85–93. Online unter: https://doi.org/10.48476/geober_45_2022
- Nitsch, H. & J. Schramek (2021): Grundlagen für eine Moorschutzstrategie der Bundesregierung – Endbericht zum gleichnamigen F+E-Vorhaben. Bundesamt für Naturschutz & Institut für Ländliche Strukturforschung (Hrsg.). Frankfurt am Main. 162 S. Online unter: https://www.ifls.de/fileadmin/user_upload/Abschlussbericht_F_E_Grundlagen_Moorschutzstrategie_bf-4.pdf
- Nordt, A., Abel, S., Hirschelmann, S., Lechtape, C. & J. Neuberger (2022): Leitfaden für die Umsetzung von Paludikultur. Greifswald Moor Centrum-Schriftreihe (Hrsg.). Online unter: https://www.greifswaldmoor.de/files/dokumente/GMC%20Schriften/2022-05_Nordt%20et%20al_Paludikultur%20Leitfaden.pdf
- Prager, A., Decker E., Heck, M., Joosten, H., Kohl, M., Krebs, M., Lamkowski, P., Lüth, V., Melkova, I., Posten, C., Reski, R., Schade, C., Schäfer, M., Schnittler, M., Schreiter, H. & G. Gaudig (2023): Züchtung und Massenvermehrung von Torfmoosen zur industriellen Produktion eines nachwachsenden Substratausgangsstoffes für den Gartenbau (MOOSzucht). Online unter: https://www.moorwissen.de/files/doc/Projekte%20und%20Praxis/MOOSzucht/Abschlussbericht_MOOSzucht_2023_website.pdf
- Rasper, M. (2004): Hinweise zur Berücksichtigung von Naturschutz und Landschaftspflege bei Grundwasserentnahmen. – Informationsdienst Naturschutz Nds. 4/2004: 199–230.
- Reich, M., Zoch, L., Grobe, A., Tiemeyer, B. & J. Oestmann (2019): Auswirkungen großflächiger Torfmooskultivierung nach Schwarztorf-Abbau auf Biodiversität und Treibhausgasfreisetzung: Abschlussbericht 2019. Online unter: https://www.dbu.de/OPAC/ab/DBU-Abschlussbericht-AZ-33305_01-Hauptbericht.pdf
- Riedel, T., Stümer, W., Hennig, P., Dunger, K. & A. Bolte (2019): Wälder in Deutschland sind eine wichtige Kohlenstoffsenke. Online unter: https://literatur.thuenen.de/digibib_extern/dn061187.pdf
- Saathoff, W. (2022): Moore mit besonderer Bedeutung für den Biotopschutz. Online unter: <https://mooris-niedersachsen.de/?pgId=121>
- Sbresny, J. (2017): Ableitung einer Nutzungsebene und Zuordnung von Versiegelungsklassen aus den ATKIS-Daten von 2015 Niedersachsen. Unveröffentlicht.
- Schäfer, A., Nordt, A., Peters, J. & S. Wichmann (2022): Abschlussbericht „Entwickeln von Anreizen für Paludikultur zur Umsetzung der Klimaschutzziele 2030 und 2050. Umweltbundesamt (Hrsg.), CLIMATE CHANGE 44/2022. Online unter: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/cc_44-2022_entwickeln_von_anreizen_fuer_paludikultur_zur_umsetzung_der_klimaschutzziele_2030_und_2050.pdf
- Schäfer, W. (2002): Bodenphysikalische Eigenschaften von Torfen niedersächsischer Moorböden unter Berücksichtigung ihrer Pedogenese. Arbeitshefte Boden 2002(3): 59 – 75.
- Schmatzler, E. (2015): Moornutzung und Moorschutz in Niedersachsen – Geschichtlicher Rückblick und zukünftige Entwicklung. In: TELMA - Berichte der Deutschen Gesellschaft für Moor- und Torfkunde, Band Beiheft 5: 19 – 38. Online unter: <https://doi.org/10.23689/fidgeo-2925>
- Schmilewski, G. & J. F. Köbbing (2016) Opportunities and Challenges of farming Sphagnum as a growing media

