

Humusaufbau für den Klimaschutz

– Möglichkeiten und Grenzen

Prof. Dr. Axel Don und Team

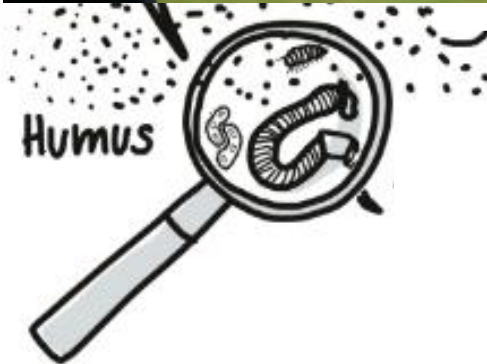
Thünen Institut für Agrarklimaschutz



07.03.2024

Thünen-Kolloquium

Humus – Energiequelle fürs Bodenleben

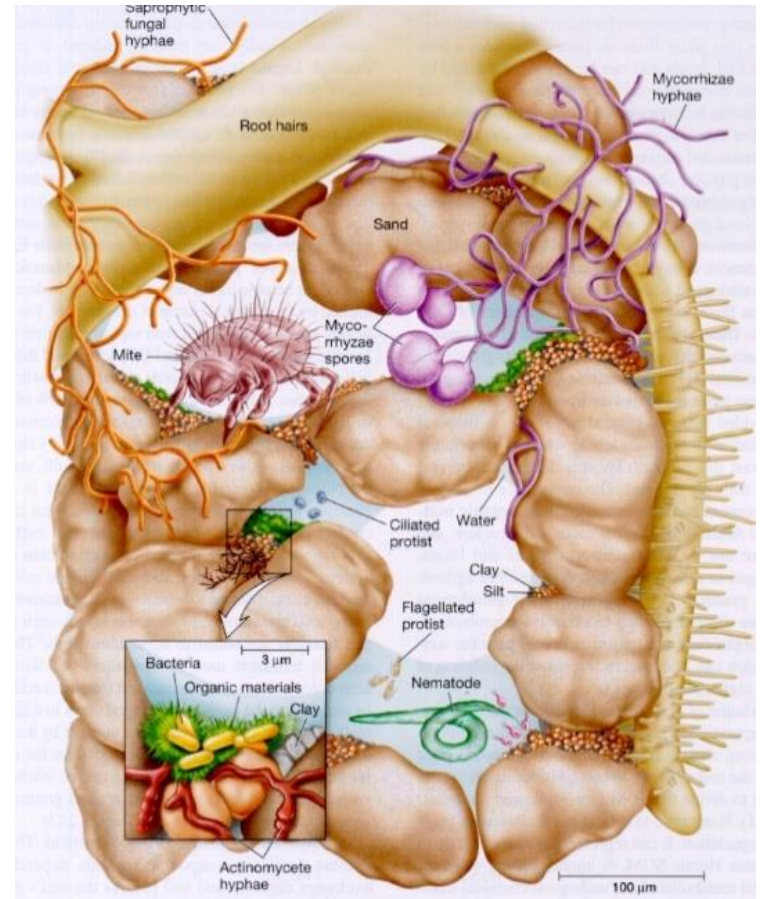


□ Boden ist voller Leben –

mehr Lebewesen in einer Hand voll Boden
als Menschen auf der Erde

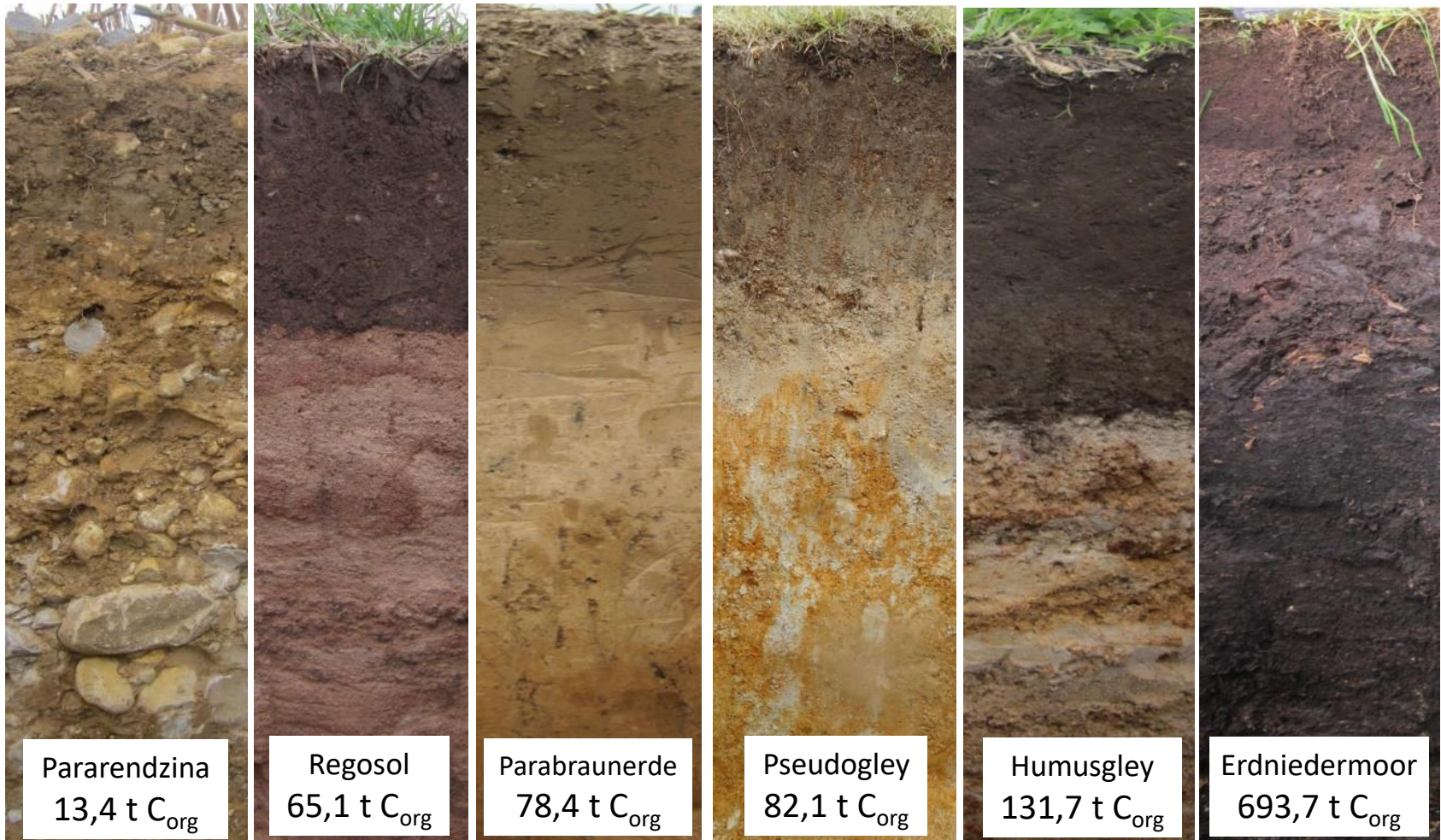
Humus entsteht aus „mikrobiellen Schleim“

- ❑ Die allermeisten Bodenlebewesen ernähren sich vom Humus – „fressen ihn“
- ❑ Bodenleben baut Humus auf – „bilden ihn“



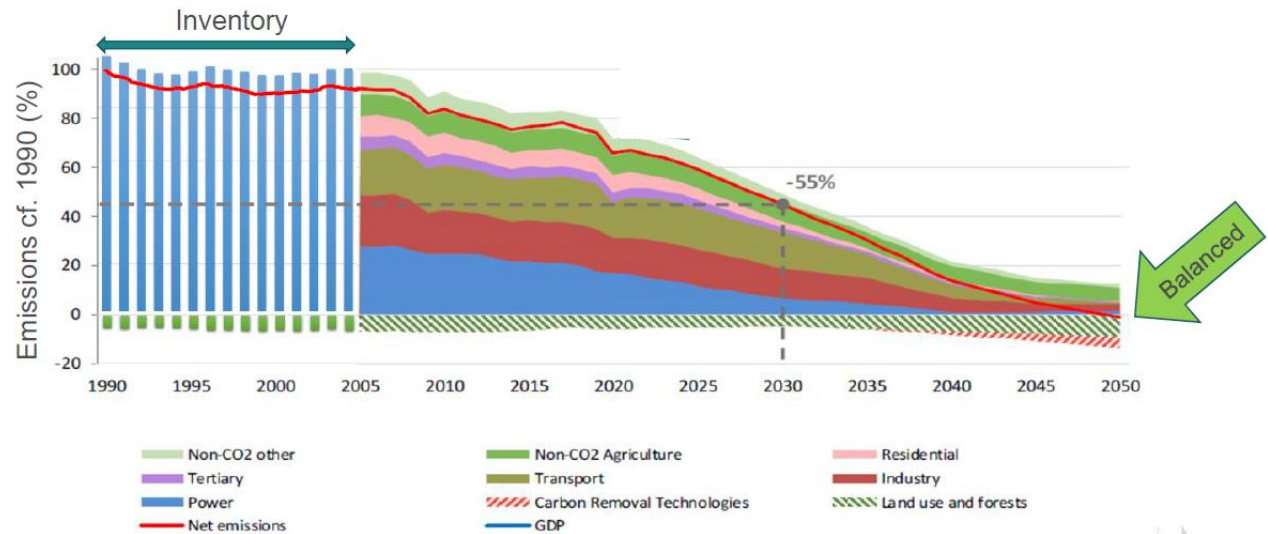
Madigan (2014) Brock Biology of Microorganisms

Humusvorräte sind sehr variabel (Zahlen in t C_{org} /ha)



Bodenzustandserhebung Landwirtschaft

Carbon Farming EU

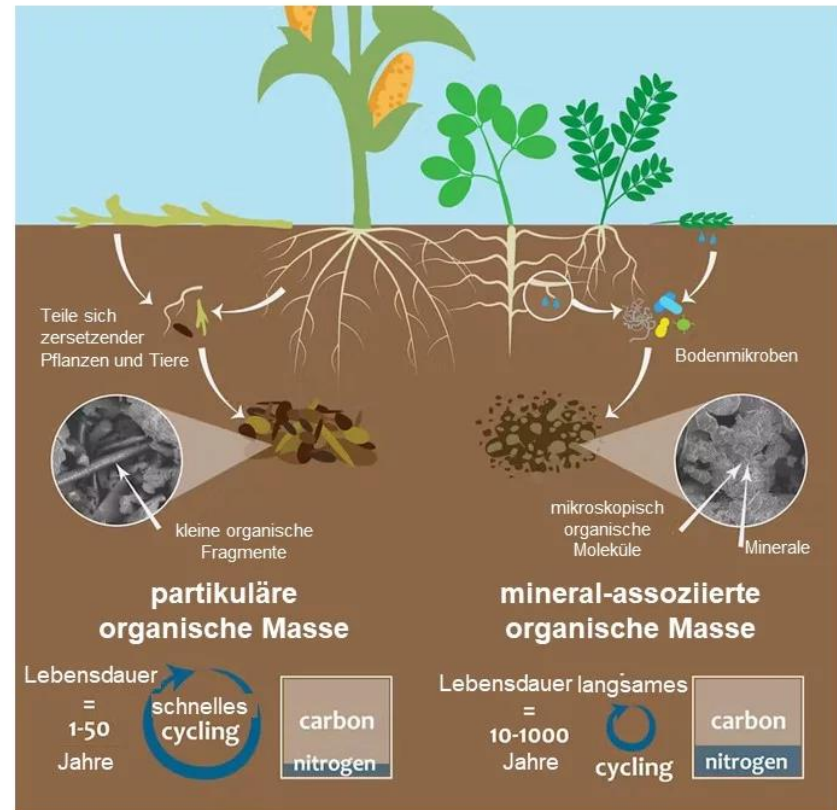


Europäische Kommission, DG Climate

- ❑ Senke von 310 Mio. t CO₂ in Land- und Forstwirtschaft 2030 schaffen
- ❑ Das ist eine Verdopplung der jetzigen Senkenleistung
- ❑ Humusaufbau durch freiwilligen CO₂-Zertifikatemarkt ankurbeln

