

Boden – Möglichkeiten und Grenzen des Humusaufbaus

PD Dr. Martin Wiesmeier

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

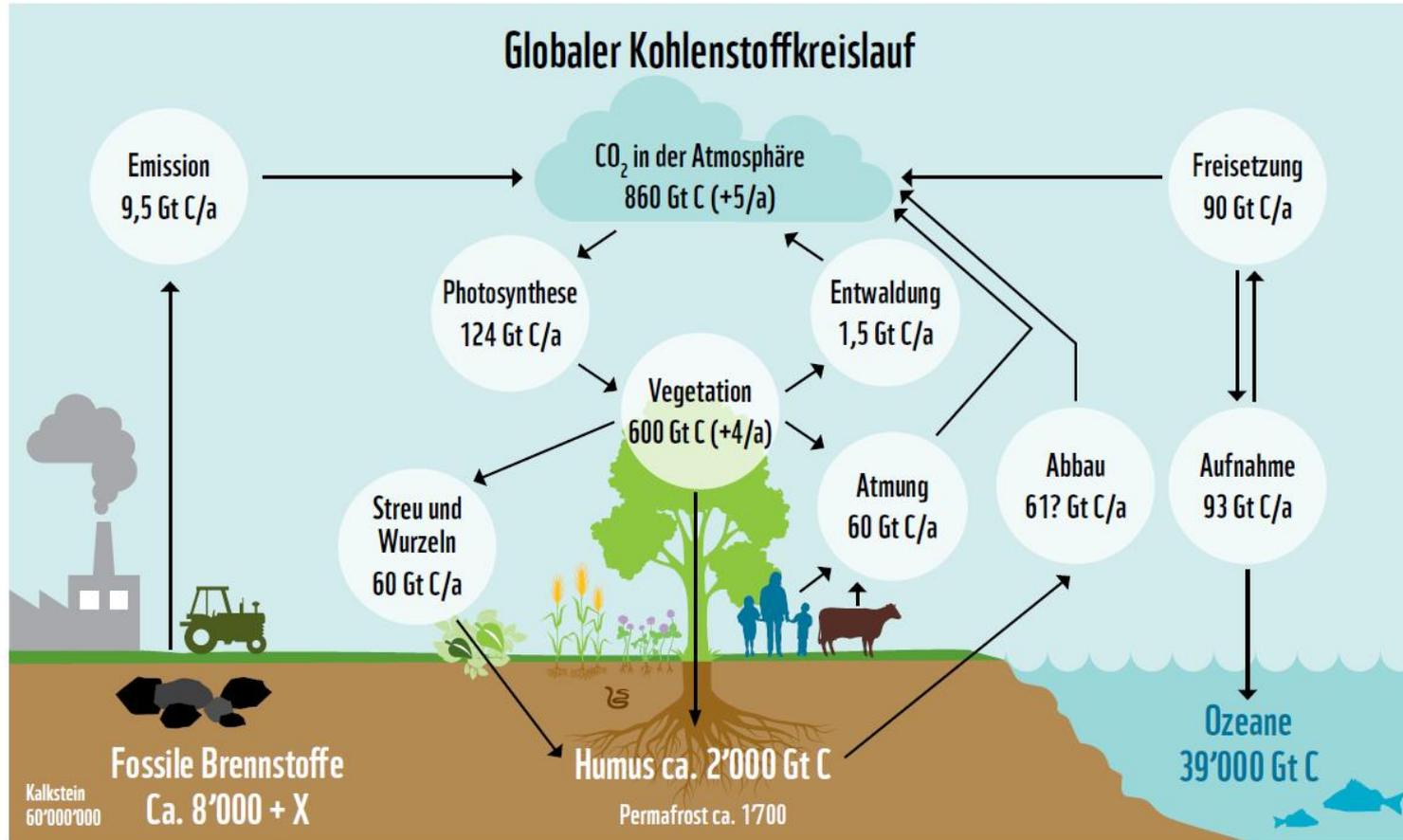
Humus als Schlüsselkomponente für Bodenfunktionen

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



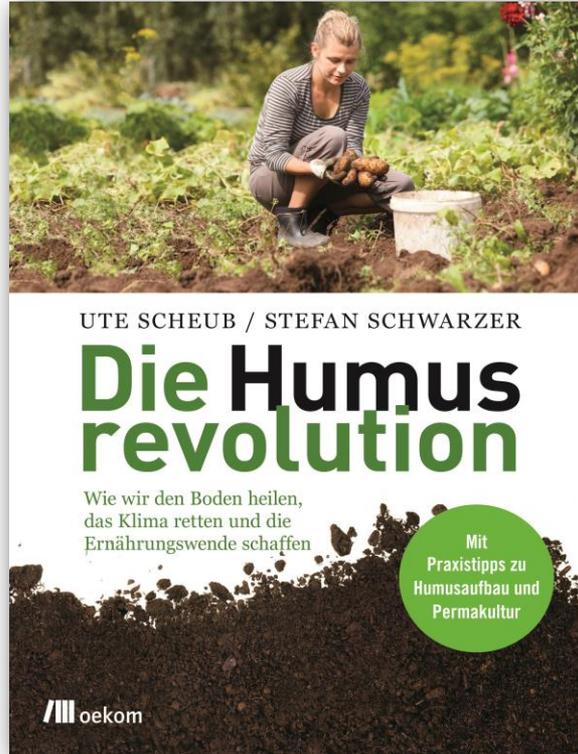
Humus als Schlüsselkomponente für Bodenfunktionen

