

Ganz genau – Können Änderungen des Kohlenstoffvorrates im Boden verlässlich bestimmt werden?

Prof. Dr. Axel Don, PD Dr. Christopher Poeplau und Team

Thünen Institut für Agrarklimaschutz



30.09.2025 Burg Warberg

Vom Acker zum CO₂-Markt: Chancen, Tücken, Perspektiven

Stellen wir uns einen Landwirt vor,....



Generiert mit KI (ChatGPT)

der sich um Boden und Humus bisher nicht gekümmert hat.

Er hört von Carbon Farming und der Möglichkeit damit Geld zu verdienen und gleichzeitig dem Boden etwas Gutes zu tun.

Der neue Carbon farming Landwirt



Sein Plan: In 10 Jahren 6 zusätzliche Sommer- und Winterzwischenfrüchte in seine Fruchtfolgen integrieren

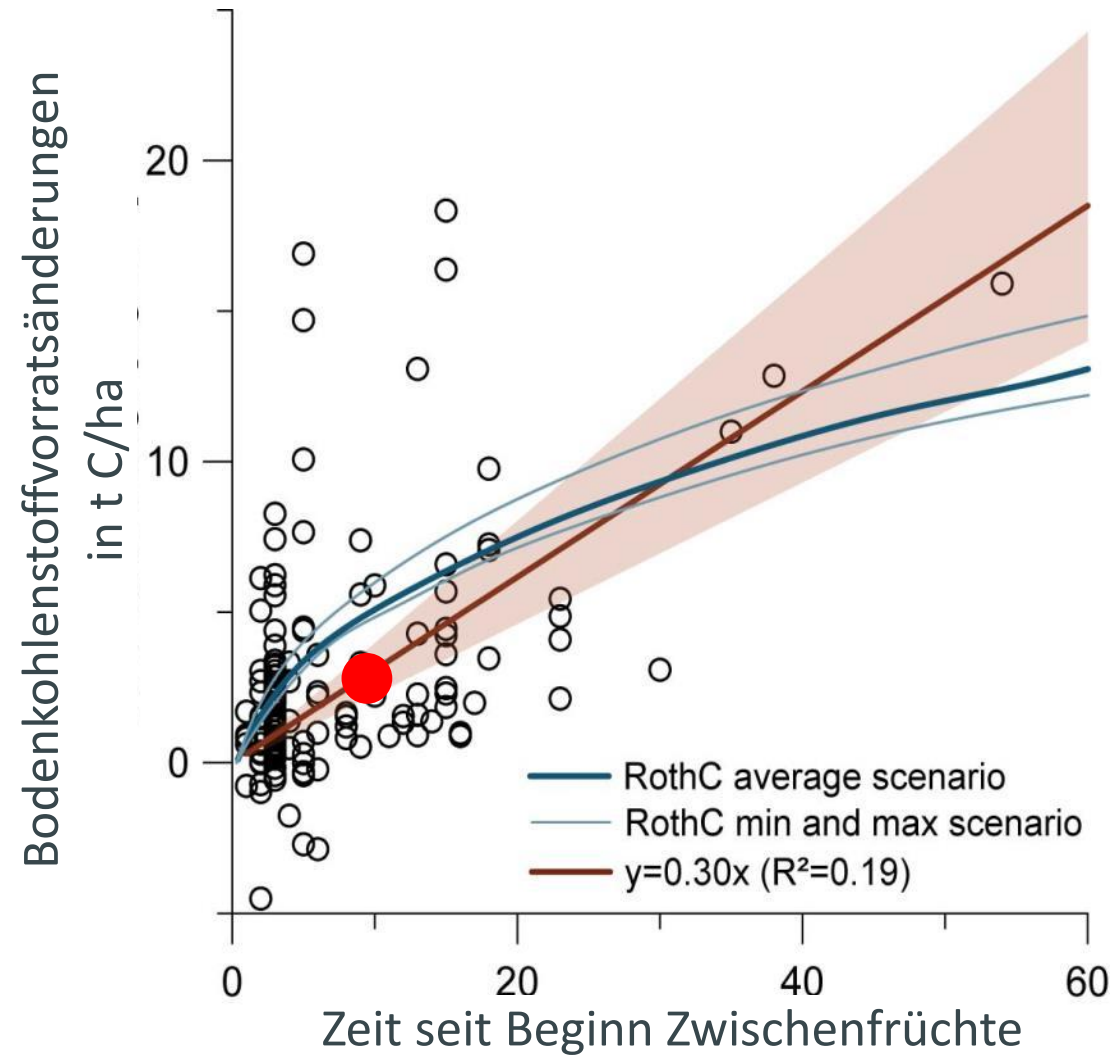
Carbon Farming Projekt beinhaltet eine initiale Bodenbeprobung und eine nach 10 Jahren