Humus im Boden

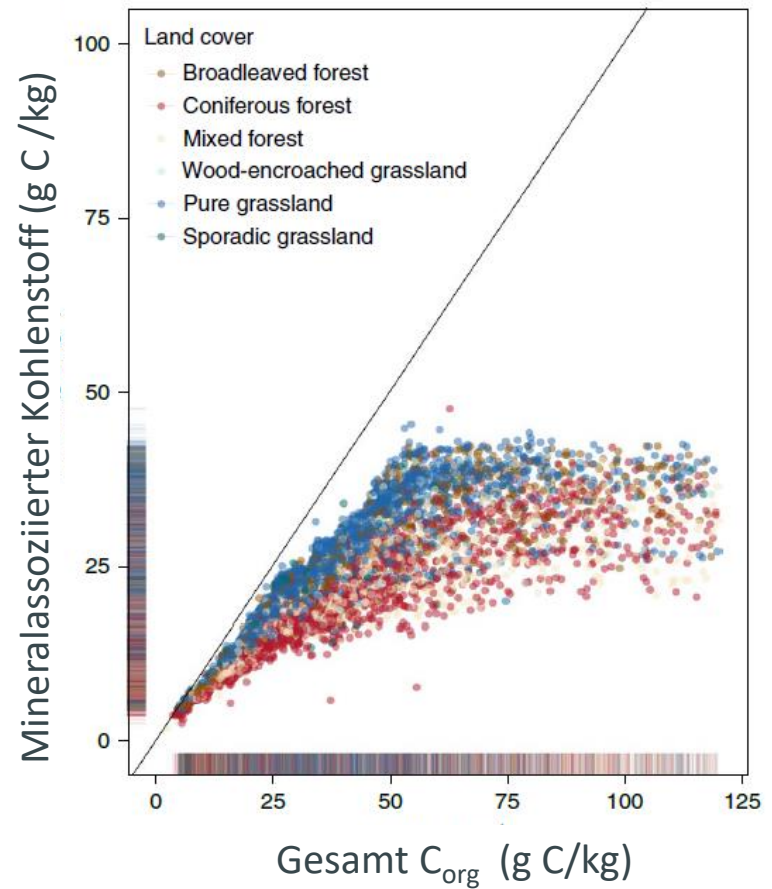
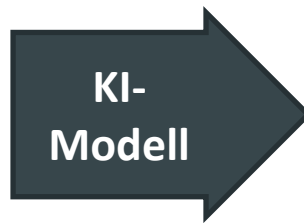
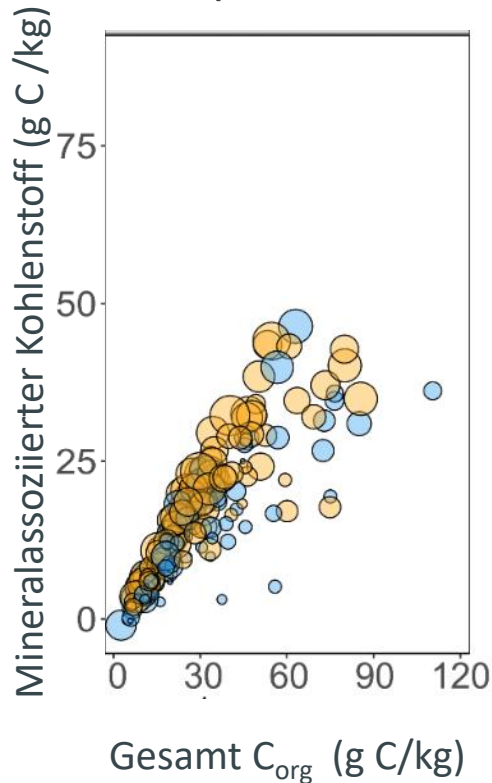
- ❑ Stabilisierung von Humus an Mineraloberflächen
- ❑ Können Mineraloberflächen gesättigt werden mit C_{org} ?



Herrmann A. 2023, Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen, www.llh.hessen.d

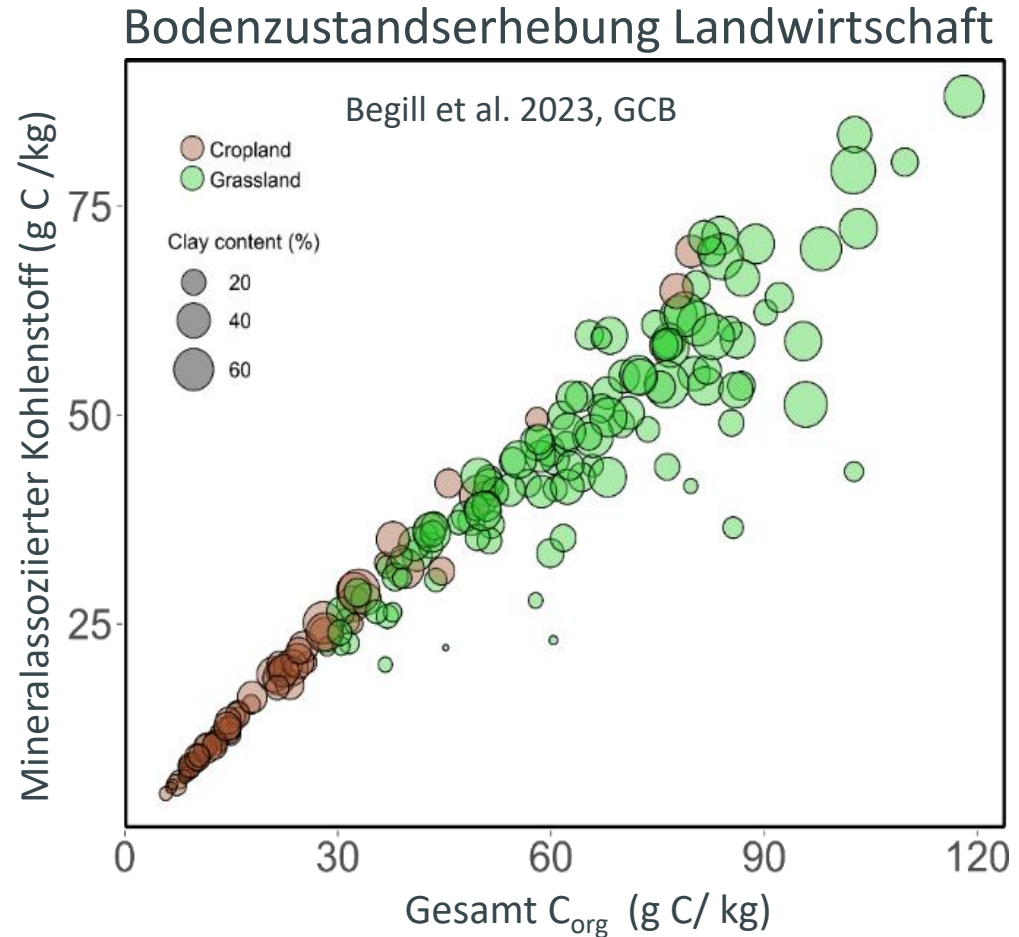
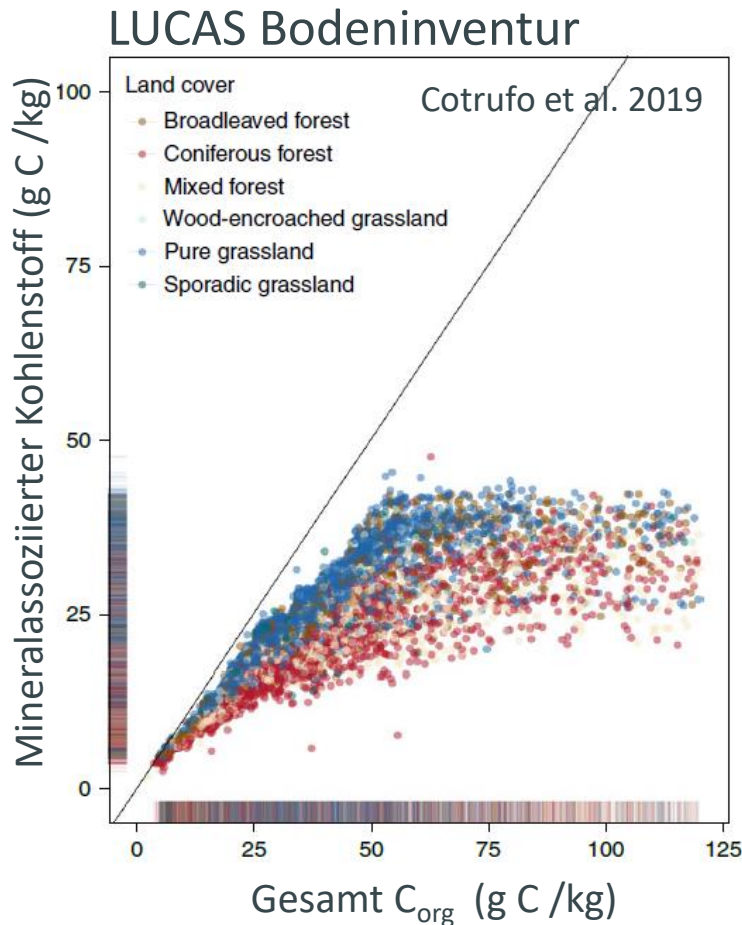
Wieviel Humus passt in einen Boden?

