

Die neue Humustheorie

... und ihre Bedeutung für die Praxis

Dr. Konrad Egenolf

FB61, LWK-NRW

BGK-Jahrestreffen 2023



Die Relevanz des Bodens als Kohlenstoff-Speicher

Atmosphäre 829 Gt C

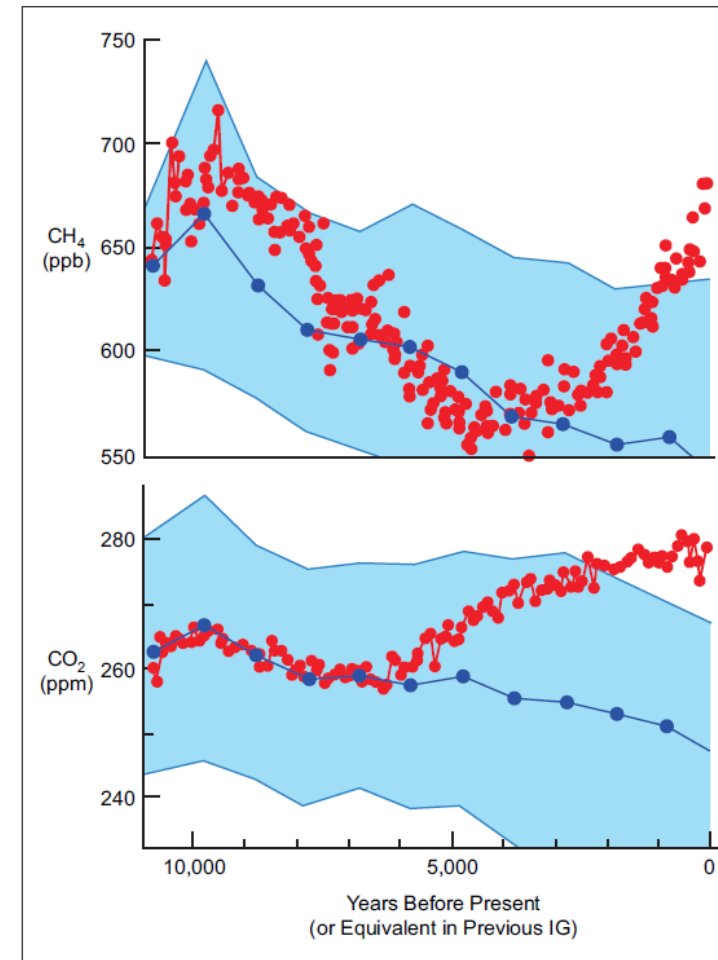
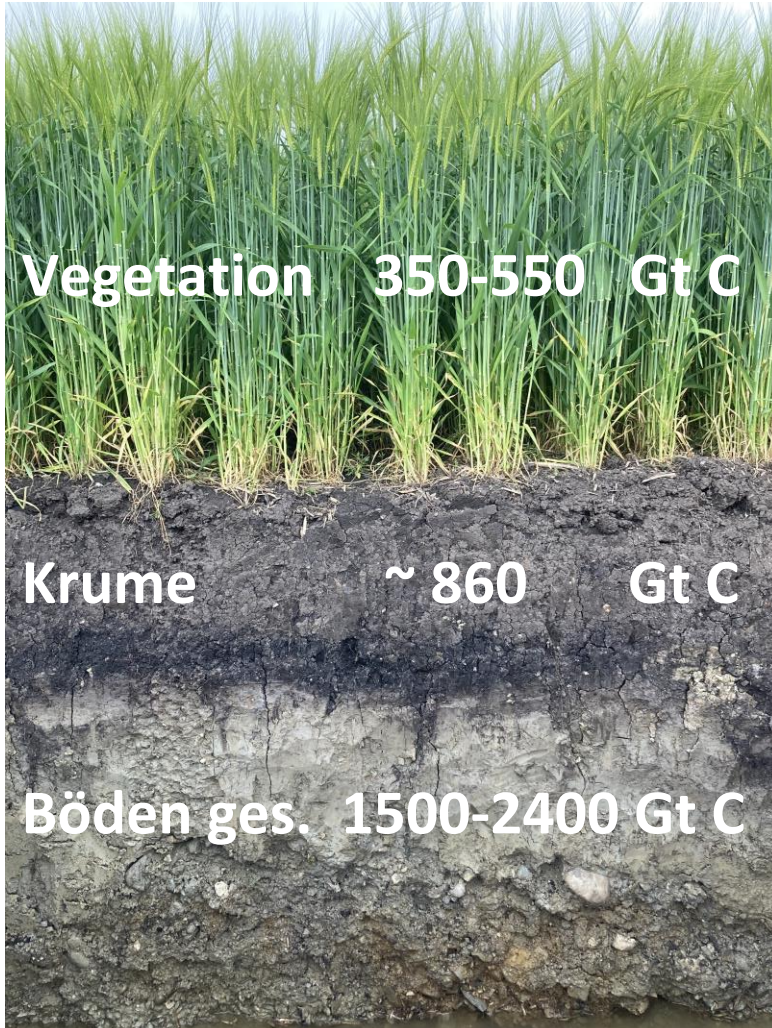


Figure 1. CO₂ and CH₄ trends during the current Holocene interglaciation (red) compared with the average (dark blue) and standard deviation (light blue) of previous interglaciations (Ruddiman et al., 2011). Source: CO₂ and CH₄ values taken from publications of EPICA Community Members (2004).

