

Begleituntersuchungen zum Einfluss von Nährstoffen auf die THG-Emissionen in Torfmoos-Paludikulturen zur Optimierung der Bewirtschaftungsstrategien

für die Universität Greifswald

Auftragsgegenstand:

Treibhausgasmessungen, Wasserchemie und biogeochemische Begleituntersuchungen zur Ermittlung von Hot spots, Hot moments, Cold spots auf Torfmoos-Paludikulturflächen im MuD-Vorhaben „MOOSland“ zur Ableitung von Handlungsempfehlungen für optimierte Bewirtschaftungsstrategien

1. Allgemeines

Zur Erreichung der Ziele des Pariser Klimaschutzabkommens von 2015 müssen Treibhausgasemissionen aus entwässerten Moorböden deutlich reduziert und langfristig möglichst vermieden werden (Tiemeyer et al. 2020¹). Dies erfordert eine dauerhafte Wiedervernässung organischer Böden. Gleichzeitig soll die Nutzung von Torf als Substratrohstoff beendet werden, ohne die Versorgung des Erwerbsgartenbaus mit hochwertigen Substratausgangsstoffen zu gefährden.

Die Torfmoos-Paludikultur kann diese Anforderungen miteinander verbinden. Auf wiedervernässten Hochmoorstandorten mit dauerhaft hohen Wasserständen kann der Anbau von Torfmoos-Biomasse CO₂-Emissionen aus degradierten Moorböden mindern und zugleich einen hochwertigen Torfersatzstoff bereitstellen (Evans et al. 2021²; Daun et al. 2023³). Damit leistet Torfmoos-Paludikultur einen Beitrag zu Moor-, Klima- und Ressourcenschutz.

Im MuD-Vorhaben „MOOSland: Torfmoos-Paludikultur als nachhaltige landwirtschaftliche Nutzung von Hochmoorböden“⁴ existieren zwei Demonstrationsflächen zur Torfmoos-Paludikultur in den Modellregionen Landkreis Ammerland (Feldversuchsfläche im Hankhauser Moor, Abb. 1) und Landkreis Diepholz (Feldversuchsfläche im Barver Moor, Abb. 2) im Mittelpunkt. Die Demonstrationsflächen im Hankhauser Moor und im Barver Moor unterscheiden sich hinsichtlich Klima, Hydrologie, Topographie, Nährstoffverfügbarkeit und Nährstoffeintrag. Diese Unterschiede sollen genutzt werden, um u.a. Steuergrößen für Torfmoos-Produktivität, Kohlenstoffdynamik und Treibhausgasemissionen von Torfmoos-Paludikulturflächen zu untersuchen und besser zu verstehen.

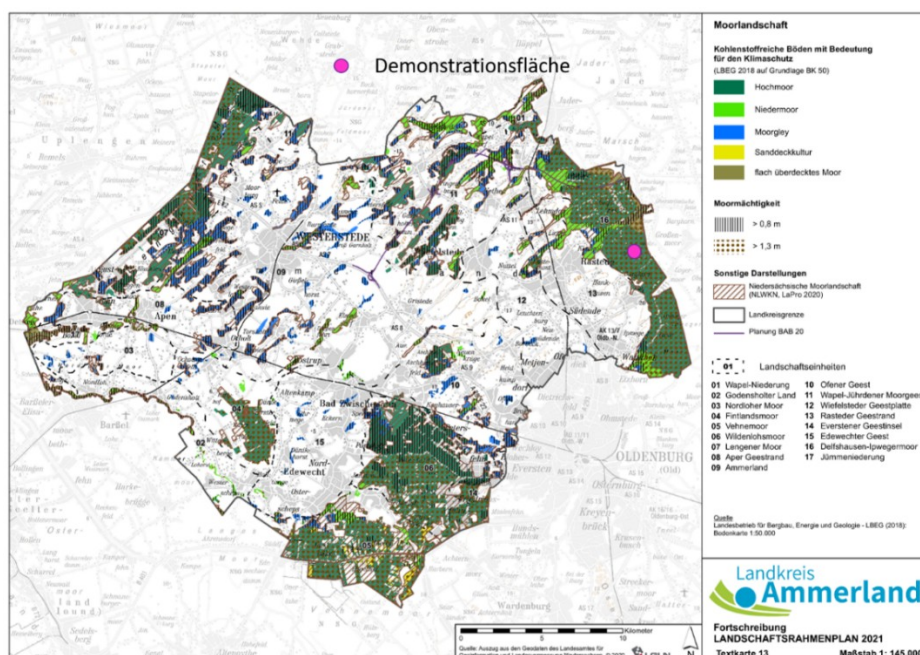


Abb. 1. Landkreis Ammerland mit der Verbreitung der Moorflächen und der Lage der Demonstrationsfläche im Hankhauser Moor.

