

8. Juni 2023

Leitfaden der Hochmoorsanierung

Leitfaden zur Sanierung landwirtschaftlich genutzter Hochmoorstandorte
nach dem NABU-IVG-Konzept und zur Behandlung des landwirtschaftlichen Oberbodens



Foto: Bernd Hofer



Inhalt	
1 Einleitung	1
1.1 Anlass	1
1.2 Definition der Hochmoorsanierung	2
2 Umsetzung der Hochmoorsanierung	4
2.1 Rechtslage	4
2.2 Planungsphasen	6
2.2.1 Grundlagenermittlung	6
2.2.2 Planinhalte	7
2.2.3 Vorbereitung der Vergabe	7
2.2.4 Aufstellung eines Ablaufplans	8
2.3 Technische Umsetzung der Wiedervernässung	9
2.3.1 Flächenvorbereitung	9
2.3.2 Oberbodenabtrag	9
2.3.3 Verwallungsbau mit Überläufen	10
2.4 Technische Umsetzung der Bulttorfmoos-Beimpfung	12
2.4.1 Flächenvorbereitung	12
2.4.2 Beimpfung	13
2.4.3 Wasserversorgung	13
2.5 Monitoring	15
2.5.1 Hydrologie	15
2.5.2 Vegetation	16
2.5.3 Relief	16
3 Verwertung überschüssiger Oberbodenmengen	17
3.1 Verwertungsansatz "Topsoil"	17
3.2 Abfallrechtliche Bewertung	17
Anhang A: Regeln zur Bewertung des Klimaeffekts	18
Anhang B: Modellierung der Klimarelevanz	21
Literatur	24

Abbildungen

Abbildung 1:	Landwirtschaftliche Nutzung auf Torfböden.....	1
Abbildung 2:	Übersicht der möglicherweise betroffenen verwaltungsrechtlichen Belange und Verfahren.....	4
Abbildung 3:	Weiß- und Schwarztorf im Guts-Bohrer.	6
Abbildung 4:	Von Flatterbinsen dominiertes Hochmoorgrünland.	8
Abbildung 5:	Oberbodenabtrag mit Hydraulikbagger und Kübelraupe.....	9
Abbildung 6:	Ablaufschema der Hochmoorsanierung mit Torfmoos-Beimpfung	10
Abbildung 7:	Regelbarer Rohrdurchlass	12
Abbildung 8:	Beispiel einer Vermehrungsfläche und der Flächenbeimpfung mit Torfmoosen	12
Abbildung 9:	Schematische Darstellung eines Reservoirs aus Schwarztorf.....	13
Abbildung 10:	Wassermanagement in einer ehemaligen Abbaufäche.	15
Abbildung 11:	Die gemessenen on-site THG-Emissionen der sieben verschiedenen Varianten des OptiMoor-Projektes.....	21
Abbildung 12:	Vergleich der THG-Bilanzen für die Nullvariante und den Vernässungsvarianten.....	22
Abbildung 13:	Dynamik des GWP der Methan-Emissionen auf der Zeitachse	23

Tabellen

Tabelle 1:	Erforderliche Torfmengen zum Bau von Dämmen.....	11
Tabelle 2:	Reservoirfläche im Verhältnis zur Wassersäule (bezogen auf 1 ha Vernässungsfläche)	14

1 Einleitung

1.1 Anlass

Die Gesamtheit der vor allem für die landwirtschaftliche Nutzung entwässerten Moorböden führt in Deutschland zur Freisetzung von jährlich ca. 53 Mio. t CO₂äq (CO₂ Äquivalenten). Dies macht ungefähr ein Drittel der jährlichen Treibhausgasemissionen (THG) der Landwirtschaft in Deutschland aus. Der aus diesen organischen (Moor-) Böden stammende Emissionsbetrag lag im Verhältnis zu den gesamten nationalen THG-Emissionen im Jahr 2020 bei 7,5 Prozent.

Es ist erklärtes Ziel der Bundesregierung, im Rahmen des Klimaschutzes möglichst viele dieser organischen Böden durch eine Wiedervernässung langfristig wieder zu einer Kohlenstoffsenke zu entwickeln. Nach Berechnungen der Succow-Stiftung wäre es erforderlich, schrittweise ca. 50.000 ha jährlich wiederzuvernässen, um bis 2050 alle CO₂-Emissionen aus Mooren in Deutschland einzusparen¹. Nach Berechnungen von Hofer & Köbbing (2021)² wären für die Umsetzung der Zielvorgaben der Deutschen Moorschutzstrategie bis 2030 rund 150.000 ha Moorböden wiederzuvernässen. Angesichts der langwierigen Prozesse der Projektentwicklung, der Genehmigungsverfahren und der technischen Umsetzung stellen diese Dimensionen eine enorme Herausforderung dar, mit deren Umsetzung umgehend und mit allen zur Verfügung stehenden Kräften begonnen werden muss.

Dem NABU stehen erhebliche finanzielle Mittel aus der freien Wirtschaft und zukünftig voraussichtlich auch Fördermittel der öffentlichen Hand zur Verfügung, um einen Beitrag zu dieser gesellschaftlichen Aufgabe zu leisten. Mit dem Leitfaden wurde dafür eine Hilfestellung für die praktische Umsetzung entwickelt, in die bereits die ersten Erfahrungen aus den laufenden Sanierungsprojekten des Verbandes einfließen konnten. Es wird weiterhin deutlich, an welchen Stellen noch politischer und verwaltungsrechtlicher Handlungsbedarf gesehen wird, um die Umsetzbarkeit zu verbessern.



Abbildung 1: Landwirtschaftliche Nutzung auf Torfböden; links Maisacker, rechts Intensivgrünland (Foto: Hofer & Pautz GbR).

Der NABU Niedersachsen veröffentlichte im Juli 2014 gemeinsam mit dem Industrieverband Garten e.V. (IVG) das Positionspapier „Entwicklungskonzepte für Hochmoorgebiete unter den Aspekten von Natur- und Klimaschutz und Integration der Rohstoffnutzung“³. Das NABU-IVG-Konzept basiert auf dem Ansatz, die CO₂-Emissionen aus dem Torfabbau und der -nutzung durch zusätzliche Maßnahmen auf Flächen außerhalb der Abbaufäche zu kompensieren. Das Konzept wurde 2017 in das niedersächsische Landes-Raumordnungsprogramm (LRÖP) integriert. Inzwischen wurde das zunächst freiwillig

¹ [Succow Stiftung | Deutschland: MoKka \(succow-stiftung.de\)](https://succow-stiftung.de)

² Hofer & Köbbing (2021): Faktencheck – Was bedeutet die Vorgabe der Deutschen Moorschutzstrategie „Einsparung von Emissionen in Höhe von 5 Millionen t CO₂ Äquivalenten pro Jahr aus Moorböden in Deutschland bis 2030“ in der praktischen Umsetzung? TELMA Band 51, S. 153-164. Hannover

³ [NABU_IVG_Moorkonzept_Kurzfassung](#) und [NABU-IVG-Konzept – Erden und Substrate \(erden-substrate.info\)](https://erden-substrate.info)

eingesetzte Modell verpflichtend bei neuen Abbaugenehmigungen durch das Landesnaturschutzrecht eingeführt.

Das darauf aufbauende NABU-IVG-Konzept beinhaltet als Klimakompensation das Modul der Hochmoorsanierung ohne Torfabbau, auf das sich der hier vorliegende Leitfaden bezieht. Unter einer Hochmoorsanierung wird in Anlehnung an das „NABU-IVG-Konzept“ die Wiedervernässung und Regeneration von zuvor entwässerten und landwirtschaftlich genutzten Hochmoorstandorten verstanden.

Ziele der Hochmoorsanierung sind:

1. Die THG-Emissionen aus den entwässerten, organischen Böden zu reduzieren und den klimarelevanten Gasaustausch der Fläche möglichst kurzfristig zurück zu einer Senkenfunktion zu entwickeln.
2. Eine kohlenstoffakkumulierende Hochmoorvegetation mit ihrer hohen Bedeutung für die moortypische Biodiversität zu etablieren.

Das zweite Ziel kann als Voraussetzung für das erste Ziel des Klimaschutzes gesehen werden.

Der Leitfaden baut auf dem Grundgedanken des Moduls der Hochmoorsanierung des NABU-IVG-Konzeptes 2014 auf und entwickelt es methodisch auf Basis der Ergebnisse des E+E-Vorhabens „Opti-Moor“⁴ und den Handlungsempfehlungen zur Renaturierung von Hochmooren in Niedersachsen (GeoBerichte 45⁵) des Landesamts für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG) weiter.

