



150 JAHRE  
NACHHALTIG  
VORAUSSCHAUEN  
1872 - 2022

UNIVERSITÄT FÜR BODENKULTUR WIEN

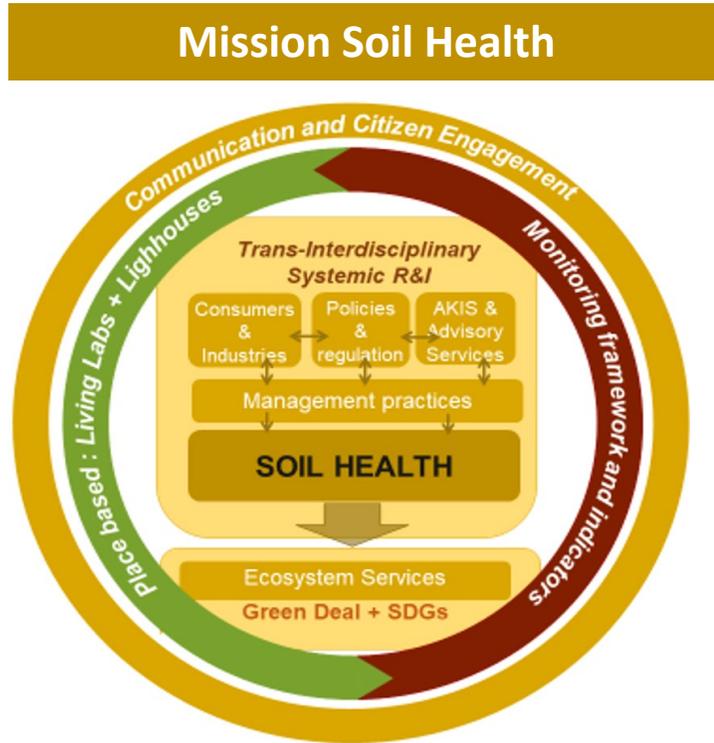
# Boden.Pioniere – Potenziale für Bodengesundheit und Humusaufbau landwirtschaftlicher Pionierbetriebe

Katharina KEIBLINGER, Christoph ROSINGER, Axel MENTLER,  
Sabine HUBER, Orracha SAE-TUN, Luca BERNARDINI,  
Magdalena BIEBER, Bernhard SCHARF,  
Gernot BODNER

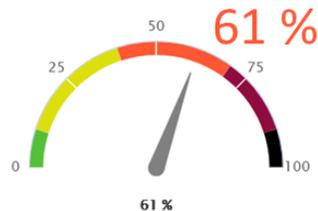
# Bodengesundheit ....

## European Green Deal

...Umsetzungen für die Bodengesundheit



Anteil an degradierten Böden in der EU



Fortschritte in der Wirksamkeit Die Umsetzung von Bodengesundheitsmaßnahmen erfordert



**Wissenschaftliches Wissen** relevanter Indikatoren und Standardmethoden



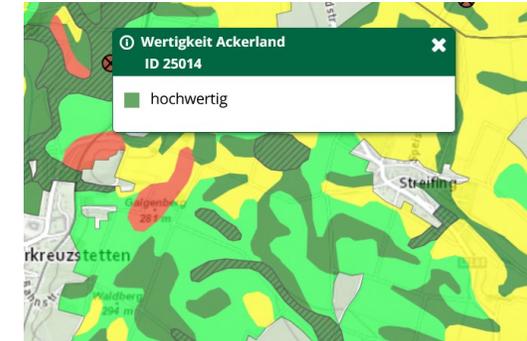
**Großflächige Anwendbarkeit** für ein umfassendes Monitoring und Umsetzbarkeit durch Anwender

# Was ist Bodengesundheit ?



## Unveränderliche Standorteigenschaften

- Bodentextur
- Profiltiefe
- Ausgangsmaterial
- Bodenalter



## Veränderbare Management-Faktoren

- Organische Bodensubstanz
- Bodenmikrobiom
- Bodenstruktur

↳ Die meisten managebaren Bodengesundheits-Eigenschaften hängen mit der organischen/ biologischen Seite des Bodens zusammen.

# Säulen der Bodengesundheit



**Eine Futterquellen**



**Mikrobielle Biomasse & Aktivität**



**Humus**

*z.B. Wurzelverstrickungen*

*z.B. Verklebung durch EPS*

## Management:

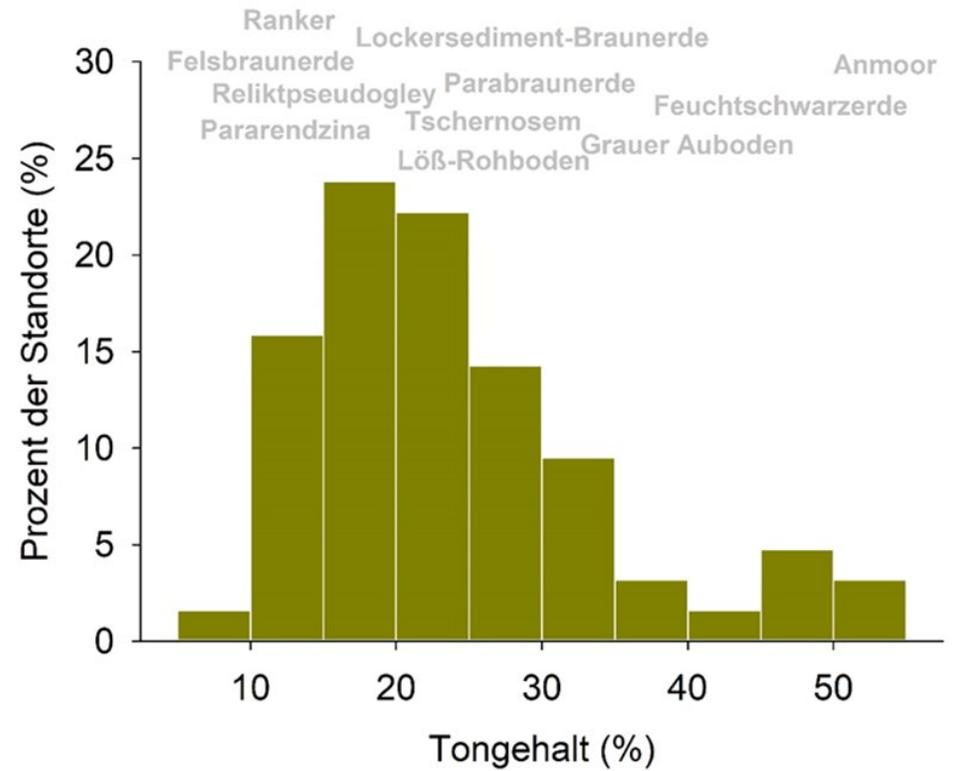
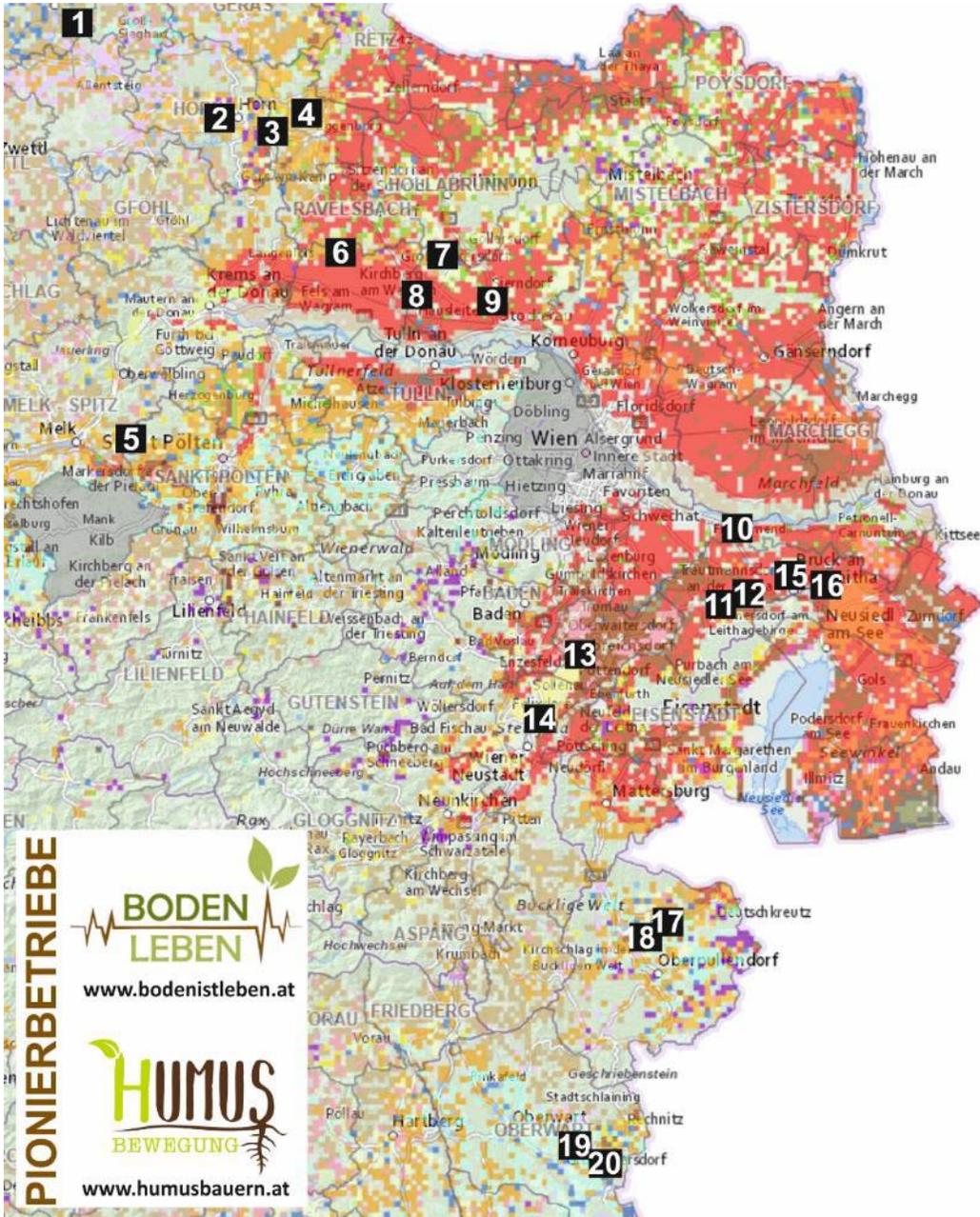
- Maximierung der Futterquellen: Integration von Zwischenfrüchten, Vielfalt von Zwischenfrüchten und Hauptfruchtfolge.
- Verbesserung der mikrobiellen Biomasse und Aktivität: Minimierung mechanischer Störungen



**Physikalische Bodenfunktionen**

# Boden.Pioniere

**Systemansatz:** Innovative Betriebe (biologisch und konventionell) mit bodenaufbauenden Systemen durch z.B. intensiver Zwischenfruchtbau, minimierte Bodenbearbeitung, diverse Fruchtfolgen, organische Dünger, Biostimulanzen.



**PIONIERBETRIEBE**

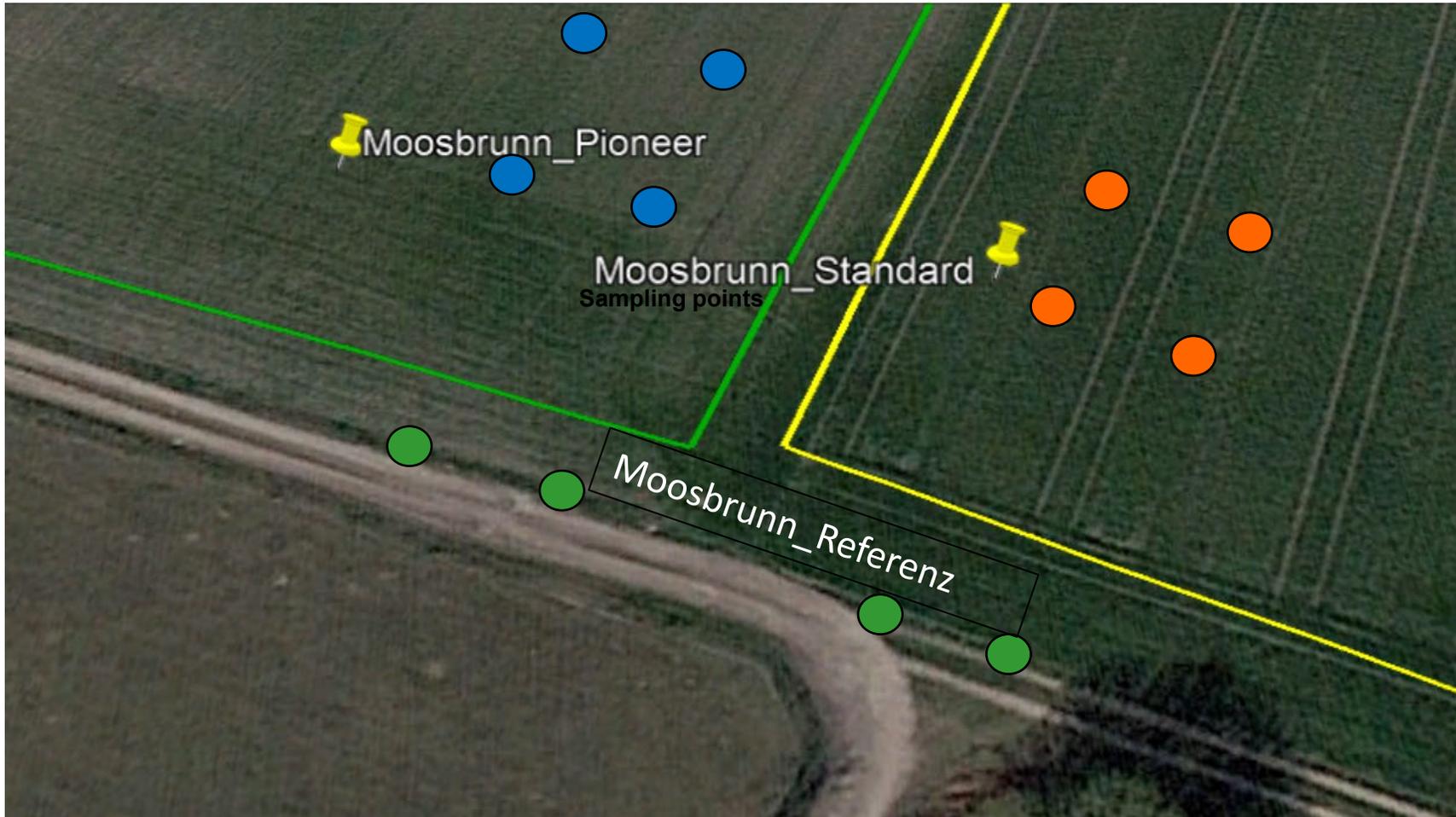
**BODENLEBEN**  
www.bodenistleben.at

**HUMUSBEWEGUNG**  
www.humusbauern.at

Ranker  
Felsbraunerde  
Relikt pseudogley  
Pararendzina  
Lockersediment-Braunerde  
Parabraunerde  
Tschernosem  
Löß-Rohboden  
Anmoor  
Feuchtschwarzerde  
Grauer Auboden