Die Relevanz des Bodens als Kohlenstoff-Speicher

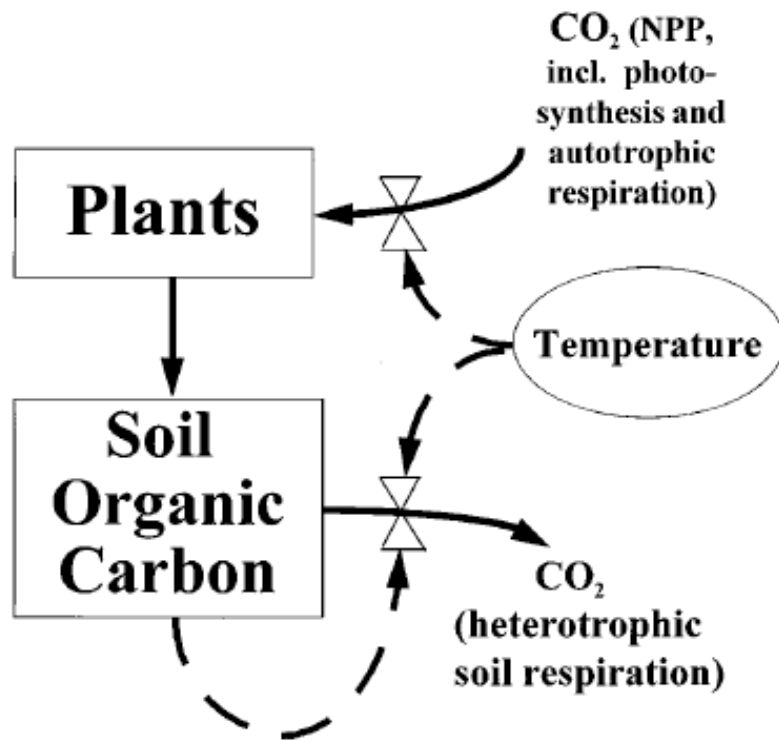
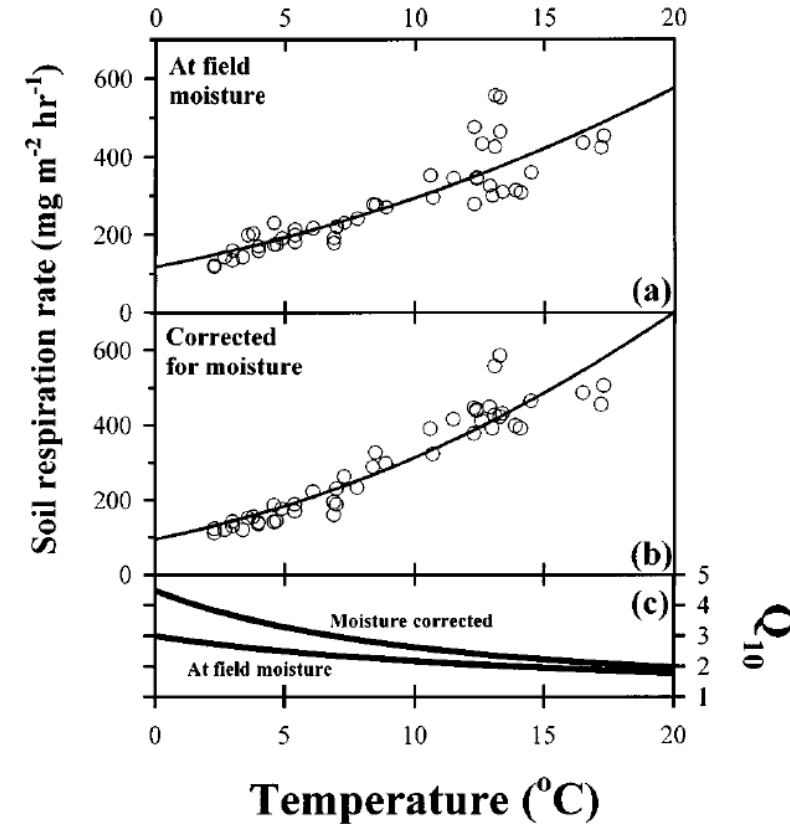
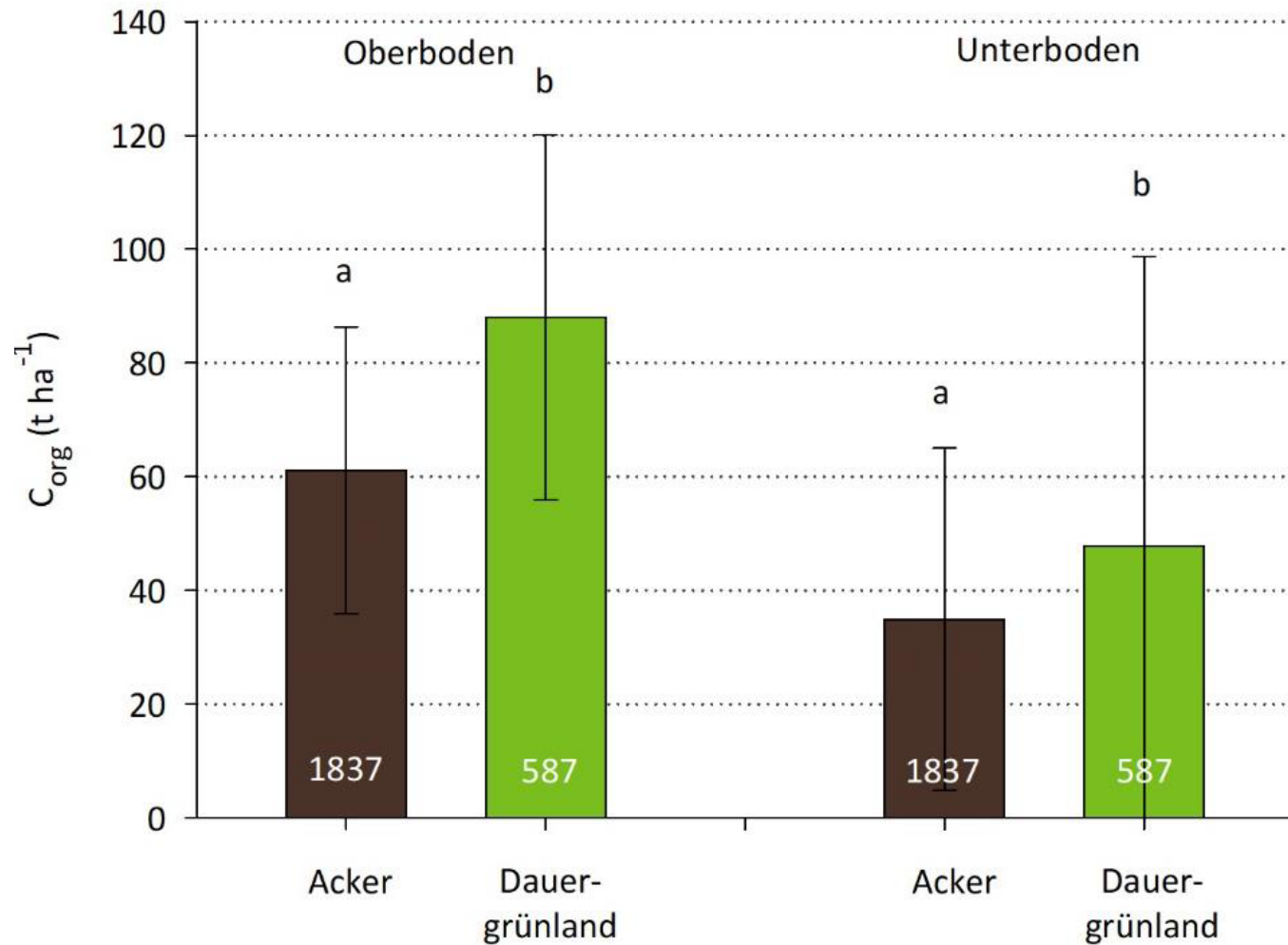


Figure 1. Diagrammatic representation of the basic relationship between carbon gain and carbon loss from whole ecosystems.

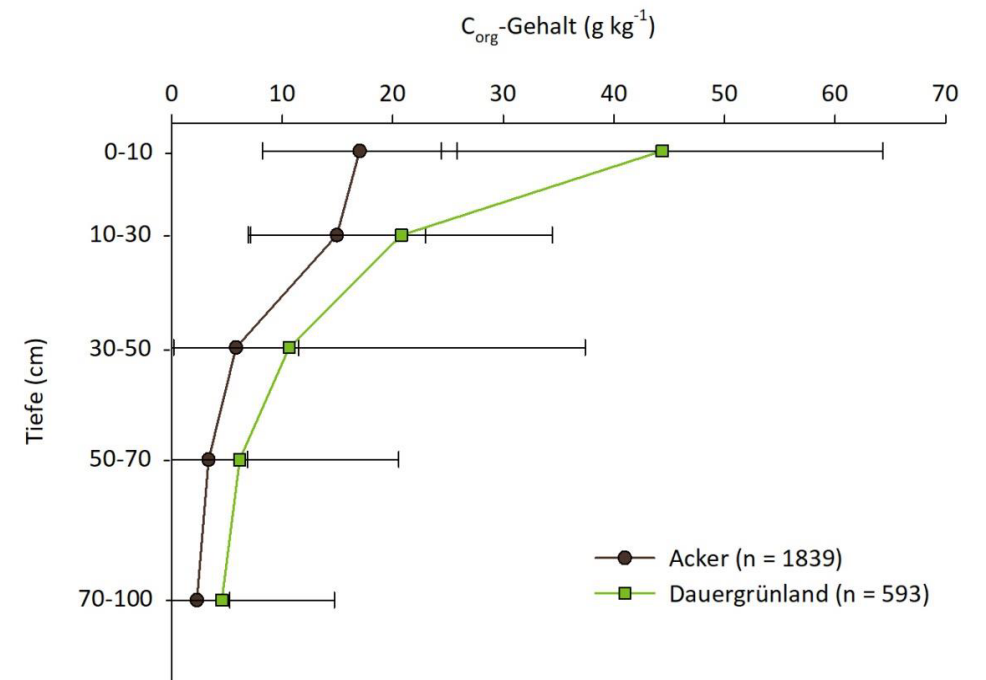


**Temperaturerhöhung um 1°C →
3-10% Humusverlust**

Mittlere Humusvorräte Deutschland

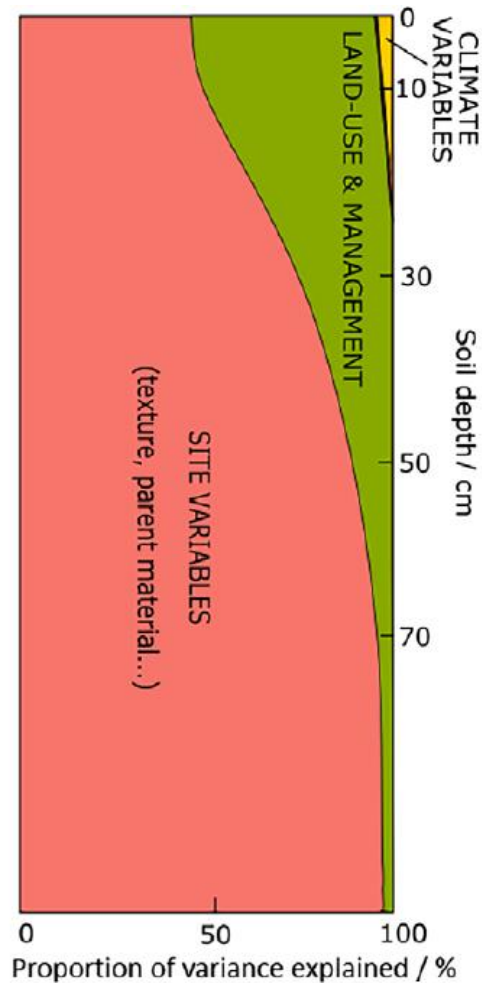


Ackerland ~ 100 t C / ha
Grünland ~ 140 t C / ha



Karte 3-1: Vorrat an organischem Kohlenstoff in mineralischen Oberböden (0-30 cm) unter Acker- (n = 1837) und Dauergrünlandnutzung (n = 587) sowie unter Sonderkulturen (n = 38) in der Bodenzustandserhebung Landwirtschaft





