

Neue Humustheorie und on-farm Speicher- potentiale – Humusaufbau und Bewertung

Workshop Resiliente Anbausysteme – Boden gut machen
26. Oktober 2023, Nossen

Christoph Rosinger

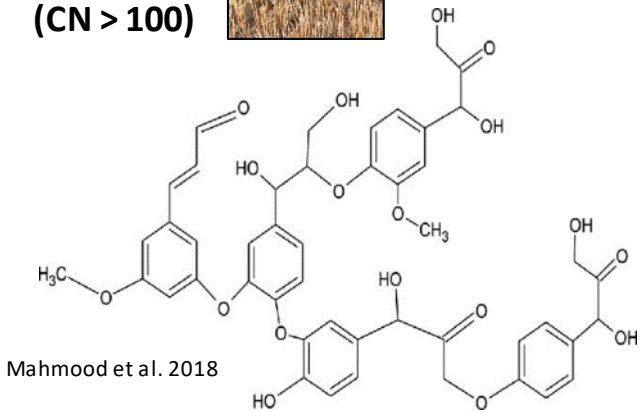
Institut für Bodenforschung, Universität für Bodenkultur (BOKU) Wien

Institut für Pflanzenbau, Universität für Bodenkultur (BOKU) Wien



Humus – die klassische Theorie

Lignin
(CN > 100)



Zucker
(CN < 20)

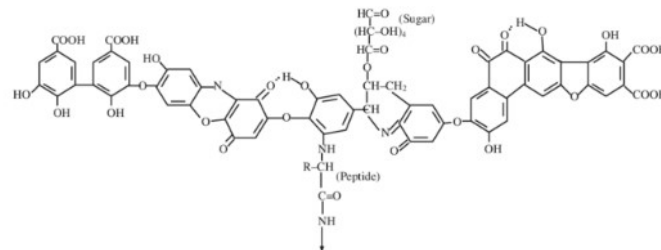


CO₂ Veratmung
Nährhumus

Mikroorganismen



Huminstoffe

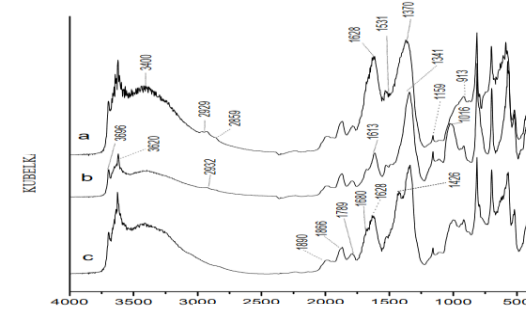


Dauerhumus

ABER...

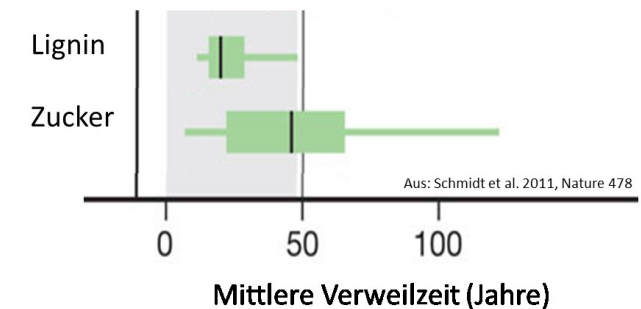


Problem 1



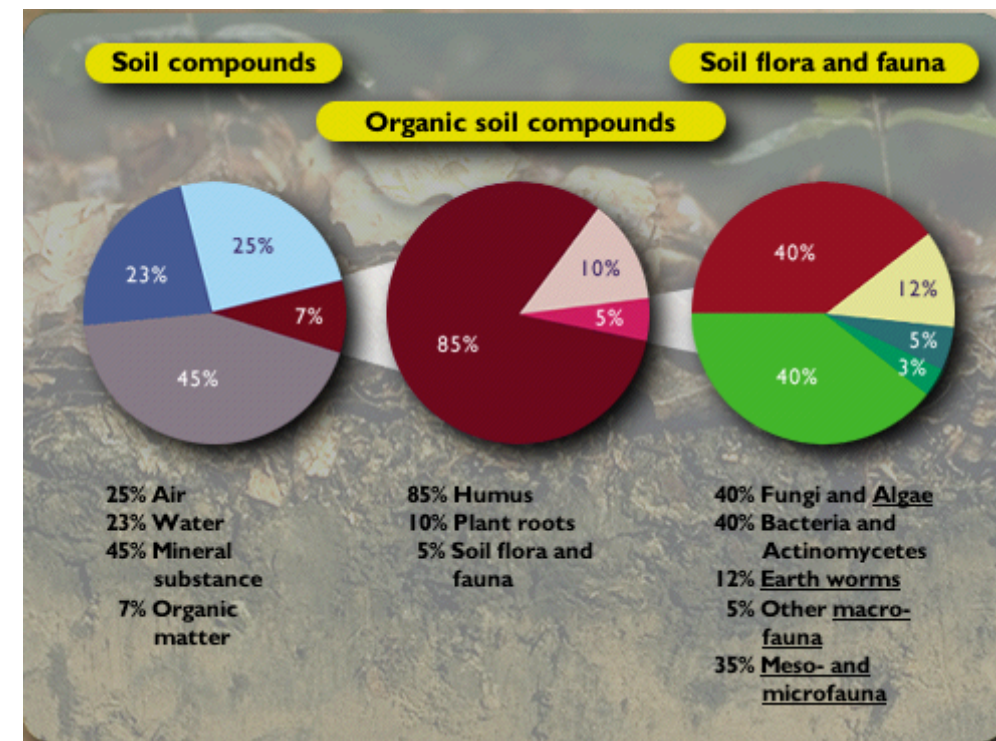
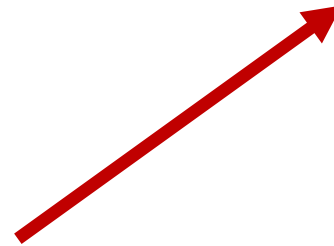
Huminstoffe finden sich nicht bei *in-situ* Analyse-Methoden von Boden.
 ⇨ Sie sind ein Produkt eines chemischen Extraktionsverfahrens in stark basischer (pH 13) Lösung.

Problem 2



Humus – die neue Theorie

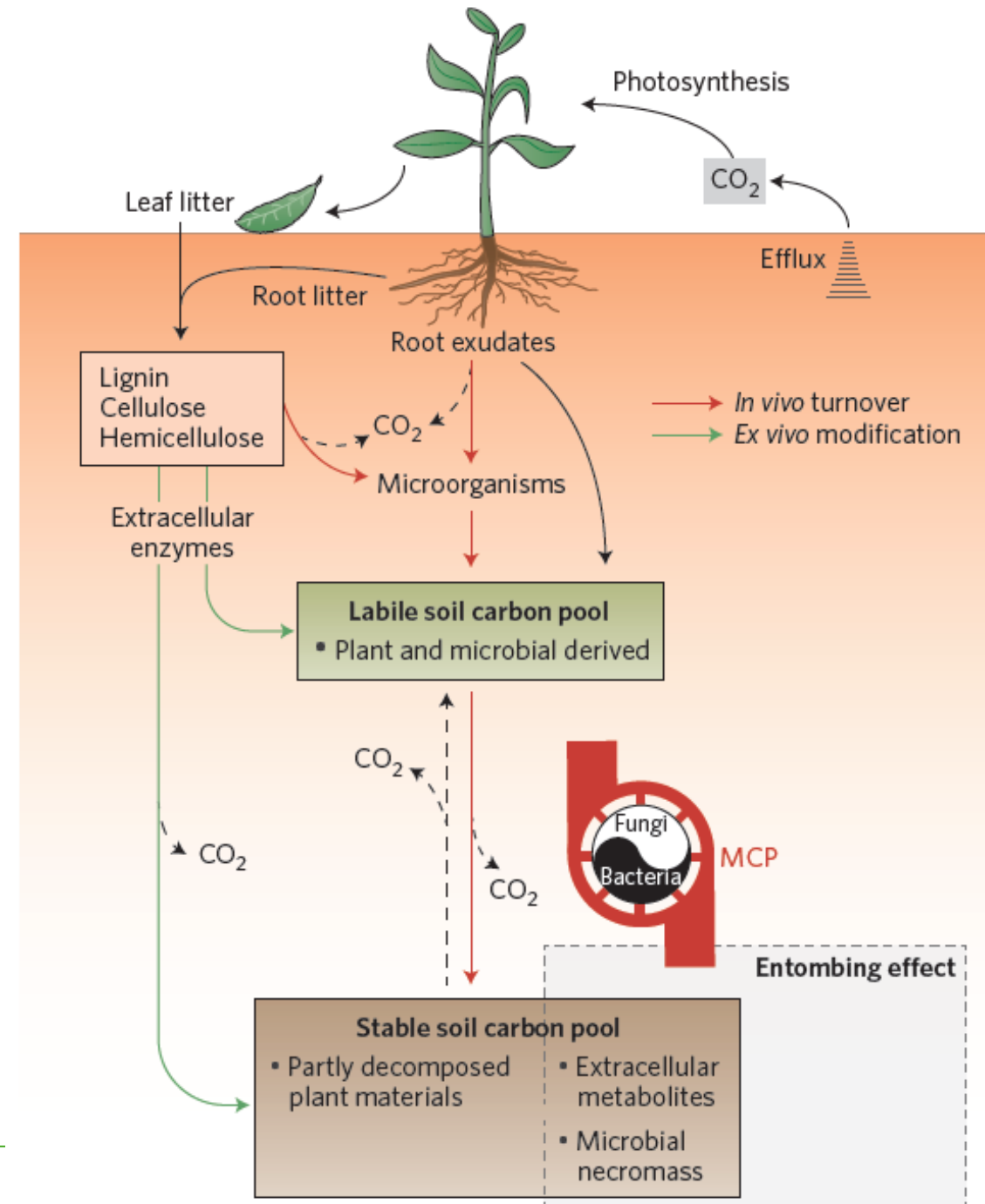
- **Bodenmikroorganismen** sind die Hauptagenten für den Humusaufbau (und auch -abbau)
- Warum wurden Mikroorganismen so lange verkannt?
 - kleiner Anteil am Gesamtvolumen des Bodens und des Gesamthumus
 - schwierig zu studieren



	Biomasse (Trockengewicht)	
In den ersten 20 cm des Oberbodens		
Organismengruppen	g m ⁻²	%
Bakterien	150	25
Pilze	350	59
Algen	1	-
Unterirdische Pflanzenorgane	600	-
Protozoen	25	4
Nematoden	6	1
Regenwürmer	56	10