Generiert mit ChatGPT

Axel Don

Bodenkohlenstoffmessungen

Zwischenfrüchte zum Humusaufbau



Axel Don
Bodenkohlenstoffmessungen

**Eine zusätzliche Zwischenfrucht einem
Humusaufbau von 0.32 ± 0.08 t C/ha**



Poeplau and Don 2015, Agric. Ecosys. & Environ.

Die Rechnung

**6 zusätzliche Zwischenfrüchte in 10 Jahren
ergeben 2 t C/ha Humusaufbau**

**2 t C/ha entsprechen 0,05 Masse% C_{org} im
Oberboden**

(z.B. Erhöhung von 1,50 auf 1.55%
organischer C).

Der Laborfehler liegt bei ca. 0,04 Masse%

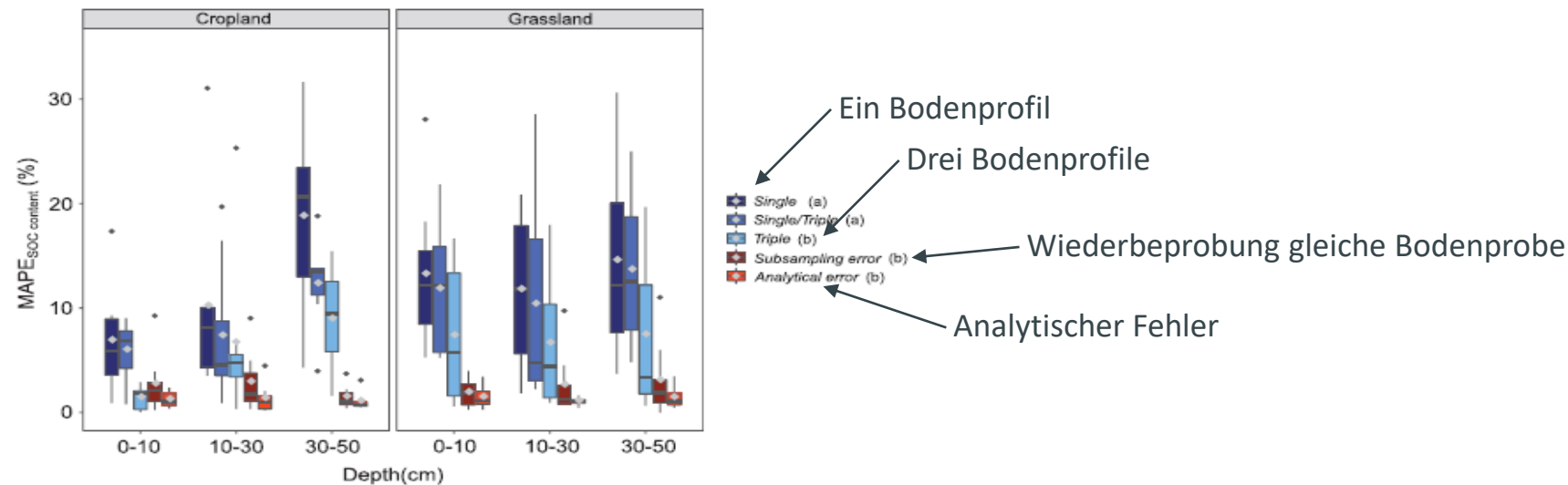


Kleinräumige Variabilität von Bodenkohlenstoff

8 Äcker und 8 Grünländer in Norddeutschland

Wiederbeprobungsfehler (0-30 cm Tiefe) von **5,1** (Acker) und **7,6** t C/ ha (Grünland) an einem Bodenprofil am gleichen Tag