1. Standort

→ Bodenart

→ Grundwasserstand, Stauwasser

2. Klima

→ Temperatur

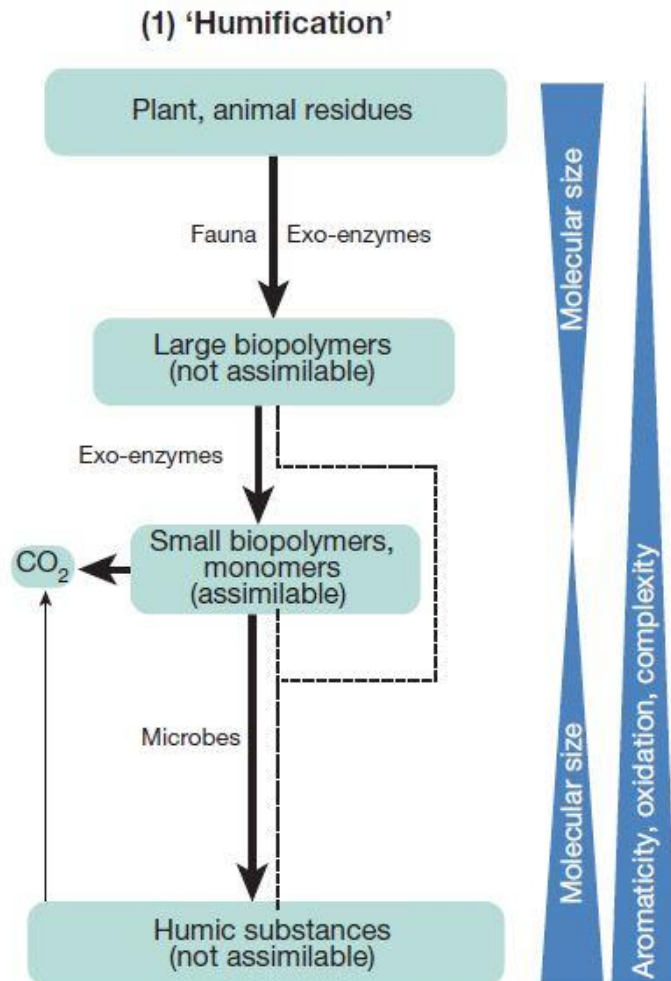
→ Niederschlag

3. Bewirtschaftung

?

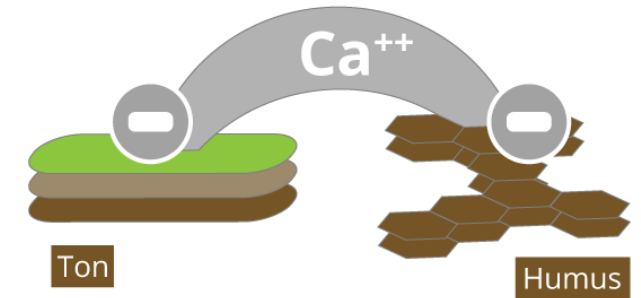
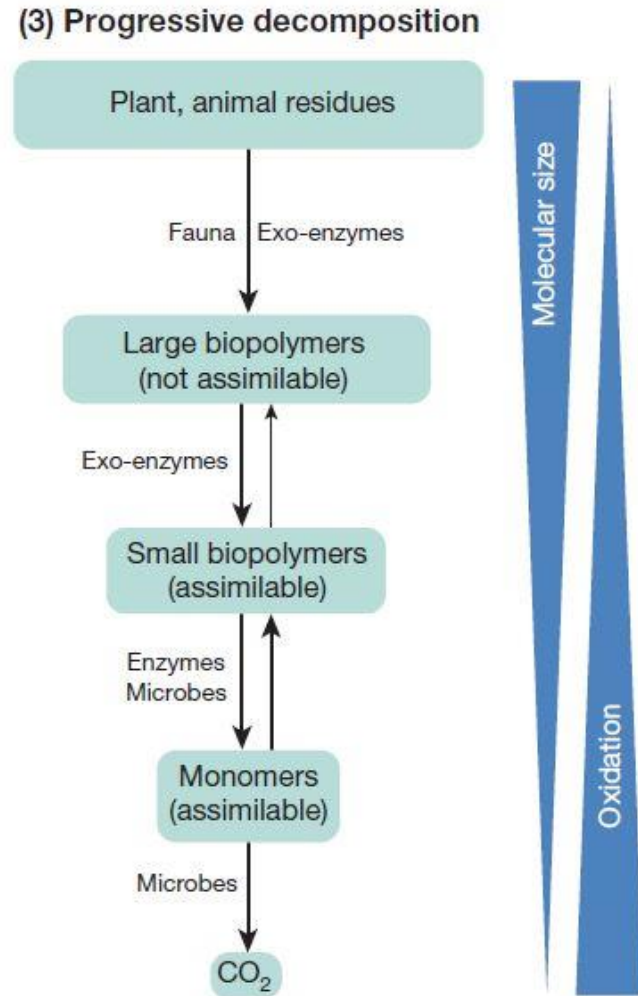
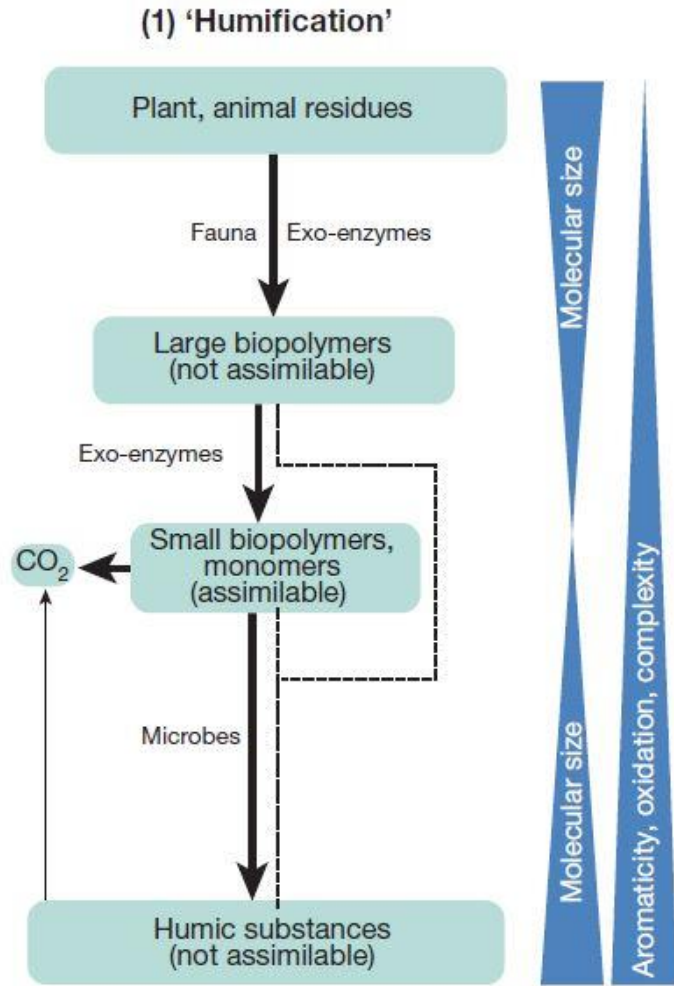
FIGURE 11 Proportions of variance explained of variables in the three categories 'climate', 'land use and management' and 'site' throughout the soil profile

