

Leistungsbeschreibung

„Durchführung von Messungen des Kohlendioxidaustauschs an bis zu vier Standorten mit Sandmischkulturen (Projekt EKO-SMK)“

Allgemein

Das LBEG (**Auftraggeber, AG**) plant in einem Projekt über einen Zeitraum von zwei vollständigen Messjahren den jährlichen CO₂-Austausch sowie die H₂O-Flussraten auf bis zu vier Standorten mit Sandmischkultur im Feld auf einem Flurstück mit einer Fläche zwischen ca. 4 und 10 ha aus einem repräsentativen Quellbereich¹ zu ermitteln. Dazu wird der AG die erforderliche Messtechnik, Messstationen und Sensoren zur Erfassung von Begleitparametern sowie eine Web-Plattform zur Datenzusammenstellung und standardisierten Datenauswertung sowie -visualisierung dem Dienstleister (**Auftragnehmer, AN**) unentgeltlich zur Verfügung stellen. Kommunikation und Berichterstattung erfolgen jeweils in deutscher Sprache.

Vom AN zu erbringende Leistungen

1. Beratung zur Eignung potenzieller Messstandorte sowie zur Beschaffung der benötigten Messeinrichtungen

Der AG beabsichtigt, voraussichtlich in den Landkreisen Emsland (Gemeinde Geeste), Cloppenburg (Gemeinde Friesoythe), Leer (Gemeinde Rhaderfehn, zwei Messstandorte), insgesamt vier Messstationen für Eddy-Kovarianz-Messungen zu betreiben. Es werden 3 Ackerstandorte und 1 Grünlandstandort ausgewählt.

- a) Der AN nimmt innerhalb von 2 Wochen nach Vorschlag potenziell geeigneter Messflächen durch den AG eine Prüfung von bis zu 8 Standorten im Gebiet der o. a. Landkreise im Hinblick auf eine Eignung für Eddy-Kovarianz-Messungen vor. Dazu schätzt er das dominante Quellgebiet der Eddy-Kovarianz-Messung aus verfügbaren meteorologischen Daten (v.a. Windrichtung und -geschwindigkeiten, Turmhöhe bis 5 m) nach wissenschaftlich anerkannten Verfahren, prüft die Standorte auf Eignung für Eddy-Kovarianz-Messungen (z. B. Flächengröße, Windhindernisse, Mobilfunkempfang usw.) und teilt das Ergebnis der Prüfungen unter Vornahme einer Reihung mit. Die Reihung unterscheidet zwischen den Standortarten Acker und Grünland und beinhaltet pro Standortart die jeweiligen Vor- und Nachteile der einzelnen Standorte hinsichtlich der Eignung.

Die Ergebnisse teilt der AN dem AG schriftlich (mind. durchsuchbares PDF-Dokument) per Mail mit. Der AG wählt auf Basis der Ergebnisse bis zu vier Standorte für die weiteren Untersuchungen, insb. die Errichtung der Messstationen, aus.

¹ Mit der Eddy-Kovarianz-Methode wird der CO₂- und H₂O-Fluss aus einem dominanten Quellbereich erfasst, dessen Lage und Flächengröße sich aus der Position und Höhe des Messturms, der Windrichtung und der Windgeschwindigkeit ergibt und das auf jeden Fall kleiner ist als das Flurstück. Den Quellbereich zu bestimmen ist Bestandteil des Auftrags.

- b) Der AN berät sodann den AG bei der Beschaffung der Eddy-Messeinrichtungen inkl. zur Leistungserbringung benötigter internetbasierter Plattform und Dienste (im Folgenden Cloud genannt) hinsichtlich geeigneter Anbieter und Geräte sowie der technischen Mindestanforderungen an Messgeräte und Cloud. Dabei umfassen die Messsysteme mindestens folgende Komponenten:
- a. Eddy-Kovarianz-Messsystem jeweils mindestens bestehend aus einem ausfahrbaren Eddy-Messturm, Geräten zur Anzeige von Himmelsrichtung und Geräteneigung, GPS, Gasanalysatoren für CO₂ und H₂O, sowie Sensoren für Windgeschwindigkeit und Windrichtung (dreidimensional), Lufttemperatur, photosynthetisch aktive Strahlung, relative Luftfeuchtigkeit und Luftdruck;
 - b. Feldstation für ergänzende meteorologische Messungen jeweils mindestens bestehend aus Temperatur- und Feuchtesensor, Lichtsensor für Solarstrahlung, Niederschlagsmessung und drei Bodenfeuchtesensoren, zum Einbau in drei Bodenbereiche (Oberboden, Sandbalken, Torfbalken), drahtloser Betrieb der Sensoren; Datenfernübertragung;
 - c. Solarmodule und Akkus zur Stromversorgung von Eddy-Messturm und Feldstation;
 - d. Datenlogger;
 - e. Außenkamera;
 - f. Alle benötigten Komponenten zur Datenfernübertragung auf die Cloud-Plattform;
 - g. Ausgestaltung der Cloud-Plattform.