¹ Tiemeyer, B., Freibauer, A., Borraz, E.A., Augustin, J. & 18 weitere (2020) A new methodology for organic soils in national greenhouse gas inventories: Data synthesis, derivation and application. *Ecological Indicators*, 109, 105838, 14 S.

² Evans, C. D., Peacock, M., Baird, A. J., Artz, R. R. E., Burden, A., Callaghan, N., ... & Morrison, R. (2021). Overriding water table control on managed peatland greenhouse gas emissions. *Nature*, 593(7860), 548-552.

³ Daun, C., Huth, V., Gaudig, G., Günther, A., Krebs, M., & Jurasinski, G. (2023). Full-cycle greenhouse gas balance of a Sphagnum paludiculture site on former bog grassland in Germany. *Science of the Total Environment*, 877, 162943.

⁴ <https://www.moorwissen.de/moosland.html>

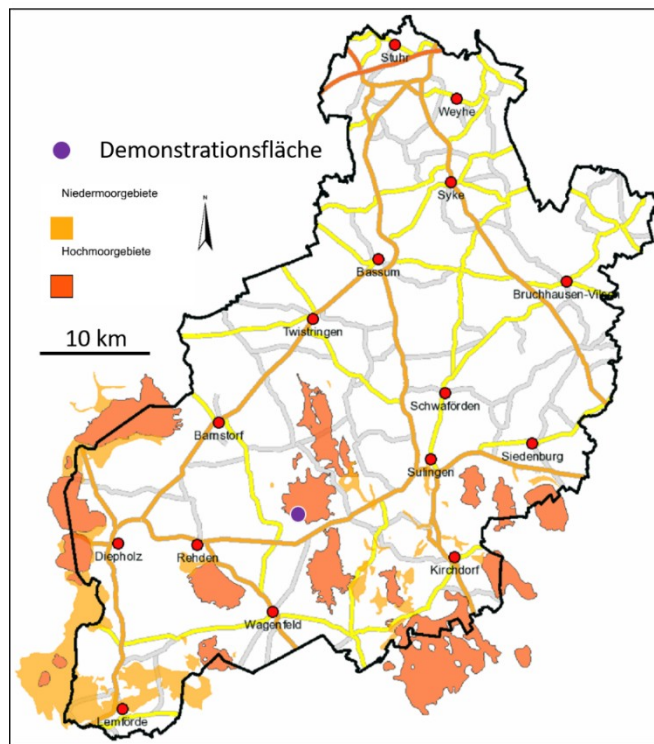


Abb. 2. Landkreis Diepholz mit der Verbreitung der Moorflächen und der Lage der Demonstrationsfläche im Barver Moor.

Die Treibhausgasbilanz wiedervernässter Moore wird wesentlich durch den Wasserstand beeinflusst. Hohe Wasserstände reduzieren die aerobe Torfzersetzung und damit potenzielle CO₂-Emissionen. Gleichzeitig können dauerhaft wassergesättigte oder überstaute Bedingungen die Bildung und Freisetzung von Methan fördern. Der Wasserstand allein erklärt Emissionsmuster jedoch nicht vollständig. Auch Wasserchemie, Nährstoffverfügbarkeit, Redoxbedingungen, Vegetationsstruktur und organisches Substratangebot steuern die Kohlenstoff- und Methanumsetzung.

Für das Torfmooswachstum und langfristige C-Aufnahme sind hohe, stabile Wasserstände sowie eine überwiegend saure, nährstoffarme und bicarbonatarme Wasserqualität besonders relevant. Vitale und produktive Torfmoosrasen können CO₂ aufnehmen und Biomasse aufbauen. Zu trockene Bedingungen können dagegen die CO₂-Aufnahme der Moose verringern und die aerobe Torfoxidation erhöhen. Zu langer oder starker Überstau der Torfmoose kann das Wachstum hemmen und gleichzeitig die CH₄-Emissionen begünstigen und damit erhöhen.