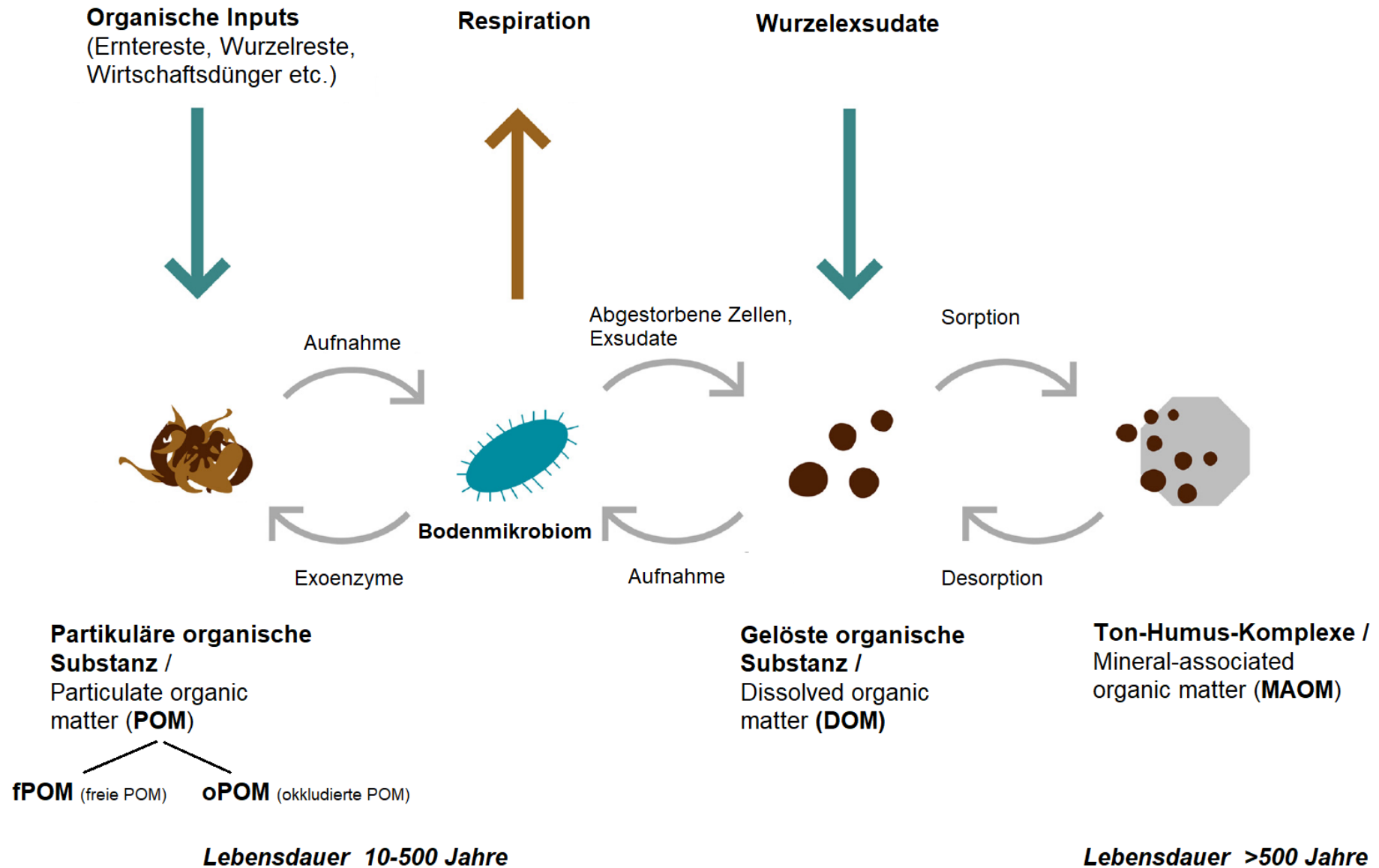
Vos et al. (2018), Factors controlling the variation in organic carbon stocks in agricultural soils in Germany



C-Pool	Dauerhumus		
	labil/aktiv	intermediär	stabil/passiv
Verweildauer [Jahre]	<35	50 – 100	> 200
Anteil [%]	10 - 20	70 - 80	10
Bemerkung	60 - 70 % der organischen Primärschubstanz		

Die neue Humustheorie





Humusfraktionierung

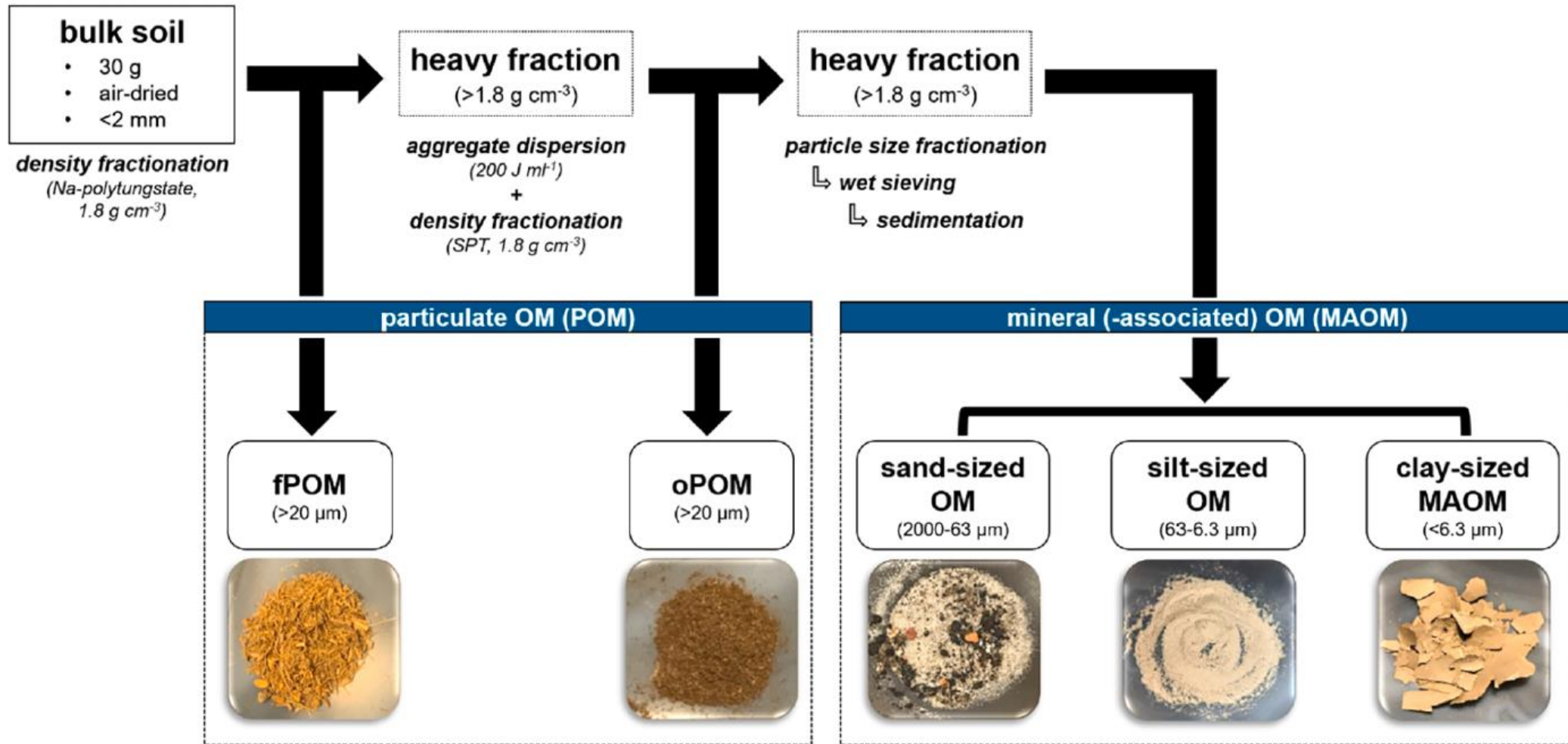
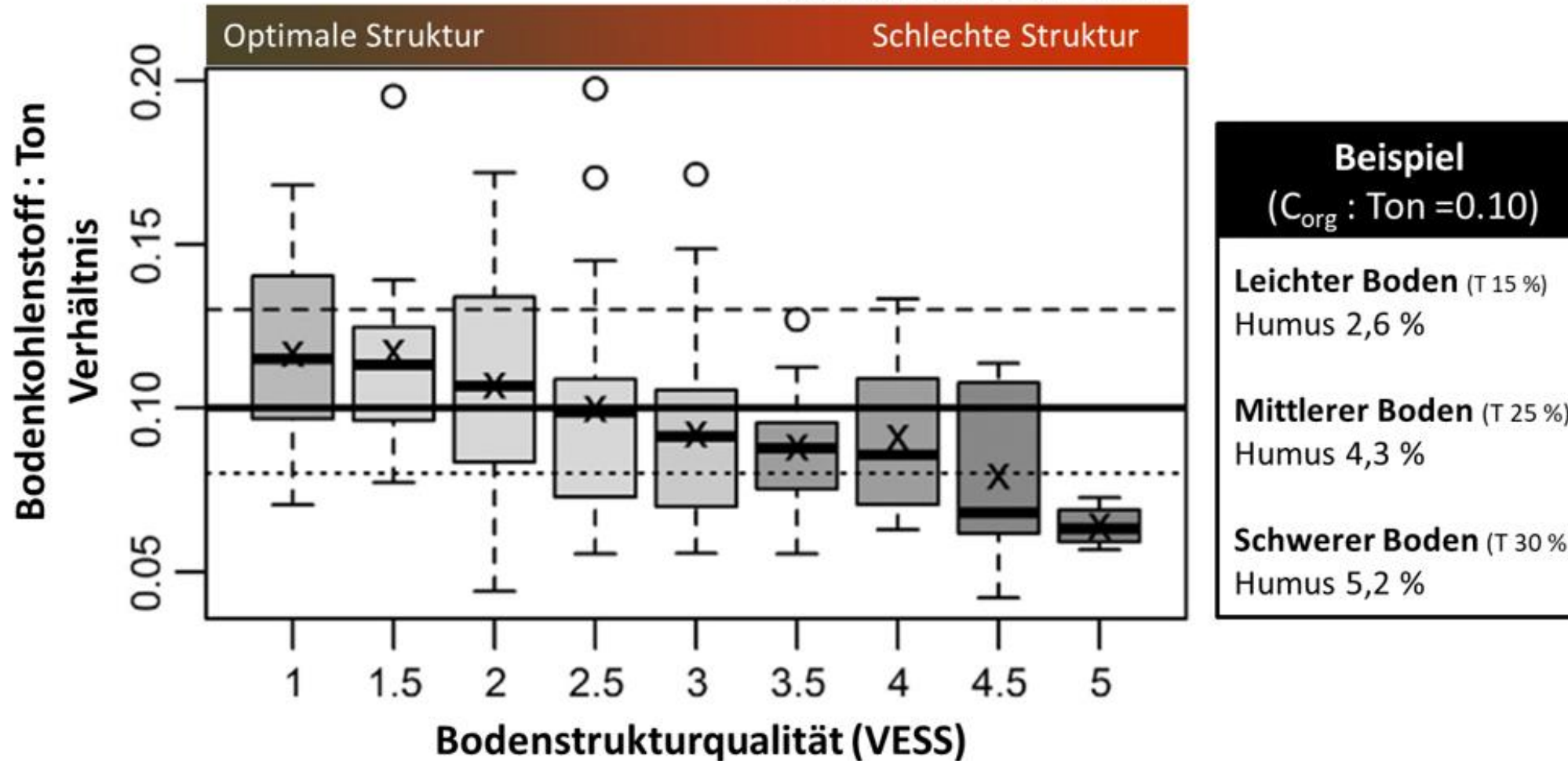


