

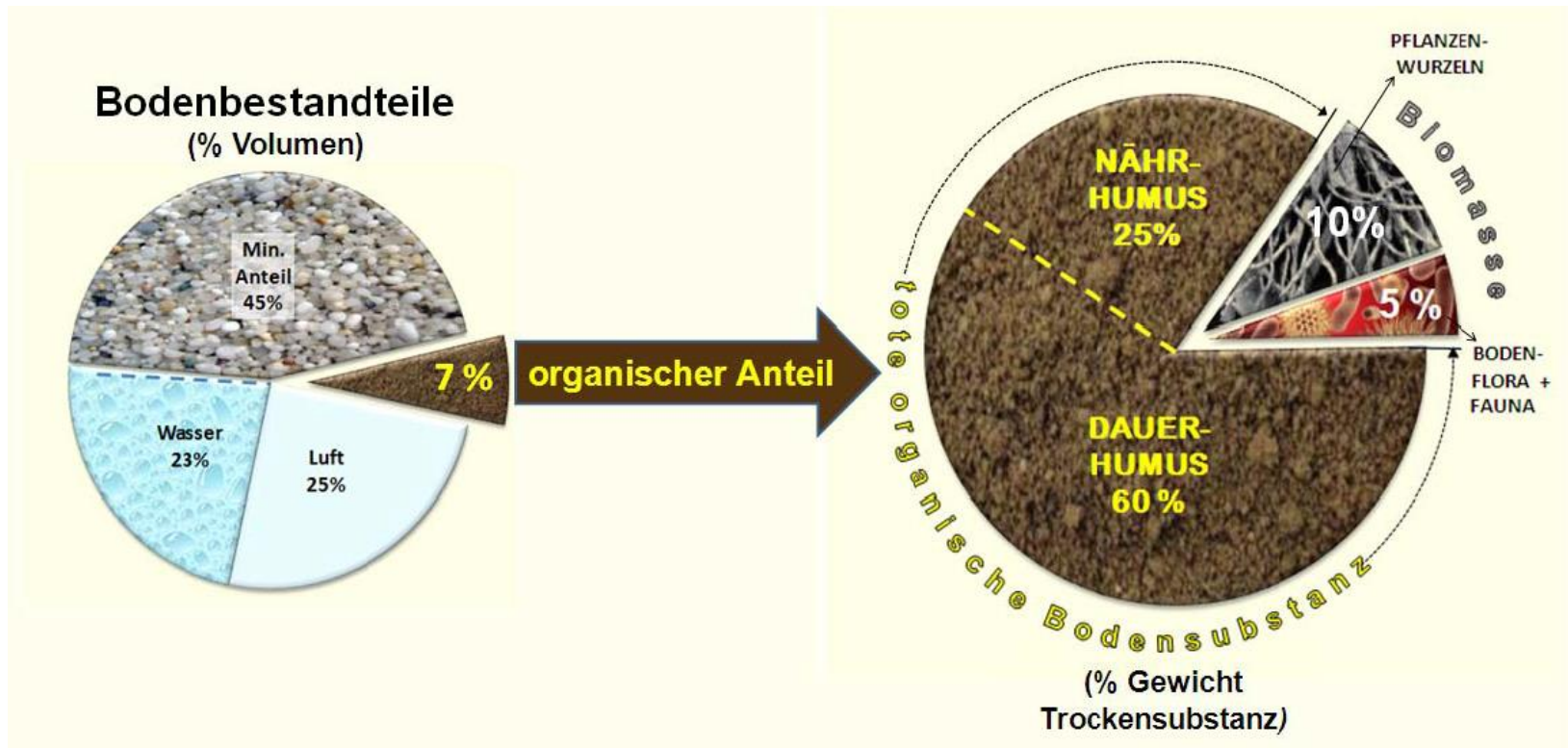
Klimaschutz durch Humusaufbau? Maßnahmen und Potentiale

Martin Wiesmeier

Institut für Ökologischen Landbau,
Bodenkultur und Ressourcenschutz
Arbeitsgruppe Humushaushalt und Umwelt-Mikrobiologie

Was ist Humus?

- **Humus:** unbelebte organische Substanz des Bodens
- **Entstehung:** Zersetzung von Pflanzenresten und Bodenorganismen, Unterteilung in leicht abbaubaren Nährhumus und stabileren Dauerhumus



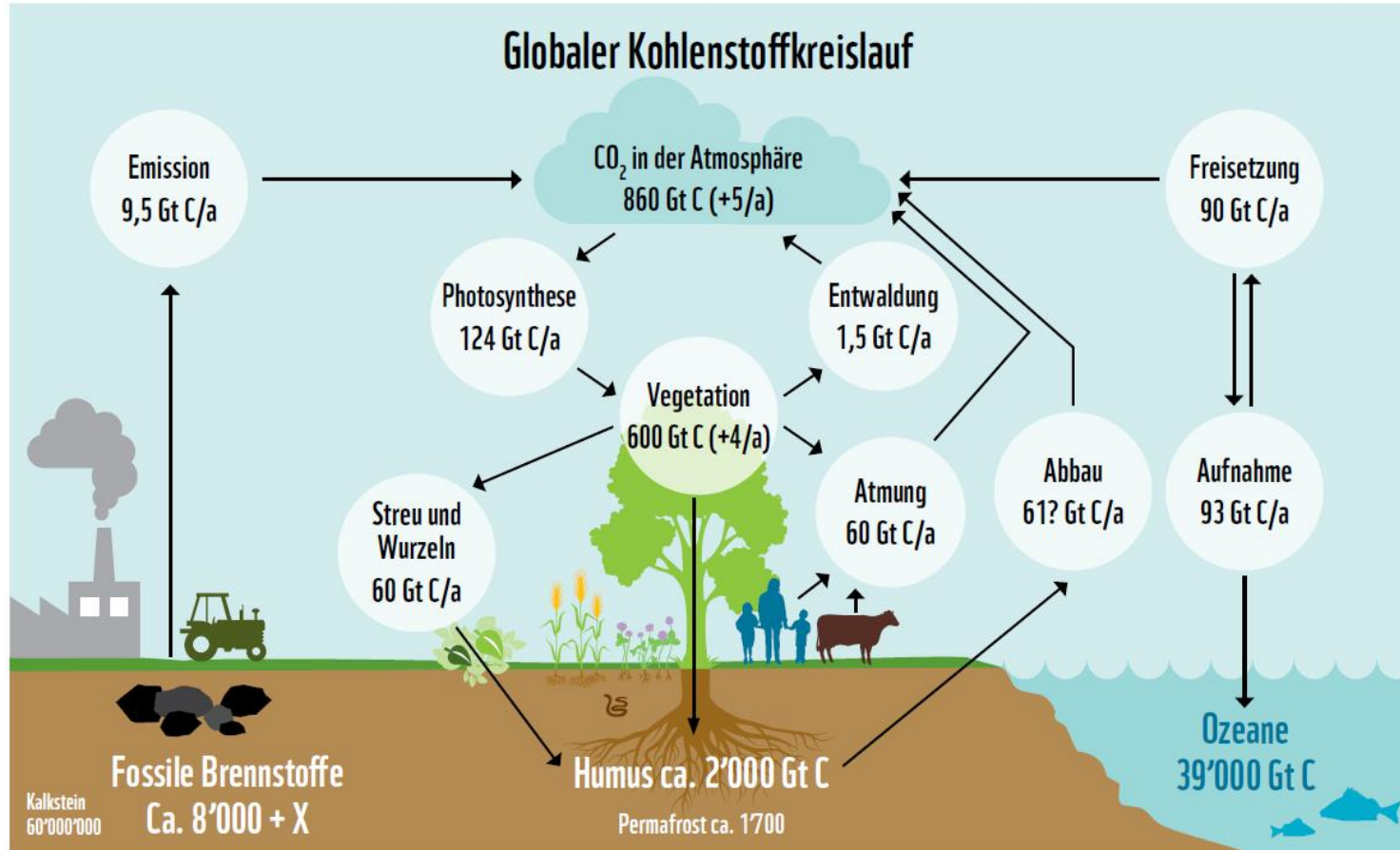
Humus als Schlüsselkomponente für Bodenfunktionen