Der AN unterstützt bei der Erstellung einer diskriminierungsfreien Leistungsbeschreibung, welche die unter Berücksichtigung der standortspezifischen Bedingungen erforderlichen technischen Mindestanforderungen an die vom AG zu beschaffenden Messsysteme nennt. Dieses umfasst insbesondere auch a) eine schriftliche fachliche Begründung der technischen Mindestanforderungen b) die fachliche Beratung im Zuge der Kommunikation zwischen AG und Bietern. Die Beratungsergebnisse zu a) werden dem AG in schriftlicher Form (mind. durchsuchbares PDF-Dokument) innerhalb von spätestens einem Monat nach Zuschlagserteilung übergeben.

2 Transport, Aufbau und Inbetriebnahme der Messsysteme

Der AG teilt dem AN Termine für den Eingang der Lieferung der dem Auftragnehmer beigegebenen Komponenten und Systeme mit, sobald diese ihm bekannt werden und hält ihn über evtl. Änderungen auf dem Laufenden. Sodann vereinbaren AG und AN einen Terminplan für die Errichtung der Messsysteme und die Herstellung der Funktionsfähigkeit. Der AN prüft die gelieferten Komponenten der Messsysteme umgehend auf Vollständigkeit, Richtigkeit und offensichtliche Mängel. Sodann transportiert er die vom AG bereitgestellten Komponenten der Messsysteme von der Betriebsstätte des AG zu den zuvor festgelegten bis zu vier Messstandorten.

Die im Rahmen eines Vergabeverfahrens zu beschaffenden Komponenten werden an jedem Standort wind- und wetterfest aufgebaut, installiert und in Betrieb genommen:

- a) Eddy-Kovarianz-Messsystem;

- b) Feldstation für ergänzende meteorologische Messungen;
- c) Solarmodule und Akkus zur Stromversorgung von Eddy-Messturm und Feldstation;
- d) Datenlogger: Installation und Funktionsprüfung, Prüfung und Sicherstellung der Downloadmöglichkeit von Rohdaten der Sensoren vor Ort;
- e) Datenfernübertragung: Einbau der SIM-Karten und Einrichtung der Datenfernübertragung für sämtliche Messdaten auf die beschaffte Cloud-Plattform, Funktionsprüfung;
- f) Installation einer Außenkamera zur kontinuierlichen Messung der Vegetationshöhe;
- g) Die Leistung gilt pro Standort als vollständig erbracht, wenn die Datengewinnung lokal und per Fernübertragung erfolgt und die Daten in der Cloud zur Nutzung zur Verfügung stehen;
- h) Erstellung eines Abnahmeprotokolls über alle zur Errichtung und Inbetriebnahme erbrachten Leistungen.

Die Erklärung der Abnahme als vertragsgemäße Errichtung der Messsysteme markiert den Beginn des 24-monatigen Messzeitraums pro Standort.

3 Systemservice, Beendigung des Betriebs der Messeinrichtungen.

Wesentlicher Erfolgsfaktor zur Gewinnung von Daten ist die regelmäßige Wartung der Systeme sowie die Wiederherstellung und Aufrechterhaltung des Betriebs nach Fehlern oder Defekten.

Dazu wird der AN Systemservice für die Messsysteme leisten, um die Funktionsfähigkeit aufrechtzuerhalten und im Fehlerfall wiederherzustellen. Soweit er dazu auf Zulieferungen oder sonstige Handlungen des AG angewiesen ist, wird er diesem die notwendigen Schritte unverzüglich mitteilen. Die pro Termin wahrgenommenen Aufgaben wird der Auftragnehmer dokumentieren und dem Auftraggeber als rechnungsbegründende Unterlage zur Verfügung stellen. Im Rahmen des Systemservices bzw. der Probenahme benötigtes Verbrauchsmaterial sowie geringwertige Klein- und Ersatzteile sind einzukalkulieren. Bei größeren Ersatzteilkosten >100 EUR Netto-Einzelpreis werden sich AG und AN über die Abwicklung verständigen. Im Falle der Beschaffung durch den AN erfolgt eine Kostenerstattung gem. der Vertragsbedingungen.