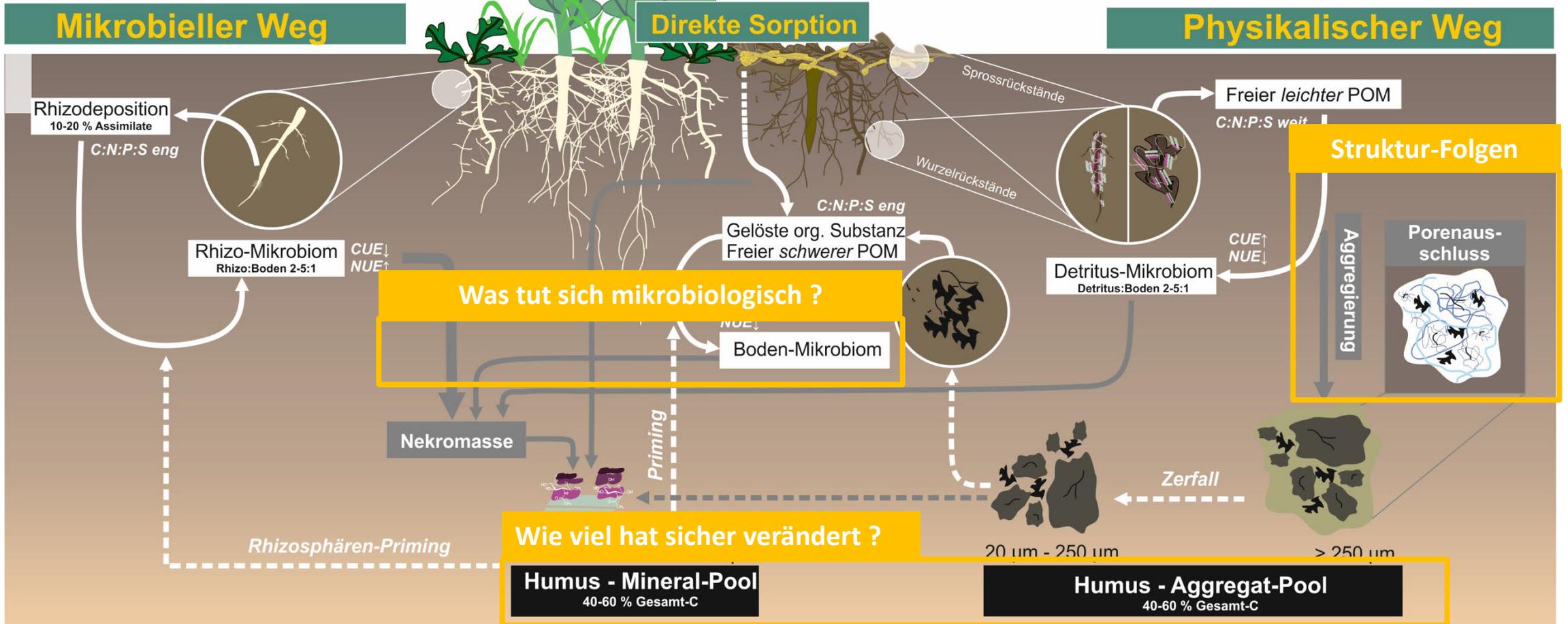


# Beispiel für die Boden Probennahme



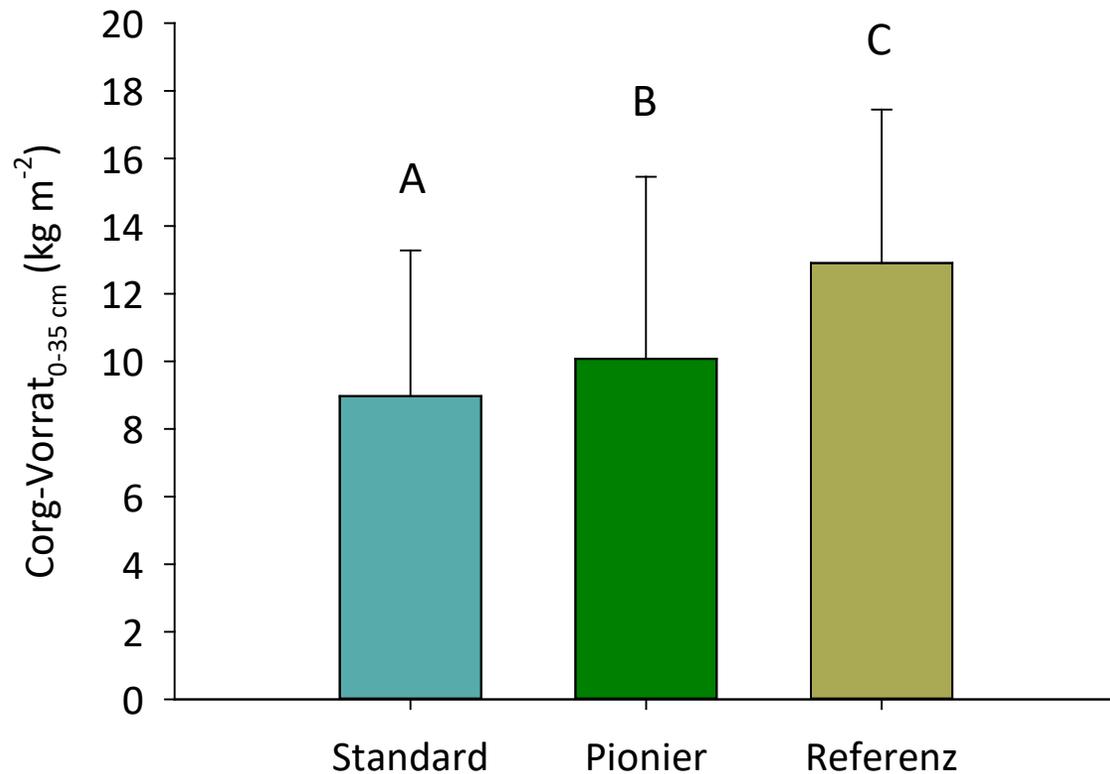
# Mikrobiologie

Veränderungen in der Praxis

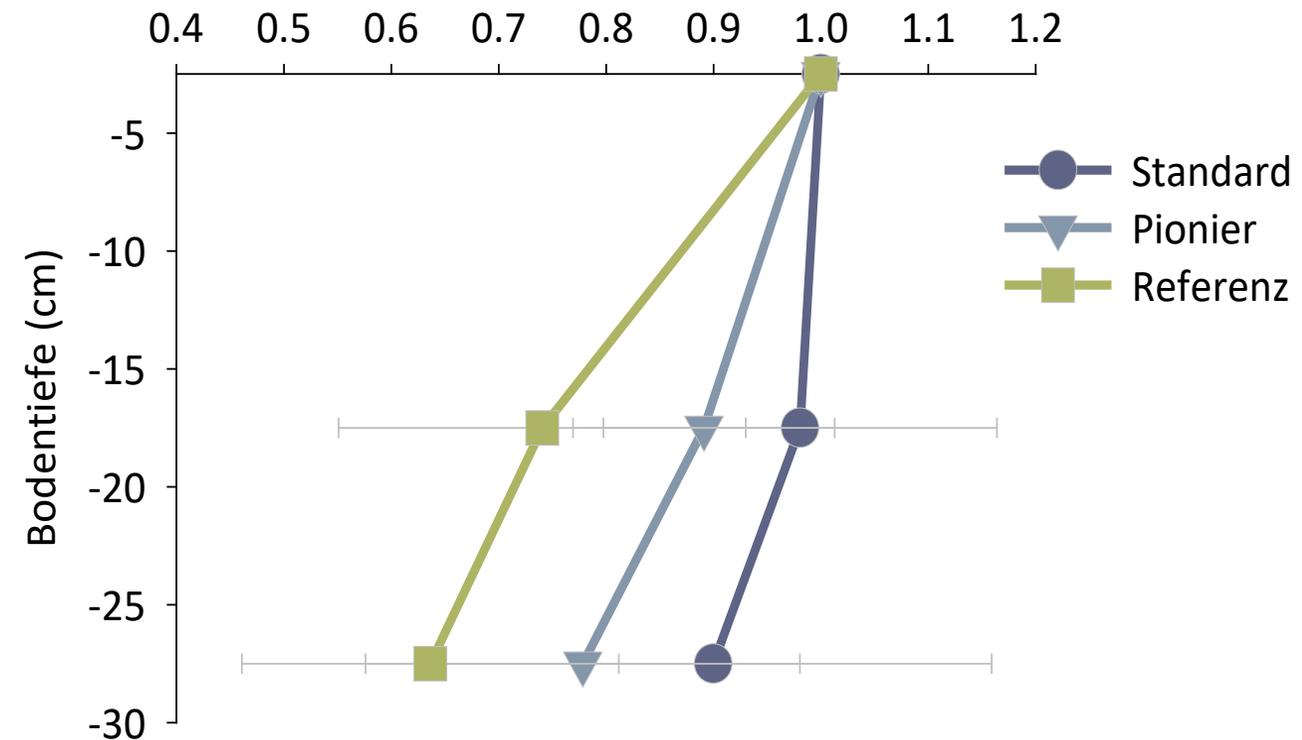


# Boden.Pioniere

## Humusbildungspotentiale

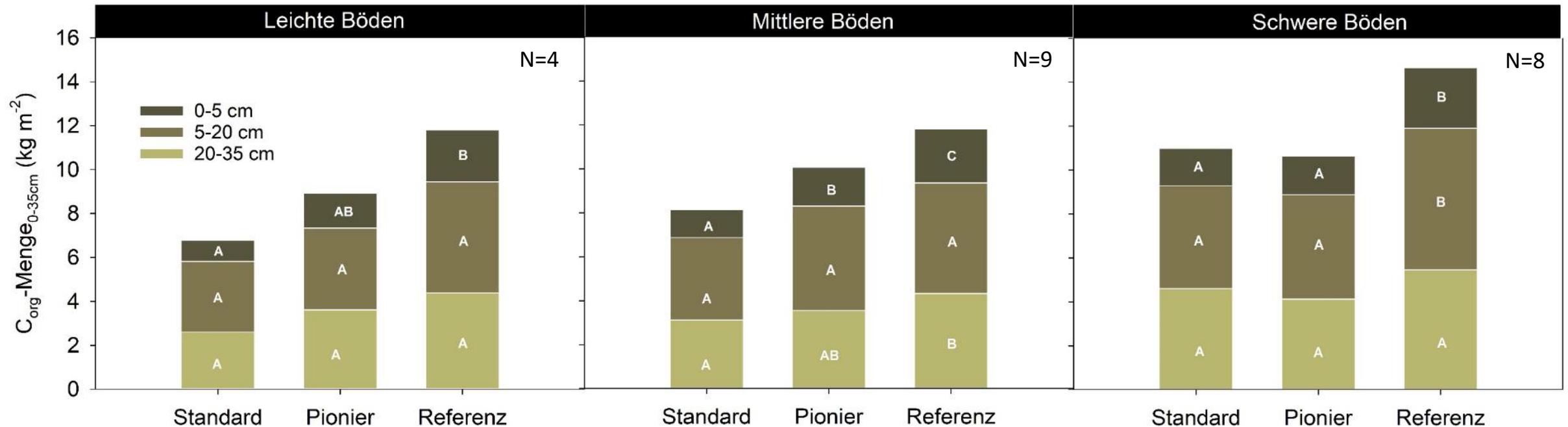


Abnahme C<sub>org</sub> (relativ zu 0-5 cm Tiefe)