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



Quelle: WWF, 2019

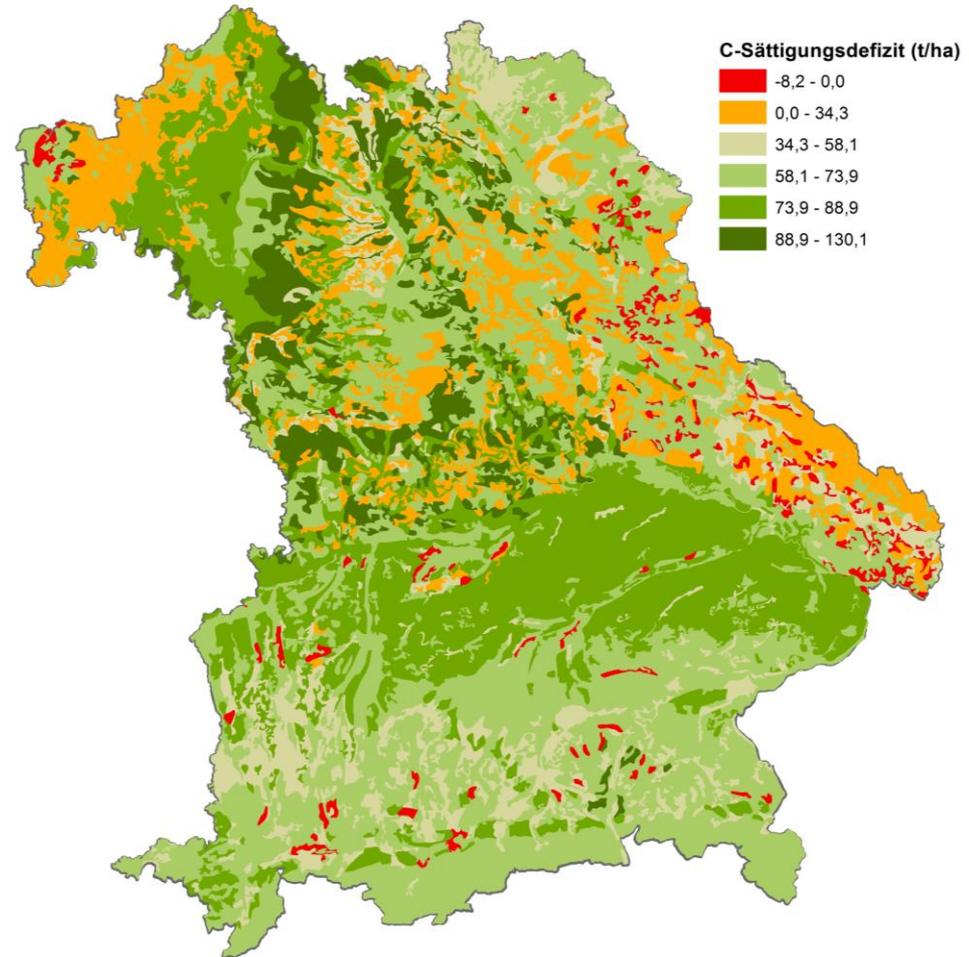
Humusaufbau im Brennpunkt



C-Speicherkapazität bayerischer Böden

- Begrenztes SOC-Speicherpotential, abhängig vom Anteil Mittel- und Feinschluff+Ton $<20\ \mu\text{m}$ (Hassink 1997)
- Ackerböden im Mittel nur zu 50% C-gesättigt, Grünland zu 73%
- Insgesamt können zusätzlich 108 Mt C gespeichert werden ($35\ \text{t ha}^{-1}$)

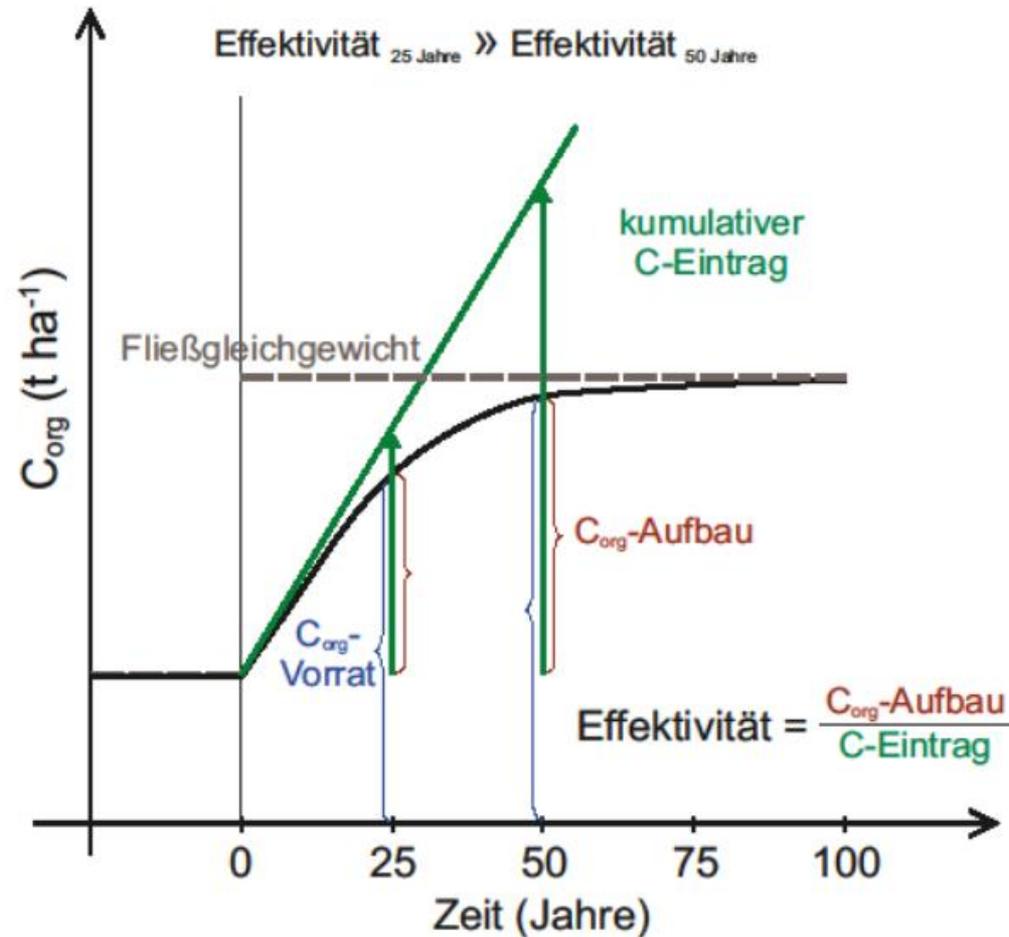
→ **Humusaufbau ist nahezu flächendeckend in Bayern möglich**



Wiesmeier et al., 2017

Effektivität des Humusaufbaus

- Humusaufbau zeitlich begrenzt, nach gewisser Zeit wird neues Fließgleichgewicht erreicht, Effektivität des Humusaufbaus nimmt mit der Zeit ab



