



SACHSEN-ANHALT

Landesanstalt für
Landwirtschaft und
Gartenbau

Foto: LLG

Trend der Humusvorräte unter landwirtschaftlicher Nutzung am Beispiel der Bodendauerbeobachtung Sachsen-Anhalt

Nadine Tauchnitz

Ackerbautagung 2024, Bernburg und Iden



Hintergrund

- Erhalt bzw. Aufbau optimaler standortgerechter Humusgehalt aufgrund der vielfältigen Funktionen der organischen Substanz für Aufrechterhaltung einer landwirtschaftlichen Nutzung und Erhalt der Bodenfruchtbarkeit von großem Stellenwert:
- ✓ Speicherung von Nährstoffen und Wasser, Filter- und Puffervermögen, biologische Aktivität, Bodengefüge (Aggregatstabilität)
- im Zusammenhang mit deutscher und europäischer Klimapolitik hat Humusaufbau und –erhalt in den letzten Jahren immer mehr an Bedeutung zugenommen
- Kohlenstoffsequenzierung in Böden als eine wichtige Maßnahme des Klimaschutzes
- Bundesweite Bodenzustandserhebung (BZE) 2011-2018 durch das Thünen-Institut zur Bewertung des Ist-Zustandes der Bodenkohlenstoffvorräte landwirtschaftlich genutzter Böden, Wiederholungsinventur ist geplant
- geplantes EU-Bodengesundheitsgesetz: Bewertung des Zustandes der Böden, der Bodengesundheit - damit auch Humusversorgung im Fokus



Zielstellung

- **Auswertung der langfristigen Entwicklung der Humusgehalte landwirtschaftlich genutzter Flächen im Rahmen der Bodendauerbeobachtung in Sachsen-Anhalt**
 - ✓ Aktuelle Humusvorräte
 - ✓ Trend der Humusgehalte
 - ✓ Beurteilung der Humusversorgung der Flächen auf Grundlage der Humusbilanzierung
 - ✓ Einfluss der langfristigen Humusbilanzen auf die Entwicklung der Humusgehalte
 - ✓ Einfluss von Bodeneigenschaften auf die Entwicklung der Humusgehalte





Maßnahmen zum langfristigen Humusaufbau in Böden

Projekt HumusKlimaNetz (Thünen Institut)

- ✓ **Fruchtfolge:** Anteil humusmehrender Kulturen (z.B. Leguminosen) ausweiten und Anteil humuszehrender Kulturen (z.B. Zuckerrüben, Silomais, Kartoffeln) reduzieren
- ✓ **Zwischenfrüchte und Untersaaten:** ober- und unterirdische Biomassebildung
- ✓ **Mehrjährige humusmehrende Kulturen:** Ausbildung größeres Wurzelsystem als einjährige Kulturen, große Wurzelbiomasse wirkt sich positiv auf das Humusaufbaupotenzial aus
- ✓ **Blühstreifen, Agroforstsysteme, Hecken, Kurzumtriebsplantagen**
- ✓ **Reduzierte Bodenbearbeitung:** kein Humusaufbau, nur vertikale Umverteilung des vorhandenen Humus
- ✓ **Ausbringung von Wirtschaftsdüngern:** Verlagerungseffekte

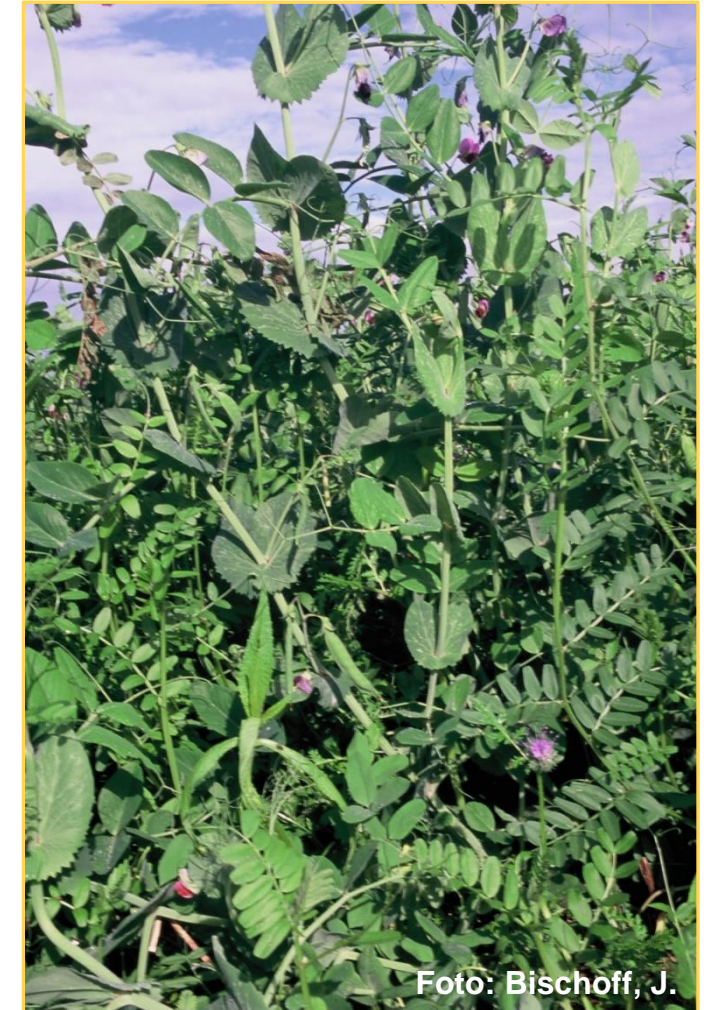


Foto: Bischoff, J.