- ❑ Lebensraum und Nahrungsquelle für Pflanzen, Bodentiere und Mikroorganismen
- ❑ Reinigung und Speicherung von Wasser
- ❑ Regulierung des Wärmehaushalts
- ❑ Stabilisierung der Bodenstruktur, Erosionsschutz
- ❑ Nährstoffspeicherung und -nachlieferung



Humus als Schlüsselkomponente für Bodenfunktionen

- Speicherung von Kohlenstoff (C) und Klimaregulierung: Humus besteht zu 58% aus Kohlenstoff, größter terrestrischer C-Speicher der Erde!



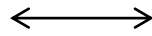
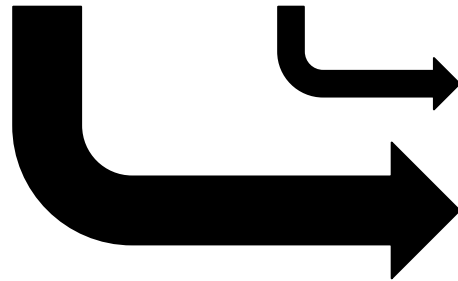
Quelle: WWF, 2019

Humushaushalt

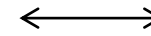
Eintrag organischer Substanz

Bestandsabfall,
Ernterückstände,
Stroh, Wurzeln,
Rhizodeposition

