

# Klimaschutz durch Humusaufbau? Maßnahmen und Potentiale

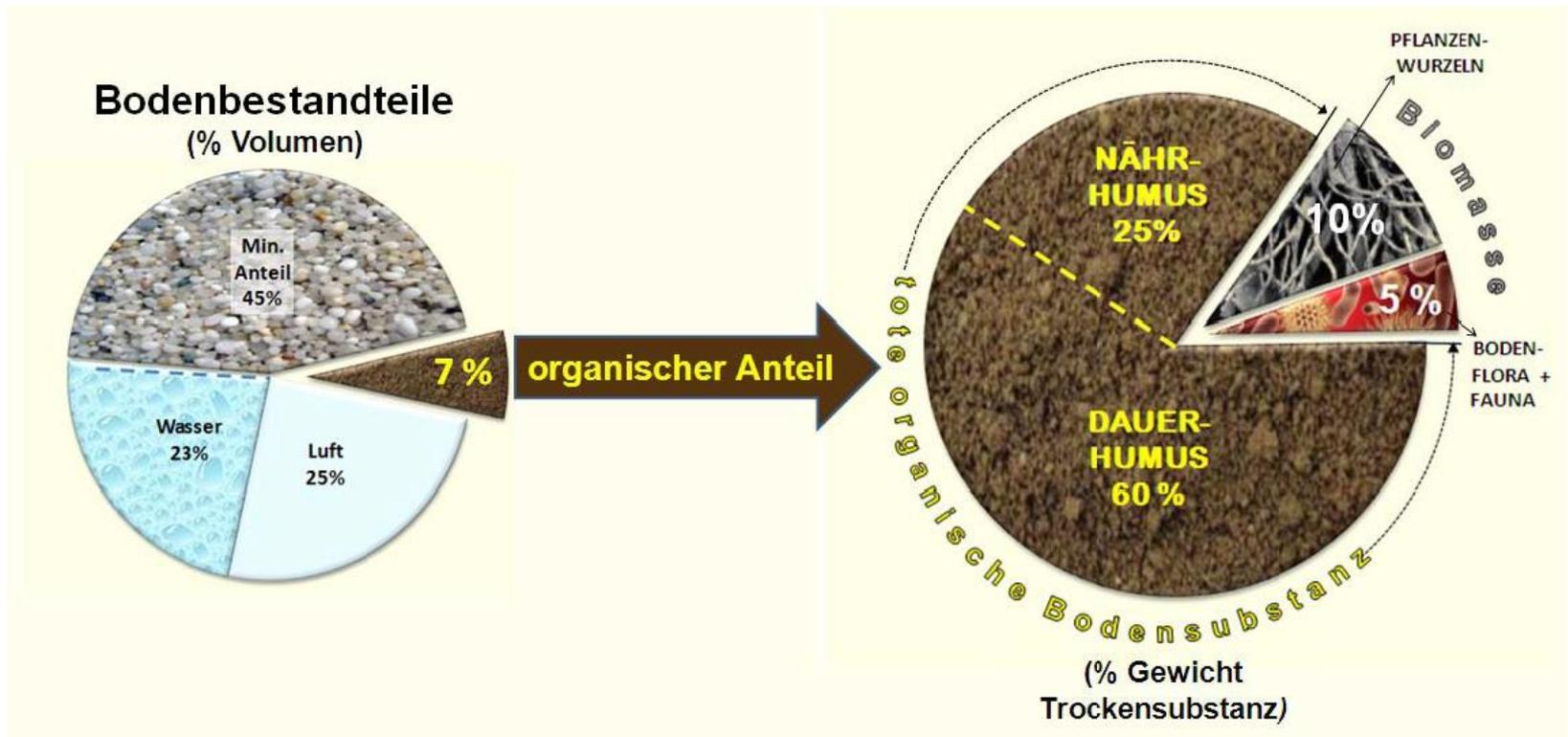
Martin Wiesmeier

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

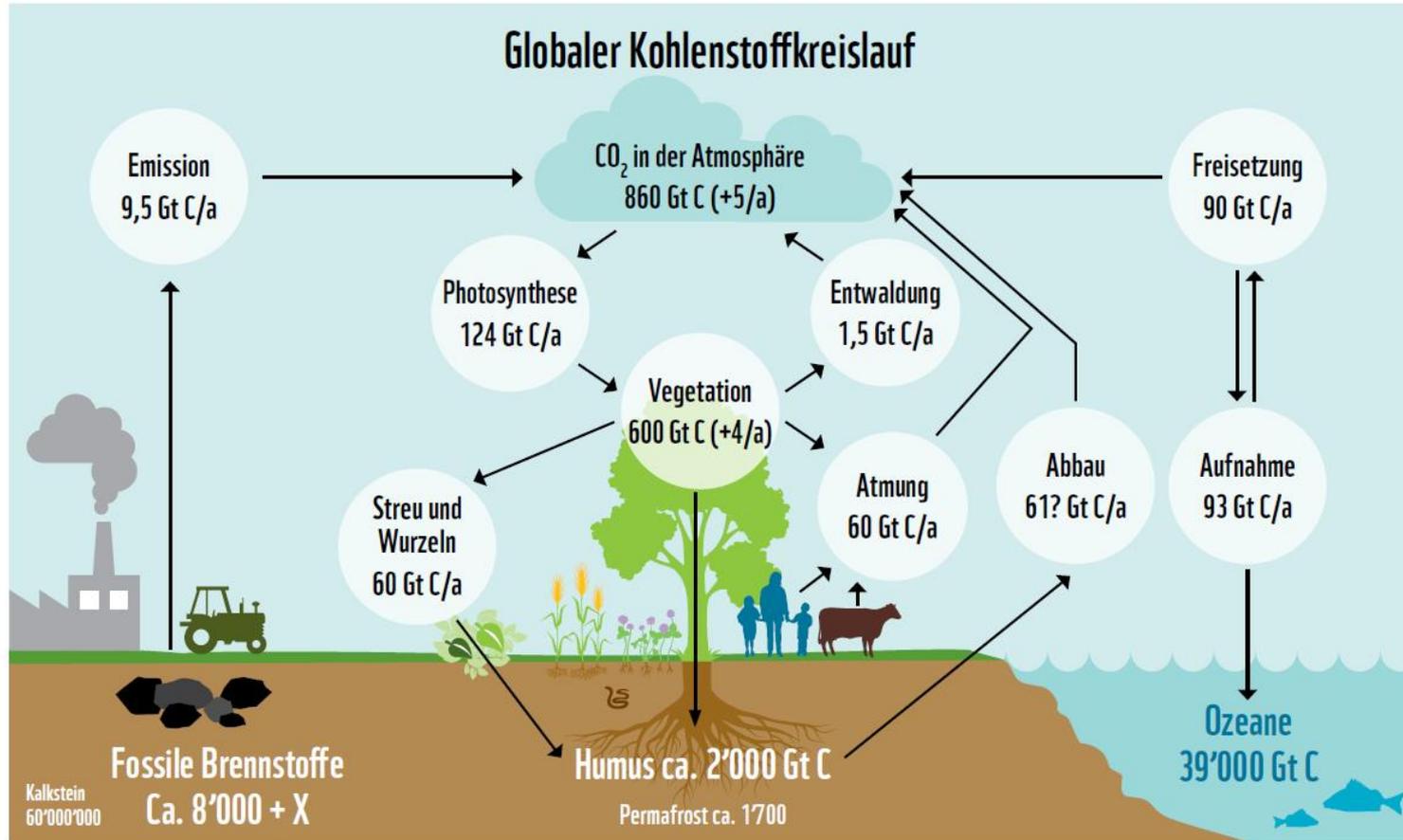
---

- ❑ 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!



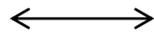
Quelle: WWF, 2019

# Humushaushalt

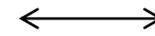
## Eintrag organischer Substanz

Bestandsabfall,  
Ernterückstände,  
Stroh, Wurzeln,  
Rhizodeposition

org.  
Dünger