1.2 Definition der Hochmoorsanierung

Mit dem Begriff der Hochmoorsanierung soll die Wiedervernässung landwirtschaftlich genutzter Hochmoorstandorte mit dem Ziel einer möglichst kurzfristigen Moorentwicklung definiert werden. Der Begriff soll, in Abgrenzung zu den häufig genutzten Begriffen der Renaturierung und Regeneration von naturnahen Sukzessionsstadien oder Abbauflächen, die darüberhinausgehenden erforderlichen Maßnahmen zur Beseitigung der entstandenen erheblichen Vorbelastung der landwirtschaftlichen Vornutzung verdeutlichen:

- Rückbau der Entwässerung (Gräben, Drainage)
- Entfernung der landwirtschaftlichen Vegetation
- Entfernung der Stoffeinträge (Nährstoffe, Kalk, Pflanzenschutzmittel)
- Entfernung des Samenpotenzials der landwirtschaftlichen Nutzpflanzen und Beikräuter im Oberboden
- Wiederherstellung eines weitgehend ebenen Reliefs mit hochmoortypischen Wasserständen an oder knapp unter der Oberfläche

Um den Standort für die Entwicklung einer Hochmoorvegetation vorzubereiten, ist die Entfernung der landwirtschaftlichen Vegetation und der Abtrag des durch diese Nutzung überprägten Oberbodens erforderlich. Eine direkte Vernässung der landwirtschaftlichen Kultur, würde auf nicht absehbare Zeit zur

⁴ Erprobung und Entwicklung der Hochmoorsanierung auf landwirtschaftlich vorgemuteten Standorten zur Erhöhung der Biodiversität und Kohlenstoffspeicherung

⁵ LBEG (2022): Handlungsempfehlungen zur Renaturierung von Hochmooren in Niedersachsen. M. Graf, H. Höper & K. Hauck-Bramsiepe (Redaktion), Kap.6: B. Hofer, H. Wreesmann, V. Huth, A. Bartel & G. Jurasinski: Renaturierung landwirtschaftlich genutzter Flächen

Entwicklung von Binsen- oder Röhrichtbeständen, Schilfröhrichten sowie Bruchwaldstadien führen, die der Entwicklung in Richtung einer hochmoortypischen Vegetation entgegenstehen. Auch wenn sich Torfmoosarten wie etwa Gefranstes Torfmoos (*Sphagnum fimbriatum*) oder Sumpf-Torfmoos (*Sphagnum palustre*) dort etablieren können, ist dies nicht mit den Artenzusammensetzungen hochmoortypischer Pflanzengesellschaften vergleichbar. Die genannten Arten gehören auch nicht zu den wenigen Torfmoosarten, die in der Lage sind, Torf aufzubauen.⁶

Die Klimabilanz der Hochmoorsanierung wird in Hofer (2022)⁷ der aktuellen landwirtschaftlichen Nutzung der Standorte und einer direkten Vernässung ohne Abtrag des Oberbodens über einen Zeitraum von 100 Jahren gegenübergestellt. Prinzipiell führt eine direkte Vernässung der landwirtschaftlichen Standorte mit ihrer frischen Biomasse und dem aufgedüngten Oberboden zu hohen Methan-Emissionen über eine unbekannte Dauer. Der Oberbodenabtrag wiederum führt zu CO₂-Emissionen, da der enthaltene Kohlenstoff mit einer unbekanntem Oxidationsrate freigesetzt wird.

Der Grundsatz für die Hochmoorsanierung lautet folglich:

Der Oberbodenabtrag hat so tief wie nötig und so gering wie möglich zu erfolgen.

⁶ U.a. Gaudig, G. (2001): Literaturstudie über Sphagnum als nachwachsender Rohstoff. Online unter: https://www.moorwissen.de/files/doc/Projekte%20und%20Praxis/Literaturstudie/Gaudig%202001_Sphagnum%20Literaturstudie.pdf

⁷ Siehe hierzu:

B. Hofer (2022): Faktenscheck: Vergleichende Betrachtung der Treibhausgasbilanz einer Sanierung von landwirtschaftlich genutzten Hochmoorböden. TELMA, Bd. 52, S. 175-186, Hannover

Hofer, B., Wreesmann, H., Huth, V., Bartel, A. & G. Jurasinski (2022): Renaturierung landwirtschaftlich genutzter Flächen. Kapitel 6 in: Handlungsempfehlungen zur Renaturierung von Hochmooren in Niedersachsen. Redaktion: Graf, M., Höper, H. & K. Hauck in GeoBerichte 45, S. 59-73, LBEG Hannover

2 Umsetzung der Hochmoorsanierung

2.1 Rechtslage

Hochmoorsanierungen wurden bisher nur in vereinzelten Forschungs- und Pilotprojekten durchgeführt und es besteht daher keine verwaltungsrechtliche Routine im Umgang mit diesen Projekten. Für die Hochmoorsanierung können je nach Größe, räumlichen Zusammenhang und Umsetzungserfordernissen eine Reihe von Genehmigungsverfahren erforderlich werden, die hier im Folgenden ohne Anspruch auf Vollständigkeit aufgeführt werden sollen.

Im einfachsten Fall wird die Maßnahme als Pflegemaßnahme beschrieben und der zuständigen Naturschutzbehörde angezeigt. Dies kann z.B. in Schutzgebieten der Fall sein, wenn die Hochmoorsanierung dem Schutzzweck entspricht.

Raumordnung: Eine raumordnerische Betrachtung kann erforderlich werden, wenn die Hochmoorsanierung in ihrer Auswirkung hingegen raumordnerische Festlegungen z.B. von Vorranggebieten für die Grünlandbewirtschaftung zu prüfen ist. Bei größeren Plangebieten kann allein die Dimension des Projektes eine raumbedeutsame Wirkung entfalten. Lässt sich eine Vereinbarkeit mit den Zielen der Raumordnung ableiten, kann die Möglichkeit auf den Verzicht einer Durchführung eines Raumordnungsverfahrens geprüft bzw. beantragt werden.

Baurecht: Wenn umfangreiche Abtrags- und Auftragsmengen zu planen sind, kann eine baurechtliche Genehmigung erforderlich werden. Diese umfasst z.B. durch die Beteiligung der verschiedenen Träger öffentlicher Belange und Behörden ebenfalls die z.B. naturschutz- und abfallrechtlichen Belange der Maßnahme.

Forstrecht: Forstrechtliche Belange können z.B. bei Einbeziehung von in Grünlandkomplexen eingebetteten Feldgehölzen ebenfalls zu berücksichtigen sein. Eine Doppelkompensation zusätzlich zu einer naturschutzfachlichen Bilanzierung soll vermieden werden.

Raumordnung		Prüfung der raumordnerischen Relevanz des Vorhabens. Gegebenenfalls Durchführung eines ROV oder Antrag auf Verzicht.		
Baurecht	Naturschutzrecht	Forstrecht	Wasserrecht	Abfallrecht
Abtrag Bodenbewegung Verwallungen	Eingriffsregelung Artenschutz UVP Vorprüfung UVP FFH-Verträglichkeit	Forstwirtschaftliche Kompensation	Genehmigungsverfahren Planfeststellungsverfahren mit UVP	Kreislaufwirtschaftsgesetz Abfallstatus Rohstoffeignung

Abbildung 2: Übersicht der möglicherweise betroffenen verwaltungsrechtlichen Belange und Verfahren

Wasserrecht: Die Aufhebung der bestehenden Entwässerung und die Optimierung des Wasserhaushalts steht meist in Verbindung zum Wasserrecht. Änderung von Gewässern, die an mehrere Eigentümer angrenzen, bedürfen wasserrechtlicher Genehmigungs- oder Planfeststellungsverfahren mit Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP). Die Anlage von Vernässungspoldern mit Rückhalt von Niederschlagswasser und temporärem Überstau sowie die Anlage von Wasserspeichern mit höheren Einstauhöhen werden von Unteren Wasserbehörden durchaus unterschiedlich eingestuft – auch hierfür können Genehmigungen notwendig werden. Eine Entnahme von Oberflächenwasser aus Gewässern oder eine Grundwasserentnahme über Brunnen zur Notversorgung von Torfmoosen in sommerlichen Trockenphasen stellt eine zulassungspflichtige Gewässerbenutzung dar und erfordert eine wasserrechtliche Erlaubnis oder eine wasserrechtliche Bewilligung.

Kreislaufwirtschaft: Da es sich bei dem geplanten Abtrag des landwirtschaftlichen Oberbodens nicht um einen nach §8 NNatSchG zu genehmigenden Torfabbau und somit um keinen Rohstoff handelt, sind die Abtragsmengen nach Kreislaufwirtschaftsgesetz zu betrachten. Die in der Fläche zu verbauenden Mengen sind dabei unproblematisch und bedürfen nur der bilanzierenden Darstellung. Sollte das Abtragsvolumen das Einbauvolumen im Plangebiet übersteigen, so sind die Volumina abzufahren und zu verwerten.

Hierfür ist eine abfallrechtliche Betrachtung durchzuführen. Eine Deponierung der Oberbodenmengen ist keine geeignete Lösung, da der verfügbare Deponieraum für die zu erwartenden Mengen (s.o.) nicht zur Verfügung steht. Durch eine gutachterliche Bewertung, z.B. durch eine Torfrohstoffprüfung⁸, kann der rohstoffliche Charakter des Materials festgestellt werden und eine Verwertung in der Erden- und Substratindustrie erfolgen.

Artenschutz: Die Belange des Artenschutzes sind grundsätzlich bei der Erstellung der Planung abzuprüfen und gegebenenfalls erforderliche Kompensationsmaßnahmen einzuplanen.

Um das projektbezogene Erfordernis bezüglich dieser Vielzahl an Verfahren abzuprüfen, ist ein Termin – vergleichbar eines Scopingtermins – mit den beteiligten Behörden im Vorfeld der Planung dringend empfohlen. Hierfür sollte eine Skizze erarbeitet werden, in der die Grundzüge des Projektes dargestellt werden.

⁸ Z.B. LUFA Nord-West: [Boden, Kultursubstrate, Blumenerden, Substratausgangsstoffe \(lufa-nord-west.de\)](http://www.lufa-nord-west.de)

2.2 Planungsphasen

2.2.1 Grundlagenermittlung

Im Vorfeld der Planung einer Hochmoorsanierung sind zunächst einige Datengrundlagen zu erheben. Dabei können vorhandene Daten in Abhängigkeit ihres Erhebungszeitpunktes verwendet werden – sie sollten ein Alter von fünf Jahren möglichst nicht überschreiten.

- Erfassung der Moorstratigraphie mit Bestimmung der Torfe nach der Bodenkundlichen Kartieranleitung⁹. Dies umfasst die Torfart und -mächtigkeit sowie den Zersetzungsgrad nach von POST.
- Vermessung der Oberfläche, der Bohransatzpunkte und des Entwässerungssystems. Digitale Geländemodelle sind eine wertvolle Ergänzung der Vermessung. Eine Überprüfung der Höhenlagen ist dennoch sinnvoll, da sich die dynamischen Standorte über einige Jahre erheblich verändern können (Sackung, Schwund, Oxidation) und zudem der jahreszeitliche Aufnahmezeitpunkt von Bedeutung ist.
- Erfassung der Vegetation auf Basis des aktuell gültigen Kartierschlüssels für Biotoptypen in Niedersachsen.
- Erhebung faunistischer Daten für eine Bearbeitung der artenschutzrechtlichen Erfordernisse.
- Erhebung der hydrologischen Daten zur Kenntnis der Grundwasserstände. Falls keine Messstellen in unmittelbarer Nähe vorhanden sind, so ist ein entsprechendes Messstellennetz einzurichten. Moorwasserstände können ergänzende Informationen zum aktuellen Zustand liefern.
- Erfassung des Entwässerungssystems der landwirtschaftlichen Nutzung. Dies bezieht neben den Gräben die Lage und Tiefe evtl. vorhandener Drainung mit ein. Es können dabei verschiedene Generationen von Drainagen in unterschiedlichen Höhenlagen verlegt worden sein.