org.
Dünger

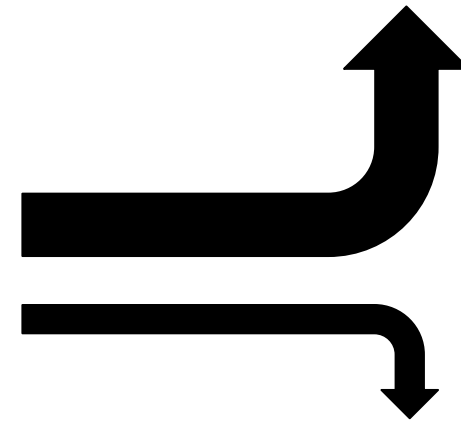


Fließgleichgewicht



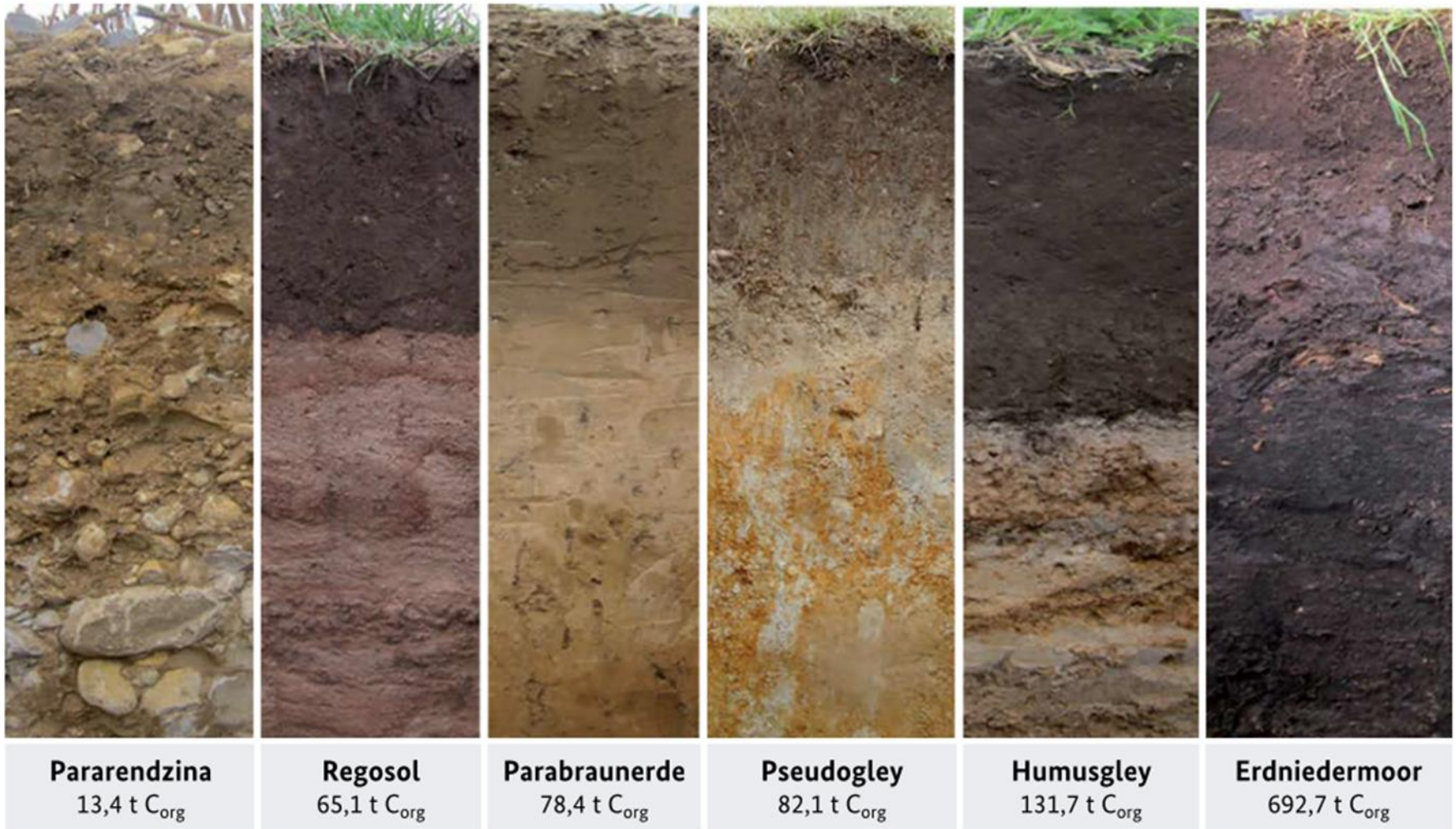
Abbau organischer Substanz

mikrobieller Abbau



Erosion,
Auswaschung

Humusvorräte in verschiedenen Böden



Humuskarte Bayern

NW-Bayern: wenig C,
warmes Klima,
sandige Böden

Moore: „Hotspots“
der C-Speicherung

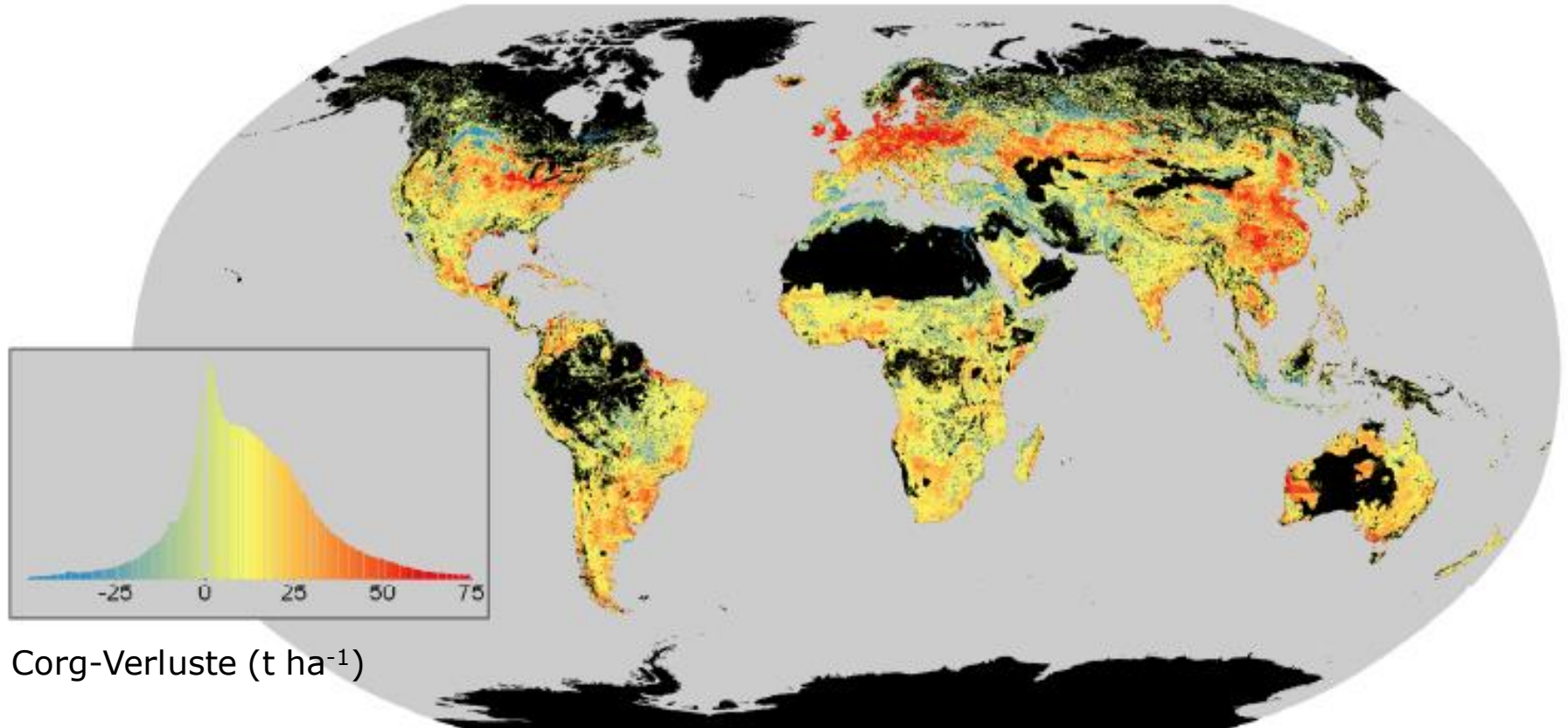
Alpenvorland: viel
C, Grünland

Mittelgebirge und
Alpen: viel C,
kühles Klima

	Corg (kg/m ²)	Corg (Mt)
Acker	7,8	158
Grünland	11,1	117
Gesamt		275

Humusverluste durch Landnutzung

- Große Humusverluste durch Landnutzungswechsel und landwirtschaftliche Nutzung in den letzten 12.000 Jahren



Corg-Verluste (t ha^{-1})