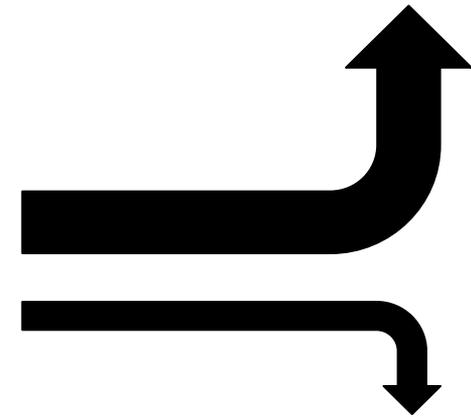


## Fließgleichgewicht



## Abbau organischer Substanz

mikrobieller Abbau



Erosion,  
Auswaschung

# Humusvorräte in verschiedenen Böden



**Pararendzina**  
13,4 t C<sub>org</sub>



**Regosol**  
65,1 t C<sub>org</sub>



**Parabraunerde**  
78,4 t C<sub>org</sub>



**Pseudogley**  
82,1 t C<sub>org</sub>



**Humusgley**  
131,7 t C<sub>org</sub>



**Erdniedermoor**  
692,7 t C<sub>org</sub>

# Humuskarte Bayern

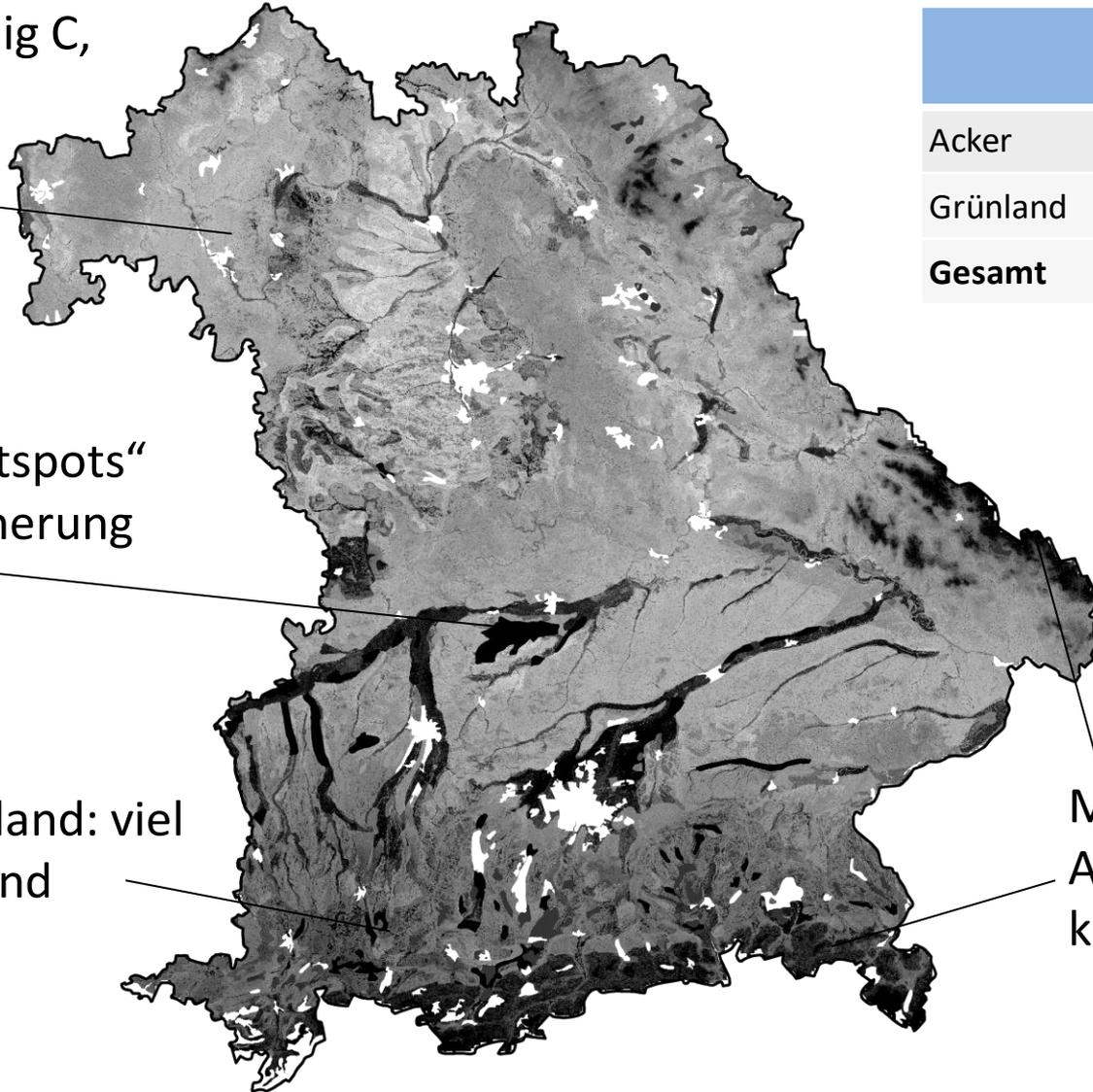
NW-Bayern: wenig C,  
warmes Klima,  
sandige Böden