- constituent in Germany. Proc. 15th Int. Peat Congress Ku-ching. Abstract A-242: 654-657
- Schneekloth H. & J. Tüxen (1975): Die Moore in Niedersachsen - Teil 4: Bereich des Blattes Bremerhaven der Geologischen Karte der Bundesrepublik Deutschland (1:200 000). Göttingen: 198 S.
- Schneekloth H. & S. Schneider (1970): Die Moore in Niedersachsen - Teil 1: Bereich des Blattes Hannover der Geologischen Karte der Bundesrepublik Deutschland (1:200 000). Göttingen: 60 S.
- Schneekloth H. & S. Schneider (1972): Die Moore in Niedersachsen - Teil 3: Bereich des Blattes Bielefeld der Geologischen Karte der Bundesrepublik Deutschland (1:200 000). Göttingen: 96 S.
- Schneekloth H. (1981): Die Moore in Niedersachsen - Teil 7: Bereich der Blätter Neumünster, Helgoland, Emden und Lingen der Geologischen Karte der Bundesrepublik Deutschland (1:200 000). Göttingen: 96 S.
- Schneekloth, H. & J. Tüxen (1978): Die Moore in Niedersachsen - Teil 5: Bereich des Blattes Hamburg-West der Geologischen Karte der Bundesrepublik Deutschland (1 : 200.000). – Göttingen: 220 S.
- Schneekloth, H. & J. Tüxen (1979): Die Moore in Niedersachsen - Teil 6: Bereich des Blattes Hamburg-Ost der Geologischen Karte der Bundesrepublik Deutschland (1 : 200.000). – Göttingen: 92 S.
- Schneekloth, H., Jensen, U. & H.-J. Beug (1983): Die Moore in Niedersachsen - Teil 8: Bereich der Blätter Kassel und Goslar der Geologischen Karte der Bundesrepublik Deutschland (1:200 000). Göttingen: 88 S.
- Schulz, S. & A. Waldeck (2015): Kohlenstoffreiche Böden auf Basis hochauflösender Bodendaten in Niedersachsen. – GeoBerichte 33: 85 S.. Online unter: https://doi.org/10.48476/geober_33_2015
- Spiekermann, J. Ahlhorn, F., Bormann, H. & J. Keschull (2018): Zukunft der Binnenentwässerung: Strategische Ausrichtung in Zeiten des Wandels. Eine Betrachtung für das Verbandsgebiet des I. Entwässerungsverbandes Emden. Online unter: https://uol.de/fileadmin/user_upload/proj/klever/KLEVER/KLEVER-Ergebnisbroschuere.pdf
- Ssymank, A., Ullrich, K., Vischer-Leopold, M., Belting, S., Bernotat, D., Bretschneider, A., Rückriem, C. & Schiefelbein, U. (2015): Handlungsleitfaden „Moorschutz und Natura 2000“ für die Durchführung von Moorrevitalisierungsprojekten. Online unter: https://www.bfn.de/sites/default/files/2021-11/Handlungsleitfaden_Moorschutz_und_Natura2000_Ssymank_et_al_2015_.pdf
- Stegink-Hindrichs, L., Höper, H. & M. Graf: Hydrologische Kernprozesse von Hochmooren. In: Graf, M., Höper, H. & K. Hauck-Bramsiepe (Redaktion): Handlungsempfehlungen zur Renaturierung von Hochmooren in Niedersachsen. GeoBerichte 45: 13–20. Online unter: https://doi.org/10.48476/geober_45_2022
- Tanneberger, F., Moen, a., Barthelmes, A., Lewis, E., Miles, L., Sirin, A., Tegetmeyer C. & H. Joosten (2021): Mires in Europe—Regional Diversity, Condition and Protection. Diversity 2021, 13, 381. Online unter: <https://doi.org/10.3390/d13080381>
- Tiemeyer B., Bechtold M., Belting, S., Freibauer, A., Förster, C., Schubert, E., Dettmann, U., Frank, S., Fuchs, D., Gelbrecht, J., Jeuther, B., Laggner, A., Rosinski, E., Leiber-Sauheitl, K., Sachteleben, J., Zak, D. & M. Drösler (2017): Moorschutz in Deutschland – Optimierung des Moormanagements in Hinblick auf den Schutz der Biodiversität und der Ökosystemleistungen. Bewertungsinstrumente und Erhebung von Indikatoren. BfN-Skripten 462: 319 S.. Online unter: <https://doi.org/10.19217/skr462>
- Tiemeyer, B., Freibauer, A., Albiac Borraz, E., Augustin, J., Bechtold, M., Beetz, S., Beyer, C., Ebli, M, Eickenscheidt, T., Fiedler, S., Förster, C., Gensior, A., Giebels, M., Glatzel, S., Hoffmann, M., Heinichen, J., Höper, H., Jurasinski, G., Laggner, A., Leiber-Sauheitl, Peichl-Brak, M. & M. Drösler (2020): A new methodology for organic soils in national greenhouse gas inventories: Data synthesis, derivation and application. – Ecological Indicators 109, Artikel 105838. Online unter: <https://doi.org/10.1016/j.ecoind.2019.105838>
- Umweltbundesamt (UBA) (2023): Berichtserstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen und dem Kyoto-Protokoll 2023 – Nationaler Inventarbericht zum Deutschen Treibhausgasinventar 1990 – 2021. Online unter: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/11850/publikationen/28_2023_cc_berichterstattung_unter_der_klimarahmenkonvention.pdf
- Umweltkarten Niedersachsen (2023): Moorbiotope – Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten – und Naturschutz (NLWKN). Online unter: <https://mooris-niedersachsen.de/?pgld=1277>
- Wittnebel, M, Frank, S. & B. Tiemeyer (2022): Aktualisierte Kulisse organischer Böden in Deutschland. Thünen Working Paper 212: 78 S.. Online unter: https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/dn066305.pdf
- Wreesmann, H. & H. Höper (2022): Voraussetzungen und Herausforderungen in der Umsetzung. GeoBerichte 45: 100–105. Online unter: https://doi.org/10.48476/geober_45_2022
- Zeit, J., Luthardt, V., Hasch, B., Lotsch, H., R. Meer-Uhlherr (2009): DSS-WAMOS: „Eine Decision Support System“ – gestützte Managementstrategie für Waldmoore. Endbericht. Online unter: https://www.dbu.de/OPAC/ab/DBU-Abschlussbericht-AZ-23634_02.pdf