Humus – die neue Theorie

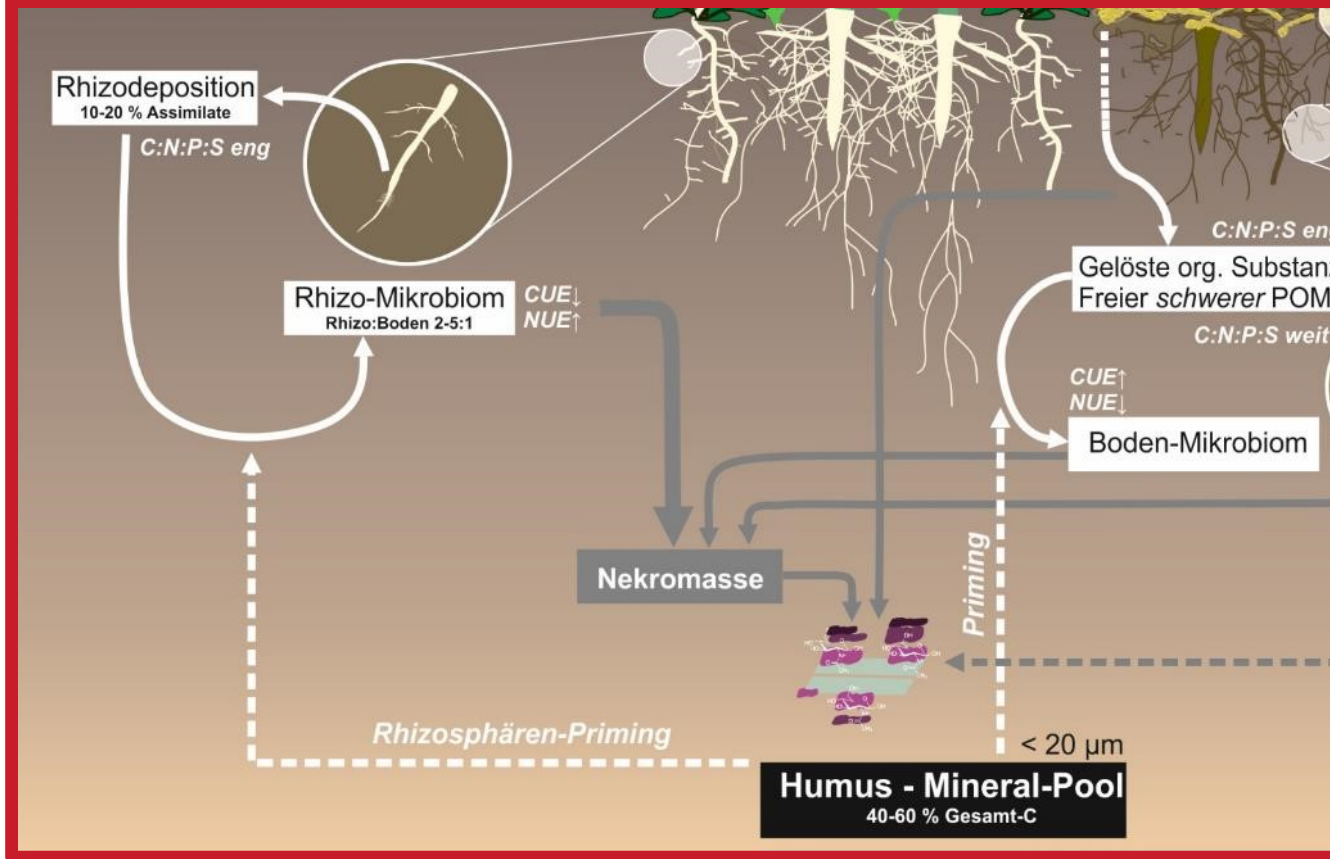
- Mikrobielle Biomasse kann eine Fülle stabiler, chemisch vielfältiger organischer Moleküle produzieren
- Die Merkmale der mikrobiellen Gemeinschaft beeinflussen die SOM-Bildung
- Mikrobielle Kohlenstoffpumpe:
 - Mit jedem iterativen Umsatz (ca. alle **50-100 Tage** setzt sich die mikrobielle Biomasse einmal um) wird ein Teil der mikrobiellen Nekromasse durch die mineralische Bodenmatrix stabilisiert



Humus (die neue Theorie): drei Bildungspfade



1. Mikrobieller Weg



Pflanzen pumpen 20-50% ihres C in den Boden!!!

1. Weg: Mikrobiell

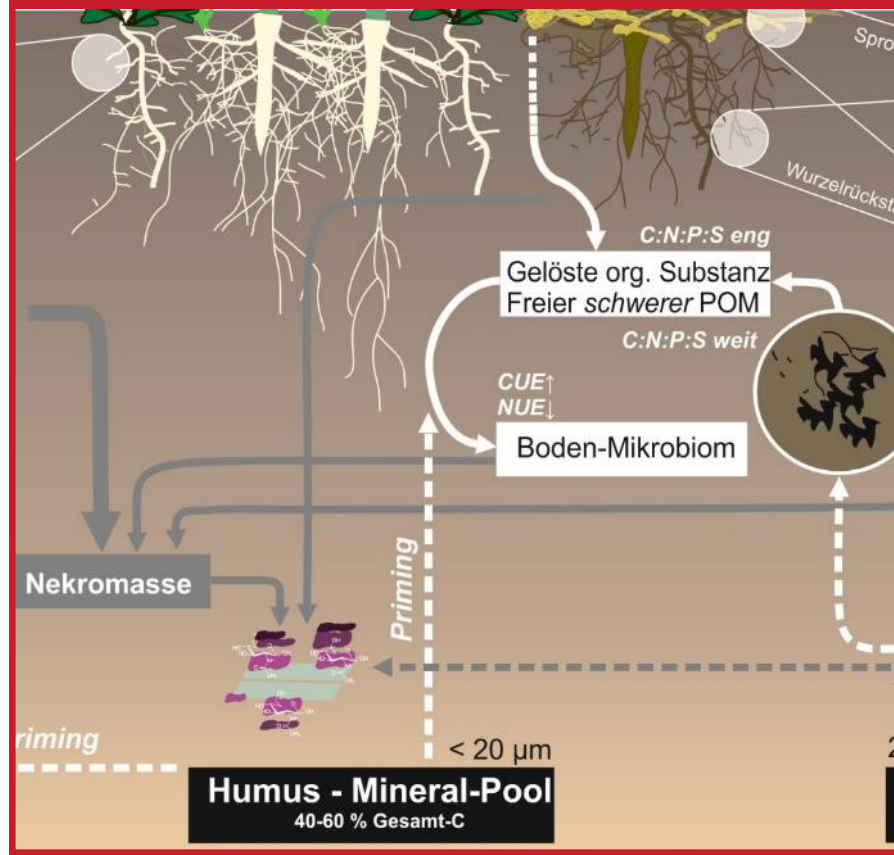
Mineral-assoziierte organische Substanz

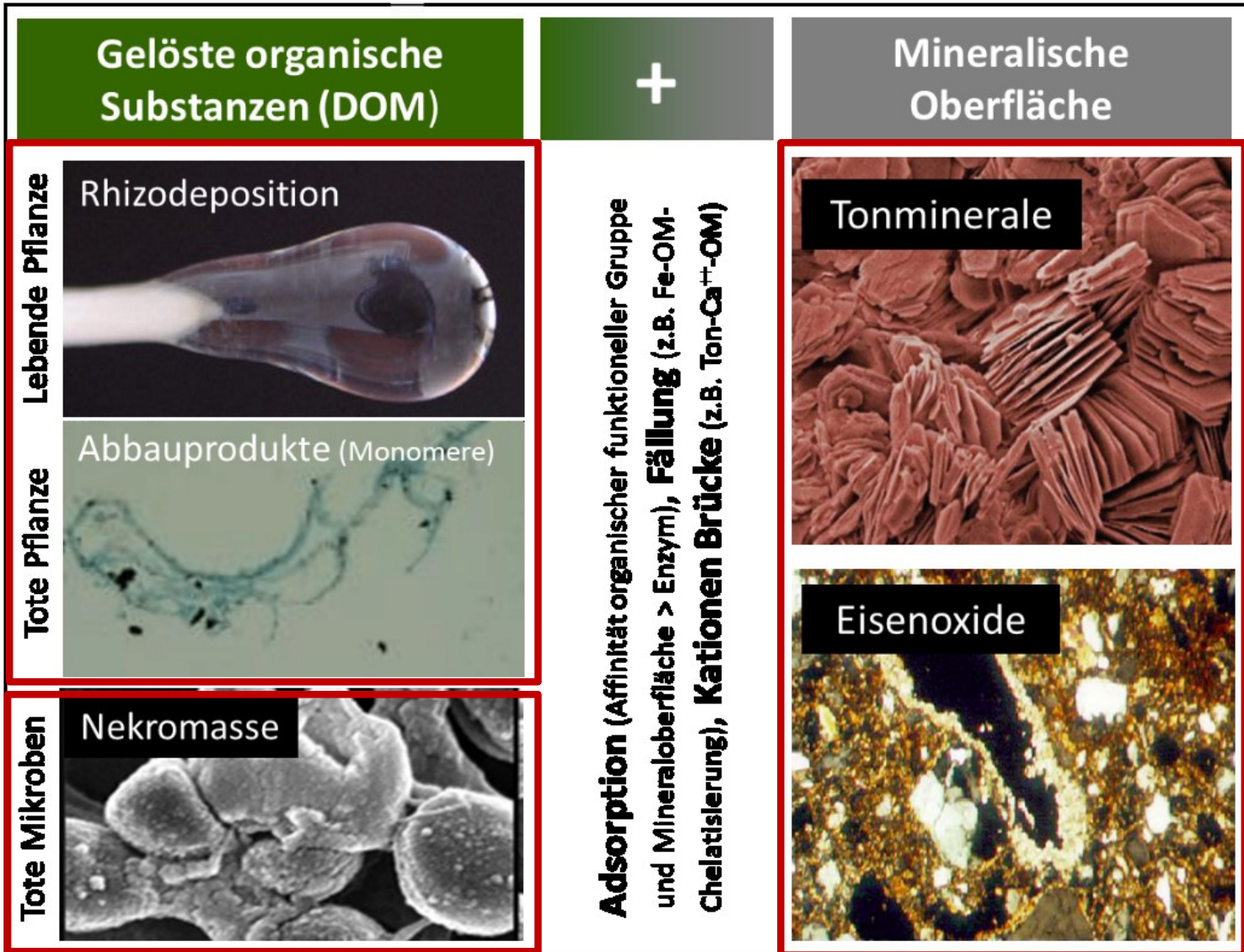
- In-vivo mikrobieller Pfad
- Die mikrobielle Biomasse ist hauptverantwortlich für den Aufbau des stabilen Bodenkohlenstoffs (**Humus-Mineral-Pool**)
- Lebensdauer >500 Jahre

Humusbildungspfade

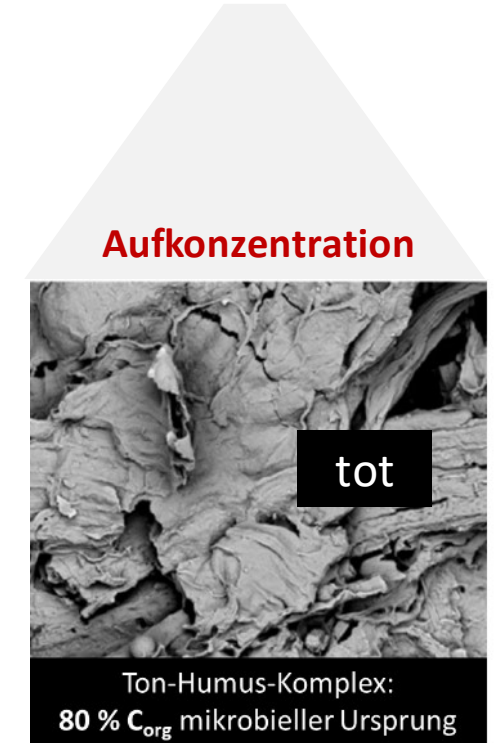
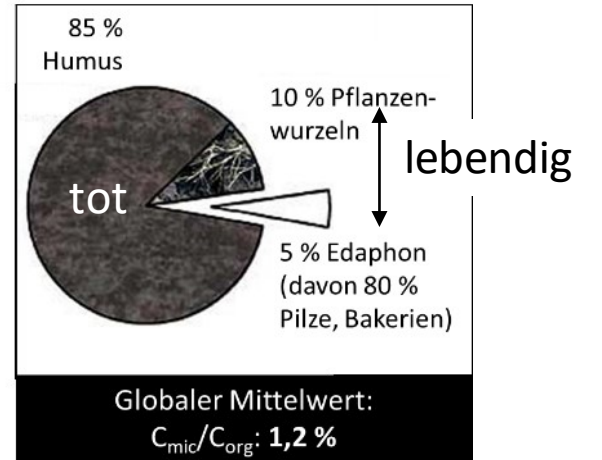


2. Direkte Sorption



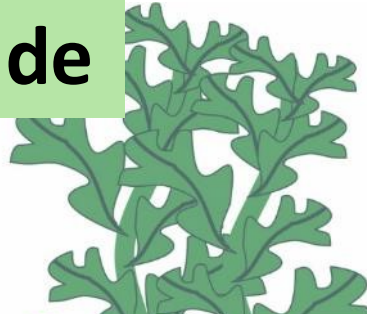


Mikrobielle Kohlenstoffpumpe



Liang and Baiser 2011. Nature Reviews Microbiology 9;
Zhu et al. 2020, Global Change Biology 26