Sanderman et al., 2017

Humusverluste durch Landnutzung



Niederbayern: R. Brandhuber

Humusverluste durch Landnutzung



Innere Mongolei, Nordchina



Humusverluste durch Landnutzung

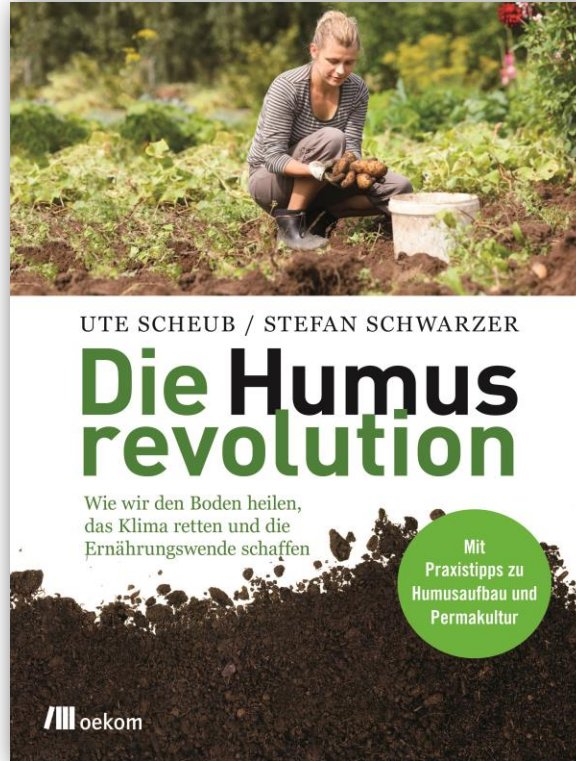


Niederbayern, Foto: R. Brandhuber

Humusverluste durch Landnutzung

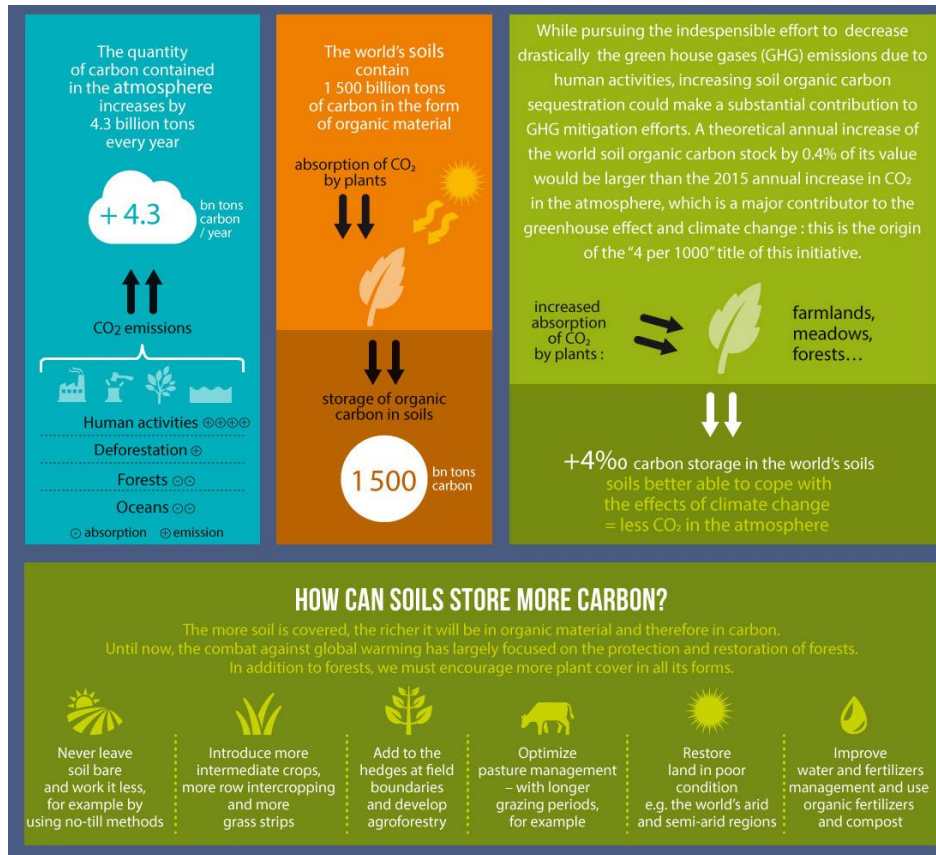


Humusaufbau im Brennpunkt



4-Promille-Initiative

- 4-Promille-Initiative: Steigerung der globalen SOC-Vorräte um 4‰ pro Jahr würde steigende CO₂-Emissionen ausgleichen (www.4p1000.org)



Maßnahmen zum Humusaufbau/C-Sequestrierung

- Ein- oder mehrjährige Futterleguminosen
- Körnerleguminosen
- Zwischenfrüchte
- Mischkultursysteme/Untersaaten
- Dauerkulturen/tiefwurzelnde Kulturen
- Ökolandbau
- Landnutzungswechsel zu Grünland
- Grünlandmanagement
- Agroforst-Systeme, Hecken, Feldgehölze

C-Sequestrierungsrate
 $0,2-0,7 \text{ t C ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$
 $\triangleq 0,7-2,6 \text{ t CO}_2 \text{ ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$

- organische Dünger (Humuserhalt)
- Pflanzenkohle (abhängig von Produktionsbedingungen)
- Reduzierte Bodenbearbeitung (meist nur Umverteilung im Bodenprofil)

Humusaufbau: Zwischenfrüchte

□ **Zwischenfruchtanbau:** Ausweitung auf 29% der Ackerfläche Bayerns möglich (559.000 ha):

→ **Cseq = 0,32 t C/ha/Jahr**

→ **ca. 180.000 t C/Jahr**

≙ **660.000 t CO₂/Jahr**

≙ **CO₂-Emissionen von 83.100 Personen/Jahr**



Humusaufbau: Agroforstwirtschaft

- **Agroforstsysteme:** Implementierung von Agroforstsystemen auf 5% der landw. genutzten Fläche (159.000 ha)