Europäische Bodeninventur LUCAS



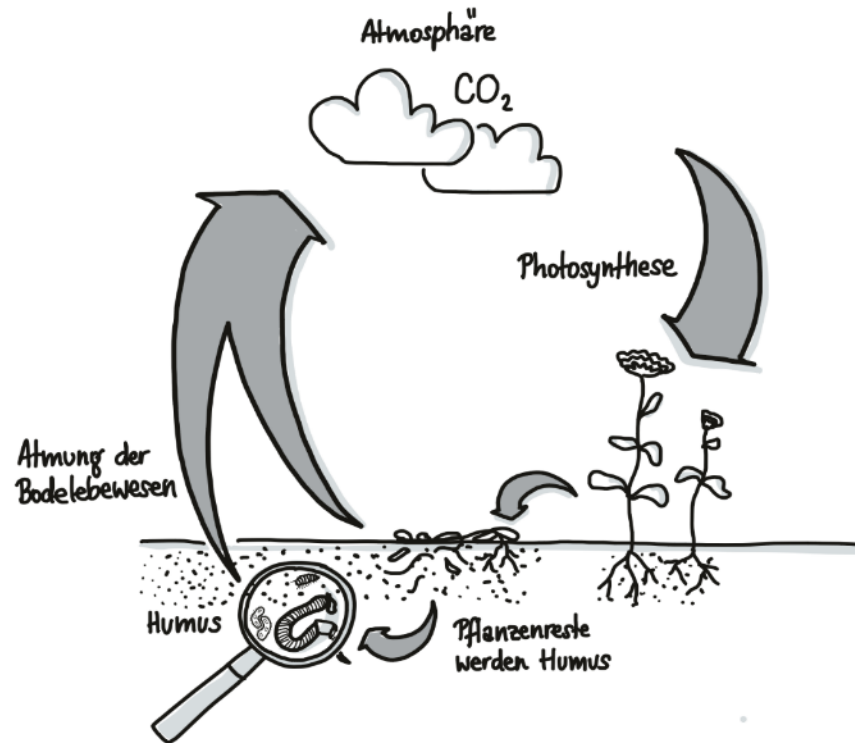
Cotrufo et al. 2019, Nature CC

Wieviel Humus passt in einen Boden?



- ❑ Es gibt keine C-Sättigung der Mineraloberflächen und damit keine Obergrenze
- ❑ Humusaufbau ist überall möglich, limitiert durch die verfügbare Biomasse

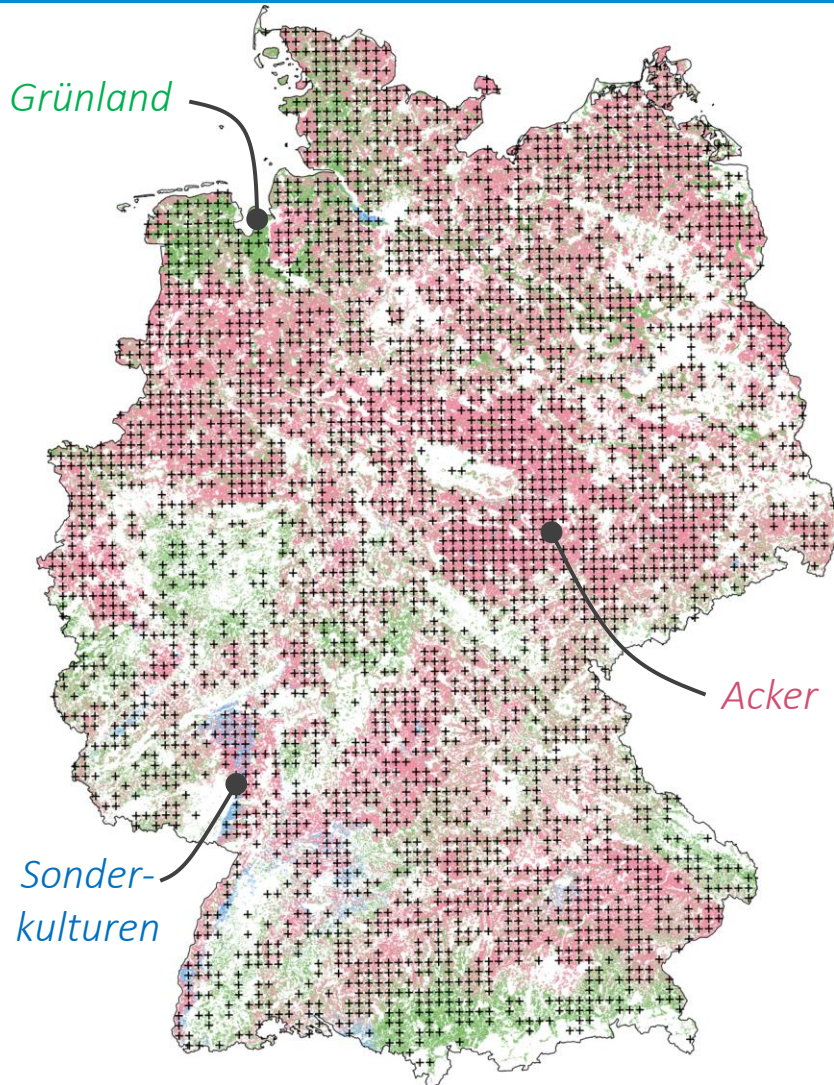
C-Senke in der Landwirtschaft schaffen



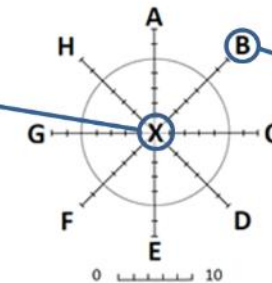
1 kg Humus
≅ 2,1 kg CO₂

- Humus befindet sich in ständigem Auf- und Abbau
- Der Boden muss „gefüttert“ werden mit Biomasse

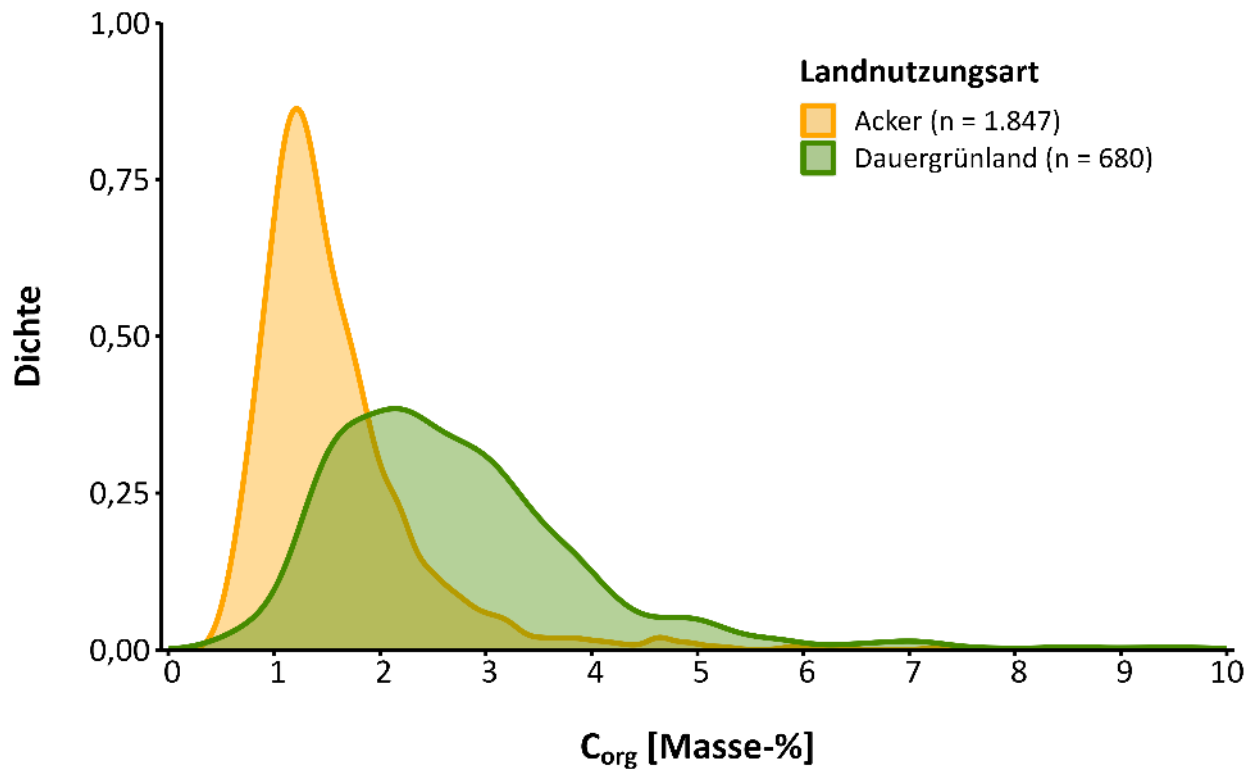
Bodenzustandserhebung Landwirtschaft



- Bodenbeprobung im 8×8 km Raster (3104 Standorte)
- Einheitliche Tiefenstufen: 0-10, 10-30, 30-50, 50-70, 70-100 cm
- 124.000 Bodenproben
- 2012-2018
- Wiederholungsinventur läuft seit 2022



