

Humusaufbau

Chancen und Grenzen

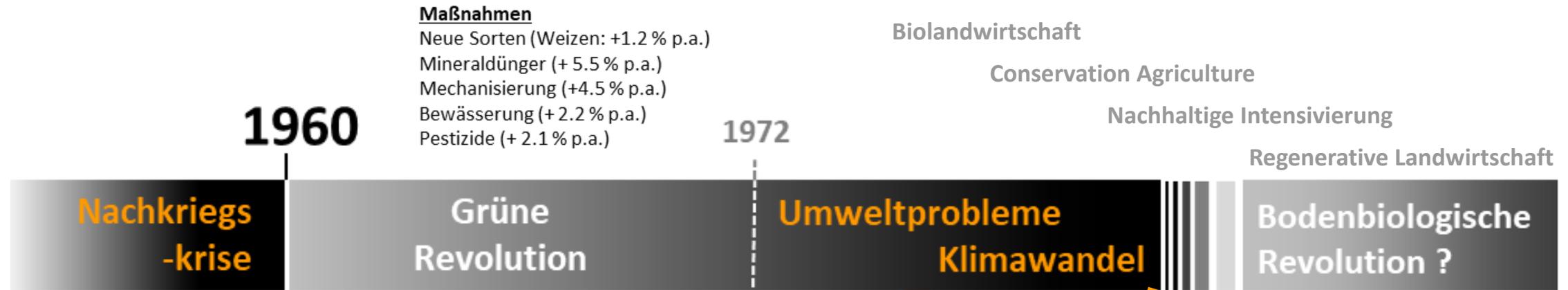
Gernot Bodner^{1,3}, Christoph Rosinger^{1,2}, Katharina Keiblinger¹

¹Universität für Bodenkultur Wien, Institut für Pflanzenbau

²Universität für Bodenkultur Wien, Institut für Bodenforschung

³Boden.Leben, Verein für klimaangepasste und aufbauende Landwirtschaft

Wissenschaftlicher Fortschritt entsteht aus der **Krise** des bestehenden Interpretationsrahmens von Beobachtungen und führt zu neuen konzeptionellen Schemen. *(Thomas S. Kuhn: The Structure of Scientific Revolutions, 1962, University of Chicago Press)*



Fridays For Future Europe
Change the CAP not the Climate!
 Live Stream on Facebook 10. AM on Friday the 22th

EUROPEAN COMMISSION
 DIRECTORATE-GENERAL CLIMATE ACTION
 Directorate C – Climate strategy, governance and emissions from non-trading sectors
 CLIMAC.3 – Land Use and Finance for Innovation

eco logic **COWI** **Institute for European Environmental Policy**

Carbon Farming Schemes in Europe - Roundtable
 Background document

CO₂-Zertifikat für Ökologische Landwirte

Alles Gute kommt von unten.

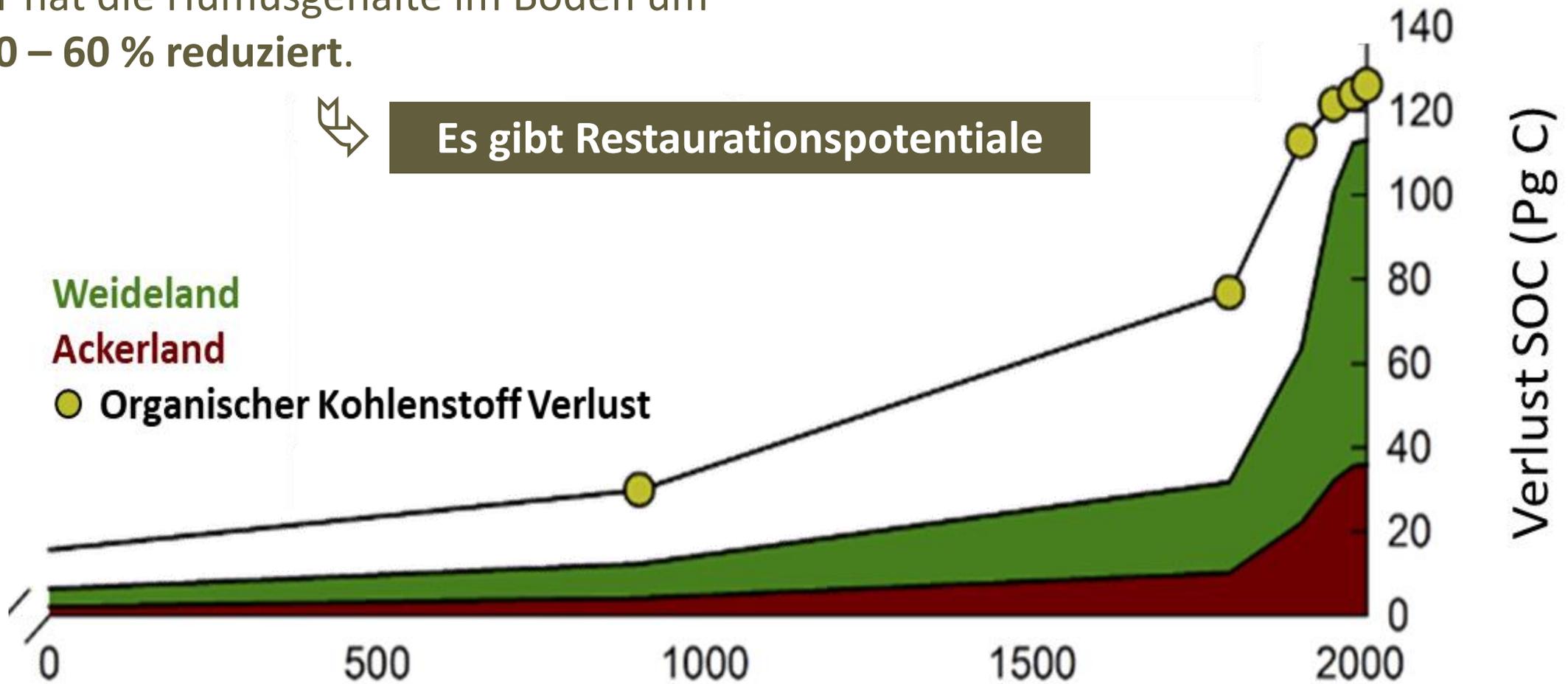
PERSPECTIVE
 Persistence of soil organic matter as an ecosystem property

PERSPECTIVE
 The contentious nature of soil organic matter

Humusaufbau

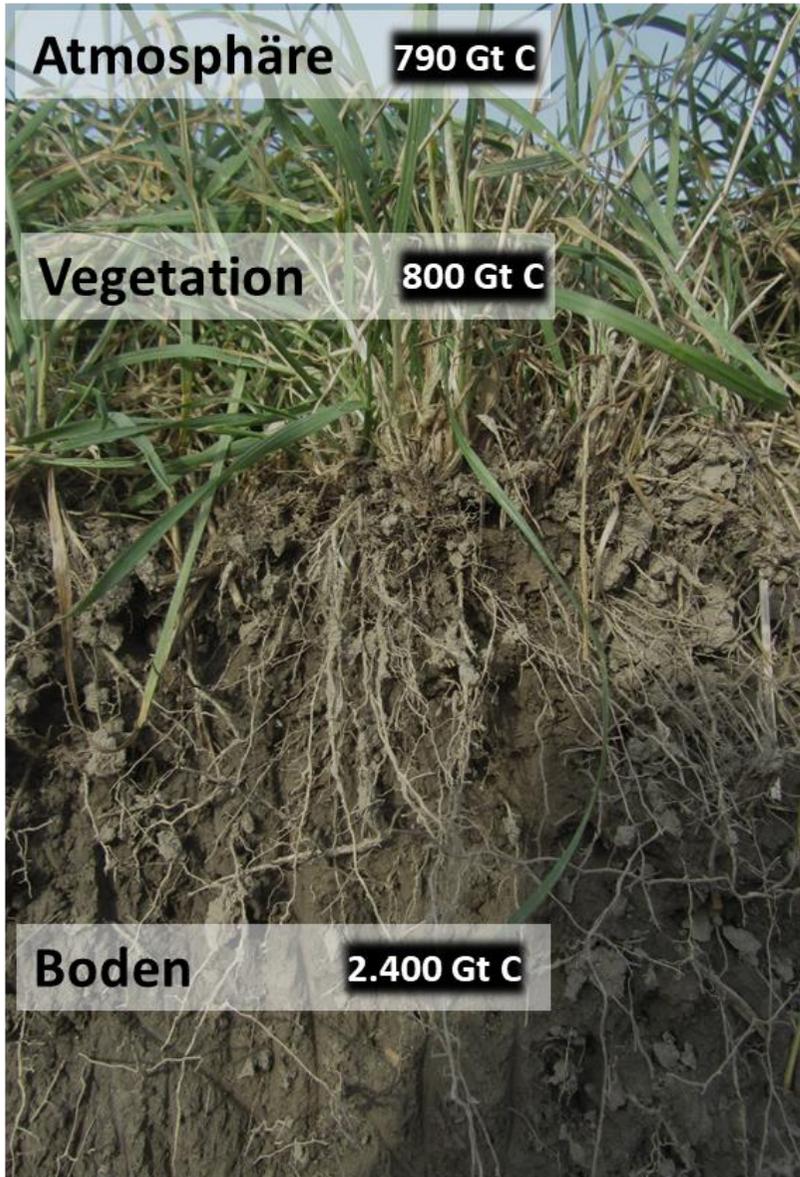
Verluste und Potentiale

Landnutzungsänderung von Wald/Wiese zu Acker hat die Humusgehalte im Boden um ca. 40 – 60 % reduziert.



Sanderman et al., 2017, PNAS

Humusziele

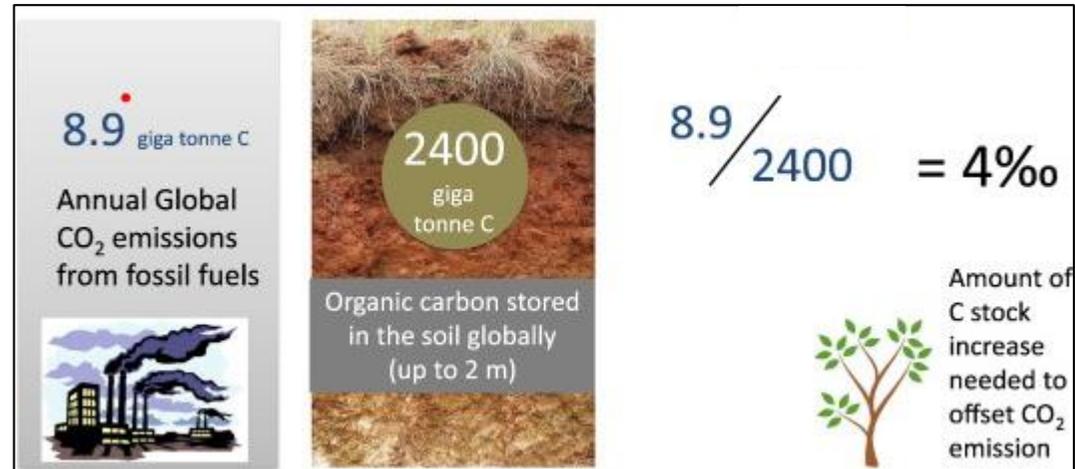


Warum möchten wir Humus im Ackerland vermehren ?

- Klimaziel
- Ertragsziel
- Bodenstrukturziel
- Nährstoffeffizienz-Ziel

Humusziele Klimaschutz

Klimainitiative
COP Paris 2015

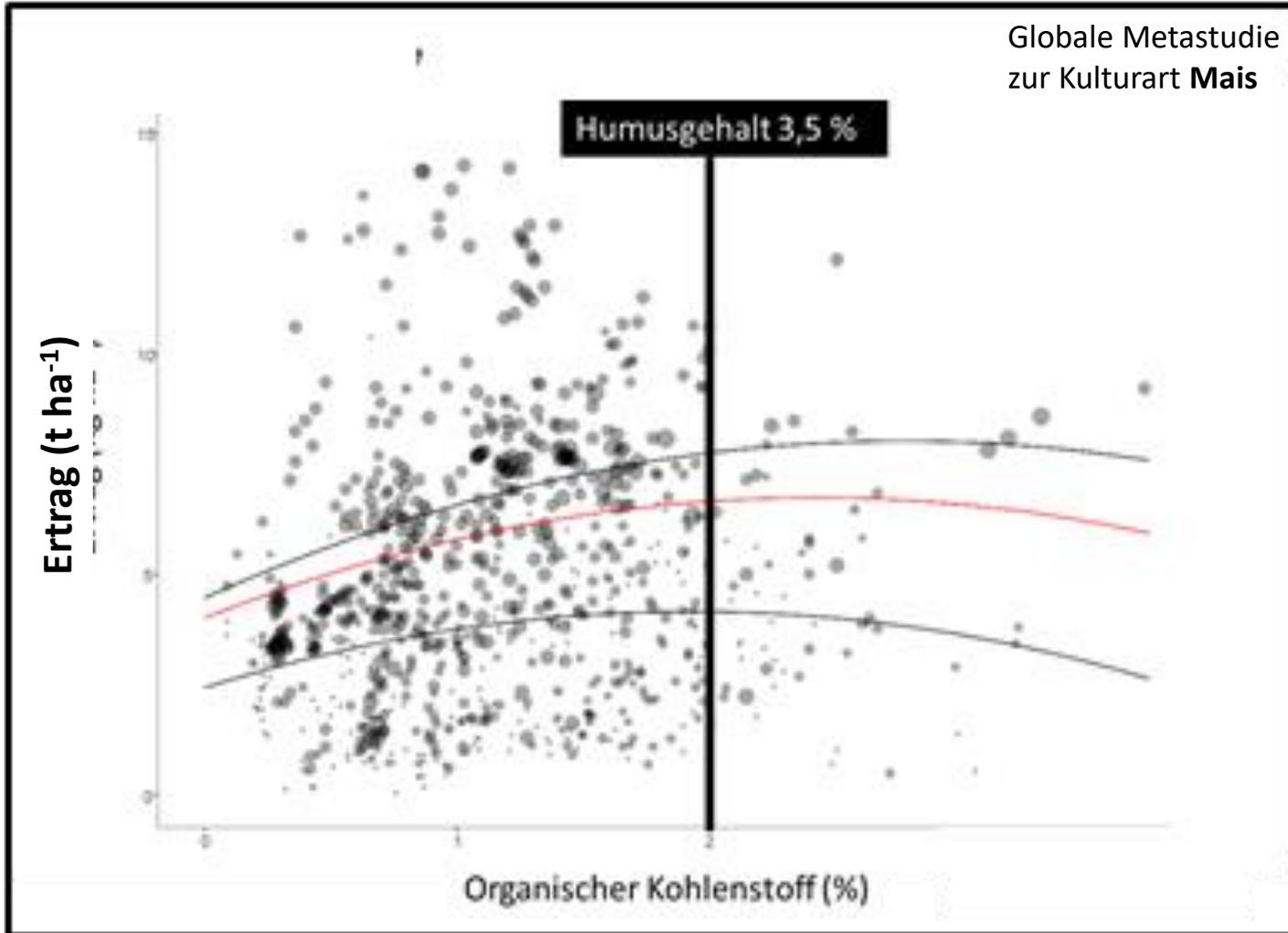


Grundidee: Durch eine Steigerung des im Boden gespeicherten organischen Kohlenstoffs von 4 ‰ pro Jahr durch Humusaufbau könnte die gesamten CO₂ Emissionen aus der Verbrennung fossiler Energieträger abgefangen werden.