→ **Cseq = 0,68 t C/ha/Jahr**

→ **ca. 108.000 t C/Jahr**

≙ **400.000 t CO₂/Jahr**

≙ **CO₂-Emissionen von 50.000 Personen/Jahr**



Humusaufbaupotential Bayern

→ Insgesamt Humusaufbau von ca. 300.000-400.000 t C/Jahr möglich

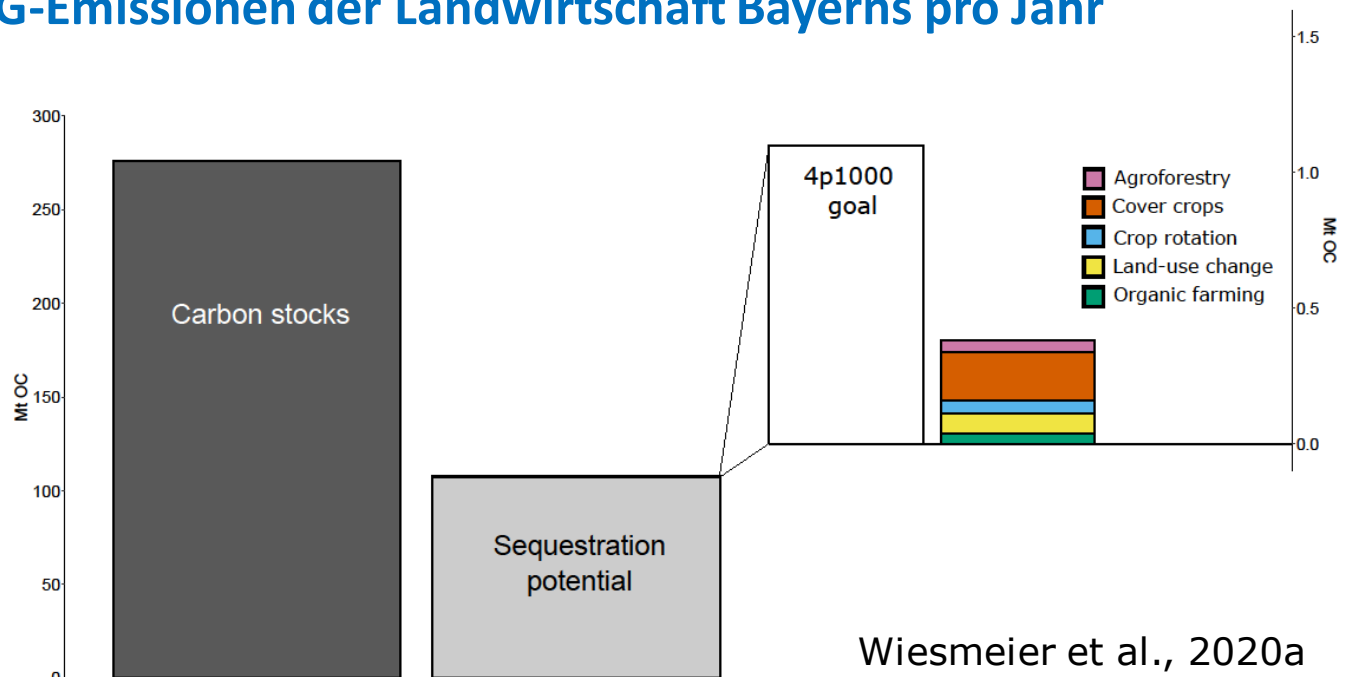
≙ ca. 1‰ der Humusvorräte

≙ 1,1-1,5 Millionen t CO₂

≙ ca. 1,5% der Gesamt-THG-Emissionen Bayerns pro Jahr

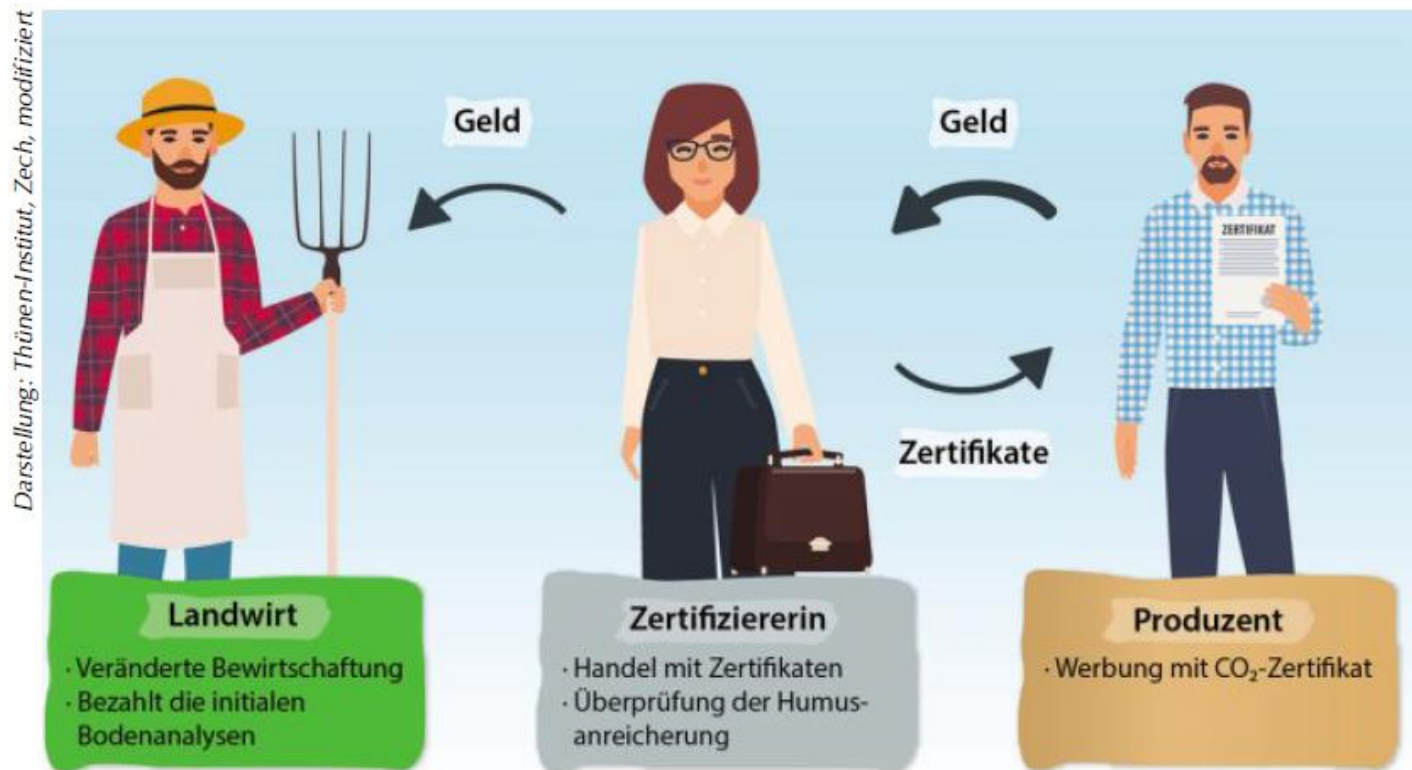
≙ CO₂-Emissionen von ca. 140.000-190.000 Personen pro Jahr