- Reduziert um 50% wenn man 3 Bodenprofile Beprobt statt nur eines



Poeplau et al. 2022 J Plant Nutr. Soil Sc.

Lösungsweg

Viele Proben nehmen!

Nach DIN: 15 bis 25 Bodenproben pro Hektar

Vereinigung zu Mischproben möglich

Beprobung bis einige Zentimeter oberhalb der Krumentiefe (z.B. 27 cm)

Nach 10 Jahren:

Messung an exakt den gleichen 15-25 Einstichstellen

Analyse im gleichen Labor

Beprobung bei gleichen Boden(feuchte)bedingungen

Lagerungsdichte

$$\text{Bodenkohlenstoffvorrat} = C_{\text{org}}\text{-Gehalt} \times \text{Lagerungsdichte} \times (1 - \text{Steingehalt})$$

- Lagerungsdichte und Steingehalt werden oft nur abgeschätzt (aus Pedotransferfunktionen oder Karten)
- Erhöht die Unsicherheit



Beprobung der Lagerungsdichte in 40 cm Tiefe

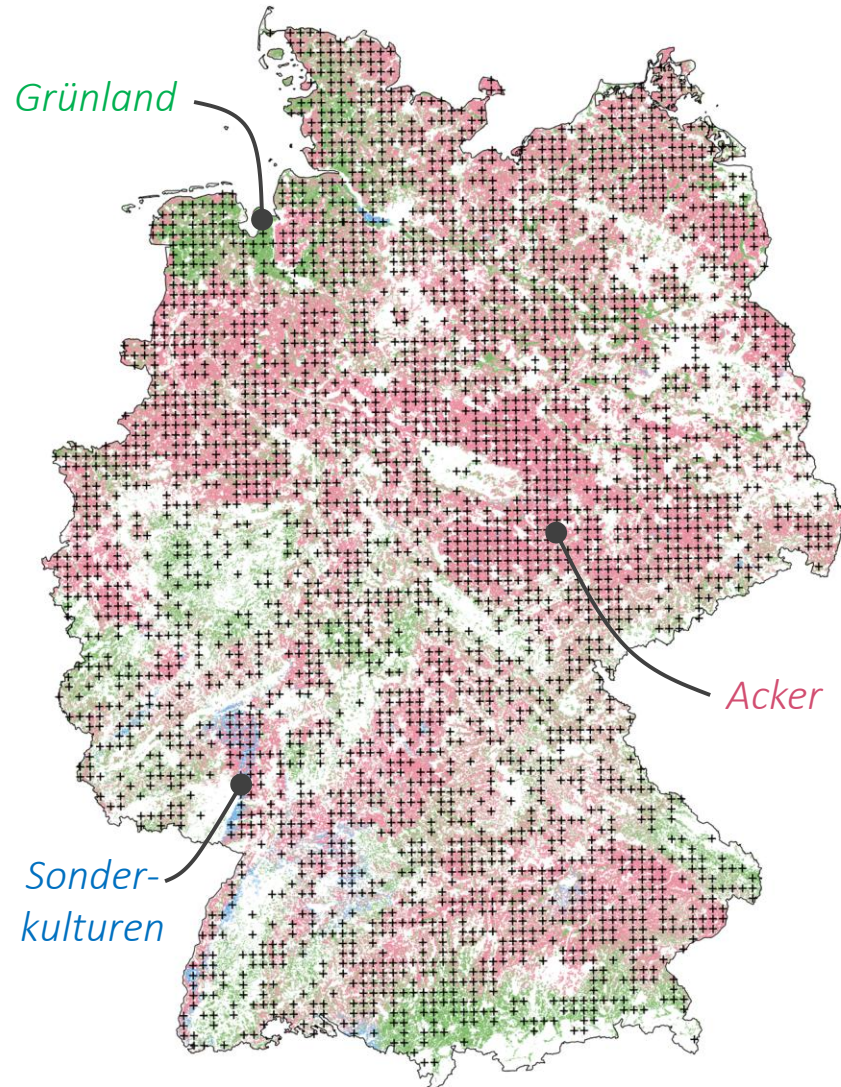
Rechnung II

Wenn auf deutschen Äckern die C_{org} -Gehalte durchschnittlich um 0,05 %-Punkte zurück gingen in 10 Jahren....

... würde das jährliche Emissionen von 8 Mio. t CO_2 verursachen.