Je mehr Humus, desto besser...

Humusziele

Ertrag



Oldfield et al. 2019, Soil 5

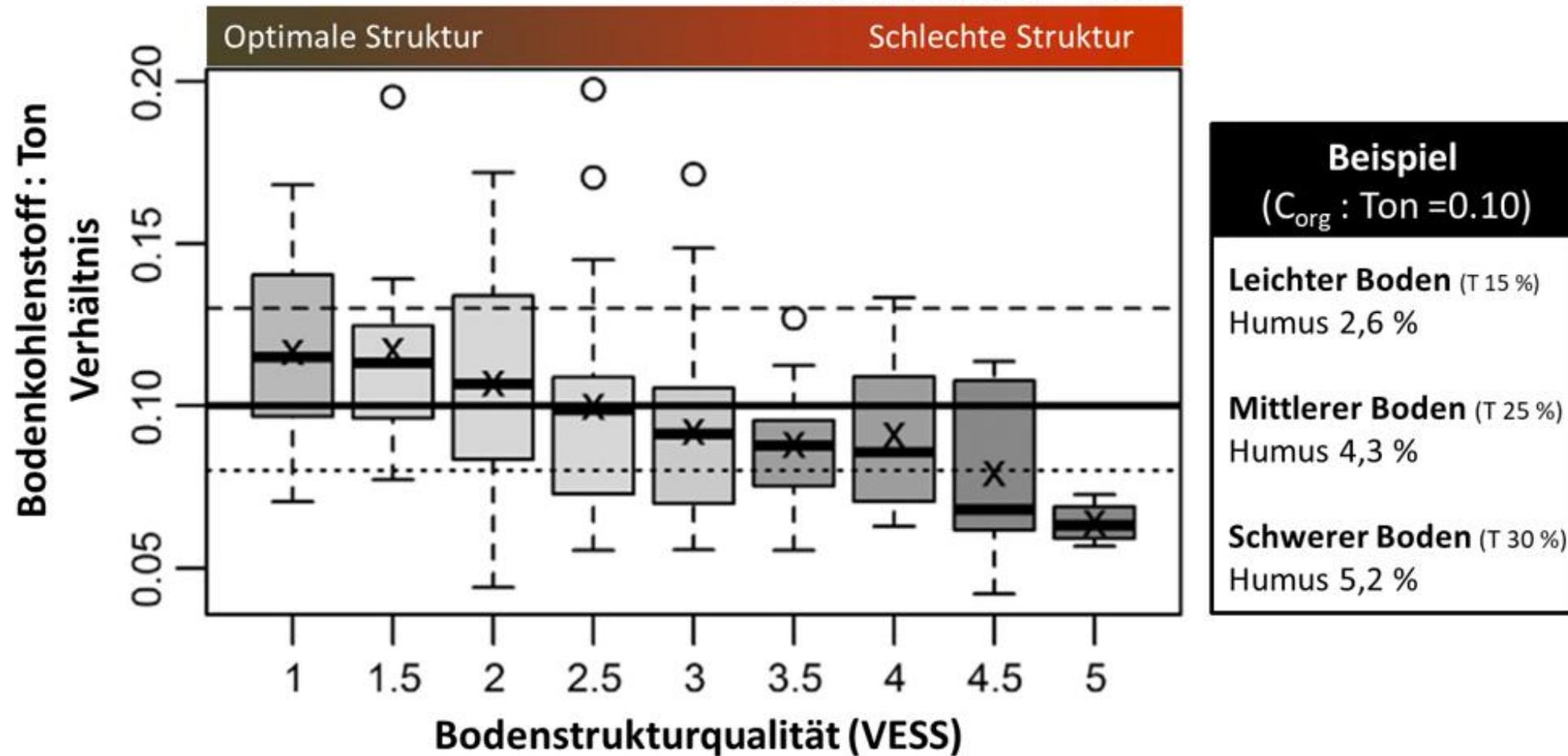
Ertragseffekte von Humus durch

- Bodenstruktur
 - ⇒ Wasser
 - ⇒ Luft
 - ⇒ Dichte
 - ⇒ Durchwurzelung
- Nährstoffnachlieferung
- Bearbeitbarkeit

Humusziele

Bodenstruktur

Quelle: Johannes et al., 2017, Geoderma 302

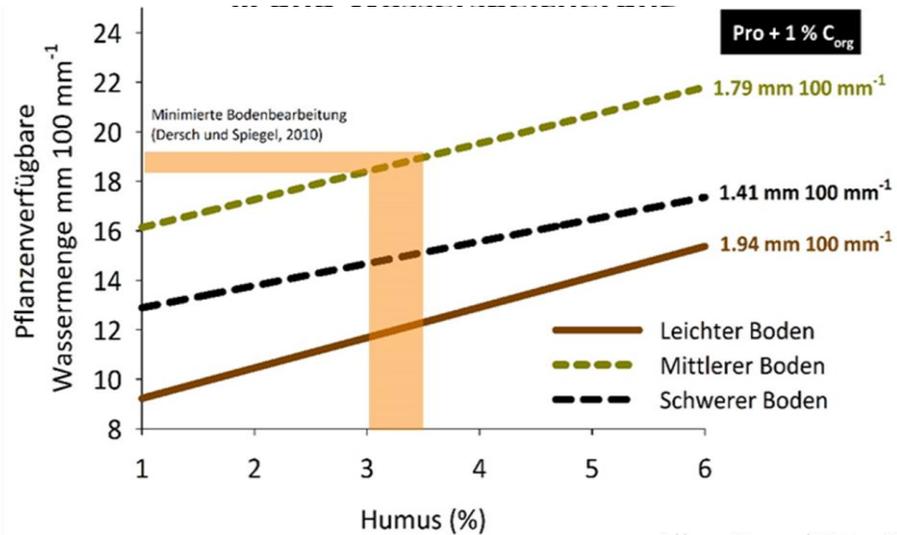


Humus = Bodenkohlenstoff * 1,72

Humusziele

Bodenstruktur

Wasserspeicherung



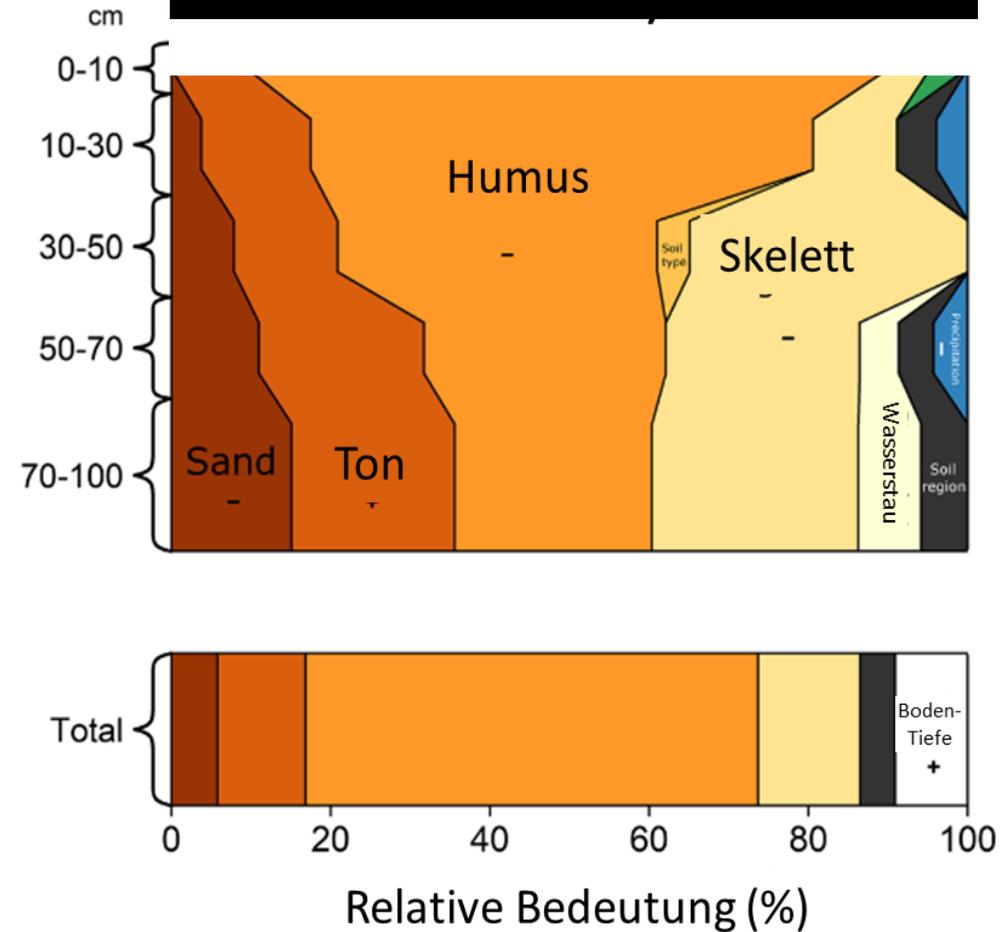
Oberboden (0-30 cm):

+ 1 % Humus (≈ 0,5 % C_{org}) = + 2,5 mm nFK

Aber...

Wasserhaushalt = Bodenspeicher + Wurzeltiefe

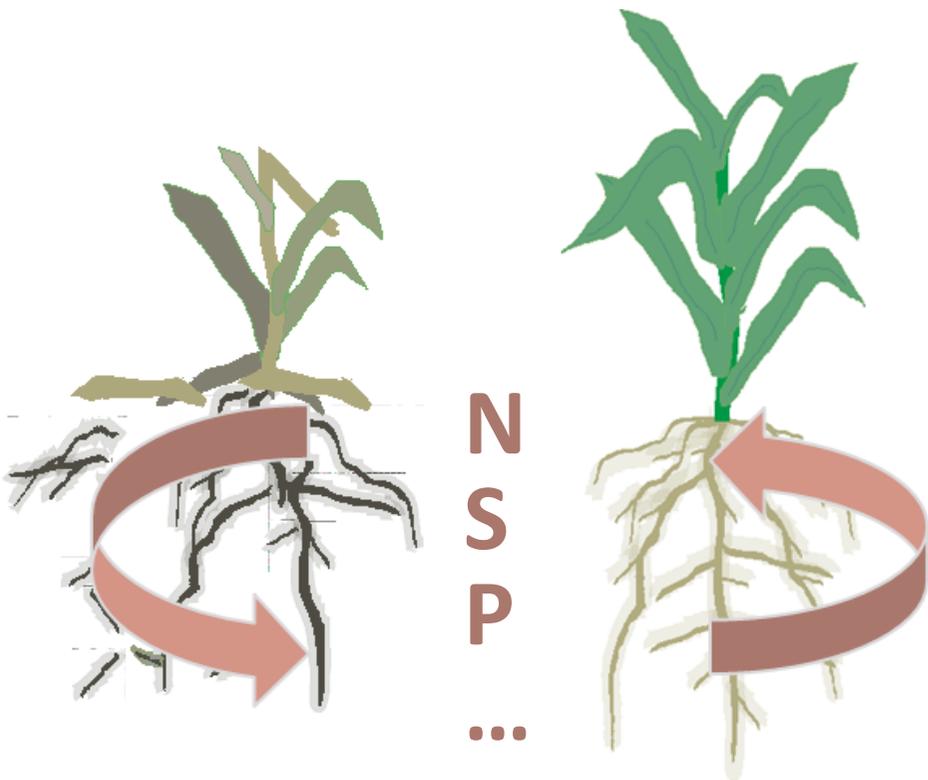
Durchwurzelbarkeit



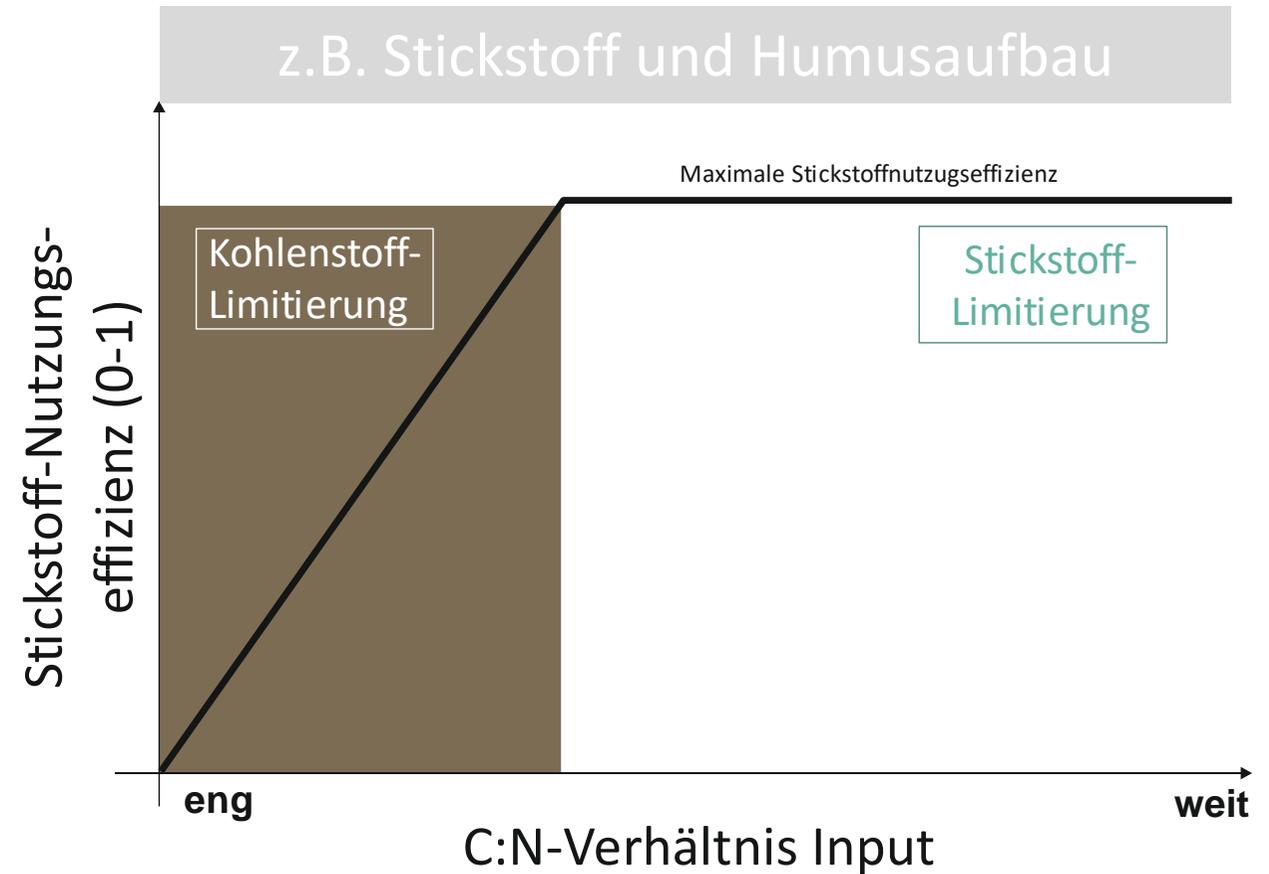
Quelle: Schneider und Don, 2019, Plant and Soil 442