Fig. 1. Physical fractionation scheme and conducted measurements. Modified from Kölbl and Kögel-Knabner (2004) and Steffens et al. (2009). The coarse silt (63–20 μm) and medium silt fraction (20–6.3 μm) were put together and referred to as silt-sized OM (63–6.3 μm), and the fine silt + clay fraction is referred to as clay-sized MAOM fraction (<6.3 μm).

Quelle: Johannes et al., 2017, Geoderma 302



Humus = Bodenkohlenstoff * 1,72

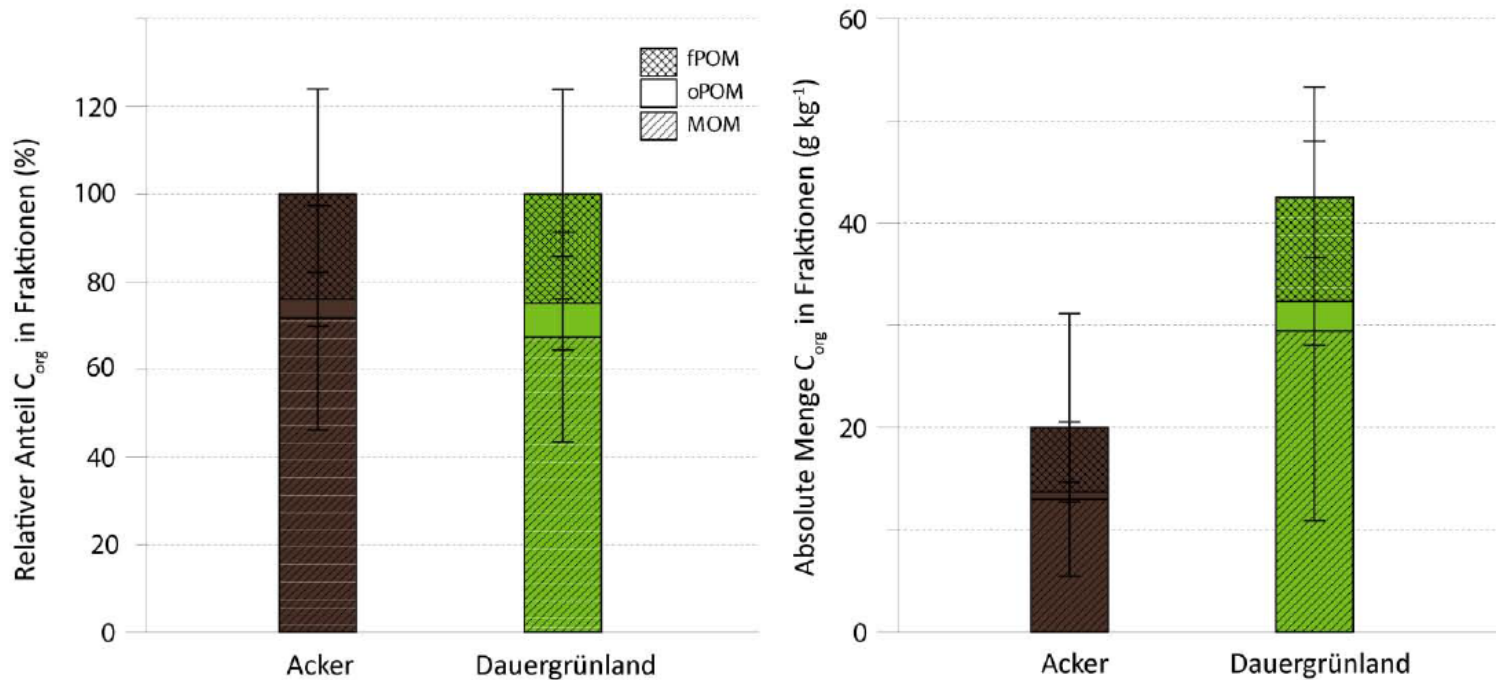
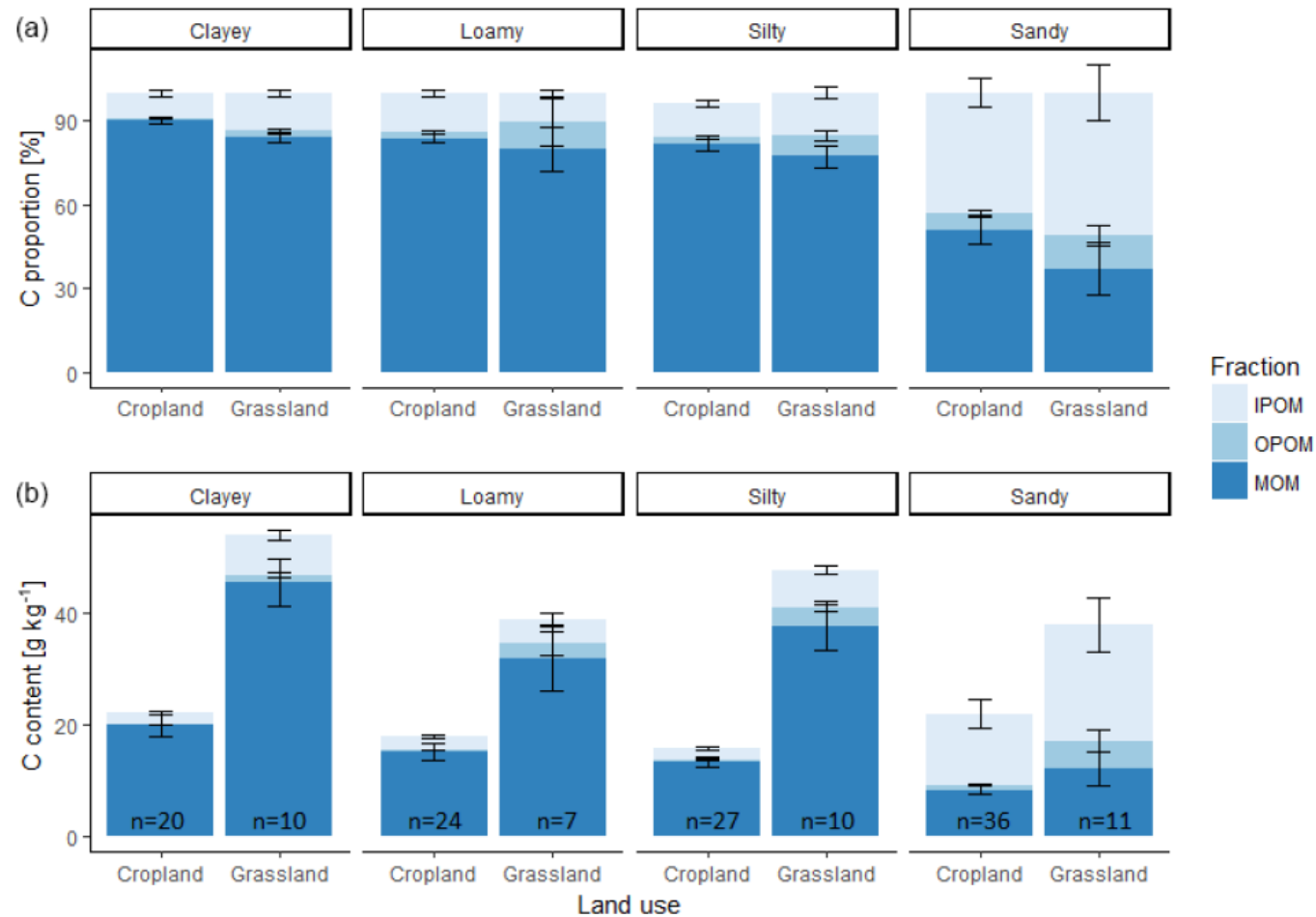