Die Notwendigkeit weiterer Grundlagenerhebungen zu gebietsspezifischen Aspekten ist im Vorfeld in dem empfohlenen Behördentermin abzustimmen.



Abbildung 3: Weiß- und Schwarztorf im Guts-Bohrer. Oben: Locker gelagerter und daher wasserzügiger Weißtorf. Unten: Kompakterer Schwarztorf.



⁹ Ad-hoc-Arbeitsgruppe Boden: Bodenkundliche Kartieranleitung, Hrsg.: Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe in Zusammenarbeit mit den Staatlichen Geologischen Diensten, 5. Aufl., 438 S. Hannover 2005

2.2.2 Planinhalte

Auf Basis dieser Datengrundlage können die erforderlichen Planunterlagen erstellt werden. Diese umfassen in Abhängigkeit der notwendigen Genehmigungsverfahren folgende Elemente:

- Beschreibung und Bewertung der erfassten / vorliegenden Datengrundlagen
- Ausführungsplanung (textlich und in Plänen/Schnitten) mit
 - Einteilung von Poldern und Polderhöhen
 - Lage und Dimensionierung der Verwallungen
 - Lage und Höhe von regelbaren Überläufen
 - Volumenermittlung der Abtragsmengen und des Materialbedarfs für den Verwallungsbau und den Grabenschluss
 - wasserwirtschaftliche und hydraulische Planungen, soweit Gewässer verändert werden sollen
- Eingriffsbeschreibung für die Schutzgüter, ggfls. UVP-Vorprüfung und / oder FFH-Vorprüfung

Das Projekt sollte in einem Erläuterungsbericht nachvollziehbar dargestellt werden. Teil der Betrachtung ist ebenfalls die Erstellung einer Klimabilanz. Diese sollte folgende Aspekte umfassen:

- aktuelle THG-Emissionen des Gebietes anhand des aktuellen Bewuchses
- Kohlenstoffspeicher in den vorhandenen Torfen
- Modellierung der zukünftigen Entwicklung der THG-Bilanz
 - unter Beibehaltung der aktuellen Nutzung und
 - unter Durchführung der geplanten Maßnahmen

Die weiteren Inhalte der Antragsunterlagen sind je nach anzuwendendem Verfahren mit den verfahrensführenden Behörden in dem empfohlenen Vortermine abzustimmen.

2.2.3 Vorbereitung der Vergabe

Für die folgende praktische Umsetzung des Projektes ist ein Verzeichnis der durchzuführenden Leistungen zu erstellen. Diese dient zur Ausschreibung und Auftragsvergabe von Dienstleistern und zur Kalkulation der zu erwartenden Kosten.

Folgende Positionen sind in der Regel zu berücksichtigen:

- Einrichtung der Baustelle
- Freistellung der Flächen und/oder Baustrassen von Gehölzen
- Abtrag des landwirtschaftlichen Oberbodens
- Auskoffern von Drainschächten und Abtransport des Kunststoffmaterials
- Planierung der Polderflächen mit ungestörtem Torf
- Einbau des stark zersetzten Oberboden-Materials in die Verwallungen und Abdeckung mit ungestörtem Torf
- Einbau von regelbaren Überläufen
- Einbau von stark zersetztem Oberboden-Material in die Gräben und Abdeckung mit ungestörtem Torf

- Abtransport von überschüssigem Material
- Einrichtung einer Torfmoos-Vermehrungsfläche
- Ausbau eines Wasserreservoirs
- Installation einer Not-Wasserversorgung mit Photovoltaik-Energieversorgung (z.B. Grundwasserbrunnen oder Pumpe in einem Gewässer)



Die anzuwendenden Positionen sind zu beschreiben und entsprechende Kubaturen, Strecken und Stückzahlen zu berechnen.

Abbildung 4: Von Flatterbinsen dominiertes Hochmoorgrünland.

2.2.4 Aufstellung eines Ablaufplans

Zur besseren Koordination der verschiedenen Untersuchungen, die teilweise jahreszeitlich gebunden sind, Genehmigungsverfahren, die mit Fristen versehen sind und zeitlichen Einschränkungen der Umsetzung aufgrund von Befahrbarkeit, Brut- und Setzzeiten, ist die Aufstellung eines zeitlichen Ablaufplans für die einzelnen Positionen sinnvoll.

Dieser Plan kann ebenfalls die Bildung von Abschnitten berücksichtigen, da gerade bei größeren Gebietskulissen die Gesamtfläche aus technischen Gründen nicht auf einmal bearbeitet werden kann und aus Gründen der Eingriffsminderung auch nicht soll.

Die Abfolge von einzelnen Arbeitsschritten (z.B. Oberbodenabtrag, Auskoffnung von Drainen oder Weißtorf unter Verwallungen, Verfüllung mit Oberboden, Abdeckung mit Weißtorf) kann ebenfalls in einem Ablaufschema vorgeplant werden. Wichtig ist u.a., dass die Oberfläche für die Moorentwicklung vollständig von dem landwirtschaftlichen Oberboden befreit ist.

2.3 Technische Umsetzung der Wiedervernässung

2.3.1 Flächenvorbereitung

In Projektgebieten mit Gehölzbeständen, sind diese vor Beginn der flächigen Maßnahmen zu entfernen. Da dies nur außerhalb der Brut- und Setzzeiten erfolgen kann, ist der vorgeschaltete Arbeitsschritt in der Zeitplanung zu berücksichtigen.

In Gebieten mit größeren Mächtigkeiten können die Stubben gezogen werden, ohne dass die dichtende Funktion der Torfe gefährdet wird. Bei schwächeren Torfauflagen ist das Ziehen zu vermeiden, um diese Funktion der gewachsenen Torfe nicht zu beeinträchtigen. Das Abfräsen der Stubben mit einer Forstfräse stellt eine gute Vorgehensweise dar, um die Bereiche für die anschließende Oberflächengestaltung planierbar zu machen.

Häufig stehen Gehölze an Flurstücksgrenzen und -gräben und befinden sich mit ihren Wurzeln somit auch potenziell im Bereich von Verwaltungslinien. Dies erfordert eine gründliche Behandlung auch des Wurzelstocks, um die folgenden technischen Maßnahmen des Verwaltungsbau zu ermöglichen.



Abbildung 5: Oberbodenabtrag mit Hydraulikbagger und Kübelraupe (Foto: B. Hofer 2020)

2.3.2 Oberbodenabtrag

Für den Oberbodenabtrag stehen grundsätzlich zwei Maschinen zur Verfügung:

- Planierraupe
- Hydraulikbagger

Der Einsatz einer Planierraupe bietet die Vorteile einer schnelleren und kostengünstigeren Bearbeitung der Fläche. Durch das Hin- und Herfahren in der Schubbewegung wird die abgeschobene

Oberfläche aber immer wieder überfahren und – wenn auch nur geringfügig – wieder mit Oberboden kontaminiert.

Mit dem Hydraulikbagger wird der Oberboden in einem Gang bis auf die Abtragstiefe abgezogen. So kann der Bagger rückläufig die Fläche bearbeiten, ohne sie wieder überfahren zu müssen. Der Bagger kann das Material entweder zwischenmieten oder direkt auf das Transportsystem (Traktor mit Dümpfer oder Moor-Kübelraupe) aufladen.

Der Einbau der Bewässerungsgruppen für eine evtl. vorgesehene Torfmoos-Beimpfung ist mit der Flächenbearbeitung durchzuführen, da die abgezogenen Flächen anschließend nicht mehr befahren werden sollten (s. Abbildung 5).

Beide Systeme arbeiten mit einer ausreichenden Genauigkeit hinsichtlich der herzustellenden Höhen, die mit dem Vermessungs-GPS eingerichtet bzw. kontrolliert werden müssen. Der Einsatz eines Bau-Lasersystems ist ebenfalls eine mögliche Variante.

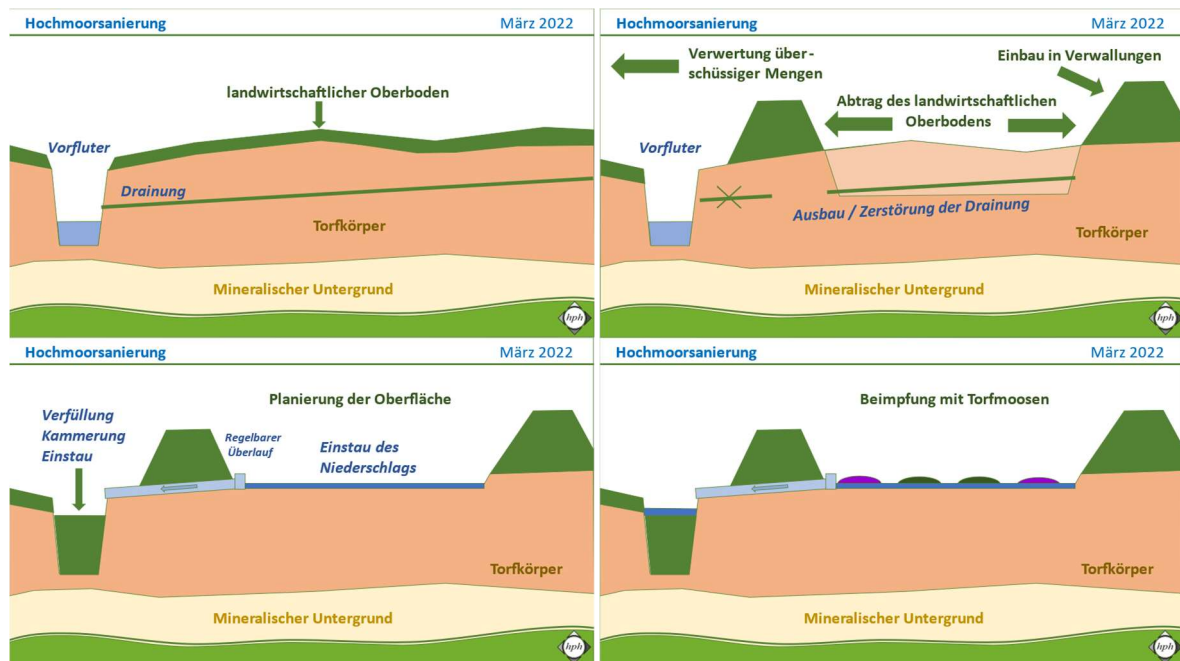


Abbildung 6: Ablaufschema der Hochmoorsanierung mit Torfmoos-Beimpfung

2.3.3 Verwaltungsbau mit Überläufen

Der Verwaltungsbau kann parallel zum Oberbodenabtrag erfolgen. Das Schließen der Verwaltung sollte jedoch erst mit Fertigstellung der Polderoberfläche durchgeführt werden.