Vergleich Acker und Grünland



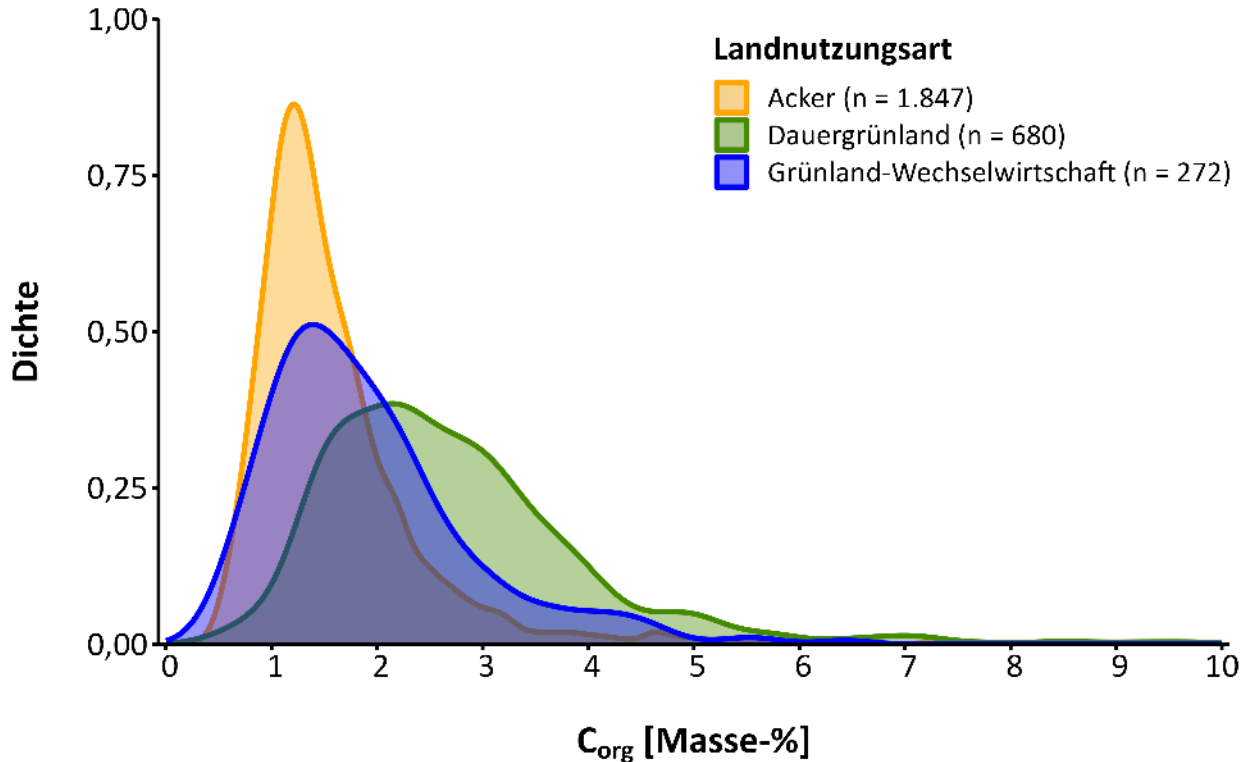
Drexler et al. 2020, Thünen Report 75

Jacobs et al. 2018, Thünen Report 64

Poeplau et al. 2019, JPNSS

Bodenzustandserhebung Landwirtschaft

Mehr Vegetationsbedeckung = mehr Bodenkohlenstoff



Durchgehendere Vegetationsbedeckung führt zu mehr Bodenkohlenstoff



Drexler et al. 2020, Thünen Report 75

Jacobs et al. 2018, Thünen Report 64

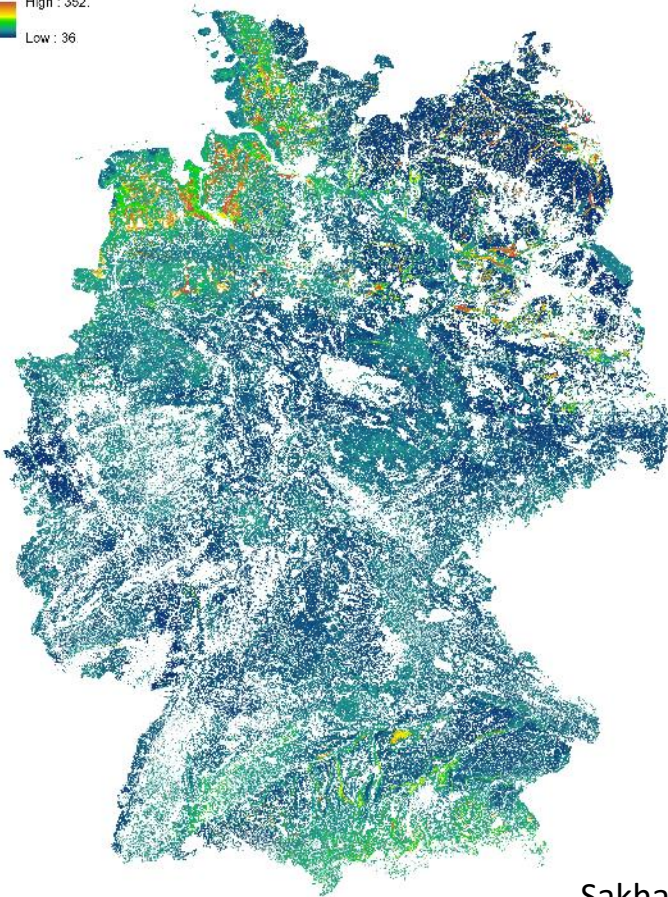
Poeplau et al. 2019, JPNSS

Bodenzustandserhebung Landwirtschaft

Bodenkohlenstoff in Deutschland

Karte der C_{org} -Vorräte Landwirtschaft

Value
High : 352.
Low : 36



- Bodenkohlenstoff in 0-30 cm Tiefe
- Maschinelles Lernen (KI)
- 100 x 100 m Auflösung

- Moorböden sind hot spots

Sakhaee et al. 2022, SOIL



Sind meine Humusgehalte standorttypisch? Machen Sie den HumusCheck!

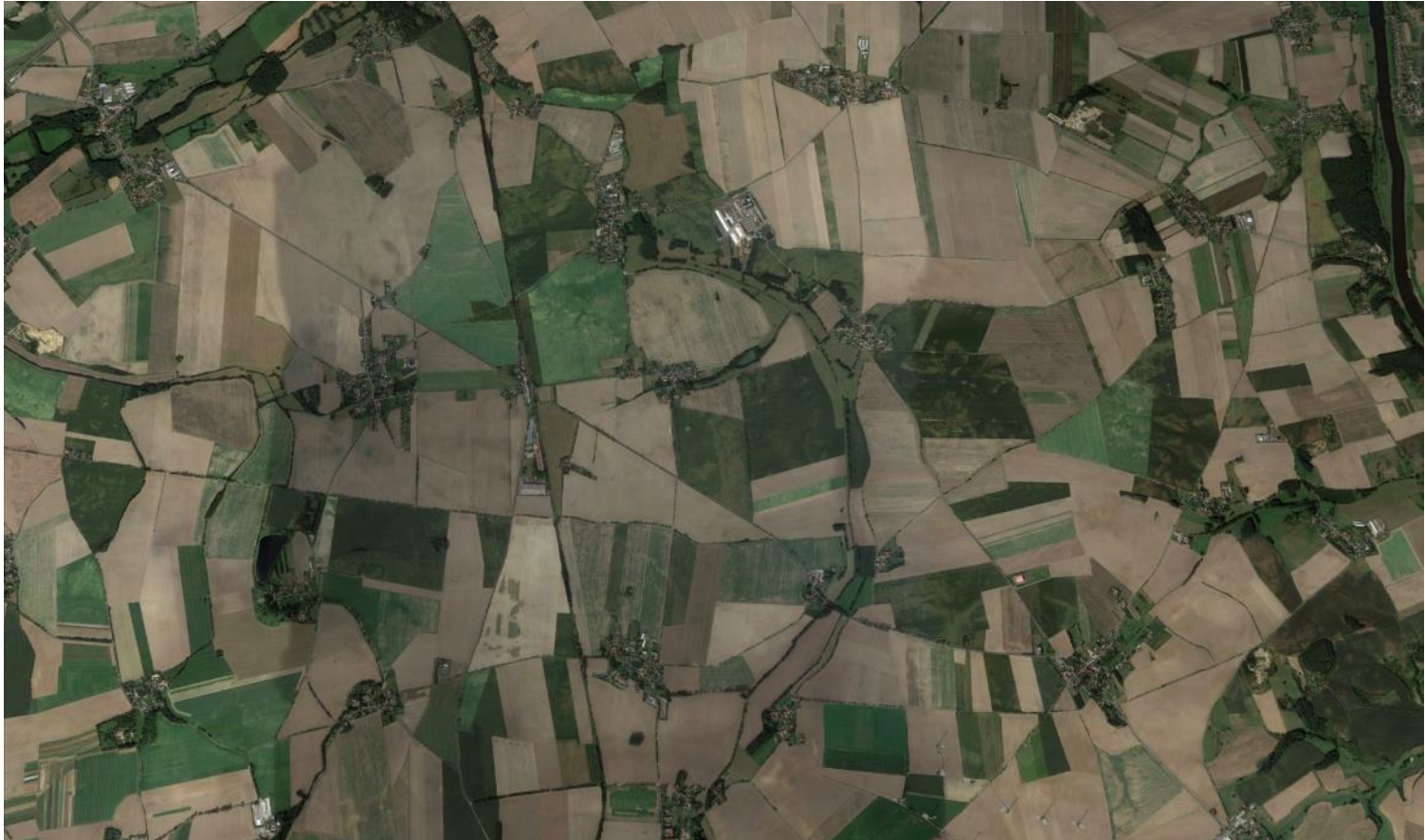
Mit HumusCheck können Sie eigene Humusmesswerte einordnen. Humus bezeichnet die gesamte abgestorbene organische Substanz des Bodens. Er besteht zu rund 58% aus Kohlenstoff. Der Humusgehalt wird anhand der Bestimmung des Gehalts an organischem Kohlenstoff in Böden ermittelt.

HumusCheck wurde basierend auf Daten der [Bodenzustandserhebung Landwirtschaft](#) entwickelt. Die Bodenzustandserhebung Landwirtschaft hat deutschlandweit an über 3000 Standorten landwirtschaftliche Böden untersucht und Humusgehalte bestimmt.

START



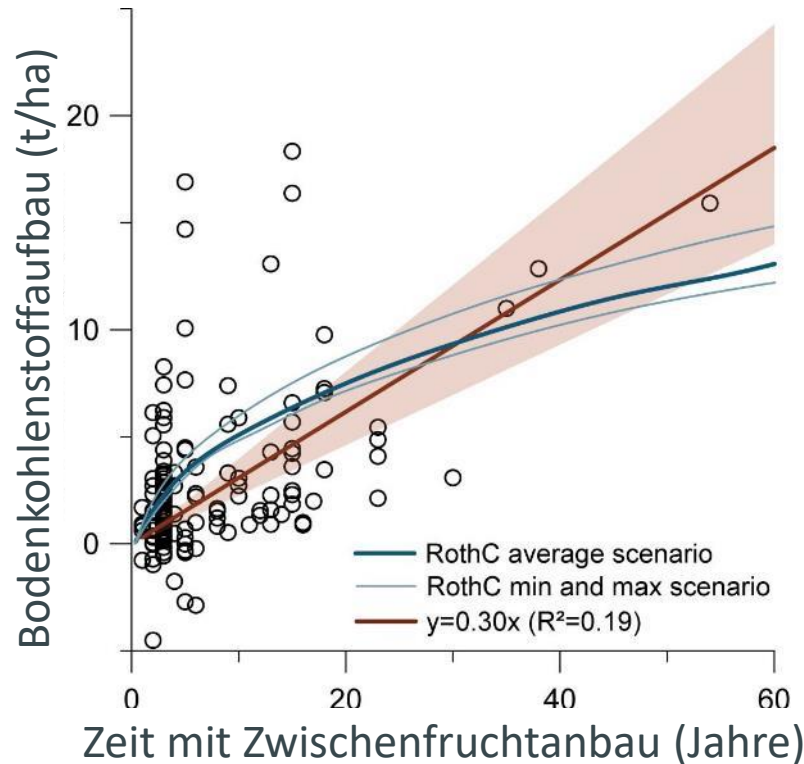
Boden ohne Vegetation gefährdet Humus



Google Earth

- ❑ Agrarlandschaft im Spätsommer: Mehr Brache als Grün
- ❑ Zwischenfruchtanbau in Deutschland könnte mehr als verdoppelt werden