Die Wasserchemie wirkt dabei als zentrale Steuergröße. Sulfat kann die Methanbildung hemmen, da sulfatreduzierende Mikroorganismen mit Methanogenen um Substrate konkurrieren. Auch erhöhte Chloridkonzentrationen, niedrige pH-Werte und geringe Hydrogencarbonatkonzentrationen können die Methanogenese begrenzen. Diese Effekte können jedoch durch erhöhte Phosphat- oder Nährstoffverfügbarkeit überlagert werden, da dadurch mikrobielle Aktivität, Pflanzenproduktion und die Bereitstellung leicht abbaubarer organischer Substanz zunehmen können. Eine starke Entwicklung von Gräsern, Binsen oder anderen Gefäßpflanzen kann CH₄-Emissionen zusätzlich fördern, unter anderem durch Wurzelexsudate, Pflanzenreste und möglichen Gastransport über Aerenchymgewebe.

Aus diesen Zusammenhängen ergeben sich verschiedene mögliche Emissionsmuster. CH₄-Hotspots können dort auftreten, wo hohe Wasserstände oder Überstauung mit hoher Phosphatverfügbarkeit, viel leicht abbaubarer organischer Substanz und starker Gefäßpflanzendominanz zusammenfallen. CO₂-Hotspots sind vor allem bei niedrigen Wasserständen, lückiger Torfmoosdecke, Fahrdämmen,

Randbereichen oder gestörten Flächen zu erwarten. Coldspots können dort entstehen, wo vitale, produktive Torfmoose in Kombination mit hohen und stabilen Wasserständen, geringer Torfoxidation sowie saurer und nährstoffarmer Wasserchemie wachsen.

Die im Rahmen dieses Leistungsverzeichnisses zu erhebenden Daten sollen daher Treibhausgasflüsse nicht isoliert erfassen, sondern mit Wasserstand, Wasserqualität, Biogeochemie, Klima und Vegetation verknüpfen. Sie bilden die Grundlage für die Identifizierung von Hotspots, Hot Moments (zeitlich begrenzte Phasen mit extrem hohen Raten an Stoffumwandlungen) und Coldspots, um damit Empfehlungen zum Wasser-, Nährstoff- und Flächenmanagement zukünftiger Torfmoos-Paludikulturflächen und deren Bewirtschaftungsstrategien abzuleiten.

Das Projekt MOOSland ist außerdem mit dem Projekt PaludiZentrale verknüpft. Hier werden unter der Leitung des Thünen-Instituts Braunschweig und der Universität Greifswald alle Modell- und Demonstrationsvorhaben (MuDs) zum Moorbodenschutz und zur Verwertung der Biomasse von wiedervernässten Flächen sowie die vier Pilotvorhaben zum Moorbodenschutz (BMUV) hinsichtlich einer einheitlichen wissenschaftlichen Datenerfassung und Vernetzung koordiniert und betreut.

Das Projekt MOOSland ist in 3 Phasen gegliedert. Im März 2027 und im März 2030 wird der Projektstand geprüft und durch Abbruchmeilensteine bewertet. Sind diese nicht erfüllt, endet das Projekt zu dem jeweiligen Zeitpunkt. Die derzeitige Planung sieht eine Dauer des Projektes und des Auftrags bis Dezember 2032 vor. Aufgrund der Abbruchmeilensteine ist diese Laufzeit unter Vorbehalt.

2. Leistungsbeschreibung

Ziel des Auftrags ist die Durchführung von Treibhausgasmessungen mit permanenten Hauben und begleitenden biogeochemischen Untersuchungen auf beiden Demonstrationsflächen zur Torfmoos-Paludikultur über einen Zeitraum von 2026-2032 mit aktiven Messungen, Nährelementanalysen sowie der abschließenden Interpretation der Daten.

Im Mittelpunkt stehen folgende Forschungsfragen:

1. Treten Hotspots, Hot Moments und Coldspots von Treibhausgasemissionen auf?
2. Welche steuernde Rolle spielen Wasserstand, Wasserstandsdynamik, Wasserqualität und Biogeochemie?
3. Wie unterscheiden sich trockene und nasse Varianten der Torfmoos-Paludikultur hinsichtlich CO₂-, CH₄- und gegebenenfalls N₂O-Flüssen?
4. Welche Rolle spielt die Begleitvegetation, insbesondere der Vergleich zwischen grasdominierten und binsendominierten Anbauflächen?
5. Wie lassen sich die Ergebnisse für optimiertes Wasser-, Nährstoff- und Flächenmanagement nutzen und welche Handlungsempfehlungen sind hieraus für die Bewirtschaftung von Torfmoos-Paludikulturflächen ableitbar?

Die konkrete Auswahl der Messstandorte, Versuchsvarianten und Vergleichspaare erfolgt durch den Auftraggeber in Diskussion und Abstimmung mit dem Auftragnehmer. Der Auftragnehmer hat sein Mess- und Auswertungskonzept so auszugestalten, dass die durch den Auftraggeber festgelegten Vergleiche wissenschaftlich belastbar durchgeführt werden können.