**Median: + 22 % Erhöhung der Humusvorräte**  
bei 5 Standorten (24%) Abnahme; Top 10%: +51 %

# Humusmengen



## Veränderungspotenzial

Leichte Böden < 15 % Ton

Pionier vs. Standard: +37 %

Referenz vs. Standard: + 95 %

Mittlere Böden 15 – 25 % Ton

Pionier vs. Standard: +26 %

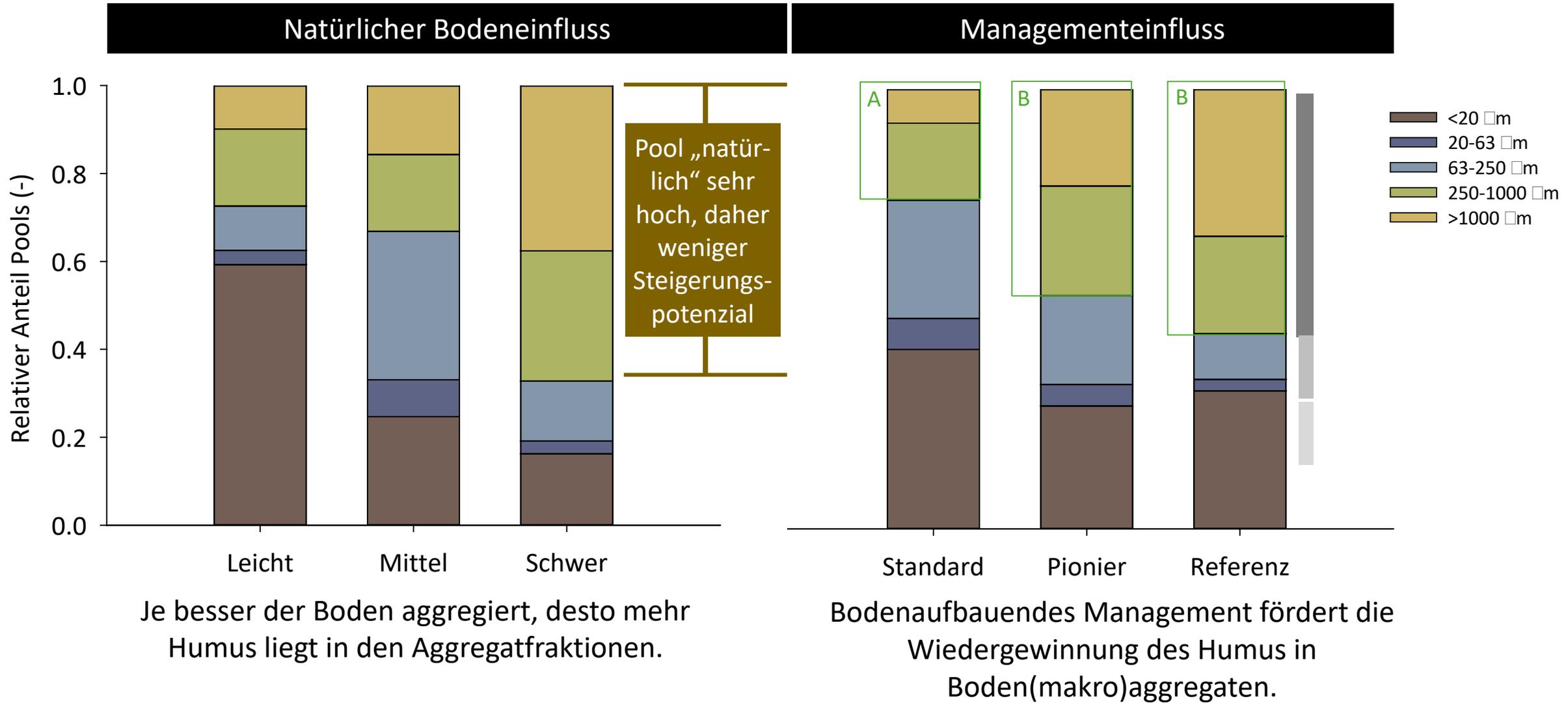
Referenz vs. Standard: + 56 %

Schwere Böden > 25 % Ton

Pionier vs. Standard: - 2 %

Referenz vs. Standard: + 38 %

# Humus-Sättigung ?



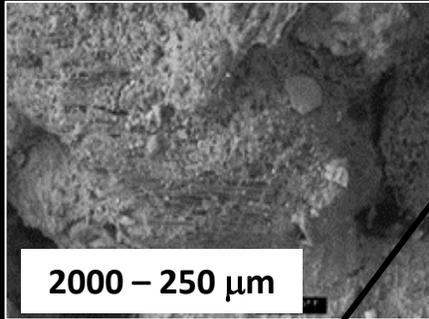
# „Aggregat-Humus“



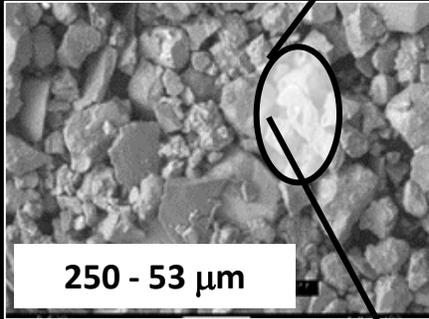
FÜR BODENKULTUR WIEN



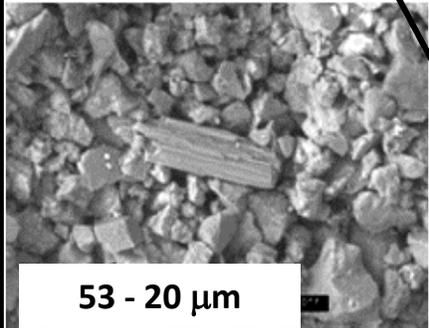
Foto: Bodner



2000 – 250  $\mu\text{m}$

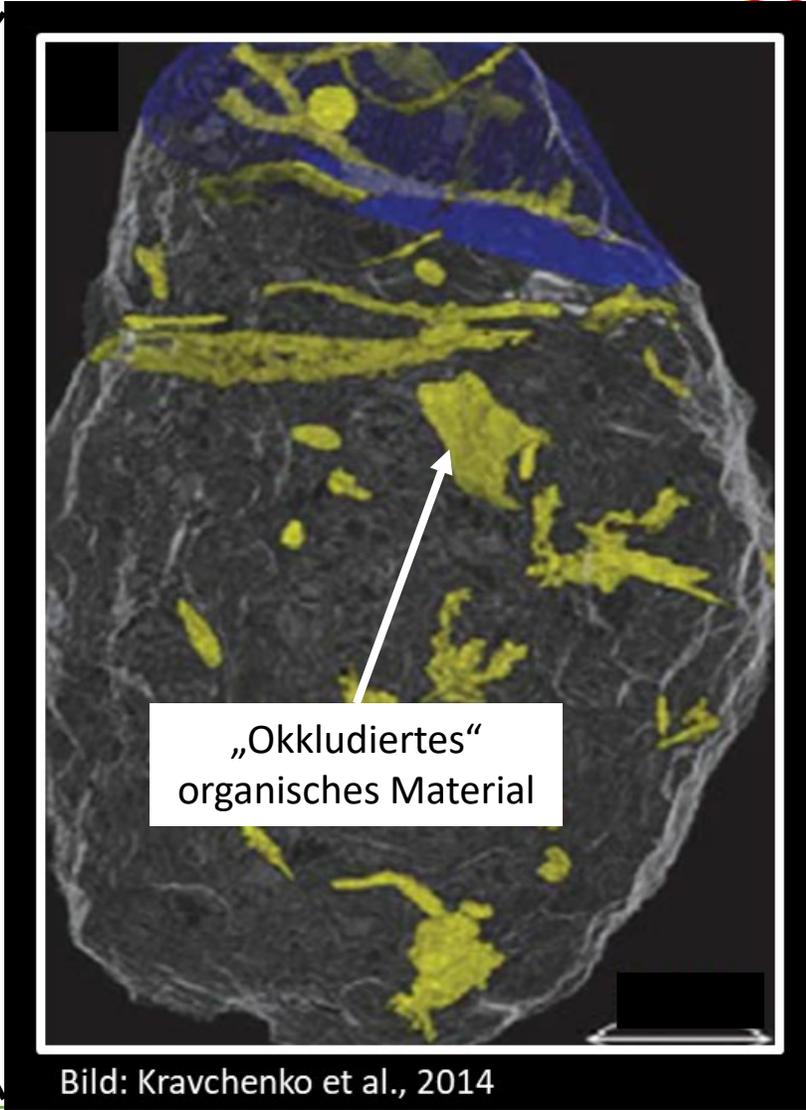


250 - 53  $\mu\text{m}$



53 - 20  $\mu\text{m}$

Bilder: Kim and Crowley (2013). J Agric Chem Environ 2

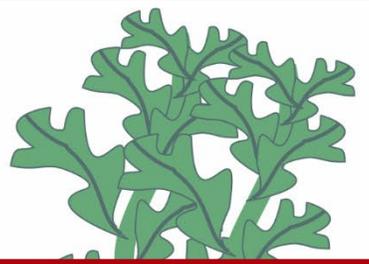


„Okkludiertes“  
organisches Material

Bild: Kravchenko et al., 2014

# Boden.Pioniere

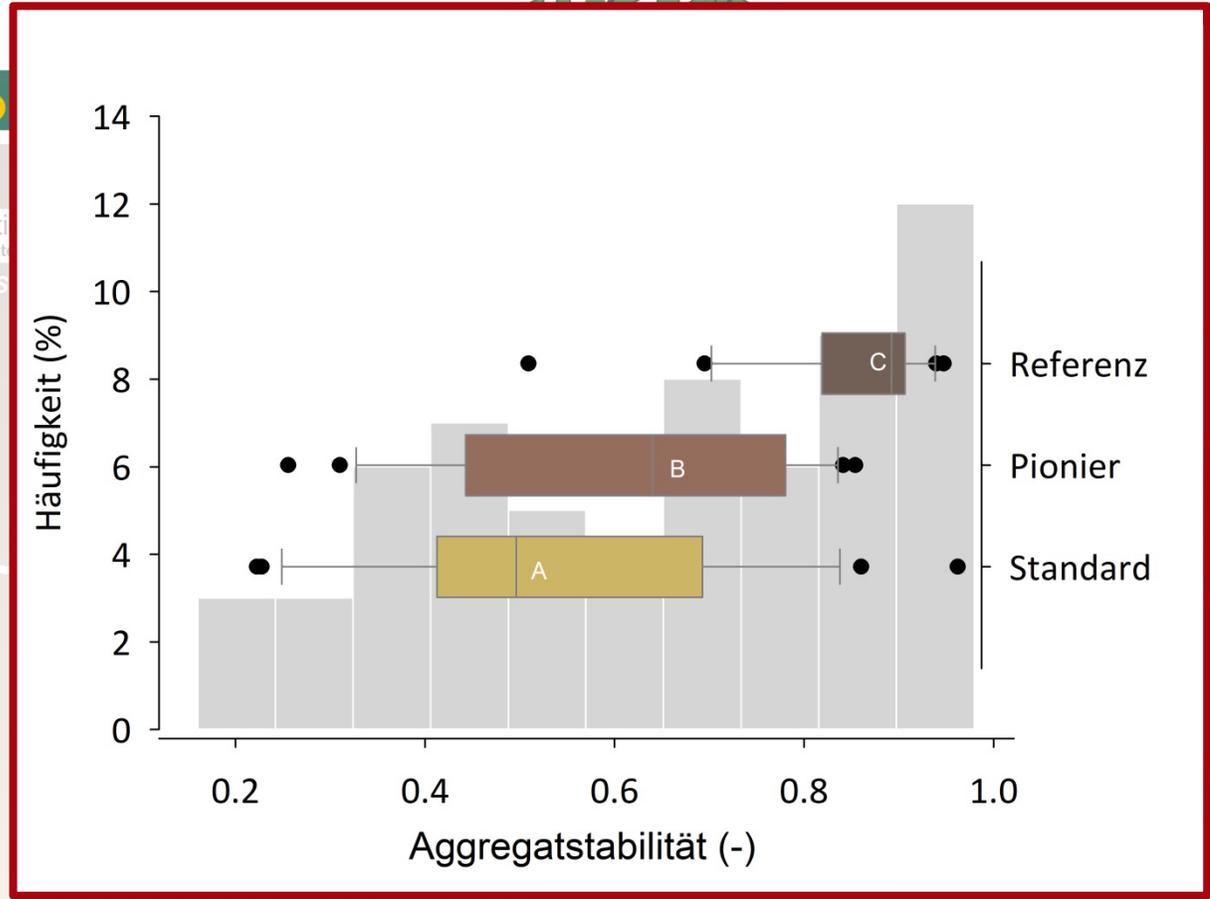
## Physikalische Potentiale



**Mikro**

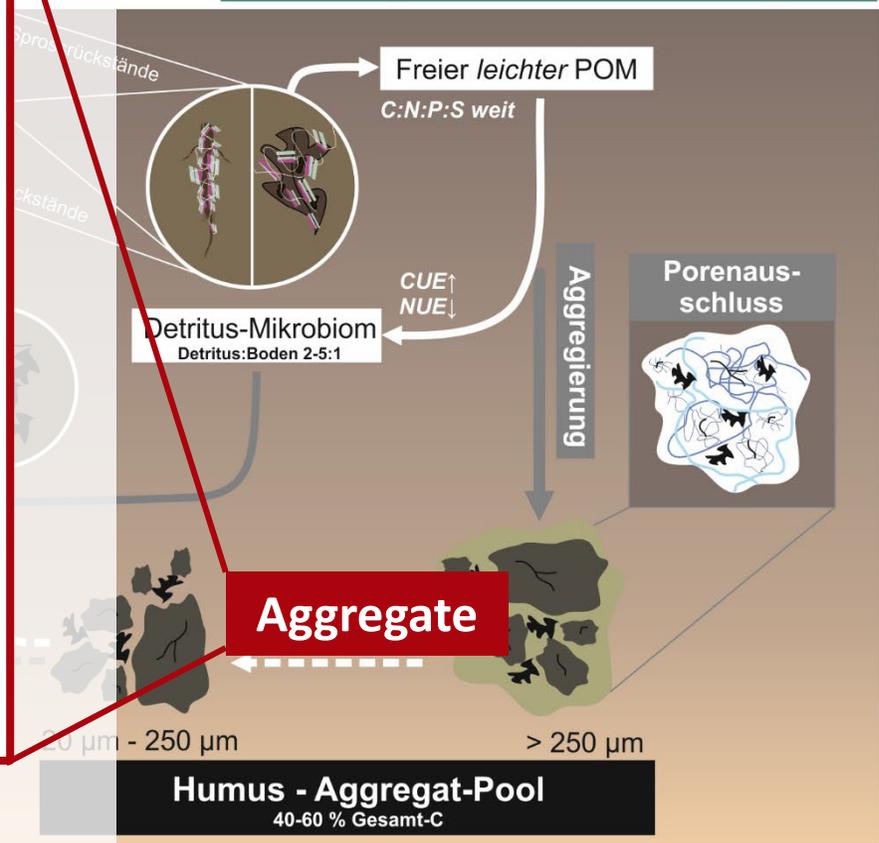
Rhizodeposit  
10-20 % Assimilat

C:N:P:S



Humus - Mineral-Pool  
40-60 % Gesamt-C

## Physikalischer Weg



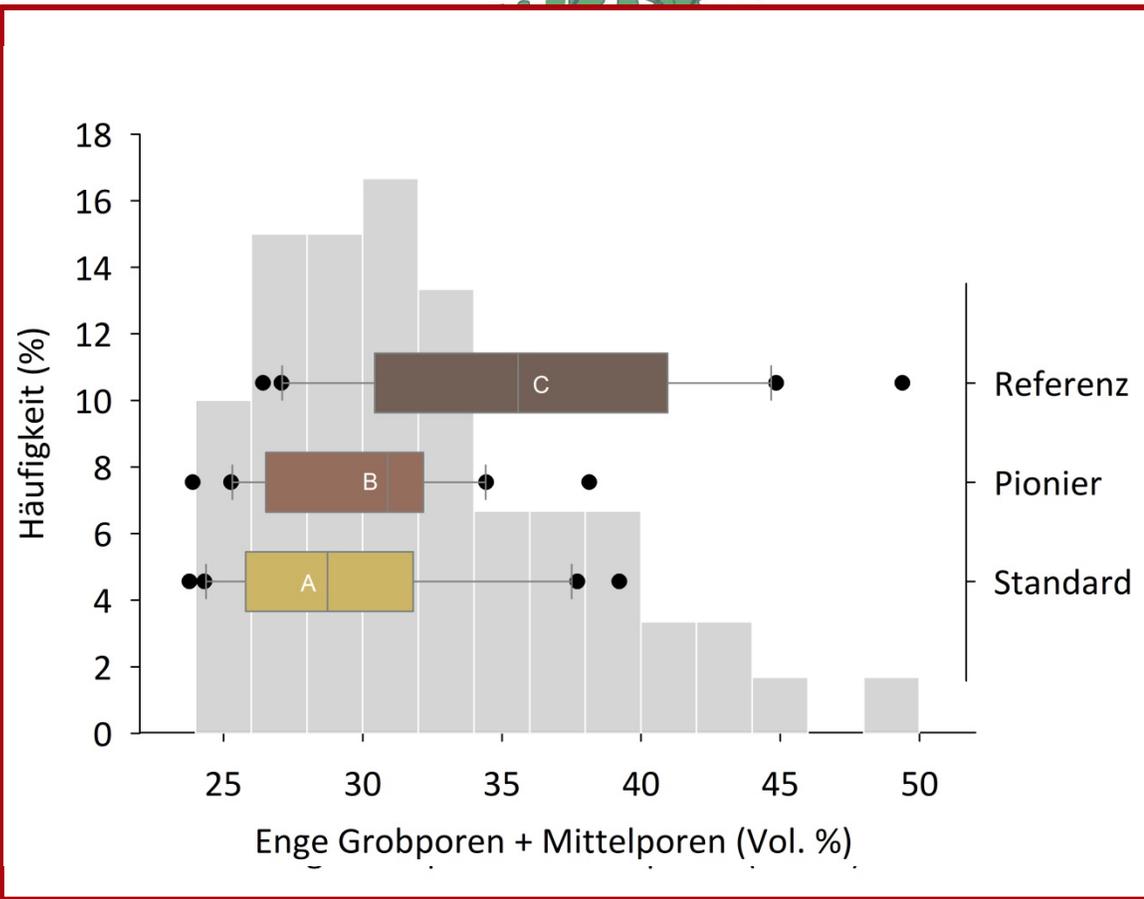
# Boden.Pioniere

## Physikalische Potentiale



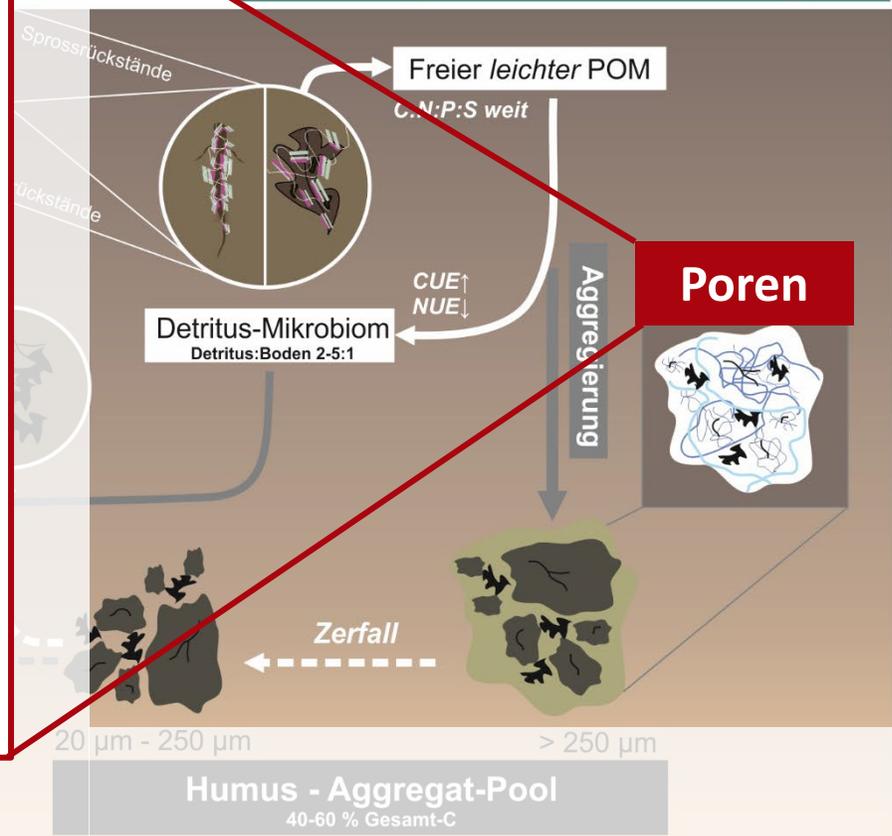
### Mikrob

Rhizodeposition  