≙ ca. 7% der THG-Emissionen der Landwirtschaft Bayerns pro Jahr



Humuszertifikate

- Humuszertifikate als privates Förderinstrument für Humusaufbau und Klimaschutz



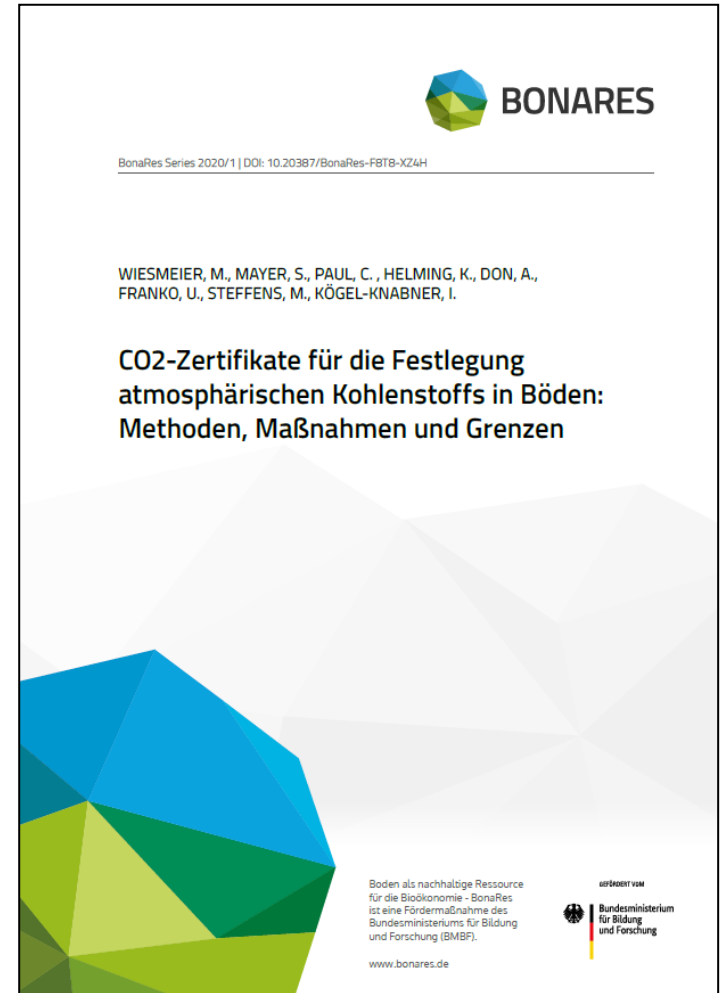
Don & Flessa, 2021

Humuszertifikate

The screenshot displays the CarboCert website interface. At the top, it features the logo for Ökoregion Kaindorf (Ebersdorf • Hartl • Kaindorf) and logos for supporting organizations: Raiffeisen (Nachhaltigkeits-Initiative), VBV (Vorsorgekasse), and E (Energieversorger). The main header includes the CarboCert logo and the tagline 'für lebendige Böden'. A navigation menu lists 'Landwirt/innen', 'Mikrobielle Technologie', and 'Indigo Carbon'. The central image shows a pair of hands holding dark soil, with a large red semi-circle overlaid containing the text 'Indigo Carbon'. Below this, several circular icons represent key benefits: a phosphorus atom (P, Phosphorus, 30.974), a nitrogen atom (N), a CO2 molecule, and a circular logo with a leaf and the text 'Indigo Carbon'. The website also features a 'START' button and a section titled 'Bier wird über Car...' with a photo of a man and text about climate protection and beer production.

Humuszertifikate: Herausforderungen

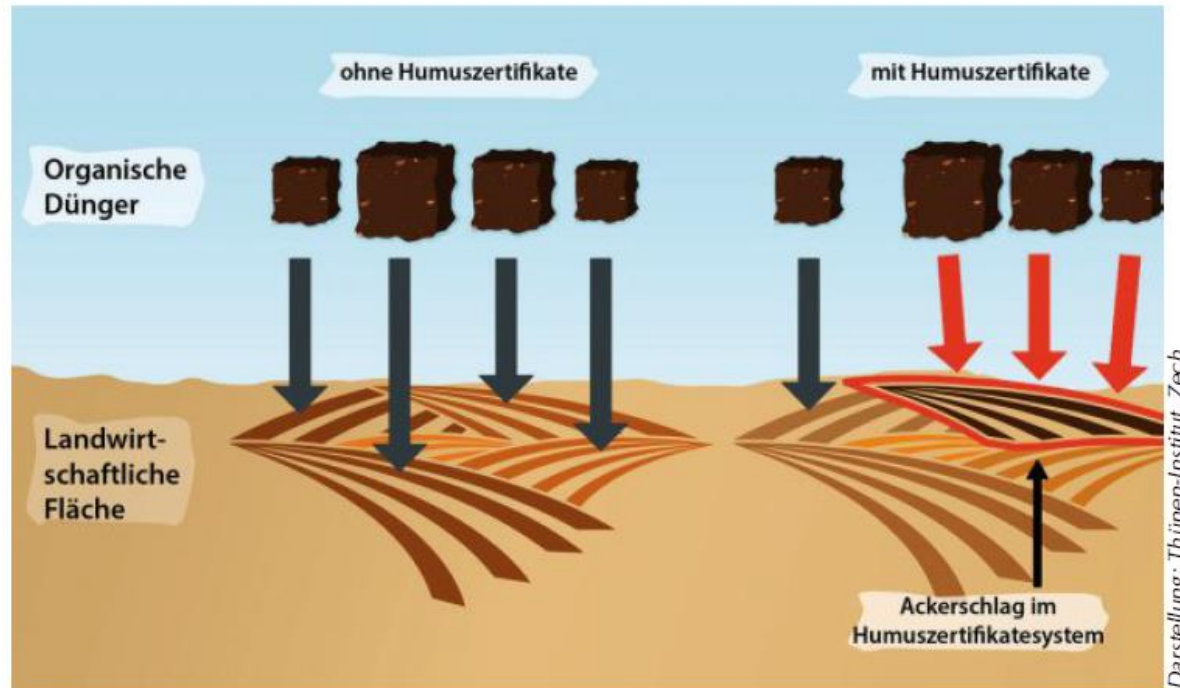
- ❑ Nachweis des Corg-Aufbaus anspruchsvoll
- ❑ Berücksichtigung der Fairness: wenig Potential für Betriebe mit bereits hohem Corg-Level, Betriebe mit niedrigem Corg profitieren
- ❑ Berücksichtigung der Zusätzlichkeit humusaufbauender Maßnahmen (keine Doppelförderung, keine Zertifizierung von Maßnahmen der guten fachlichen Praxis)
- ❑ Berücksichtigung zusätzlicher THG-Emissionen (z.B. N₂O-Emissionen bei hohem Corg-Level, zusätzlicher Treibstoffverbrauch)



Wiesmeier et al., 2020

Humuszertifikate: Herausforderungen

- Vermeidung von Verschiebungseffekten (Konzentration humusaufbauender Maßnahmen/org. Dünger auf einzelnen Flächen auf Kosten anderer Flächen; indirekte Landnutzungsänderungen durch verringerte Produktivität)
- Sicherstellung der Permanenz des Humusaufbaus (Beibehaltung humusaufbauender Maßnahmen; Humusabbau durch Klimawandel?)