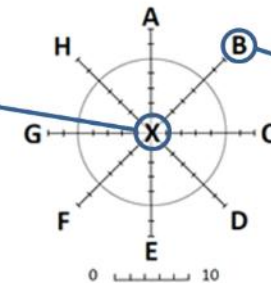
Die Landwirtschaft ist in Deutschland verantwortlich für rund 105 Mio. t CO_{2-eq}
(Sektor Landwirtschaft, LULUCF, Industrie und Energie)

Bodenzustandserhebung Landwirtschaft



Axel Don
Bodenkohlenstoffmessungen

- Bodenbeprobung im 8×8 km Raster (3104 Standorte)
- Einheitliche Tiefenstufen: 0-10, 10-30, 30-50, 50-70, 70-100 cm
- 124.000 Bodenproben
- 2011-2018: erste Inventur
- Seit 2022: zweite Inventur



Alle Analysen im Thünen-Bodenlabor

- Gemessene Bodenkenngößen
 - Gehalt an organischem Kohlenstoff
 - Gehalt an anorganischem Kohlenstoff
 - Gehalt an Gesamtstickstoff
 - Feinbodenanteil ($< 2 \text{ mm}$)
 - Grobbodenanteil ($\geq 2 \text{ mm}$)
 - Trockenrohdichte des Feinbodens
 - Korngrößenzusammensetzung
 - pH-Wert
 - Wurzelmasse
 - Nahinfrarot-Spektren
- Erhebung von Bewirtschaftungsdaten
- Etablierung eines Bodenarchivs



Bodenkohlenstoff in Deutschland

im Oberboden (0-30 cm)

