



An den
badenova AG & Co. KG
Innovationsfonds Klima- und Wasserschutz
Tullastr 61, 79108 Freiburg

Zwischenbericht Nr. 3, MS 06.02.2024
Letzte Zwischenbericht Nr. 2 vom 08.05.2023

Projektnummer: 2022-10	Berichtsdatum: Feb. 2024
Laufzeit: 01.05.2022 – 30.04.2024	Fördervolumen: 145.638 €
Projektname: CO2-Land; Humus-Sensing	

Inhalt

1. Zusammenfassung.....	2
2. Stand Arbeitspakete	2
3. Zwischenergebnisse: AP6 Kalibrierung durch den Partner SCF:	2
4. Zwischenergebnis: AP3.2 CO2-Monitor.....	4
5. Aufgetretene Probleme.....	5
6. Nächste Schritte und Ausblick.....	5

1. Zusammenfassung

Das Monitoring der Speicherleistung von organischem Kohlenstoff (C_{org}) im Boden ist von zentraler Bedeutung. Das Monitoring geschieht aktuell durch Bodenprobenahmen und -Analysen und ist mit einem großen logistischen Aufwand und hohen Kosten verbunden. Darum muss das Monitoring durch innovative Vorhersagemodelle und Diagnoseinstrumente ergänzt und teilweise ersetzt werden. Hierzu bieten sich Fernerkundungsverfahren (sogenannte Remote-Sensing-Technologien) an, die ein großes Potenzial haben, um großräumlich und kostengünstig über Satelliten Daten in der Fläche zu erfassen und über Algorithmen mit Informationen aus mehreren Spektralbereichen direkt präzise Informationen zu Bodeneigenschaften und Flächennutzung zu liefern. Mit dem Kooperationspartner Smart Cloud Farming werden unsere Bodenproben zur Kalibrierung herangezogen. Dadurch kann eine genauere Messung von regionalen Bodenwerten erfolgen. Die Kalibrierung erfolgte im September 2023. Im nächsten Arbeitsschritt wird die Vorhersage auf 2500 ha Fläche in Südbaden durchgeführt, sodass daran die Bewertung von Remote-Sensing als Werkzeug für das CO₂-Land e.V.-Programm erfolgen kann.

2. Stand Arbeitspakete

Arbeitspakete:

AP 1 – AP 6: bearbeitet nach Zeitplan

AP 3.2: fortlaufend

AP 7 – 9: anstehend

3. Zwischenergebnisse: AP6 Kalibrierung durch den Partner SCF:

Smart Cloud Farming übernimmt unserem Datensatz von 2 mal 166 Bodenproben als Grundlage für die Kalibrierung. Der Kalibrierungsbericht wurde im August 2023 zugestellt. Eine 2-phasiger Durchlauf wurde gemacht:

„SmartCloudFarming begann mit der Erfassung von Multispektralbildern des Gebietes zum Zeitpunkt der Probenahme (zwischen der dritten, vierten und fünften Märzwoche 2023). Die Satellitenbilder wurden als Eingabe für das Deep-Learning-Modell verwendet und 192 einzigartige Merkmalsvektoren wurden extrahiert. Die Leistungsüberprüfung des Arbeitspakets AP6 wurde in zwei Phasen durchgeführt:

Phase 1 - die 192 einzigartigen Merkmale, die aus dem Gebiet extrahiert wurden, wurden mit SmartCloudFarming-Referenzdatensatz zusammengeführt und verwendet, um Vorhersagen zu den 166 Standorten der Kalibrierungspunkte (die in dieser Phase als 100 % Blindtest verwendet wurden) zu machen.

Phase 2 - die 192 einzigartigen Merkmale, die aus dem Gebiet extrahiert wurden, wurden mit SmartCloudFarming-Referenzdatensatz und 50 % der Kalibrierungspunkte zusammengeführt und verwendet, um Vorhersagen zu machen von 83 verbleibenden Kalibrierungspunkten (50% Blindtest).“

Die statistische Auswertung ist:

	Mean absolute error (MAE)	Mean squared error (MSE)	Mean absolute percentage error (MAPE)
Phase 2	0,14869	0,03383	14,508
	0,14056	0,03107	13,7744
	0,13358	0,02741	13,1507
	0,13579	0,02815	13,3793
	0,13274	0,02844	13,0501
	0,14494	0,03162	14,2558
	0,14275	0,03054	14,1419
	0,13925	0,02864	13,8248
	0,14191	0,02936	13,9807
	0,14067	0,02956	13,848
Phase 2 average	0,14009	0,02986	13,7914

Table 2: Performances of the local calibrated model. The model predicted the soil organic carbon of randomly picked 83 soil samples (out of the total 166 available in the calibration dataset) and the predictions were assessed against the remaining 83 soil samples ground truth. We randomly picked 83 soil samples for 10 times and we calculated the averaged as performed metrics.