Meta-Analyse Zwischenfrüchte & Bodenkohlenstoff



Poeplau and Don, 2015, AGEE

37 Studien (global) (139 Versuchspaare).

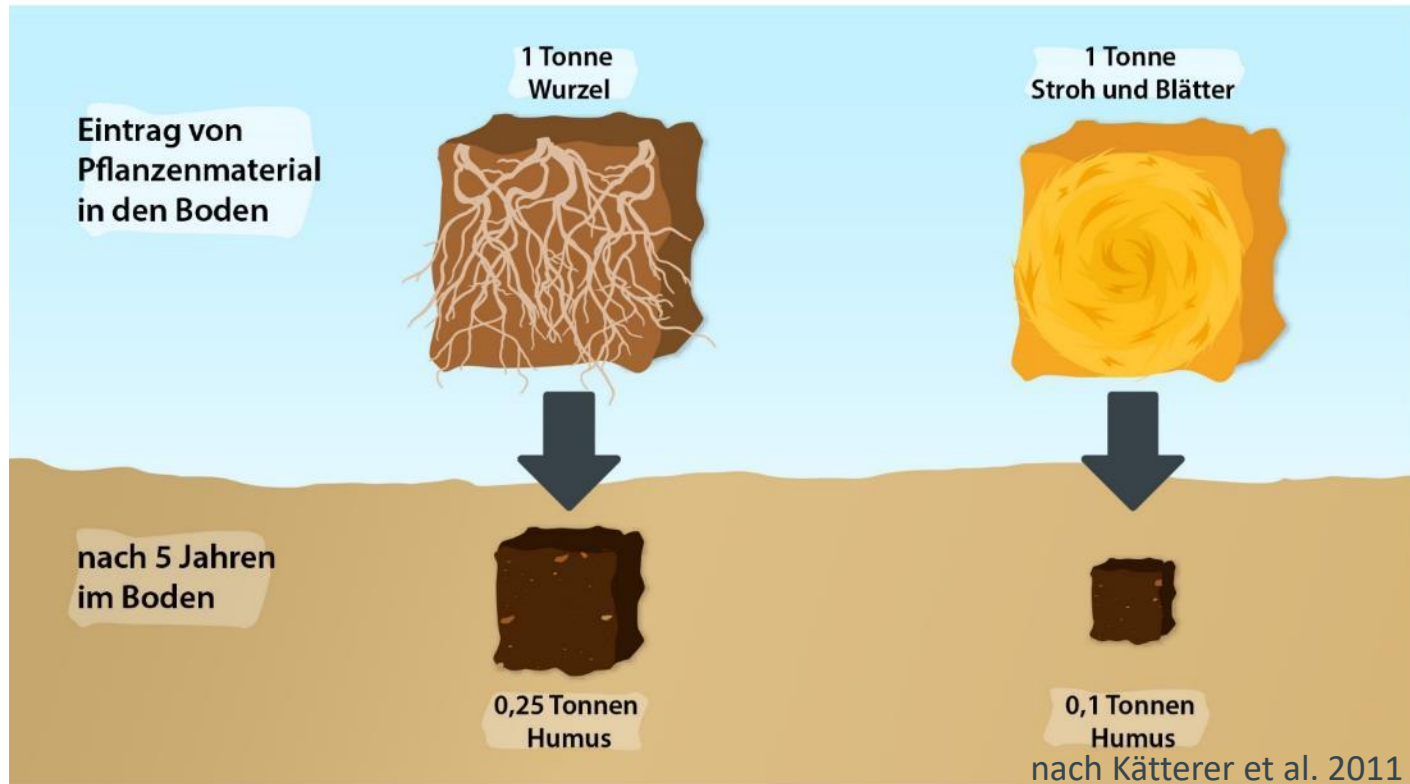
Mittlere potentielle C-Sequestrierungsraten von 0.32 ± 0.08 t C/ha/Jahr



Wurzelveifalt Zwischenfrüchte



Wurzeln für den Humusaufbau



- ❑ Wurzeln bauen 2 bis 3 mal so viel Humus auf wie die gleiche Menge oberirdischer Biomasse
- ❑ Kulturen mit mehr und tieferen Wurzeln fördern Humusaufbau

Zwischenfrüchte – verschiedene Arten



Alexandriener-
klee

Sommerwicke
Futtererbse

Sommerwicke

Leindotter

Öllein

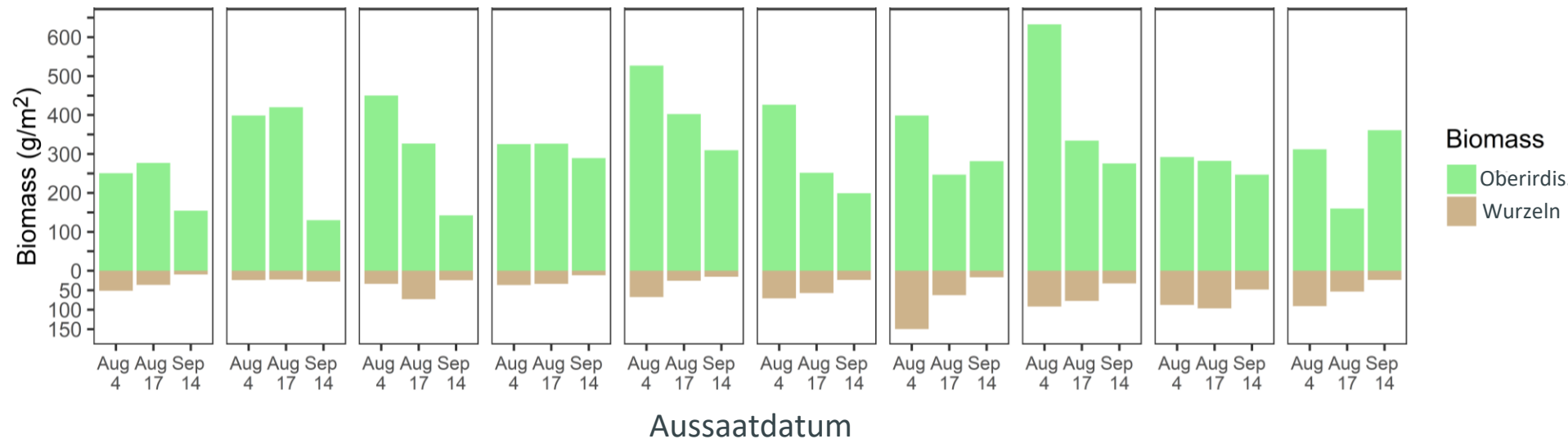
Senf

Ölrettich

Phacelia

Rauhafer

Winterrüben



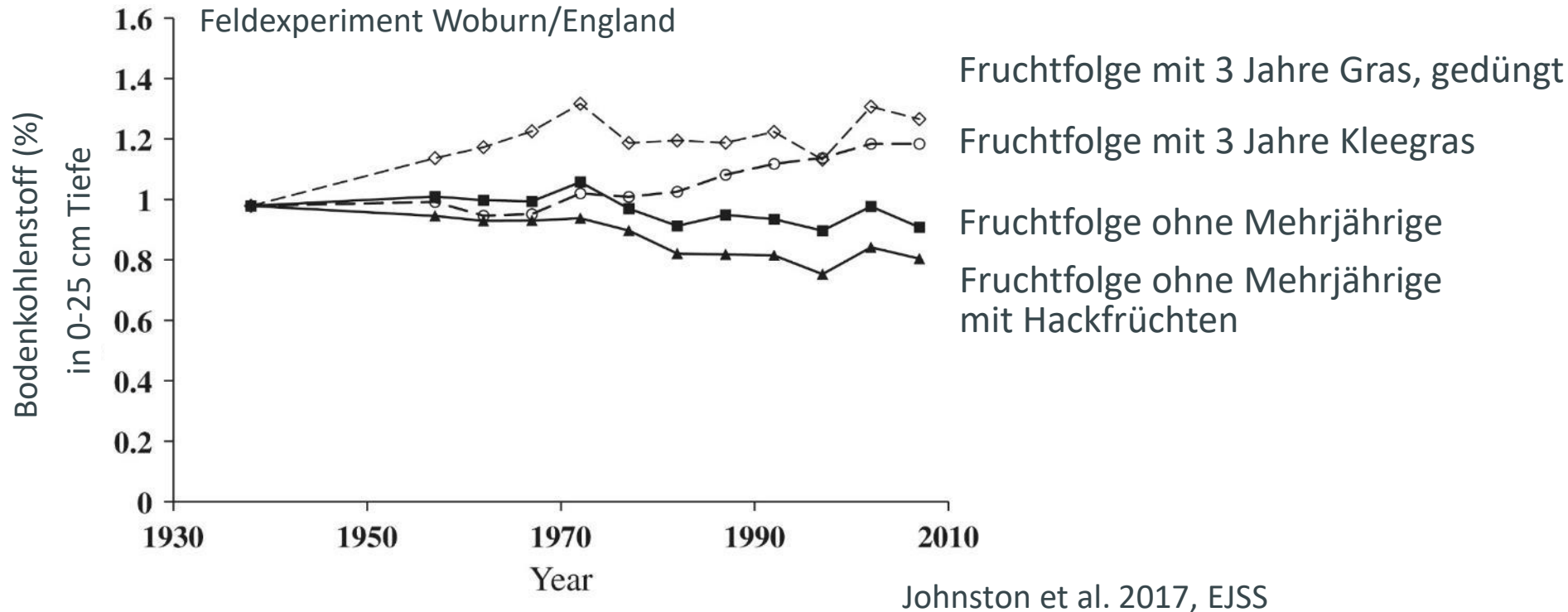
Reinelt et al. in prep

Wurzelanalytik



Fotos by © Spieker Fotografie

Mehrjährige Kulturen



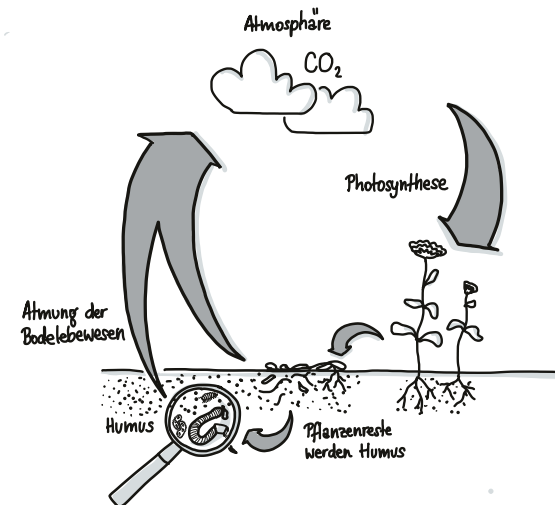
- Mehrjährige Kulturen mit Klee-gras oder Luzerne sind humusaufbauend
- Kosten und Verlagerungseffekten? (siehe Thünen Working Paper 231)

C-Sequestrierung in Böden

Transfer von Kohlenstoff aus der Atmosphäre in den Boden durch Pflanzen oder andere Organismen wo dieser als organischer Kohlenstoff gespeichert wird.