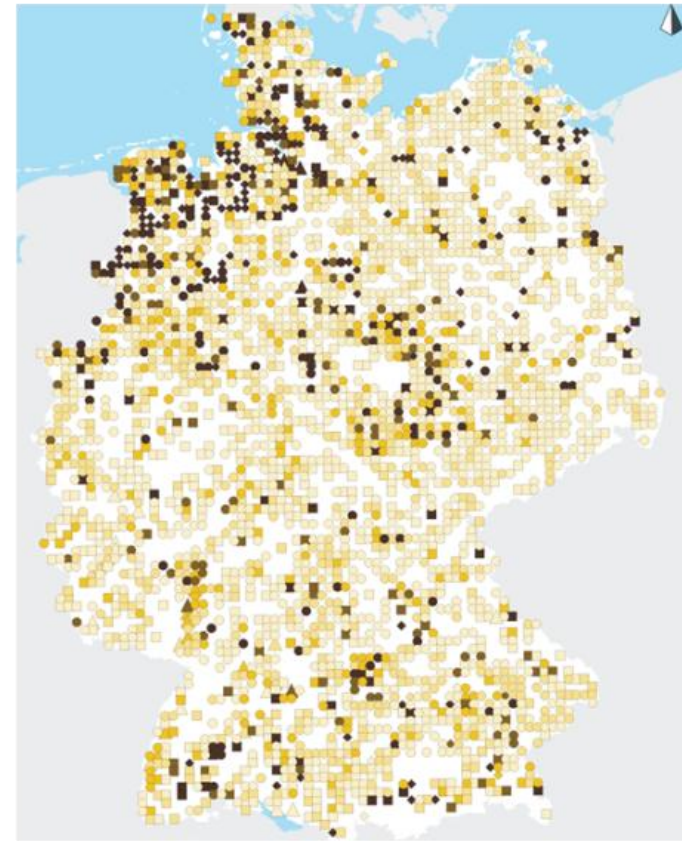


- Acker
- Dauergrünland
- △ Sonderkultur

C_{org} (t/ha)

- < 30
- 30–50
- 50–70
- 70–90
- >90

im Unterboden (30-100 cm)



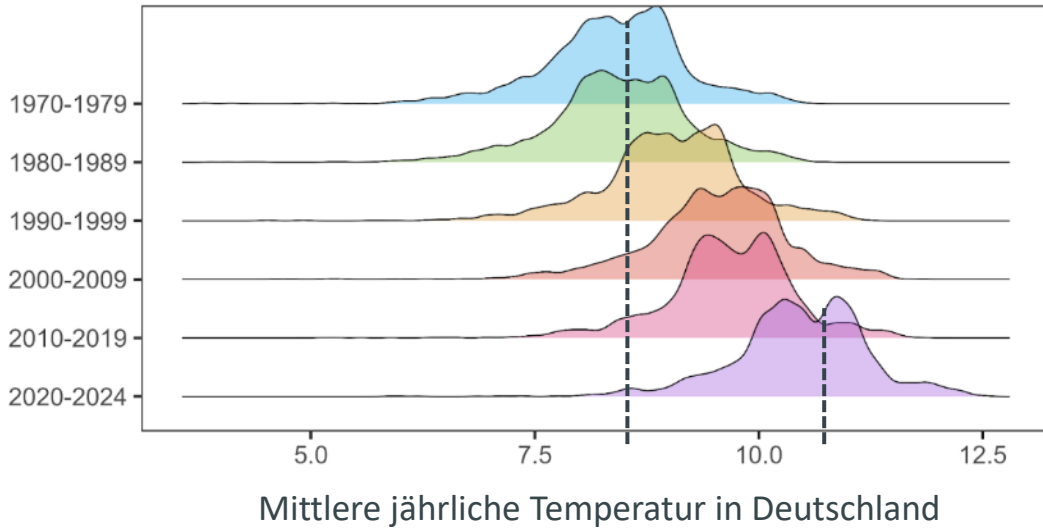
Jacobs et al. 2018, Thünen Report 64

Wiederbeprobung

- Seit 2022 bis 2030
- Projekt finanziert durch das Bundesministerium für Landwirtschaft, Ernährung und Heimat
- Allein 3 Mitarbeiter in Kontakt mit unseren rund 3000 Landwirten
- Vier Profile werden aufgegraben und bis 50 cm Tiefe beprobt