Don & Flessa,
2021

Humusverluste durch Klimawandel?

C-Eintrag



Klimawandel: Humusschwund?



C-Austrag

Bestandsabfall,
Ernterückstände,
Stroh, Wurzeln,
Rhizodeposition

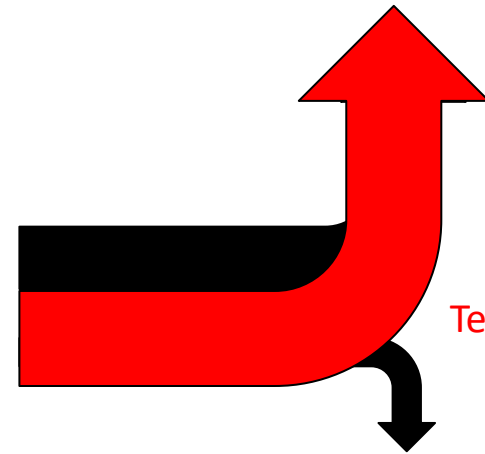
org.
Dünger



Stagnation



mikrobieller Abbau



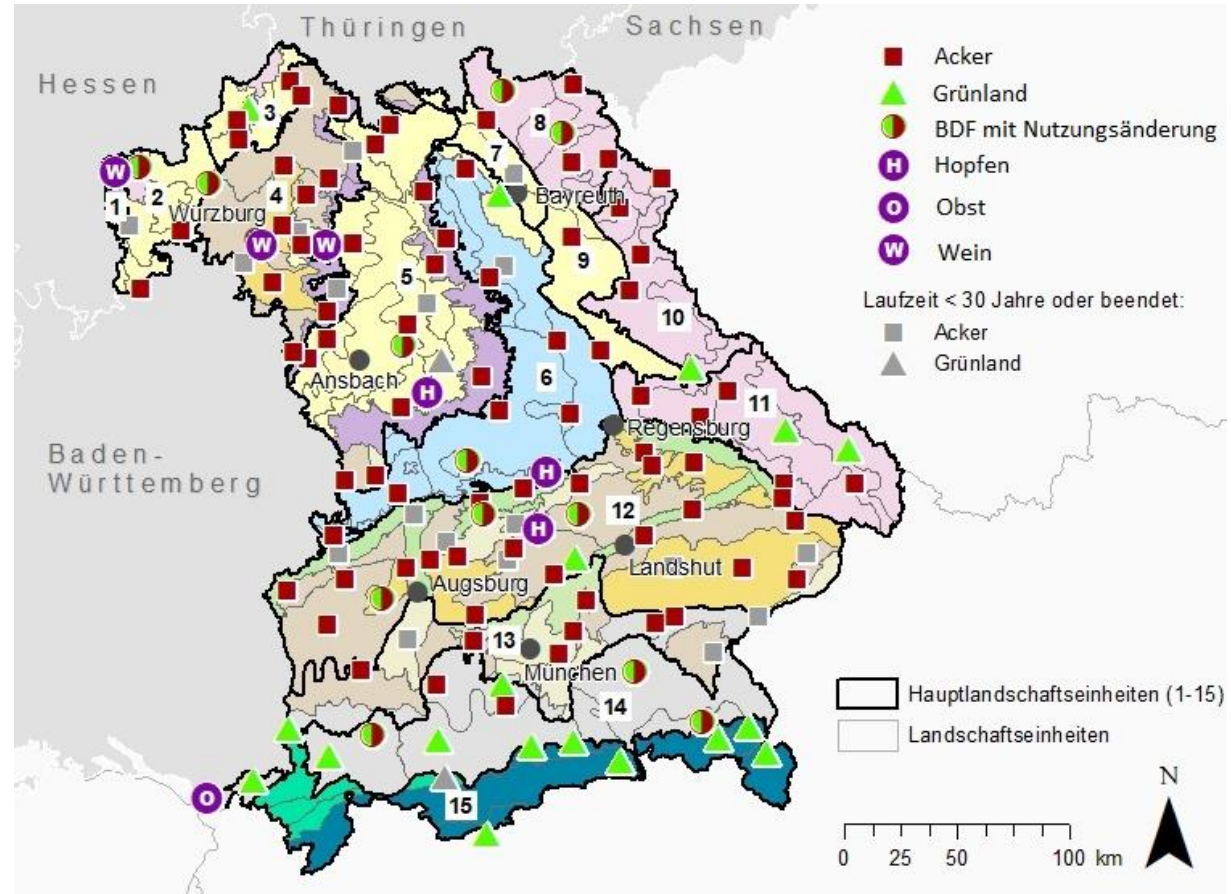
Temperatur-
anstieg

Erosion,
Auswaschung

Bodendauerbeobachtung Landwirtschaft Bayern

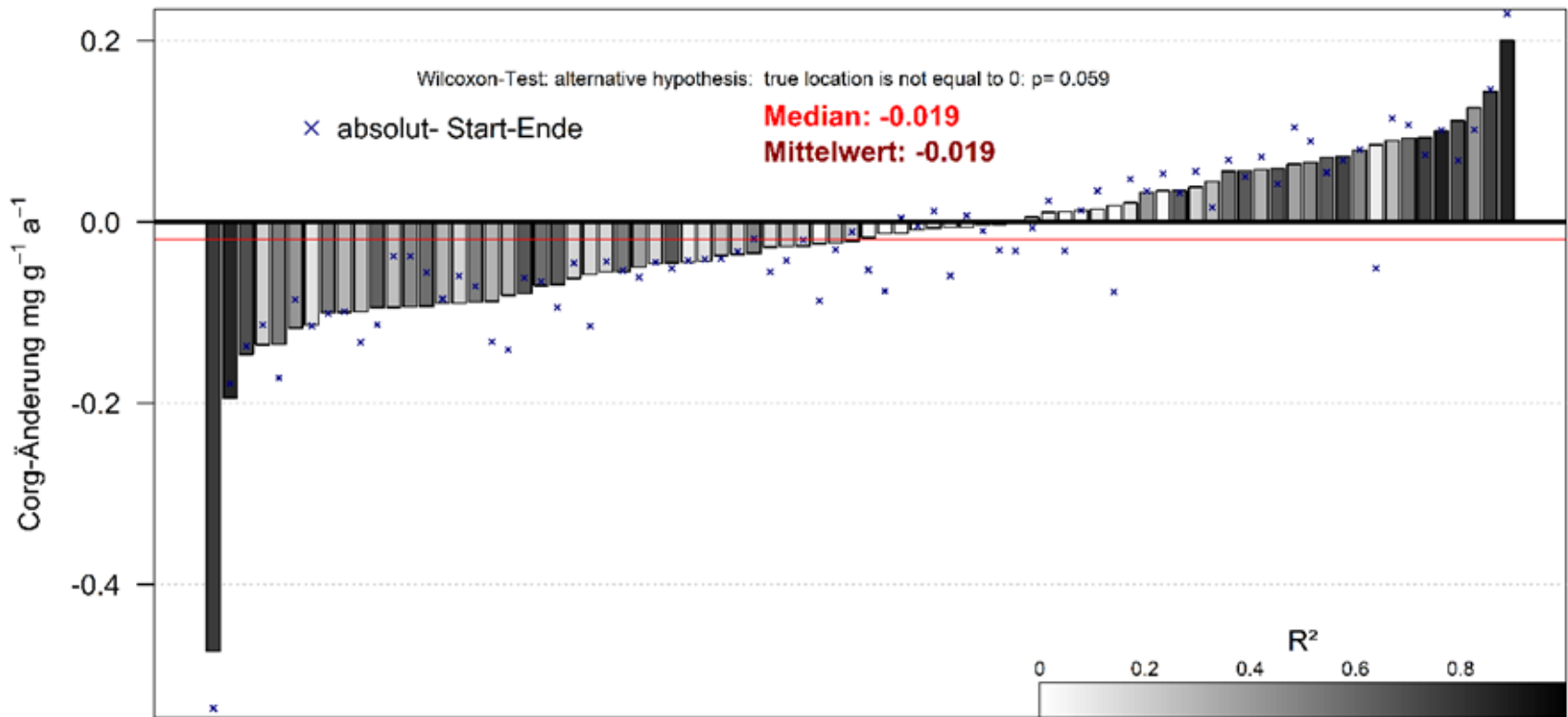
Initiierung des BDF-Programms Mitte der 1980er-Jahre, bislang sieben Serien:
1986/88, 1989/93, 1996/99, 2005/07, 2012, 2015/16, 2020/21

Auswertung
Humusveränderungen
1986-2016:
80 Acker
18 Grünland
7 Dauerkulturen
12 Umsteller