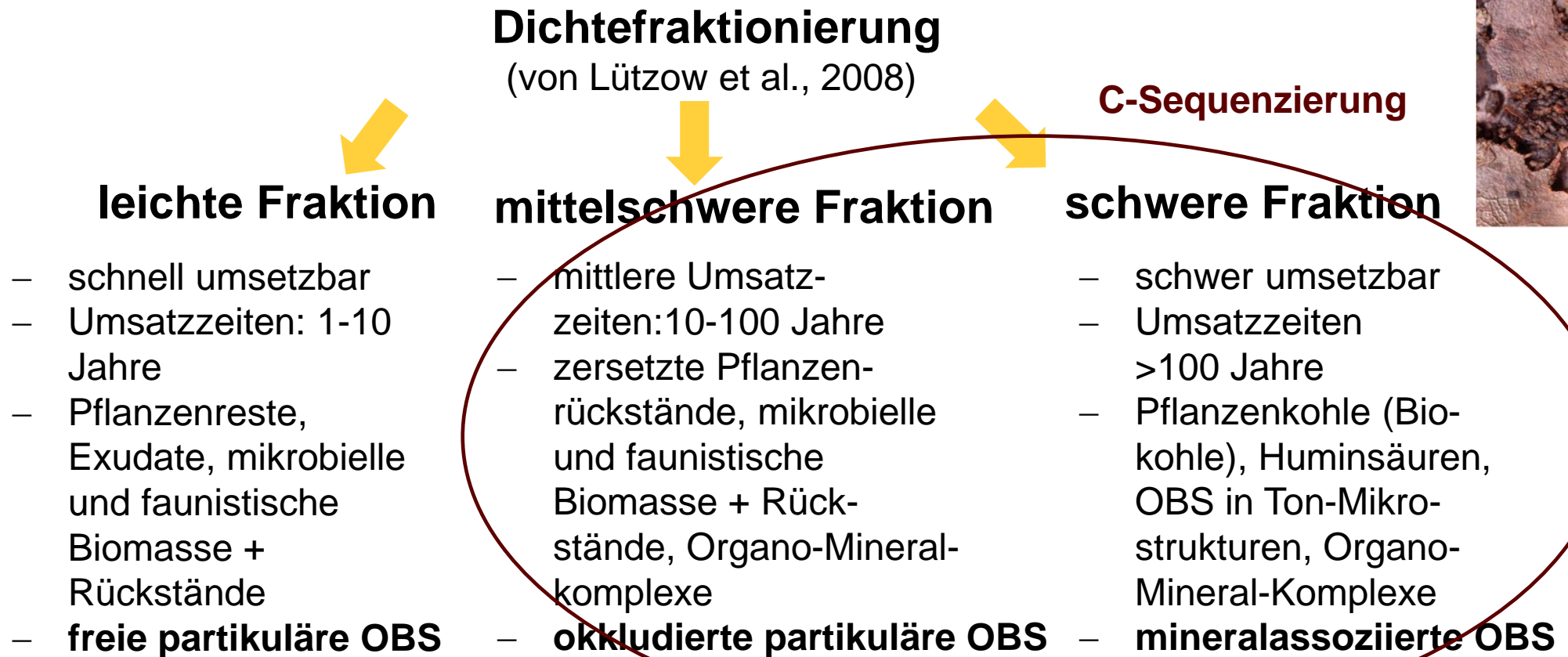
Wüstemann, F. et al., 2023: Steckbriefe zu humuserhaltenden und –mehrenden Maßnahmen auf Ackerflächen, Projektbericht des Thünen-Instituts im HumusKlimaNetz.



Humusqualität

Einteilung in Humusfraktionen

- Einteilung der organischen Substanz im Boden (OBS) in inerte (Dauerhumus, 80-90 %) und umsetzbare Fraktion (Nährhumus, 10-20 %) (Körschens et al., 1997)





Humusbilanzierung

Humusbilanzglieder

Humussaldo

=

Humuszufuhr

Reproduktionsleistung
organischer Materialien

minus

Humusbedarf
anbauspezifisch



Foto: Bischoff, J.

- Pflanzenmaterial (Stroh, Gründüngung, Blatt, etc.)
- Wirtschaftsdünger
- Humusmehrerleistung von Kulturen (z.B. Leguminosen, Feldfutter, Zwischenfrüchte, Brache, etc.)

- angebaute Kulturart



Foto: LLG



Humusbilanzierung

VDLUFA-Methode - Humuszufuhr

Tabelle: Richtwerte für die Humusreproduktionsleistung verschiedener organischer Materialien (Auszug)

Material		TM (%)	Humus-Reproduktion kg Humus-C (t Substrat) ⁻¹
Pflanzenmaterial	Stroh	86	80 bis 110
	Gründüngung, Rübenblatt, Marktabfälle, Grünschnitt	10 20	8 16
	Stallmist	frisch	20
30			40
verrottet		25	40
		35	56
		55	96
Gülle	Schwein	4	4
		8	8
	Rind	4	6
		7	9
		10	12
	Geflügel (Kot)	15	12
		25	22
		35	30
	45	38	



Humusbilanzierung

VDLUFA-Methode – Humusbedarf

Tabelle: Richtwerte für die Humusbedarfswerte verschiedener Kulturarten (Auszug)

Hauptfruchtarten	kg Humus-C ha ⁻¹	
	unterer Bedarf	oberer Bedarf
Zucker- und Futterrübe, einschl. Samenträger	-760	-1300
Kartoffeln und 1. Gruppe Gemüse / Gewürz- und Heilpflanzen	-760	-1000
Silomais, Körnermais und 2. Gruppe Gemüse / Gewürz- und Heilpflanzen	-560	-800
Getreide einschließlich Öl- und Faserpflanzen, Sonnenblumen sowie 3. Gruppe Gemüse / Gewürz- und Heilpflanzen	-280	-400



Humusbilanzierung

VDLUFA-Methode – Humusmehrerleistung

Tabelle: Richtwerte für die Humusbedarfswerte verschiedener Kulturarten (Auszug)

Hauptfruchtarten	kg Humus-C ha ⁻¹	
	unterer Bedarf	oberer Bedarf
Körnerleguminosen	160	240
Mehrjähriges Futter Ackergras, Leguminosen, Leguminosen-Gras-Gemenge, Vermehrung, etc. - je Hauptnutzungsjahr - im Ansaatjahr als Frühjahrsblanksaat bei Gründeckfrucht als Untersaat als Sommerblanksaat	600 400 300 200 100	800 500 400 300 150
Zwischenfrüchte (Aufwuchs abgefahren) Winterzwischenfrüchte Stoppelfrüchte Untersaaten	120 80 200	160 120 300
Brache Selbstbegrünung - ab Herbst - ab Frühjahr des Brachejahres		180 80



Humusbilanzierung

Humuseinheiten (HE)- Methode

- 1 HE = 1 t Humus mit 50 kg N und 580 kg C
- Humusbilanz-Parameter werden dem Ertrags- und Düngungsniveau sowie den Standortbedingungen angepasst = dynamische Berechnung
- im Vergleich dazu VDLUFA-Methode = statische Berechnung
- fruchtartenspezifischer Koeffizient von Niederschlagshöhe (langjährig), Bodenart am Standort, Ertragshöhe und mineralische N-Düngung bestimmt
- REPRO-Betriebsbilanzierungsprogramm (Hülsbergen, 2003)
- HUNTER (**H**umus-**N**ährstoff-**T**reibhausgas-**E**nergie-**R**echner), excel-Tool (TUM, IfÖL, BÖLN, BEL)

Hülsbergen, K.-J., 2003: Entwicklung und Anwendung eines Bilanzierungsmodells zur Bewertung der Nachhaltigkeit landwirtschaftlicher Systeme. Habilitationsschrift. Shaker Verlag, Aachen, 257 S.