Humusziele

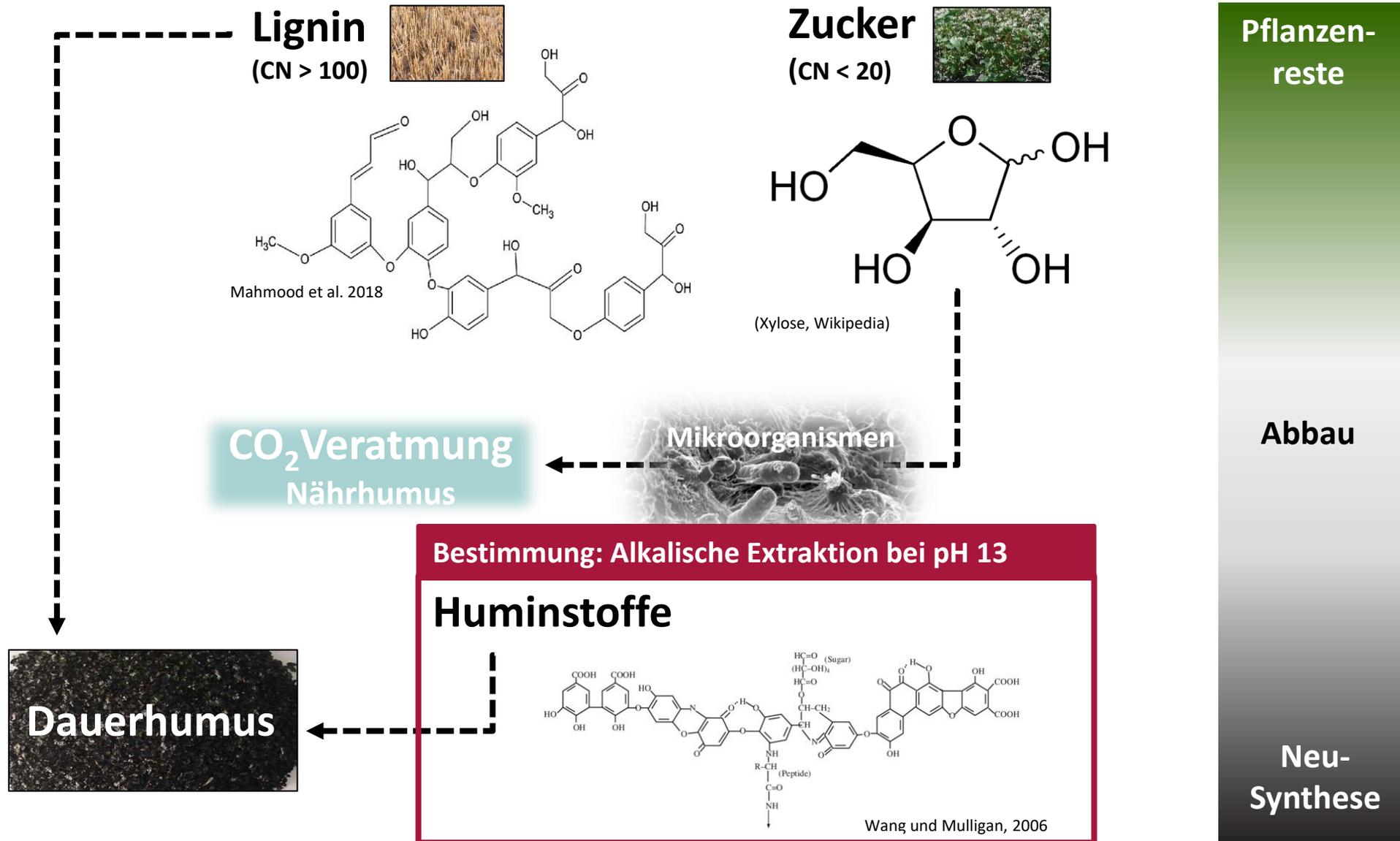
Nährstoffhaushalt



Förderung von Nährstoffkreisläufen
und Optimierung der natürlichen
Ressourcennutzung



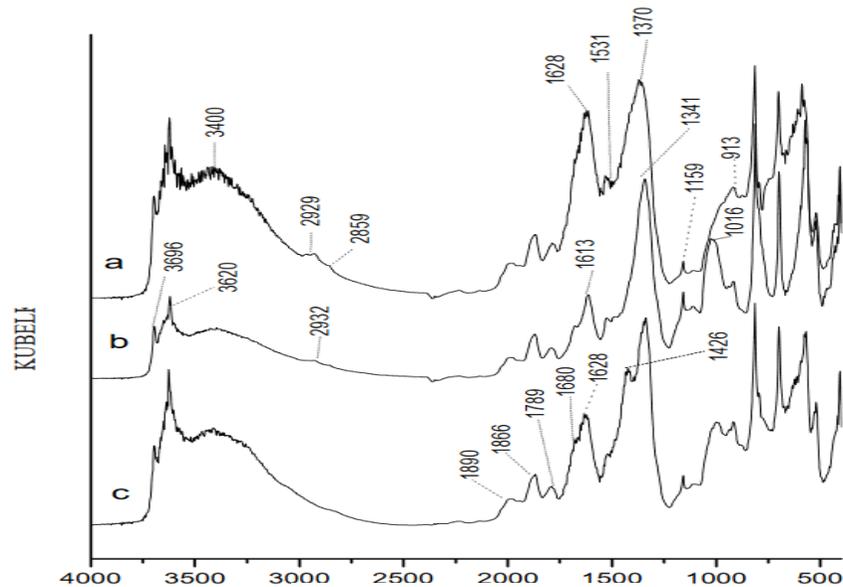
Die „alte Humustheorie“ (Achard 1786) chemisch stabiler Stoffe



Humus

Die klassische Theorie

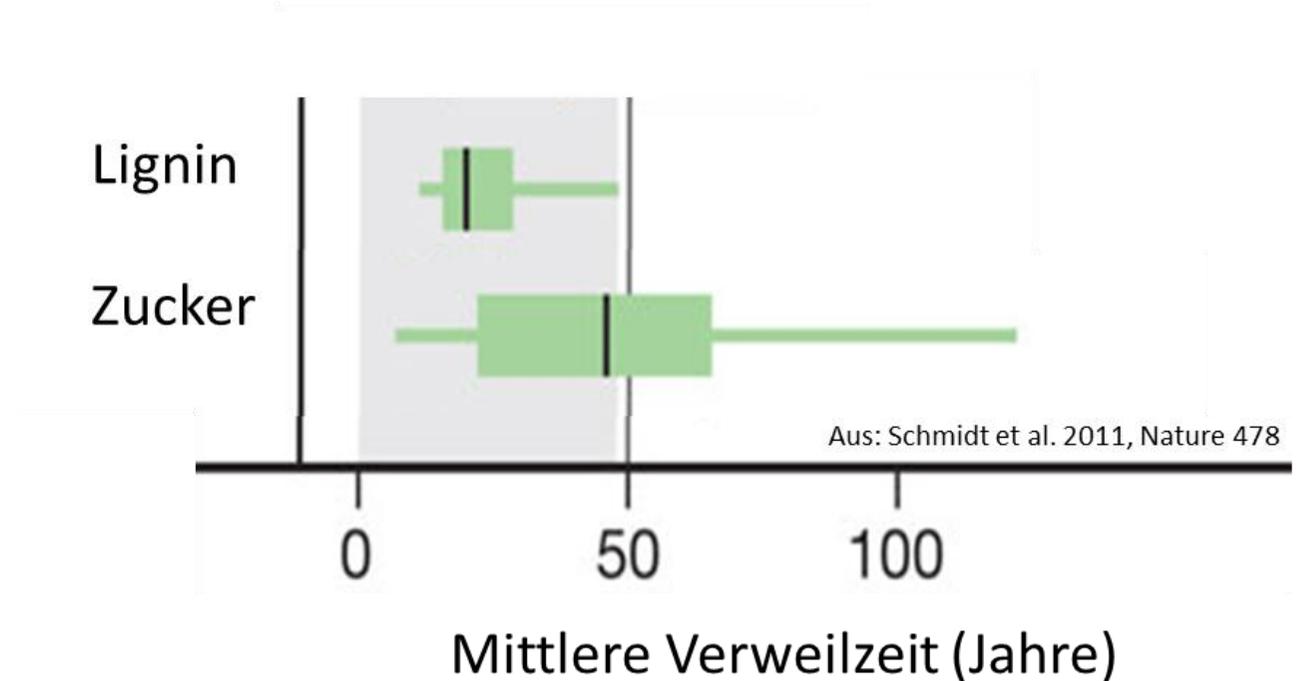
Problem 1



Huminstoffe finden sich nicht bei *in-situ* Analyse-Methoden von Boden.

⇒ Sie sind ein Produkt eines (hemischen Extraktionsverfahrens in stark basischer Lösung.

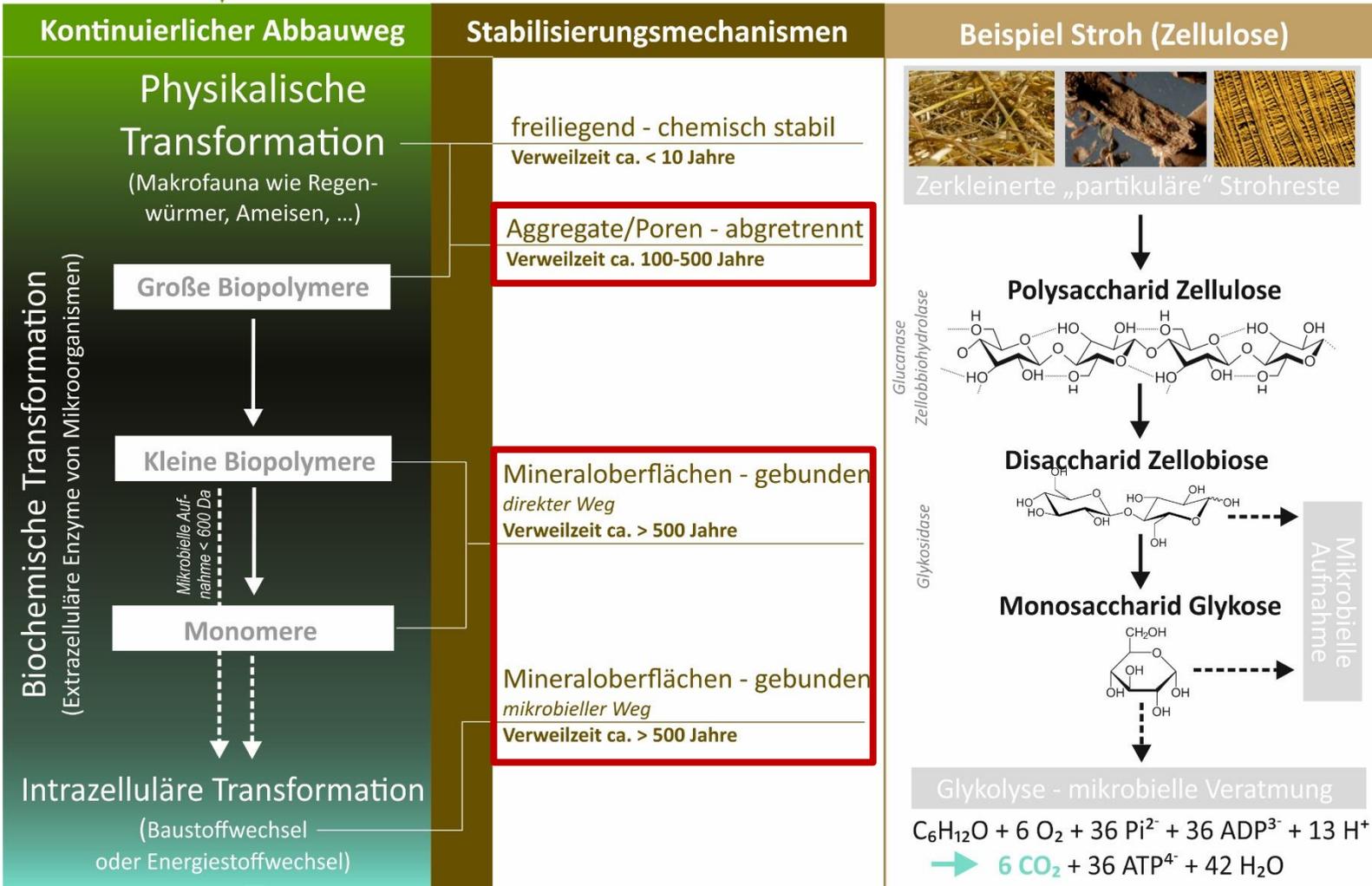
Problem 2



Chemisch komplexe organische Makromoleküle haben im Boden ähnliche Abbaugeschwindigkeit wie chemisch einfache organische Verbindungen.

Vielfältige Pflanzenreste

Kohlehydrate, Proteine, Lipide...



CO₂

Die neue Humustheorie

Kontinuum-Modell, Pool Theorie,...

Was macht Humus **stabil**, wenn es nicht die chemischen Eigenschaften der (Eingangs- und Umbau-) Stoffe sind?

Humus als „Ökosystemeigenschaft“

Stabilität ist eine Funktion der **Wechselwirkung** von organischen Stoffen mit der Mineralboden-Matrix.

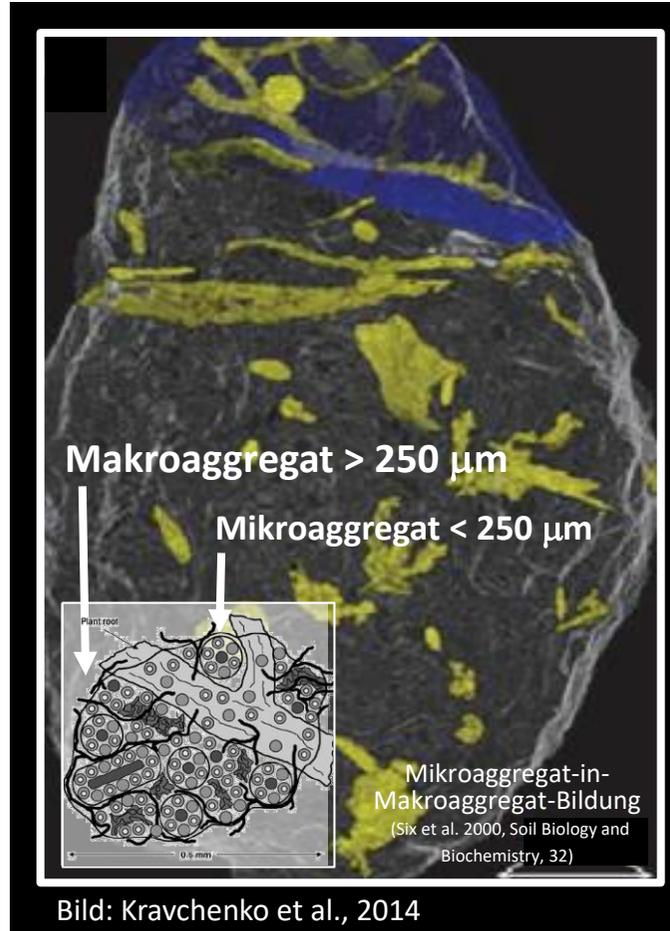
- Welche Stoffe ?
- Wie kommt es zu den Wechselwirkungen ?