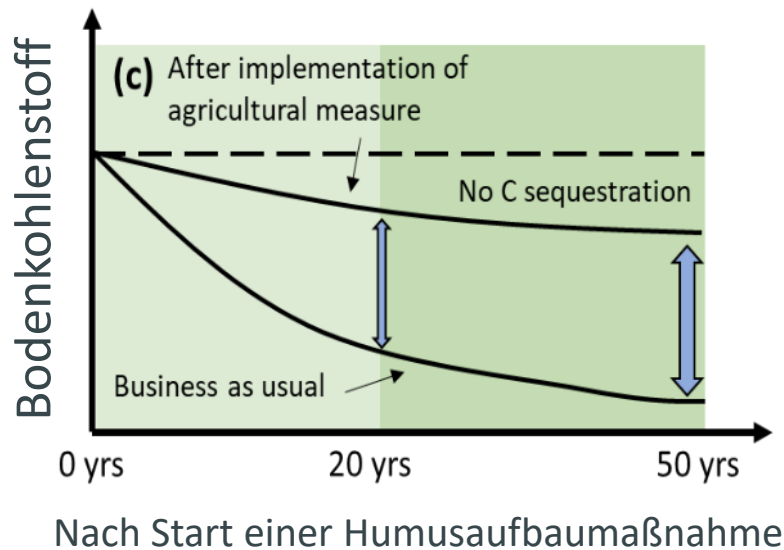
Don et al. 2023, GCB

- ❑ Humusaufbaumaßnahmen führen nicht immer zu C-Sequestrierung

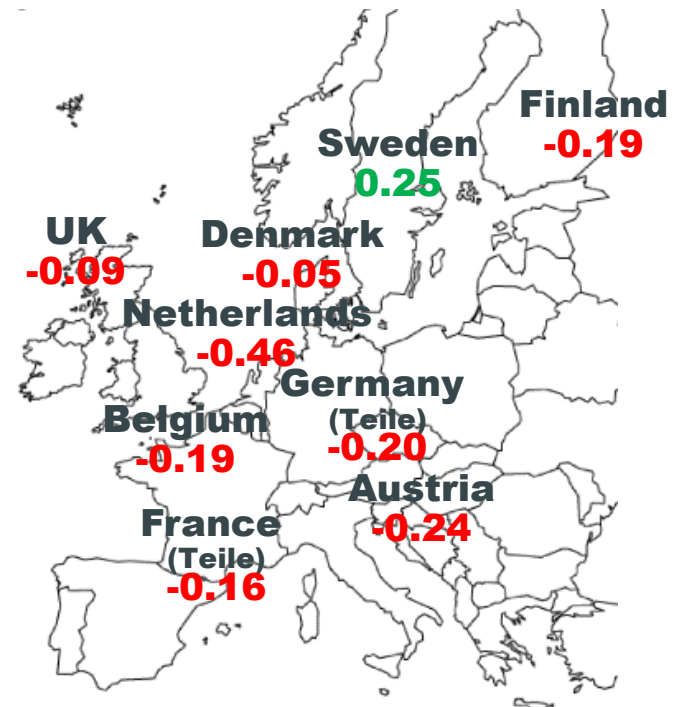


Bodenkohlenstofftrends

- Viele europäische Äcker verlieren Kohlenstoff



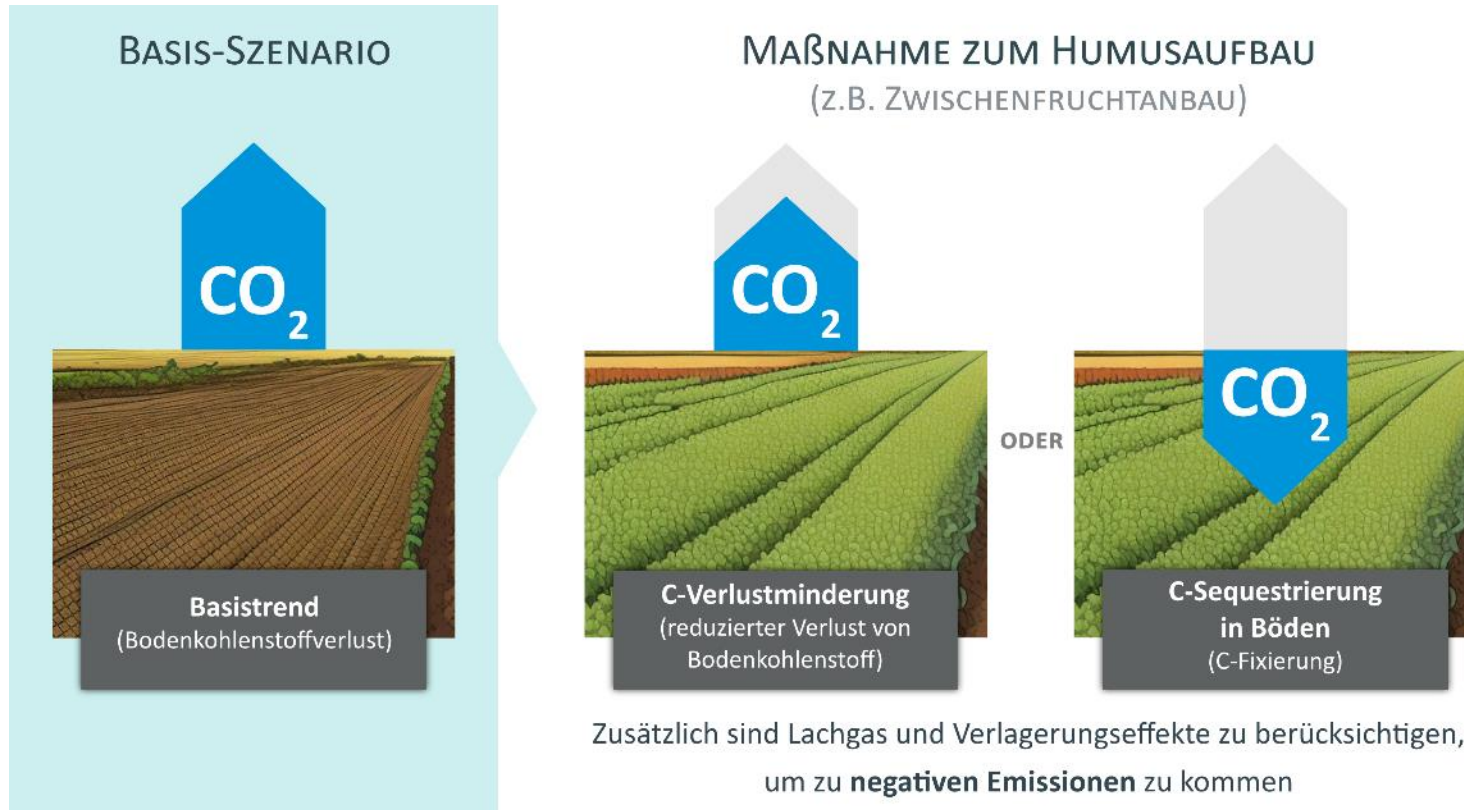
Trends der Bodenkohlenstoffvorräte im Acker



In t C ha⁻¹ a⁻¹ 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

C-Sequestrierung oder reduzierter C-Verlust?



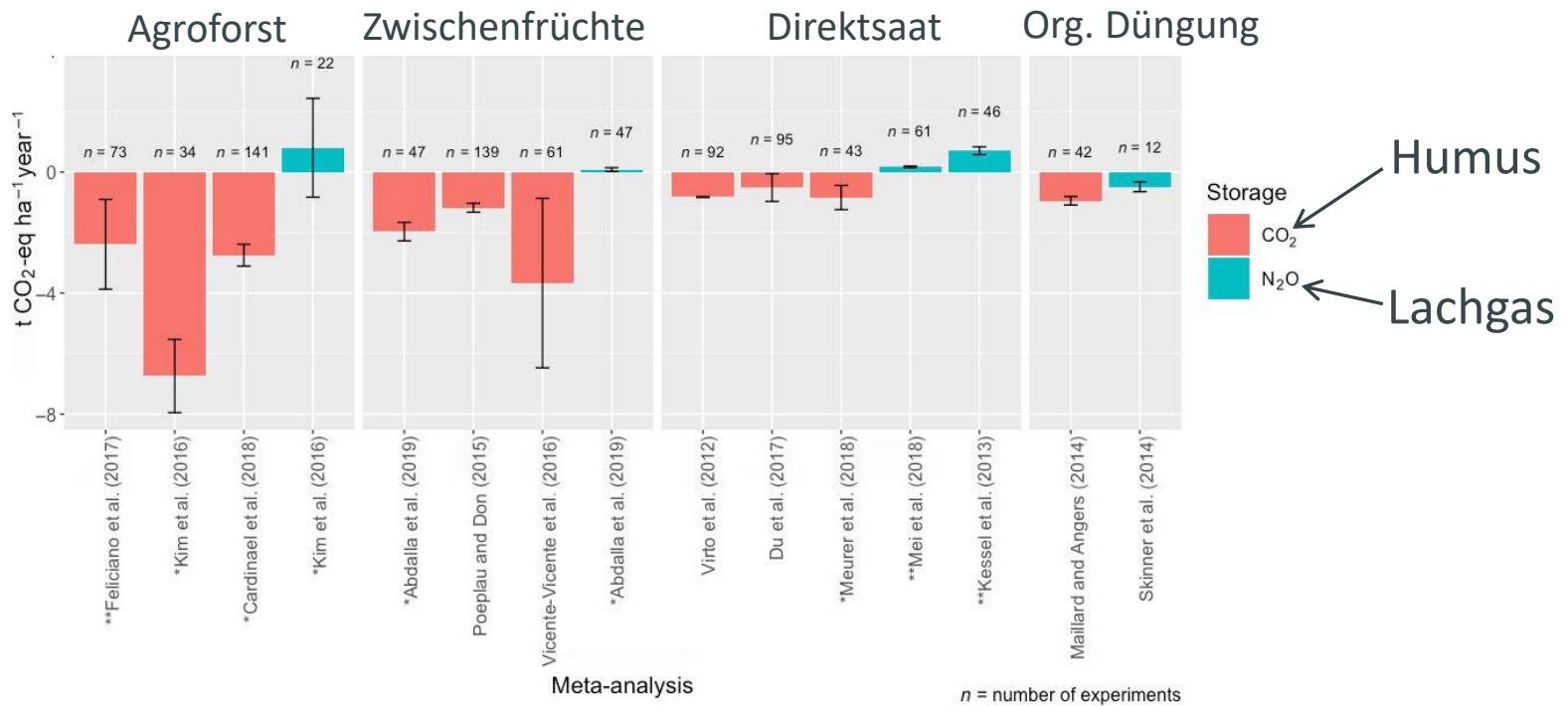
Don et al. 2023, GCB

Verlagerungseffekte

C-Sequestrierung darf nicht an **anderer Stelle zu erhöhten Treibhausgasemissionen** führen, ohne dass diese eingerechnet werden.