3. Leistungspositionen

Aufgabe 1: Erstellung eines Mess- und Auswertungskonzepts

Der Auftragnehmer erstellt zu Beginn des Projekts ein detailliertes Mess- und Auswertungs-konzept.

Das Konzept umfasst mindestens:

- Auswahl und Beschreibung der Messsysteme,
- räumliche Anordnung der Messpunkte,
- Berücksichtigung der vom Auftraggeber festgelegten Standorte und Vergleichs-varianten,
- Strategie zur Erfassung von Tag- und Nachtlüssen,
- Vorgehen zur Messung von CO₂, CH₄ und N₂O,
- Vorgehen zur Erfassung von Wasserstand, Klima- und Umweltparametern,
- Vorgehen zur Porenwasserprobennahme und biogeochemischen Analytik,
- Begründung der Messfrequenz,
- Begründung der Dauer und Intensität der einzelnen Messkampagnen,

Das Messkonzept ist vor Beginn der Messungen mit dem Auftraggeber abzustimmen.

Menge: 1 Konzept

Einheit: pauschal

Aufgabe 2: Einrichtung und Betreuung der Messstandorte

Der Auftragnehmer richtet die Messstandorte in Abstimmung mit dem Auftraggeber ein.

Die Messungen müssen so angelegt werden, dass Treibhausgasflüsse an bis zu zwei unterschiedlichen Standorten oder Experimenten erfasst und verglichen werden können. Mögliche Vergleichsvarianten sind insbesondere:

Grundvarianten hierbei sind 1.; 2.; 3. unterschiedlich alte Torfmoosrasen/Nutzungsgeschichte (Ernte und Neuaufwuchs) sowie 4. Unterschiedliche Nährstoffbedingungen

- Wasserstand: Messungen auf trockener vs. nasser Torfmoos-Anbaufläche,
- Vegetation: Torfmoosrasen mit Dominanzbestand Flatterbinse (*Juncus effusus*) sowie Torfmoosrasen mit Dominanzbestand Schmalblättriges Wollgras (*Eriophorum angustifolium*),
- Bereiche mit unterschiedlicher Wasserqualität,
- Bereiche mit und ohne Oberbodenabtrag,
- Bereiche mit unterschiedlichem Alter der Anbauflächen,
- Bereiche nach Managementeingriffen, z. B. Pflegemahd,

Die endgültige Auswahl der Messpunkte und Vergleichsvarianten erfolgt durch den Auftraggeber in Abstimmung mit dem Messkonzept des Auftragnehmers. Der Auftragnehmer hat die Messstrategie flexibel an diese Auswahl anzupassen und methodisch zu begründen.

Menge: bis zu 2 Standorte oder Experimente (gegebenenfalls pro Jahr)

Einheit: pauschal

Aufgabe 3: Treibhausgasmessungen mit automatischen Messhauben

Der Auftragnehmer führt über einen Zeitraum von drei Jahren Treibhausgasmessungen mittels automatischer Messhauben beziehungsweise Autohauben durch.

Mindestanforderungen:

- Projektlaufzeit der Messungen: 3 Jahre,
- mindestens 6 Messkampagnen pro Jahr,
- Minstdauer je Messkampagne: 5 bis 10 Tage,
- mindestens 42 Messtage und Messnächte pro Jahr,
- Erfassung von Tag- und Nachtflüssen,
- Messung von CO₂ und CH₄,
- Messung von N₂O in ausgewählten Messphasen beziehungsweise sofern relevante Nitratakkumulationen im Bodenwasser auftreten,
- Möglichkeit zur Messung an bis zu zwei Standorten oder Experimenten,
- soweit technisch und organisatorisch möglich: Bereitstellung permanenter automatischer Messhauben.

Die konkrete Frequenz, Dauer und Intensität der Messreihen ist durch den Auftragnehmer wissenschaftlich zu begründen. Dabei sind saisonale Unterschiede, Wasserstandsdynamik, Trocken- und Nassphasen, Vegetationsentwicklung sowie mögliche Hot Moments zu berücksichtigen.