Moore: „Hotspots“  
der C-Speicherung

Alpenvorland: viel  
C, Grünland

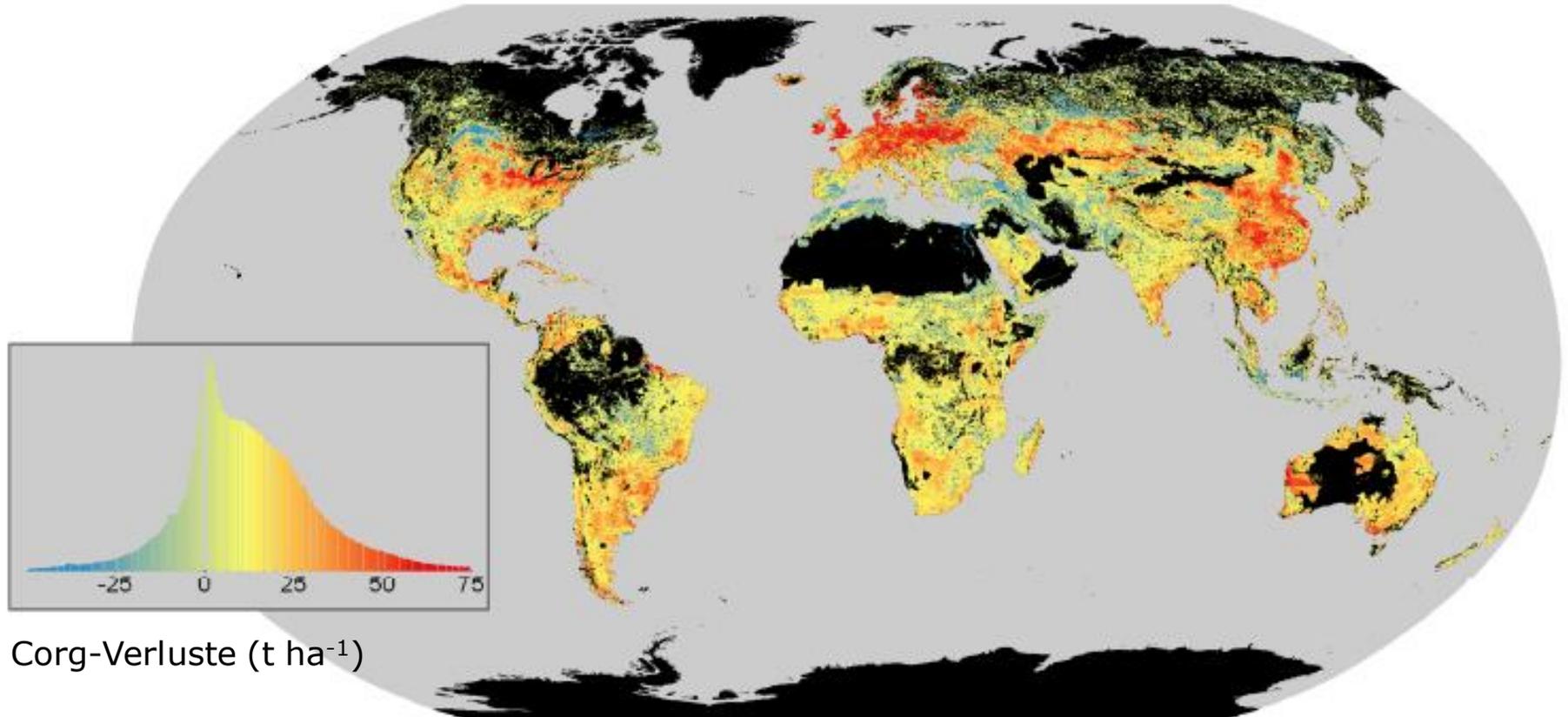
Mittelgebirge und  
Alpen: viel C,  
kühles Klima

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



# Humusverluste durch Landnutzung

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



Corg-Verluste ( $\text{t ha}^{-1}$ )