Humusbildungspfade



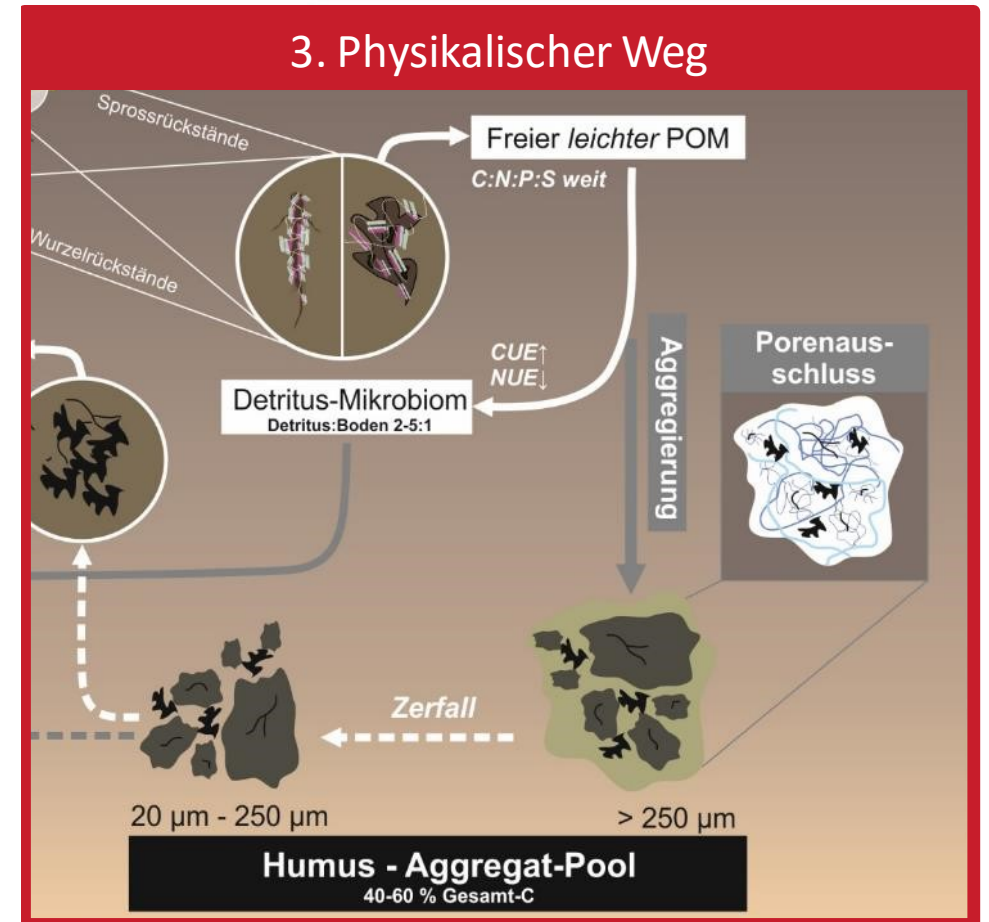
3. Weg: Physikalisch

Aggregat-assoziierte organische Substanz

- Physikalische Stabilisierung
- Lebensdauer 10-500 Jahre

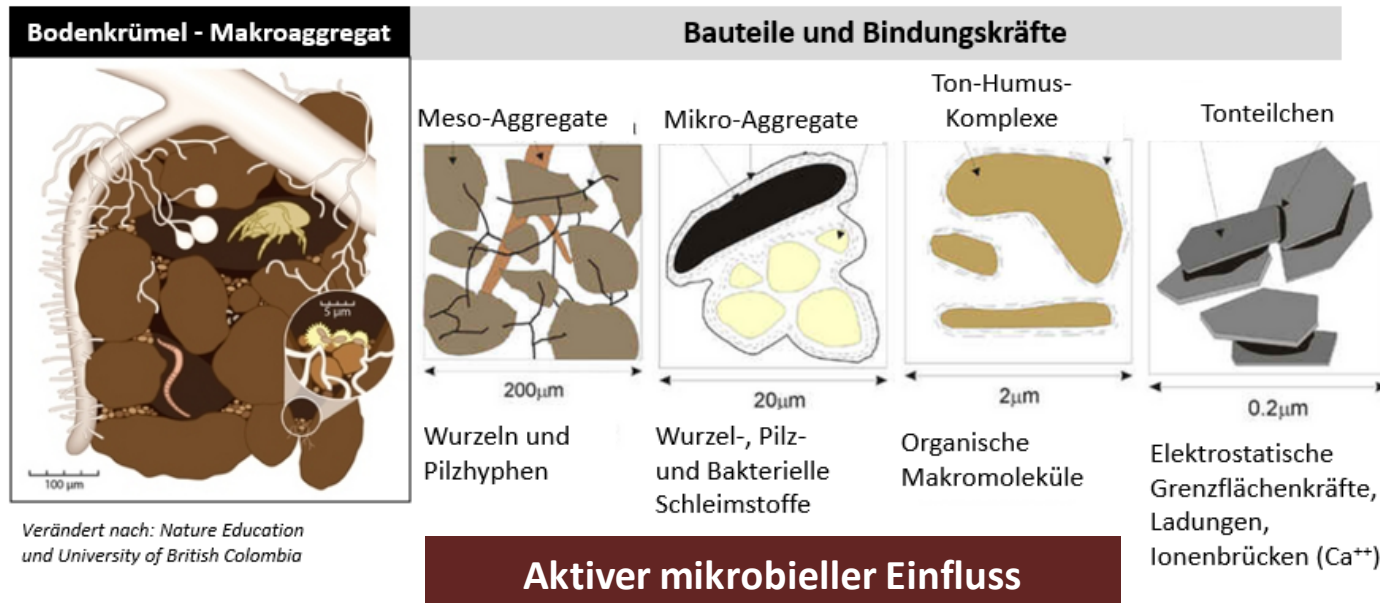
Freiliegende organische Substanz

- Komplexe Molekülstruktur
- Lebensdauer <10 Jahre



„Aggregat-Humus“

- Enge Porenräume können leicht umsetzbare organische Substanzen (POM, DOC) von abbauenden Enzymen isolieren und damit stabilisieren.
- Das Porensystem begrenzt den Lebensraum der Mikroorganismen und beeinflusst ihre Lebensbedingungen (Sauerstoff, Wasser, Substratzugang).



Verändert nach: Nature Education und University of British Columbia

direkter Wurzeinfluss

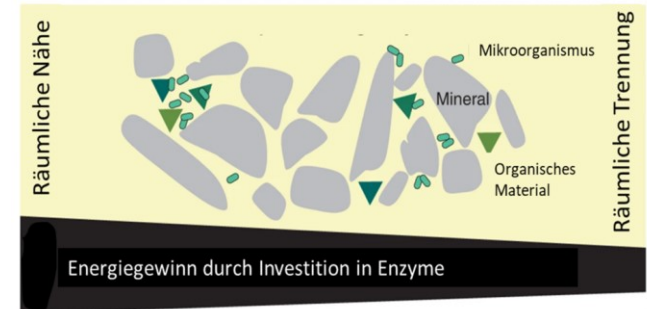
Porenraum in Aggregat



5 mm

Menon et al (2020) Geoderma 366

Räumliche Trennung



Nach Lehmann et al. 2020 Nature Geoscience 13

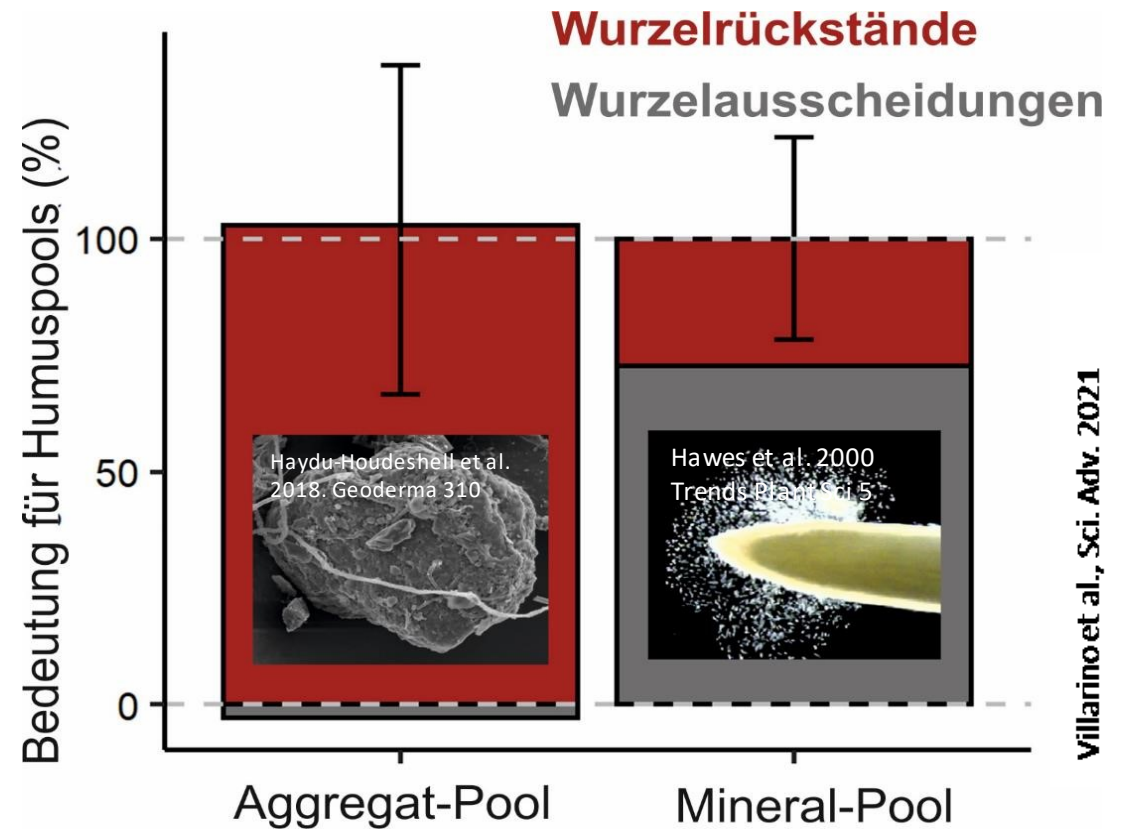
Wo geht was hin?