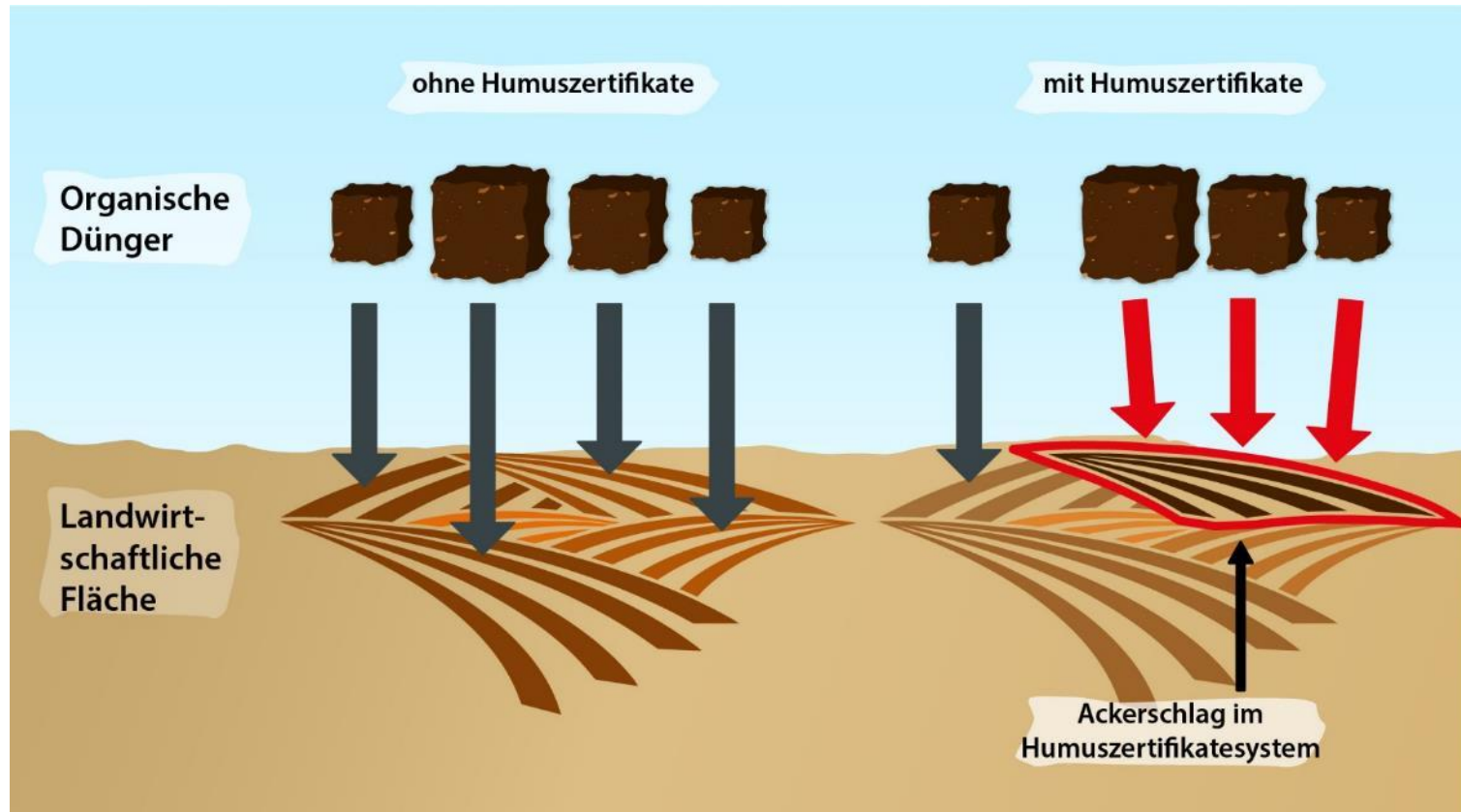
N₂O-Emission bei Humusaufbaumaßnahmen



Guenet *et al.* 2020, GCB

- Positiver Klimaeffekt von einigen Humusaufbaumaßnahmen kann durch mehr Lachgas verloren gehen

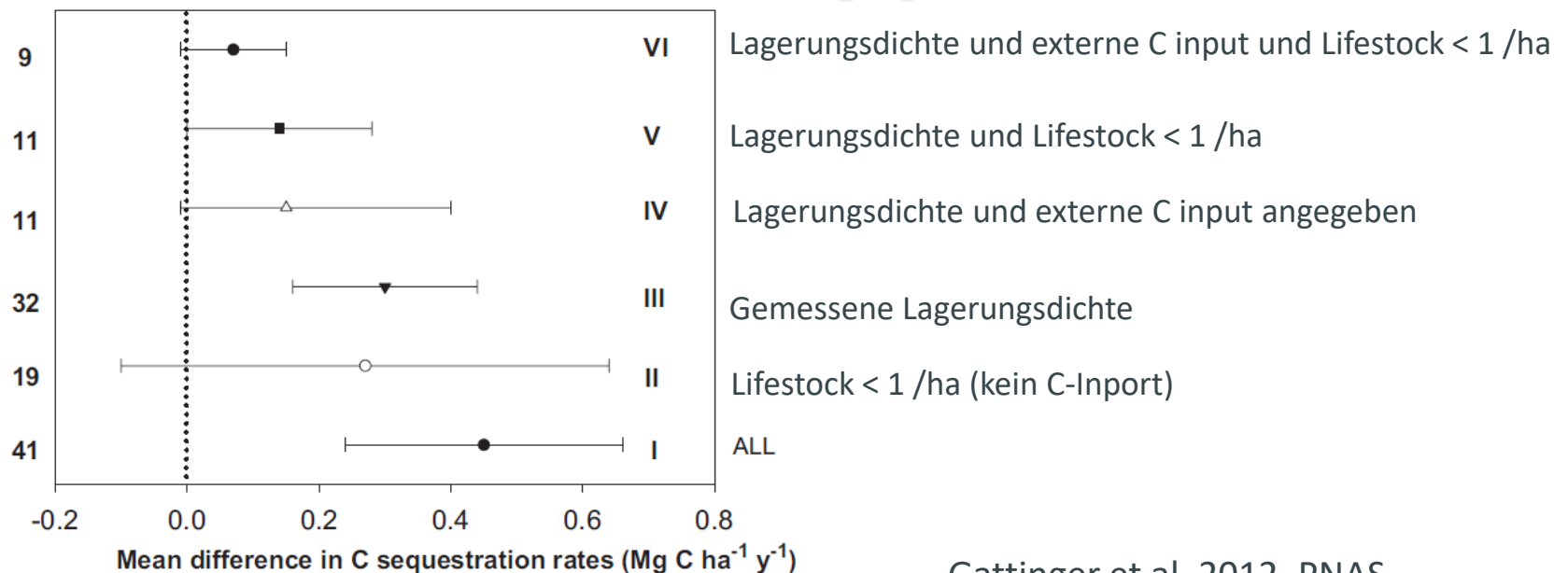
Verlagerungseffekte mit organischer Düngung



- Humusaufbau mit organischen Düngern sind „Luftbuchung“
- Organische Dünger sind nicht zur C-Sequestrierung geeignet

Systemvergleich öko vs. konventionell

Dauerfeldversuche Vergleich öko-konventionell

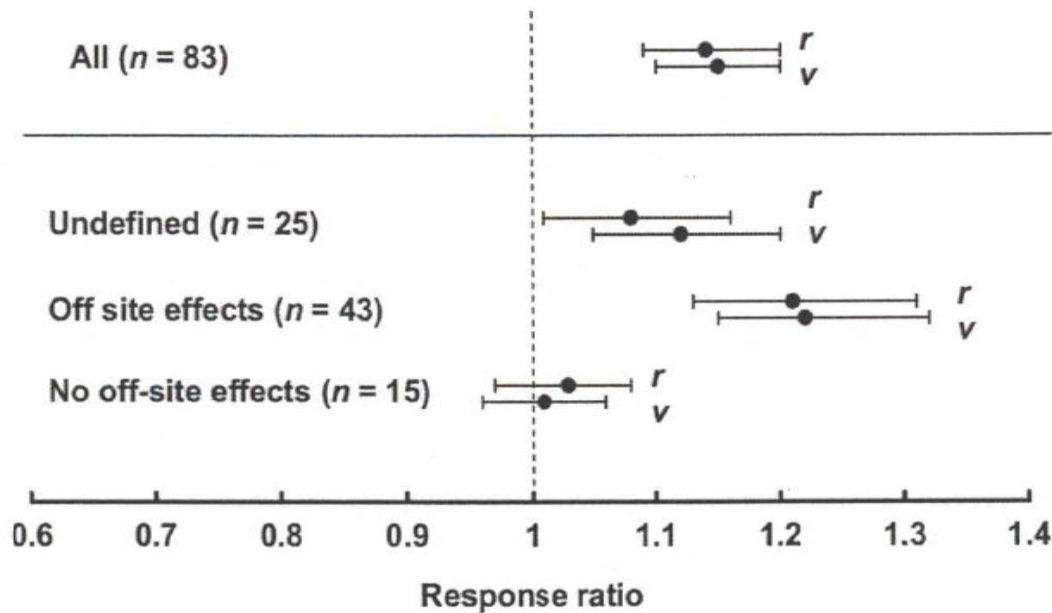


Gattinger et al. 2012, PNAS

□ 2,2 t C/ha mehr unter Ökoanbau (= ca. 3% mehr Humus)

□ 1 t/ha/Jahr mehr C-Eintrag in Öko-Felder im Vergleich zu konv. Landwirtschaft

Ohne C-Transfer ist Ökolandbau nicht humusaufbauend?



PUBLISHING

RESEARCH PAPER
https://doi.org/10.1071/SR21098

SOIL RESEARCH

Organic farming does not increase soil organic carbon compared to conventional farming if there is no carbon transfer from other agroecosystems. A meta-analysis

Roberto Alvarez^{A*}

For full list of author affiliations and declarations see end of paper

*Correspondence to:

Roberto Alvarez
Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires-CONICET, Av. San Martín 4453 (1417), Buenos Aires, Argentina
Email: ralvarez@agro.uba.ar

Handling Editor:

Maria Cayula

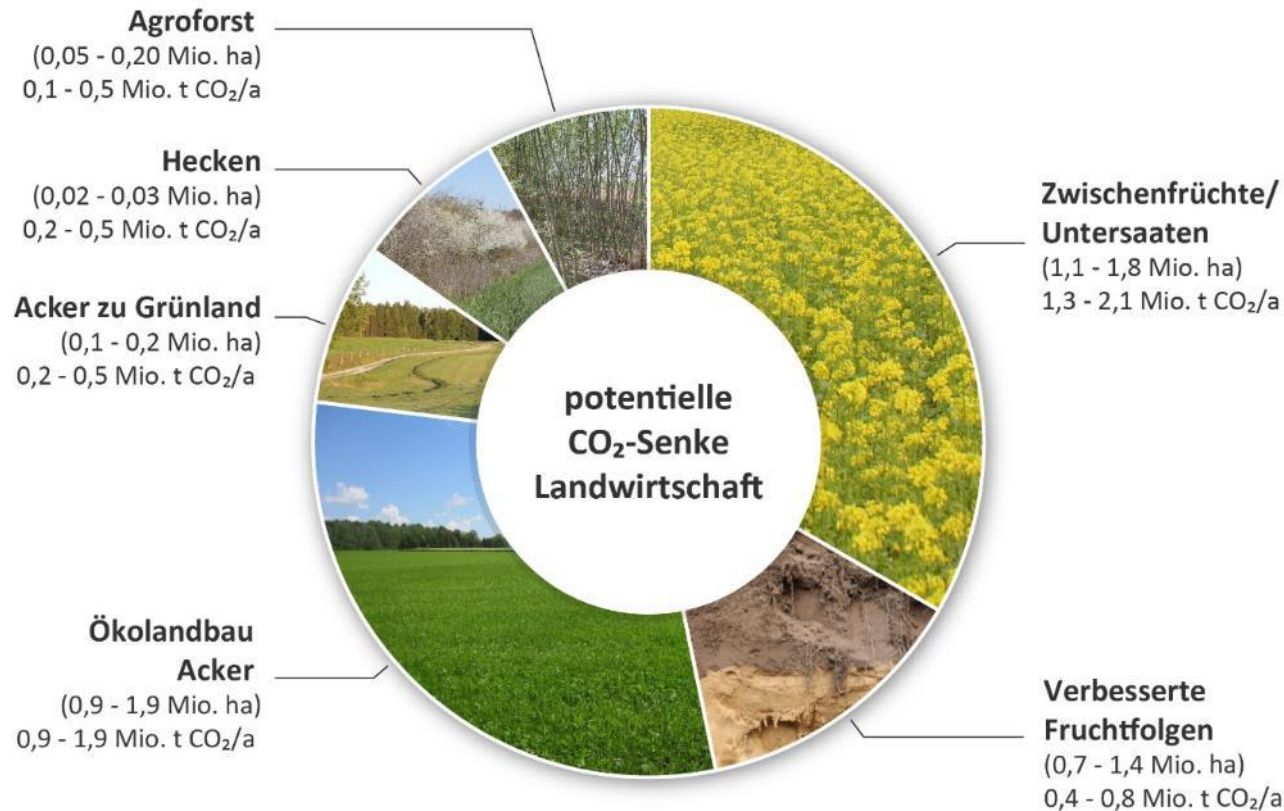
ABSTRACT

Context. Organic farming is based on the non-use of synthetic fertilisers and pesticides. Nitrogen inputs are derived from symbiotic fixation and organic fertilisers, which also contribute carbon to the agroecosystem. Soil organic carbon (SOC) generally increases in organically managed soils, but it is unclear whether the increase is due to carbon transfer from off-site or can be achieved without carbon transfer from other production systems. **Aims.** This study aims to determine how carbon transfer is achieved to increase SOC under organic farming systems. **Methods.** A meta-analysis was conducted to answer this question using articles published in peer-reviewed journals in which the results of randomised and replicated experiments were available. Data were collected from 66 experiments that generated 83 direct comparisons of organic vs conventional management. The data were divided into three groups: no carbon transfer between agroecosystems (no off-site effects, $n = 15$), with carbon transfer (off-site effects, $n = 43$), and undefined carbon management ($n = 25$). The response ratio was used as the effect size and the 95% confidence interval was calculated. **Key results.** In experiments with no off-site effects, SOC did not differ between organic and conventional systems. In contrast, in experiments where organic systems