10-20 % Assimilate  
C:N:P:S er



Humus - Mineral-Pool  
40-60 % Gesamt-C

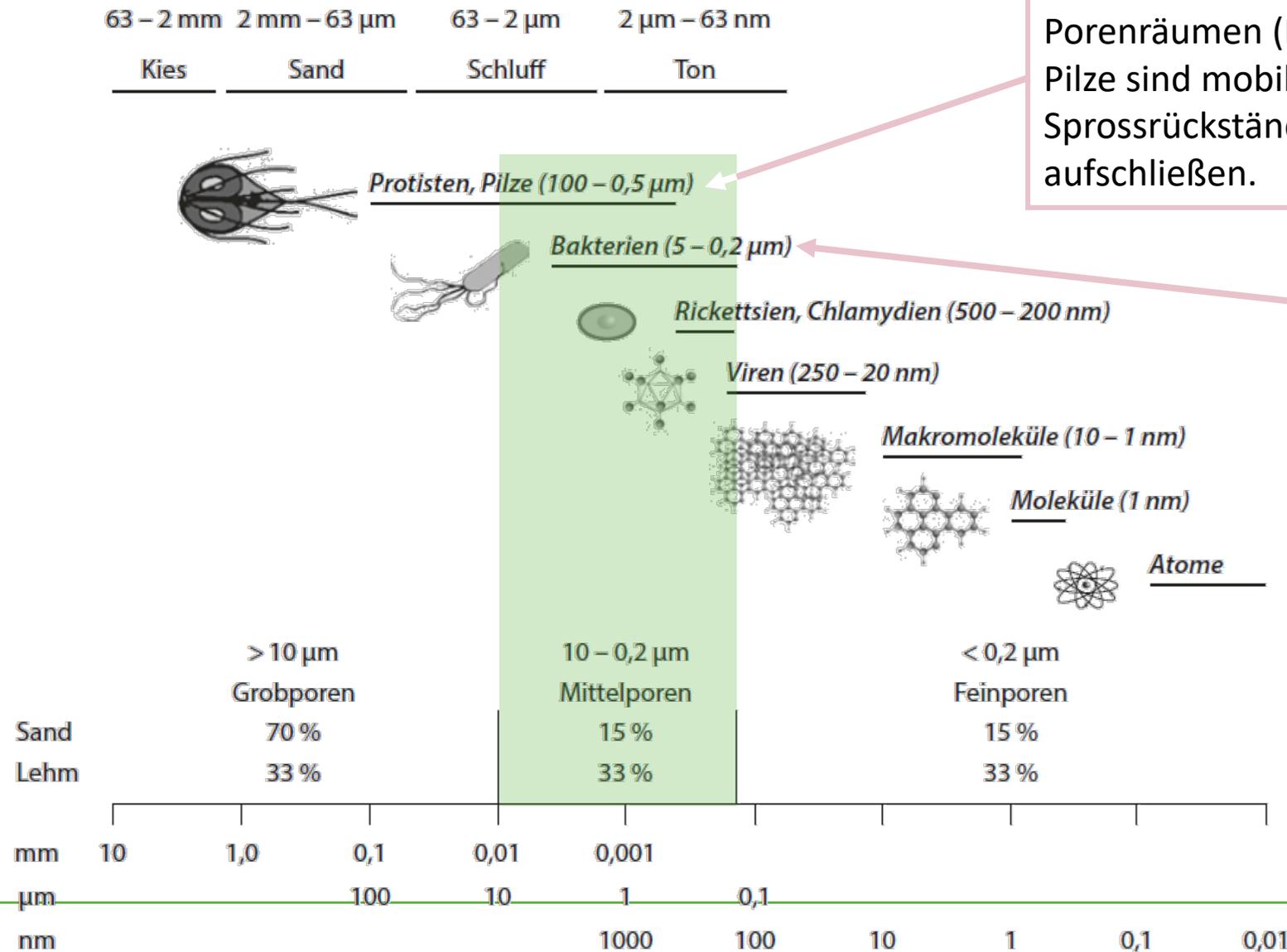
### Physikalischer Weg



# Die Rolle der Poren

Größenbedarf an Wohnraum

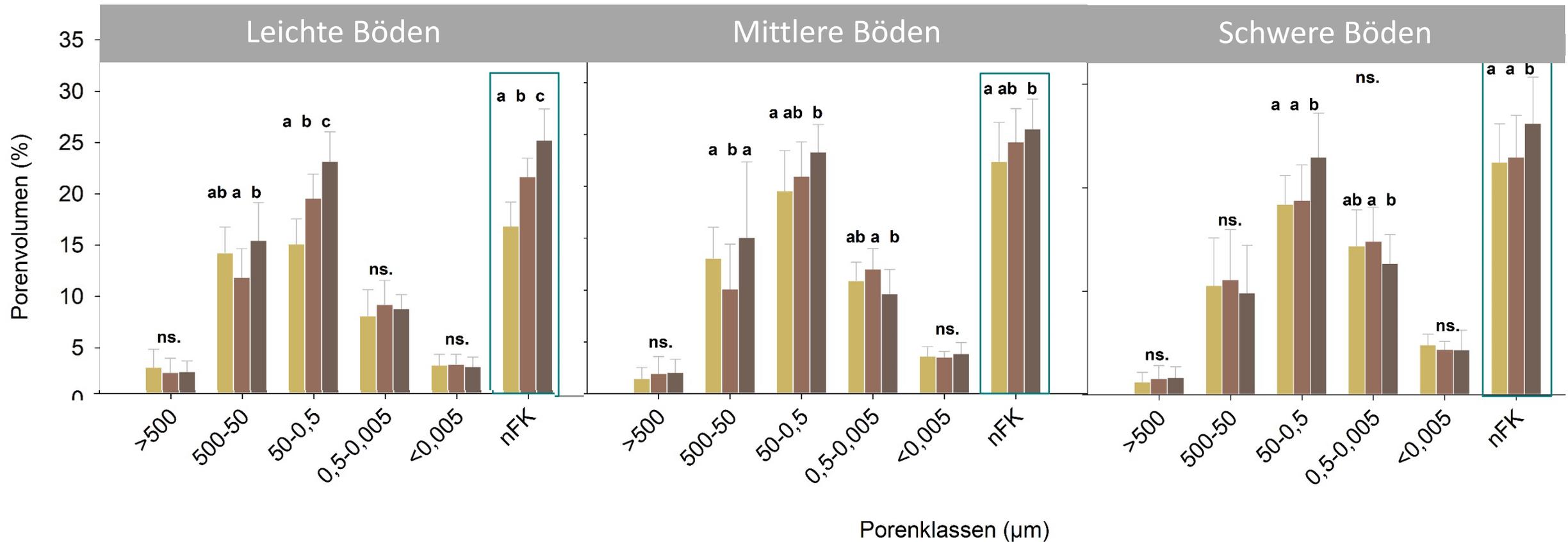
Aus Scheffer/Schachtschabl, 17. Auflage



**Bodenpilze** mit Hyphen (ca. 1 – 50 µm) durchziehen den Boden in größeren Porenräumen (Mittelporen-feine Grobporen). Pilze sind mobiler und können besser Sprossrückstände (auch Stroh mit weitem CN) aufschließen.

**Bodenbakterien** leben vornehmlich in Wasserfilmen an der Oberfläche von Mineralteilchen (Mittelporen > 0.2 µm). Bakterien sind kaum mobil und konzentrieren sich an Hotspots (Rhizosphäre).

# Boden.Pioniere



## Pflanzenverfügbare Wassermenge (nFK)

Leichte Böden (< 15 % Ton)

Standard vs. Pionier: + 29.5 %  
Pionier vs. Referenz: + 13.4 %

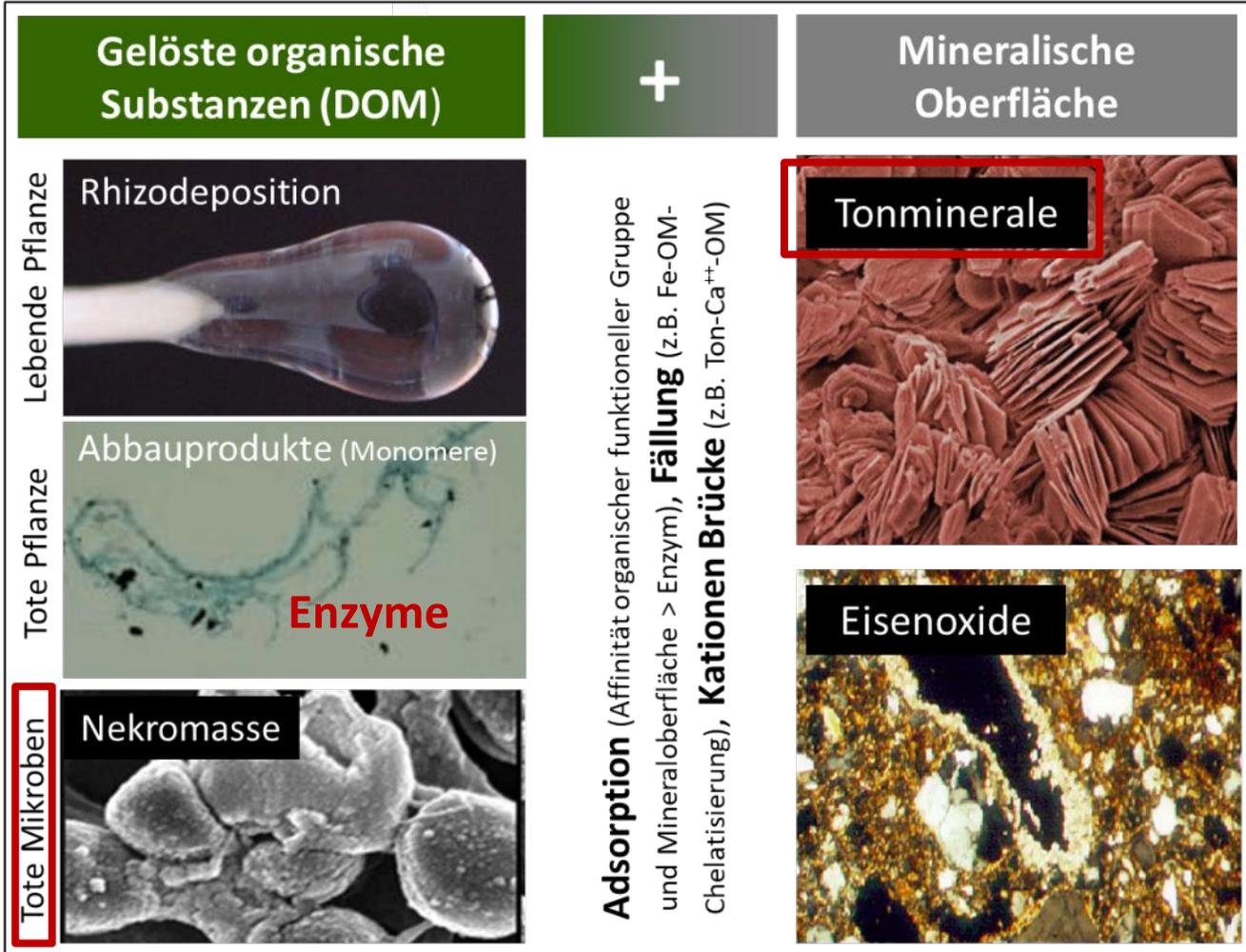
Mittlere Böden (15 – 25 % Ton)

Standard vs. Pionier: + 7.7 %  
Pionier vs. Referenz: + 6.4 %

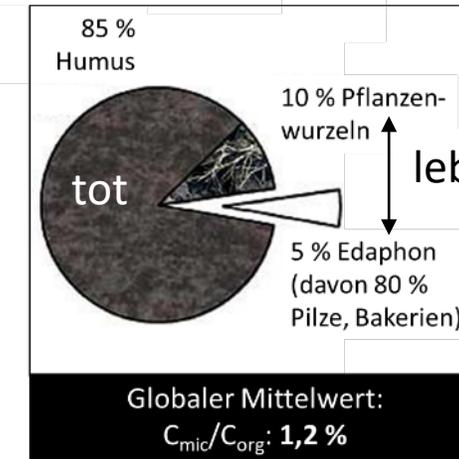
Schwere Böden (> 25 % Ton)

Standard vs. Pionier: + 0.3 %  
Pionier vs. Referenz: + 10.8 %

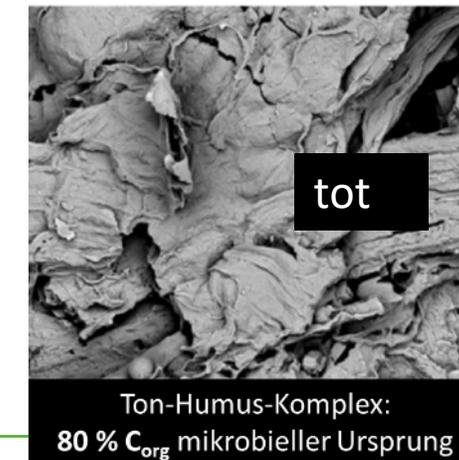
# Bildungspfade für C<sub>org</sub>



## Mikrobielle Kohlenstoffpumpe



### Aufkonzentration



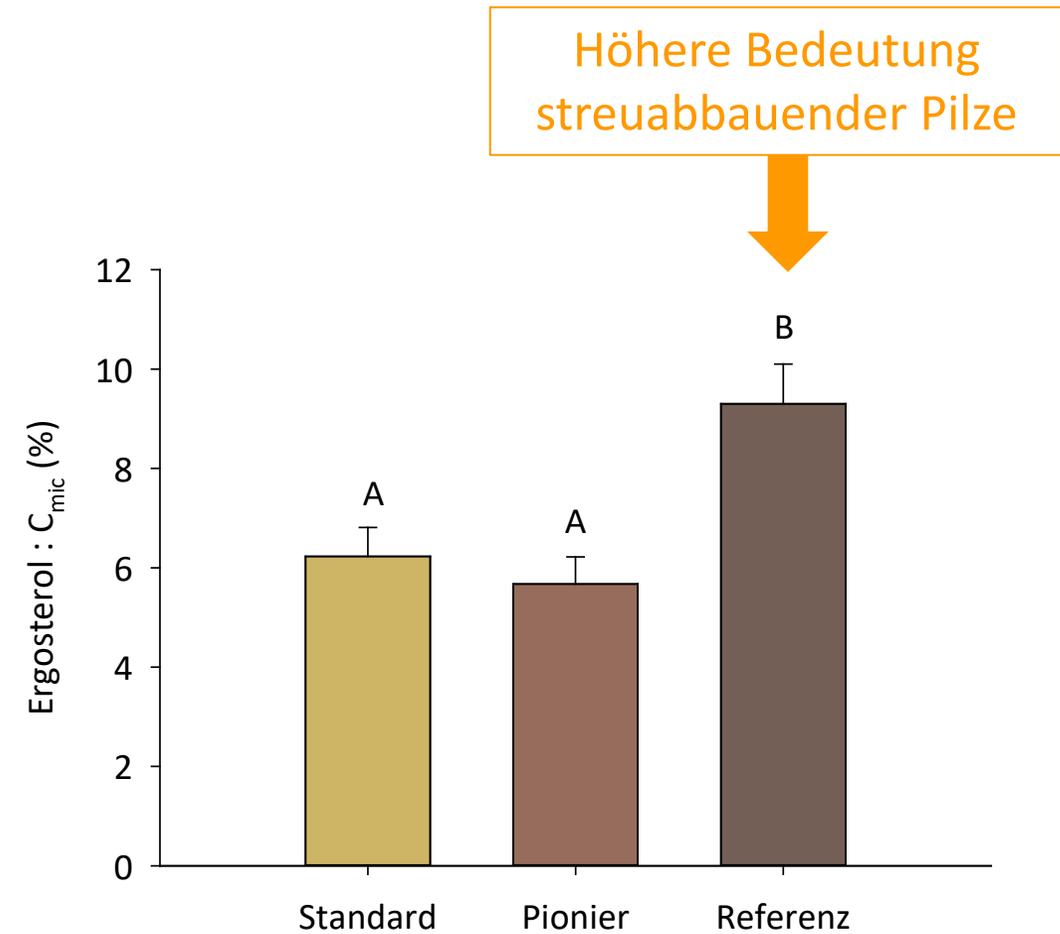
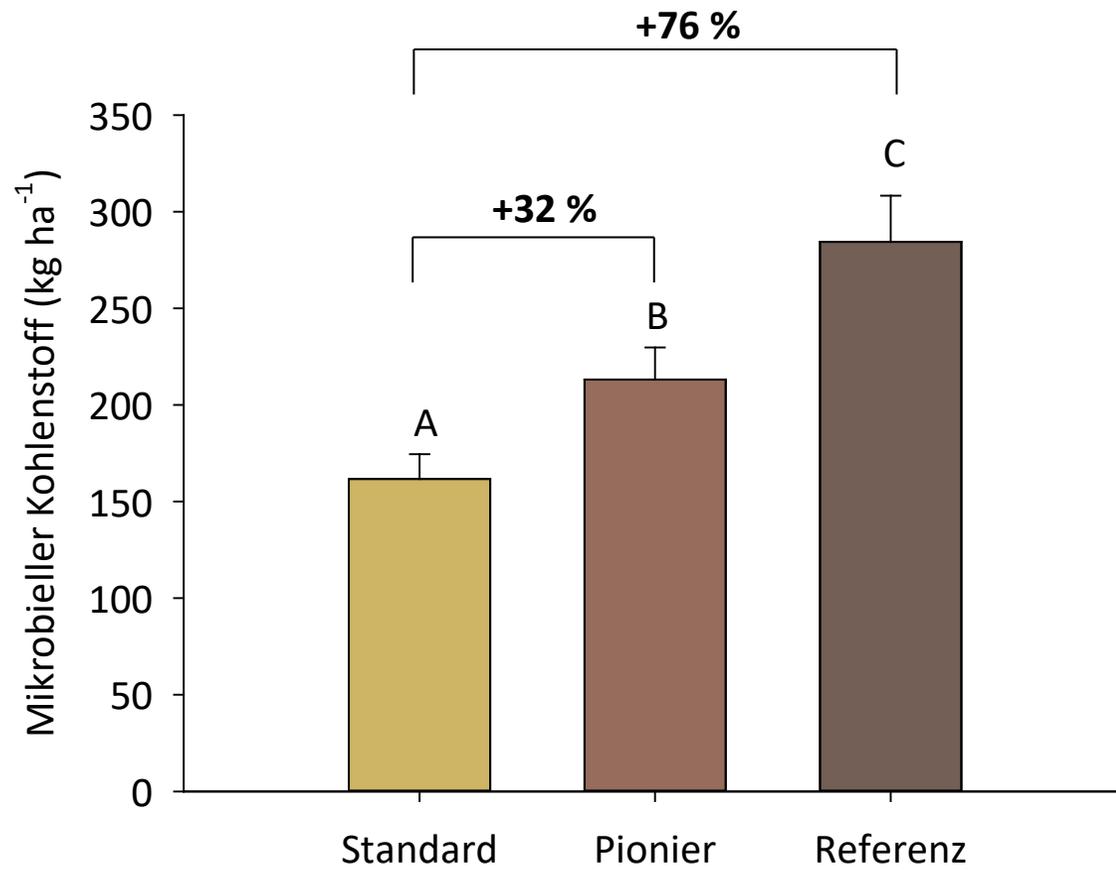
Vom Klimastandpunkt:  
„A schene Leich...“