Sanderman et al., 2017

# Humusverluste durch Landnutzung

---



Niederbayern: R. Brandhuber

# Humusverluste durch Landnutzung



Innere Mongolei, Nordchina

# Humusverluste durch Landnutzung



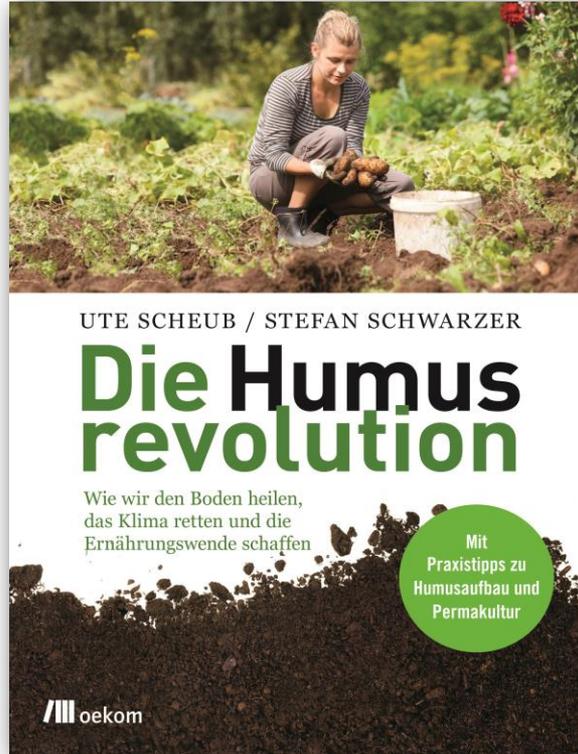
Niederbayern, Foto: R. Brandhuber

# Humusverluste durch Landnutzung

---

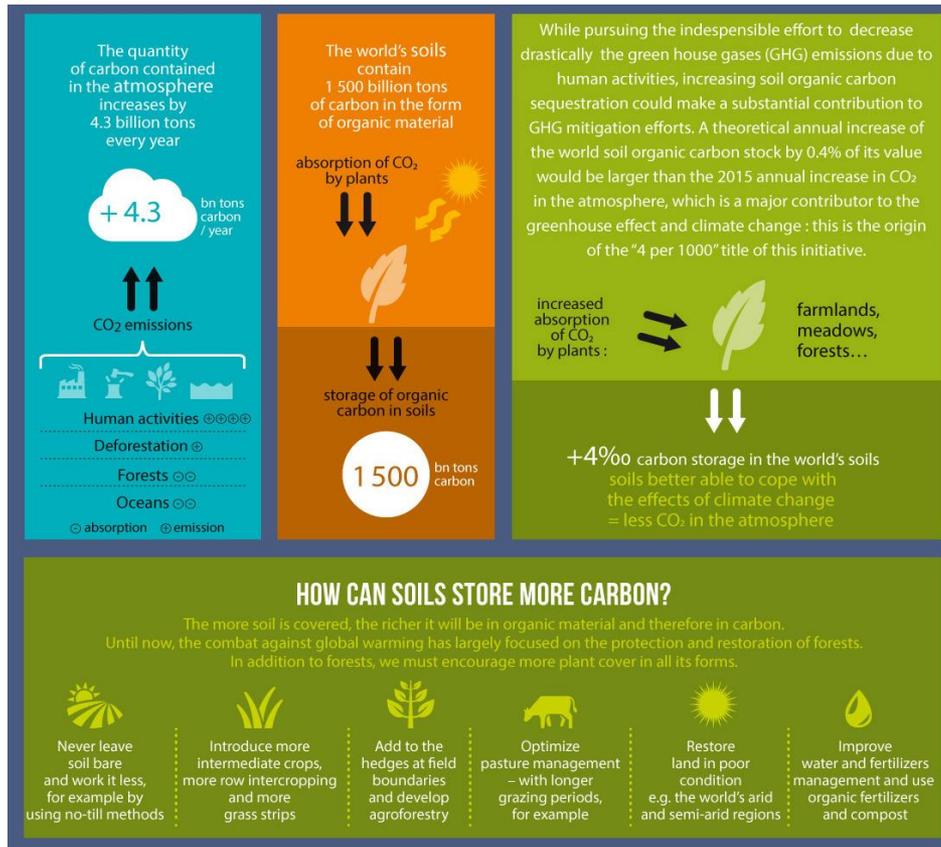


# Humusaufbau im Brennpunkt



# 4-Promille-Initiative

- 4-Promille-Initiative: Steigerung der globalen SOC-Vorräte um 4‰ pro Jahr würde steigende CO<sub>2</sub>-Emissionen ausgleichen ([www.4p1000.org](http://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 CO<sub>2</sub>/Jahr**

≙ **CO<sub>2</sub>-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 CO<sub>2</sub>/Jahr**