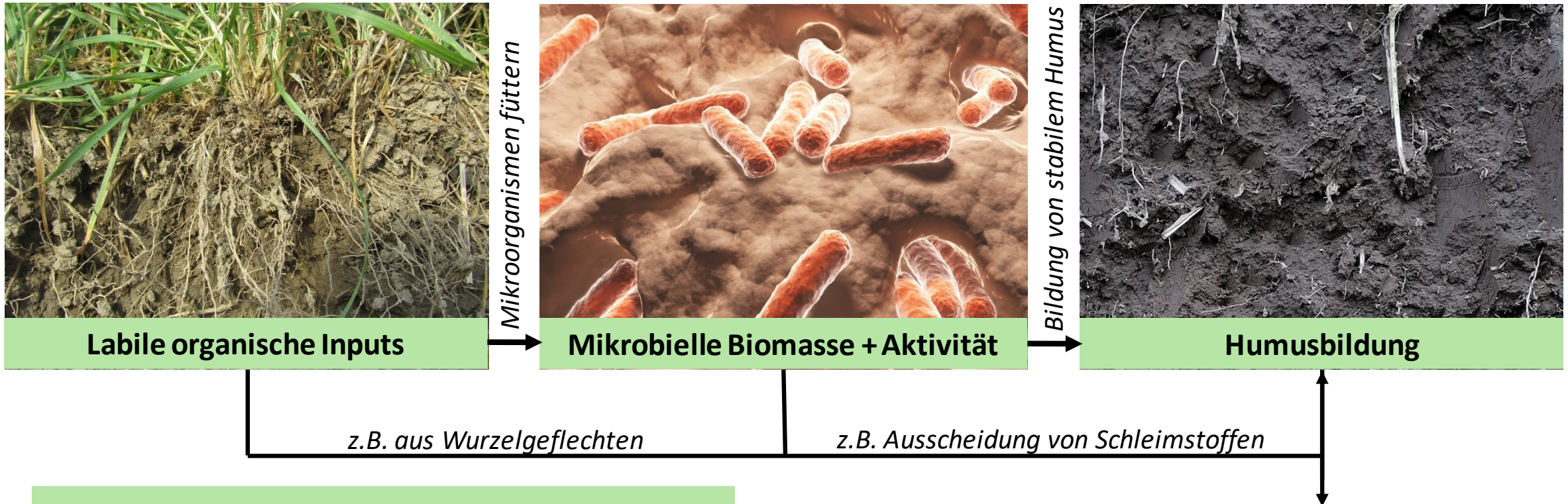
Pflanzenrückstände fördern Aggregat-Pool, Wurzelausscheidungen den Mineral-Pool

Im Mittel wird 46 % des
Wurzelkohlenstoffs in
Humus eingebaut und 8 %
des Sprosskohlenstoffs

(Kohlenstoffisotop-Studien; Jackson et al., 2017,
Ann. Rev. Ecol. Evol. Sys. 48)



Die biologischen Grundpfeiler der Bodenfruchtbarkeit:



Optimal:

- Maximale Bodenbedeckung
- Maximale Durchwurzelung
- Maximale Biodiversität
- Minimale mechanische Störung

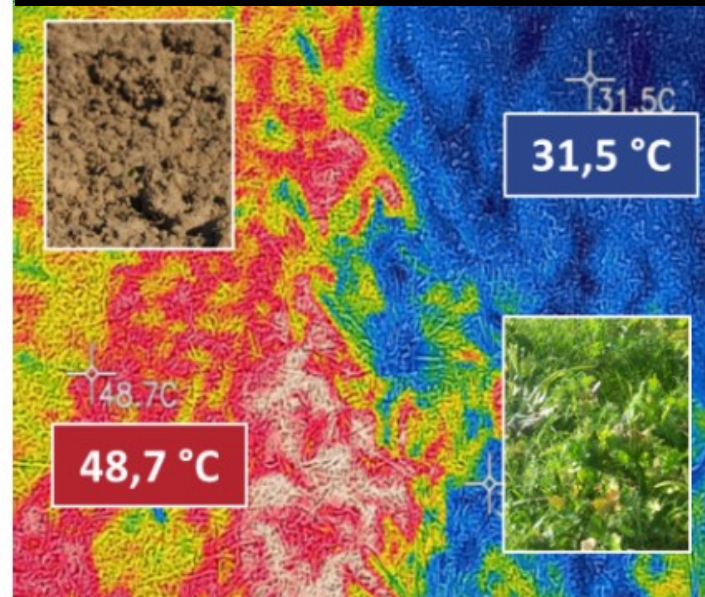


Klimawandel angepasstes Management der Bodenbiologie

Mästen



Kühlen



Schonen



Ein belebter Boden fördert mit dem Humusaufbau eine Vielzahl an **Funktionen** wie stabile **Bodenstruktur**, multifunktionale **Porenräume** und ein aktives **Bodenleben**.

Boden.Pioniere



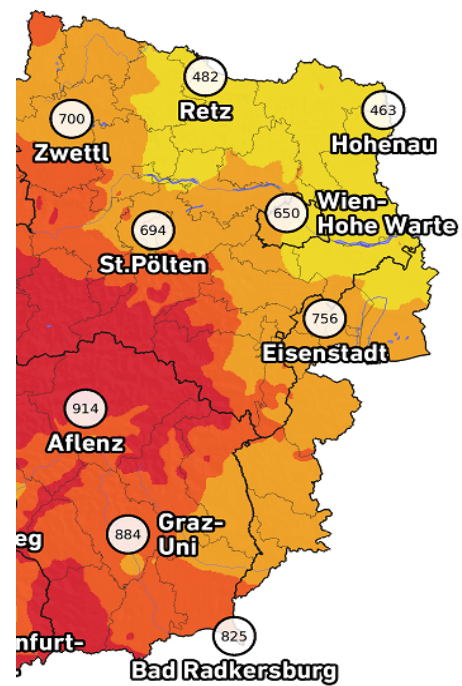
- On farm-Evaluierung von Humusspeicherpotentialen auf innovativen Ackerbaubetrieben
 - biologisch und konventionell
 - mit boden-aufbauenden Systemen durch z.B. intensiver Zwischenfruchtanbau, minimierte Bodenbearbeitung, diverse Fruchtfolgen, organische Dünger, Biostimulanzen, etc.
- Vergleich mit Standardbetrieben und einer natürlichen Referenz (idR ein Ackerrandstreifen)



Versuchsaufbau

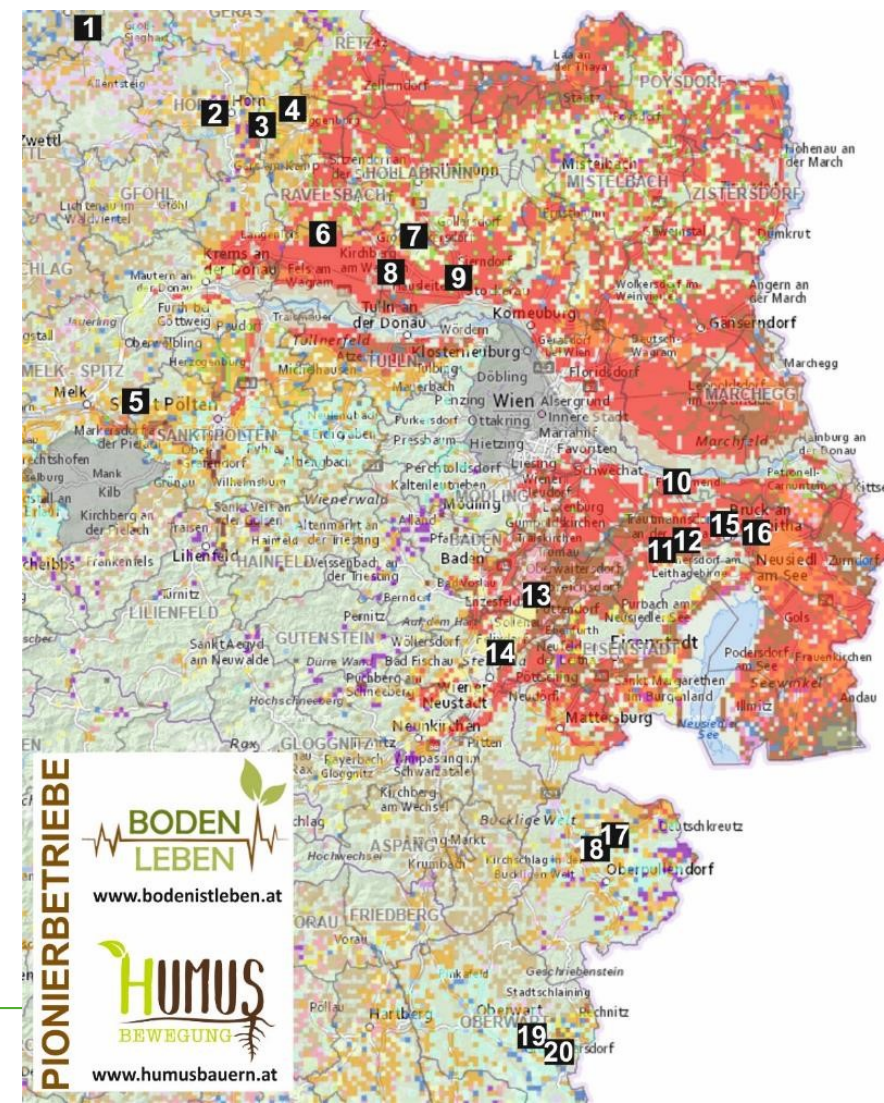
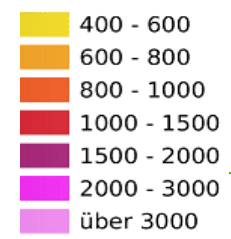


- 21 Standorte:
 pro Standort 3 Systeme:
 Standardbetrieb, Pionierbetrieb,
 natürliche Referenz
- 3 Bodentiefen
 (0-5, 5-20 und 20-35 cm)
- Umfangreiche Analytik: Humusgehalt,
 Textur, pH, C/N-Gehalt, KAK,
 verfügbare Nährstoffe, mikrobielle
 Biomasse und Nekromasse,
 Enzymaktivität,...