Humusbilanzierung

Bewertung

Humussaldo		Bewertung
kg Humus-C ha ⁻¹ a ⁻¹	Klasse	
< -200	A sehr niedrig	ungünstige Beeinflussung von Bodenfunktionen und Ertragsleistung
-200 bis -76	B niedrig	mittelfristig tolerierbar, besonders auf mit Humus angereicherten Böden
-75 bis 100	C optimal	optimal hinsichtlich Ertragssicherheit bei geringem Verlustrisiko, langfristig Einstellung standortangepasster
101 bis 300	D hoch	mittelfristig tolerierbar, besonders auf mit Humus verarmten Böden
> 300	E sehr hoch	erhöhtes Risiko für N-Verluste, niedrige N- Effizienz



Bodendauerbeobachtung Sachsen-Anhalt

- Sachsen-Anhalt ist gesetzlich verpflichtet ein Bodenbeobachtungssystem zu führen (BodSchAG LSA)
- Ersteinrichtung der Bodendauerbeobachtungsflächen (BDF) ab 1993
- Betreuung der BDF gemeinsam mit Landesamt für Umweltschutz, Landesamt für Geologie und Bergwesen und Nordwestdeutscher Forstlicher Versuchsanstalt (Forstflächen)
- LLG: Zuständigkeit für den Bereich der landwirtschaftlichen Bodennutzung
- **Ziel:** kurz- und langfristig Bodenveränderungen zu erkennen und entsprechend darauf zu reagieren, evtl. zukünftige Entwicklungen zu prognostizieren
- zusätzlich zu BDF Einrichtung von Dauertestflächen (DTF) ab 2007 durch LLG (höhere Stichprobenanzahl z.B. für N_{\min} -Richtwerte)

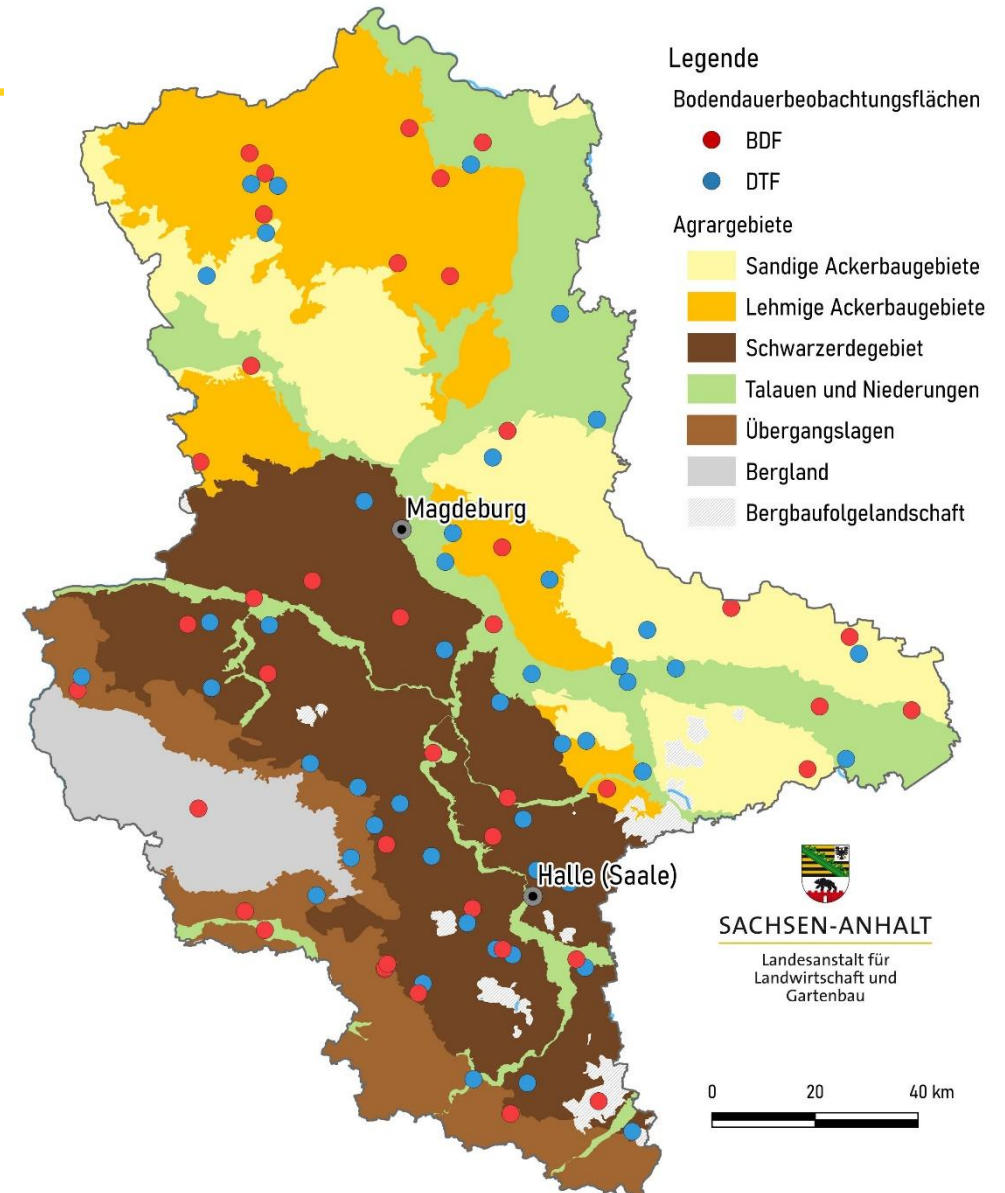


Foto: LLG



Bodendauerbeobachtung Sachsen-Anhalt

- 41 BDF (31 Ackerland, 10 Grünland) und 47 DTF (42 Ackerland, 5 Grünland)
- in die Humusauswertung einbezogen insgesamt 38 BDF und 47 DTF
- Probenahme jährlich zu Vegetationsende (0-30 cm) 1 Sammelprobe über die Fläche, ab 2023 4-fache Wiederholung pro Fläche (Quadranten)
- Trendauswertung: Zeitreihe 1997-2023 (Gesamt-Kohlenstoff und –Stickstoff), Zeitreihe 2005-2023 (organischer Kohlenstoff)
- signifikanter Trend bei Bestimmtheitsmaß $r^2 > 0,25$ und Wahrscheinlichkeit $p < 0,05$, geringer Standardfehler des Schätzers (SER)



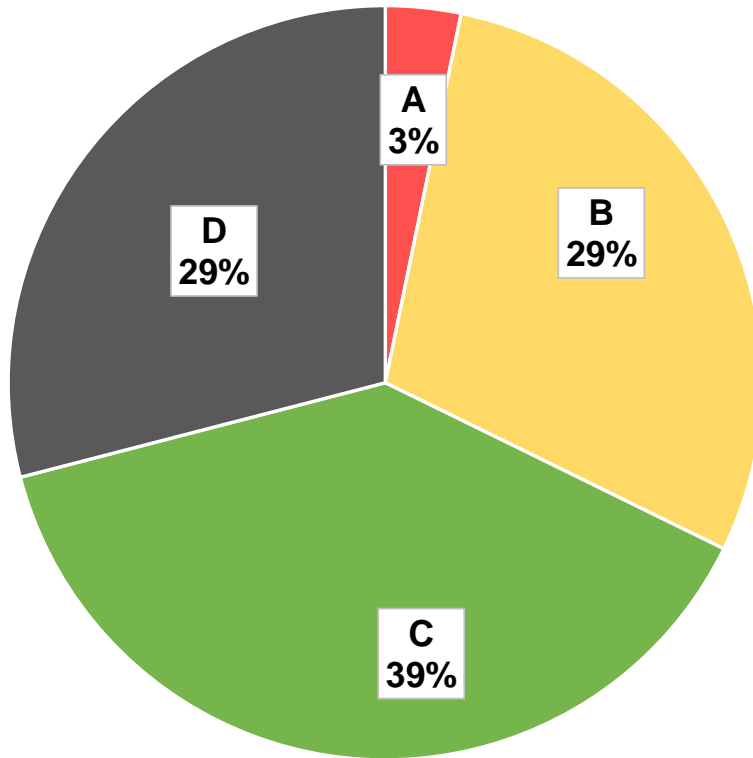


Humusbilanzen

kg Humus-C ha ⁻¹ a ⁻¹	< -200	-200 bis -76	-75 bis 100	101 bis 300	> 300
Klasse	A sehr niedrig	B niedrig	C optimal	D hoch	E sehr hoch