Humus und Aggregate

Partikuläre Organische Substanz (POM)



Aggregat-okkludierte POM



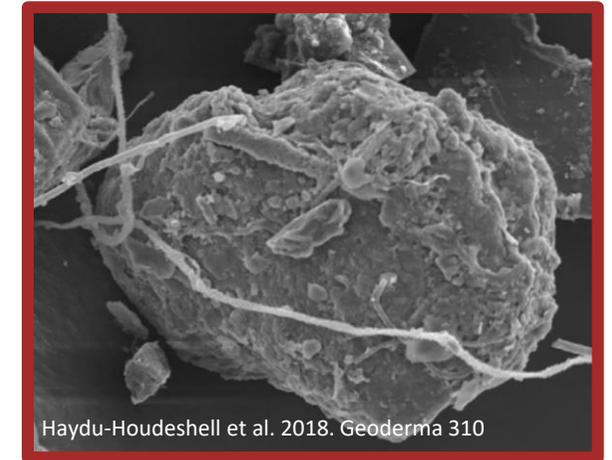
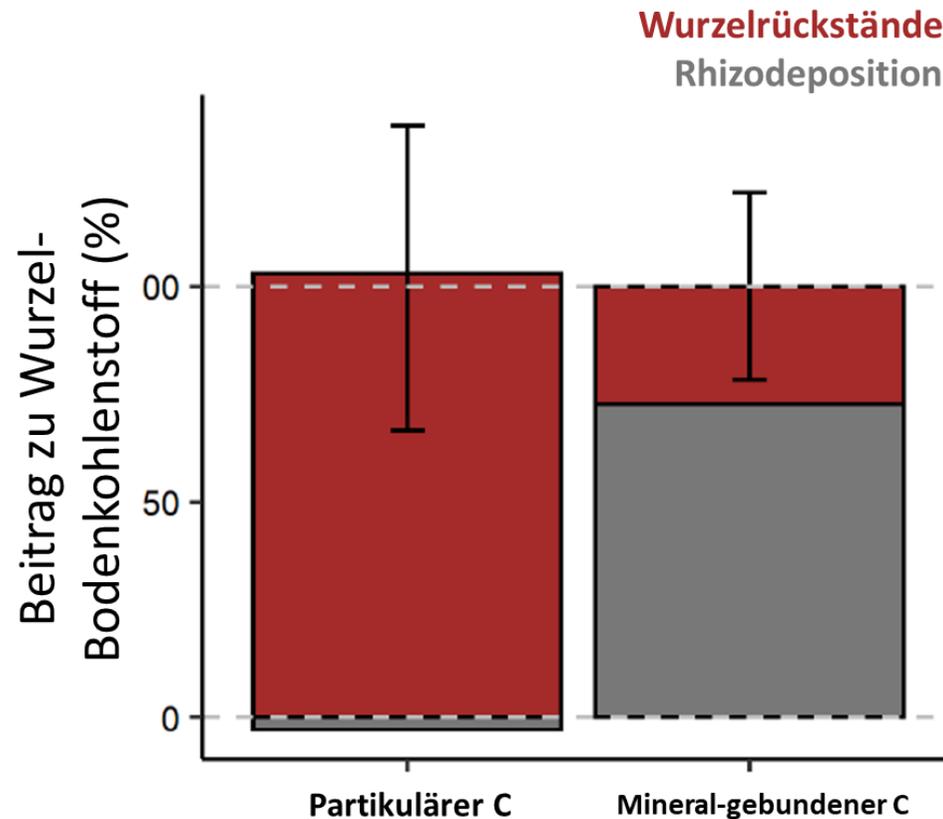
Teilweise abgebaute Ernterückstände (=Partikuläre organische Substanz) werden in **Bodenaggregaten** festgelegt und bilden so stabilen Humus (und stabile Aggregate).

Die Quelle für diesen „aggregat-stabilisierten Humus“ sind vor allem **Wurzelreste**.

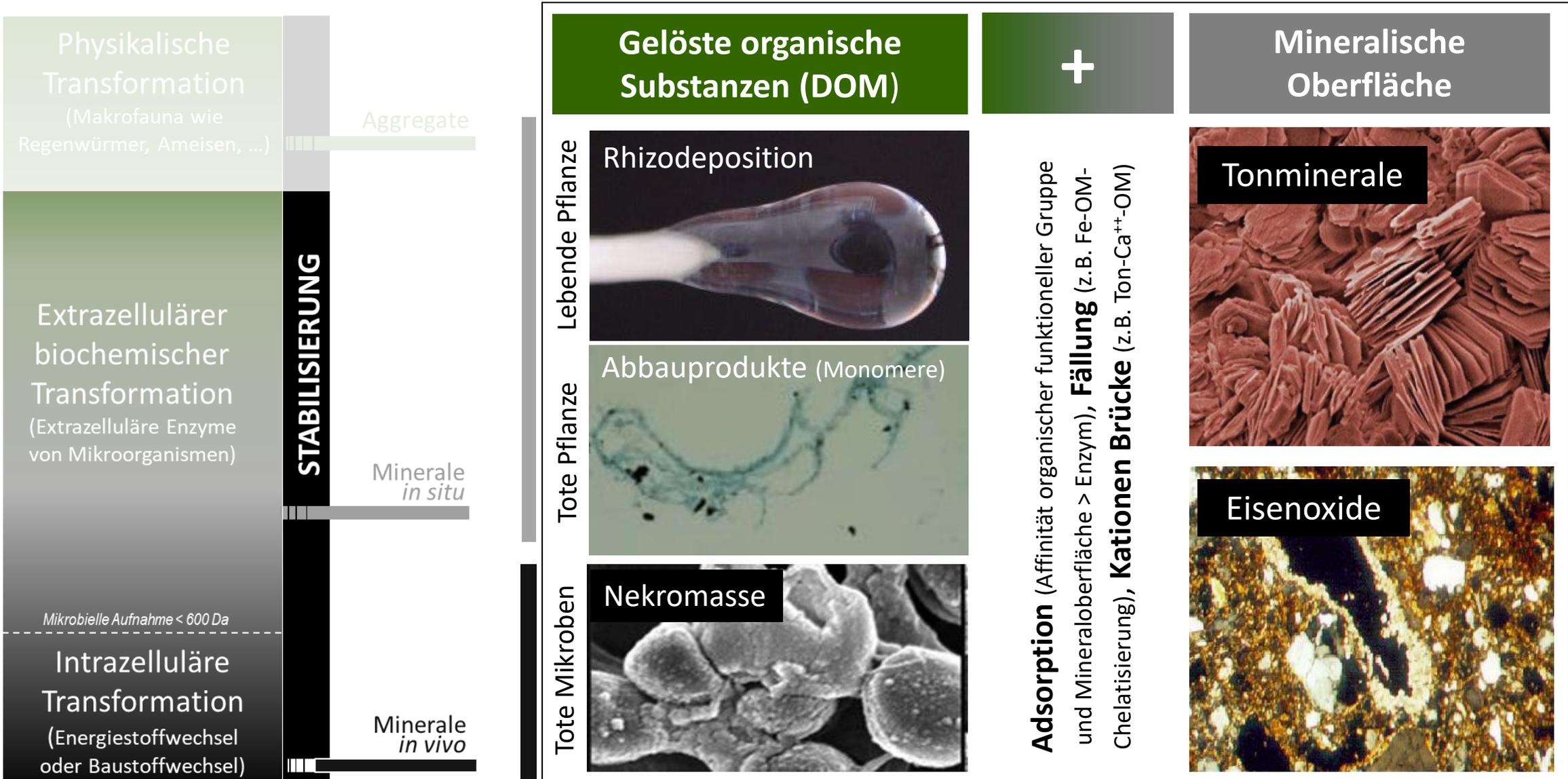
Humus und Wurzel



Im Mittel wird 46 % des Wurzelkohlen-stoffs in Humus eingebaut und 8 % des Sprosskohlenstoffs (Kohlenstoffisotop-Studien; Jackson et al., 2017, Ann. Rev. Ecol. Evol. Syst. 48)



Humus und Mikrobiologie

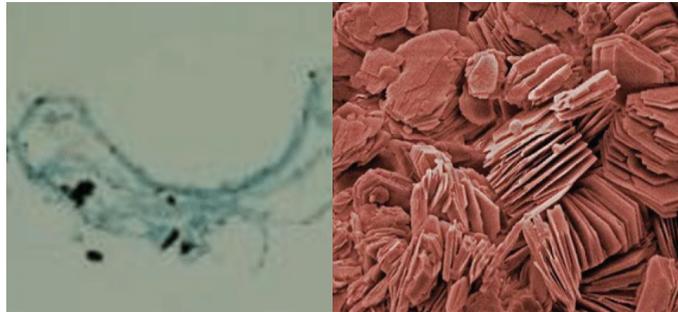


Humus und Mikrobiologie

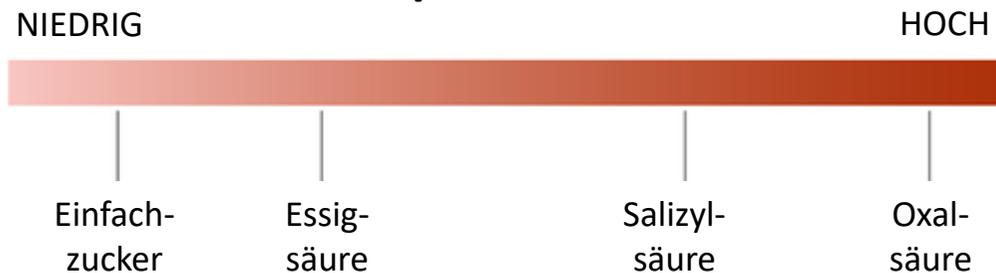
Vor allem wasserlösliche Sprossabbauprodukte

In-situ Sorptions-Pfad

Gelöste organische Substanzen werden direkt an Mineraloberflächen angelagert.



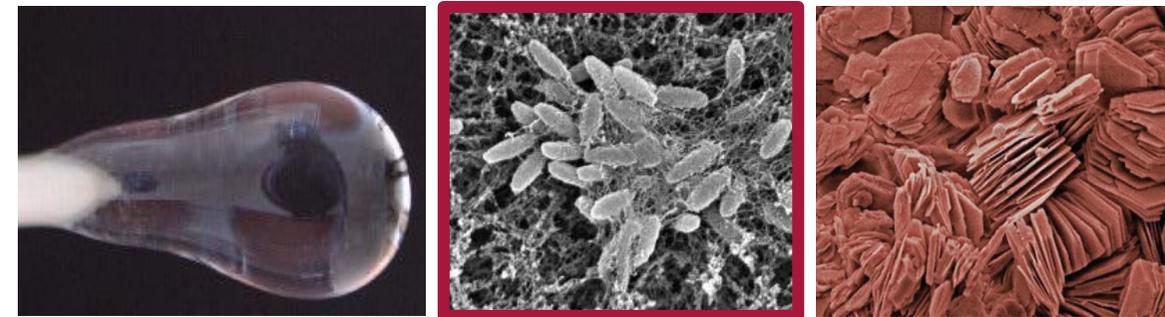
Sorptionsstärke



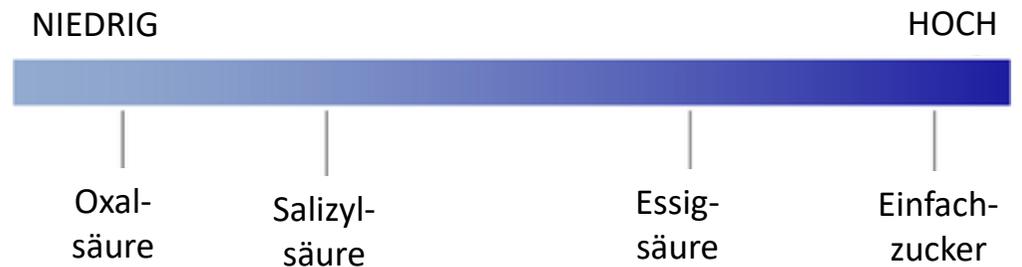
Vor allem Rhizosphäre (hohe mikrobielle Dichte)

In-vivo mikrobieller Pfad

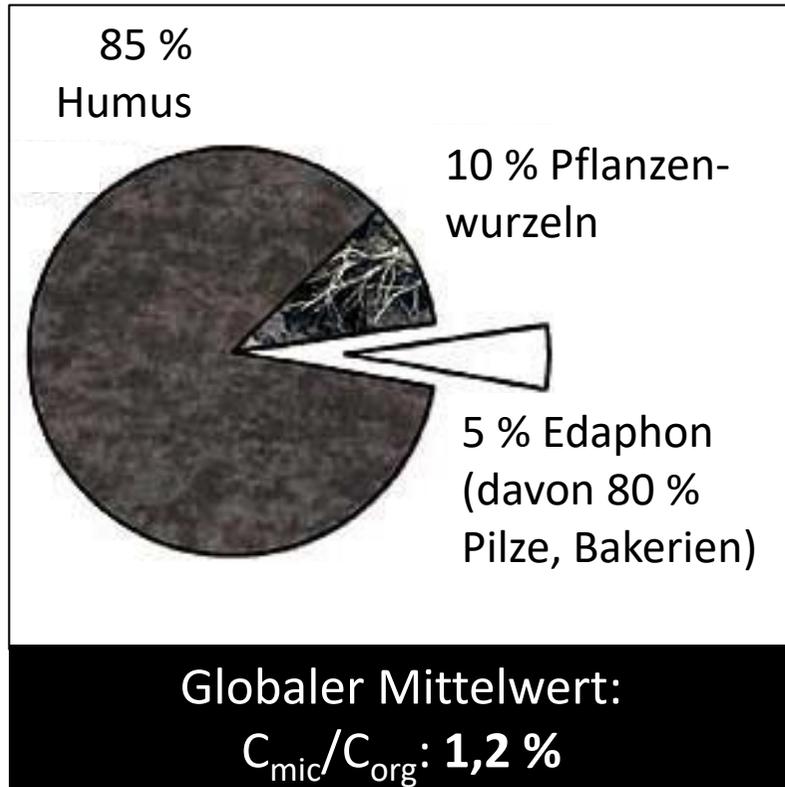
Gelöste organische Substanzen werden mikrobiell verstoffwechselt und **mikrobielle Nekromasse** an Mineraloberflächen angelagert.