... mit hohen mittleren Verweilzeiten im Boden, da die starke Bindung an Mineraloberflächen den Kannibalismus erschwert.

# Was ändert sich im Bodenleben?

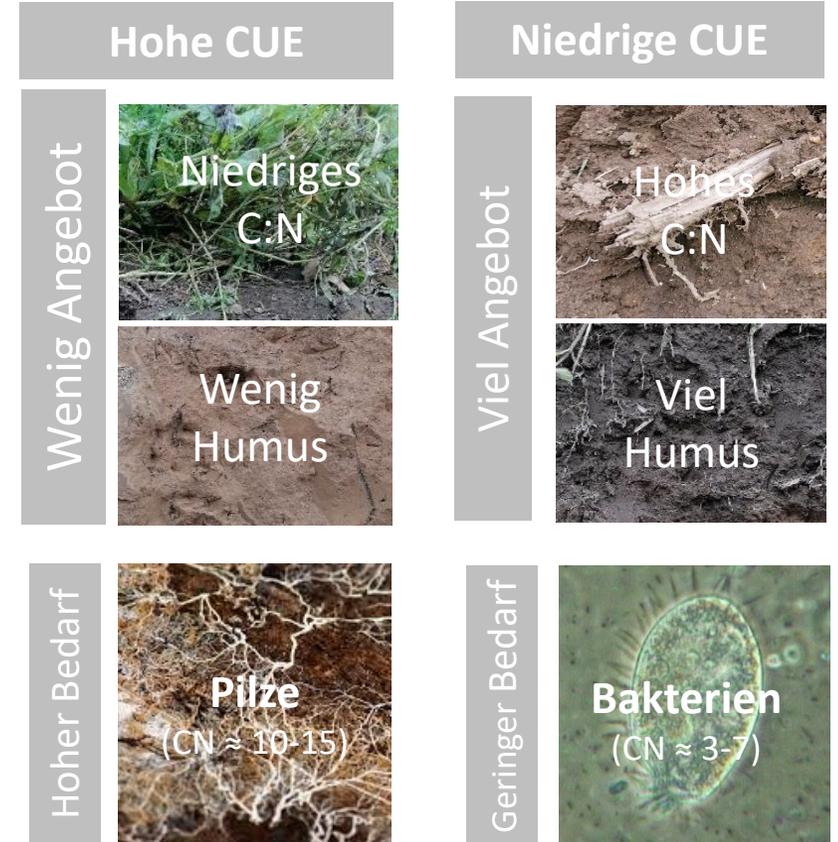
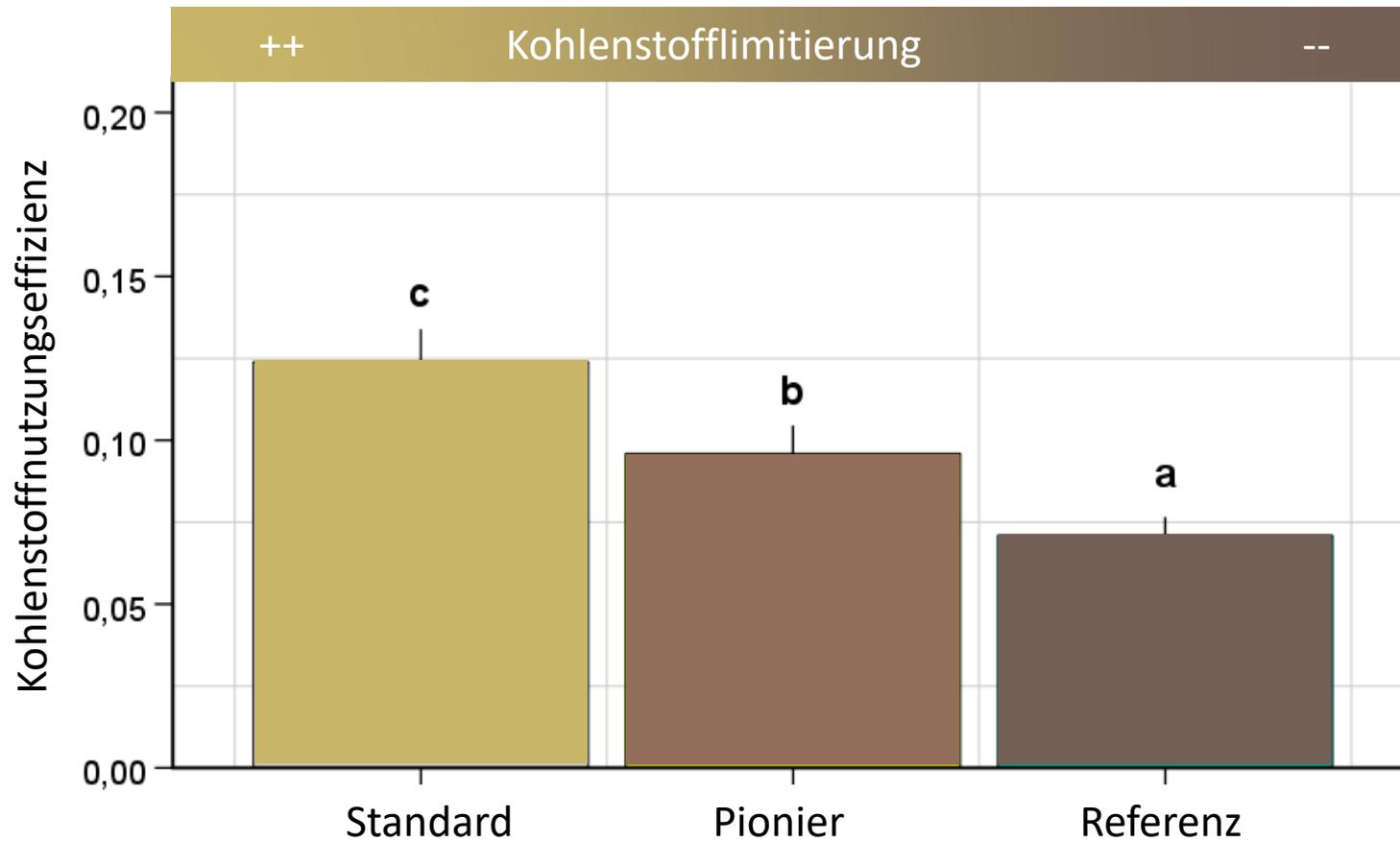


UNIVERSITÄT FÜR BODENKULTUR WIEN



# Verarbeitungseffizienz

Definition: Kohlenstoffnutzungseffizienz =  $\text{Atmung} / \text{Wachstum}$



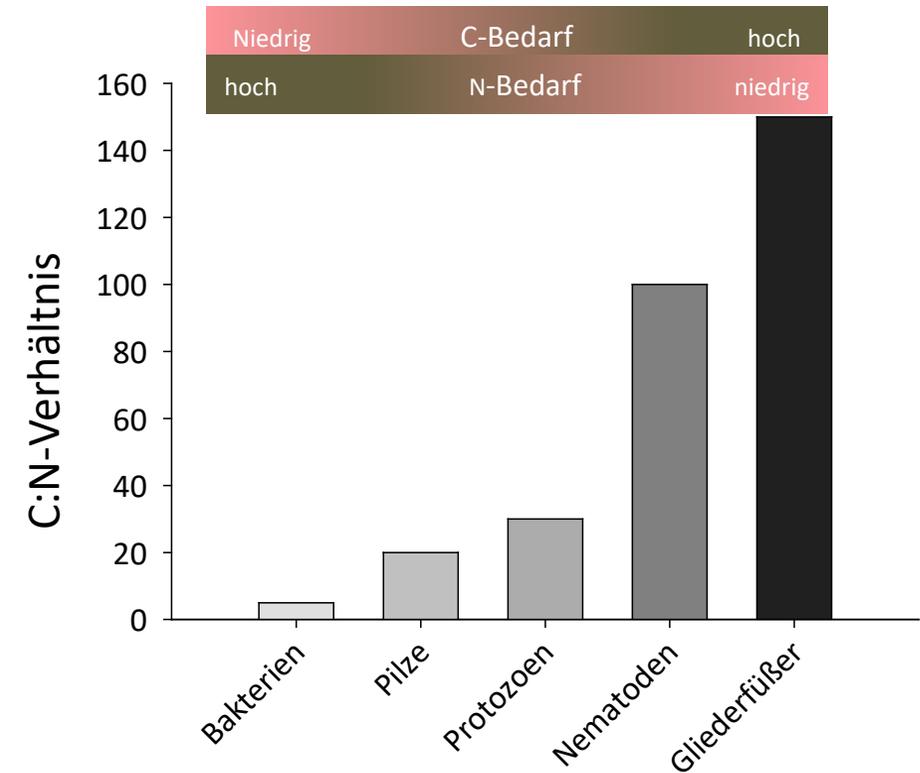
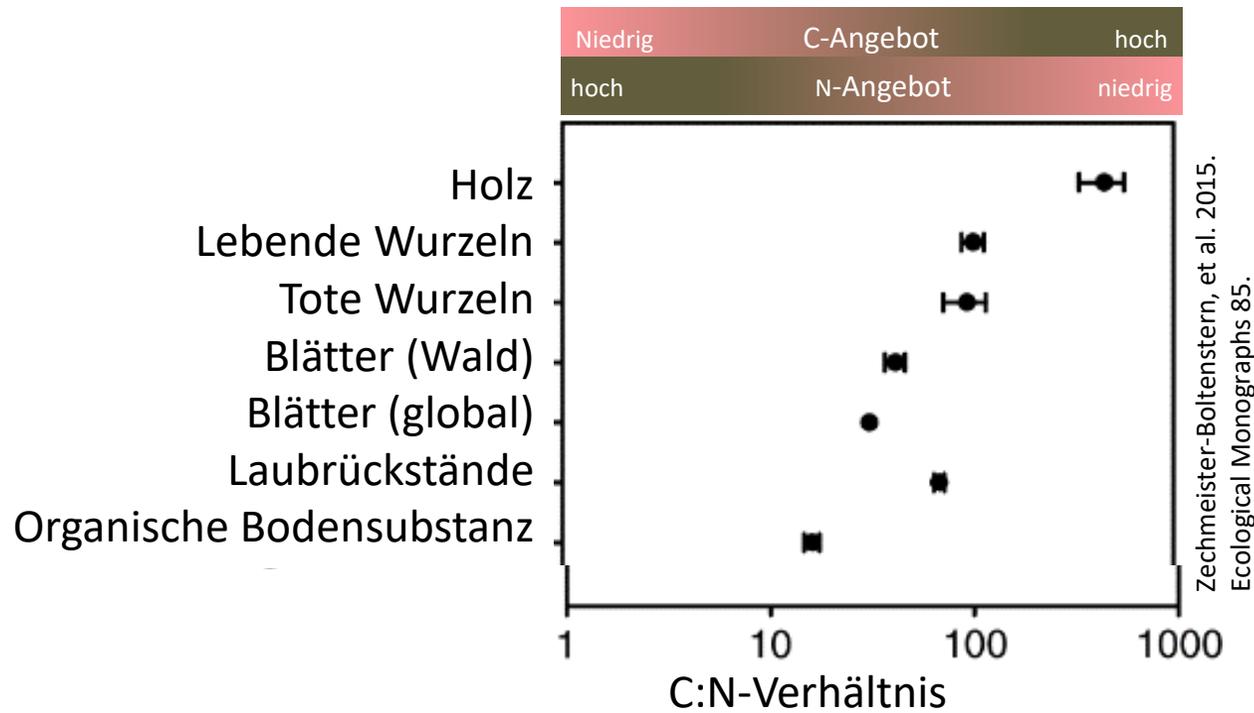
...nicht die Stickstoffseite vergessen