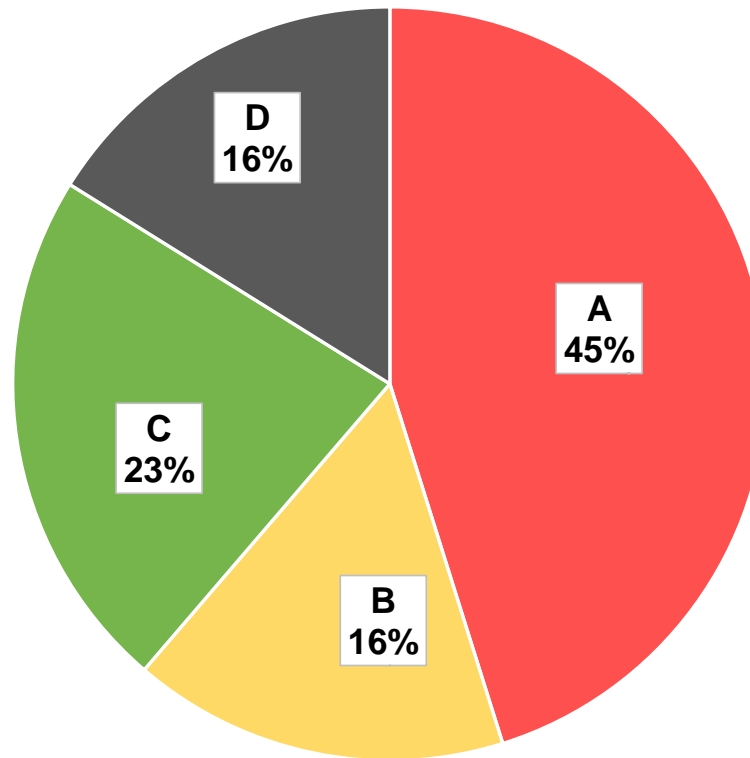
VDLUFA
untere Bedarfswerte

■ A ■ B ■ C ■ D



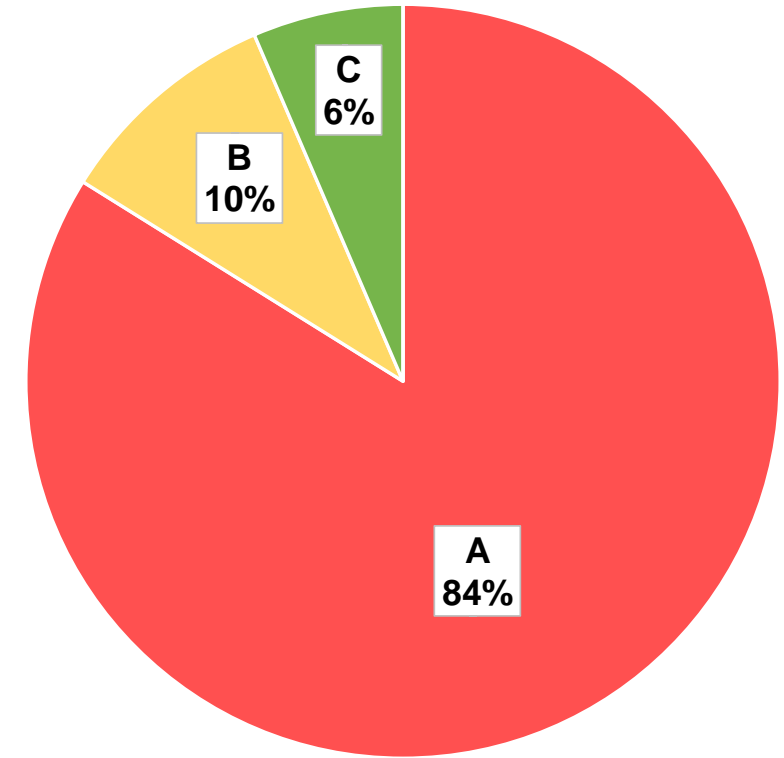
VDLUFA
obere Bedarfswerte

■ A ■ B ■ C ■ D



Dynamische HE-Methode
HUNTER

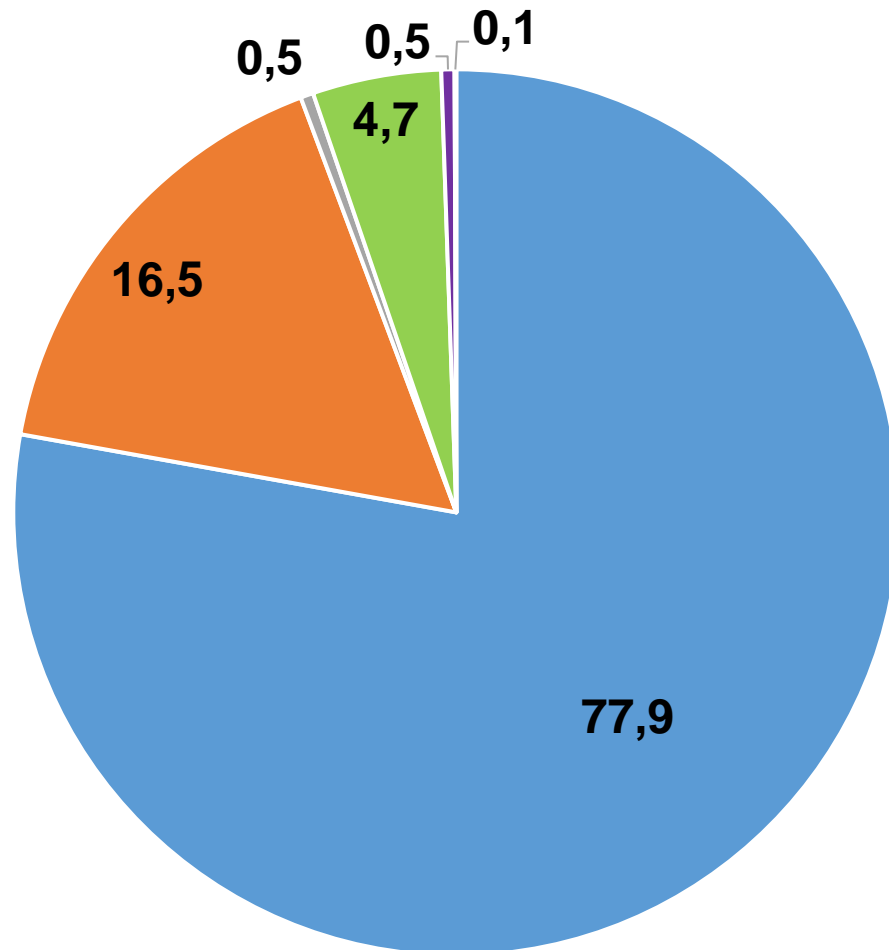
■ A ■ B ■ C ■ D





Fruchtfolgen

Anteil in Prozent