Klimaerwärmung als Einflussfaktor

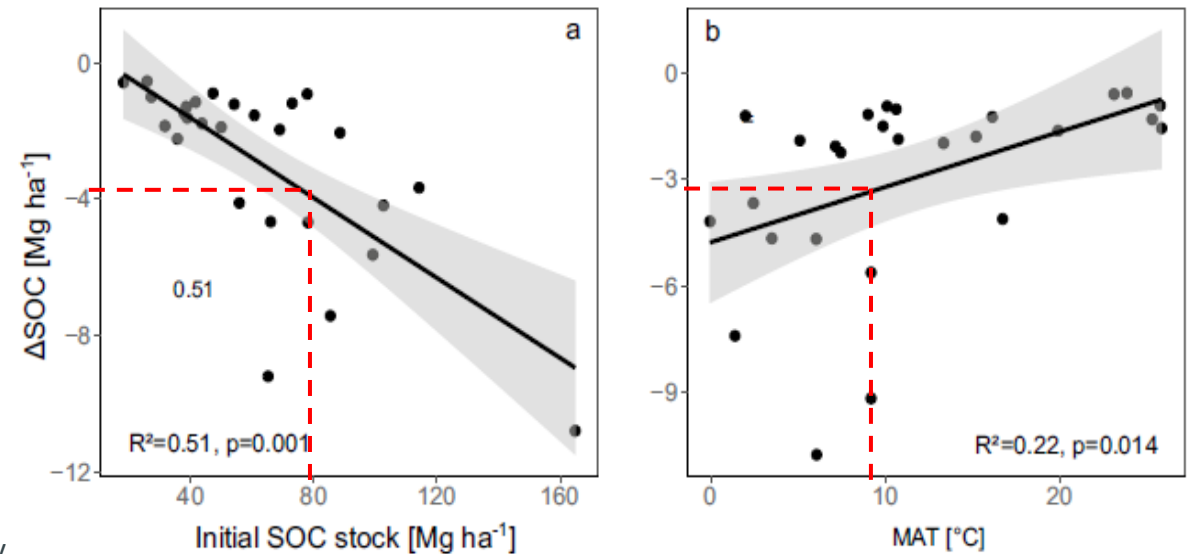


- Ca 1°C Erwärmung allein in den letzten 10 Jahren
- Erwärmung erhöht die mikrobielle Abbauaktivität

Poeplau&Dechow 2023, Global Change Biology

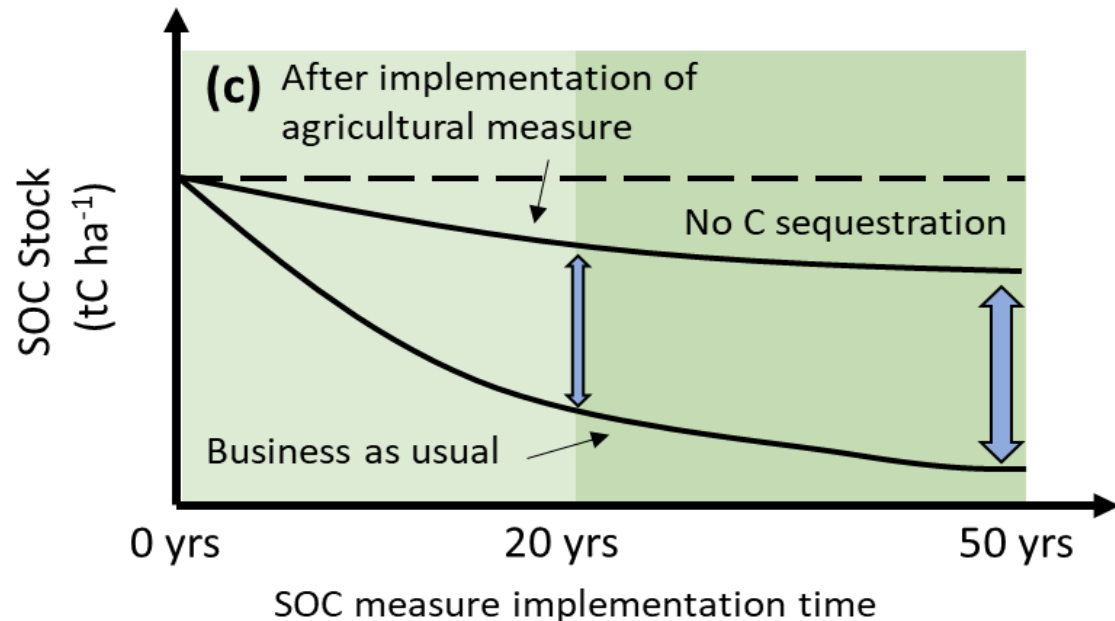
Modellierung: 3-4 t C_{org} /ha Verlust pro 1°C