# Kohlenstoff und mehr Stoffe

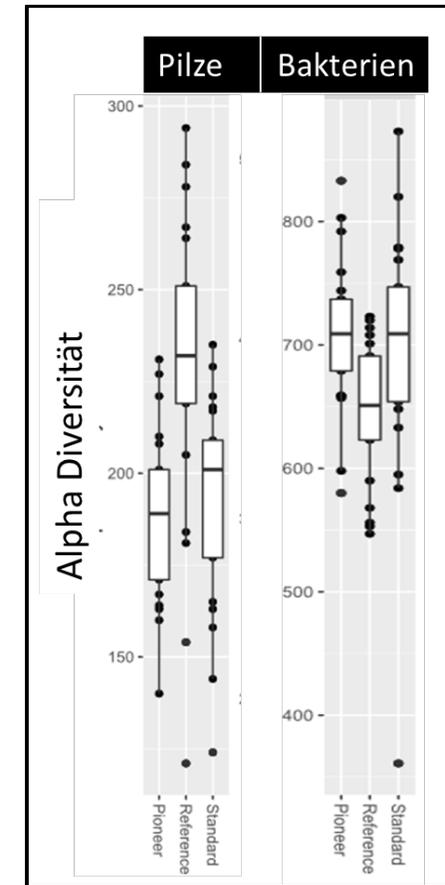
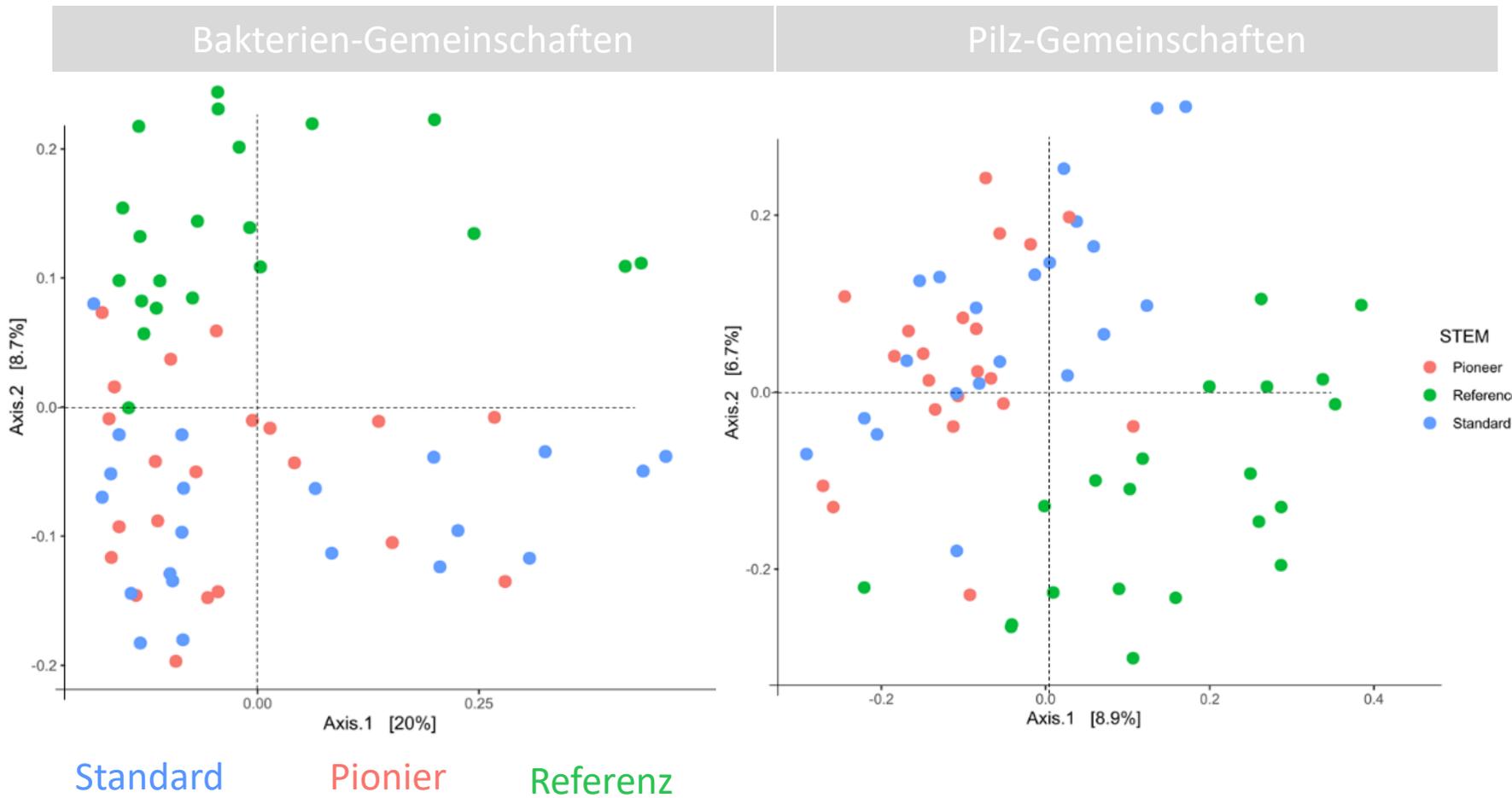


AGROBIOLOGIE WIRTSCHAFTS UNIVERSITÄT WIEN

## Materialien | Position in der Nahrungskette



Weil keiner zu viel von dem fressen will, was er schon hat



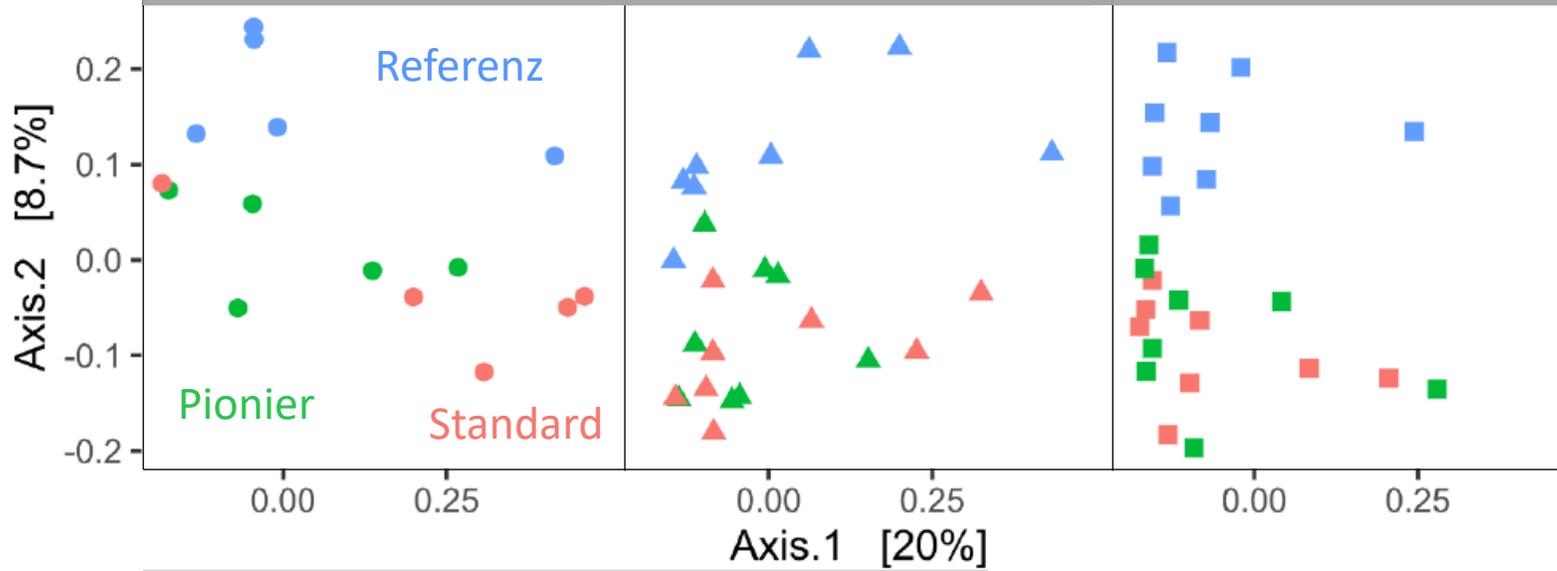
Unterschiedliche Gemeinschaften zwischen ackerbaulichen Systemen und nicht ackerbaulichen Flächen. Hinweise auf unterschiedliche Effekte bei Pilzen und Bakterien.

Bakterien-Gemeinschaften

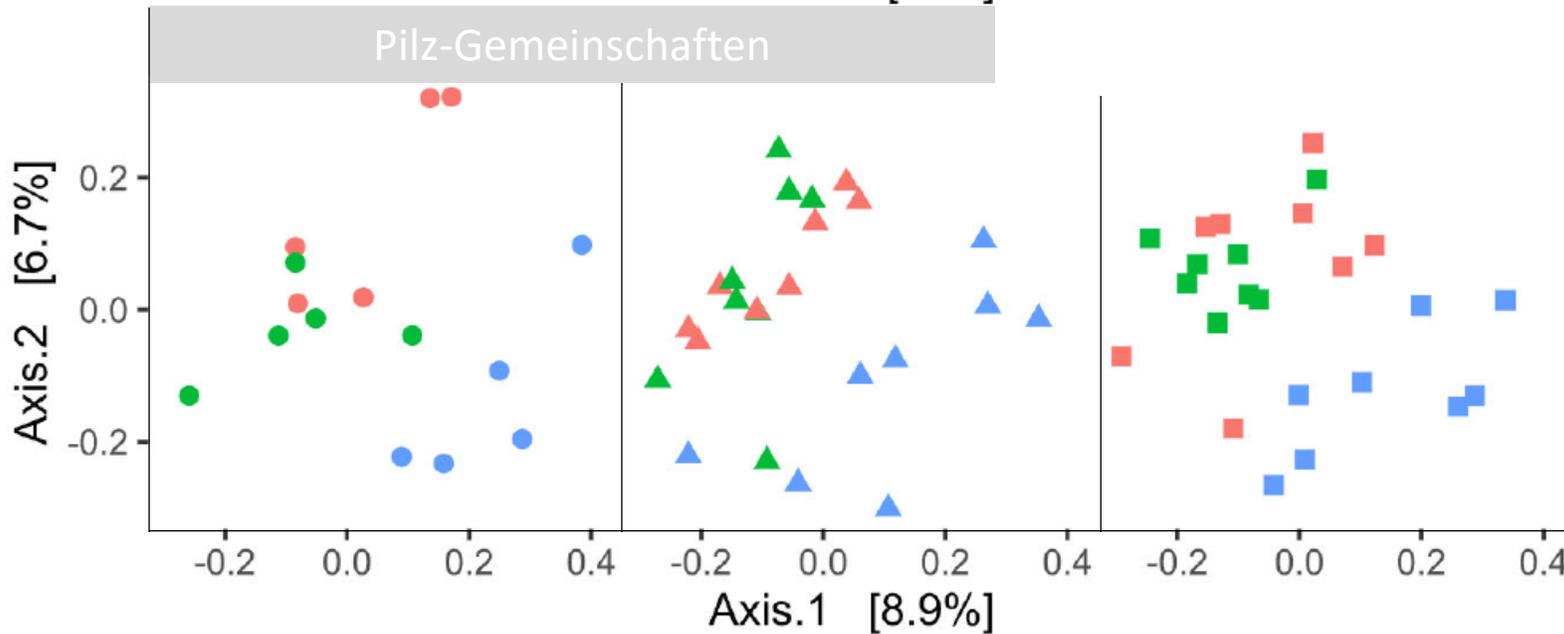
Leichte Böden

Mittlere Böden

Schwere Böden

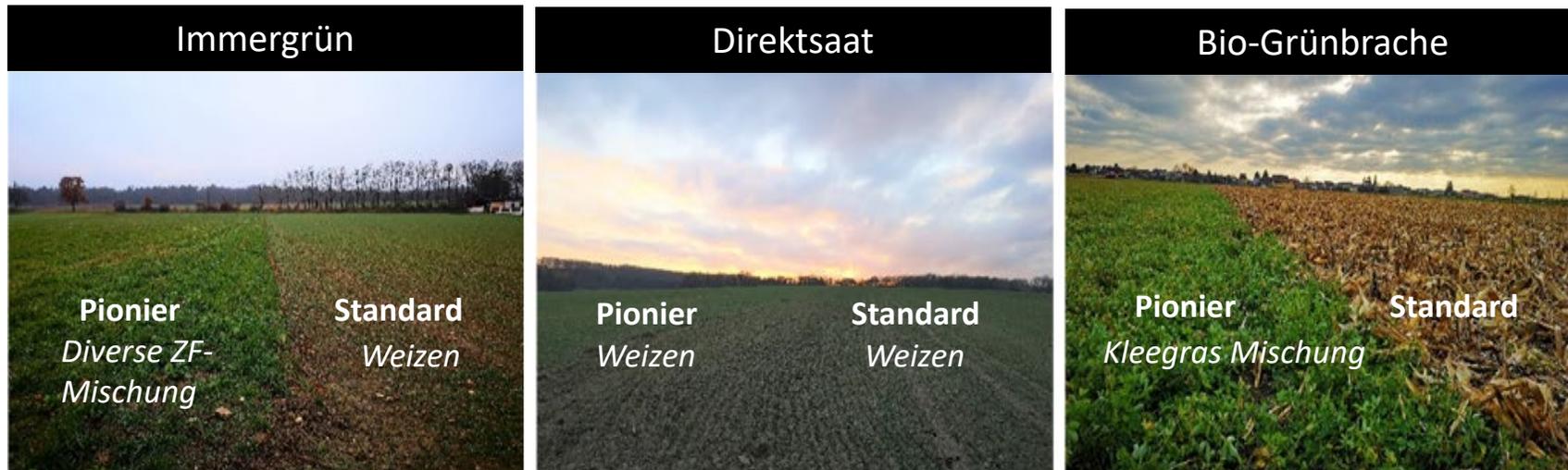


Pilz-Gemeinschaften



Hinweise auf unterschiedliche Effekte bei Pilzen und Bakterien vor allem in sandigen Böden

# Labor vs. Feldmethoden für Bodengesundheit



	Leichter Boden	Mittlerer Boden	Schwerer Boden
<b>Bodentyp</b>	Braunerde	Regosol	Tschernozem
<b>Corg (%)</b>	1.28 (P) / 0.75 (St)	1.91 (P) / 1.83 (St)	3.34 (P) / 2.12 (St)
<b>Textur</b>	Lehmiger Sand	Lehmiger Schluff	Schluffiger Lehm

— **Beprobung:** Oberboden (0-10 cm), 5 Einstiche entlang eines Transekts —

## Oxidierbarer Kohlenstoff



↪ PoxC Messung  
Auswertung von  
Bildpunkten

## Mikrobielle Aktivität



↪ Atmung mit günstigem  
NDIR Raumluftgütesensor

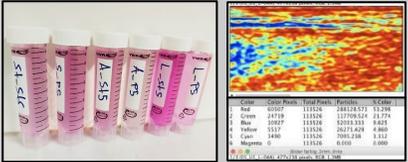
## Organischer Kohlenstoff



↪ Humus Anschätzung mit  
Munsell Karte

## Idee

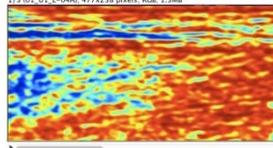
- Sind Feldmethoden in der Lage Managementunterschiede zu erfassen?
- Wie sieht der Vergleich mit Laborergebnissen aus?