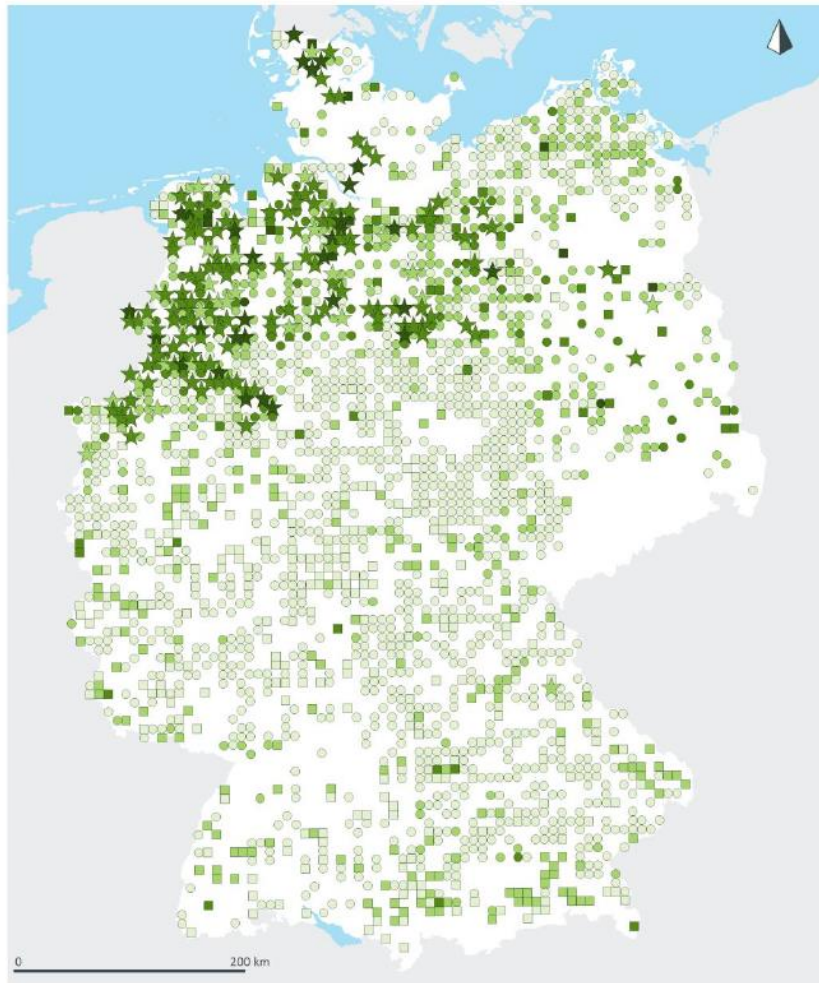
Abbildung 3-17: Relativer Anteil der Fraktionen an organischem Kohlenstoff (C_{org}) (fPOM = freies partikuläres organisches Material, oPOM = okkludiertes partikuläres organisches Material, MOM = mineralassoziertes organisches Material) und absolute Gehalte der C_{org}-Fraktionen in Oberböden (0-10 cm) unter Acker (n = 107) und Dauergrünlandnutzung (n = 38) auf repräsentativen Standorten der Bodenzustandserhebung Landwirtschaft (nach Vos et al. 2018); Mittelwert und Standardabweichung



**Humuszusammensetzung stark
Bodenart-abhängig!**

Figure 2. (a) Proportion (%) and (b) absolute content (g kg^{-1}) of soil organic carbon (SOC) in the intra-aggregate particulate organic matter (iPOM), occluded particulate organic matter (oPOM) and mineral-associated organic matter (MOM) fraction in different soil texture classes for the 145 calibration sites that were fractionated. Error bars denote the standard error of the mean.

Karte 3-4: Relativer Anteil des organischen Kohlenstoffes in der Dichtefraktion partikuläres organisches Material (POM-C_{org}) mineralischer Oberböden (0-10 cm) unter Acker- (n = 1584) und Dauergrünlandnutzung (n = 533) sowie in schwarz-humosen Sanden (n = 175) aus der Bodenzustandserhebung Landwirtschaft; Werte vorhergesagt mittels Nahinfrarotspektroskopie



relativer Anteil organischen Kohlenstoffs (C_{org})
im partikulären organischen Material (POM) am
Gesamt-C_{org}

mineralischer Oberböden (0-10 cm) (schwarz-humose Sande
separat gezeigt) unter Acker- und Dauergrünlandnutzung in
Deutschland; Stand Mai 2018

POM-C_{org} am Gesamt-C_{org} (%)