≙ **CO<sub>2</sub>-Emissionen von 50.000 Personen/Jahr**



# Humusaufbaupotential Bayern

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

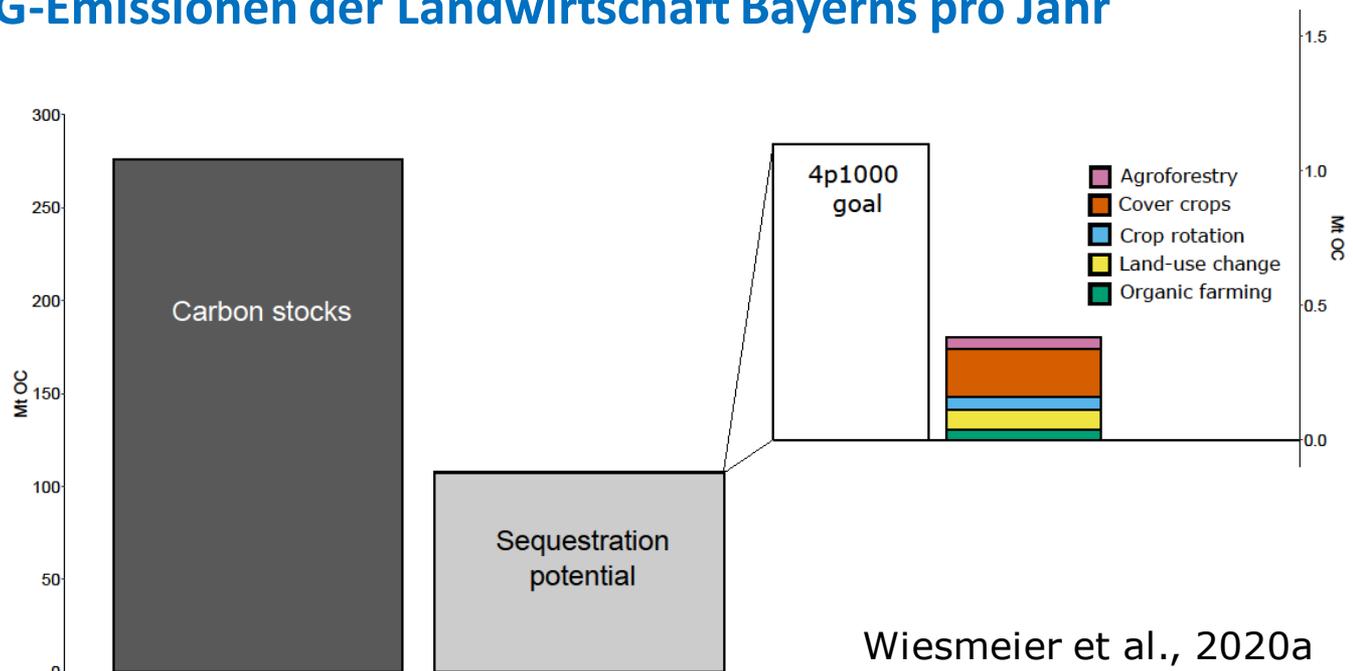
≙ ca. 1‰ der Humusvorräte

≙ 1,1-1,5 Millionen t CO<sub>2</sub>

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

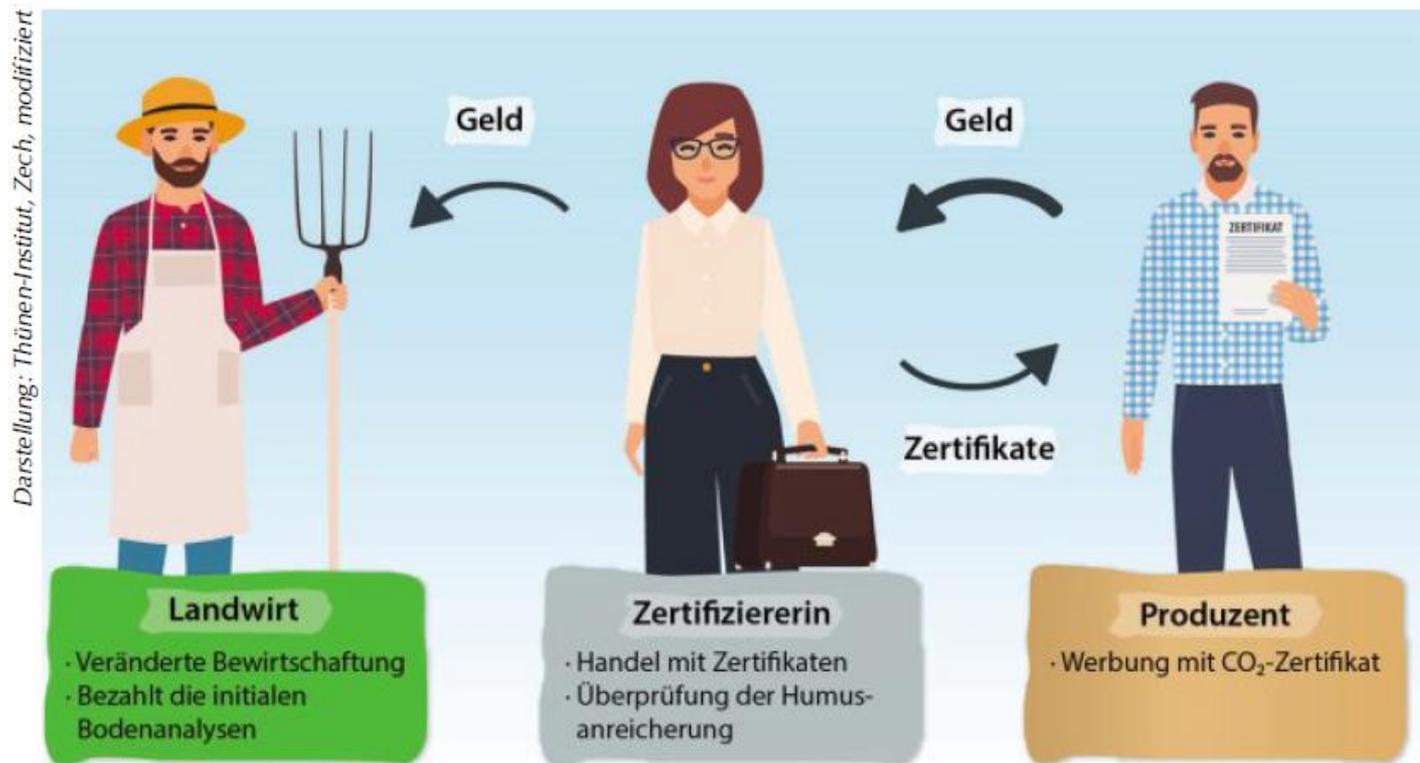
≙ CO<sub>2</sub>-Emissionen von ca. 140.000-190.000 Personen pro Jahr

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



# Humuszertifikate

- Humuszertifikate als privates Förderinstrument für Humusaufbau und Klimaschutz



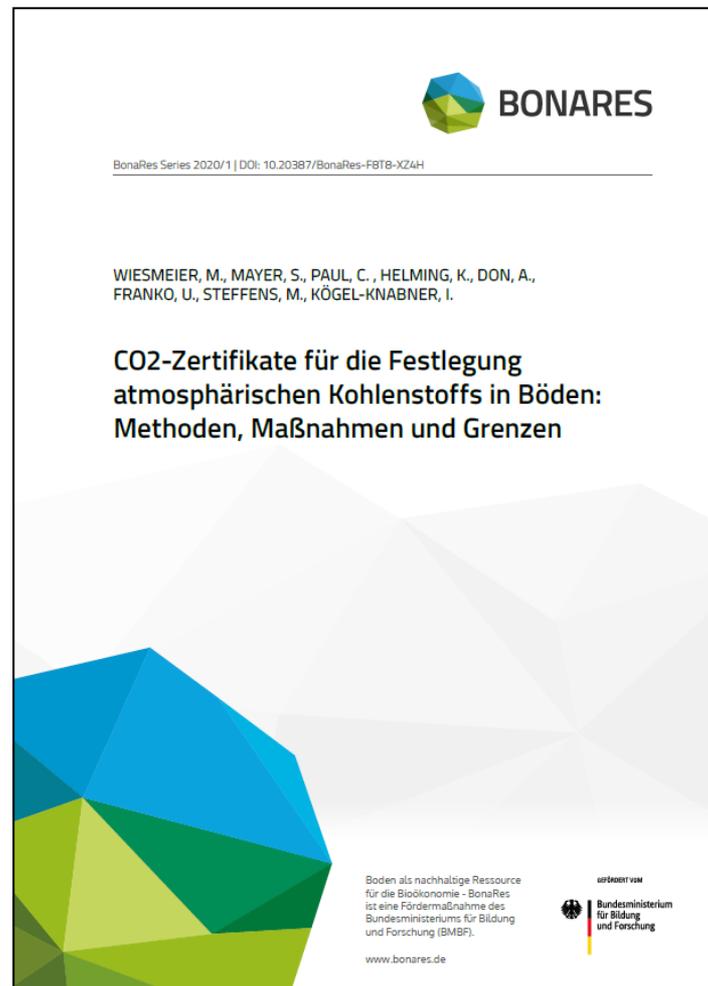
Don & Flessa, 2021

# Humuszertifikate

The screenshot displays the CarboCert website interface. At the top, it features the logo for 'ÖkoregionKaindorf' (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', 'Indigo Carbon', 'Über Uns', and 'Karriere'. 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 environmental and agricultural 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 background of the website shows a man in a suit and a beer bottle, with text mentioning 'Bier wird über CarboCert' and 'Abendzeitung München'.

# Humuszertifikate: Herausforderungen

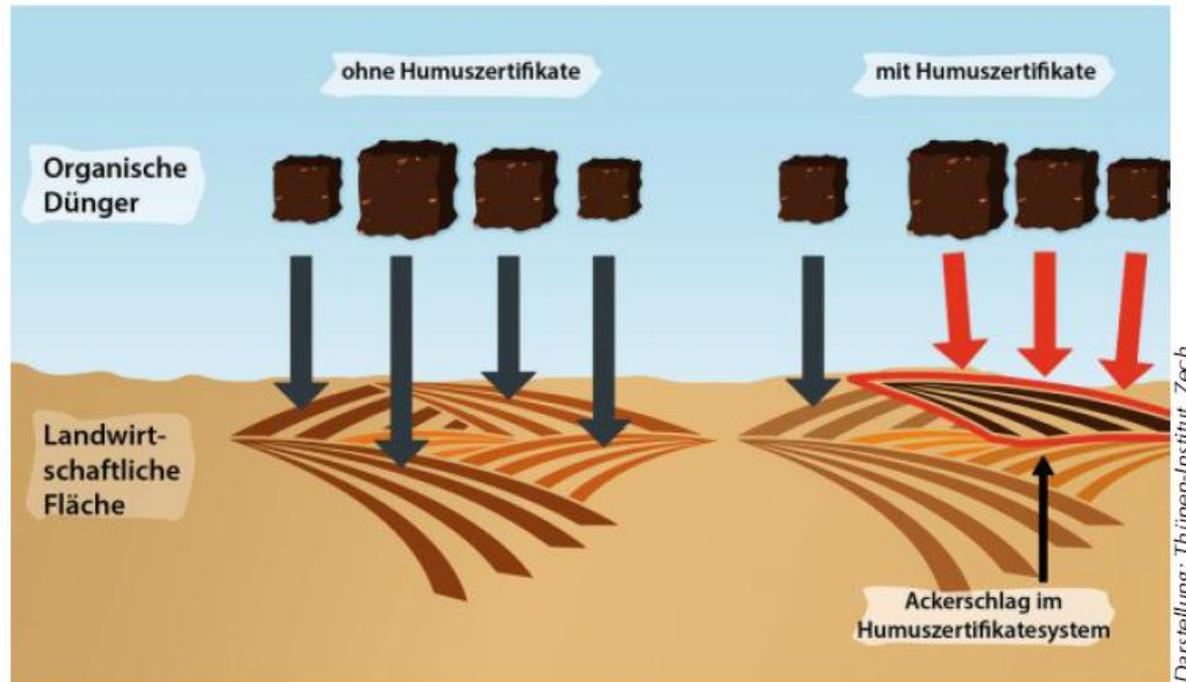
- ❑ Nachweis des Corg-Aufbaus anspruchsvoll
- ❑ Berücksichtigung der Fairness: wenig Potential für Betriebe mit bereits hohem Corg-Level, Betriebe mit niedrigem Corg profitieren
- ❑ Berücksichtigung der Zusätzlichkeit humusaufbauender Maßnahmen (keine Doppelförderung, keine Zertifizierung von Maßnahmen der guten fachlichen Praxis)
- ❑ Berücksichtigung zusätzlicher THG-Emissionen (z.B. N<sub>2</sub>O-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

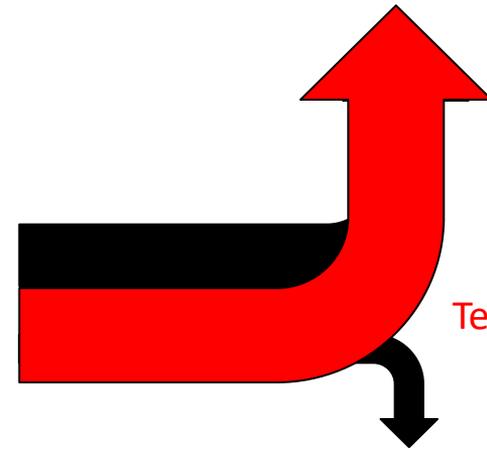
org.  
Dünger



Stagnation



mikrobieller Abbau



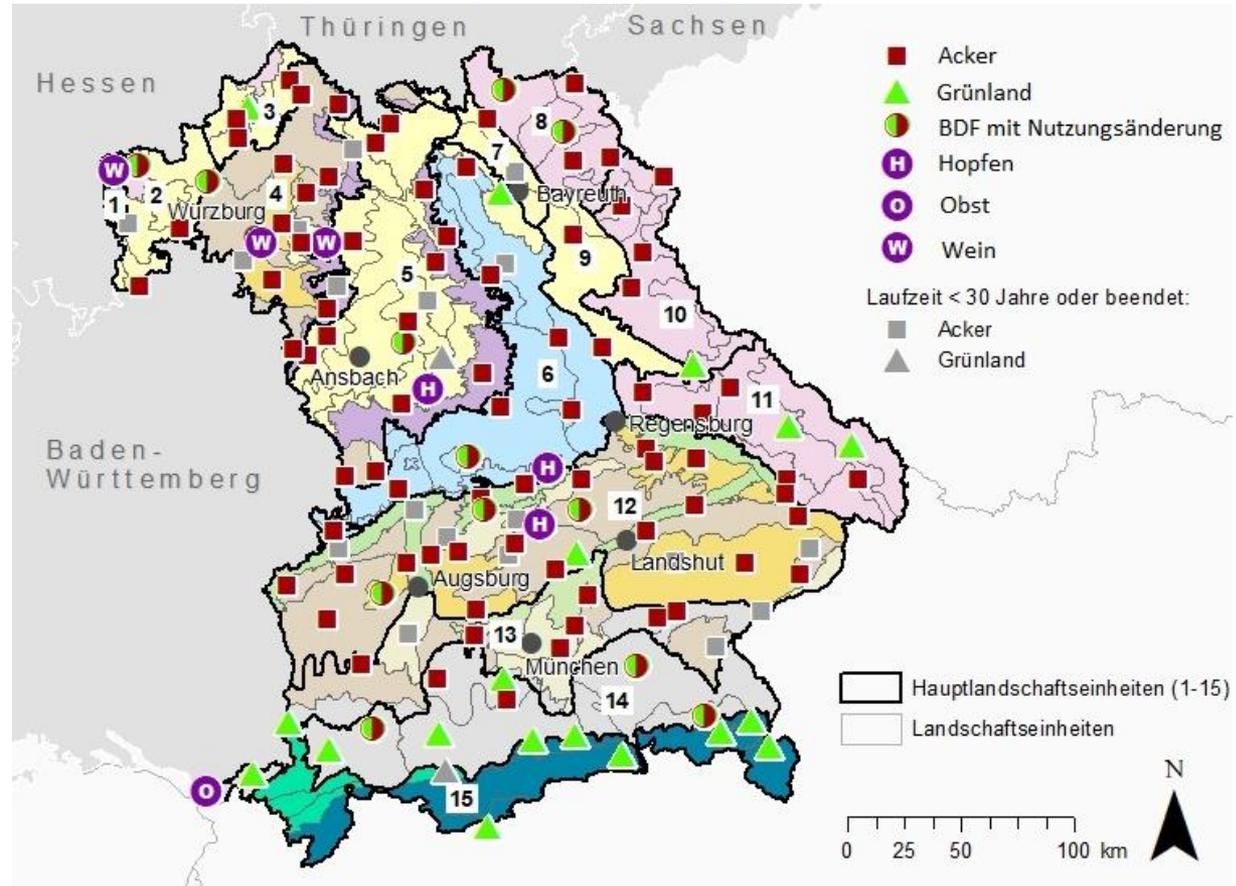
Temperatur-  
anstieg

Erosion,  
Auswaschung

# Bodendauerbeobachtung Landwirtschaft Bayern

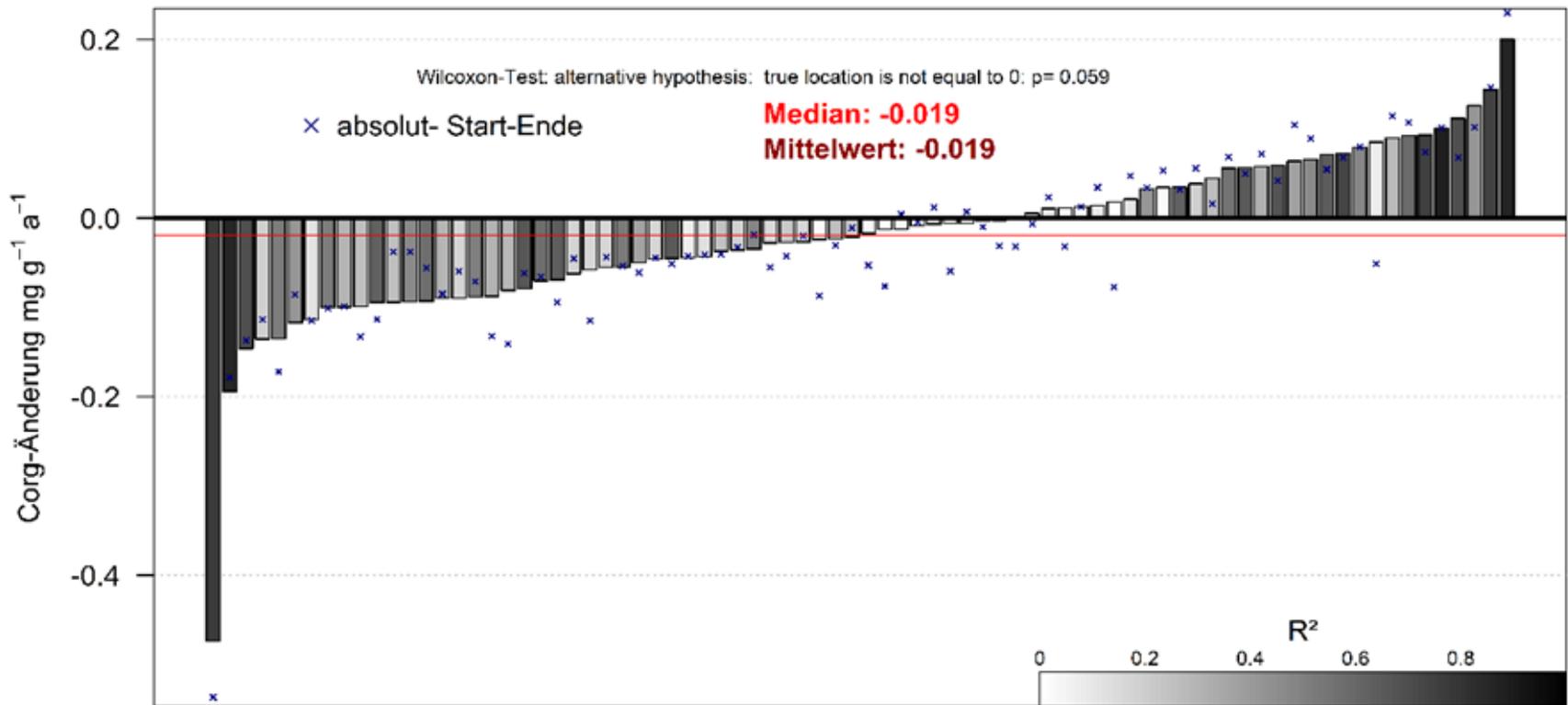
Initiierung des BDF-Programms Mitte der 1980er-Jahre, bislang sieben Serien:  
1986/88, 1989/93, 1996/99, 2005/07, 2012, 2015/16, 2020/21