Alvarez 2021, Soil research

- Hauptursache für mehr Humus unter Ökolandbau scheint C-Transfer mit organischer Düngung zu sein

Potential des Humusaufbaus



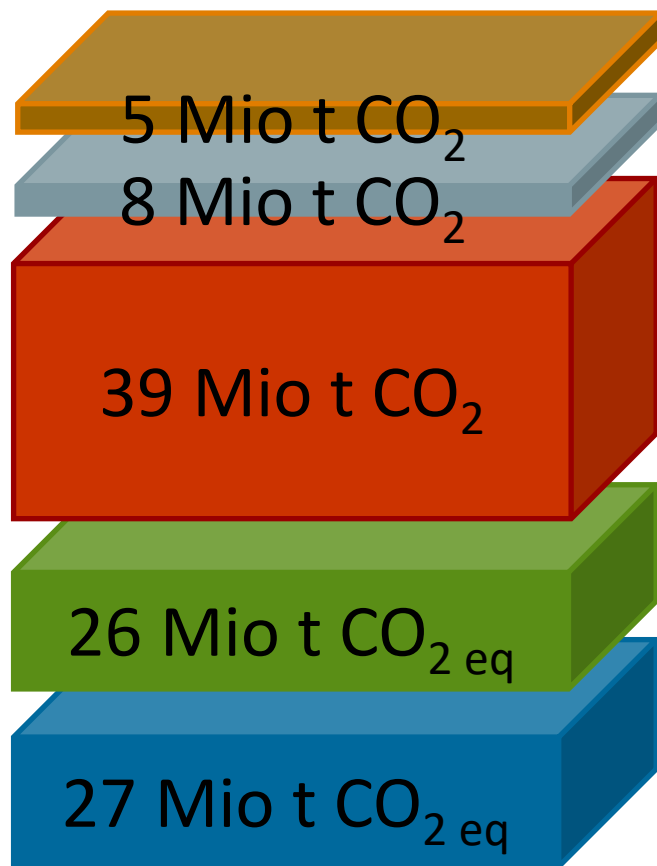
Don 2022, DLG Mitteilungen
und Wiesmeier et al. 2017

- ❑ Insgesamt ließen sich 3 bis 6 Mio. t CO₂ pro Jahr in Deutschland kompensieren, wenn alle Maßnahmen umgesetzt würden.
- ❑ Zusätzlich: Pflanzenkohlepotential (3 bis 10 Mio. t CO₂)

Axel Don

Thünen Institut für Agrarklimaschutz

Treibhausgasemissionen Landwirtschaft in D



Düngemittelherstellung (CO₂)

Energie/Treibstoffe (CO₂)

Moornutzung (CO₂)

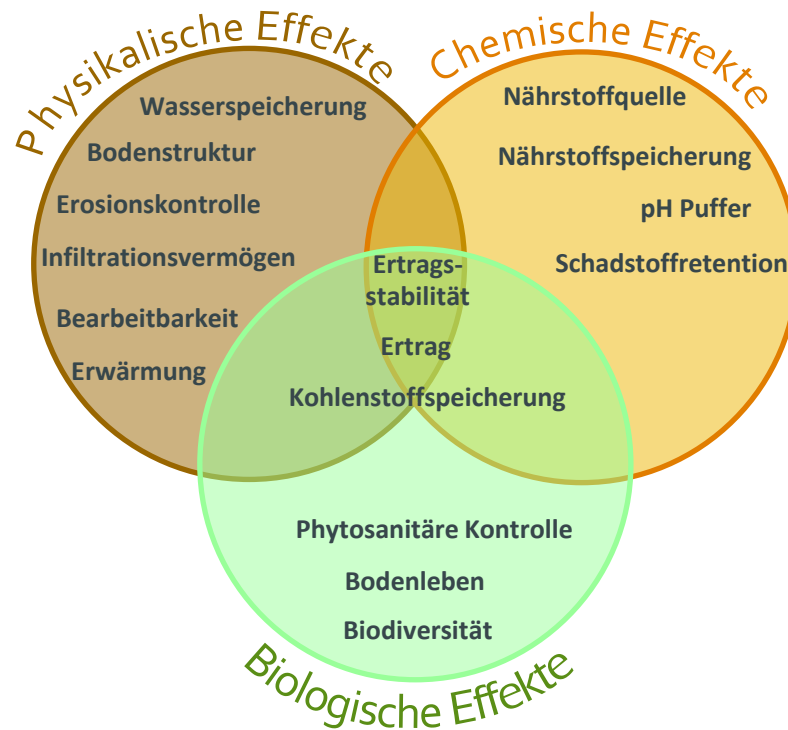
Wiederkäuer (CH₄)

Düngung (N₂O, CH₄)

□ **Summe: 105 Mio t CO₂eq (14% der deutschen Treibhausgasemissionen)**

Quelle: National Inventory Report, 2024 für das Jahr 2022

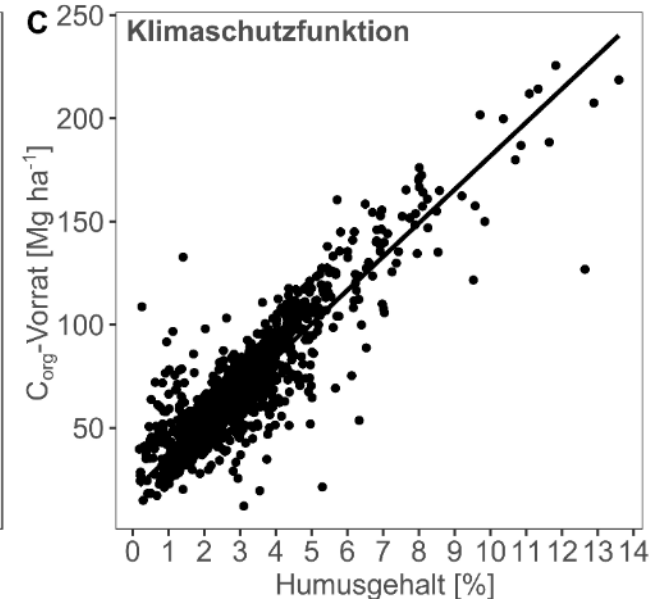
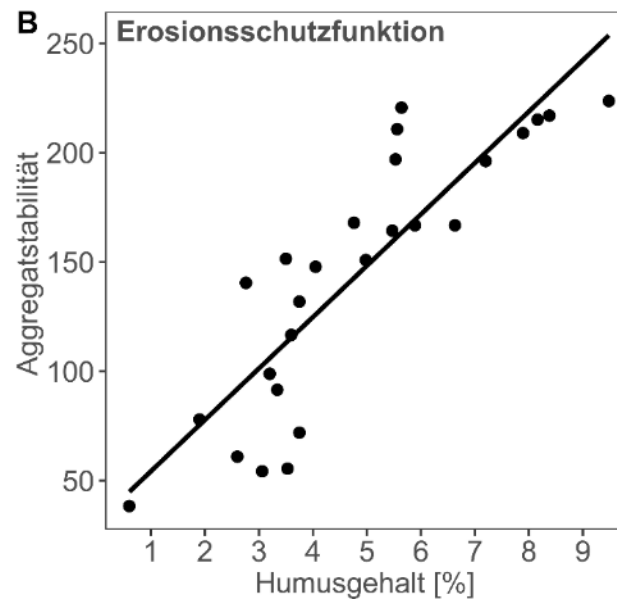
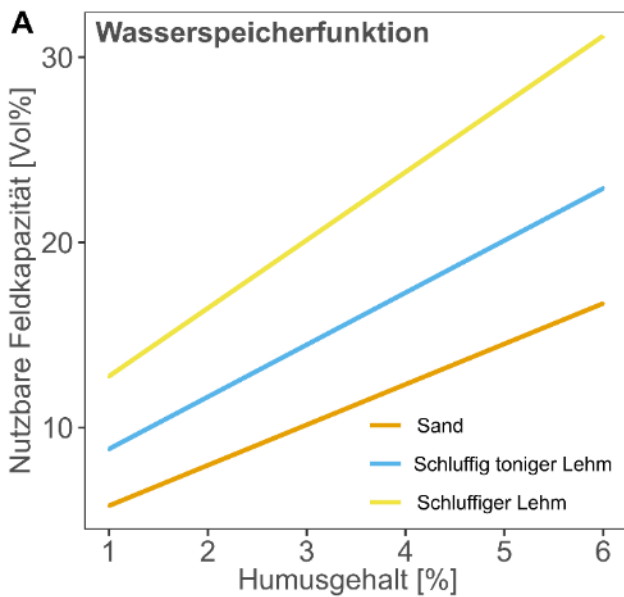
Humusaufbau ist mehr als Klimaschutz



- ❑ Humus ist der zentrale Indikator für **Bodenfruchtbarkeit und Bodengesundheit**
- ❑ Klimaschutzeffekt ist Nebenprodukt.



Humusfunktionen



☐ Viel Humus hilft viel

Don et al. 2024, Bodenschutz

Schlussfolgerungen

- ❑ Es gibt vielfältige Maßnahmen um Humusaufbau und Klimaschutz zu erreichen – aber nicht alles ist zielführend.
- ❑ Ziel und Aufgabe der LW: Klimaschutz durch Reduktion des CO₂-Fußabdrucks landwirtschaftlicher Produkte
- ❑ **Humusaufbau kann helfen die Klimaschutzziele zu erreichen.**
- ❑ Humusaufbau ist win-win-win für Klimaschutz, Klimaanpassung und nachhaltige Verbesserung und Stabilisierung von Böden.
- ❑ Maßnahmen mit vielen positiven Synergieeffekten sollten bevorzugt werden.