UBIMET ☀️ ☁️ 💧

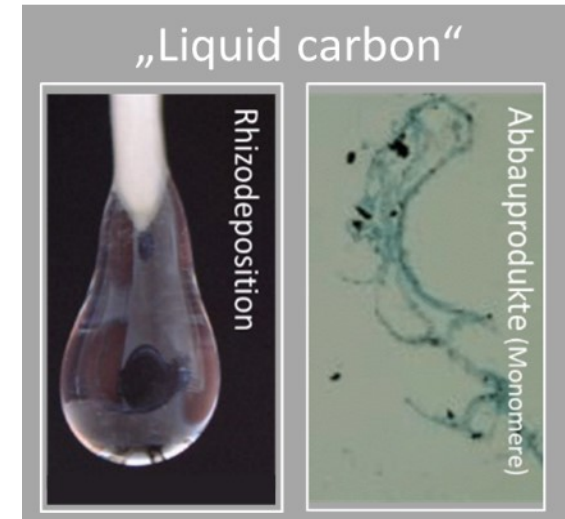
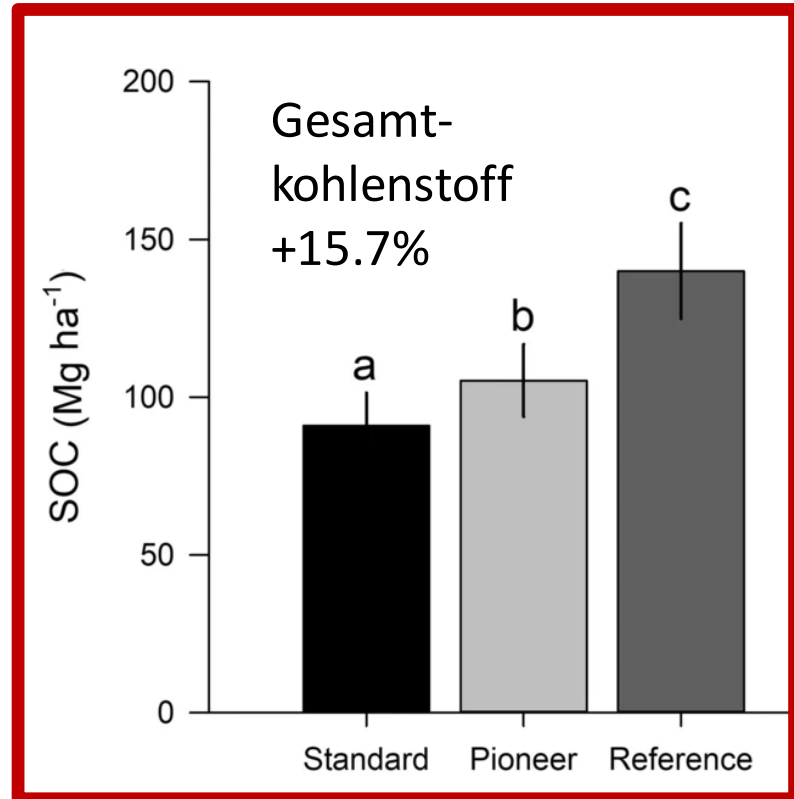
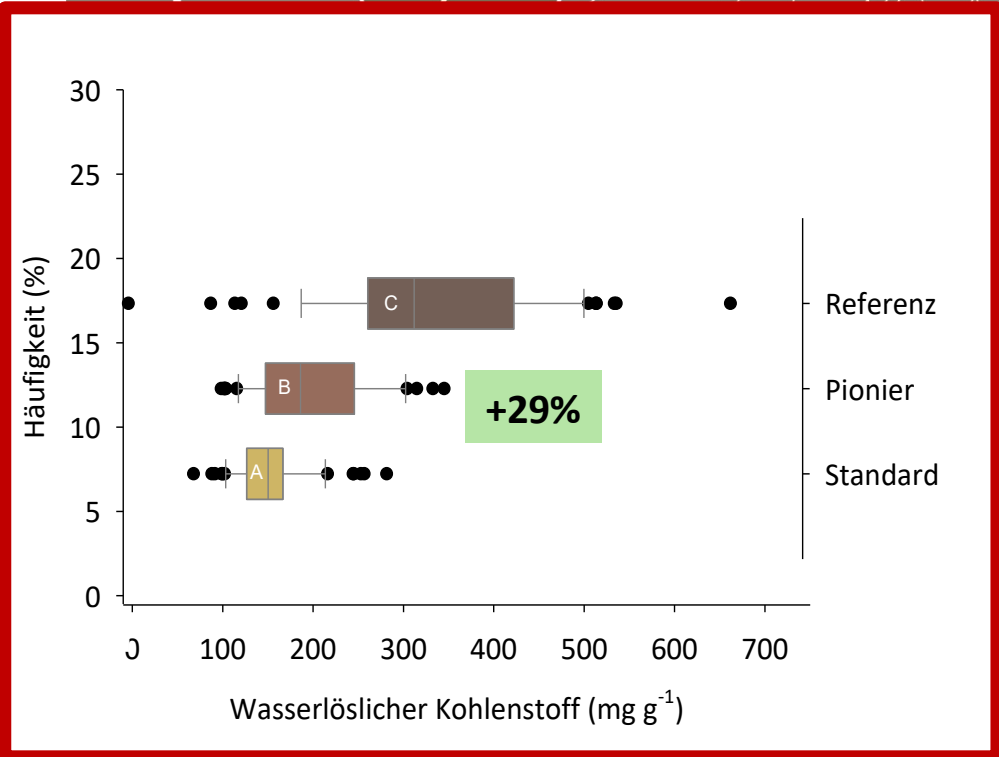
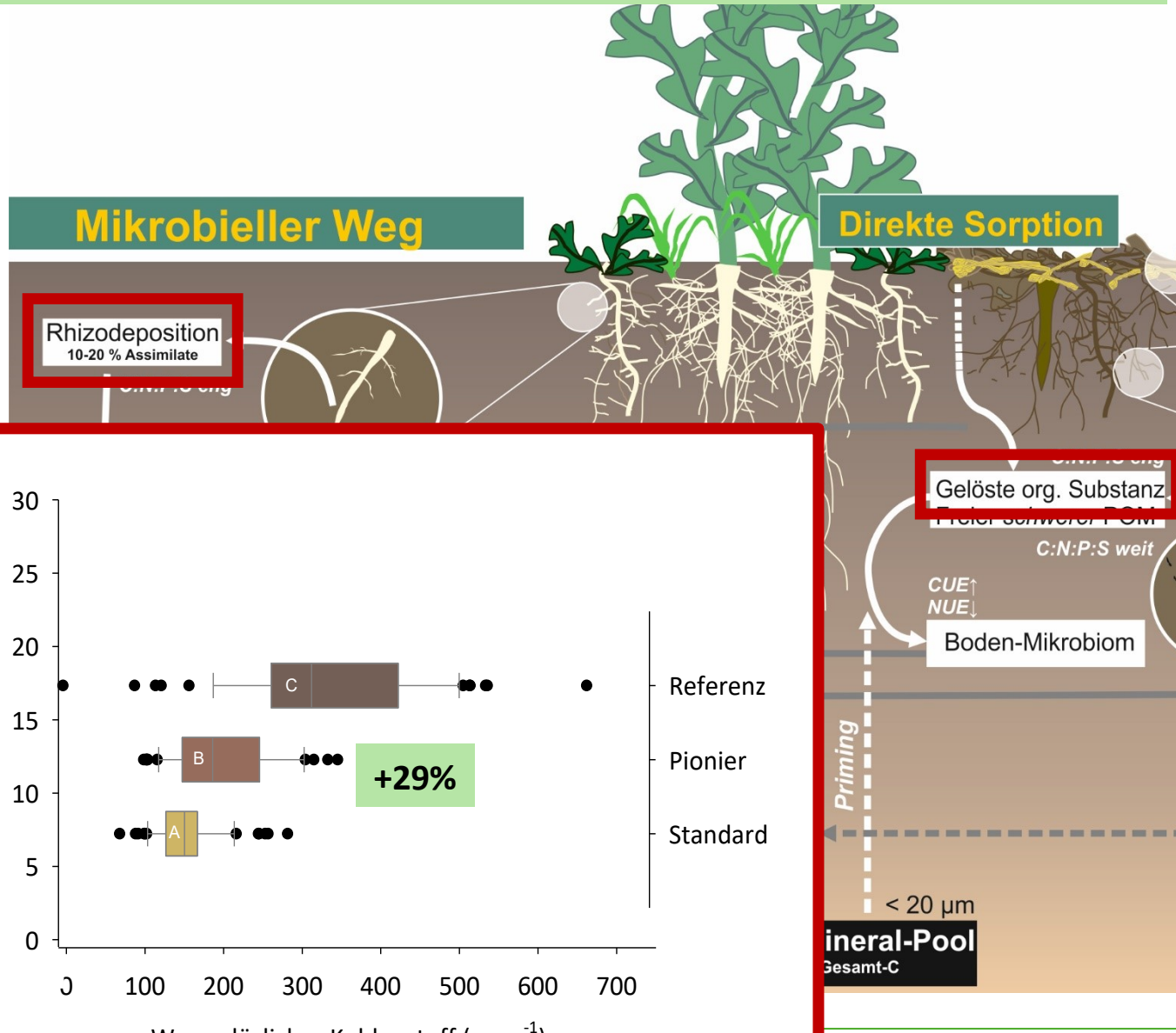
Niederschlag (mm)
1981-2010



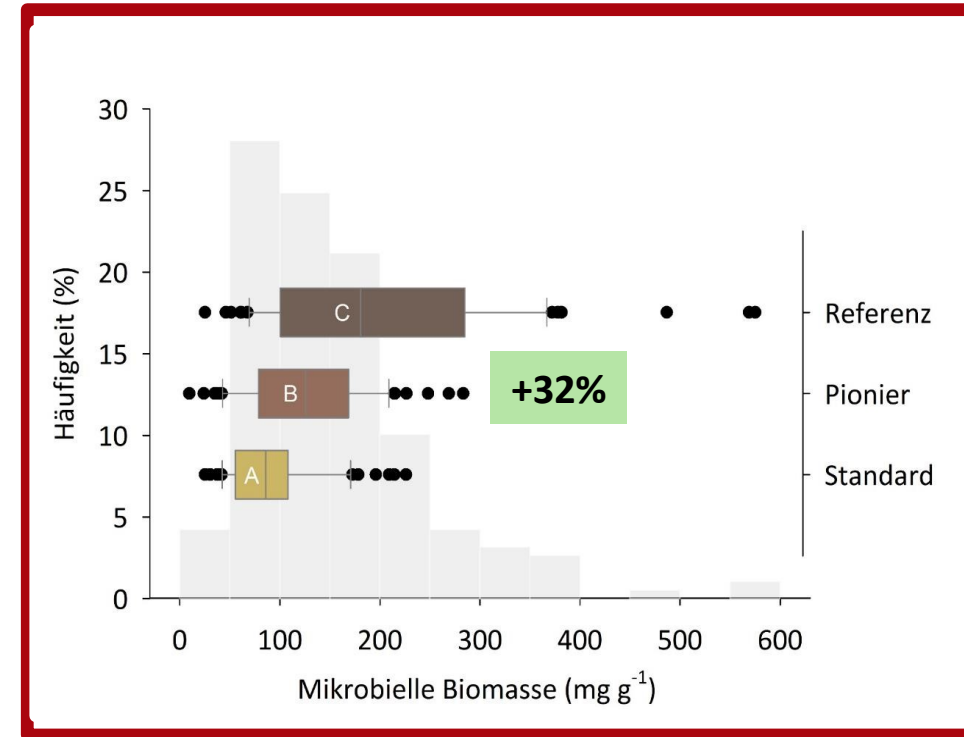
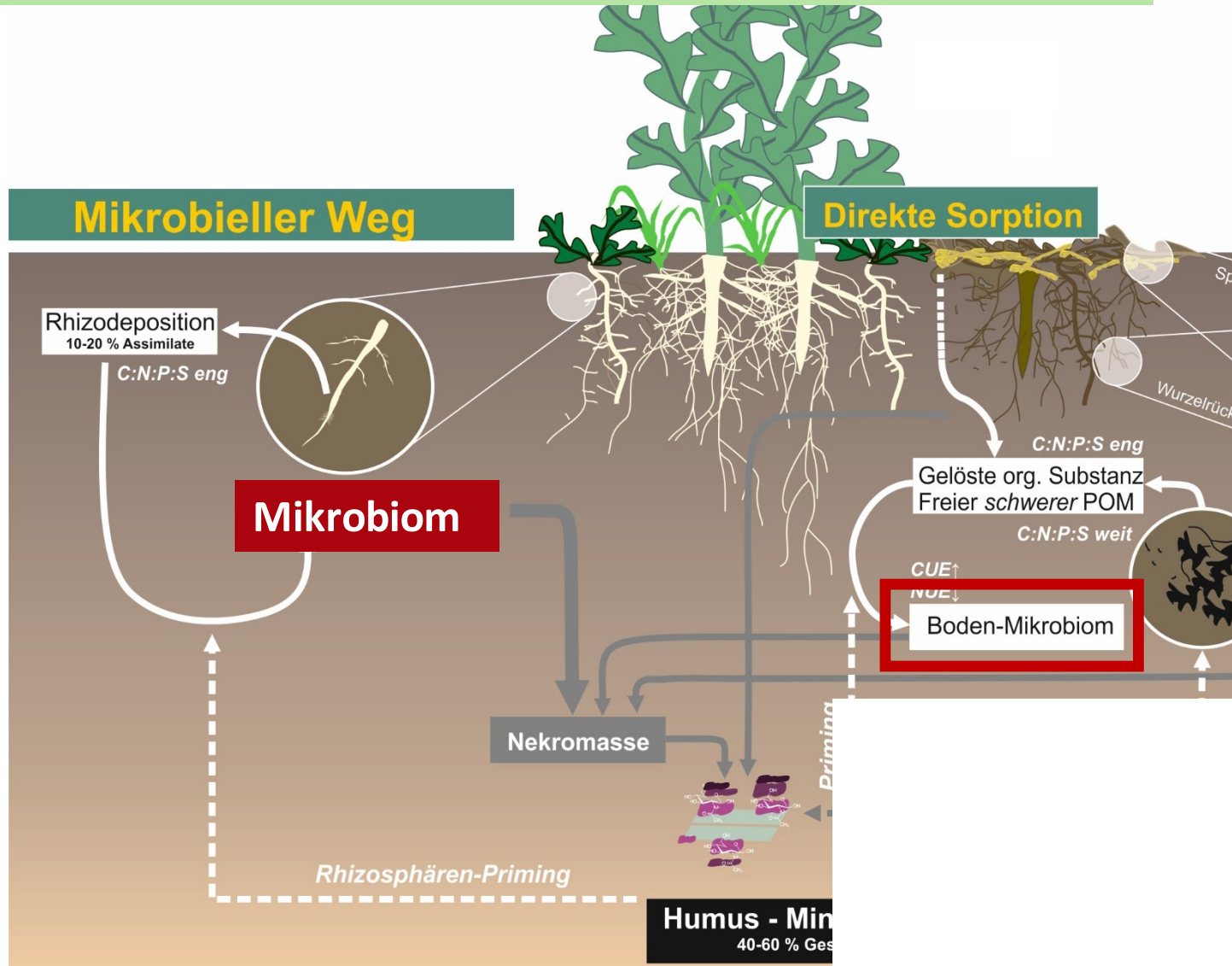
BODEN LEBEN
www.bodenistleben.at