Leistungsergebnisse der Kalibrierung:

Die Kalibrierung mit zweifachem maschinellem Lernen und 83 Kalibrierungspunkten ist die effizienteste und präziseste Kalibrierung, die eine MAPE-Verbesserung von 28,84 % ergab. Dieser Ansatz wurde ausgewählt, um das tiefe neuronale Modell von SmartCloudFarming lokal zu kalibrieren, um dann 100% des Kalibrierungsdatensatzes (166 Stichprobenpunkte) zum Scannen, Messen und Kartieren einer Fläche von 2500 Hektar zu verwenden. (für Arbeitspaket AP7 Übertragung und Vorhersage).

Interpretation durch CO2-Land:

Eine Auswertung der Kalibrierung hat noch nicht stattgefunden. Es muss vor allem noch die Vorhersage abgewartet werden um dann vorhergesagte Daten mit real gemessenen Daten vergleichen zu können. Die Analyse zur Genauigkeit wurde noch nicht durchgeführt

Visualisierung Kalibrierung:

Die Visualisierung der Ergebnisse erfolgt über eine GIS Datenbank. Ersichtlich sind Differenzierungen innerhalb eines Schrages heruntergebrochen auf eine Fläche von 307 m². Dadurch ist schon ein Mehrwert gegeben, wo durch Satellitenauswertung genauere Daten räumlich verteilt geliefert werden, als nur durch eine Bodenprobe, die nur einen durchschnittlichen Wert eines gesamten Schrages liefern kann.



Figure 3: Visualization of the 166 soil sample location with the 'CO2 Land [hex 3D]' setting on. With this setting is possible to visualize the soil organic carbon value (%) in each parcel as 3D hexagon. The average hexagon area is 307 square meters. A color scheme is applied to all the hexagon to visualize the level of % of soil organic carbon (darker violet to lighter violet) as well as a height function in which taller hexagon are the areas with the higher level of soil organic carbon (%).

4. Zwischenergebniss: AP3.2 CO2-Monitor

Parallel zu den Auswertungen der Satellitendaten wird unser CO2-Monitor weiterentwickelt. Aktueller Stand CO2-Monitor:

6 Aufbau Digitalisierung	<p>Die transparente Datenverarbeitung erfordert ein dauerhaftes, umfassendes, transparentes und effizientes, digitales Geodaten-Management und -Auskunftssystem mit einer kompletten Historienverwaltung der sich in Raum- und Zeitbezug ändernden landwirtschaftlichen Bewirtschaftungen und den damit verbundenen, projektspezifischen Maßnahmen und Vereinbarungen. Darüber hinaus müssen auch alle landwirtschaftlichen Produktionsfaktoren wie Boden- und Klimadaten direkt zur Bewertung und Planung von Maßnahmen verfügbar sein. Mit der Smallworld GIS-basierten Fachanwendung Kooperationsmanagement Landwirtschaft steht eine langjährig, seitens der Wasserwirtschaft (u.a. auch bei bnNetze) praxiserprobte Informationssystemlösung als Grundlage zur Verfügung, die damit (verbunden mit dem Know-how der HydroS Consult GmbH) eine effiziente und ökonomische Weiterentwicklung bzw. Anpassung an die besonderen Anforderungen einer zukünftigen Produktpflege verspricht.</p>	<p>Die Grundlagen des CO2-Monitors, eine Eigenentwicklung in Zusammenarbeit mit HydroS Consult GmbH sind geschaffen. Drei Landwirtschaftsbetriebe sind vollständige erfasst. Es bedarf jedoch einer stetigen Weiterentwicklung. Vor allem ein Interface-Zugang für teilnehmende Betriebe muss noch eingerichtet werden.</p>
--------------------------	--	---

5. Aufgetretene Probleme

Für die Bearbeitung des AP6 sind keine Probleme aufgetreten. Das Paket war überwiegend eine Auftragsvergabe an unseren Partner SCF.

6. Nächste Schritte und Ausblick

Die Vorhersage und Übertragung (AP7) soll in 3 Gebieten (Area of Interest) geschehen; Staufener Bucht, Markgräfler-Vorbergzone und Rheinebene nördlich vom Kaiserstuhl. In diesen Gebieten hat das CO₂-Land Referenzflächen und -daten um die Vorhersage mit gemessenen Daten zu benchmarken und bewerten zu können. SCF hat die Daten vom CO₂-Land erhalten, die Auswertungen sind auf Feb. 24 versprochen. Damit kann die finale Auswertung von seiten des CO₂-Lands erfolgen.

Die entscheidend Frage wird sein, die Genauigkeit dieser Satelittenauswertungen zu analysieren um den Corg-Gehalt unserer Projektbetrieben bewerten zu können, ohne klassische Bodenproben durchzuführen. Dabei erwarten wir eine deutliche Kostenreduzierung unseres Monitoring-Programms. Dieses besteht aktuell ausschließlich aus Bodenproben und Laboranalysen, was sehr arbeitsintensiv ist und stark wetterbedingt durchgeführt werden kann. Weitere Anwendungen zur Bestimmung von Bodenbedeckung, Biomassegehalt und Wassersättigung von Schlägen und Gebieten können folgen mit dem Ziel zusätzlich Monitoring-Instrumente neben dem Bodenkohlenstoff heranziehen zu können.