Menge: mindestens 6 Messkampagnen und 42 Messtage pro Jahr und Variante über 3 Jahre

Einheit: Messkampagne

Aufgabe 4: Umweltparameter

Während der Treibhausgasmessungen werden durch den Auftraggeber begleitende Umweltparameter erfasst:

- Lufttemperatur,
- photosynthetisch aktive Strahlung, PAR,
- Niederschlag
- Wasserstand an mindestens einer repräsentativen Messstelle

Diese Daten sollen zur Auswertung der durch den AN erhobenen Daten genutzt werden, um u.a. Zeitpunkt und Dauer von Überstauereignissen, Trockenphasen beziehungsweise niedrige Wasserstände als Index von Trockenereignissen oder Überstau für die Dateninterpretation zu verwenden. Sonstige für die Interpretation der Treibhausgasflüsse relevante Standortbedingungen sollen durch den Auftragnehmer erhoben werden.

Menge: kontinuierlich während der Messkampagnen

Einheit: pauschal

Aufgabe 5: Porenwasserprobennahme und biogeochemische Analytik

Der Auftragnehmer führt biogeochemische Messkampagnen zur Untersuchung der Porenwasserqualität durch (siehe Messkonzept).

Mindestanforderungen:

- insgesamt 10 biogeochemische Kampagnen während der Projektlaufzeit,
- mindestens 1 Kampagne pro Jahr,
- zeitliche Abstimmung mit den Treibhausgasmessungen, soweit fachlich sinnvoll,
- Probennahme an repräsentativen Messstellen,
- Dokumentation von Probennahmetiefe, Standort, Datum, Witterung und Wasserstand.

Zu untersuchende Parameter sind gelöste Kohlenstoffe (DOC, DIC), pH, Alkalinität, Hydrogencarbonatgehalt, Fe, PO₄, S, Cl, SO₄, verschiedene Stickstoffformen (NH₄, NO₃, DIN) weitere Makro- und Mikronährstoffe (Ca, Mg, Zn), Minerale (Al, Na, Mn, Si) sowie Redoxbedingungen beziehungsweise Redoxpaare (e.g. mobiles Eisen).

Die endgültige Parameterauswahl ist mit dem Auftraggeber abzustimmen. Der Auftragnehmer hat zu begründen, welche Parameter für die Erklärung von CO₂-, CH₄- und gegebenenfalls N₂O-Flüssen herangezogen werden.

Menge: 10 Kampagnen

Einheit: Kampagne

Aufgabe 6: Datenaufbereitung und Datenbereitstellung

Der Auftragnehmer stellt dem Auftraggeber sämtliche erhobenen Daten in digitaler, maschinenlesbarer und nachvollziehbar dokumentierter Form zur Verfügung.

Mindestens bereitzustellen sind:

- Rohdaten der Gaskonzentrationen,
- Zeitreihen der Gaskonzentrationen,
- aus Konzentrationsänderungen berechnete Gasflüsse,
- qualitätsgeprüfte und gefilterte Gasflussdaten,
- Kennzeichnung ausgeschlossener oder fraglicher Messwerte,
- Ggf. Umweltparameter (Rohdaten durch AG bereitgestellt) und abgeleiteter Index,
- in Hinblick auf Fragestellung ausgewertete Wasserstandsdaten (Rohdaten durch AG bereitgestellt),
- Porenwasser- und Wasserqualitätsdaten,
- Metadaten zu Messstandorten, Messzeitpunkten, Messgeräten und Qualitäts-sicherung,
- Beschreibung der verwendeten Berechnungs- und Filterverfahren.

Die Daten sind so aufzubereiten, dass sie durch den Auftraggeber für weiterführende wissenschaftliche Auswertungen genutzt werden können.

Menge: laufend sowie projektbezogen nach Abstimmung

Einheit: Datensatz

Aufgabe 7: Analyse von Hotspots, Hot Moments und Coldspots

Der Auftragnehmer analysiert die erhobenen Treibhausgasflüsse im Hinblick auf räumliche und zeitliche Emissionsmuster.

Die Auswertung umfasst mindestens:

- Identifizierung von CO₂-Hotspots,
- Identifizierung von CH₄-Hotspots,
- Identifizierung möglicher N₂O-Hotspots, sofern messbare Emissionen auftreten,
- Identifizierung von Hot Moments, zum Beispiel nach Überstauereignissen, wiederkehrenden Wasserstandsschwankung mit relevanter Amplitude, (Wiedervernässung, starke Wasserstandsschwankungen zwischen trocken und nassen Bedingungen) Managementeingriffen oder warmen Perioden,
- Identifizierung von Coldspots beziehungsweise Bereichen mit besonders niedrigen Treibhausgasemissionen,
- Ausweisung möglicher C-Aufnahme-Hotspots,
- Vergleich der vom Auftraggeber festgelegten Standorte und Varianten,
- Verknüpfung der Emissionsmuster mit Wasserstand, Wasserqualität, Biogeochemie, Vegetation und Klima.