9 Anhang

Karte 1: Gesamtheit der im Rahmen der Potenzialstudie betrachteten kohlenstoffreichen Böden

Karte 2: Mooregebiete

Karte 3: Treibhausgas-Minderungspotenzial

Karte 4: Physische Standorteigenschaften

Karte 5: Raumwiderstände und Nutzungskonflikte

Karte 6: Maßnahmenpotenzial

Karte 7: Prioritäten

Anhang 1: Datenblätter für die Mooregebiete

Anhang 2: Datenblätter für kohlenstoffreiche Böden außerhalb der Mooregebiete

ENTWURF

Herausgeber:
Niedersächsisches Ministerium
für Umwelt, Energie und Klimaschutz
Archivstr. 2
30169 Hannover

Stand: Juni 2024

poststelle@mu.niedersachsen.de
www.umwelt.niedersachsen.de

Bearbeitung: Hofer & Pautz GbR, DUENE
e.V., Partner im Greifswald Moor Centrum

Titelbilder: Oben links: Wollgrasblüte im
Großen Moor bei Uchte (Foto: E. Rosinski),
oben rechts: Bohlenweg im Huven-
hoopsmoor (Foto: H.-J. Zietz), unten links:
Heidelbeerplantage im Feener Moor (Foto:
Foto: H.-J. Zietz), unten rechts: Pferchfläche
für Schafherde im Gildehauser Venn (Foto:
Foto: H.-J. Zietz).