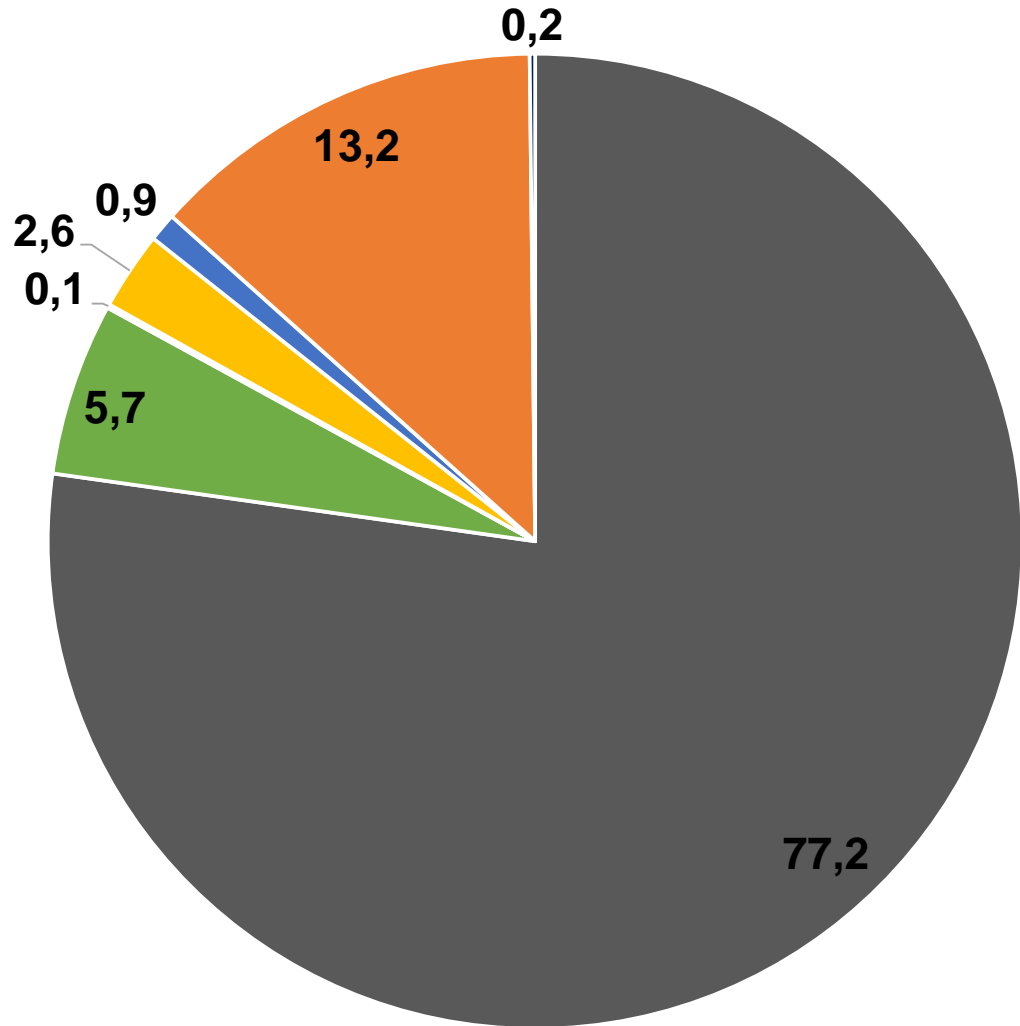


- Getreide/Raps/Öllein/Sonnenbl
- Hackfrüchte
- Brache
- Leguminosen
- Gräser
- Zwischenfrüchte (Anzahl pro FF)



Einsatz von Wirtschaftsdüngern

Anteil in Prozent



- keine Wirtschaftsdünger
- Stallmist
- Kompost
- Klärschlamm
- Hühnertrockenkot
- Gülle/Gärreste
- Jauche