Mikrobielle Kohlenstoffnutzungseffizienz

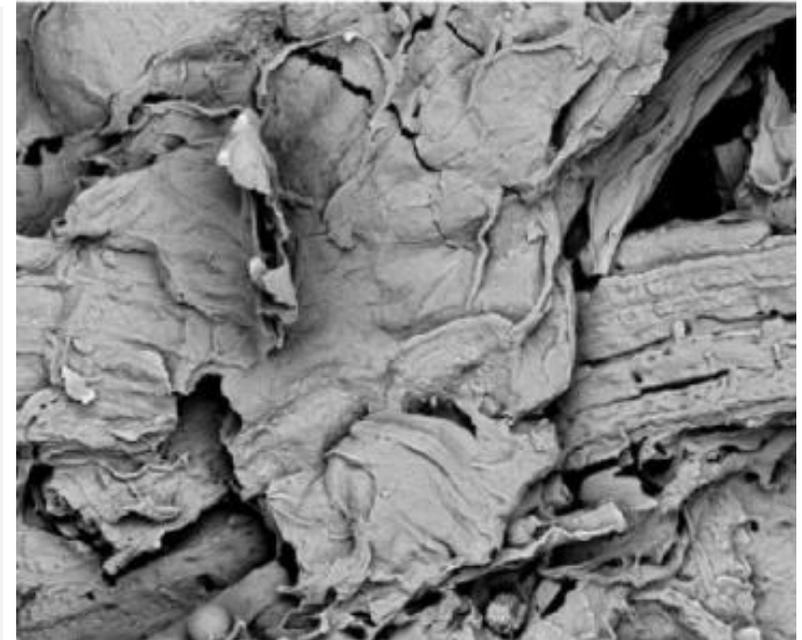


Humus und Mikrobiologie



**Mikrobielle
Kohlenstoff-
pumpe**

Aufkonzentration

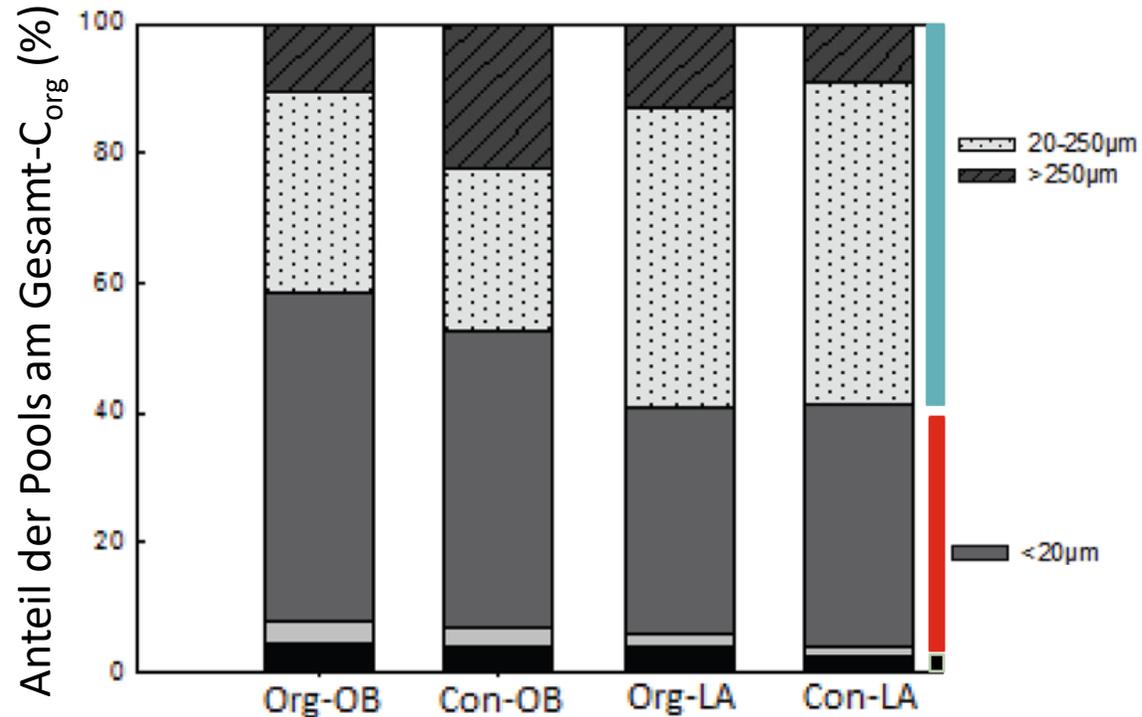


Ton-Humus-Komplex:
80 % C_{org} mikrobieller Ursprung

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

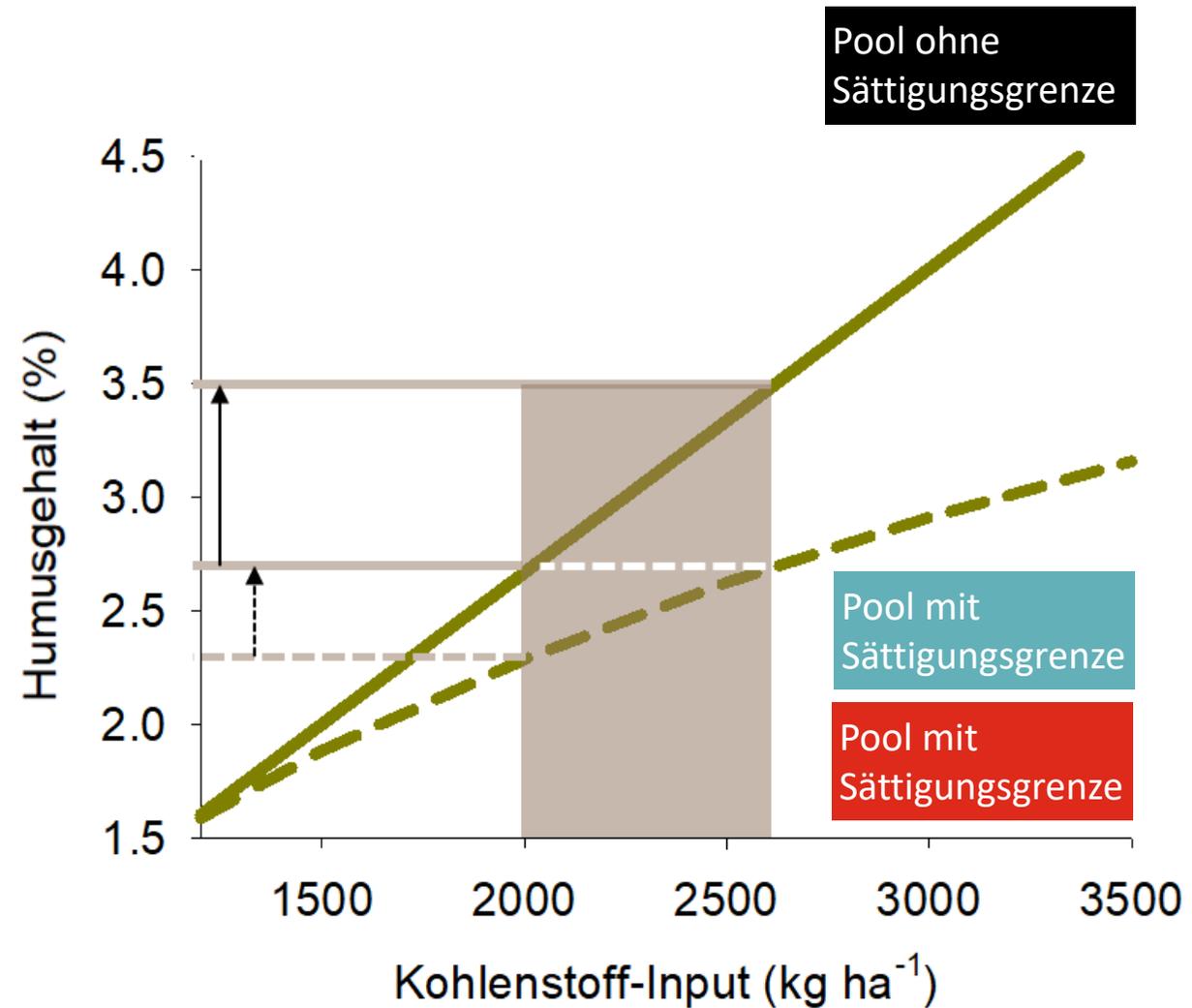
Humuspools und Humusaufbau

Beispiel Tschernosem-Böden Marchfeld

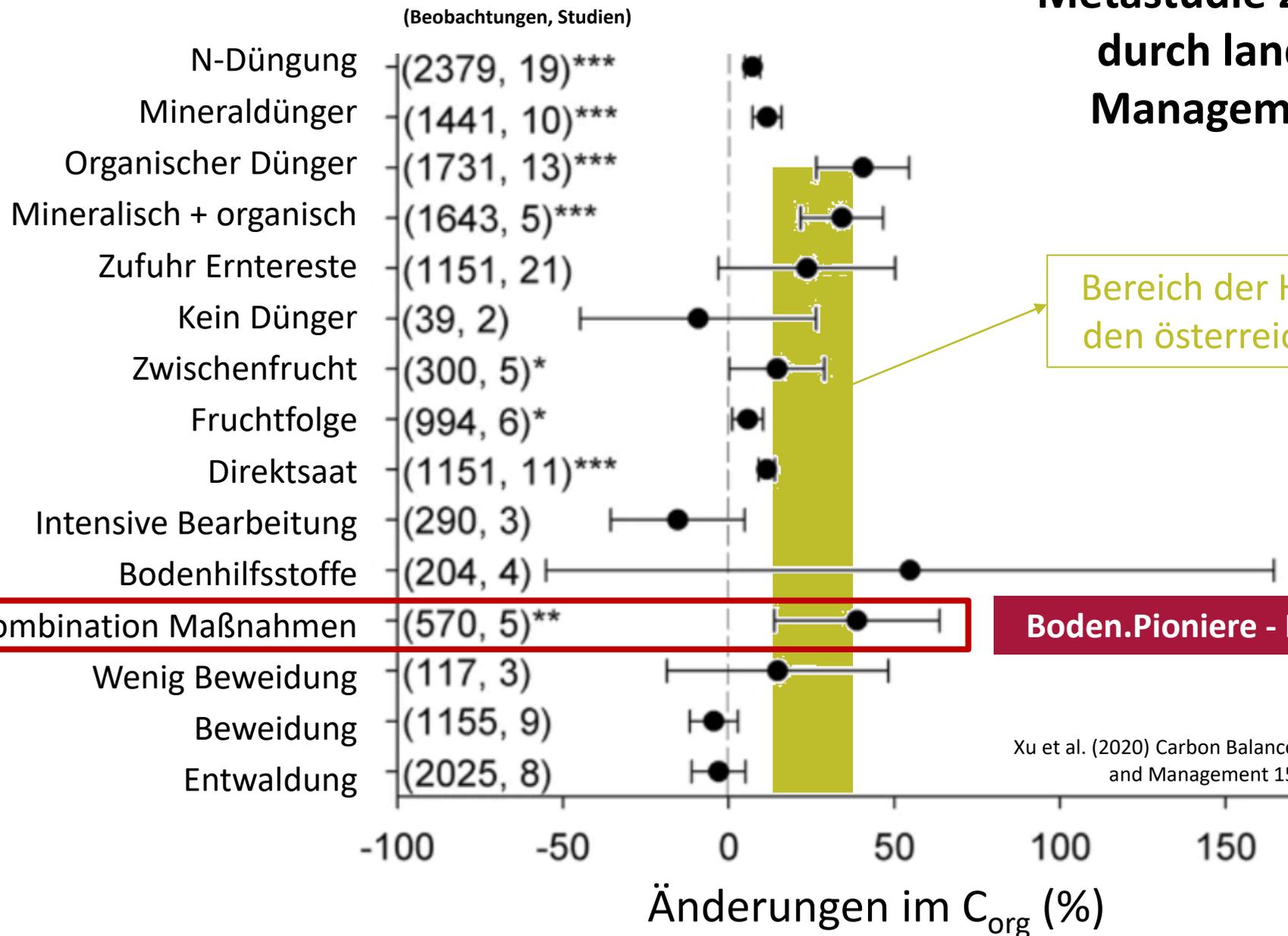


Sandén et al. 2017. Die Bodenkultur, 68

ca. 35-60 % Ton/Schluff-gebunden
 ca. 40-50 % Aggregate-gebunden
 ca. 3-5 % Ungeschützt



Metastudie zu Humusänderung durch landwirtschaftliche Managementmaßnahmen



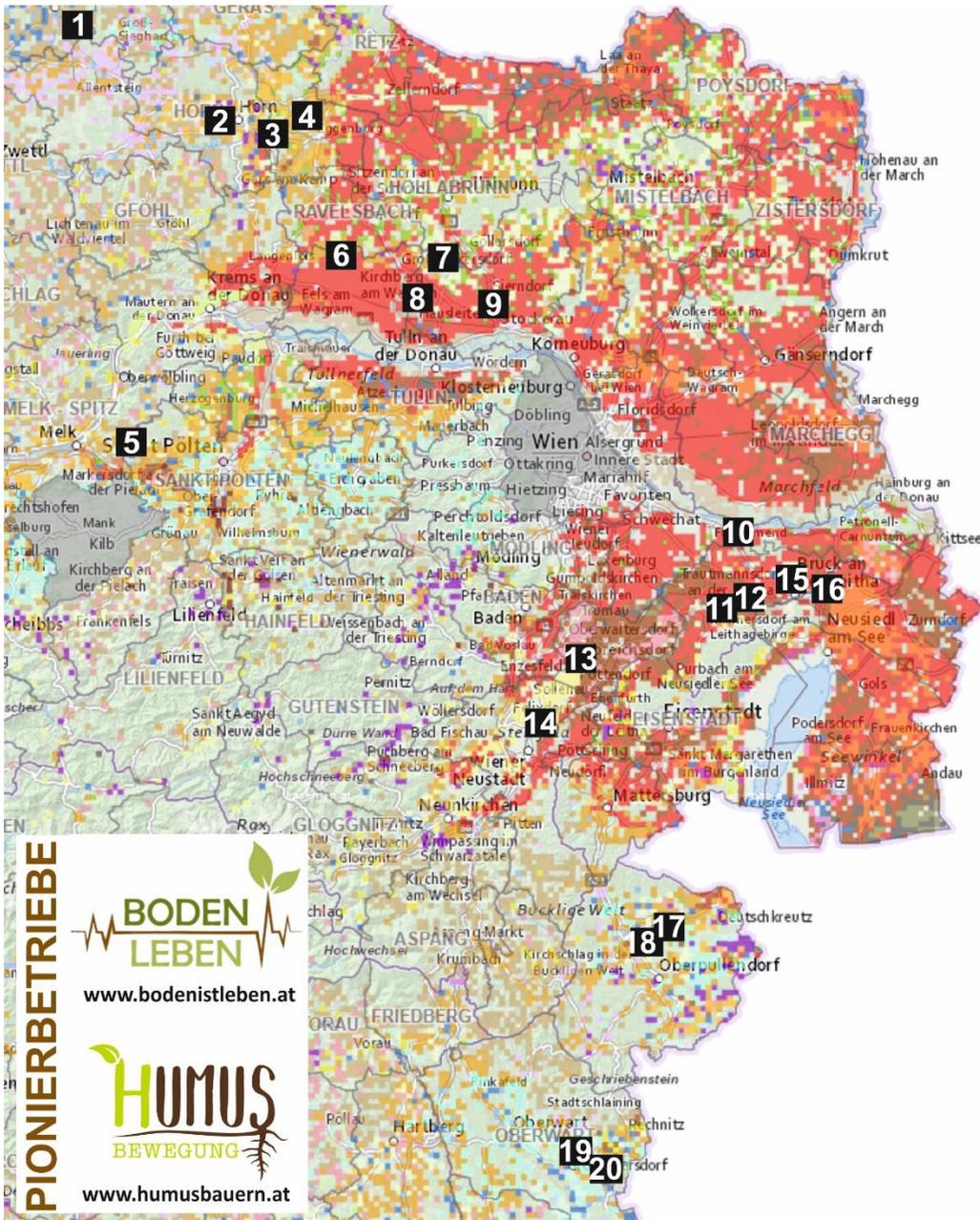
Versuchsstandorte

Innovative Betriebe (biologisch und konventionell) mit bodenaufbauenden Systemen.