Acker

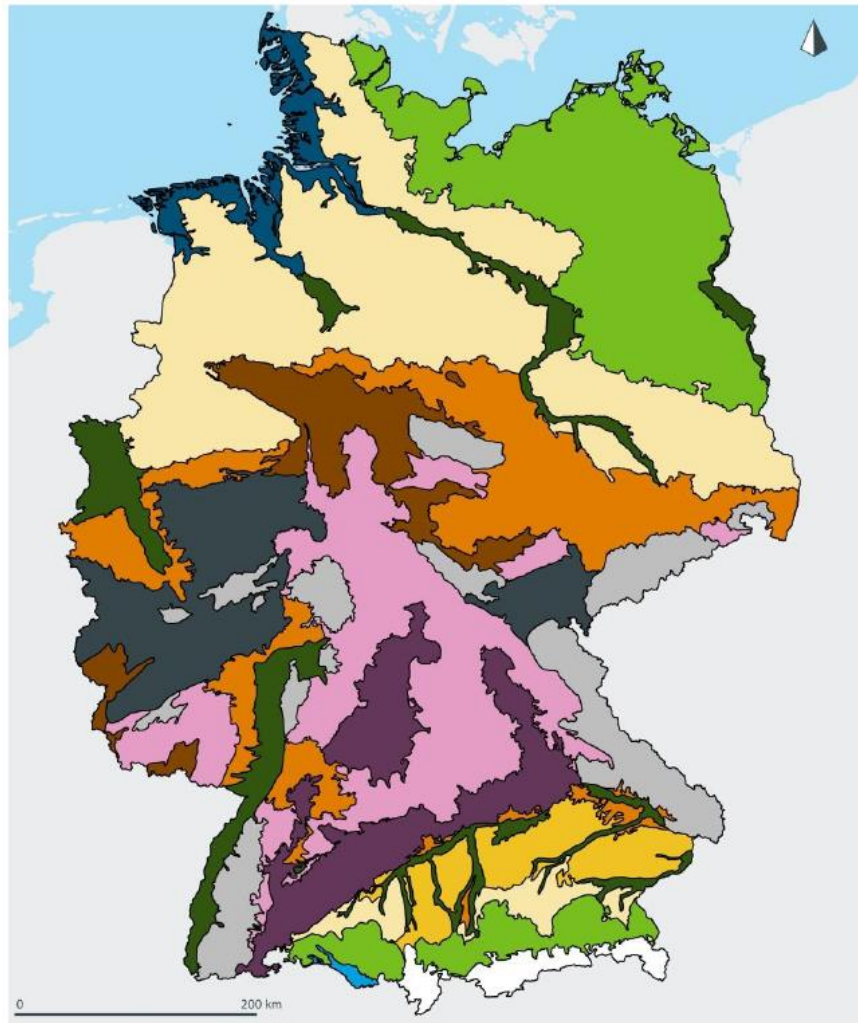
- 6-25
- 25-44
- 44-63
- 63-82

□ Acker

□ Dauergrünland

☆ schwarz-humose Sande

Karte 2-4: Bodenregionen nach Bodenkundlicher Kartieranleitung (KA5; Ad-hoc-AG Boden 2005) in Deutschland



Bodenregionen

in Deutschland nach Ad-hoc-AG Boden (2005)

- nicht definiert
- Küstenholozän (Watt, Marsch, Podsol-Regosol, Lockersyrosem)
- Überregionale Flusslandschaften
- Jungmoränenlandschaften
- Altmoränenlandschaften
- Deckenschotterplatten und Tertiärhügelländer im Alpenvorland
- Löss- und Sandlösslandschaften
- Berg- und Hügelländer mit hohem Anteil an nichtmetamorphen Sedimentgesteinen im Wechsel mit Löss
- Berg- und Hügelländer mit hohem Anteil an nichtmetamorphen carbonatischen Gesteinen
- Berg- und Hügelländer mit hohem Anteil an nichtmetamorphen Sand-, Schluff-, Ton- und Mergelgesteinen
- Berg- und Hügelländer mit hohem Anteil an Magmatiten und Metamorphiten
- Berg- und Hügelländer mit hohem Anteil an Ton- und Schluffschiefern
- Alpen

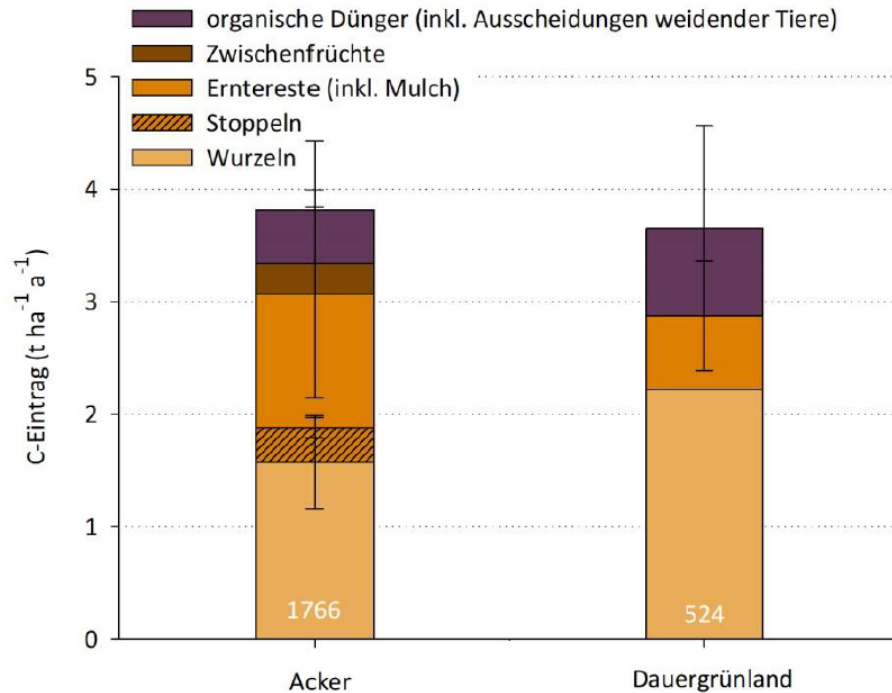


Abbildung 3-30: Eintrag an organischem Kohlenstoff (C) in mineralische Böden unter Acker- und Dauergrünlandnutzung aus verschiedenen Quellen in der Bodenzustandserhebung Landwirtschaft; Mittelwert und Standardabweichung, weiße Zahlen kennzeichnen den Stichprobenumfang

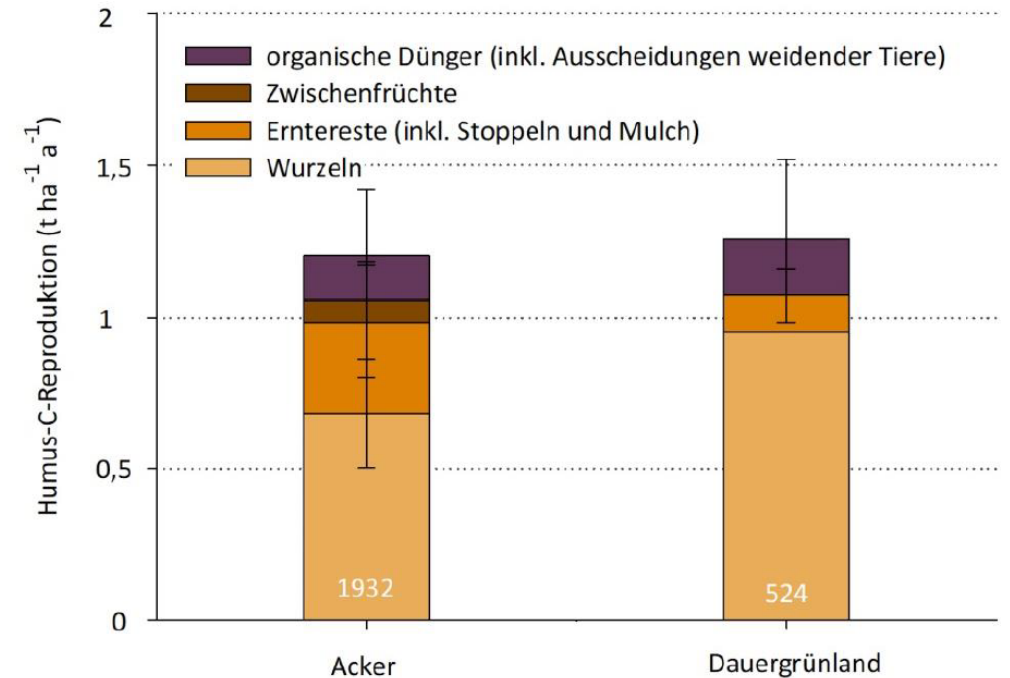


Abbildung 3-31: Mittlere jährliche Reproduktion von Humus-Kohlenstoff (C) aus verschiedenen Quellen in mineralischen Böden unter Acker- und Dauergrünlandnutzung in der Bodenzustandserhebung Landwirtschaft; Mittelwert und Standardabweichung, weiße Zahlen kennzeichnen den Stichprobenumfang