Erwärmungsexperimente: 2-4 t C_{org} /ha Verlust pro 1°C

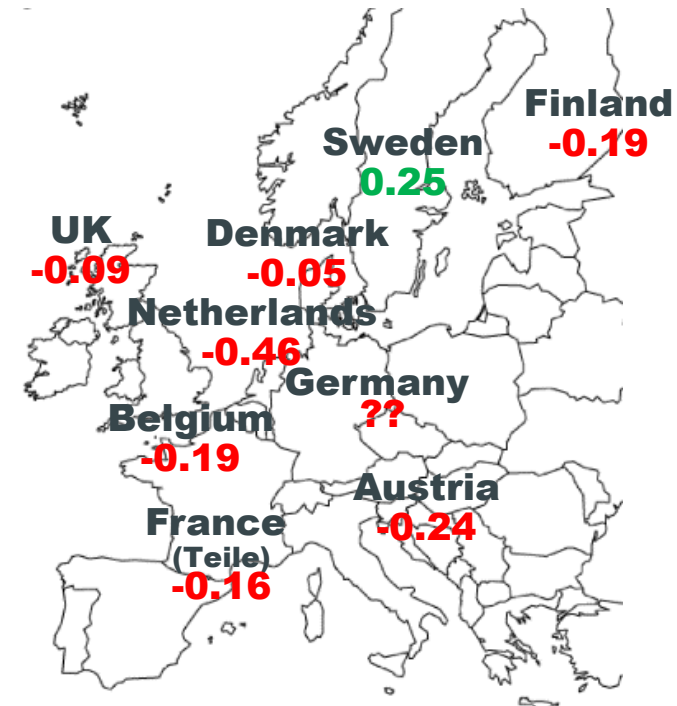


Bodenkohlenstofftrends

- ❑ Viele europäische Äcker verlieren Kohlenstoff



Trends der Bodenkohlenstoffvorräte im Acker



In t C /ha/Jahr basierend auf wiederholten Bodeninventuren

Quellen: Heikkinen et al. 2013, Poeplau et al. 2015, Taghizadeh-Toosi et al. 2014, Lettens et al. 2005, Knotters et al. 2022, Dersch and Böhm 1997, Höper 2021, Antoni et al., 2008

Modelkalibration

- Seit 15 Jahren arbeiten wir an Bodenkohlenstoffmodellen und deren Verbesserung
- Die Bodenzustandserhebung ist der wichtigste Datensatz zur Kalibration
- Seit 2024 werden Bodenkohlenstoffänderungen in Mineralböden in der nationalen Emissionsberichterstattung modellbasiert berichtet
- Dieses Modellsystem ist über eine offene Schnittstelle für andere frei verfügbar

Die einfacheren Fälle

Pflanzenkohle: Verbleib im Boden gut abschätzbar, sehr hohe Stabilität, keine Bodenkohlenstoffmessungen nötig

Landnutzungsänderungen zu Grünland: Hohe C_{org} -Änderungsraten $>0,5 \text{ t } C_{org}/\text{ha}$, Nachweis einfacherer

Agroforst/Hecken: 80% der C Sequestrierung in Biomasse, eigene Methoden zum Nachweis nötig

Schlussfolgerungen



Generiert mit KI (ChatGPT)

Axel Don

Bodenkohlenstoffmessungen

- Der Nachweis von Bodenkohlenstoffänderungen auf Feldskale bedarf sehr vieler Bodenproben
- Kleinräumige Variabilität von Bodenkohlenstoff ist enorm groß
- Auf nationaler Skala erbringt die Bodenzustandserhebung Landwirtschaft den Nachweis
- Kleine Veränderungen in C_{org} -Gehalten führen auf nationaler Ebene zu hohen CO_2 -Emissionen
- Für Carbon Farming-Projekte ist der Nachweis von Maßnahmeneffekten mit Modellen oft zielführender

Vielen Dank für Ihr Interesse!



axel.don@thuenen.de



Thünen Institut für Agrarklimaschutz



www.thuenen.de/ak