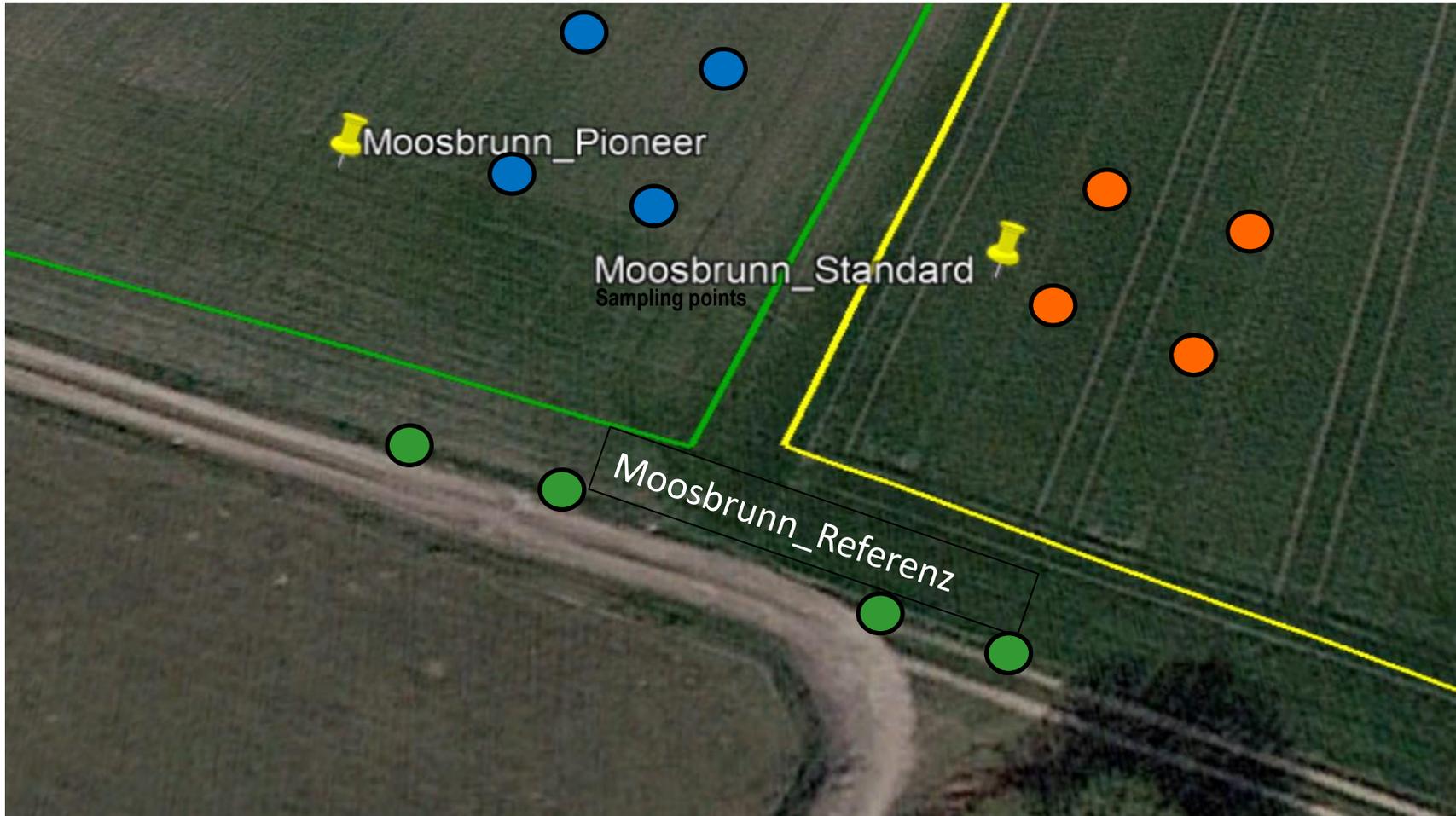
z.B. intensiver Zwischenfruchtbau, minimierte Bodenbearbeitung, diverse Fruchtfolgen, organische Dünger, Biostimulanzen.

Bodentypen:

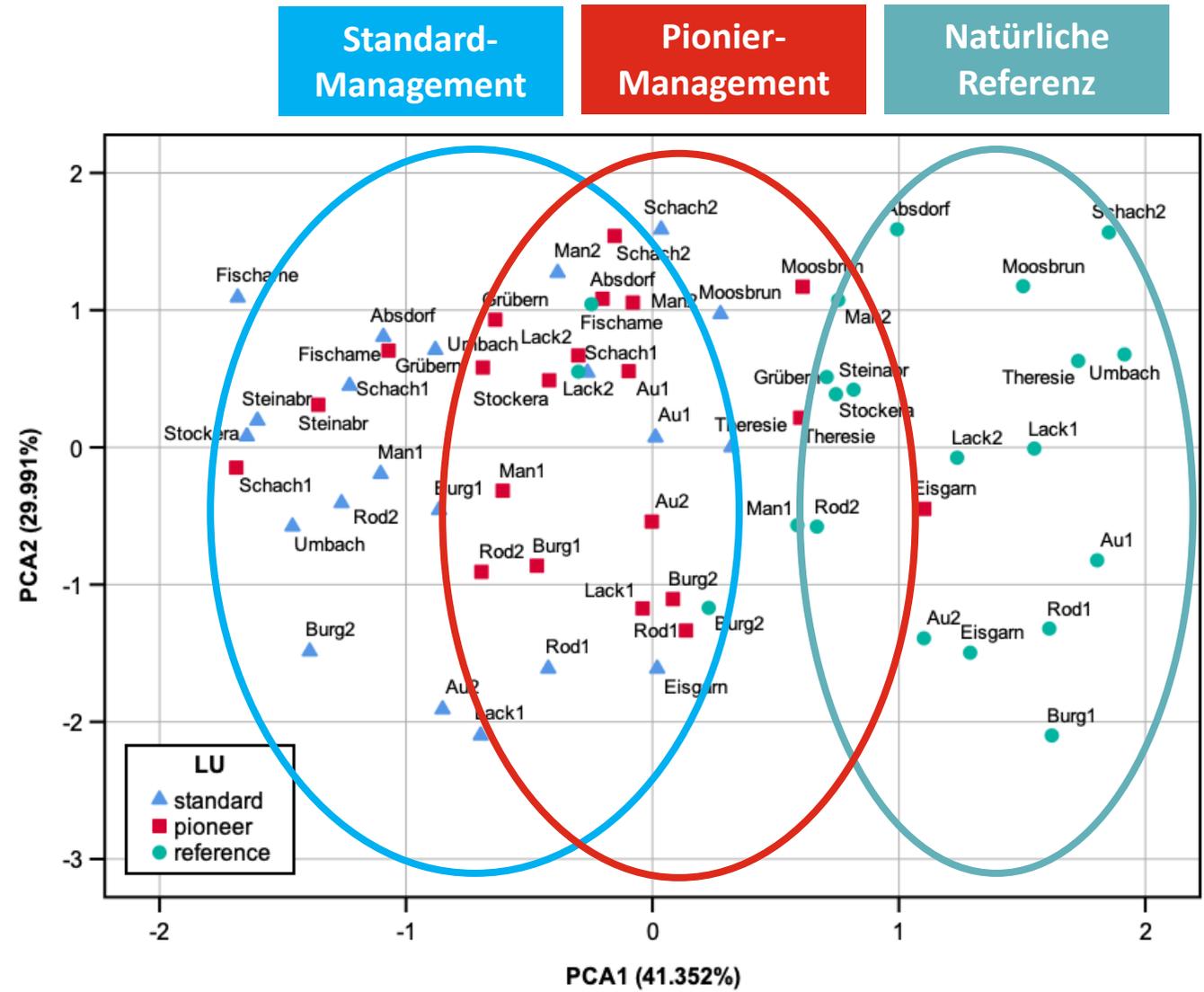
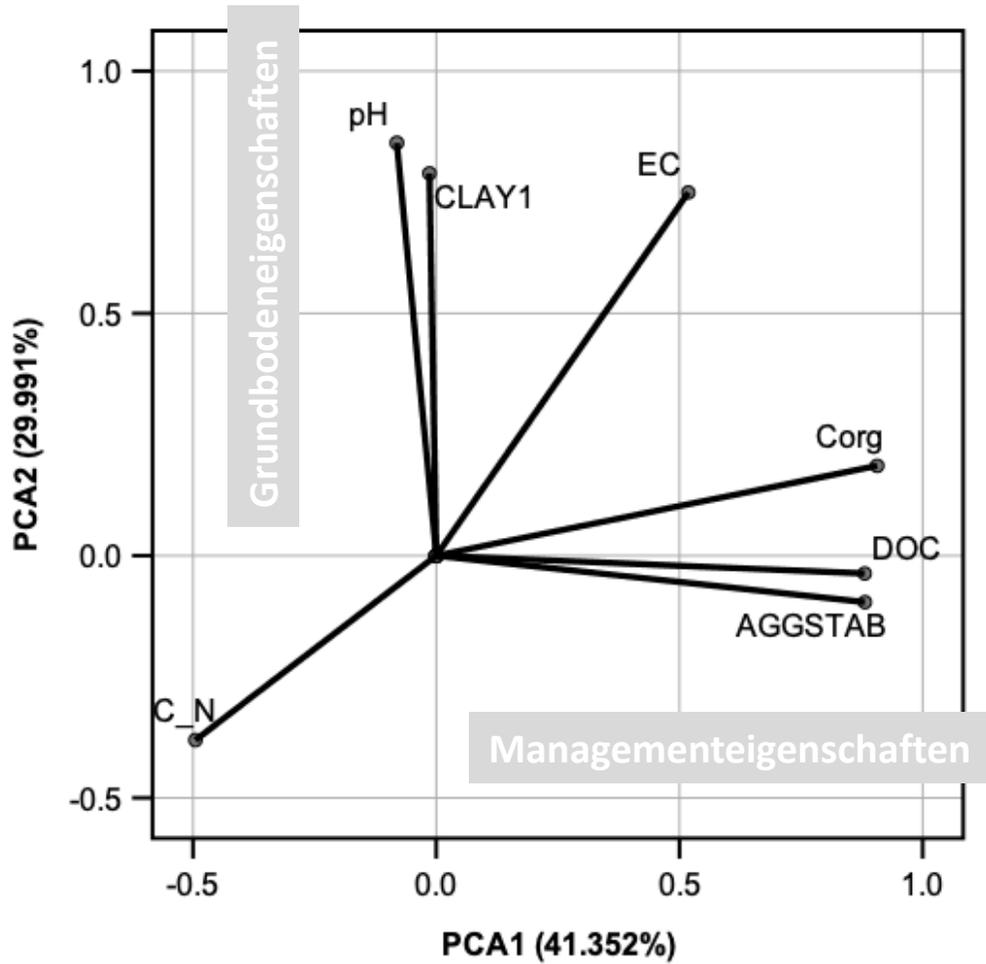
Pararendzina, Paratschernosem, Lössrohboden, Schwarzerde, Feuchtschwarzerde, Anmoor, Lockersediment-Braunerde, Parabraunerde, Pseudogley, Felsbraunerde, Ranker