Die Ergebnisse sind prozessbasiert zu interpretieren und im Hinblick auf Wasser-, Nährstoff- und Flächenmanagement zu bewerten.

Menge: 1 integrierte Auswertung

Einheit: pauschal

Aufgabe 8: Zwischenberichte, Kommunikation, Wissenstransfer

Der Auftragnehmer erstellt 3 Zwischenberichte.

Jeder Zwischenbericht enthält mindestens:

- Beschreibung des Forschungs- und Messaufbaus,
- Übersicht der bisher durchgeführten Messkampagnen,
- Beschreibung des eingesetzten Messsystems,
- Übersicht der geleisteten Messungen,
- Darstellung der bisherigen CO₂-, CH₄- und gegebenenfalls N₂O-Flüsse,
- relative Unterschiede der Gasflüsse zwischen Standorten, Experimenten oder Varianten,
- Darstellung der Wasserqualitätsdaten,
- Darstellung der Umweltparameter,
- Darstellung der Wasserstandsdynamik,
- vorläufige Identifizierung möglicher Hotspots, Hot Moments und Coldspots,
- Diskussion vorläufiger Ergebnisse,
- Hinweise auf notwendige Anpassungen des Weiteren Messprogramms.

Weiterhin nimmt der Auftragnehmer regelmäßig an Projekttreffen (2x jährlich, davon 1x in Präsenz sowie 1x online) sowie an PaludiNetz-AG Treffen (Projekt PaludiZentrale, AG Nährstoffe, 1x jährlich, wenn möglich online) teil oder stellt Material zum aktuellen Bearbeitungsstand für die jeweiligen Treffen

bereit. Des Weiteren stellt der Auftragnehmer Daten und graphisches Material für den Auftraggeber zur Verfügung zur Erstellung der geforderten jährlichen Zwischenberichte für den Fördermittelgeber. Hierbei können auch die im Auftrag erstellten Zwischenberichte genutzt werden. Alle Arbeiten erfolgen in kontinuierlicher Abstimmung mit dem Auftraggeber und den anderen Projektpartnern. Der Projektablauf ist entsprechend zu dokumentieren. Der Auftraggeber kann den Auftragnehmer sporadisch zur Erstellung von Material für die Öffentlichkeitsarbeit (Presse, Veranstaltungen) und den Wissenstransfer einbinden. Die aktive Mitarbeit bei der Erstellung von wissenschaftlichen Publikationen und Beiträgen zu Open Science ist gewünscht.

Menge: 3 Zwischenberichte, 1x jährliche Teilnahme (auch online möglich) an Projekttreffen

Einheit: Bericht, Mitwirkung bei Publikationen, Wissenstransfer

Aufgabe 9: Abschlussbericht

Der Auftragnehmer erstellt nach Abschluss der Messungen einen wissenschaftlichen Abschlussbericht.

Der Abschlussbericht enthält mindestens:

- vollständige Darstellung des Messdesigns,
- Beschreibung der Messsysteme und Qualitätssicherung,
- Zusammenführung sämtlicher Treibhausgasdaten,
- Integration der THG-Daten mit Klima-, Wasserstands-, Vegetations- und Wasserqualitätsdaten,
- Auswertung der biogeochemischen Steuergrößen,
- Interpretation der CO₂-, CH₄- und gegebenenfalls N₂O-Flüsse,
- Vergleich der vom Auftraggeber festgelegten Standorte und Varianten,
- Ausweisung möglicher Hotspots, Hot Moments und Coldspots,
- Bewertung der Rolle von Wasserqualität und Biogeochemie,
- Bewertung der Bedeutung von 3 anderen Faktoren (z.B. Begleitvegetation Überstauung und Wasserstandsdynamik, Minerale, pH)
- Zusammenfassung der Ergebnisse im Dienste einer Empfehlungen für Wasser-, Nährstoff- und Flächenmanagement des AG,
- Empfehlungen für und Optimierung von zukünftigen Messprogrammen auf Torfmoos-Paludikulturflächen.

Vorhandene oder vom Auftraggeber bereitgestellte EC-Footprint- sowie weiteren Nährstoffinformationen sind in die Interpretation einzubeziehen.