Humusreproduktionsleistung

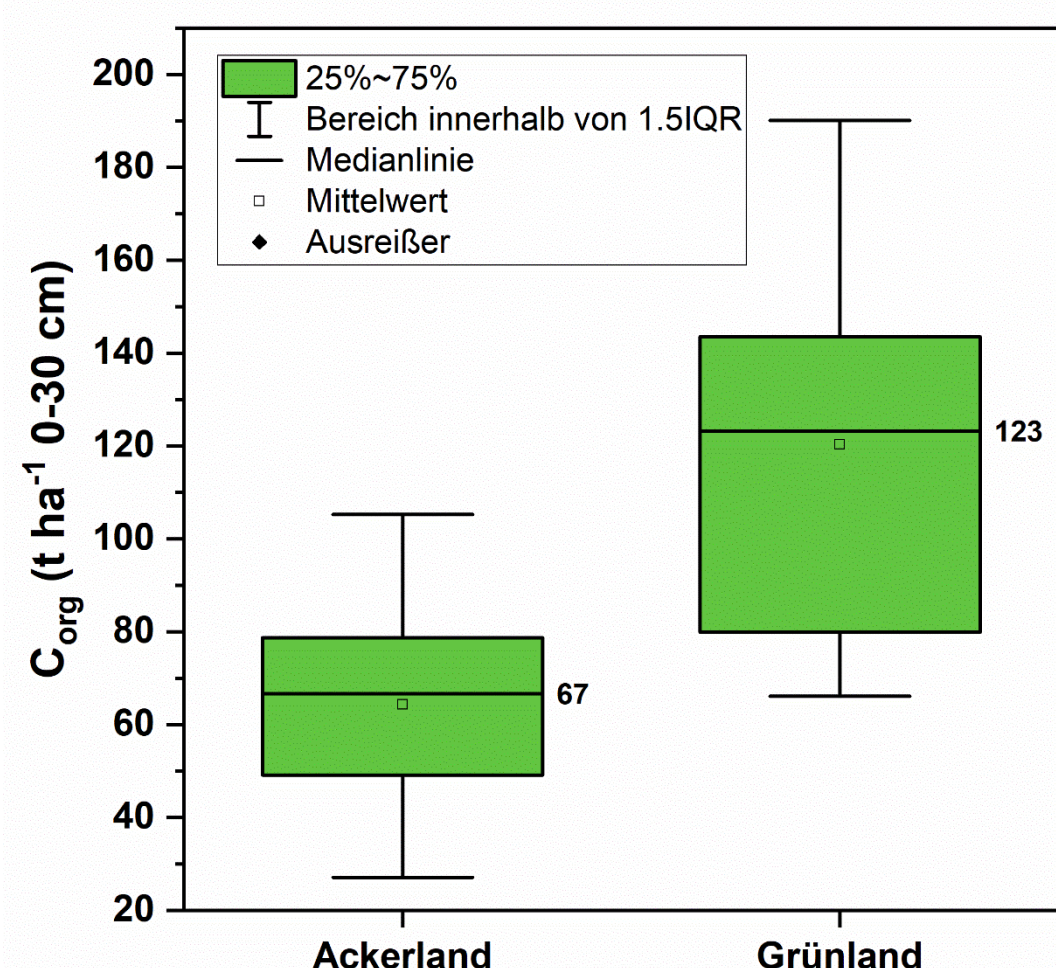
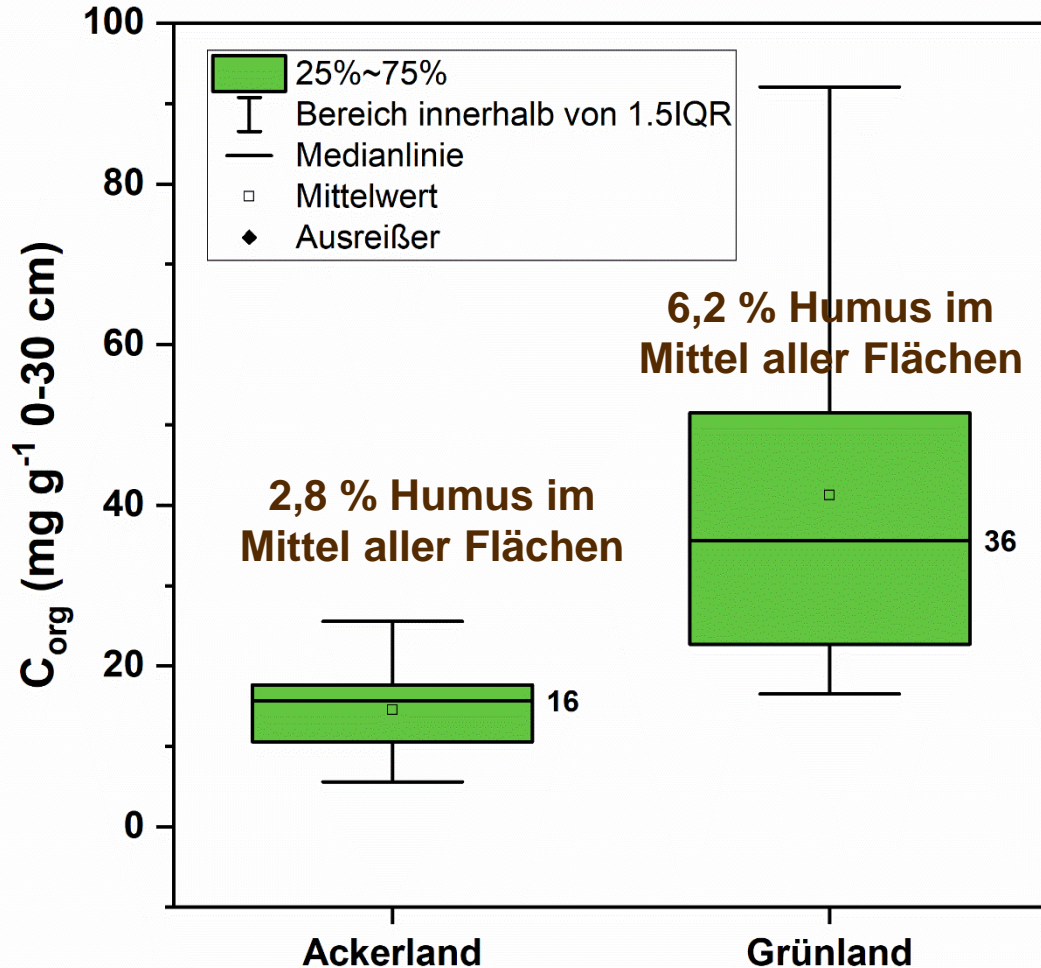
Gründüngung < Stroh < Schweinegülle
< Rindergülle < Frischmist < Gärprodukte
< Rottemist < Kompost

(Kolbe und Zimmer, 2015)



Aktuelle C_{org} -Gehalte und C_{org} -Vorräte (2023)