Wiesmeier
et al., 2020b

Humushaushalt

Eintrag organischer Substanz

Bestandsabfall,
Ernterückstände,
Stroh, Wurzeln,
Rhizodeposition

org.
Dünger

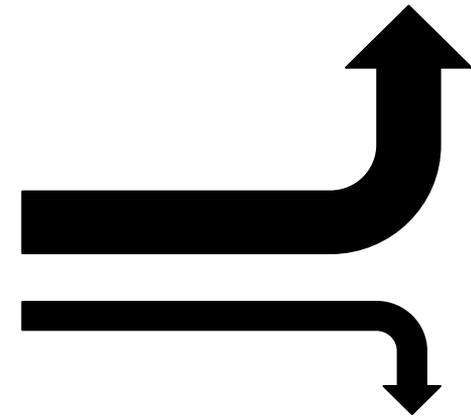


Fließgleichgewicht



Abbau organischer Substanz

mikrobieller Abbau



Erosion,
Auswaschung

Maßnahmen zum Humuserhalt und -aufbau

- Ein- oder mehrjähriger Futterleguminosen (Luzerne, Klee gras, etc.)
- Körnerleguminosen
- Zwischenfrüchte (möglichst tiefwurzelnd)
- Mischkultursysteme und Untersaaten
- Dauerkulturen, tiefwurzelnde Kulturen
- Ökolandbau
- Landnutzungswechsel zu Grünland
- Grünlandmanagement
- Agroforst-Systeme, Hecken, Feldgehölze
- Pflanzenkohle
- organische Dünger (Gülle, Mist, Kompost, Gärreste; unter Berücksichtigung der Nährstoffbilanzen)

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

Humusaufbau: Zwischenfruchtanbau

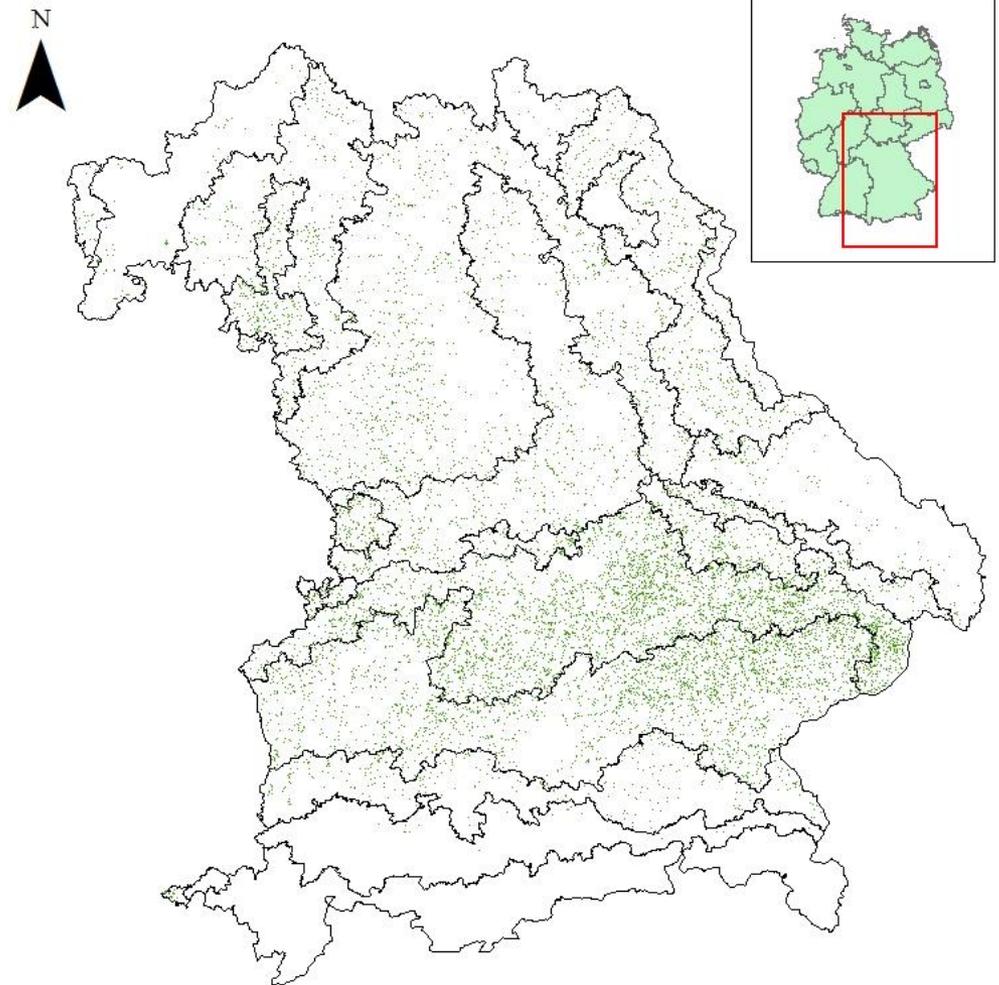
☐ **Zwischenfruchtanbau:**
Ausweitung auf 29% der
Ackerfläche Bayerns möglich
(559.000 ha):