Die Verwaltungslinien sind bei der stratigraphischen Untersuchung der Flächen besonders zu berücksichtigen, um hier Aussagen zum Schichtaufbau zu haben. Falls an der Oberfläche lateral wasserzügige Weißtorfe vorhanden sind, sind diese unter der Verwaltung auszukoffern und durch stärker zersetzte

Torfe (Oberboden) zu ersetzen. Der ausgekofferte Weißtorf kann zur Abdeckung der Verwallungen genutzt werden.

Ein Durchziehen der Vewallungstrasse vor dem Aufbau bis auf Draintiefe ist geeignet, um evtl. nicht gezogene Drainungen zu zerstören. Diese "Suchgräben" sollen anschließend wieder mit dem Baggerlöffel verdichtet werden.

Die Verwallungen sollen mindestens nach den Vorgaben der GeoBerichte 45 dimensioniert werden. In der Praxis haben sich breitere Kronenbreiten für eine Befahrbarkeit zur Pflege und Reparaturarbeiten bewährt. Dies kann, falls nötig, auf Kosten von etwas steileren Böschungswinkeln geplant werden, da breitere Böschungen auch mit höherem Pflegeeinsatz einhergehen.

Tabelle 1: Erforderliche Torfmengen zum Bau von Dämmen, abhängig von der Dammhöhe und dem Böschungsverhältnis (GeoBerichte 45, Tab. 4.1)

Dammhöhe m	Böschungsverhältnis 1:	Kronenbreite m	Dammgrund m	Volumen je laufendem Meter m
1,0	2	3	7	5,0
1,5	2	3	9	9,0
2,0	2	3	11	14,0
1,0	3	3	9	6,0
1,5	3	3	12	11,3
2,0	3	3	15	18,0

Die Verwallungen werden mit dem stark zersetzten Oberboden aufgebaut. Für die zu erwartende Sackung und Setzung des Materials ist eine ca. 30%ige Überhöhung im Einbau sinnvoll. Die Verwallungen sollen im Anschluss durch Andrücken mit dem Baggerlöffel und durch Befahren verdichtet werden.

Ein Abdecken der Verwallungen mit unbelastetem Torf ist zu empfehlen, um das direkte Aufkommen von Arten der landwirtschaftlichen Nutzung in unmittelbarer Nähe der Polder zu vermeiden. Von diesen Linien aus würde sich die unerwünschte Vegetation schnell in den Bereich der Hochmoorsanierung ausbreiten können.

Mit Fertigstellung der Verwallungen sind die regelbaren Überläufe einzubauen. Eine Fixierung der schwenkbaren Kniestücke beugt ungewollten Veränderungen der Wasserstände vor.



Eine Fixierung der Rohre an bis in den mineralischen Untergrund eingetriebenen Metallankern ist sinnvoll, um eine Veränderung der Höhenlage zu vermeiden. Zugleich sollte bei stärkerer Sackung der Verwallungen die Lage des Rohrdurchlasses beobachtet werden. Wenn die Sackung der Verwallung zu einem Hohlraum unter dem Rohr führt, sind ungewünschte Abflüsse die Folge.

Abbildung 7: Regelbarer Rohrdurchlass

2.4 Technische Umsetzung der Bulttorfmoos-Beimpfung

2.4.1 Flächenvorbereitung

Nachdem die Flächen abgezogen, einplaniert und verwallt sind, sind für das Wassermanagement die Einrichtung der Bewässerungsgruppen und die regelbaren Überläufe von Bedeutung.

Die Oberflächenstruktur muss nicht vollständig eben sein, da eine etwas rauere Struktur den Torfmoosen kleinräumig unterschiedliche Standortbedingungen bieten. Im Schatten größerer Torfbrocken können günstige mikroklimatische Bedingungen herrschen. Senkrechte Strukturen sind gut geeignet zum „Emporklimmen“, tiefere Schlenken bieten länger Feuchtigkeit.



Abbildung 8: Beispiel einer Vermehrungsfläche und der Flächenbeimpfung mit Torfmoosen

Bei größeren Projekten wird eine sofortige vollständige Beimpfung nicht möglich sein und im Rahmen des Fortschritts der Sanierung zunächst mit Vermehrungsflächen zu arbeiten sein. Die Aufskalierung von diesen Ausgangsflächen kann nach wenigen Jahren im Faktor von 1:10 erfolgen.

2.4.2 Beimpfung¹⁰

In Norddeutschland sind einige Quellen zum Erwerb von Torfmoos-Beimpfungsmaterial vorhanden. Es werden unterschiedliche Arten angeboten. Für den Besatz mit Torfmoosen ist mit einem Faktor von mindestens 10 m³ je Hektar zu rechnen. Je nach vorhandener Technik sind die Torfmoose von Hand oder mit einem umgebauten Miststreuer auszubringen. Eine Abdeckung mit Stroh hat sich als günstig erwiesen, um gerade für die ersten Anwuchsphasen die empfindlichen Moose vor dem Austrocknen zu bewahren. Eine Ausbringung im Herbst hat den Vorteil, dass sich die Moose bis zu einer extremen sommerlichen Einstrahlung einige Monate etablieren können. Eine Ausbringung im Frühjahr bietet den Vorteil, dass die Moose direkt in die Wachstumsphase gehen. Nur ein Ausbringen im Sommer sollte vermieden werden.

2.4.3 Wasserversorgung

Vor allem im hydrologischen Sommerhalbjahr (Mai bis Oktober) müssen die Hochmoorsanierungsflächen erfahrungsgemäß aktiv bewässert werden. Dieses Wassermanagement soll angeimpfte Polder in den ersten Jahren die empfindliche Phase der Vegetationsentwicklung hin zu einem stabileren selbstregulierenden Acrotelm unterstützen. Ein aktives Wassermanagement kann im größeren Maßstab nicht dauerhaft für das Gesamtgebiet mit verhältnismäßigem Aufwand durchgeführt werden.

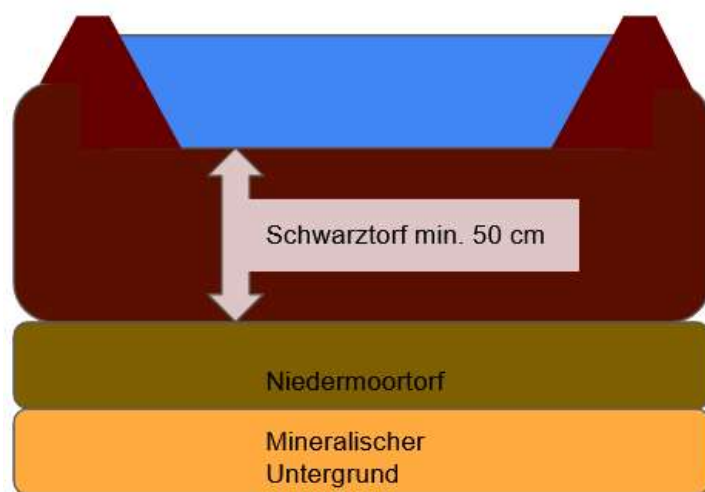


Abbildung 9: Schematische Darstellung eines Reservoirs aus Schwarztorf

Sofern es die örtlichen Gegebenheiten zulassen ist eine Wasserversorgung aus einem offenen Wasserreservoir, das im hydrologischen Winterhalbjahr mit Regenwasser gefüllt wird zu bevorzugen. Idealerweise lässt sich bei der Planung eine Teilfläche auspoldern und in dem vorhandenen Schwarztorf ein Reservoir ausbauen. Hierbei gelten die Anforderungen an die Abdichtung der Polderwälle (s. 3.2.2) im Besonderen. Da das Regenwasser im Torf-Reservoir verweilt, kann es vorgepuffert werden und einen pH-Wert annehmen, der hochmoortypisch ist. So wird eine unerwünschte Artenverschiebung auf den angeimpften Flächen vermieden. Die Sickerverluste halten sich bei

¹⁰ s. hierzu: DBU-Leitfaden zur Torfmoosvermehrung und -etablierung für Renaturierungszwecke (2022)

ausreichender Schwarztorf-Mächtigkeit in akzeptablen Grenzen¹¹. Die Bewässerung findet vor allem im hydrologischen Sommerhalbjahr statt. Das Volumen des Reservoirs im Verhältnis zu der zu bewässernden Fläche ist dabei entscheidend für den Erfolg der Hochmoorsanierung.

Aus einer offenen Wasserfläche verdunsten zwischen 600 mm und 700 mm je Quadratmeter im Jahr. Bei einer Hochmoorvegetation liegt die Verdunstung zwischen 450 mm und 600 mm. Ca. 80 % der jährlichen Verdunstung entfallen auf das hydrologische Sommerhalbjahr¹². Das Reservoir sollte daher in Abhängigkeit von der Wassersäule, denn Verdunstung findet nur an der Oberfläche statt, dimensioniert werden. Wie sich die Wassersäule auf die Dimensionierung des Reservoirs auswirkt, ist der untenstehenden Tabelle zu entnehmen. Grundlage für die Berechnung waren Erfahrungswerte eines niederschlagsfreien Sommerhalbjahrs. Die Angaben beziehen sich auf eine zu versorgende Beimpfungsfläche von einem Hektar.

Tabelle 2: Reservoirfläche im Verhältnis zur Wassersäule (bezogen auf 1 ha Vernässungsfläche)

Wassersäule in m	Reservoirfläche in m ²
1	11.000
1,5	5.900
2	3.500

Für die Einrichtung des Reservoirs in der Höhe relativ zu der zu bewässernden Fläche gibt es grundsätzlich zwei Möglichkeiten:

- Liegt das Wasserreservoir oberhalb der Bewässerungsfläche, kann das Wasser in freier Vorflut abgegeben werden.
- Liegt das Reservoir unterhalb der Bewässerungsfläche, muss Wasser aus dem Reservoir in die Fläche gepumpt werden.

Eine tiefe Lage des Reservoirs im Plangebiet bietet den Vorteil, dass Überschusswasser aus dem zu vernässenden Gebiet in das Reservoir abgeleitet werden kann. Die Wasserversorgung ist z.B. über eine Schwimmersteuerung bedarfsgerecht zu steuern.

¹¹ Vgl. hierzu: Blankenburg (2004)

¹² Lechner, K. (1993) in: Taschenbuch der Wasserwirtschaft. Bretschneider, H, Lechner, K, Schmidt, M. (Hrsg.). Paul Parey.

Für das Wassermanagement hat sich der Einsatz einer solarbetriebenen Schmutzwasserpumpe mit Trockenlaufschutz bewährt. Da die Verdunstung insbesondere in den sonnenstundenreichen Monaten stattfindet, und Sanierungsflächen oft nicht direkt am Bestandsnetz liegen, stellen Inselanlagen für Solarstrom die bedarfsgerechte Lösung dar. Zudem sind sie geräuscharm und, einmal aufgestellt, bedürfen sie kaum noch der Wartung. Sollte die Pumpe oberflächennah eingebaut sein, müsste sie zwecks Frostschutzes in den Wintermonaten eingelagert werden.

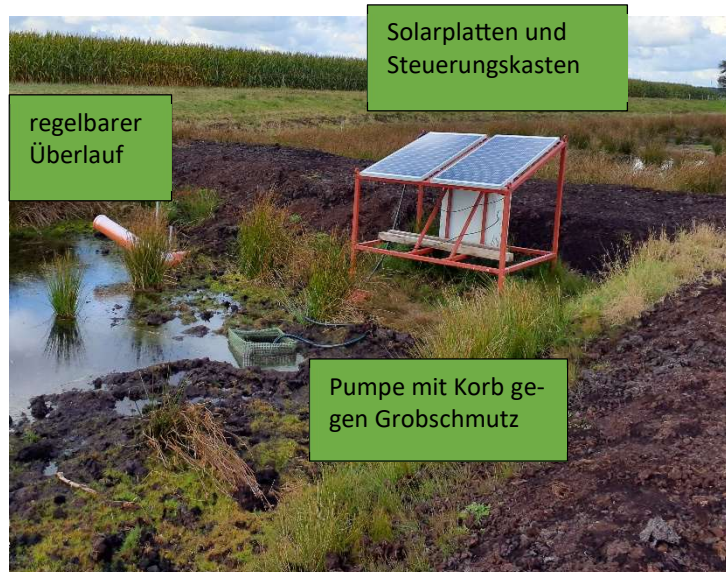


Abbildung 10: Wassermanagement in einer ehemaligen Abbaufläche. Die Anlage steht im Wasserreservoir.

Zur Notversorgung empfiehlt es sich einen Grundwasserbrunnen auszubauen.

Aus diesem kann mittels Tiefbrunnenpumpe (frostsicher eingebaut) das Reservoir bei zu lange anhaltenden Trockenperioden befüllt werden. Dieses Grundwasser muss aus Gründen der Wasserqualität in dem Wasserreservoir vorgepuffert werden und sollte nicht ohne Weiteres direkt in die Fläche gebracht werden. Auch empfiehlt sich eine Grundwasseranalyse im Vorfeld durchzuführen, um Nährstofffracht und pH-Wert des Grundwassers abschätzen zu können.

Die Entnahme aus Oberflächengewässern ist eine Alternative, die im Einzelfall betrachtet werden muss. Nährstofffrachten aus der landwirtschaftlich genutzten Kulturlandschaft bilden hierbei häufig Ausschlusskriterien für die Entnahme zur Hochmoorsanierung.

Eine Wassersentnahme zur Ergänzung der zurückgehaltenen Niederschlagsmengen wird niederschlagsarme Phasen in den Sommermonaten mit hohen Temperaturen betreffen. In diesen Phasen sind Oberflächengewässer und Grundwasserkörper ebenfalls im Bereich ihrer Tiefststände und daher nur schonend zu nutzen. Grundsätzlich handelt es sich daher um eine Notversorgung, um in extremen Wetterlagen den Verlust der frisch angeimpften empfindlichen Torfmoose zu vermeiden.

2.5 Monitoring

2.5.1 Hydrologie

Die vorhandenen Messstellen aus den Genehmigungsverfahren können die Basis eines Monitorings bilden. Die Grundwassermessstellen sind in der Regel ausreichend, um auch ein Abbild im weiteren Projektverlauf zu liefern.

Durch die Einrichtung des Monitorings vor der Umsetzung der Maßnahmen wird die Ausgangssituation erfasst und somit lässt sich eine Veränderung durch die durchgeführten Maßnahmen erfassen. Das

Moorwasser-Messstellennetz wird gegebenenfalls gezielt nach der Einrichtung der Maßnahmen zu ergänzen sein.

Der Einbau von Datenloggern ist zwar mit höheren Kosten verbunden, reduziert aber die Ablesefrequenz und verdichtet die erfassten Daten.

2.5.2 Vegetation

Über die Einrichtung von Dauerquadraten und/oder Transekten lässt sich die Entwicklung der Vegetation dokumentieren

Der Einsatz von Drohnen ist ein einfaches Instrument, um flächenbezogene Veränderungen der Vegetationszusammensetzung und z.B. des Deckungsgrades der Torfmoose in dem Gebiet zu erfassen und zu dokumentieren.

Da infolge der Vernässung und ggf. auftretender Rückquellung der ehemals entwässerten Torfe zudem die Betretungssicherheit nicht immer gegeben ist, bietet sich ein Drohneneinsatz auch in schwierig zu begehenden Flächen an.

Fotostandorte mit festgelegten Blickrichtungen können die Dokumentation der Flächenentwicklung zusätzlich unterstützen.

2.5.3 Relief

Über photogrammetrische Auswertung von Luftbildern (Drohnenbefliegung) können digitale Oberflächenmodelle prozessiert werden. Diese sehr hoch aufgelösten und georeferenzierten Modelle bieten die Option den Massenaufwuchs der Torfmoose zu erfassen. Veränderungen des Torfkörpers über Sackungen oder Aufquellen oder die „Mooratmung“ im Jahresverlauf lassen sich ebenfalls dokumentieren. Diese Daten unterstützen die Aussagen des hydrologischen und vegetationskundlichen Monitorings.

3 Verwertung überschüssiger Oberbodenmengen

3.1 Verwertungsansatz „Topsoil“

Das NABU-IVG-Konzept von 2014 sieht eine stoffliche Nutzung überschüssiger Bodenmengen vor. Der durch die landwirtschaftliche Nutzung überprägte Oberboden kann zwar aus Rohstoffsicht nicht als unbelasteter Torf angesehen werden, mit einer umfassenden Behandlung wie der Dämpfung und Aufbereitung ist er aber geeignet, um als Substratausgangsstoff in Blumenerden und möglicherweise auch in Profisubstraten eingesetzt zu werden. Um den Unterschied zwischen Hochmoortorf und landwirtschaftlichem Oberboden zu verdeutlichen, hat sich für dieses Material der Begriff „Topsoil“ etabliert.

Der Einsatz dieses Stoffes in der Erdenproduktion entspricht dem Sinn der Kreislaufwirtschaft und reduziert den Einsatz von frisch gewonnenem Torf - in dieser Funktion kann der Einsatz von Topsoil aufgrund seiner torfähnlichen Eigenschaften zu einer Vermeidung von Torfimporten führen.

Die Zusammenarbeit mit der Erdenindustrie verhindert, dass eine Entsorgung der Erdenmengen erforderlich wird, für die der zur Verfügung stehende Deponieraum weder ansatzweise ausreicht noch es Intention der Deponieplanung war, unbelastete Böden mit sehr hohem organischem Anteil aufzunehmen.

Zudem kann über Dienstleistung der Betriebe der Erdenindustrie und die Verwertung des Topsoils eine kostengünstigere Umsetzung der Sanierungsmaßnahme erreicht werden, da die Industrie über langjährige Erfahrung in der Wiedervernässung und die notwendige maschinelle und personelle Ausstattung verfügt. Mit der Nutzung des Topsoils ergibt sich ein Lösungsansatz, der zu einer dringend erforderlichen Beschleunigung und Ausweitung (Upscaling) der Wiedervernässung der Moore führen kann. Der eingesetzte Topsoil kann auf den Erden und Substraten durch einen Hinweis „Torf aus Hochmoorsanierung“ gekennzeichnet werden.

3.2 Abfallrechtliche Bewertung

Der Abtransport von Teilmengen des landwirtschaftlichen Oberbodens erfordert eine abfallrechtliche Betrachtung. Da potenzielle Verwerter des Materials wie Erden- und Substratwerke voraussichtlich keine entsprechende Genehmigung zur Annahme von Abfällen haben, ist die Beendigung des Abfallstatus mit Verlassen der Projektfläche festzustellen. Dies kann gutachterlich z.B. durch eine fachgutachterliche Einschätzung der Torfe erfolgen. Eine Torfrohstoffprüfung durch ein Labor kann zusätzliche Daten bereitstellen, die die gutachterliche Bewertung als Beleg für die rohstoffliche Eignung unterstützen können.