HUMUS BEWEGUNG
www.humusbauern.at

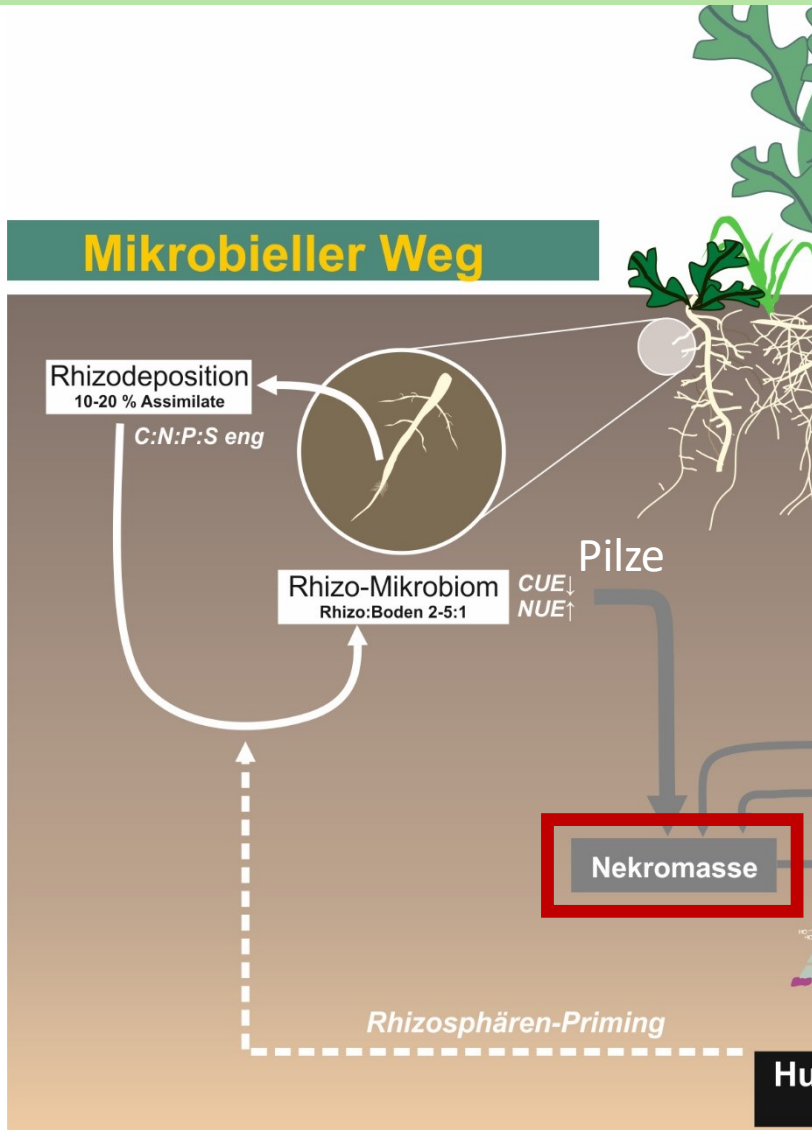
Boden.Pioniere – Mikrobielle Potentiale



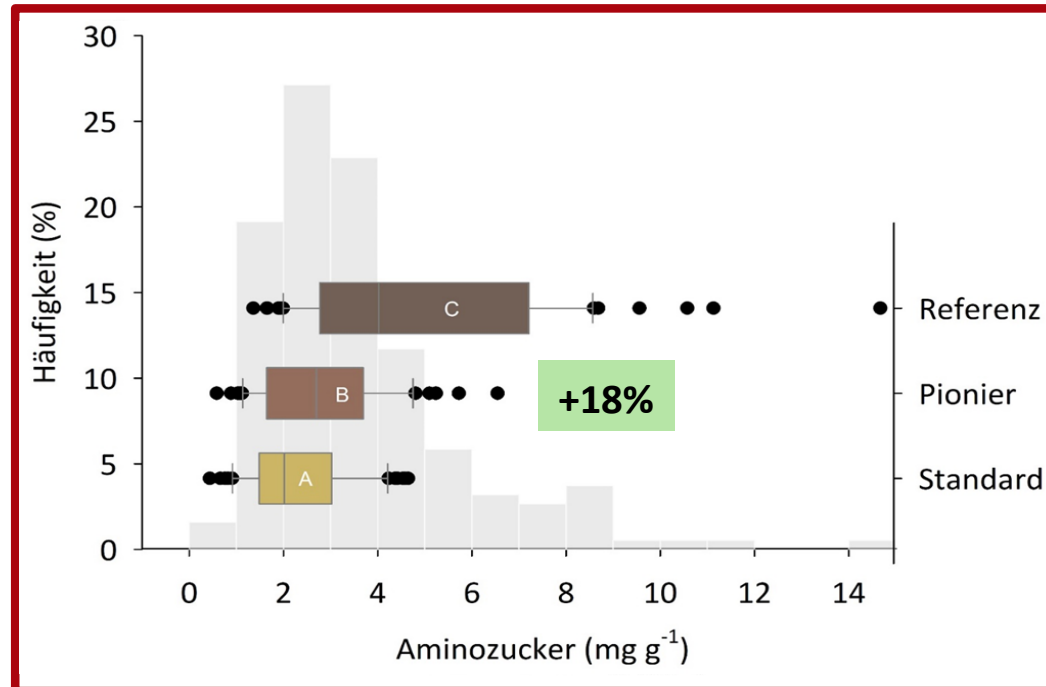
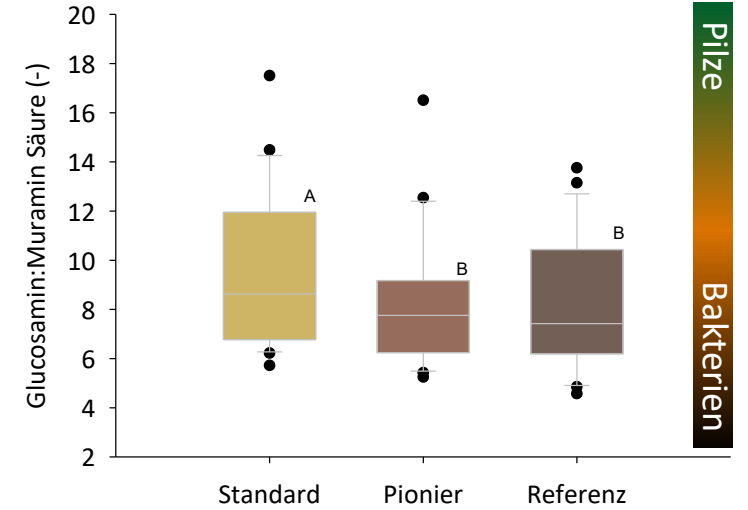
Boden.Pioniere – Mikrobielle Potentiale