Parameter	Methode	Anwendung	
Oxidierbarer Kohlenstoff PoxC	Pixel Farbauswertung	Feld	
	Photometer bei 550 nm	Labor	
Mikrobielle Aktivität	NDIR - Luftsensoren	Feld	
	SIR – GC	Labor	
Organischer Kohlenstoff Corg	Munsell Farbkarte ASD FeldSpec*	Feld	
	Elementar Analysator	Labor	

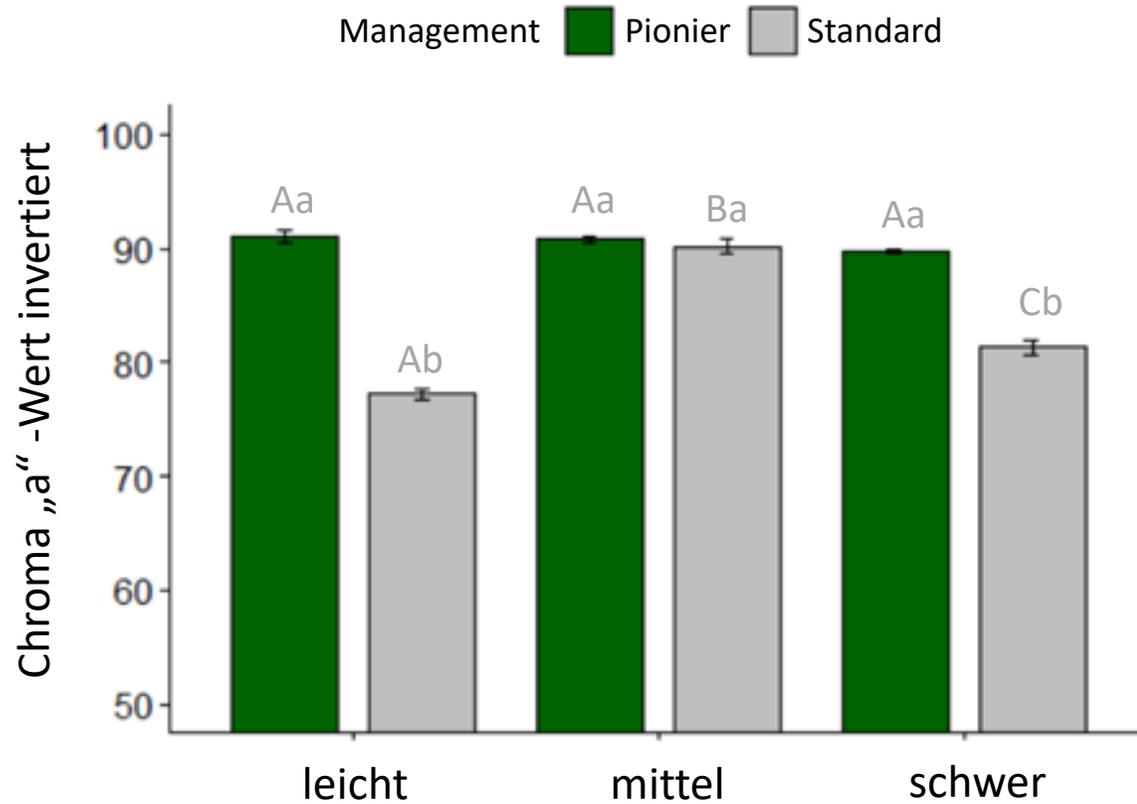
*\*Vergleich mit allen Boden.Pionier Proben*

**Statistische Auswertung:** Robuste ANOVA nach Wilcox (2017)

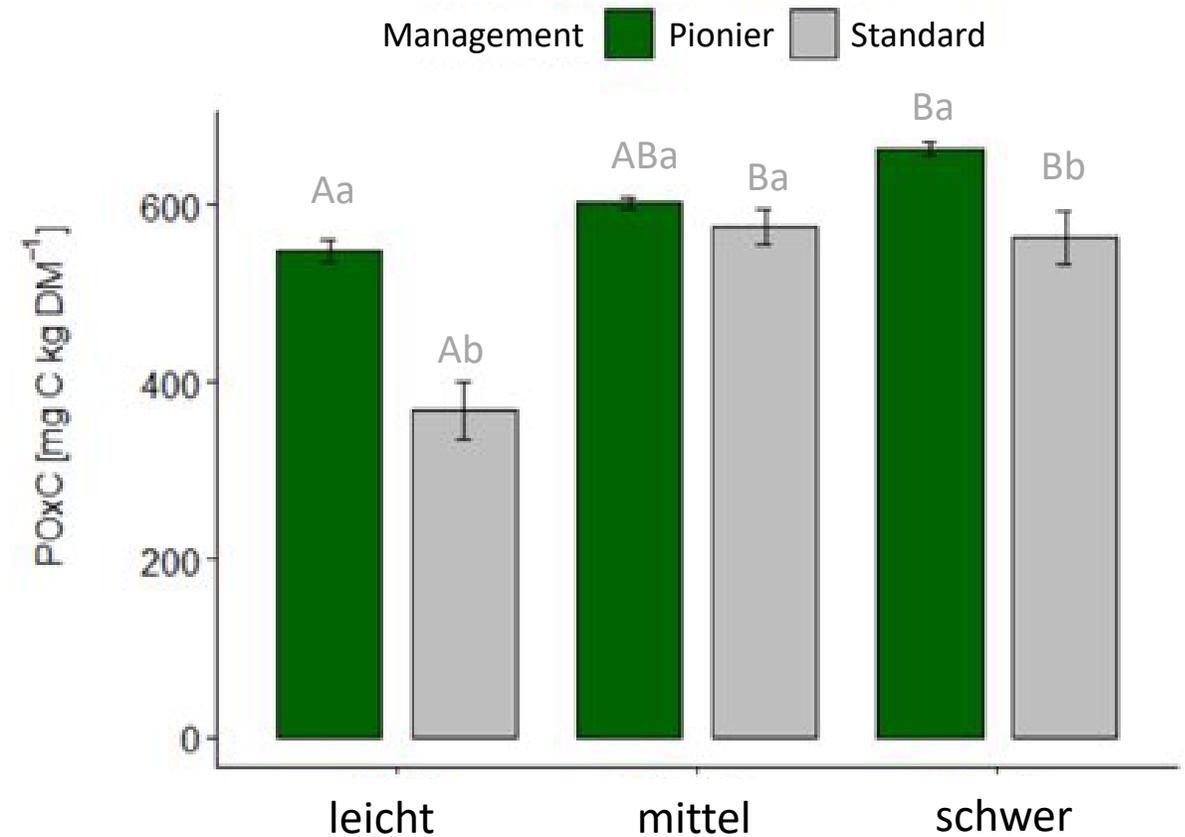
# Oxidierbarer Kohlenstoff (POxC)



## Feld Methode (Farbe)



## Labor Method (Photometer)

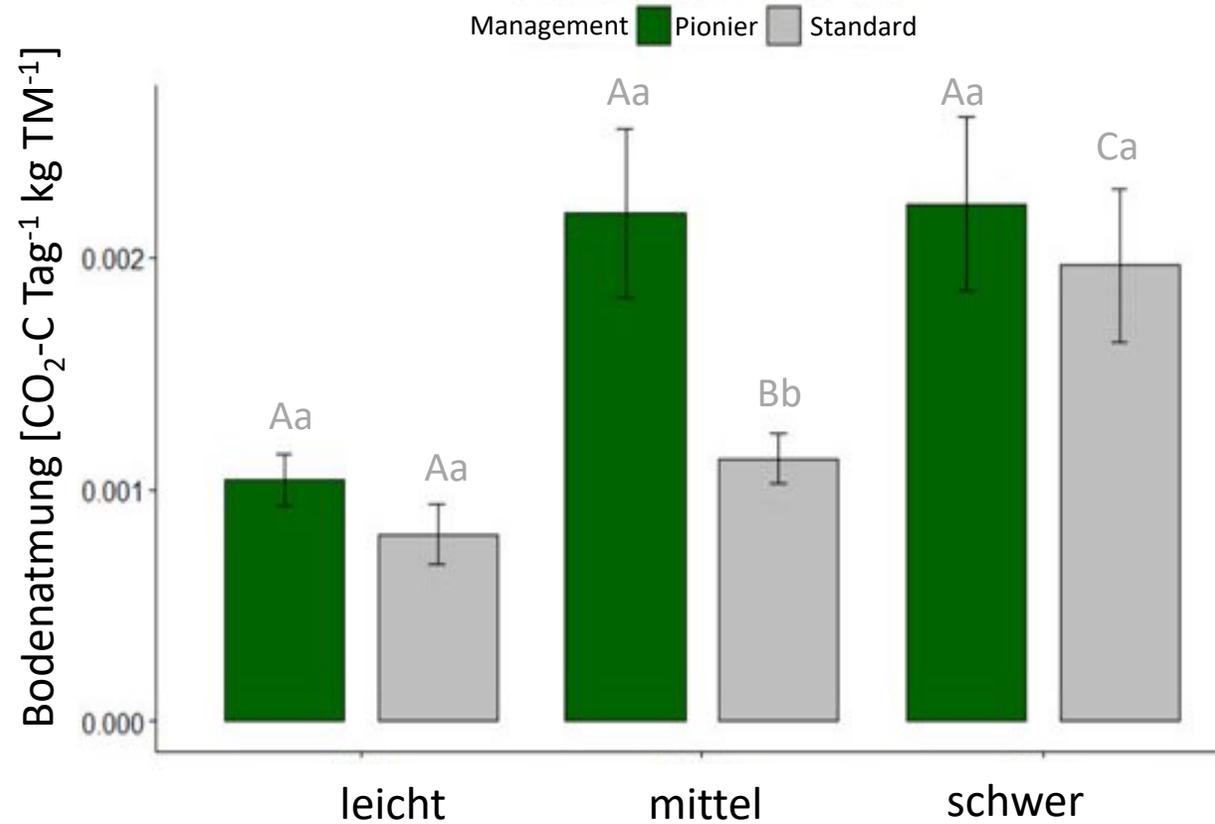


Großbuchstaben geben Unterschied zwischen Standorten (Textur), Kleibuchstaben geben signifikante Unterschiede im Management an (LSD, p=0.05).

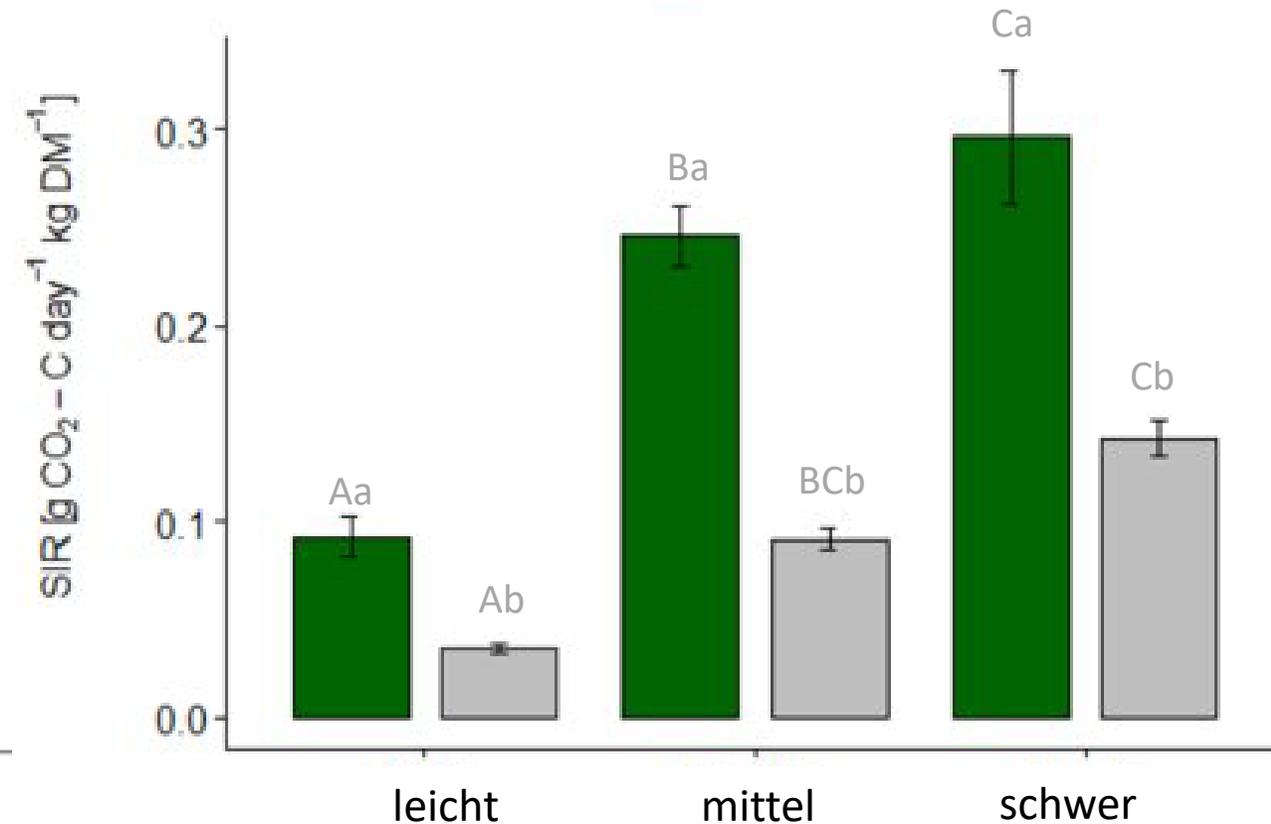
# Bodenatmung



## Feld Methode (NDIR - Luftsensor)



## Labor Methode (SIR - GC)



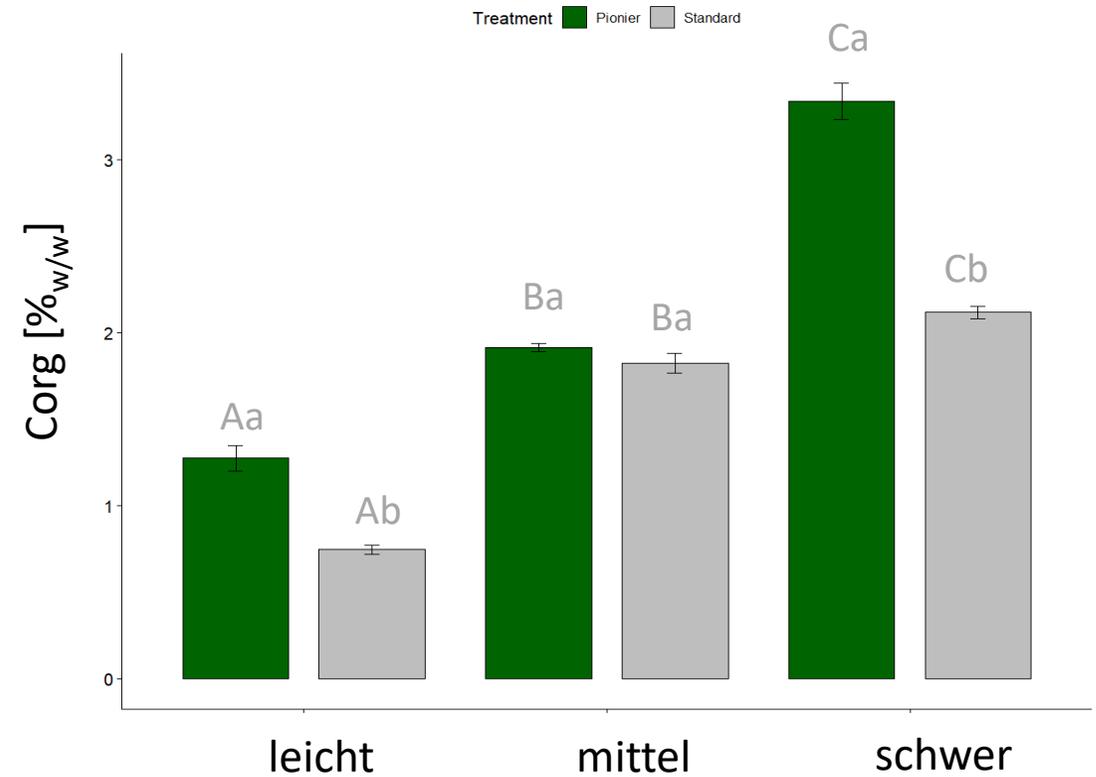
Großbuchstaben geben Unterschied zwischen Standorten (Textur), Kleibuchstaben geben signifikante Unterschiede im Management an (LSD, p=0.05).

# Organischer Kohlenstoff (Corg)

## Feld Methode (Munsell Farbkarte)



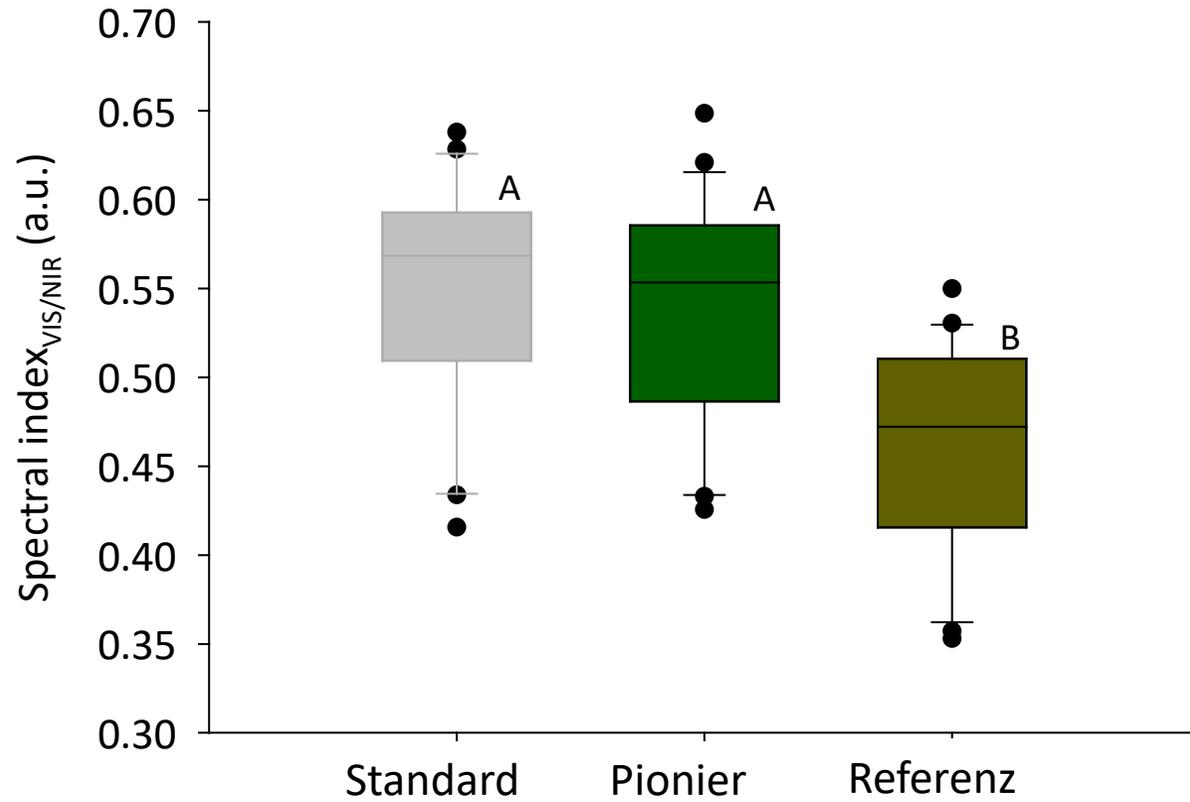
## Labor Methode (Elementar Analysator)



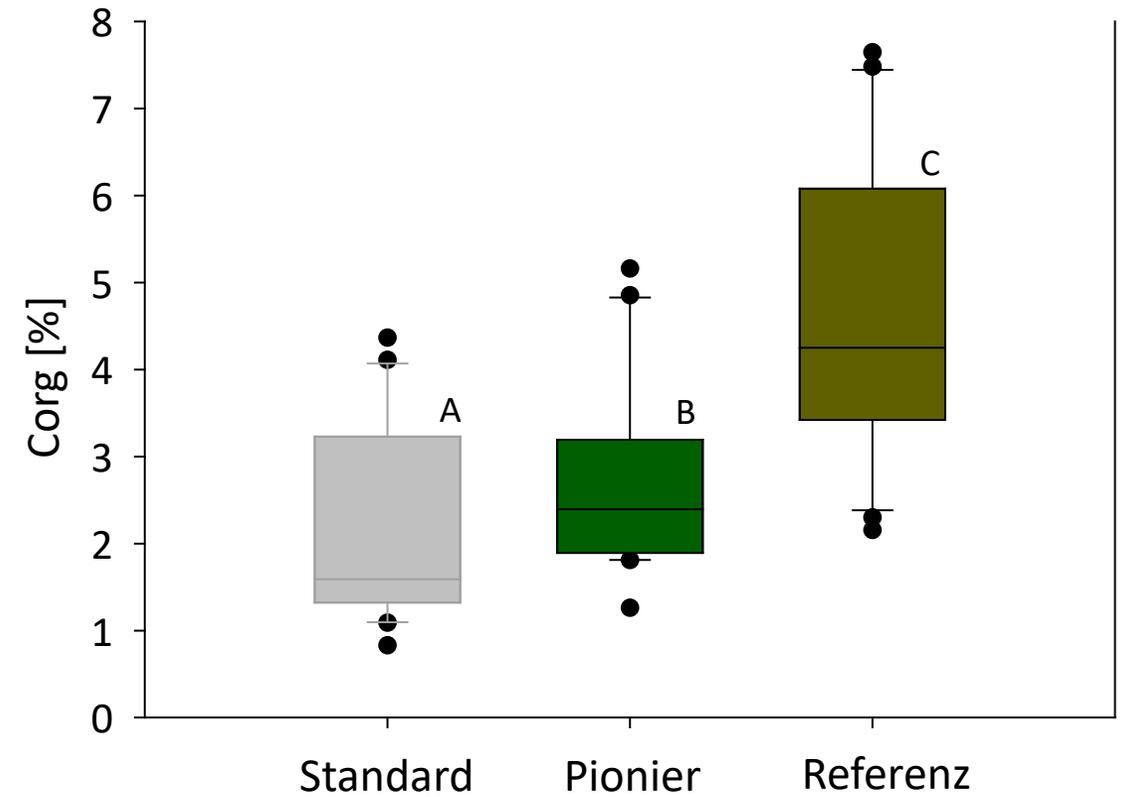
Großbuchstaben geben Unterschied zwischen Standorten (Textur),  
Kleibuchstaben geben signifikante Unterschiede im Management an (LSD,  $p=0.05$ ).

# Organischer Kohlenstoff (Corg)

### Feld Method (ASD FieldSpec)



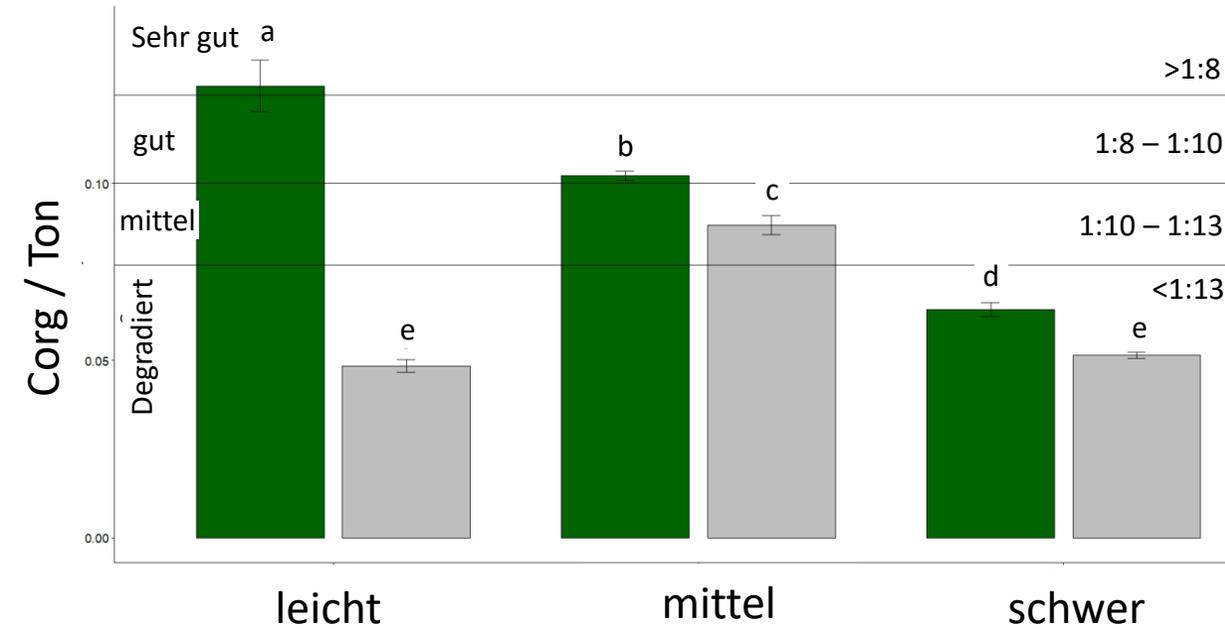
### Labor Method (Elementar Analysator)



# Verhältnisse / Parameter für die Ermittlung gesunder Böden

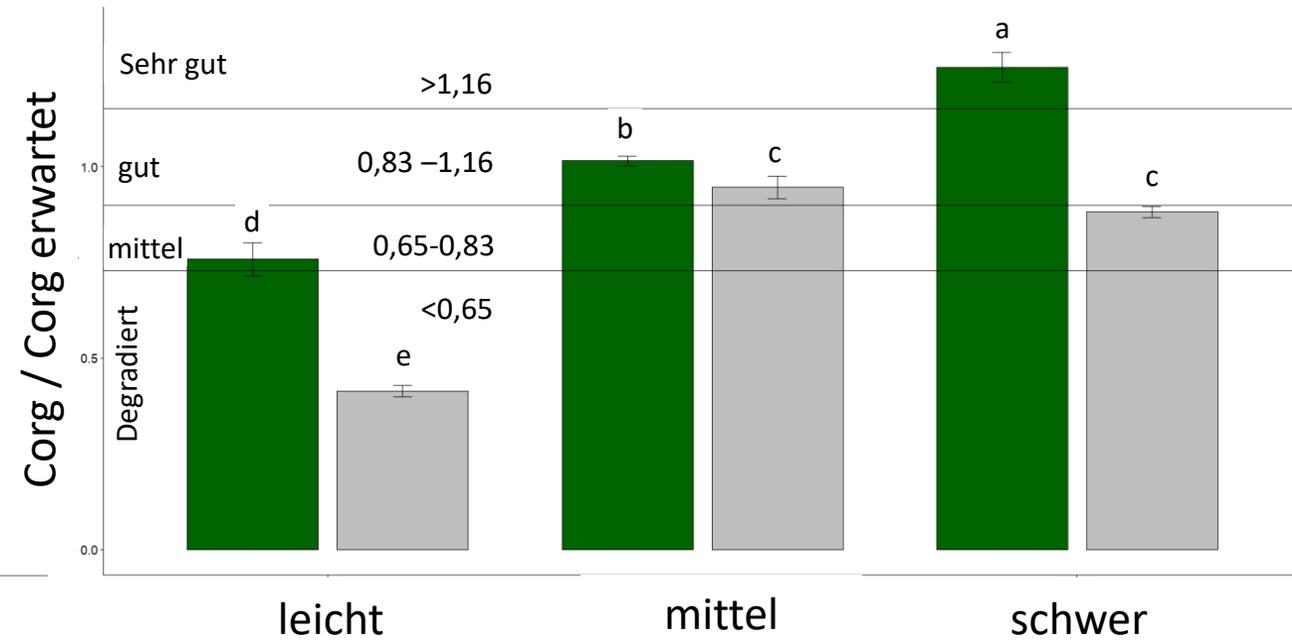
Corg/Ton (nach Johannes et al., 2017)

<https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2017.04.021>

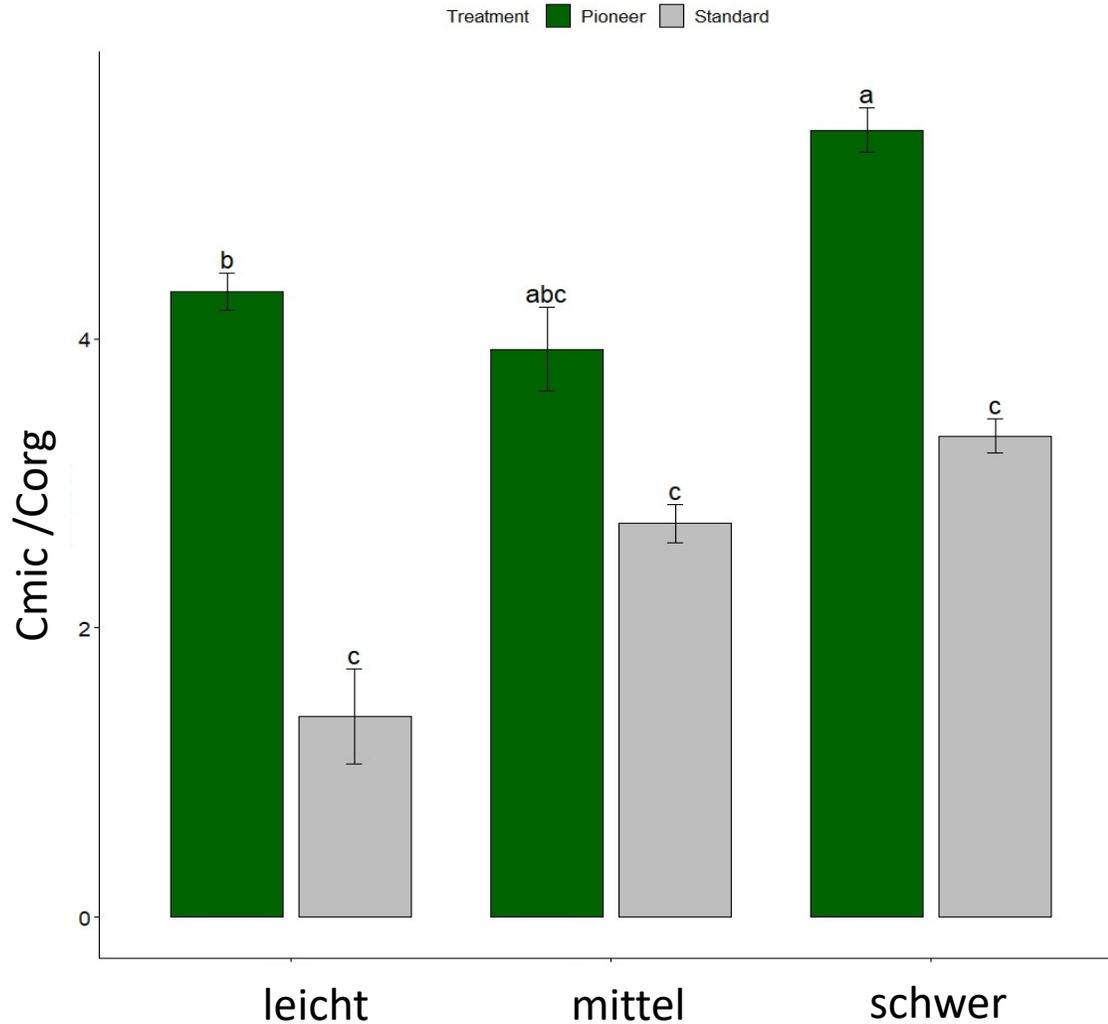


Corg/Corg<sub>erwartet</sub> (nach Poeplau&Don 2023)

<https://doi.org/10.1111/sum.12921>



Strukturparameter zeigt solide Werte bei leichteren Böden, problematisch für hohe Tongehalte.  
Alternative: Corg/Corg<sub>erwartet</sub>



- Gute Differenzierung für Managementunterschiede
- Ähnliche Ergebnisse wie Corg/Corg erwartet
- ABER: frische Böden für Analyse wichtig!

## Schlussfolgerungen

---



- Pionierbetriebe können im Mittel den Humusgehalt **um 22% steigern**, mit den **höchsten Steigerungspotentialen** auf **leichten Böden**
- Der **labile Kohlenstoff** als Futterquelle für Bodenmikroorganismen steigt in ähnlichem Ausmaß wie das **Bodenleben** und dessen **Nekromasse**, mit signifikant **höheren** Werten auf Pionierbetrieben.
- Feldmethoden können teilweise Bodengesundheit durch Management vorhersagen.
- Die Grenzen für die **Anwendbarkeit von Bodengesundheitsindikatoren** sollten immer berücksichtigt werden
- **Realistische Abschätzung** von Humusaufbau Potentialen kann durch „on-farm“ **Forschung** abgebildet werden. Die bisherigen Ergebnisse stellen dabei die **Bodengesundheit** in den Vordergrund.



150 JAHRE  
NACHHALTIG  
VORAUSSCHAUEN  
1872 - 2022

UNIVERSITÄT FÜR BODENKULTUR WIEN

# Universität für Bodenkultur Wien

Department für Wald und Bodenwissenschaften  
Institut für Bodenforschung  
Katharina Keiblinger

Peter Jordan Strasse 82  
A-1190 Wien  
Tel: +43 1 47654 91141  
Email: [katharina.keiblinger@boku.ac.at](mailto:katharina.keiblinger@boku.ac.at)



*Danke für die finanzielle Unterstützung:*



GESELLSCHAFT FÜR  
**FORSCHUNGS  
FÖRDERUNG**  
NIEDERÖSTERREICH



**UMWELTFONDS**

Fonds zur Förderung einer nachhaltigen Entwicklung  
der Region rund um den Flughafen Wien