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

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

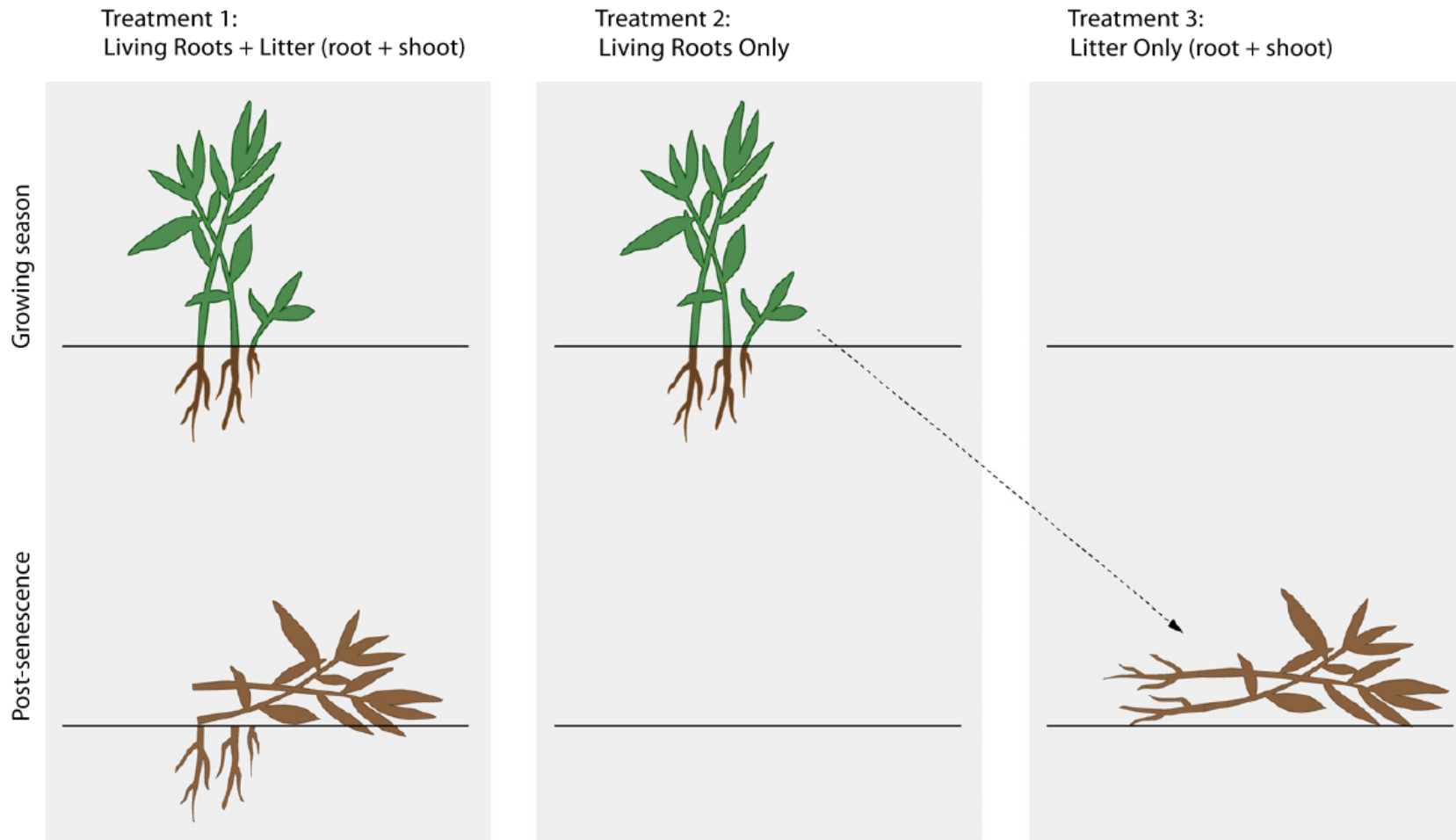


Fig. 1 Experimental design to test how plant carbon (C) from living roots vs litter inputs of *Microstegium vimineum* is incorporated into soil organic carbon (SOC) pools. The diagram shows one of six experimental blocks. During the growing season (upper panel), living root inputs from *M. vimineum* entered the soil in Treatments 1 and 2. Every autumn, after *M. vimineum* senescence and seed-drop (lower panel), shoot and root litter remained in place in Treatment 1, but in Treatment 2 (i.e. 'Living Roots Only') the root and shoot litter was removed and placed on the soil surface of the adjacent plot for Treatment 3 (i.e. 'Litter Only').



→ Wurzelexsudate tragen deutlich effektiver (Faktor 10) zum Humusaufbau bei als Wurzeln / Erntereste / org. Dünger

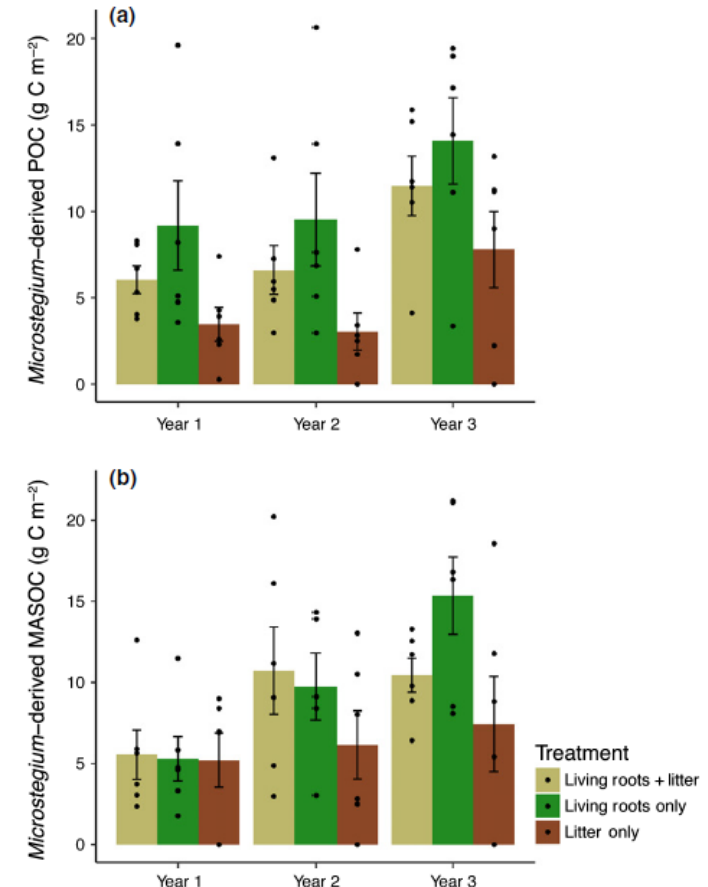


Fig. 2 *Microstegium*-derived soil organic carbon (SOC) formation from living roots compared to litter (i.e. root + shoot litter) in years 1–3. There was significantly greater *Microstegium*-derived C from living roots compared to litter in both the: (a) particulate organic carbon pool (POC) and (b) mineral-associated soil organic carbon pool (MASOC). Bars represent means ± SE ($n = 6$), and individual data points are shown as black opaque circles. For model regression coefficients and Tukey's HSD output for within-year comparisons, see Supporting Information Tables S2 and S3.

- **Auf ausreichende Calcium-Versorgung achten**
 - optimalen pH-Wert durch regelmäßige Erhaltungskalkung einstellen
 - Hohe Kali-Gaben vermeiden (gilt auch für Rindergüllen & Gärreste)
- **Bodenstruktur schonen**
 - Bodenbearbeitung auf das Notwendigste reduzieren
 - Bodenverdichtungen vorbeugen
- **Bodenleben fördern**
 - Mulchwirtschaft
- **Bodenleben kontinuierlich ernähren**
 - Brachezeiten, insbesondere im Sommer minimieren → Zwischenfrüchte / Untersaaten
 - Eher langsam-wirkende org. Dünger einsetzen → Rottemist / Kompost

- **Durchwurzelung + Wurzelexsudation fördern**
 - **Ton-Humus-Komplexen** (insb. auf schweren Böden)
 - Wurzelbiomasse
 - Diverse ZF-Mischungen
- **Versorgung mit Streustoffen / org. Düngemitteln im Blick behalten**
 - **POM-Fraktion** (insb. auf leichten Böden)
 - Wurzelbiomasse
 - Strohmanagement
 - Wirtschaftsdünger
 - Komposte

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!