Anhang A: Regeln zur Bewertung des Klimaeffekts

Die Hochmoorsanierungsprojekte des NABU sind dem freiwilligen Klimaschutz zuzuordnen. Die durch das Projekt vermiedenen THG-Emissionen und evtl. erreichte Kohlenstoffspeicherungen werden in Tonnen Kohlendioxidäquivalenten (t CO₂ äq) berechnet, sind aber nicht unmittelbare „Währung“ im Verhältnis zu den Förderern der Projekte. Der Benefit der Mittelgeber besteht allein in der Nutzung ihrer freiwilligen Unterstützung dieser NABU Moor- und Klimaschutzprojekte.

Im Sinne der Transparenz und Glaubwürdigkeit werden die erreichten bzw. erreichbaren Klimaeffekte der Projekte dezidiert erfasst und dargestellt. Das einzurichtende Monitoring dient ebenfalls zur Gewährleistung der geplanten Wirkungen der Maßnahmen.

Die hier erarbeitete Methodik stützt sich auf die folgenden Grundlagendaten und methodischen Ansätze:

- VCS module VMD0036 Methodology for Rewetting Drained Temperate Peatlands¹³
- Geofakten 38 - Höper, H. (2022): Treibhausgasemissionen der Moore und weiterer kohlenstoffreicher Böden in Niedersachsen. – Geofakten 38: 23 S., 1 Abb., 10 Tab., 2 Anh.; Hannover (LBEG).¹⁴
- MoorFutures® Integration von weiteren Ökosystemdienstleistungen einschließlich Biodiversität in Kohlenstoffzertifikate – Standard, Methodologie und Übertragbarkeit in andere Regionen¹⁵
- GEST-Model –Entwicklung von Grundsätzen für eine Bewertung von Niedermooren hinsichtlich ihrer Klimarelevanz¹⁶

Die praxisorientierten Proxy-Methoden, die derzeit in Europa entwickelt werden (auf der Grundlage von Wasserstand, Vegetation und Bodensenkungen), sind sehr vielversprechend im Hinblick auf die Forderung nach messbaren, berichtspflichtigen und überprüfbaren Klimaschutzmaßnahmen¹⁷. Mit diesen Methoden - obwohl weitere Entwicklungen notwendig sind und in laufenden Forschungs- und Umsetzungsprojekten vorangetrieben werden – besteht eine kosteneffiziente und zuverlässige Festlegung von Referenzwerten und Überwachung von Treibhausgasemissionen.

Der Ansatz erfordert, die Ergebnisse der einzelnen Maßnahmen zu quantifizieren und - dank der Bewertungsmethoden - in kohärenter und transparenter Weise zu berichten. Eine angemessene Überprüfung durch Dritte ist wichtig, um Vertrauen zwischen den Parteien zu schaffen und

¹³ VCS moduls sind auf der VCS website verfügbar:

[VM0036 Methodology for Rewetting Drained Temperate Peatlands v1.0 - Verra](#)

¹⁴ [Geofakten | Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie \(niedersachsen.de\)](#)

¹⁵ H. Joosten, K. Brust, J. Couwenberg, A. Gerner, B. Holsten, T. Permien, A. Schäfer, F. Tanneberger, M. Trepel & A. Wahren (2013): Integration von weiteren Ökosystemdienstleistungen einschließlich Biodiversität in Kohlenstoffzertifikate – Standard, Methodologie und Übertragbarkeit in andere Regionen. Hrsg.: BfN Bundesamt für Naturschutz, Bonn

¹⁶ J. Couwenberg, J. Augustin, D. Michaelis, W. Wichtmann & H. Joosten (2008): Entwicklung von Grundsätzen für eine Bewertung von Niedermooren hinsichtlich ihrer Klimarelevanz. Endbericht

¹⁷ http://www.imcg.net/media/download_gallery/climate/joosten_couwenberg_2009.pdf

sicherzustellen, dass angemessene Informationen zur Verfügung stehen, um die Fortschritte im Hinblick auf die Ziele des UNFCCC bewerten zu können.¹⁸ 21

Der freiwillige Kohlenstoffmarkt basiert auf sehr spezifischen Kriterien für die Messung, Berichterstattung und Überprüfung von Kohlenstoffgutschriften, die da wären

- **Messbarkeit:** Damit wird sichergestellt, dass die durch ein Projekt erzielte Emissionsreduzierung auf transparente und überprüfbare Weise quantifiziert werden kann. So wird beispielsweise zur Messung der Projektstandorte in Deutschland Emissionsfaktoren aus den Geofakten 38 ein angepasster Ansatz für Treibhausgasemissions-Standorttypen (GEST) verwendet. In anderen geographischen Räumen (z.B. Baltikum, Skandinavien) werden Daten und Klassifizierungen der Standorttypen aus diesen Ländern verwendet und die Messbarkeit so verbessert.
- **Überprüfbarkeit:** Dies setzt voraus, dass ein unabhängiger Dritter in der Lage sein muss, die Quantifizierung der Emissionsreduzierung auf der Grundlage zuvor festgelegter Kriterien zu überprüfen. Die Verifizierbarkeit bietet den Mittelgebern der Projekte Sicherheit.
- **Konservativität:** Dies bedeutet, dass die Emissionen im Basisszenario unterschätzt und im Projektszenario überschätzt werden. Dies trägt dazu bei, dass ein Projekt mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit seine Ziele für die Reduzierung der Treibhausgasemissionen erreichen wird.
- **Verlässlichkeit:** Eine vollständige und zuverlässige Dokumentation ist nicht nur notwendig, um Doppelvermarktung zu vermeiden, sondern auch, um Vertrauen in den Markt zu schaffen. Aus diesem Grund werden die NABU-Projekte auf der Internetplattform des NABU veröffentlicht und dokumentiert.
- **Transparenz:** Die Projektplanung, das Monitoring und die Berichte bieten eine offene und transparente Aufzeichnung aller Aspekte der Klimaprojekte und sind dem Fördermittelgeber zugänglich.
- **Diversität:** Die Projekte sollten nicht zur Verschlechterung der sozioökonomischen oder ökologischen Bedingungen beitragen, sondern diese vielmehr erhalten oder verbessern.
- **Dauer:** Dies bezieht sich auf die Dauer eines Hochmoorsanierungsprojekts. In der Regel beträgt sie 50 Jahre.
- **Nachhaltigkeit:** Wenn Projekte zur Emissionsreduzierung auslaufen, besteht das Risiko, dass eingesparter oder gebundener Kohlenstoff wieder freigesetzt wird, weil möglicherweise keine weiteren Mittel zur Verfügung stehen. Um dieses Risiko zu vermeiden oder zu verringern, werden Umkehrungen durch langfristige Verträge, den Kauf der Flächen oder rechtliche Maßnahmen verhindert und tatsächlich dauerhaft gemacht.
- **Leckage:** Dieser Begriff beschreibt den Fall, dass durch die Durchführung eines Reduktionsprojekts höhere Emissionen außerhalb der Projektgrenzen verursacht werden. Im Allgemeinen müssen die Projekte so konzipiert sein, dass dies verhindert wird.
- **Zusatznutzen:** Dies bezieht sich auf andere Vorteile als die Emissionsreduzierung, die sich aus der Wiedervernässung und/oder der Wiederherstellung der Funktionalität von

¹⁸ Joosten et al. 2015 - <https://www.bfn.de/fileadmin/BfN/service/Dokumente/skripten/Skript407.pdf>

Mooren ergeben. Dazu können die Verbesserung der Wasserqualität, die Abflusdämpfung, die Grundwasseranreicherung, die Verdunstungskühlung und die Erhöhung der moortypischen Artenvielfalt gehören.

Zusammenfassend lässt sich die Methodik folgendermaßen beschreiben:

Der Flächenbezug fokussiert auf Torfböden, die zur land- oder forstwirtschaftlichen Nutzung, für den Torfabbau oder andere Nutzungen entwässert worden sind. Zunächst findet die Erfassung der THG-Emissionen für die Ausgangssituation statt:

- **Baseline:** Die Reduzierung der THG-Emissionen durch eine Projektaktivität wird im Verhältnis zu den Basisemissionen für die Projektlaufzeit quantifiziert. Die Basis-THG-Emissionen werden aus dem Basisszenario des Projektgebiets abgeleitet. Das Basisszenario ist eine Fortführung der aktuellen Moorland-Zustandskategorie und damit eine Fortführung der aktuellen THG-Emissionen ("business as usual"). Zudem wird über die aktuelle Kartierung des Torfkörpers der Kohlenstoffspeicher erfasst und die THG-Emissionen auf der Zeitachse modelliert. Die Erfassung erfolgt nach der oben beschriebenen Methodik der Messbarkeit und unter Berücksichtigung eines konservativen Ansatzes.

Anschließend wird das angestrebte Projektziel definiert.

- **Projektziel:** Die Projektplanung erfolgt unter Beachtung der Parameter der Transparenz, der Diversität, Nachhaltigkeit, Leckage und des Zusatznutzens. Danach werden für den geplanten Zielzustand die zu erwartenden Emissionsfaktoren nach den Vorgaben des Parameters der Messbarkeit berechnet.

Im Sinne der Überprüfbarkeit ist die Installation eines Monitoringprogramms von besonderer Bedeutung:

- **Monitoring:** Über das hydrologische und Oberflächen-Monitoring können kurzfristige Änderungen, über das Vegetationsmonitoring mittel- bis langfristige Entwicklungen erfasst und dokumentiert werden.

Anhang B: Modellierung der Klimarelevanz

Eine Bewertung der Klimarelevanz sollte im Vergleich zu der aktuellen landwirtschaftlichen Nutzung als "Nullvariante" erfolgen. Die aktuellen THG-Emissionen können über die Zuordnung von Emissionsfaktoren für die Biotoptypen bzw. Nutzungsklassen kalkuliert werden (Geofakten 38). Die Nullvariante in der folgenden Abbildung wurde für eine dem landesweiten Durchschnitt der Nutzungsverteilung in Niedersachsen berechnet und geht von einer ausreichenden Mächtigkeit und Vorflut aus, die die Nutzung für den Betrachtungszeitraum zulässt.