Boden.Pioniere – Mikrobielle Potentiale

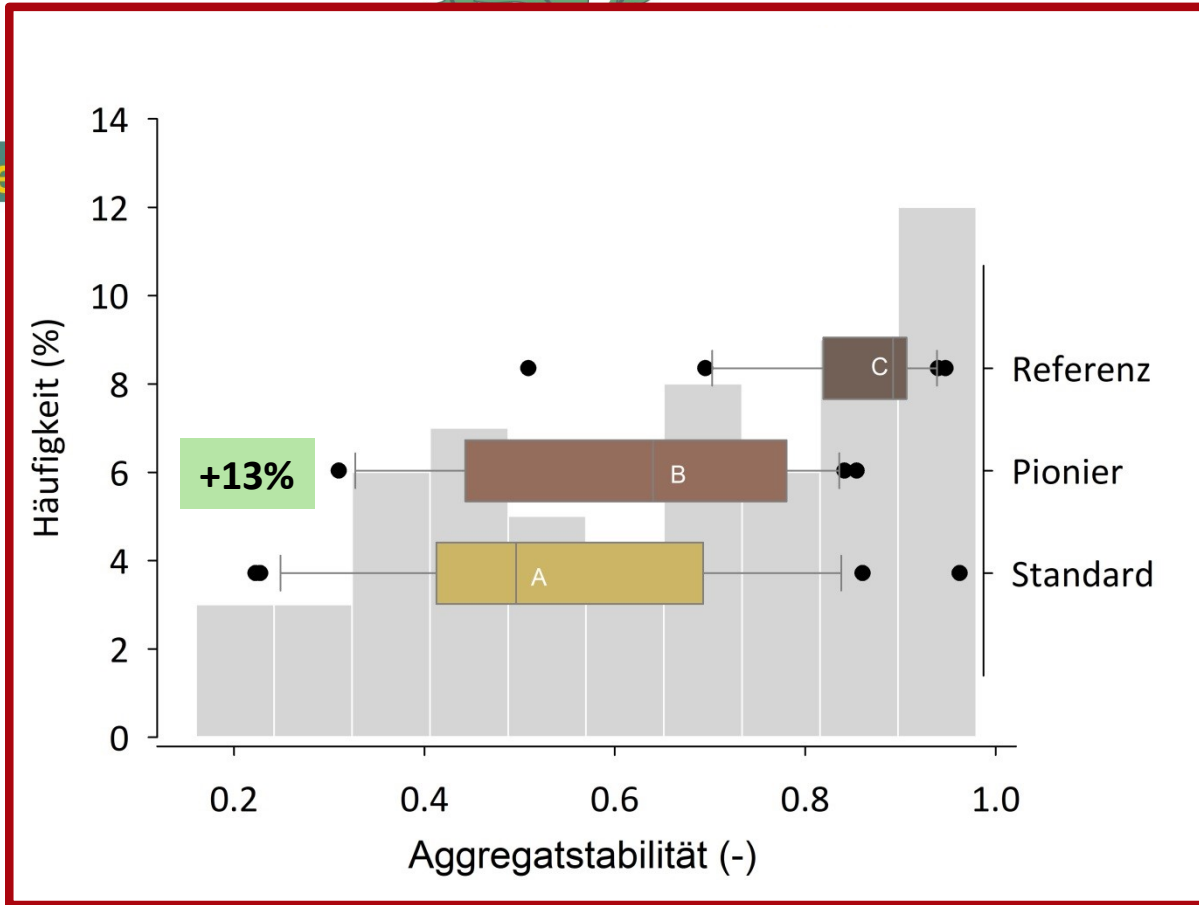


Pilze und Bakterien

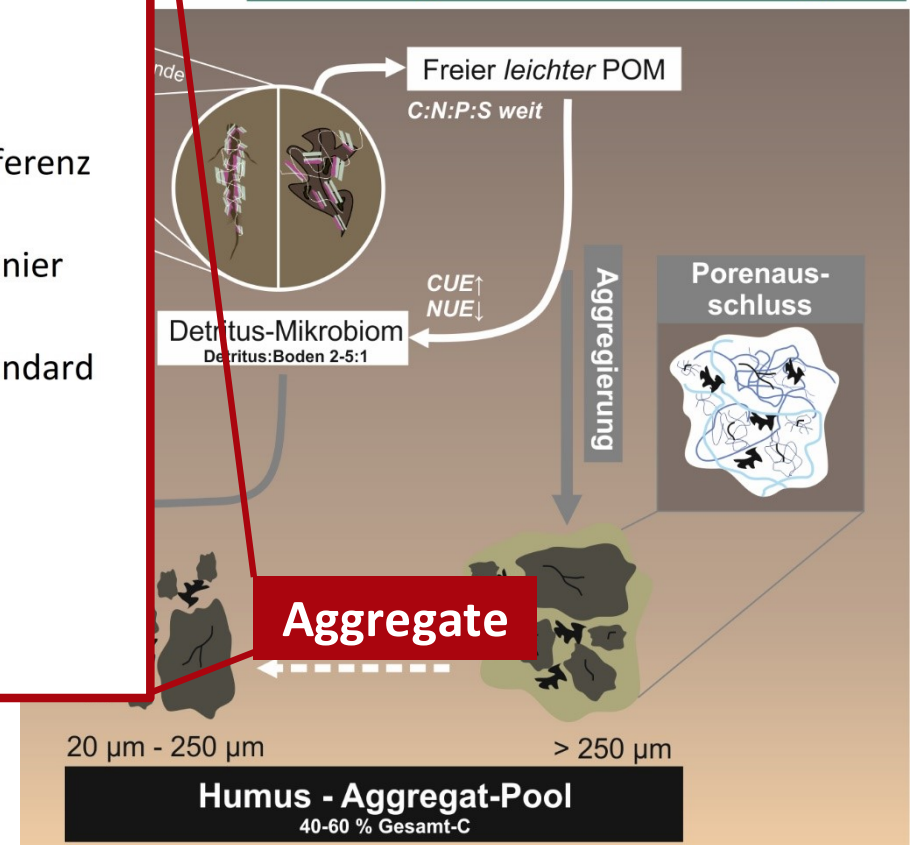


Boden.Pioniere – Physikalische Potentiale

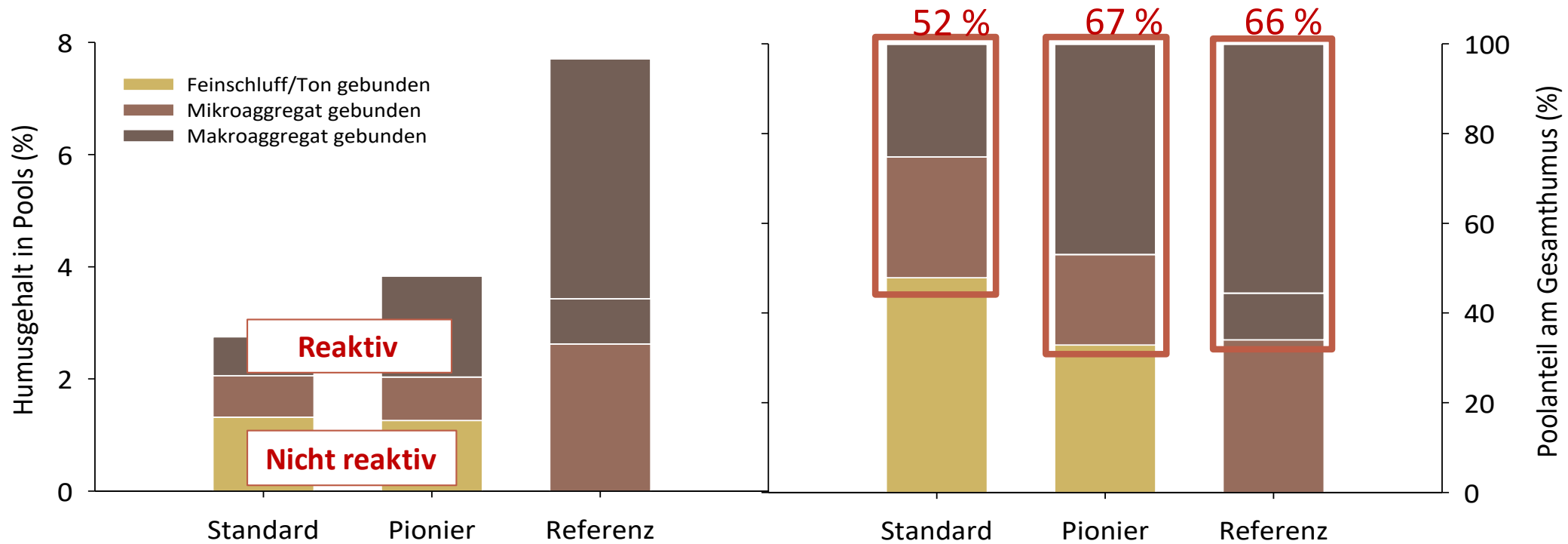
Mikrobielle



Physikalischer Weg



Boden.Pioniere – Physikalische Potentiale



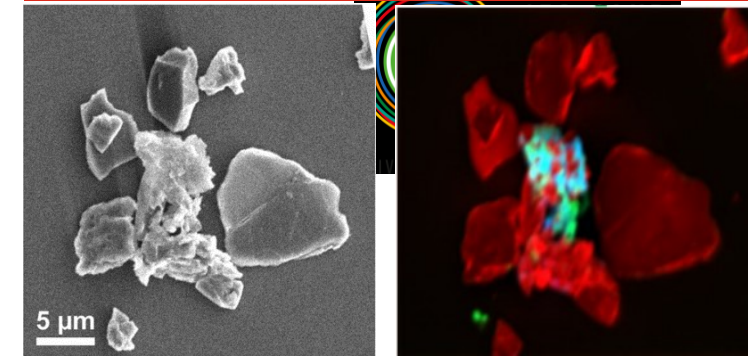
Methode: Niedrigenergie Ultraschall-Dispergierung;
Daten Masterarbeit David Luger, 2021

Limitierungen des Humusaufbaus

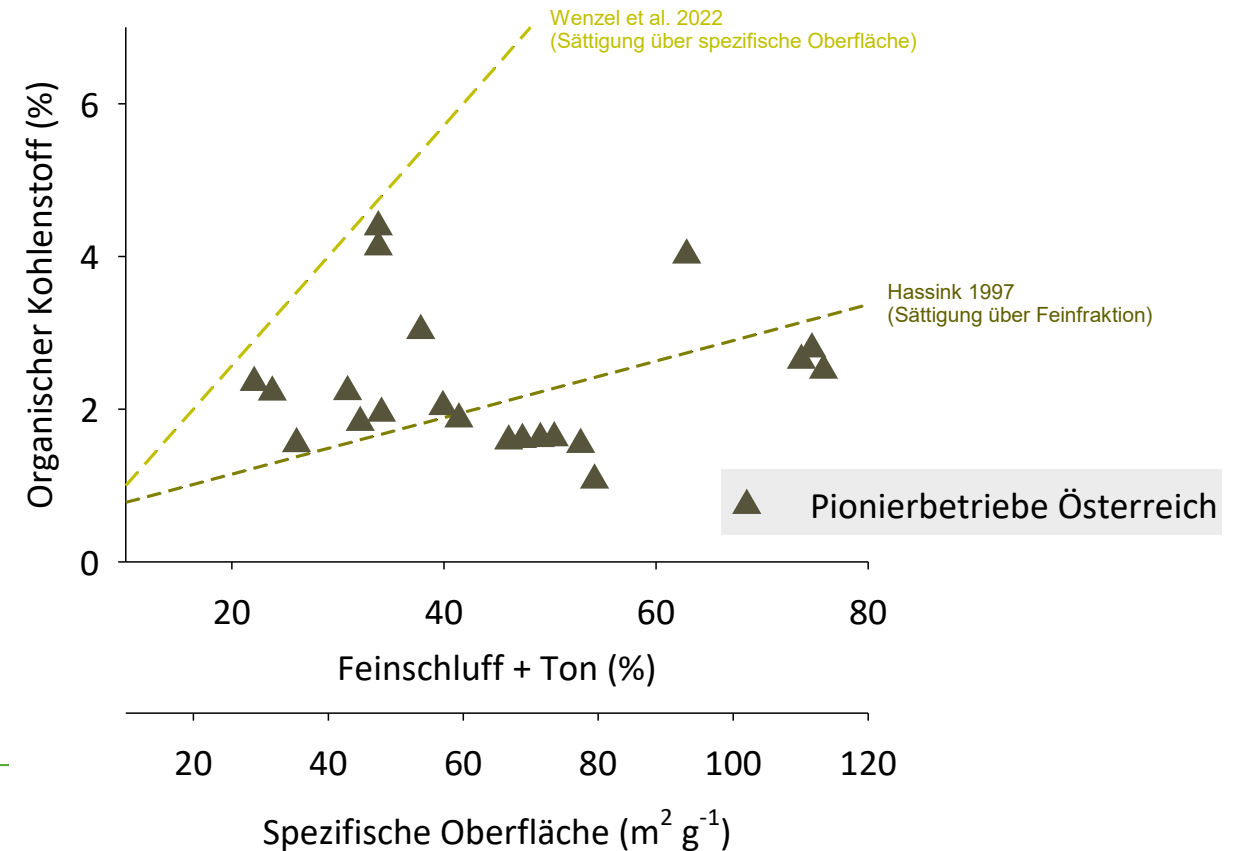
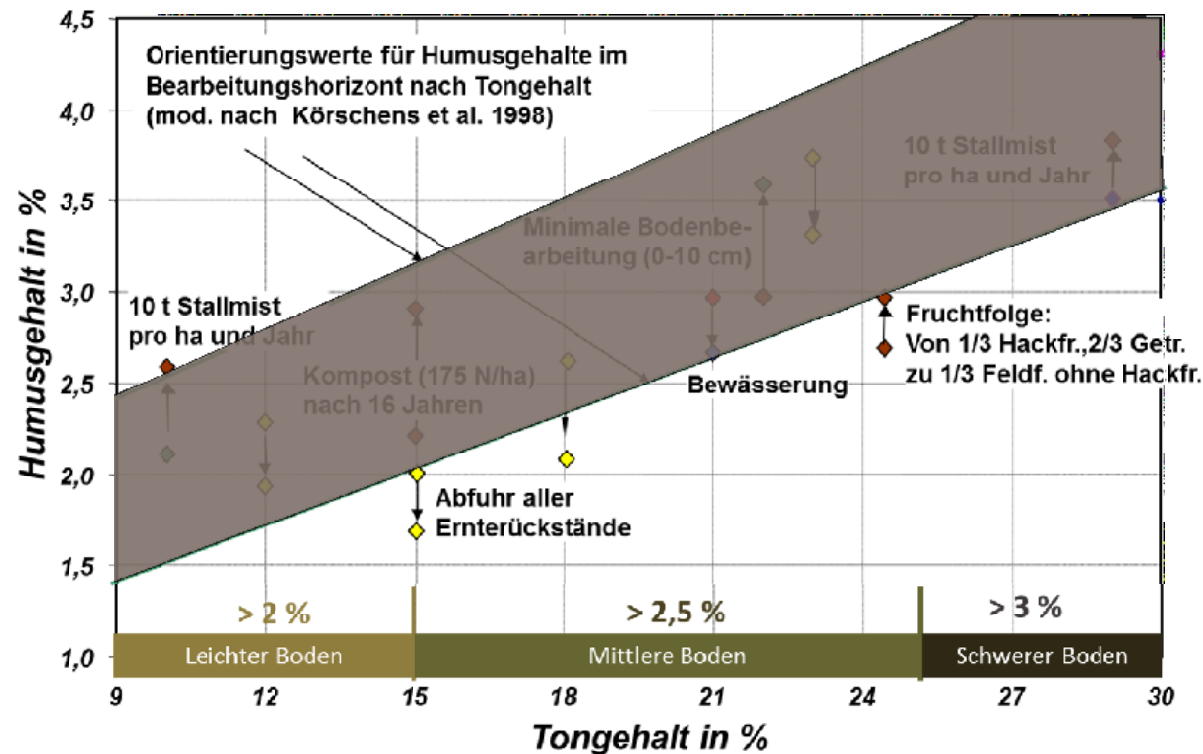
Grundlage der derzeit unterstellten **Zielhumusgehalte** ist die **Bodenschwere** (Tongehalt).

Damit einher geht die Annahme: Jenseits der Bodenschwere ist der **Managementeffekt gering**.

Ton-Humus-Komplex Sättigung ?



Bilder aus: Schweizer, et al. (2021) Biogeochemistry, 1-20.