Beispiel für Probennahme

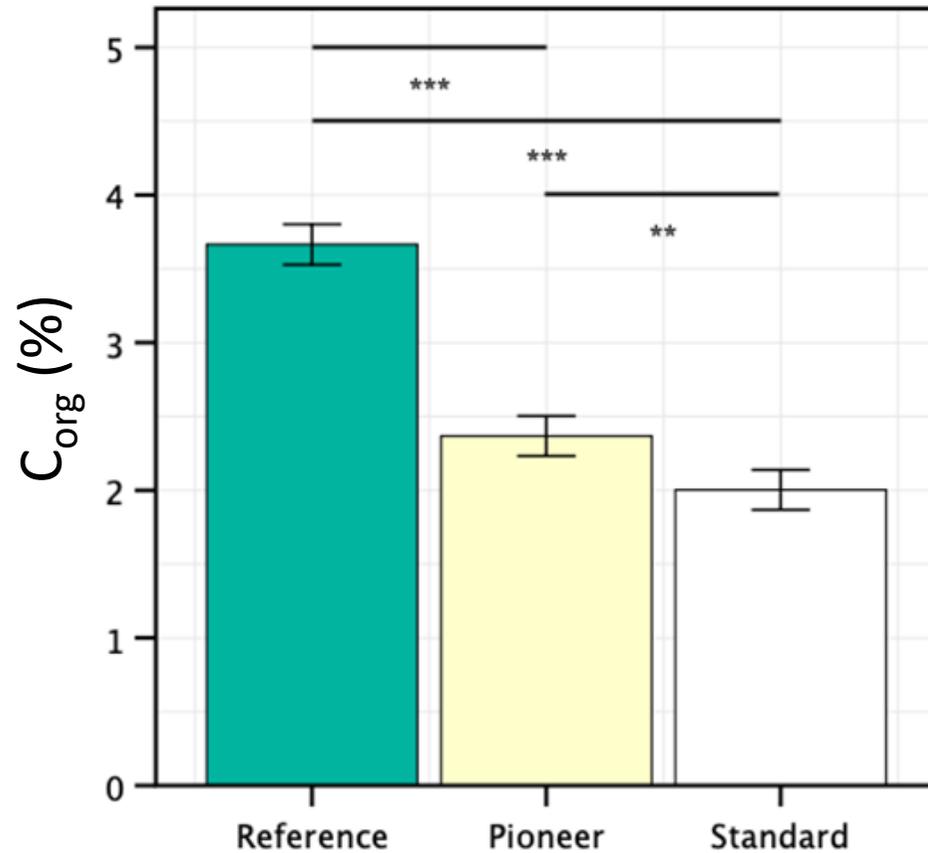


Erste Ergebnisse

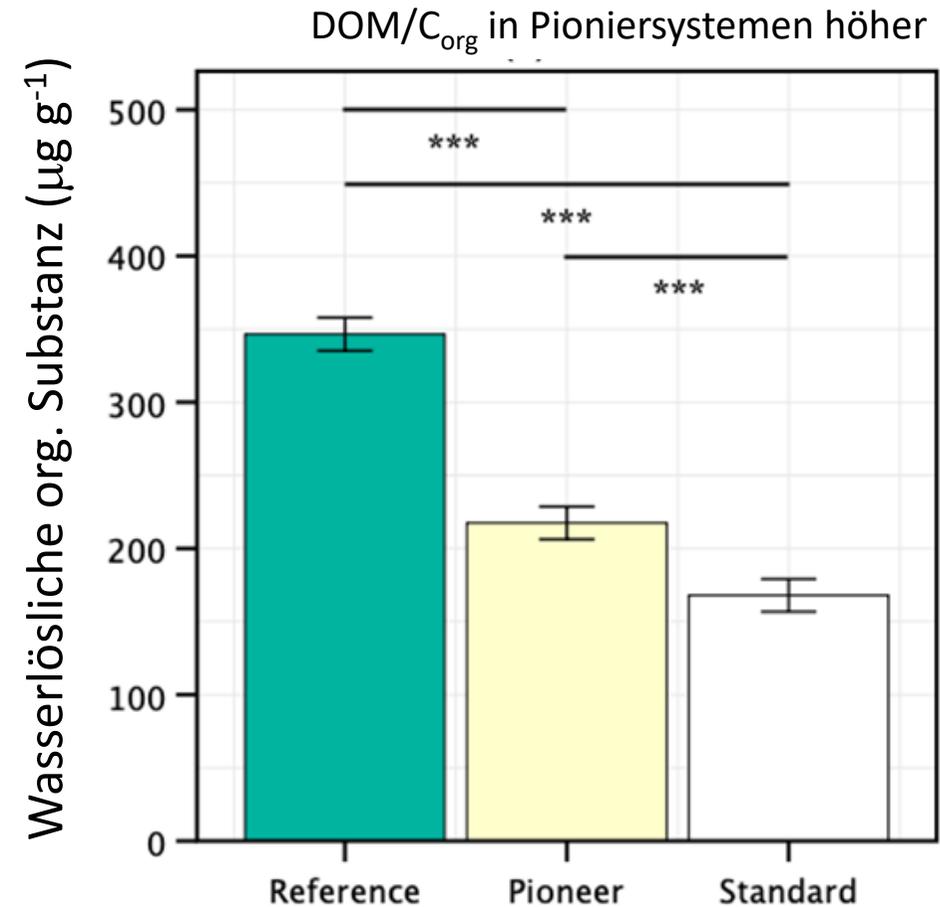


Erste Ergebnisse

Organische Substanz



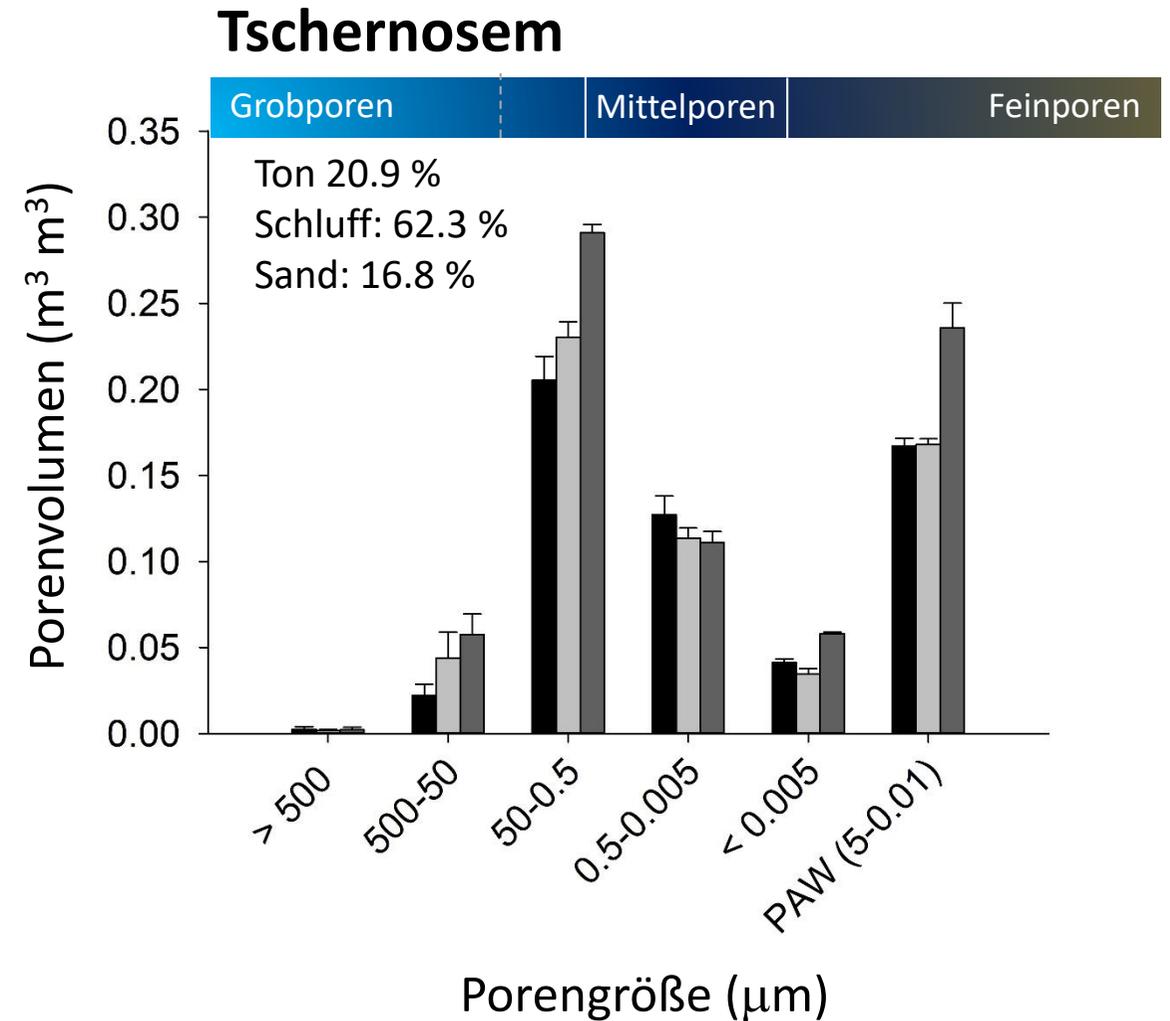
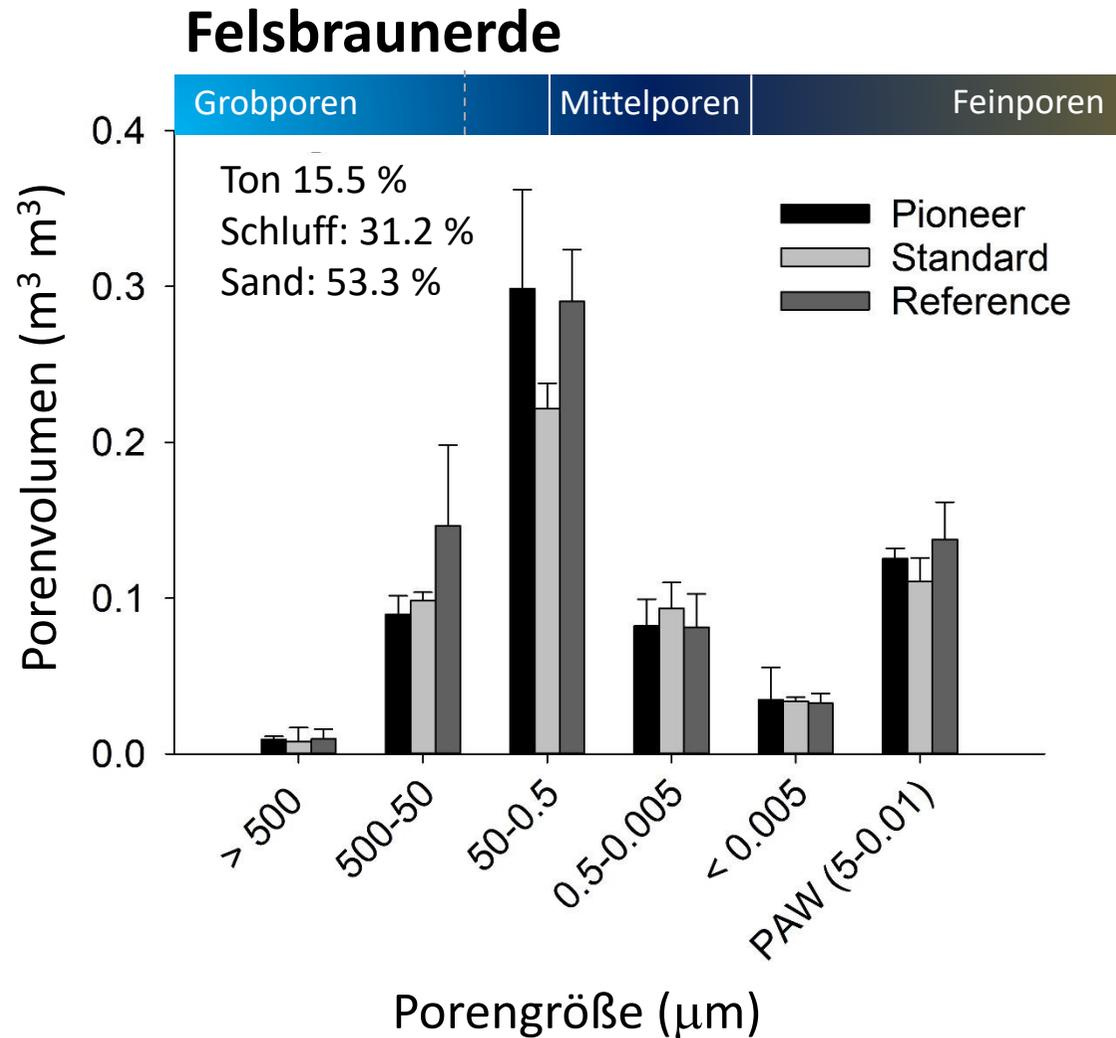
Mittel: + 0,51 % Humus
(=21,5 ± 32,4 % Steigerung)



Mittel: + 43,8 $\mu\text{g g}^{-1}$
(=27,4 ± 34,1 % Steigerung)

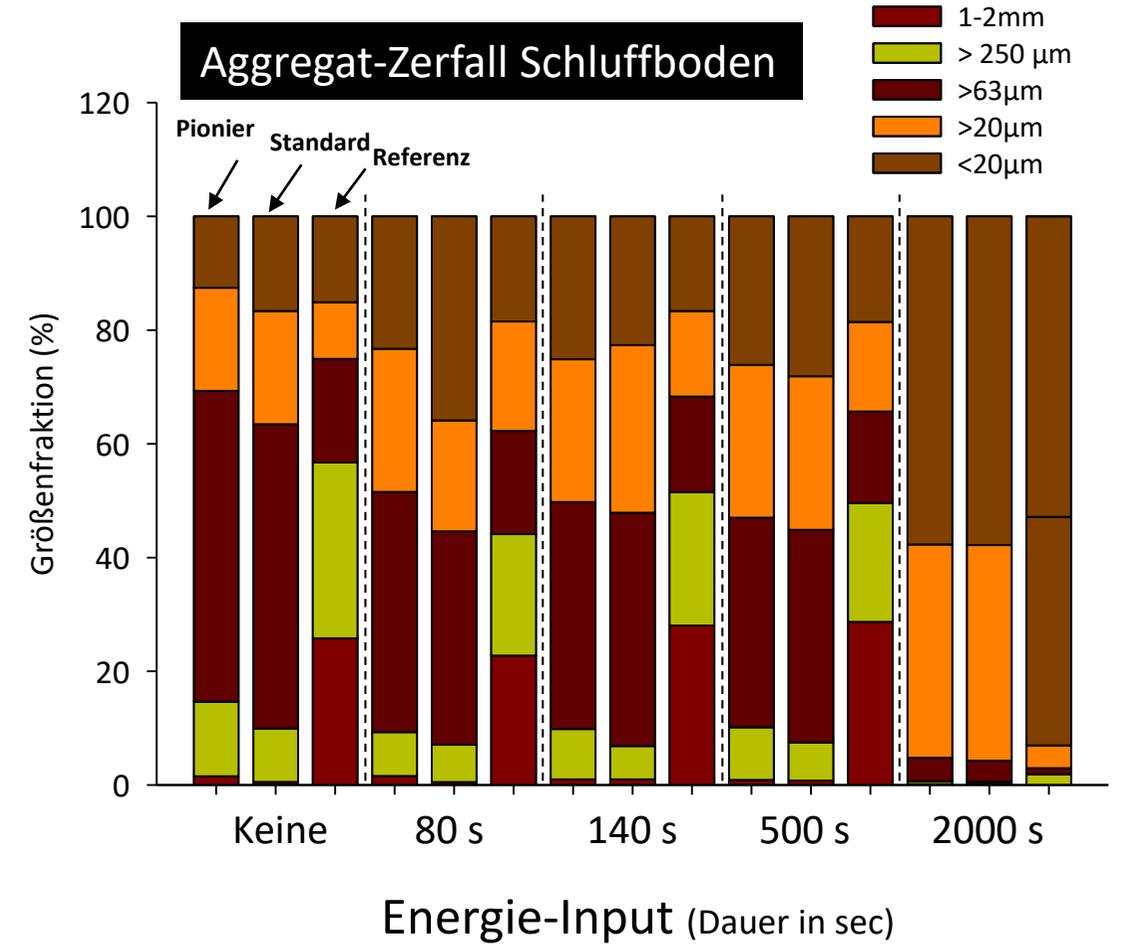
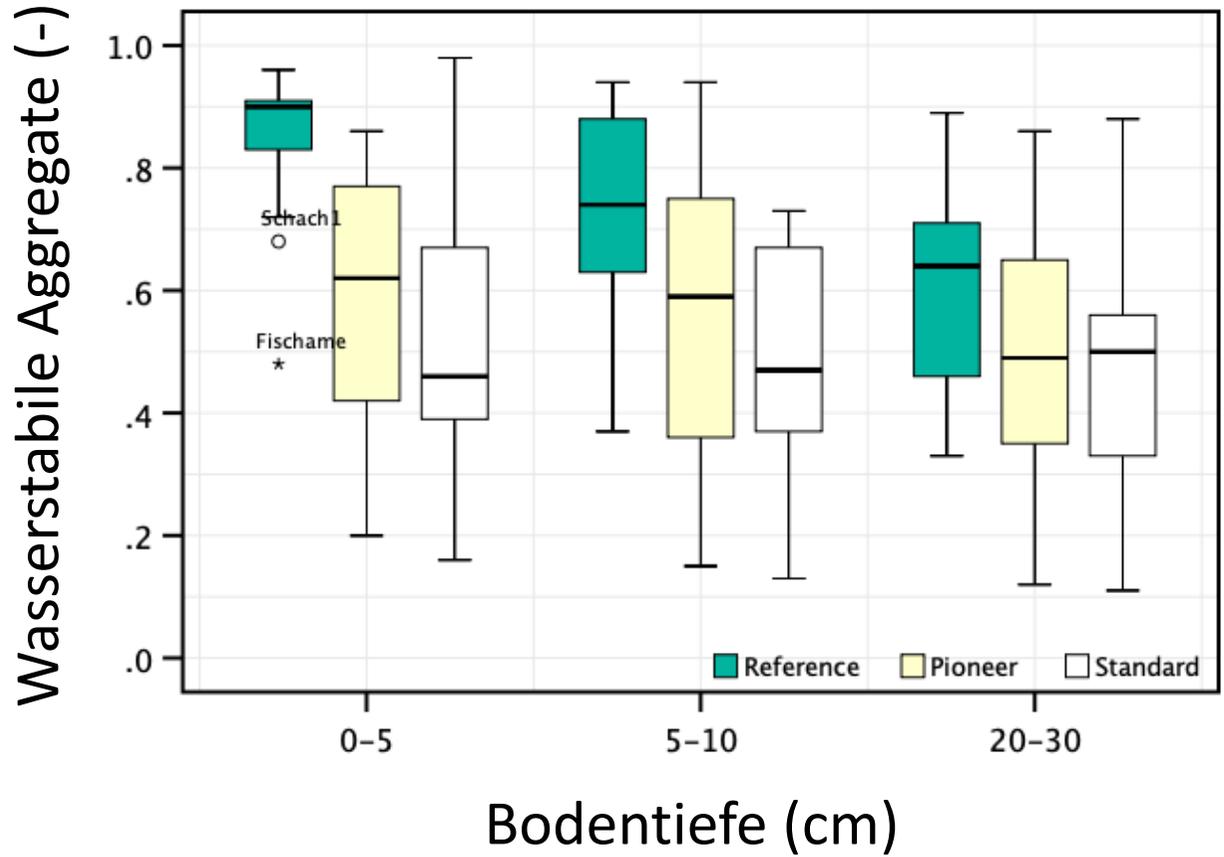
Erste Ergebnisse