→ **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**



Wiesmeier et al., 2020a

0 100 Kilometers

Humusaufbau: Agroforstwirtschaft

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

→ **Cseq = 0,68 t C/ha/Jahr**

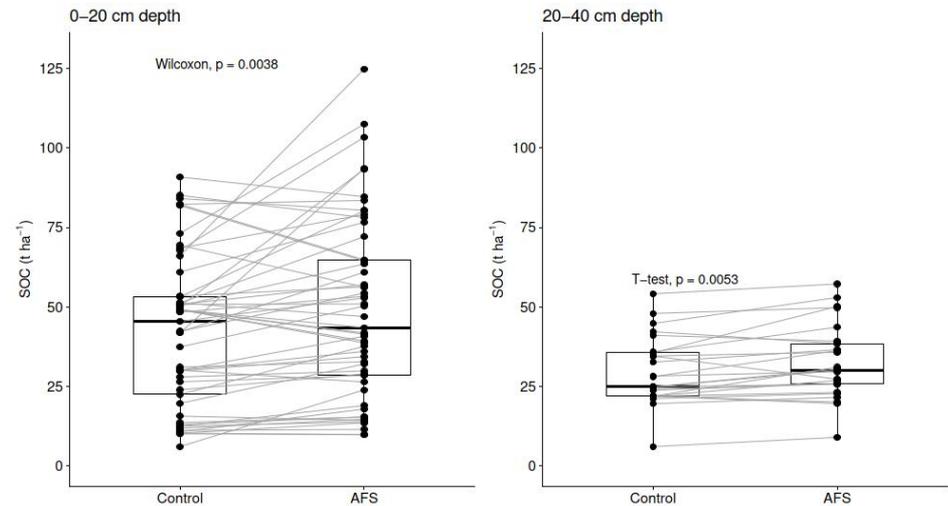
→ **ca. 108.000 t C/Jahr**

≙ **400.000 t CO₂/Jahr**

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



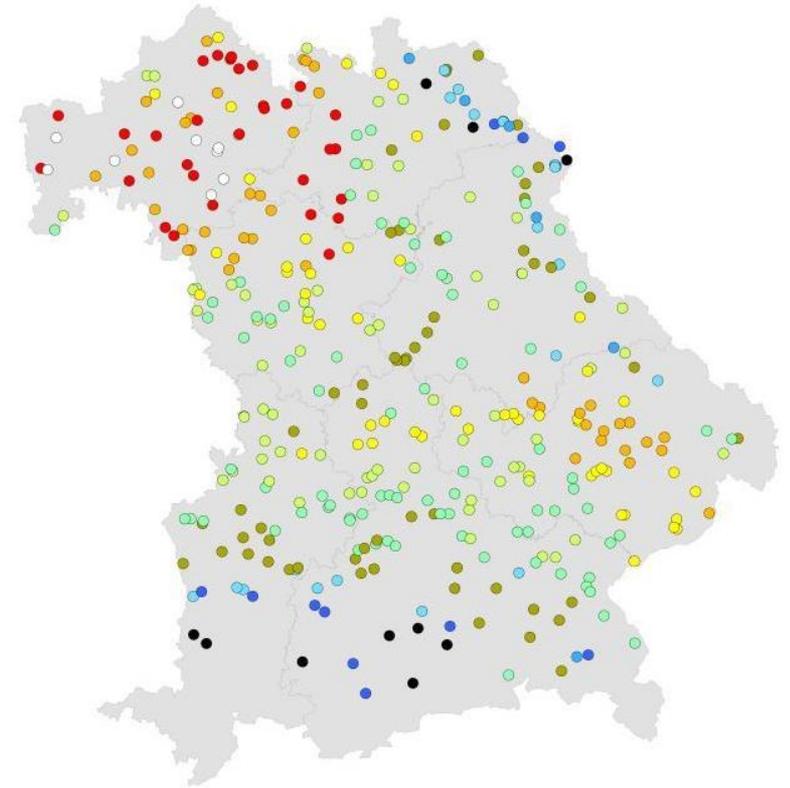
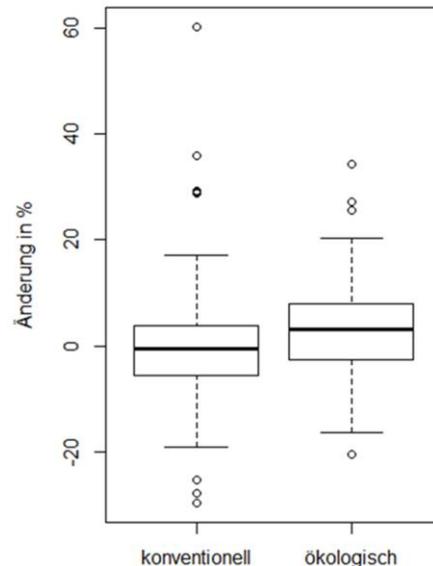
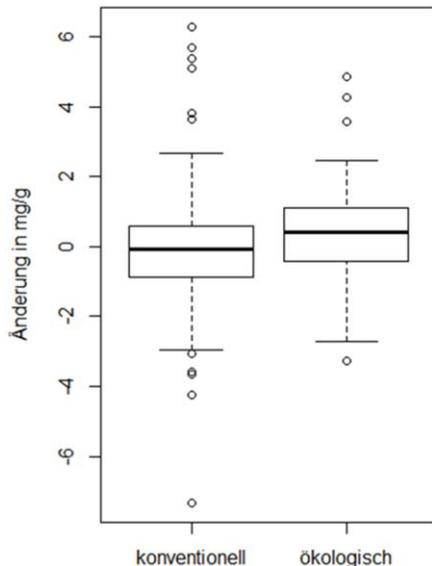
Foto: R. Hübner



Mayer et al., 2022

Humusaufbau: Ökolandbau

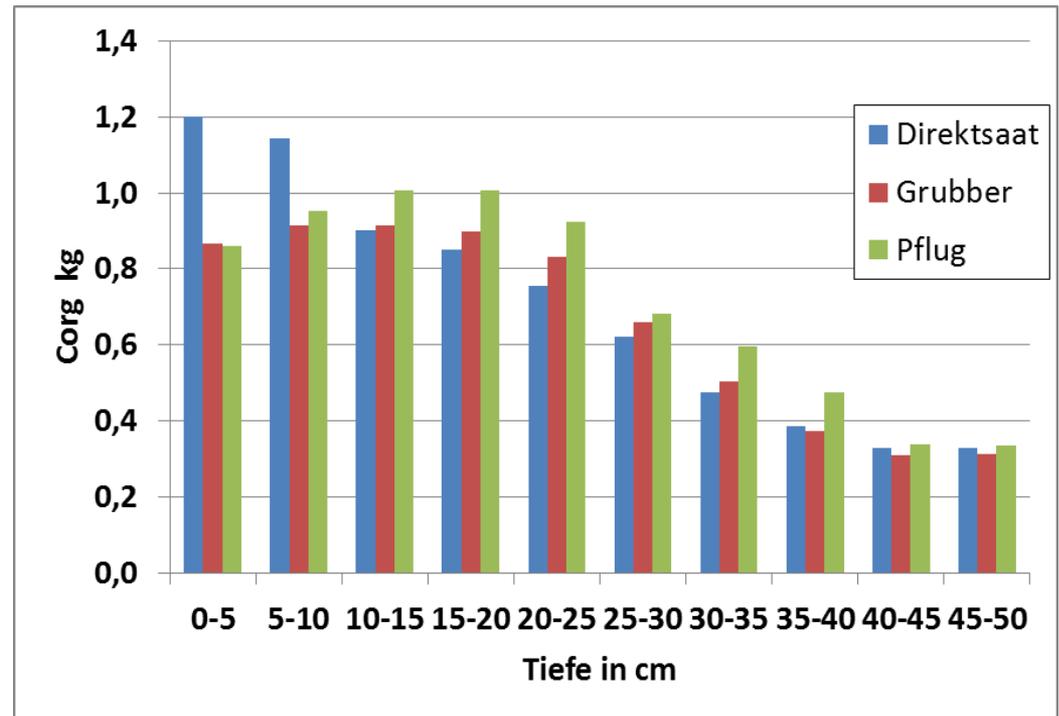
- Humusdatenbank Bayern: Bewirtschaftung nach guter fachlicher Praxis, 347 Schläge (266 konventionell, 81 ökologisch), Beprobung alle 10 Jahre (2001/08, 2011/18)



- Corg-Zunahme im Ökolandbau, keine Veränderung in konventionell bewirtschafteten Böden

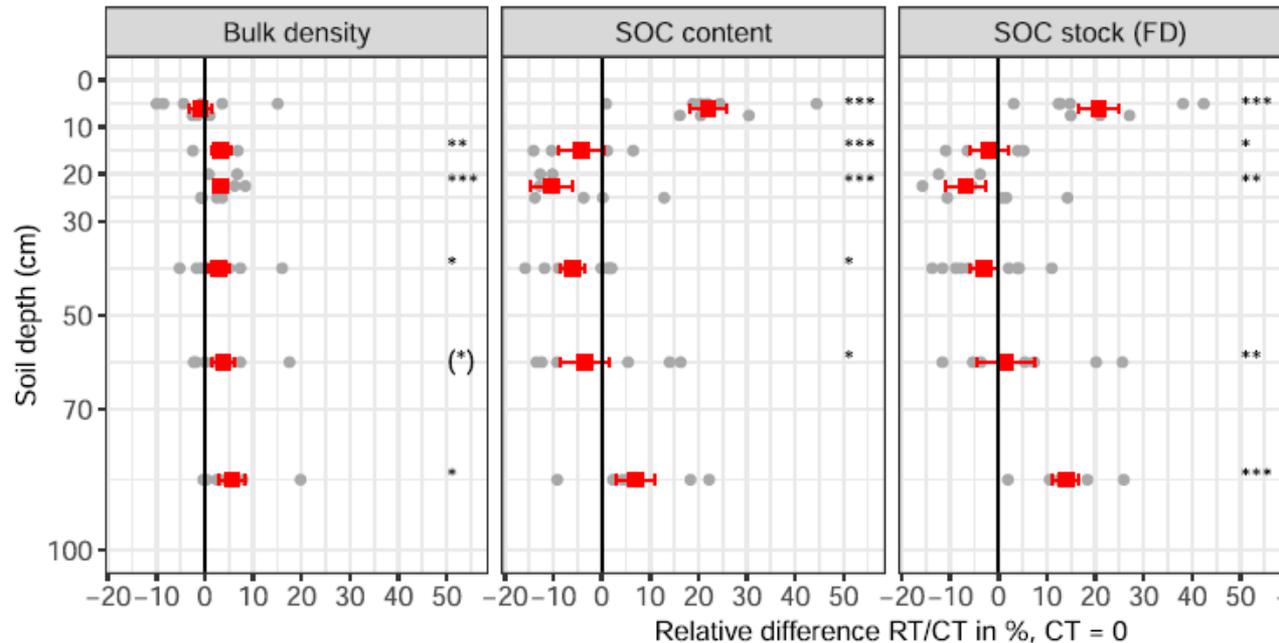
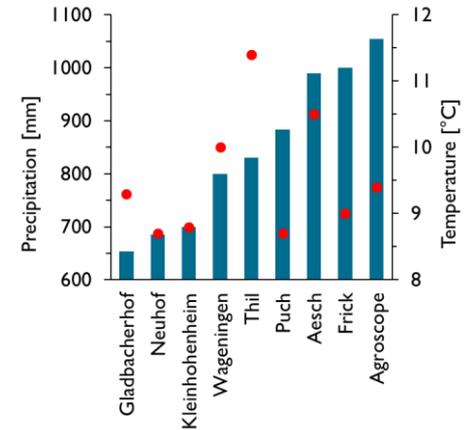
Humusaufbau: verminderte Bodenbearbeitung

- Auswirkung der Bodenbearbeitung auf Humus: 25-jähriger Versuch (1992-2017) in Puch, Vergleich Direktsaat, Grubber, Pflug
- Direktsaat vs. Pflug: erhöhte Corg-Vorräte in den obersten 10 cm, verringerte Corg-Vorräte in tieferen Bereichen
- Verminderte Bodenbearbeitung führt lediglich zu einer Umverteilung von Humus im Boden, Pflugeinsatz wirkt nicht humuszehrend



Humusaufbau: verminderte Bodenbearbeitung ÖL

- Auswertung von 9 Feldversuchen zu reduzierter Bodenbearbeitung im Ökolandbau: erhöhte Corg-Vorräte in 0-10 cm, verringerte Corg-Vorräte in 10-30 cm
- Beitrag zum Klimaschutz gering, aber großes Potential zur Klimaanpassung: erhöhte Infiltration, Erosionsschutz



Krauss et al. 2022

Humusaufbaupotential Bayern

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

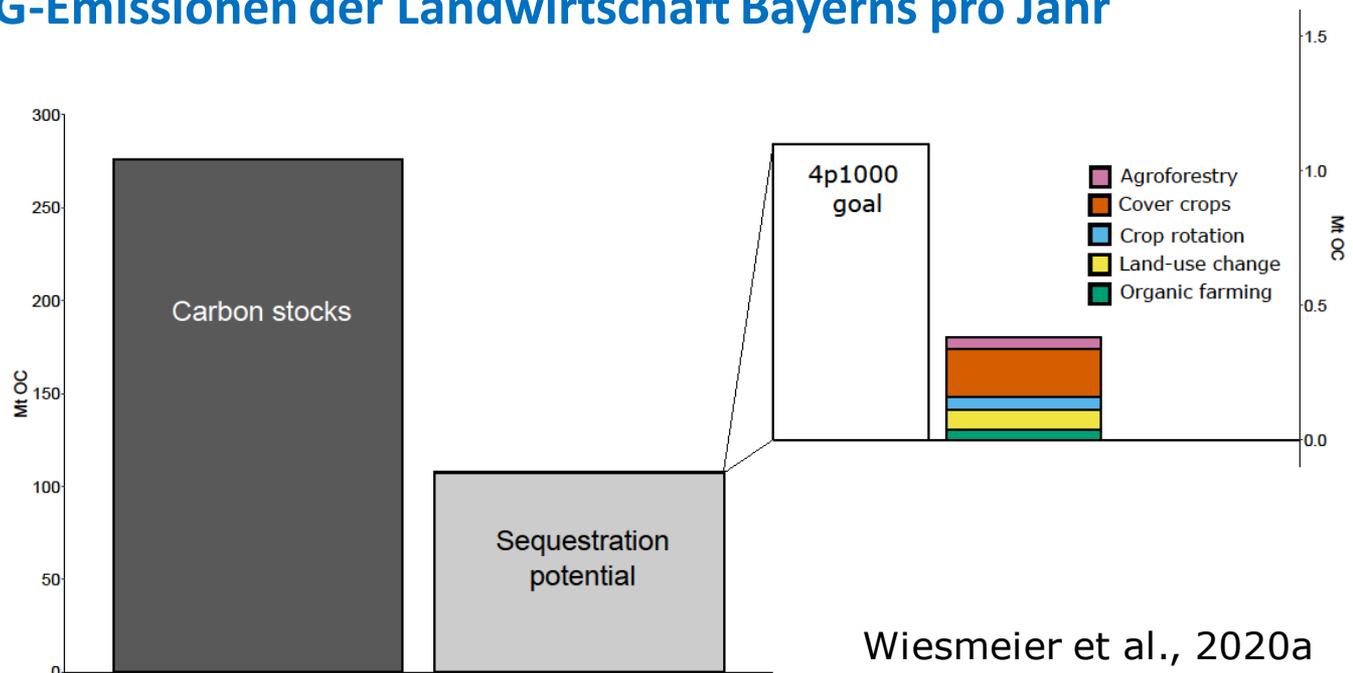
≙ ca. 1‰ der Humusvorräte

≙ 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

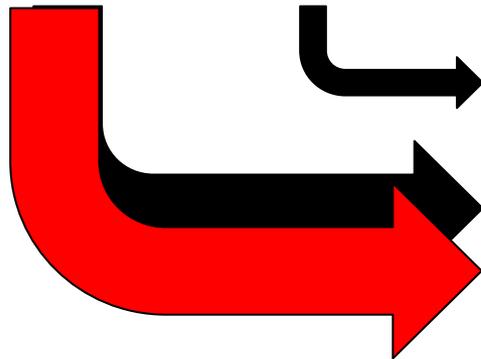


Humusverluste durch Klimawandel?

C-Eintrag

Bestandsabfall,
Ernterückstände,
Stroh, Wurzeln,
Rhizodeposition

org.
Dünger



CO₂-Düngeeffekt, längere
Wachstumsperiode

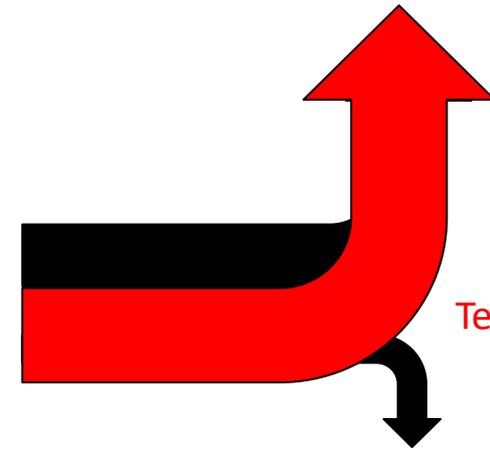


**Klimawandel:
neues Gleichgewicht**



C-Austrag

mikrobieller Abbau



Temperatur-
anstieg

Erosion,
Auswaschung



Humusverluste durch Klimawandel?

C-Eintrag



Klimawandel: Humusschwund?



C-Austrag

Bestandsabfall,
Ernterückstände,
Stroh, Wurzeln,
Rhizodeposition

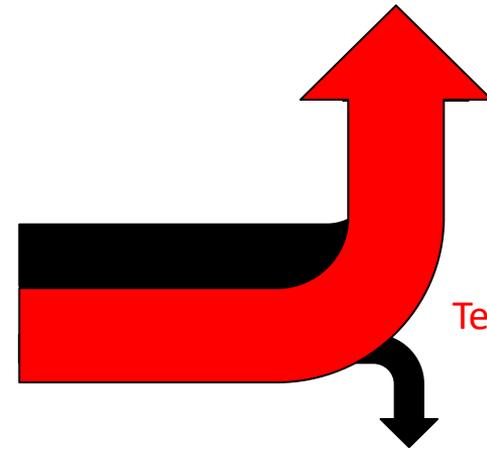
org.
Dünger



Stagnation



mikrobieller Abbau



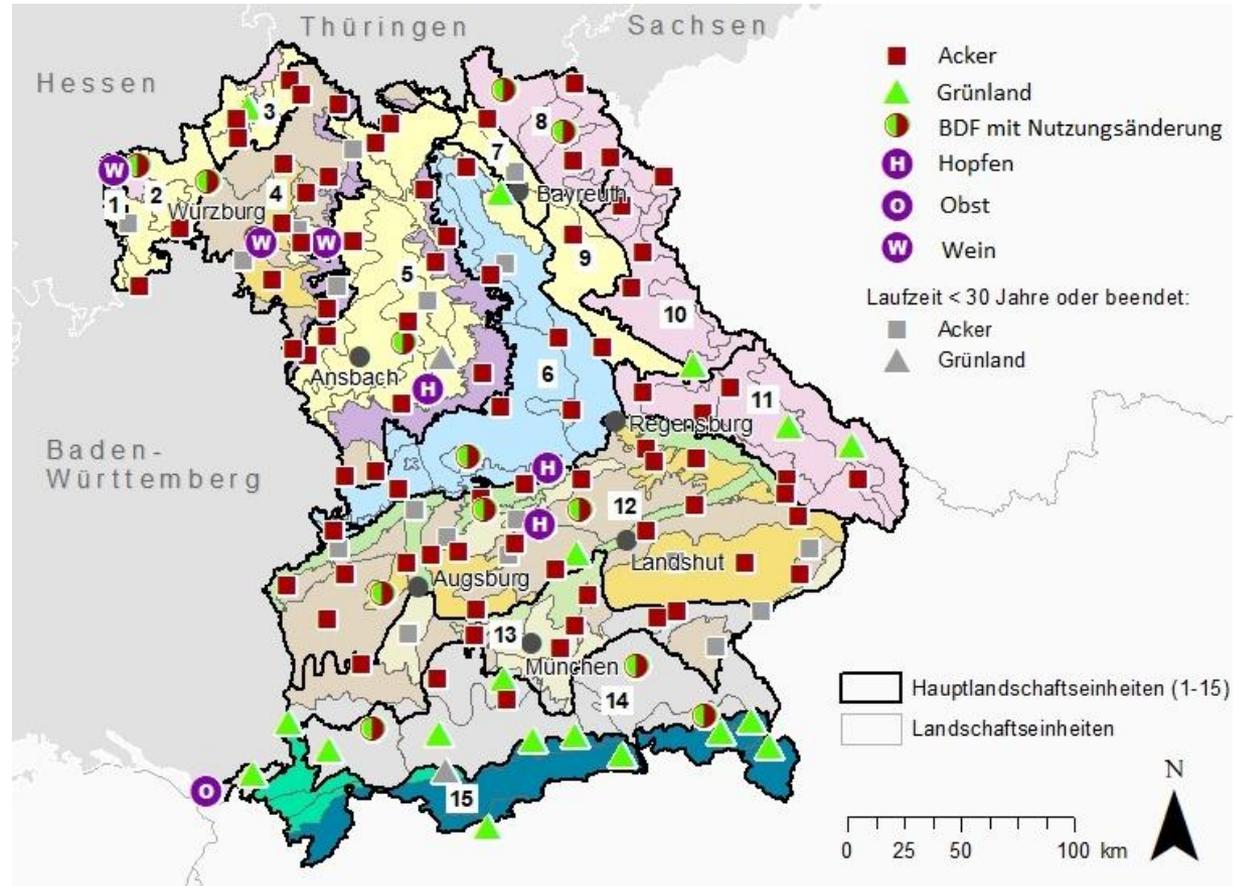
Temperatur-
anstieg

Erosion,
Auswaschung

BDF Landwirtschaft Bayern

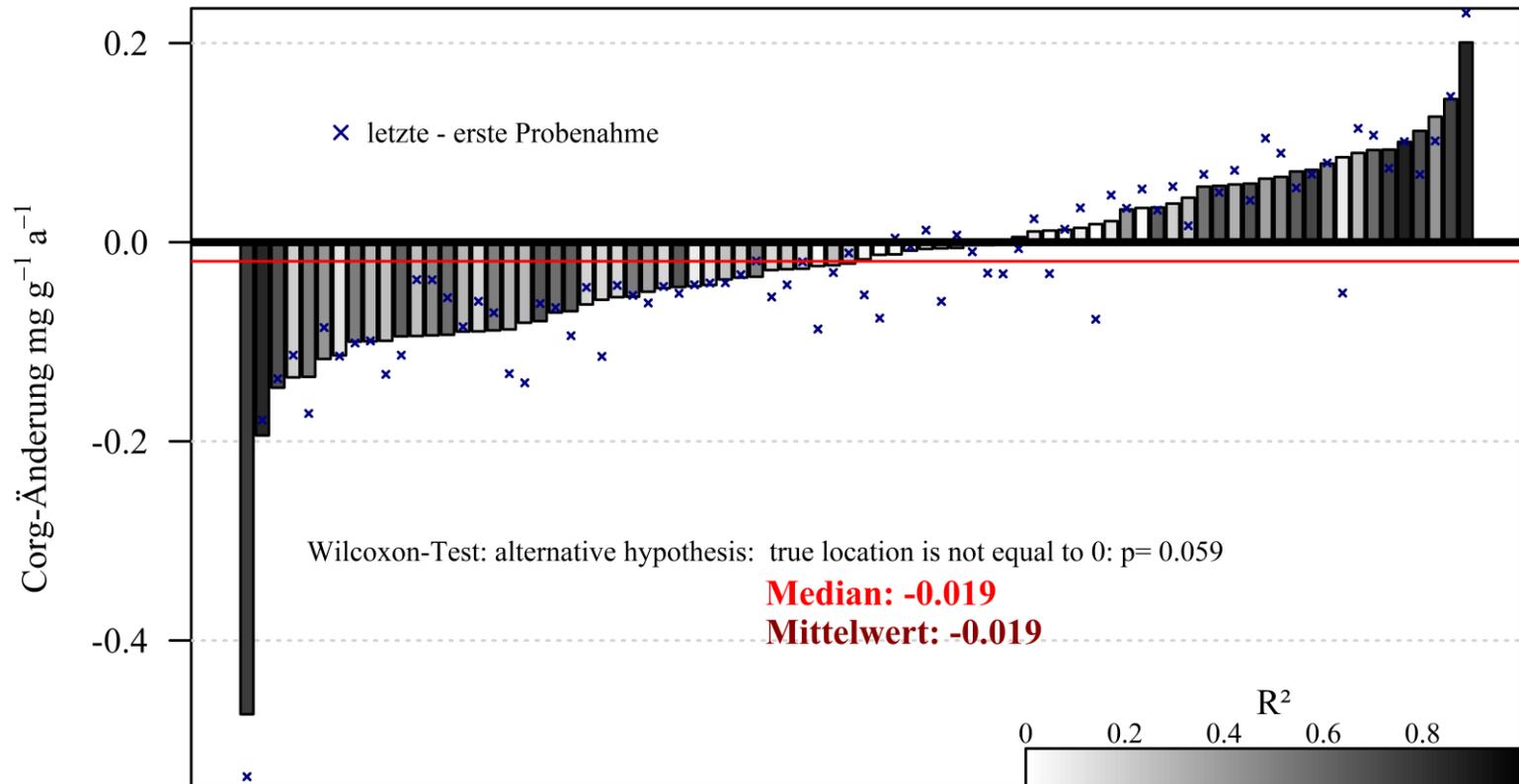
Initiierung des BDF-Programms Mitte der 1980er-Jahre, bislang sieben Serien:
1986/88, 1989/93, 1996/99, 2005/07, 2012, 2015/16, 2020/21