Menge: 1 Abschlussbericht

Einheit: Bericht

4. Mindestumfang der Leistungen

Leistung	Mindestumfang
Projektlaufzeit der Messungen	3 Jahre
THG-Messkampagnen	mindestens 6 pro Jahr
Dauer je THG-Messkampagne	5 bis 10 Tage
Messtage und Messnächte	mindestens 42 pro Jahr
Gase	CO ₂ , CH ₄ , bei Bedarf beziehungsweise ereignisbezogen N ₂ O
Standorte / Experimente	bis zu 2 gleichzeitig
Umweltparameter	Ggf. Integration von Lufttemperatur, PAR, Wasserstand
Biogeochemische Kampagnen	insgesamt 10
Datenlieferung	Rohdaten, berechnete Gasflüsse, gefilterte Gasflüsse, Metadaten
Berichte	1 Zwischenbericht, 1 Abschlussbericht

5. Leistungstermine

(wenn nicht explizit genannt, fließen die Bearbeitungsergebnisse aller Aufgaben in die zu erbringenden Leistungen der jeweiligen Leistungstermine)

November 2026:	Mess- und Auswertungskonzept ist erstellt (Aufgabe 1).
Januar 2027:	Messstandorte sind eingerichtet, werden betreut, erste Messkampagne ist durchgeführt (Aufgabe 2+3).
April 2027:	Abgabe des Zwischenberichts zum aktuellem Bearbeitungsstand und den Ergebnissen
Dezember 2027:	mind. 6 Messkampagnen wurden durchgeführt (Aufgabe 3) und erste Daten aufbereitet sowie bereitgestellt (Aufgabe 6)
April 2028:	Abgabe des Zwischenberichts zum aktuellem Bearbeitungsstand und den Ergebnissen sowie der ersten Analyse von Hotspots, Hot moments und Cold spots (Aufgabe 7)
Dezember 2028:	mind. 6 Messkampagnen wurden durchgeführt (Aufgabe 3) mit weiterer Datenaufbereitung sowie Bereitstellung (Aufgabe 6)
April 2029:	Abgabe des Zwischenberichts zum aktuellem Bearbeitungsstand und den Ergebnissen sowie der weiteren Analyse von Hotspots, Hot moments und Cold spots (Aufgabe 7)
Oktober 2029:	mind. 6 Messkampagnen wurden durchgeführt (Aufgabe 3) mit finaler Datenaufbereitung sowie Bereitstellung (Aufgabe 6)
Dezember 2029:	Abgabe des ersten ausführlichen Berichtes zur Evaluierung des Projektes mit Ergebnissen, Datenauswertung sowie ersten Interpretationen für den Zeitraum 2026-2030

März 2030:	Abgabe des Endberichtes mit ausführlicher Auswertung sowie Interpretation der Daten und Ableitung von Handlungsempfehlungen für Bewirtschaftungsstrategien für Torfmoos-Paludikulturen
Kontinuierlich:	Erfassung sowie Auswertung der relevanten Umweltparameter (Aufgabe 4) und Porenwasserprobenahme und biogeochemische Analytik (Aufgabe 5)
Kontinuierlich:	Mitwirken bei Projekttreffen, Wissenstransfer u, ggf. Öffentlichkeitsarbeit

6. Erwartete Ergebnisverwertung

Die Ergebnisse sollen nicht ausschließlich beschreibend dargestellt werden. Vielmehr sollen sie zur Entwicklung optimierter Bewirtschaftungsstrategien für Torfmoos-Paludikulturflächen beitragen sowie als Grundlage für Publikationen genutzt werden.

Insbesondere sollen die Ergebnisse Hinweise liefern zu:

- Verbesserte Einschätzung der optimalen Wasserstände für Torfmooswachstum und Klimawirkung,
 - Risiken von zu trockenen Varianten,
 - Risiken von dauerhaft überstauten Varianten,
 - Bedeutung von Wasserqualität und Nährstoffverfügbarkeit für das Entstehen von z.B. Hotspots,
 - Bedeutung von Sulfat, Chlorid, Hydrogencarbonat, pH-Wert und Phosphat für CH₄-Emissionen,
 - Einfluss der Begleitvegetation,
 - Relevanz von Oberbodenabtrag,
 - Bedeutung von Managementmaßnahmen,
 - Identifizierung von Standortbedingungen mit hohem Potenzial für C-Aufnahme.
-

7. Allgemeine Anforderungen sowie Daten- und Qualitätsanforderungen an den Auftragnehmer

Der Auftragnehmer muss über nachweisliche Erfahrung in der Messung von Treibhausgasflüssen auf Moorstandorten, wiedervernässten organischen Böden oder vergleichbaren Feuchtgebieten verfügen.