Durch eine Wiedervernässung werden zunächst die CO₂-Emissionen im Projektgebiet (on-site) weitgehend gestoppt. Die weitere Entwicklung des klimarelevanten Gasaustausches hängt von der Behandlung des landwirtschaftlichen Oberbodens ab.

In der Variante ohne Oberbodenabtrag (direkte Vernässung – in der Abbildung 11 Varianten 2 und 3) kommt es zu hohen Methan-Emissionen (on-site), die sich aus der anaeroben Umsetzung der frischen Biomasse in den wiedervernässten Flächen speisen. Die Höhe dieser Emissionen läuft dem Retentions-Effekt der Maßnahme hinsichtlich der Kohlendioxid-Emission in der Klimabilanz mit 24,325 t CO₂äq/ha/a¹⁹, entsprechend dem Messwert für Variante 2 von 97,3 g/m²/a des BfN-Projektes OptiMoor, entgegen. Eine offene Frage ist, wie lange diese Methan-Emissionen auf dieser Höhe anhalten - hierzu fehlen belastbare Langzeitstudien. In der Abbildung 12 ist ein Rückgang der Emissionen nach 10 Jahren und nach 20 Jahren dargestellt.

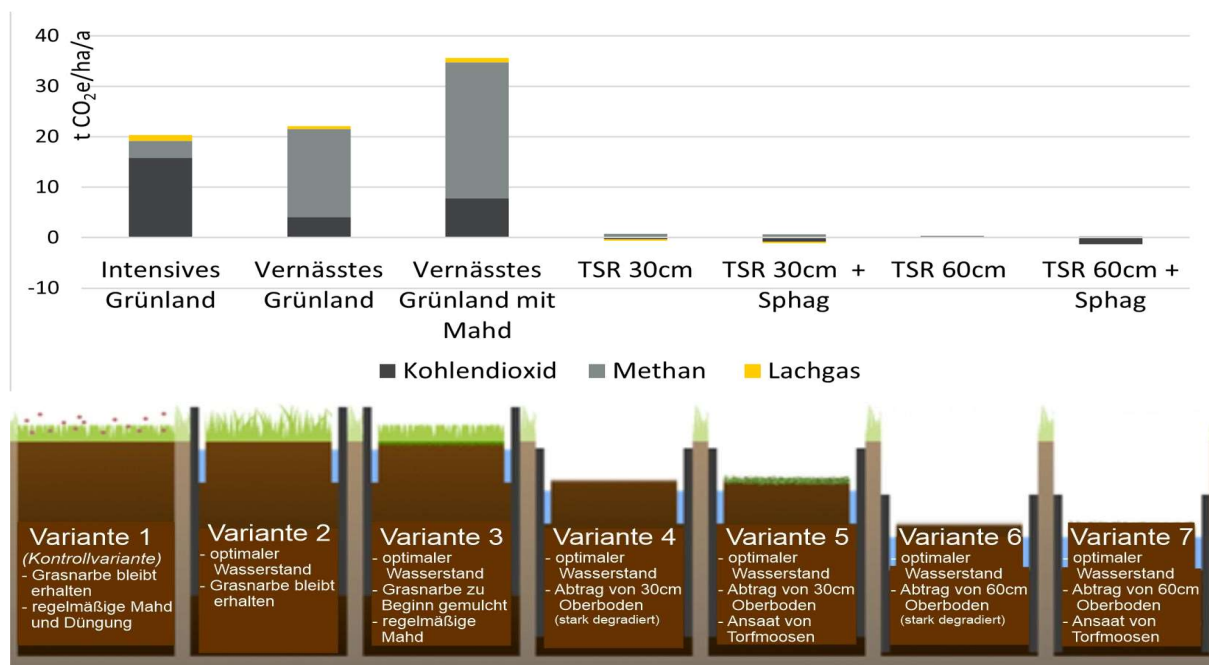


Abbildung 11: Die gemessenen on-site THG-Emissionen der sieben verschiedenen Varianten des OptiMoor-Projektes, schematisch veranschaulicht ²⁰

¹⁹ Für ein 25faches GWP₁₀₀ von Methan bezogen auf Kohlendioxid

²⁰ (<https://optimoor.jimdofree.com/versuchsdesign/>)

In den Varianten mit Oberbodenabtrag (Abbildung 11: Varianten 4 bis 7) werden diese Methan-Emissionen fast vollständig vermieden. Es fehlen Langzeitstudien, die analysieren, ob nicht auch hier auf Dauer durch die Vertorfung frischer Biomasse ein leichter Anstieg der Methan-Emissionen – in eine Größenordnung lebender Hochmoore – auftreten kann. Die Bilanz dieses Szenarios wird durch den Torfabtrag belastet, der auf Dauer oxidiert. Zu den Oxidationsraten fehlen ebenfalls belastbare Langzeitstudien. Die Abbildung 12 zeigt Raten von jährlich 5 %, die sich aus einer kanadischen Studie (CLEARY et al. 2005) ableiten lassen und 1,7 %, die sich an den NIR Schwedens (2021) anlehnen.

Betrachtung der Bedeutung der „kurzen“ Abbaupzeit von Methan in der Atmosphäre (s. Neu 2022)

Kurzlebige Substanzen werden relativ schnell abgebaut und deren Konzentration geht nach einem Emissionspuls relativ rasch wieder in die Nähe des ursprünglichen Wertes zurück, wie beispielsweise bei Methan nach 10 bis 20 Jahren.

Bleiben die Emissionen von Methan oder anderer kurzlebiger Substanzen über längere Zeit konstant, so bleibt auch die Klimawirkung nahezu konstant, d. h. es wird fast gleich viel Methan abgebaut wie emittiert wird und die zusätzliche Erwärmung ist nur gering. Die Dauer der Methanemissionen aus den direkt vernässen landwirtschaftlichen Oberböden ist nicht bekannt.

Eine dauerhafte Erhöhung der Emissionsrate von Methan hat die gleiche Klimawirkung wie ein positiver Emissionspuls von CO₂ und vermindert somit das Emissionsbudget von CO₂.

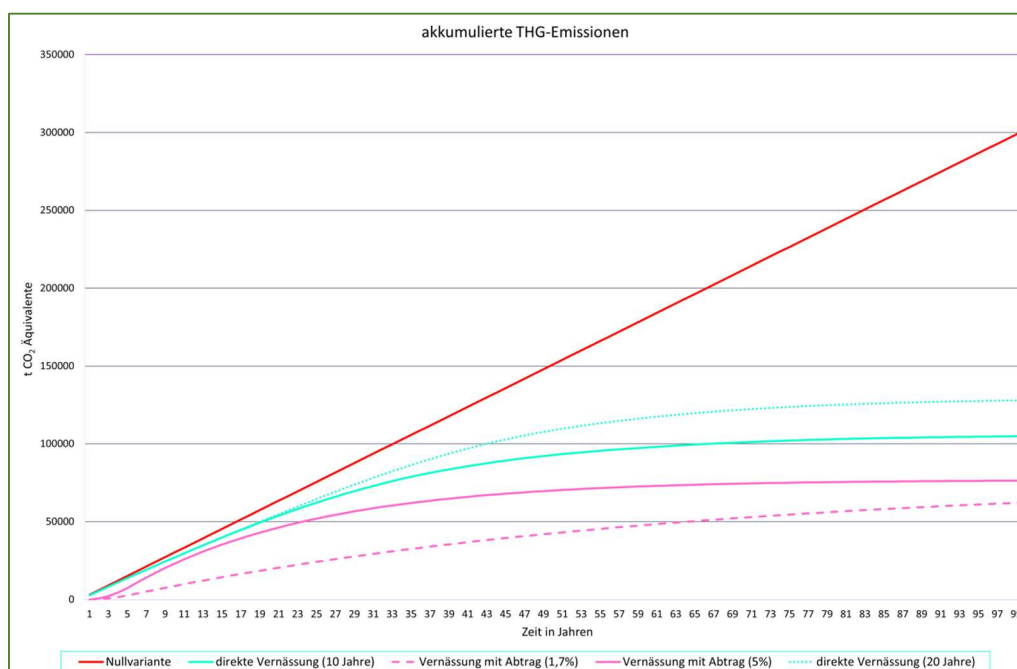


Abbildung 12: Vergleich der THG-Bilanzen für die Nullvariante und den Vernässungsvarianten über einen Zeitraum von 100 Jahren (aus Hofer 2022)

Eine Reduktion von Methan ist auf globaler Ebene für die Einhaltung der Erwärmungsniveaus von 1,5 °C bzw. 2 °C unabdingbar, da die CO₂-Emissionen nicht genügend rasch gesenkt werden können. Die Senkung der Methanemissionsrate ist deshalb ein wichtiges und kurzfristig hochwirksames Mittel, um die Klimaziele einzuhalten (Neu 2022).