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



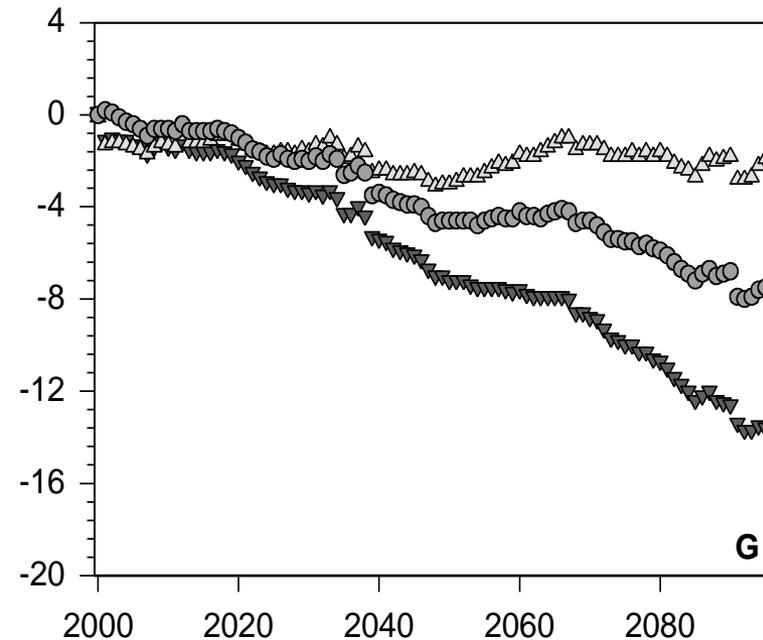
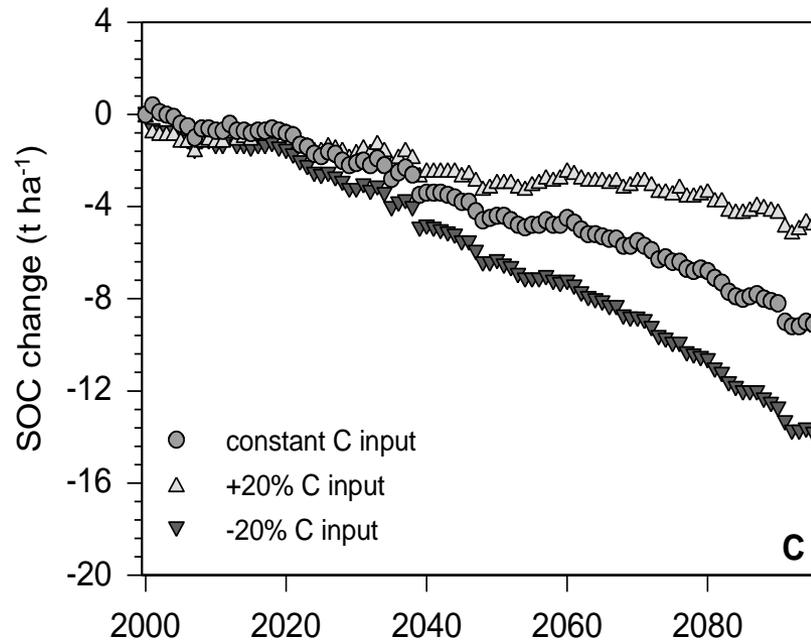
Corg-Veränderungen Acker 1986-2016

- 20% der Ackerstandorte mit durch den linearen Zusammenhang gut erklärbare Corg-Abnahmen ($R^2 > 0,3$), 16% mit Abnahmen, im Mittel Corg-Abnahme von $0,57 \text{ mg g}^{-1}$ (3%) im Beobachtungszeitraum



Modellierung der Humusentwicklung in Bayern

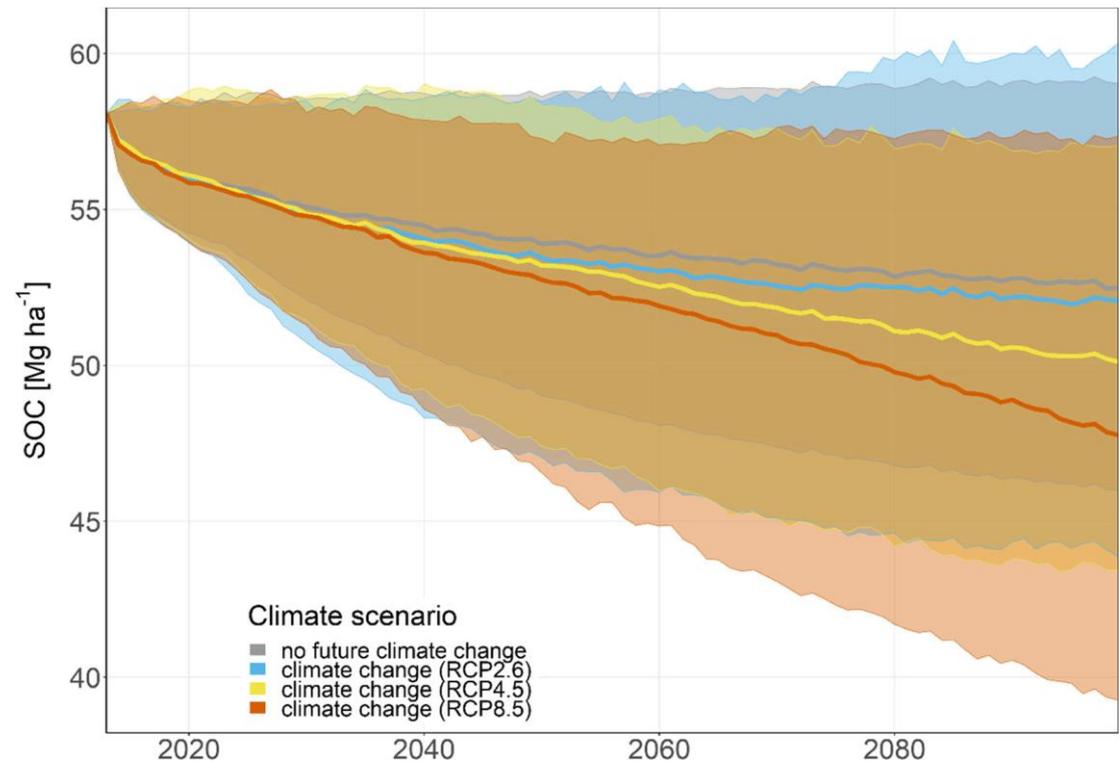
- ❑ Rückgang der Corg-Vorräte in Ackerböden um 7% (+20% C-Eintrag) bis 24% (-20% C-Eintrag), in Grünlandböden um 3 bis 19%
- ❑ C-Eintrag müsste um 30% bis Ende 21. Jahrhundert ansteigen, um aktuelle Corg-Vorräte zu halten



Wiesmeier et al. 2016

Modellierung der Humusentwicklung in Deutschland

- Modellierung der Corg-Entwicklung (Acker) in Deutschland 2000-2095 unter Annahme verschiedener Klimaszenarien und unverändertem C-Eintrag
- Rückgang der Corg-Vorräte um 10-18%,
C-Eintrag müsste um 50-90% bis Ende 21. Jahrhundert ansteigen, um aktuelle Corg-Vorräte zu halten



Riggers et al., 2021

Zusammenfassung

- ❑ Humusaufbau in begrenztem Umfang möglich, vielversprechende Maßnahmen: Integration humusmehrender Kulturen, Zwischenfrüchte, Agroforstsysteme etc.
- ❑ Verminderte Bodenbearbeitung führt zu einer Umverteilung von Humus: kaum Klimaschutz, aber Beitrag zur Klimaanpassung
- ❑ Modellbasierte Prognosen der Humusentwicklung deuten auf langfristige Humusverluste bedingt durch den Klimawandel
- ❑ Umsetzung humusfördernder Maßnahmen notwendig, nur um aktuelle Corg-Vorräte zu erhalten: Humuserhalt statt Humusaufbau