Porenraum

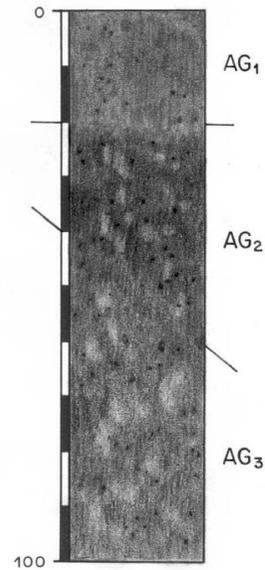
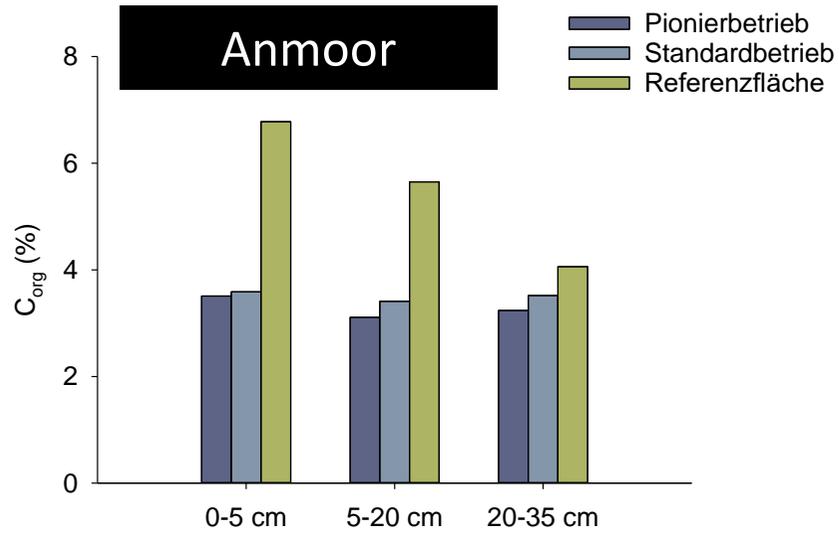


Erste Ergebnisse

Aggregate



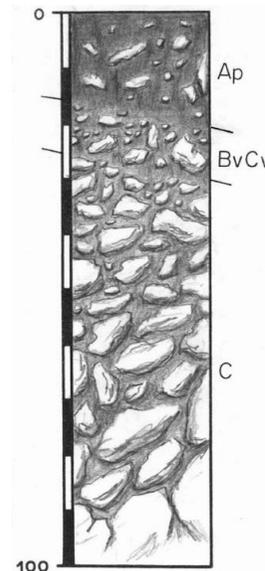
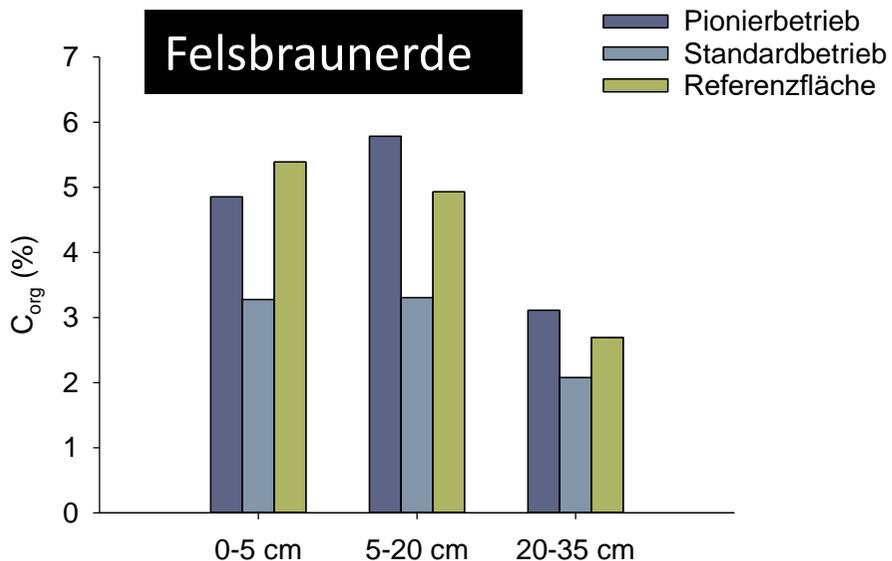
Standort-Tendenzen



KONSERVATIVER BODEN

Schwere humusreiche Böden reagieren auf Management-Änderungen nur sehr zögerlich.

In der natürlichen Referenz war ein hoher Anteil wenig/unverwitterter organischer Reste zu beobachten.



REAKTIVER BODEN

Leichte Böden reagieren schnell auf Management-Änderung (in beide Richtungen).

Wichtig wird der Blick auf die Stabilität der Humusgehalte aufgrund des geringen Tonanteils (u.u. große Rolle der Eisenoxide).

Die neue Theorie vom Humus zeigt:

- die wichtigsten Stellschrauben für die Erhöhung der organischen Bodensubstanz (Bodenstruktur, Bodenleben).
- die theoretischen Grenzen im Aufbau (klimarelevanter) stabiler Humusfraktionen.

Erste Ergebnisse aus Pionierbetrieben zeigen:

- Humusaufbau ist möglich - mit höheren Potenzialen auf leichteren Böden.
- Humusaufbau verbessert bodenstrukturelle Eigenschaften (Poren, Aggregate).
- Selbst bei stark Bodenaufbau-zentrierter Bewirtschaftung gibt es deutliche Unterschiede zu nicht landwirtschaftlich genutzten (immergrünen) Referenzflächen.

Die Komplexität der Ökosystemeigenschaft Humus (Prozesse, Standortabhängigkeit, räumliche/Tiefe und zeitliche Dynamik) legt eine Bewertung von bodenaufbauenden

Maßnahmen (Bewuchsdauer, Pflanzen-Diversität, Bearbeitungsintensität) näher, denn einen Fokus auf messbare **Ergebnisse**.

Danksagung für das Projekt Boden.Pioniere

An die **teilnehmenden
Landwirte**



Universität für Bodenkultur Wien

Department für Nutzpflanzenwissenschaften
Institut für Pflanzenbau – Arbeitsgruppe Nutzpflanzenökologie

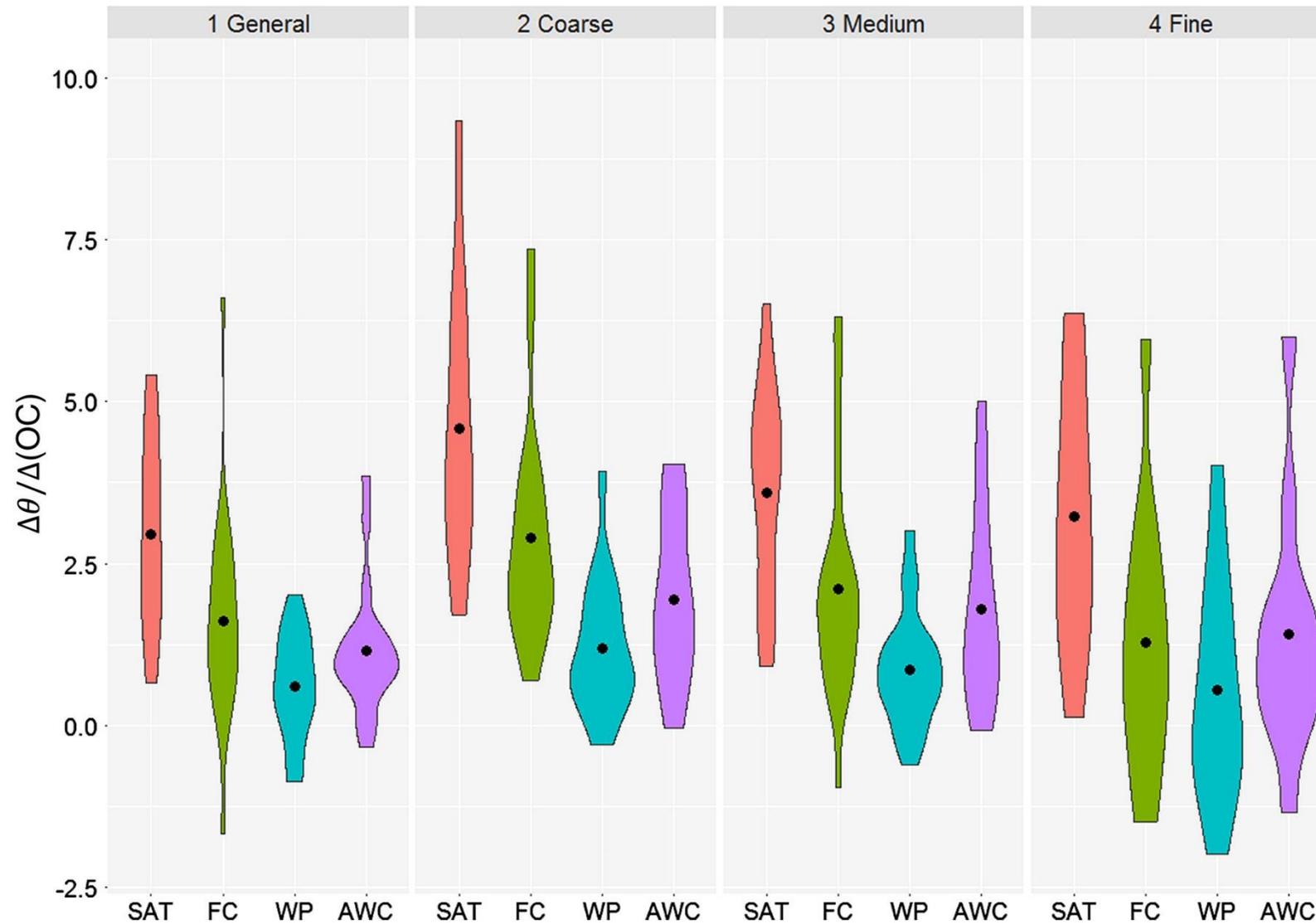
Priv. Doz. DI Dr. Gernot Bodner

Konrad-Lorenz-Straße 24, A-3430 Tulln
Tel.: +43 1 47654-3331, Fax: +43 1 47654-3300
gernot.bodner@boku.ac.at, www.boku.ac.at

Finanzielle Unterstützung durch:

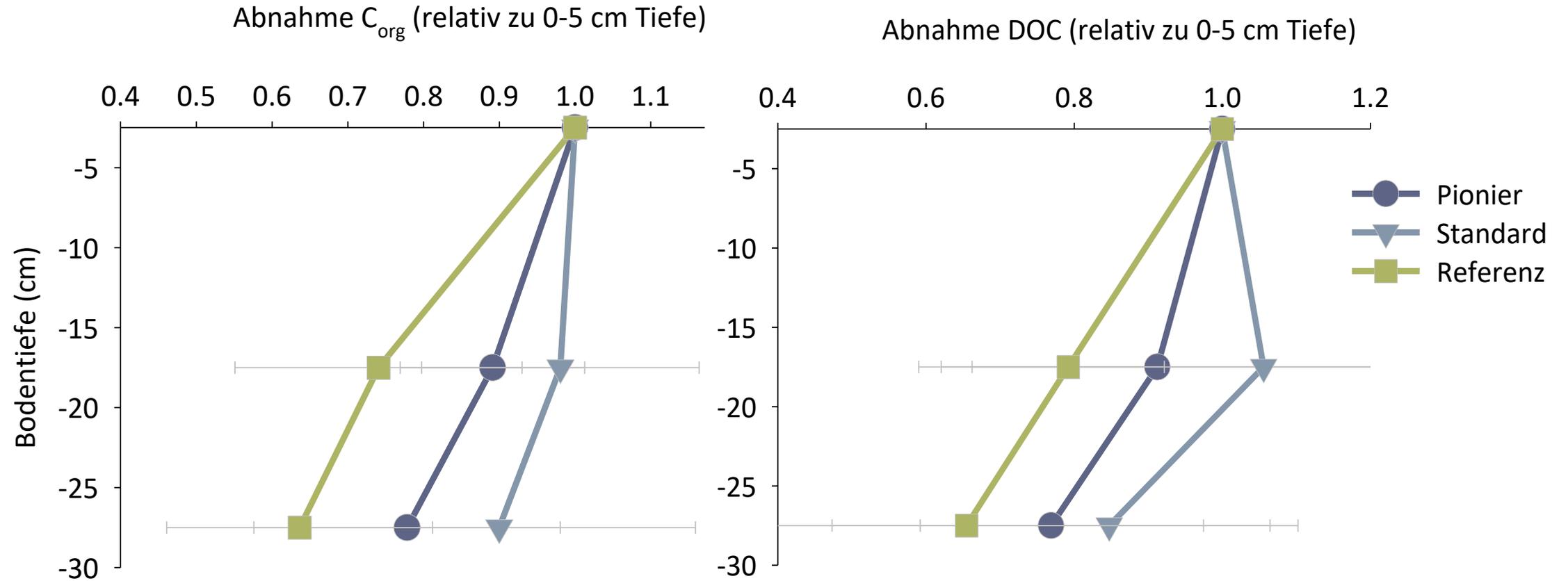


Annex



Minasny and McBratney 2018. Limited effect of organic matter on soil available water capacity. European Journal of Soil Science 69, 39-47.

A violin plot of reported $\Delta\theta/\Delta(\text{OC})$, rate of **increase in volumetric water content** ($\text{mm } 100 \text{ mm}^{-1}$) with a **10 g kg^{-1} increase in OC** grouped by texture class. A violin plot is similar to a boxplot, where each side represents the density plot of the variable. The point in the middle of the violin represents the mean of the data. OC, organic carbon; SAT, saturation; FC, field capacity; WP, wilting point; AWC, available water capacity.



Tiefenverlauf spiegelt die **reduzierte Bearbeitungsintensität** (pfluglos) wieder.
Dennoch **nicht nur „Konzentration“** des Humus in oberster Schicht.