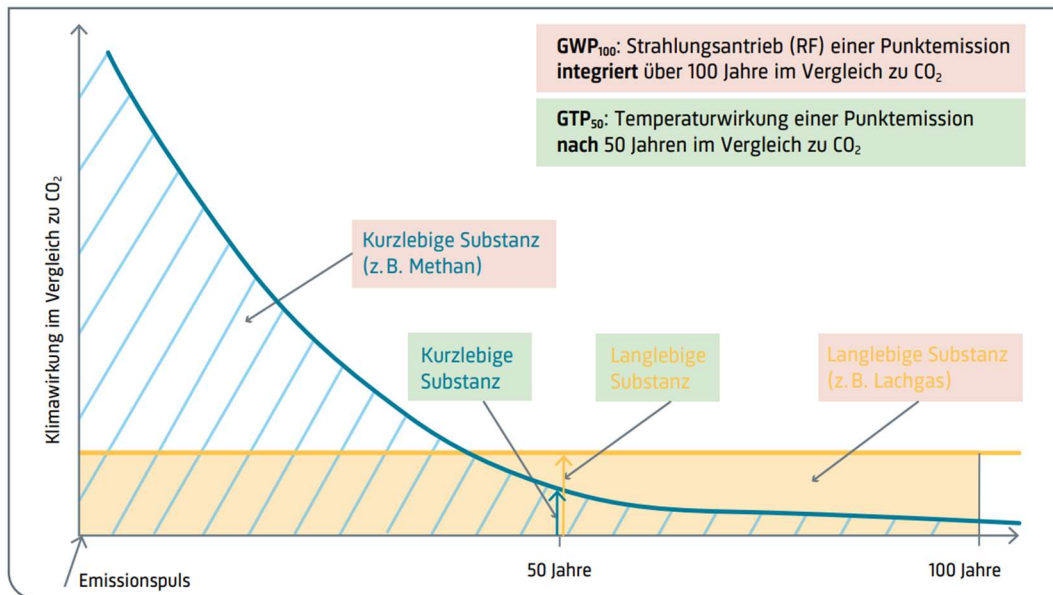


Abbildung 13: Dynamik des GWP der Methan-Emissionen auf der Zeitachse (Neu 2022)

Die Abbildung 13 verdeutlicht die Dynamik der Klimarelevanz der Methan-Emissionen. Über 100 Jahre betrachtet mittelt sich ein Faktor 25 im Vergleich zu Kohlendioxid. Auf die kommenden Jahrzehnte bezogen liegt die Wirkung ungleich höher. Angesichts der Kurzfristigkeit, mit der die politische Zielvorgabe einer Klimaneutralität zu erreichen ist und der räumlichen Dimension (50.000 ha/a), die sich für die Aufgabe der Wiedervernässung der Moore daraus ableitet, kann die Methan-Problematik daher nicht vernachlässigt werden. Daraus leitet sich keinesfalls ab, dass eine Wiedervernässung zu unterlassen wäre, sondern dass der landwirtschaftliche Oberboden abzutragen ist.

Literatur

- Blankenburg, J. & Hofer, B. (2022): Renaturierung industrieller Torfabbauflächen. Kapitel 5 in: Handlungsempfehlungen zur Renaturierung von Hochmooren in Niedersachsen. Redaktion: Graf, M., Höper, H. & K. Hauck in Geoberichte 35, S. 49-58, LBEG Hannover
- BMEL (BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG UND LANDWIRTSCHAFT) (2021): ERGEBNISSE WALDZUSTANDSERHEBUNG 2020. https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/Broschueren/Ergebnisse-Waldzustandserhebung-2020.pdf?__blob=publicationfile&v=11
- BMEL (BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG UND LANDWIRTSCHAFT); BMU (BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND NUKLEARE SICHERHEIT) (2021): BUND-LÄNDER-ZIELVEREINBARUNG ZUM KLIMASCHUTZ DURCH MOORBODENSCHUTZ. https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Naturschutz/BLZV_Moorbodenschutz_BF.pdf
- BMWK, BMUV UND BMEL (2022): ECKPUNKTEPAPIER ZUM AUSBAU DER PHOTOVOLTAIK AUF FREIFLÄCHEN IM EINKLANG MIT LANDWIRTSCHAFTLICHER NUTZUNG UND NATURSCHUTZ VOM 10. FEBRUAR 2022, BERLIN https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/_Landwirtschaft/Klimaschutz/Eckpunktepapier-Photovoltaik-freiflaechen.pdf?__blob=publicationfile&v=3
- BMU (BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND NUKLEARE SICHERHEIT) (2021A): BUND-LÄNDER-ZIELVEREINBARUNG ZUM KLIMASCHUTZ DURCH MOORBODENSCHUTZ. https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Naturschutz/BLZV_Moorbodenschutz_BF.pdf
- Cain M et al. (2019) Improved calculation of warming-equivalent emissions for short-lived climate pollutants. Npj Climate and Atmospheric Science 2: 29. doi.org/10.1038/s41612-019-0086-4
- Cleary, J., Roulet, N. & T. Moore (2005): Greenhouse Gas Emissions from Canadian Peat Extraction, 1990–2000: A Life-cycle Analysis. Royal Swedish Academy of Sciences 2005, Ambio Vol. 34, No. 6, August 2005 <http://www.ambio.kva.se>
- Couwenberg, J., Augustin, J., Michaelis, D., Wichtmann, W. & H. Joosten (2008): Entwicklung von Grundsätzen für eine Bewertung von Niedermooren hinsichtlich ihrer Klimarelevanz. Endbericht
- DBU Leitfaden zur Torfmoosvermehrung und -etablierung für Renaturierungszwecke. Autoren: Hölzel, N., Kleinebecker, T. & P. Raabe (2022) Gefördert durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt
- DRACHENFELS, O. v. (2012): Einstufungen der Biotoptypen in Niedersachsen – Regenerationsfähigkeit, Wertstufen, Grundwasserabhängigkeit, Nährstoffempfindlichkeit, Gefährdung. – Inform.d. Naturschutz Niedersachs. 32, Nr. 1 (1/12): 1-60.
- 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 2021. – Naturschutz Landschaftspfl. Niedersachs. Heft A/4, 336 Seiten
- Geofakten 38 (2022): Treibhausgasemissionen der Moore und weiterer kohlenstoffreicher Böden in Niedersachsen. Autor: H. Höper, Herausgeber: LBEG 17.08.2022

- Grosvernier, P., Matthey, Y., & Buttler, A. (1997): Growth Potential of Three Sphagnum Species in Relation to Water Table Level and Peat Properties with Implications for Their Restoration in Cut-Over Bogs Author (s): P. Grosvernier, Y. Matthey, A. Buttler Published by: British Ecological Society *S. British Ecological Society*, 34(2), 471–483.
- Hayward, P. M., & Clymo, R. S. (1982). Profiles of water content and pore size in Sphagnum and peat, and their relation to peat bog ecology. *Proceedings of the Royal Society of London - Biological Sciences*, 215(1200), 299–325. <https://doi.org/10.1098/rspb.1982.0044>
- Hofer, B. & J. Köbbing (2021): Faktencheck – Was bedeutet die Vorgabe der Deutschen Moorschutzstrategie „Einsparung von Emissionen in Höhe von 5 Millionen t CO₂ Äquivalenten pro Jahr aus Moorböden in Deutschland bis 2030“ in der praktischen Umsetzung? TELMA, Band 51, S. 153-164. Hannover
- Hofer, B. (2022): Faktenscheck: Vergleichende Betrachtung der Treibhausgasbilanz einer Sanierung von landwirtschaftlich genutzten Hochmoorböden. TELMA, Bd. 52, S. 175-186, Hannover
- Hofer, B., Rosinski E. & J. Blankenburg (2022): Abschätzungsrahmen für den Erfolg von Wiedervernässungsmaßnahmen auf Hochmoorstandorten. Kapitel 3 in: Handlungsempfehlungen zur Renaturierung von Hochmooren in Niedersachsen. Redaktion: Graf, M., Höper, H. & K. Hauck in Geoberichte 35, S. 21-25, LBEG Hannover
- Hofer, B., Wreesmann, H., Huth, V., Bartel, A. & G. Jurasinski (2022): Renaturierung landwirtschaftlich genutzter Flächen. Kapitel 5 in: Handlungsempfehlungen zur Renaturierung von Hochmooren in Niedersachsen. Redaktion: Graf, M., Höper, H. & K. Hauck in Geoberichte 35, S. 59-73, LBEG Hannover
- Joosten H., Brust, K., Couwenberg, J., Gerner, A., Holsten, B., Permien, T., Schäfer, A., Tanneberger, F., Trepel, M. & A. Wahren (2013): Integration von weiteren Ökosystemdienstleistungen einschließlich Biodiversität in Kohlenstoffzertifikate – Standard, Methodologie und Übertragbarkeit in andere Regionen. Hrsg.: BfN Bundesamt für Naturschutz, Bonn
- Lechner, K. (1993). In: Taschenbuch der Wasserwirtschaft. Bretschneider, H, Lechner, K, Schmidt, M. (Hrsg.). Paul Parey.
- Myhre, G., D. Shindell, F.-M. Bréon, W. Collins, J. Fuglestvedt, J. Huang, D. Koch, J.-F. Lamarque, D. Lee, B. Mendoza, T. Nalajima, A. Robock, G. Stephens, T. Takemura, H. Zhang et al.: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis*. Working Group I contribution to the IPCC Fifth Assessment Report. Hrsg.: Intergovernmental Panel on Climate Change. 30. September 2013, Chapter 8: Anthropogenic and Natural Radiative Forcing, S. Table 8.1.A, Seiten 731–738 (ipcc.ch [PDF; 19,4 MB; abgerufen am 18. März 2022])
- Neu, U (2022): Klimawirkung und CO₂-Äquivalent-Emissionen von kurzlebigen Substanzen. *Swiss Academies Communications* 17 (5).
- Niemeyer, F., Kulp, H-G., Beuster, T., Wreesmann, H. & B. Hofer (2022): Dauerpflegemaßnahmen. Kapitel 9 in: Handlungsempfehlungen zur Renaturierung von Hochmooren in Niedersachsen. Redaktion: Graf, M., Höper, H. & K. Hauck in Geoberichte 35, S. 93-96, LBEG Hannover
- Price, J. (1997). Soil moisture, water tension, and water table relationships in a managed cutover bog. *Journal of Hydrology*, 202(1–4), 21–32. [https://doi.org/10.1016/S0022-1694\(97\)00037-1](https://doi.org/10.1016/S0022-1694(97)00037-1)
- Sagot, C., & Rochefort, L. (1996). Tolerance des Sphaignes a la dessiccation. *Cryptogamie, Bryologie Lichenologie*, 17, 171–183.
- Schaller, C., Hofer, B. & O. Klemm (2021): Greenhouse Gas Exchange of a NW German Peatland, 18 Years After Rewetting. *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences*, 127, e2020JG005960.

<https://doi.org/10.1029/2020JG005960>

Wilson, D., Hofer, B., Järveoja, J., Jordan, S., Niinistö, S., Rankin, T., Shurpali, N. & A. Sirin (in edition):
Climate impact of peat extraction for fuel and horticultural use. Chapter 6 of IPS “Peatlands
and Climate Change: 2nd edition”