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



# Humusveränderungen Bayern 1986-2016

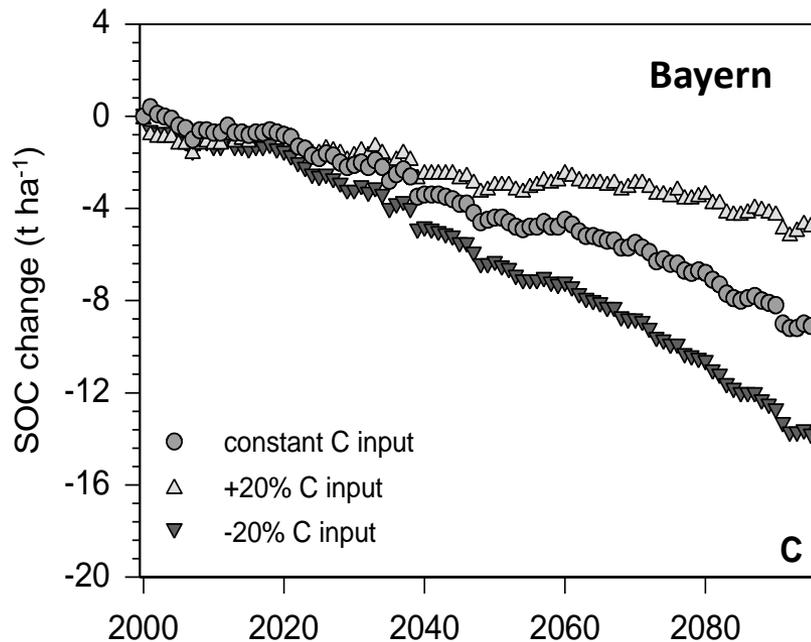
- Im Zeitraum 1986 bis 2016 im Mittel Leichter Corg-Rückgang (3%), signifikante Corg-Verluste bislang allerdings nur an ca. 20% der Standorte, ca. 16% der Standorte mit sig. Corg-Anstieg



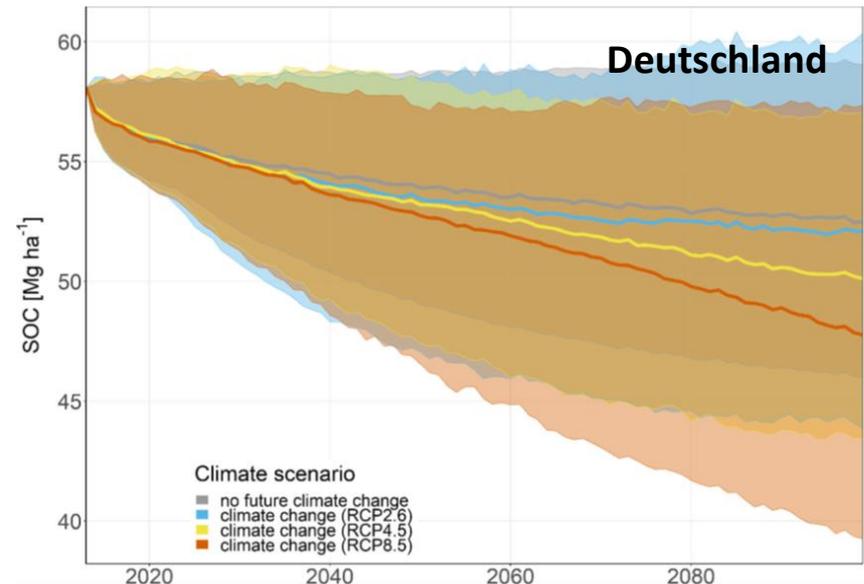
Wiesmeier & Burmeister, 2022

# 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!**