Humussättigung anhand eines praktischen Beispiels



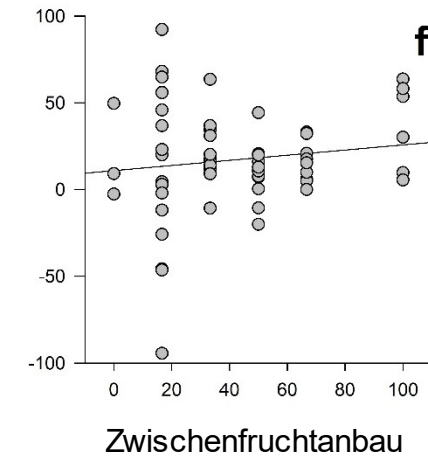
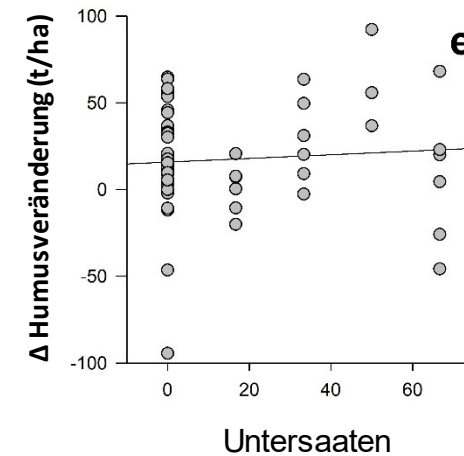
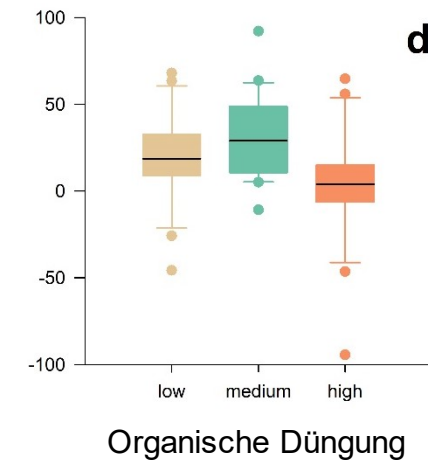
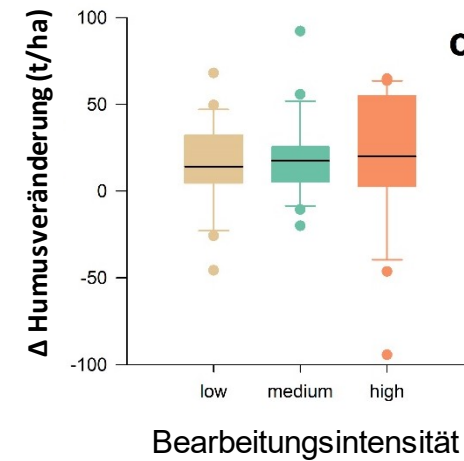
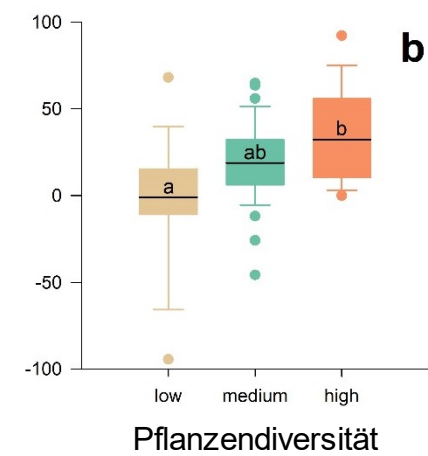
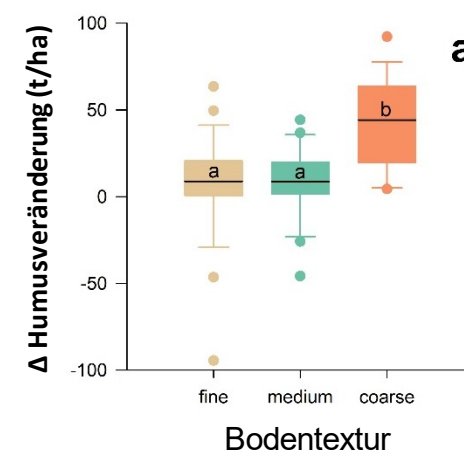
Mittlere „Sättigung“
der Oberflächen 10-
40 % (keine
Vollsättigung!)

- **Abnehmendes Aufbau-/Stabilisierungspotenzial** mit zunehmendem Humusgehalt
- **Sättigungsprozesse komplex und als Zielpotenziale** (z.B: Hessink-Gleichung, natürliche Referenzen) im Ackerbau tendenziell **wenig sinnvoll**.

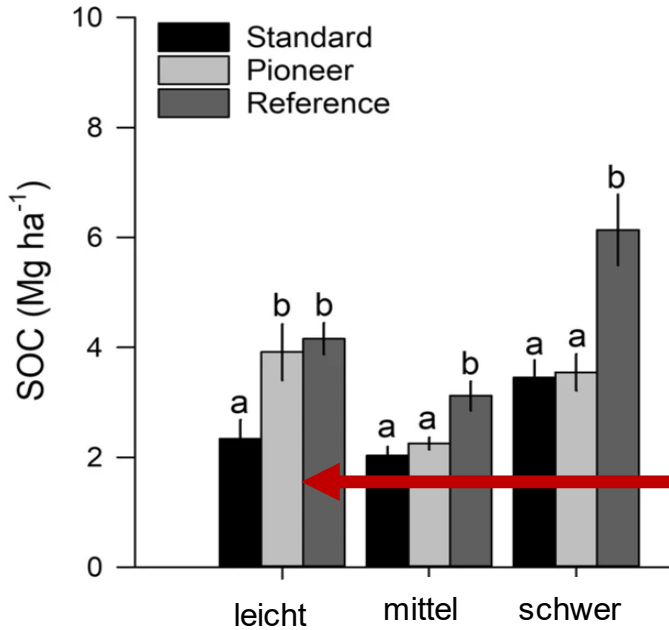
Limitierungen des Humusaufbaus

Bodentextur hat – im Vergleich zu Managementmaßnahmen – einen größeren Einfluss auf Humusaufbaupotentiale → boden-spezifische Limitierung

Parameter	Effektegröße
Bodentextur	19.725
Pflanzendiversität	6.458
Zwischenfruchtanbau	2.884
Untersaaten	1.762
Bearbeitungsintensität	1.600
Organische Düngung	1.202



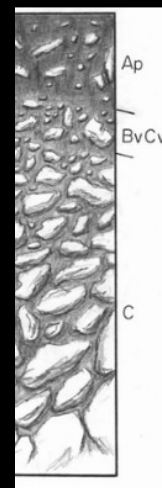
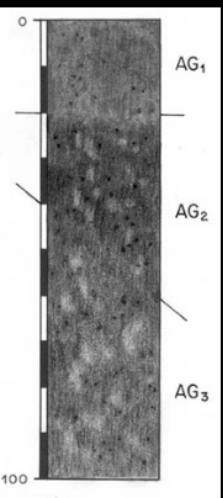
Limitierungen des Humusaufbaus



Aber: auf sandigen Böden nähern sich Pionierbetriebe den natürlichen Referenzen an!

Mehr Humus in Aggregaten gebunden!!

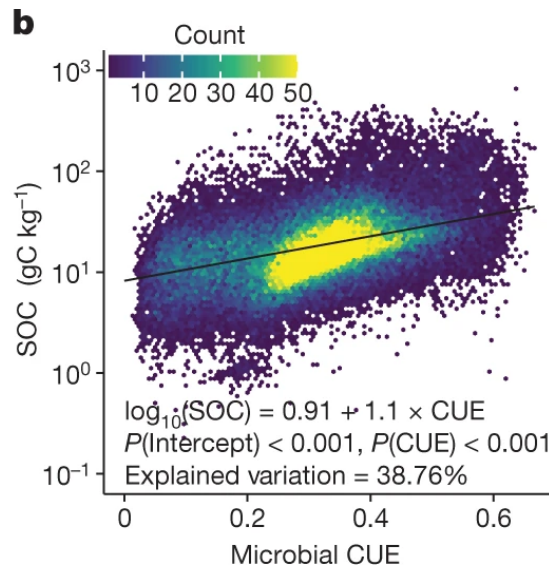
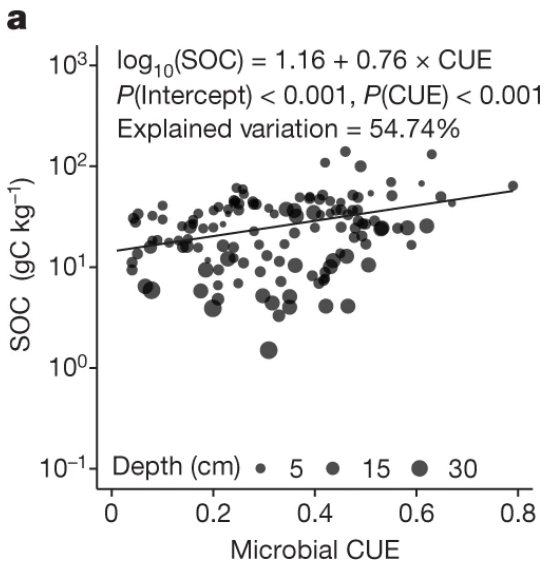
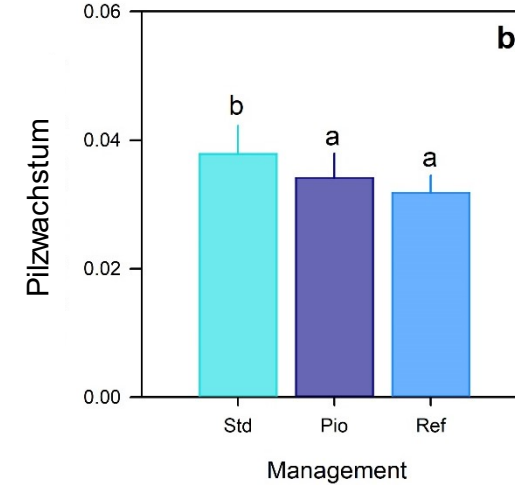
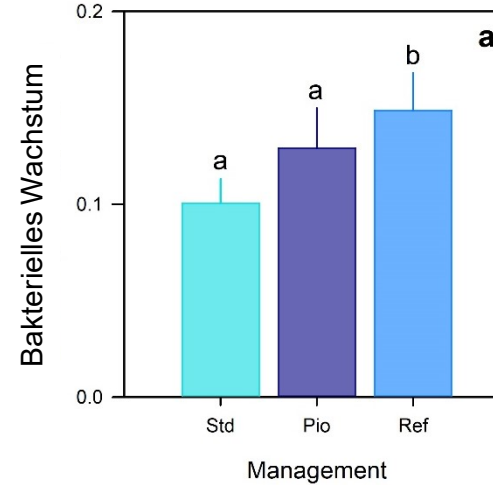
„Schlechte“ Böden reagieren besser. Bodenaufbau folgt bei vielen Parametern einer Sättigungskurve. Problemböden haben Regenerationspotenzial, gute Böden brauchen Erhaltung und Pflege.



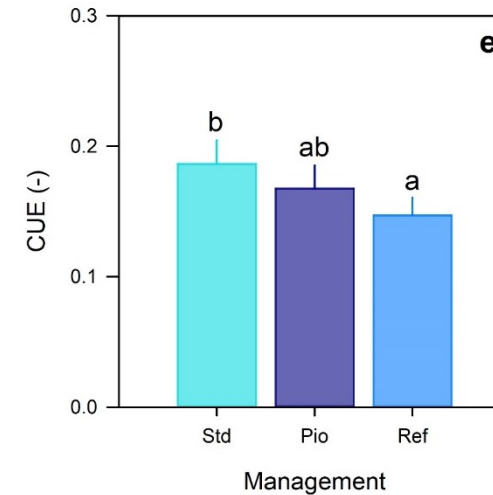
Trugschlüsse, und was wir alles sonst so noch nicht wissen...



- Unser Verständnis von mikrobiellen Prozessen und Interaktionen (Pflanze-Boden-Mikroorganismen) ist noch begrenzt
- z.B. mikrobielle Kohlenstoffnutzungseffizienz als wichtigster Faktor für Humusaufbau proklamiert



ABER →



VIELEN DANK FÜR IHRE AUFMERKSAMKEIT!



Christoph Rosinger

Institut für Bodenforschung, Institut für Pflanzenbau

Universität für Bodenkultur Wien

+43 1 47654-91142 oder -95116

christoph.rosinger@boku.ac.at

Disclaimer: Diese Präsentation beinhaltet sekundäre Literatur und darf nicht über den privaten Gebrauch hinaus vervielfältigt werden