(Acker/Grünland)



Humusveränderungen Bayern 1986-2016

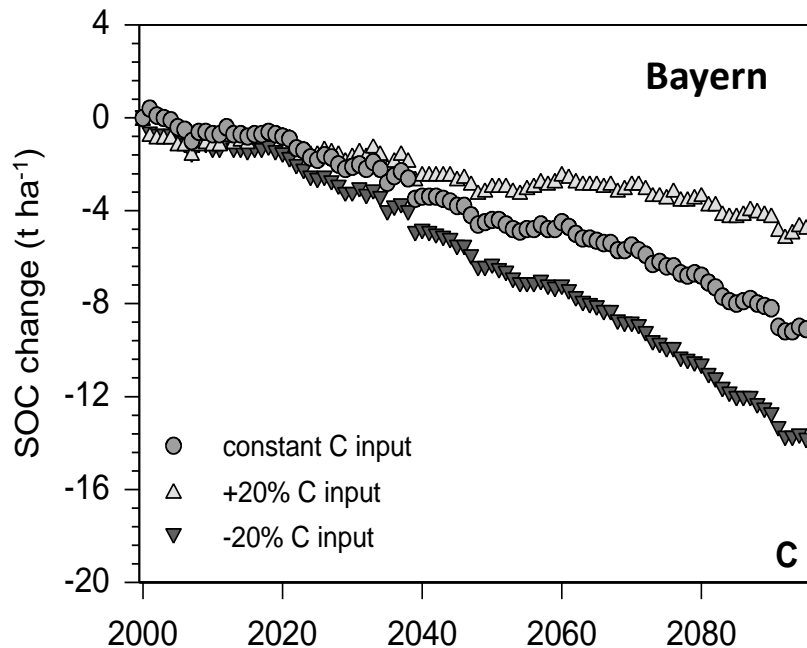
- Im Zeitraum 1986 bis 2016 im Mittel Leichter Corg-Rückgang (3%), signifikante Corg-Verluste bislang allerdings nur an ca. 20% der Standorte, ca. 16% der Standorte mit sig. Corg-Anstieg



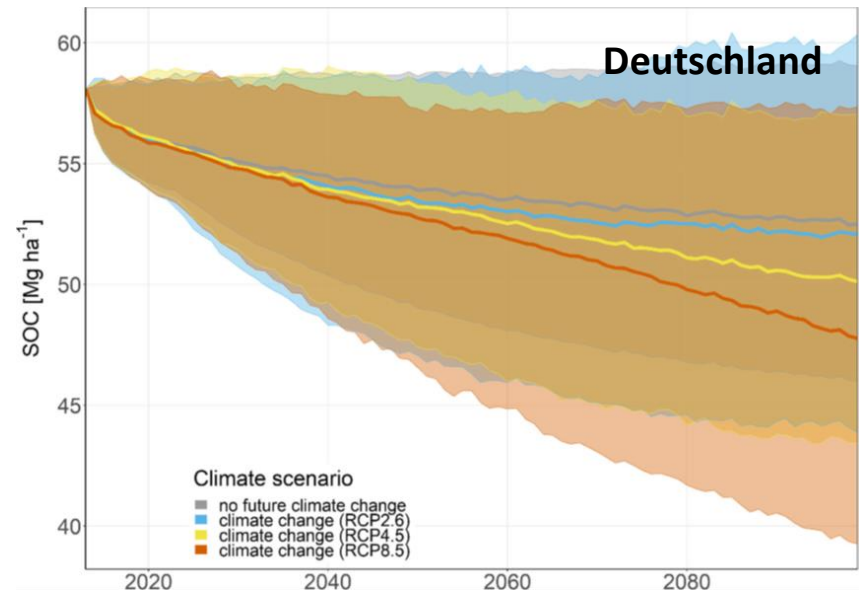
Wiesmeier & Burmeister, 2022

Prognose der Humusentwicklung

- Modellierung der Corg-Entwicklung für landwirtschaftlich genutzte Böden Bayerns/Deutschlands: Corg-Verluste durch Klimawandel
- Anstieg des C-Eintrags um 30-90% notwendig, nur um aktuelles Corg-Level zu halten



Wiesmeier et al., 2016



Riggers et al. 2021

Danke für die Aufmerksamkeit!