Umrechnung C_{org} in Humus – Faktor 1,724



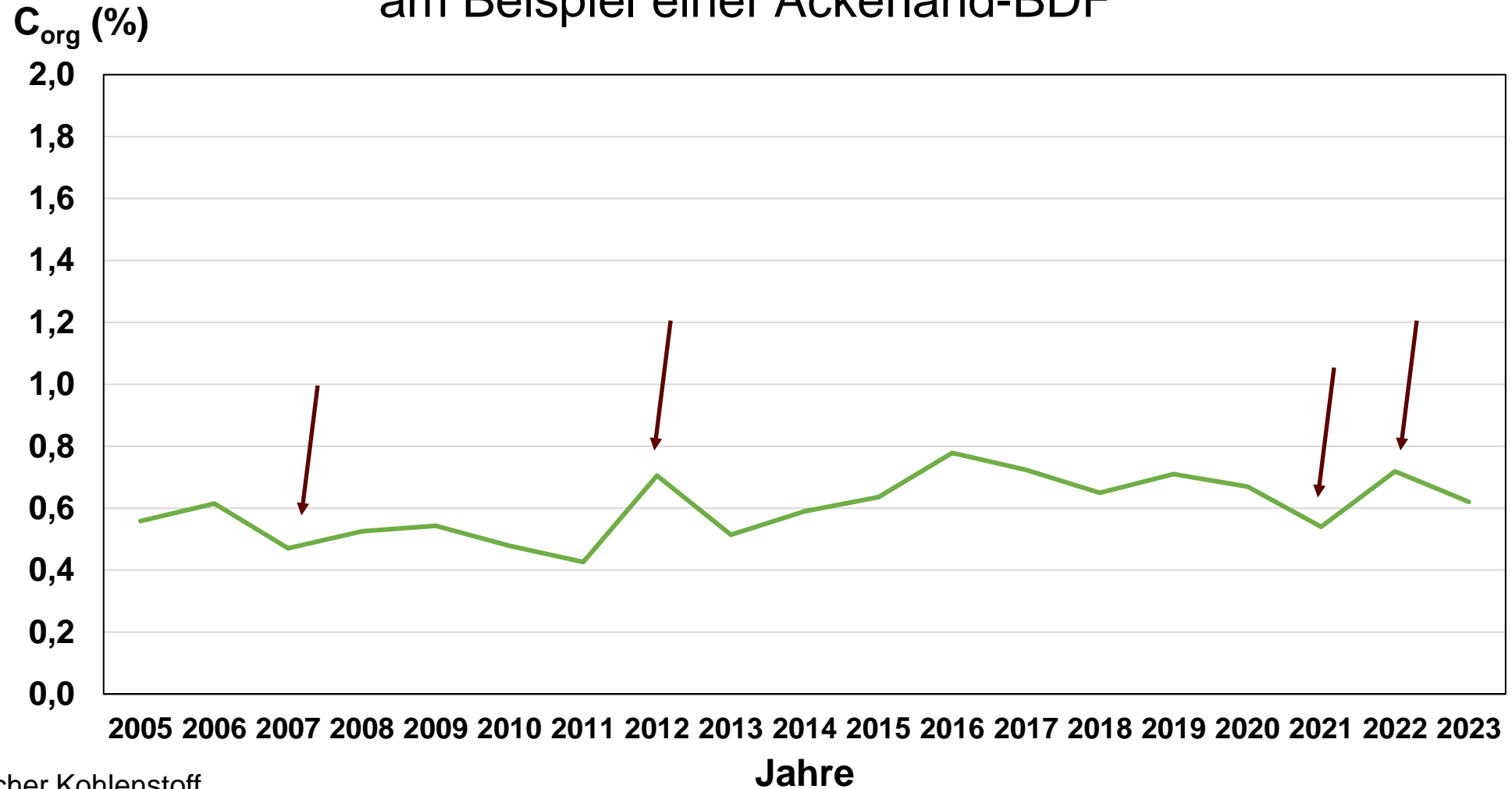
C_{org} : organischer Kohlenstoff



Streuung der C_{org} -Gehalte

zwischen den Einzeljahren

am Beispiel einer Ackerland-BDF



C_{org} : organischer Kohlenstoff



Streuung der C_{org}-Gehalte

zwischen den Einzeljahren und den Probenahmepunkten auf einer Fläche

		Variationskoeffizient (%)	
		Zeit ¹	Räumlich ²
Ackerland	Mittelwert	<u>13,6</u>	<u>5,7</u>
	Min	5,3	1,3
	Max	28,8	15,6
Grünland	Mittelwert	<u>23,2</u>	<u>14,2</u>
	Min	15,8	5,6
	Max	35,1	28,2

¹ Streuung zwischen den Einzeljahren im gesamten Untersuchungszeitraum (2005-2023)

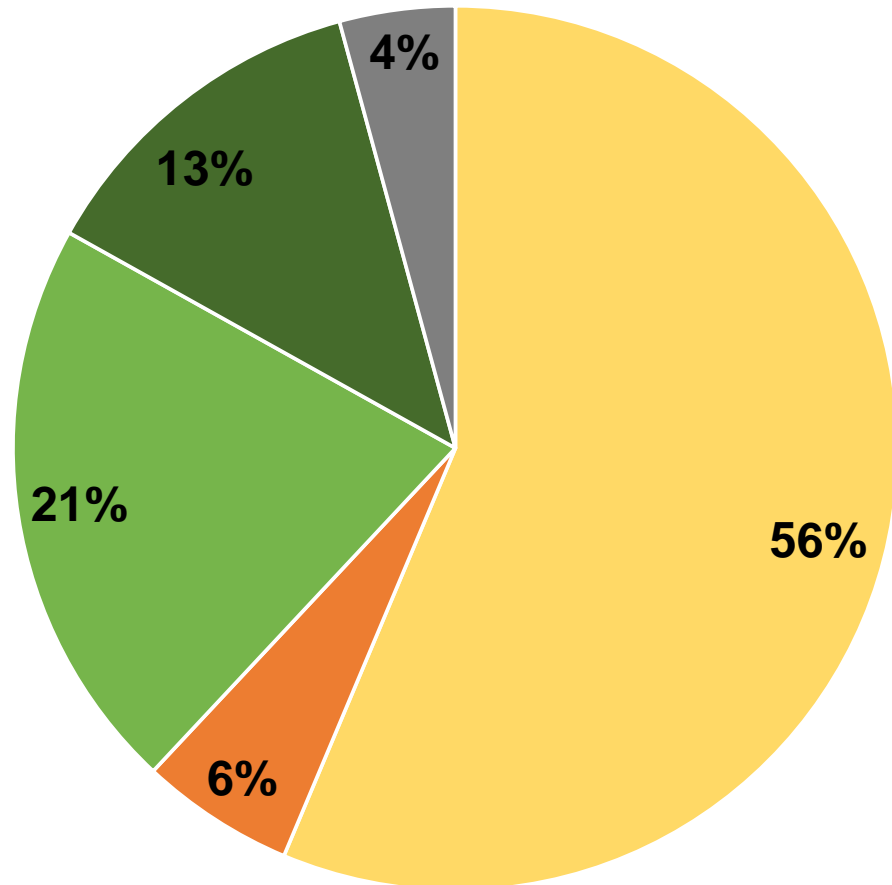
² Ergebnisse der Probenahme 2023 mit 4 Wiederholungen



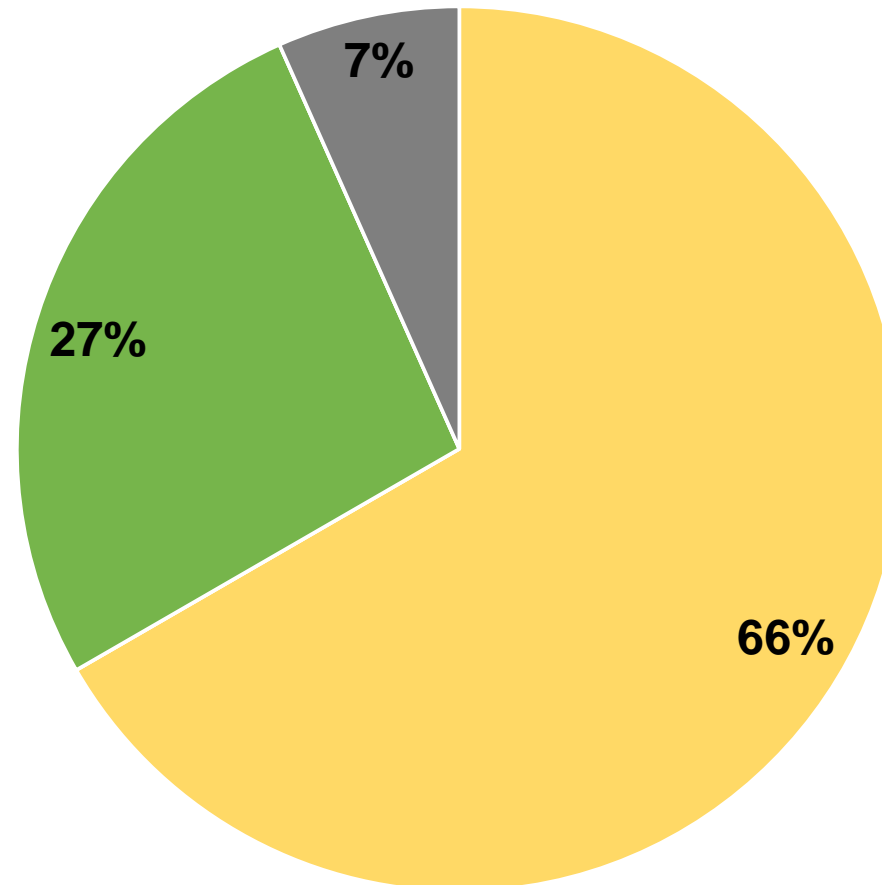
Trend der C_{org} -Gehalte

Untersuchungszeitraum 2005-2023

Ackerland



Grünland



- Tendenz Abnahme
- signifikante Abnahme ($r^2 > 0,25$; $p < 0,05$)
- Tendenz Zunahme
- signifikante Zunahme ($r^2 > 0,25$; $p < 0,05$)
- keine Änderung