Der Auftragnehmer hat insbesondere sicherzustellen:

- wissenschaftlich begründetes Messdesign,
- Einsatz geeigneter automatischer Messhauben beziehungsweise Autohauben,
- zuverlässige Messung von Tag- und Nachtflüssen,
- qualitätsgesicherte Erfassung von CO₂, CH₄ und bei Bedarf N₂O,
- Erfassung relevanter Umwelt- und Wasserstandsparameter,
- Durchführung biogeochemischer Porenwasseruntersuchungen,

- nachvollziehbare Datenaufbereitung und Qualitätskontrolle,
- prozessbasierte Auswertung von Hotspots, Hot Moments und Coldspots,
- fristgerechte Bereitstellung von Rohdaten, berechneten Gasflüssen und gefilterten Datensätzen,
- Erstellung eines Zwischenberichts und eines Abschlussberichts.

Alle Leistungen sind nach dem aktuellen Stand der Wissenschaft und Technik auszuführen.

Außerdem hat der Auftragnehmer ein nachvollziehbares Qualitätssicherungskonzept umzusetzen. Dieses umfasst mindestens:

- Eichung und Funktionsprüfung der Messgeräte,
- Dokumentation von Ausfällen, Wartung und Datenlücken,
- Plausibilitätsprüfung der Gaskonzentrationen,
- nachvollziehbare Berechnung der Gasflüsse,
- Kennzeichnung gefilterter und ausgeschlossener Werte,
- gebräuchliche Einheiten und Datenformate,
- eindeutige Zuordnung von Messwerten zu Standort, Variante, Datum, Uhrzeit und Messsystem,
- Dokumentation der angewandten statistischen und fachlichen Auswertungsverfahren.

Im Angebot soll eine kurze Firmendarstellung mit Leistungsfähigkeit der Firma, Anzahl und generelle Qualifikation der Mitarbeiter erfolgen. Weiterhin sind die geplanten Ressourcen für die jeweiligen Aufgaben, die im Leistungsverzeichnis gelistet sind, jahresweise aufzuführen. Für die Kostenabrechnung durch den Auftraggeber ist eine jährliche Abrechnung durch die beauftragte Firma vorgesehen.

8. Ressourcenplanung und Bereitstellung von Informationen

Für die Bearbeitung des Arbeitspaktes sind folgende Ressourcen vom Auftraggeber eingeplant bzw. werden zur Verfügung gestellt:

- Abschlussberichte mit nährstoffbezogenen Untersuchungen zur Torfmoos-Paludikultur aus den Vorgängerprojekten
- Informationen, vorhandene Daten zur Torf- bzw. Hochmoorverbreitung in den Modellregionen LK Ammerland und LK Diepholz
- vorliegende Gutachten, Arbeiten, Publikationen, die zu den bestehenden Demonstrationsflächen erstellt wurden (z.B. für Demonstrationsfläche Barver Moor: Gutachten zu Konzentrationen verschiedener Elemente im Wasserentnahmegraben Freistätter Moorkanal sowie dem Grundwasserbrunnen, Publikationen zu Nährstoffen für die Demonstrationsfläche Hankhauser Moor)
- für jede Demonstrationsfläche steht ein Techniker zur Verfügung, der in Abstimmung mit dem Auftraggeber z.T. Beprobungen für die Elementanalysen durchführen kann
- Daten zur Lufttemperatur, photosynthetisch aktive Strahlung, PAR, Wasserständen (stündliche automatische Messung) für die zu untersuchenden Varianten werden durch den Auftraggeber für beide Demonstrationsflächen zur Verfügung gestellt
- Je Demonstrationsfläche misst ein EC-System, dessen Daten für die Auswertung und Interpretation bereitgestellt werden, weiterhin sind manuelle Haubenmessungen parallel zu den permanenten Haubenmessungen des AN geplant und können zur Verifizierung der eigenen Daten genutzt werden

- seit 2011 wurde die Methodik zur Probenahme, Beprobungsdesign und Laboranalysen der verschiedenen Elemente sowie Bestimmung von Alkalinität entwickelt und standardisiert. Eine umfangreiche Beschreibung dazu steht in den folgenden Publikationen:
 - - Temmink, R.J.M., Fritz, C., van Dijk, G., Hensgens, G., Lamers, L.P.M., Krebs, M., Gaudig, G., Joosten, H. (2017) Sphagnum farming in a eutrophic world: The importance of optimal nutrient stoichiometry. *Ecological Engineering*, 98, 196—205.
 - Vroom, R.J.E., Temmink, R.J.M., van Dijk, G., Joosten, H., Lamers, L.P.M., Smolders, A.J.P., Krebs, M., Gaudig, G., Fritz, C. (2020) Nutrient dynamics of Sphagnum farming on rewetted bog grassland in NW Germany. *Science of the Total Environment*, 726, 11 pp. beschrieben.
-