Der Auftragnehmer wird im Rahmen des Systemservices mind. folgende Aufgaben übernehmen:

3.1 Laufende Arbeiten je Standort:

- a) Planmäßige monatliche Wartung
 - Fernwartung und Kontrolle der Eddy-Messsysteme und Sensoren, Qualitätskontrolle der standardisierten Flussberechnung in der Cloud zweimal wöchentlich;
 - Physische Vor-Ort-Wartung der kompletten Messeinrichtungen je Standort, d.h. mindestens Putzen der Sensoren und der Solarpanele, ggf. erneuern von Batterien, Erweiterung der Solarkapazität, erneuern von Tierabwehr/-vergrämung, Kopieren/Archivieren der Rohdaten incl. Qualitätskontrolle der Daten, Kontrolle des Kamerasystems mit Datensicherung, manuelle Messungen zur Vegetationshöhe, Auslesen und Datensicherung der Grundwassermessstellen und manuelle Abstichsmessung, Regulierung der Turm- und Sensorhöhe in Abhängigkeit der Vegetationshöhe, Dokumentation von Einstellungen und manuell gemessenen Werten, Update der Gerätesoftware;

- Lückenlose Abstimmung mit den Flächenbewirtschaftern zu geplanten und durchgeführten Bewirtschaftungsmaßnahmen, insbesondere Bodenbearbeitung, Düngung und Ernte; Erfassung der Termine, Düngerart und -menge, Erntetermine, sowie, soweit vom Bewirtschafter zur Verfügung gestellt, Erträge;
- Sofern im zeitlichen Zusammenhang möglich: Probenahme und Zusammenhangstätigkeiten gem. Nr. 3.2.b).

b) Laufende Rohdaten-Prozessierung pro Standort

Bereitstellung eines monatlichen Datensatzes zur Vorbereitung für die Arbeiten gem. Nr. 4 der Leistungsbeschreibung. Dazu sind folgende Arbeiten erforderlich:

- Rohdaten-Qualitätskontrolle, ggf. Koordination-Rotation nicht ko-lokalisierter horizontaler und vertikaler Windmessung;
- Modellierung des Quellbereiches der CO₂- und H₂O-Flüsse („Footprint“), Identifizierung und Herausfiltern von Signalen außerhalb des Quellbereiches, GIS-Analyse des Quellgebietes, Visualisierung des Quellgebietes;
- Erstellung dynamischer Metadaten der Vegetationshöhe basierend auf den Bildern der Außenkamera und manueller Messungen;
- Berechnung der CO₂- und H₂O-Flussraten auf halbstündlicher Basis.

3.2 Außerplanmäßige Arbeiten je Standort:

- a) Durchführung von außerplanmäßigen Besuchen zur zusätzlichen Wartung und Fehleranalyse, Reparaturen zur Mängelbeseitigung bzw. Wiederherstellung der Messsysteme und der Datenerhebung und Übergabe an die Cloud.

Es wird für Kalkulationszwecke unverbindlich von einem Termin pro Jahr und Messstation bei Acker und 0,5 Termin/Jahr für Grünland ausgegangen. Die Abrechnung erfolgt nach Aufwand gem. der Vertragsbedingungen.

Sofern Teile der beigestellten Messsysteme betroffen sind, erfolgt eine Fehlereingrenzung bzw. Bestimmung direkt mit dem Lieferanten bzw. Hersteller der vom AG beigestellten Teile der Messsysteme. Der Auftraggeber wird dazu die benötigten Kontaktdaten und Informationen bereitstellen.

b) Probenahme:

Vorbemerkung: Hierzu sind in der Regel zusätzlich zu den monatlichen Befahrungen weitere Fahrten erforderlich, da die Bewirtschafter die Erntetermine witterungsabhängig relativ kurzfristig ansetzen werden. Die Bewirtschaftung der Flächen erfolgt ohne Einfluss des AG. Die Häufigkeit der nötigen Probenahmen können daher nicht verbindlich angegeben werden. Für die Kalkulation wurden Annahmefälle gebildet die über- oder unterschritten werden können.

- Flächenbezogene, repräsentative Probenahme von ernterelevantem² Pflanzenmaterial im Quellbereich der CO₂-Flüsse der letzten 2 Monate, kurz (maximal 5 Tage) vor den geplanten Ernteereignissen, nach Probenahmeanleitung des AG.

² jegliches Pflanzenmaterial, das mit der Ernte von der Fläche abgefahren wird und daher einen C-Export darstellt.

Vor Ort ist die Frischmasse des gewonnenen Materials unter Nutzung einer Feldwaage (Wägebereich bis ca. 20 kg) zu bestimmen, bevor es vollständig in Beuteln abgefüllt wird. Je nach angebauter Kultur können Beutel mit einem Volumen bis zu 120 l erforderlich sein, z.B. bei Mais. Pro Jahr und Standort sind eine Ernte bei Ackernutzung und 3 Ernten bei Grünlandnutzung vorzusehen;

- Repräsentative Probenahme der auf die Flächen ausgebrachten organischen Düngemittel in Zusammenarbeit mit dem Bewirtschafter, eine Probe von 2 l oder 2 kg je Fläche und Düngungskampagne, zur Ermittlung des Kohlenstoffeintrags durch organische Düngung;
- Feldwaage, Probenahmewerkzeuge und weitgehend luftdicht verschließbare PE-Beutel zum Schutz vor Austrocknung sind vom AN zu stellen;
- Eindeutige Kennzeichnung der Proben (Probennummer, Standort, Replik, Datum, Material (Pflanzen bzw. Düngerart), beprobte Fläche (nur bei Pflanzenproben));
- Erstellung einer Probenliste und digitaler Versand an das Labor und den AG.
- Unmittelbarer Transport bzw. Versand der Pflanzen- oder Düngemittelproben an ein vom AG beauftragtes Labor. Eine Zwischenlagerung von 3 Tagen bei kühlen Temperaturen (4-8°C) in weitgehend luftdicht verschlossenen Beuteln ist möglich, aber im Zuge der Probenanlieferung an das Labor zu vermerken.
- Veranlassung einer Analytik namens und im Auftrage des AG auf Trockenmasse, organischen Kohlenstoff und Gesamtstickstoffgehalt;

3.3 Beendigung:

- Rückbau der Messeinrichtungen incl., soweit vorhanden, Verpackung in Transportbehälter und Rücktransport zur Betriebsstätte des AG.

4 Berichterstattung

Zur Vorbereitung der Berichterstattung wird der Auftragnehmer mindestens folgende Arbeiten laufend durchführen:

- Lückenfüllen von Zeitreihen der Modelltreibervariablen (u.a. Temperaturen, photosynthetisch aktive Strahlung, Vegetationshöhe, sowie weitere pedo-meteorologisch relevante Daten);
- Modellierung der CO₂-Flüsse mit standortspezifischen, semi-empirischen Modellen und Partitionierung des Netto-CO₂-Flusses in Komponenten der Photosynthese (Brutto-Primärproduktion) und Ökosystematmung nach Holl et al. (2019) oder vergleichbaren Verfahren;
- Vollständige, lückenfüllende Modellierung des Netto-CO₂-Flusses über die Zeit auf halbstündlicher Basis nach der MDS³-Methode (Reichstein et al. 2025). Vergleich mit der Standardmethode in der Cloud des Geräteherstellers;
- Vollständige, lückenfüllende Modellierung des Netto-H₂O-Flusses über die Zeit auf halbstündlicher Basis;

³ MDS (marginal distribution sampling) ist ein anerkanntes statistisches Verfahren zur Füllung von Datenlücken, die bei Eddy-Messungen aufgrund ungünstiger meteorologischer Bedingungen unvermeidbar auftreten.

- Ermittlung von jährlichen Nettoflüssen für CO₂ und H₂O für 2 vollständige Messjahre. Der Verlauf der Messjahre kann von dem der Kalenderjahre abweichen, die Zeiträume der Messjahre dürfen sich aber nicht überschneiden.

Darauf basierend wird der Auftragnehmer innerhalb von 1 Monat nach Ablauf des ersten Messjahres einen Zwischenbericht und innerhalb von 3 Monaten nach Ablauf des zweiten Messjahres folgende Berichte erstellen:

4.1 Zwischenbericht, vorzulegen innerhalb von 1 Monat nach Ablauf des ersten Jahres der Messungen mit mindestens folgenden Inhalten:

- Netto-CO₂-Flüsse, nach Ökosystematmung und Bruttoprimärproduktion partitionierte CO₂-Flüsse und H₂O-Flussraten auf halbstündlicher Basis, sowie kumuliert für den bis dato erhobenen Messzeitraum (idealerweise ein Jahr) für alle 4 Standorte;
- Ereignisabhängige Daten zum Kohlenstoffeintrag (Zufuhr durch organische Düngung) und Kohlenstoffaustrag (Abfuhr von Erntegut);
- Daten zur Bewirtschaftung (Bodenbearbeitung, Düngung, Ernte);
- Grundwasserstände (m NHN) auf täglicher Basis;
- kurze textliche Ausführungen zur Methodik und zur Einordnung der Ergebnisse.

4.2 Abschlussbericht nach 2 Messjahren, vorzulegen innerhalb von 3 Monaten nach Ablauf der Messzeit, mit mindestens folgenden Inhalten:

- Vollständige Netto-CO₂- und H₂O-Flussraten auf halbstündlicher Basis sowie kumuliert für 2 vollständige, nicht überlappende Messjahre für alle 4 Standorte;
- Nach Ökosystematmung und Bruttoprimärproduktion partitionierte CO₂-Flussraten;
- Ereignisabhängige Daten zum Kohlenstoff-Import (Zufuhr durch organische Düngung) und Kohlenstoff-Export (Abfuhr von Erntegut);
- Jahreswerte des Netto-Ökosystem-Kohlenstoffbilanz (net ecosystem carbon balance NECB) unter Einbeziehung der Netto-CO₂-Flüsse und der Kohlenstoffeinträge und -austräge;
- Karten der Quellgebiete für den CO₂-Fluss je Standort und Messjahr;
- zeitliche Verläufe der Vegetationshöhe;
- Tages- und Jahreswerte der Grundwasserstände in mNHN sowie bezogen auf die mittlere Bodenoberfläche des Quellbereiches in m unter Gelände;
- Jahresgänge der Bodenfeuchte für Oberboden, Sandbalken, Torfbalken;
- Standortübergreifende Auswertung, soweit für die untersuchten Standorte sinnvoll, zum Einfluss der Torfart, der Landnutzung (Acker oder Grünland), der Wasserstände und der Bodenfeuchte sowie der Kohlenstoffgehalte des Bodens im Bereich des Quellbereiches auf die CO₂-Flüsse;
- Textliche Einordnung der Messwerte anhand vorliegender Literatur zu CO₂-Emissionen aus entwässerten landwirtschaftlich genutzten Moorböden, insbesondere deutsche (Tiemeyer et al. 2020) und niederländische Untersuchungen (u. a.

Boonman et al. 2022), aber auch andere methodisch vergleichbare, also mit der Eddy-Kovarianz-Methode erstellte C-Bilanzen entwässerter Moore.

5 Sonstige Leistungen auf besondere Anforderung des AN

Auf besondere Anforderung des AG erbringt der AN mindestens folgende sonstige Leistungen:

- Projektbesprechungen mit dem AG zum jeweiligen Stand der Arbeiten
- Teilnahme an sonstigen projekt- bzw. standortbezogenen Veranstaltungen

Im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit steht der AN jeweils für eine Auftaktveranstaltung zu Projektbeginn und eine Abschlussveranstaltung im Raum Oldenburg zur Verfügung. Auf der Auftaktveranstaltung stellt der AN die von ihm zu verantwortenden Arbeiten in dem Projekt vor. Auf der Abschlussveranstaltung präsentiert der AN die Ergebnisse aus dem Projekt.

6 Beistelleleistungen des AG

Der AG stellt dem AN folgende Geräte, Unterlagen oder Daten zur Verfügung:

- Digitale Geländemodelle (DGM5, DGM1) und parzellenscharfe Karte der Windhindernisse (Art, Ausdehnung, geschätzte Höhe) im Umfeld der Untersuchungsflächen im Maßstab 1 : 5.000;
- Regelung der Betretungsrechte mit Flächeneigentümer und -besitzer;
- Messtechnik gem. Nr. 1 b) der Leistungsbeschreibung sowie Lizenzen für einen Cloud-Dienst zur Datenzusammenstellung und standardisierten Datenauswertung und -visualisierung für 4 Standorte;
- SIM-Karten der Telekom für Datenfernübertragung und Kosten der Datenfernübertragung (Mobilfunkgebühren);
- Zaunelemente für Diebstahlsschutz, Schlösser (beides sofern erforderlich);
- Bodenkundliche Standortansprache und Rasterkartierung der Gehalte an organischem Kohlenstoff im Oberboden im Bereich des potenziellen Quellgebietes, Geländehöhen an Rasterpunkten, bestimmt mit einem GPS-System;
- Bereitstellung von GW-Filterrohren und Wasserstandsloggern, Barologger (alternativ: Luftdruckdaten einer benachbarten Wetterstation des DWD), Aufbau und Abbau der Grundwassermessstellen, Einmessen der Höhe der Rohroberkante;
- Übernahme der Analysekosten für Pflanzenproben;
- Probenahmeanleitung des LBEG für Pflanzen- und Düngemittelproben;
- Organisation einer Auftakt- und einer Abschlussveranstaltung im Raum Oldenburg.