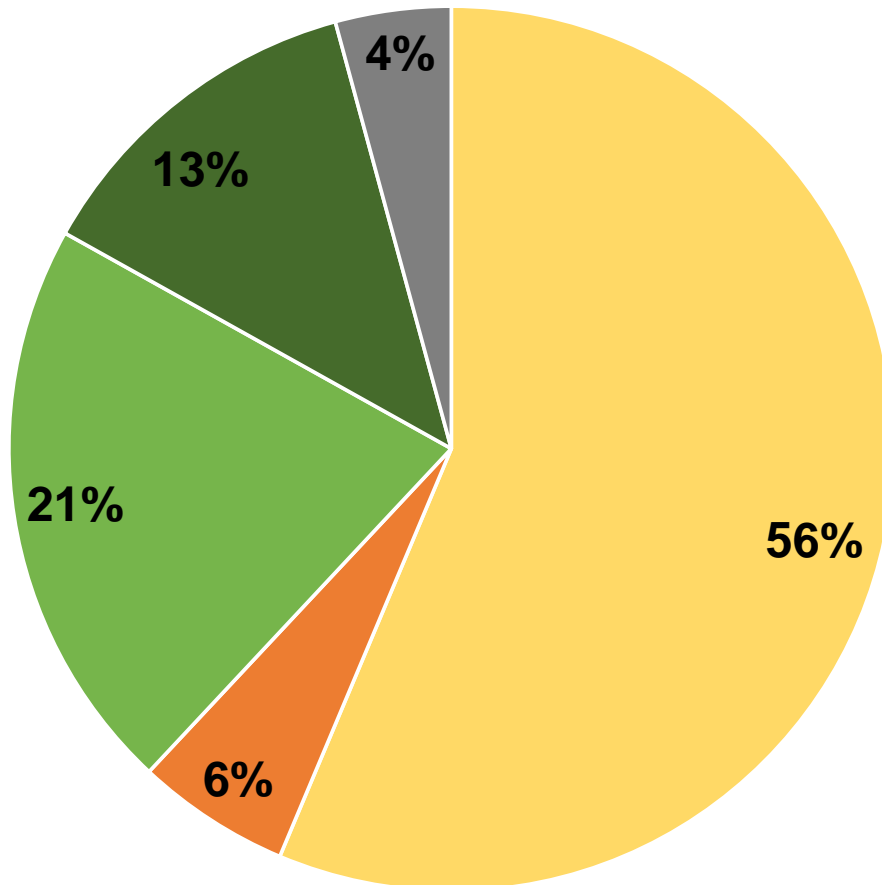
C_{org} : organischer Kohlenstoff



Trend der C_{org} -Gehalte

Untersuchungszeitraum 2005-2023

Ackerland



Ackerland Flächen mit signifikanter C_{org} -Abnahme

- ✓ Fruchtfolgen mit hohem Hackfruchtanteil ($\geq 50\%$)
- ✓ Umwandlung Grünland in Ackerland
- ✓ hohes C_{org} -Ausgangsniveau
- ✓ reine Getreide Fruchtfolgen mit überwiegend Strohräumung und wenig bzw. keiner organischen Düngung

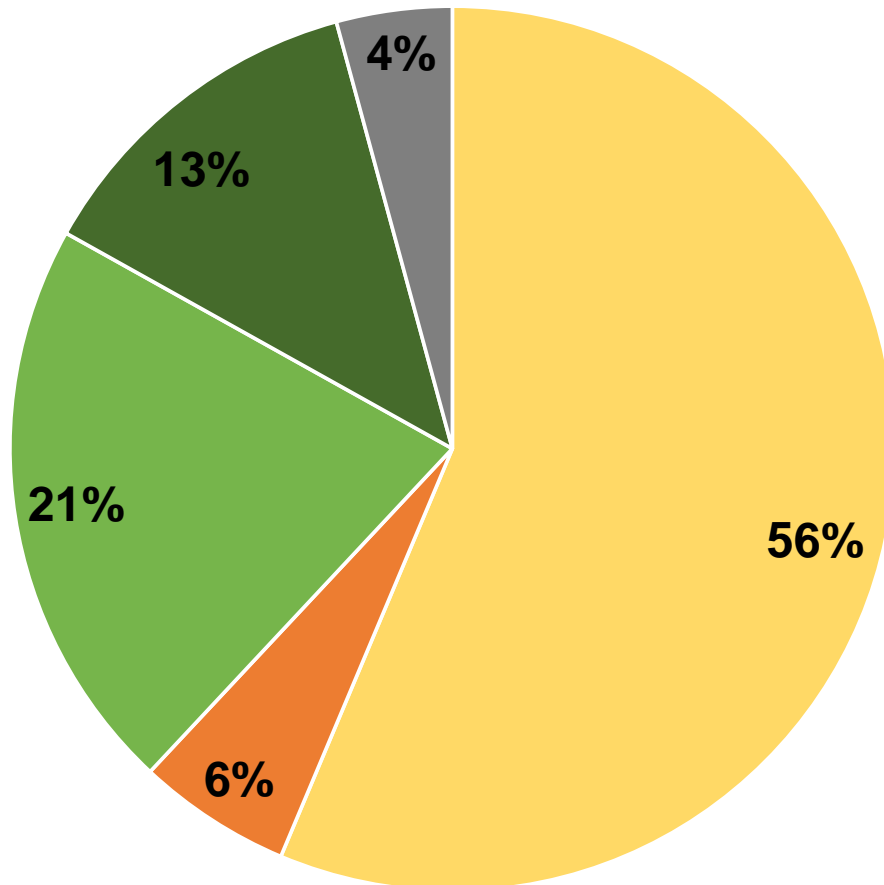
C_{org} : organischer Kohlenstoff



Trend der C_{org} -Gehalte

Untersuchungszeitraum 2005-2023

Ackerland



Ackerland Flächen mit signifikanter C_{org} -Zunahme

- ✓ Fruchtfolgen mit Leguminosen, Gräsern, Luzerne
- ✓ Zufuhr von Stallmist, Kompost oder Klärschlamm
- ✓ niedriges C_{org} -Ausgangsniveau (insbes. Sandböden) mit organischer Düngung (Stallmist, Kompost, Klärschlamm) u./o. Leguminosen, Zwischenfrüchten

C_{org} : organischer Kohlenstoff



Zusammenfassung

- unzureichende Humusversorgung der Bodendauerbeobachtungsflächen, überwiegend Getreide-Hackfrucht-Fruchtfolgen, kaum humusmehrende Kulturen (Leguminosen), kaum/keine Zwischenfrüchte
- geringer Wirtschaftsdüngereinsatz, überwiegend Einsatz von Düngern mit geringem Humusreproduktionspotential
- Ackerland: kein einheitlicher Trend der C_{org} -Gehalte im langjährigen Mittel, sowohl signifikante Zunahmen als auch Abnahmen der C_{org} -Gehalte, Zunahmen vor allem bei Sandböden mit geringen C_{org} -Ausganggehalten und besserer Humusversorgung, überwiegender Teil der Flächen zeigt die Tendenz einer Abnahme der C_{org} -Gehalte
- Grünland: kein signifikanter Trend der C_{org} -Gehalte im langjährigen Mittel, > 60 % der Flächen zeigt Tendenz der Abnahme der C_{org} -Gehalte
- Fortsetzung der Messungen und Auswertungen, Intensivierung der Probenahme (4-fach Wiederholung), REPRO-Auswertung, Untersuchungen zur Humusqualität



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit !