

Humus in der Landwirtschaft und seine Rolle für den Klimaschutz

PD Dr. Axel Don

Thünen Institut für Agrarklimaschutz



07.12.2018

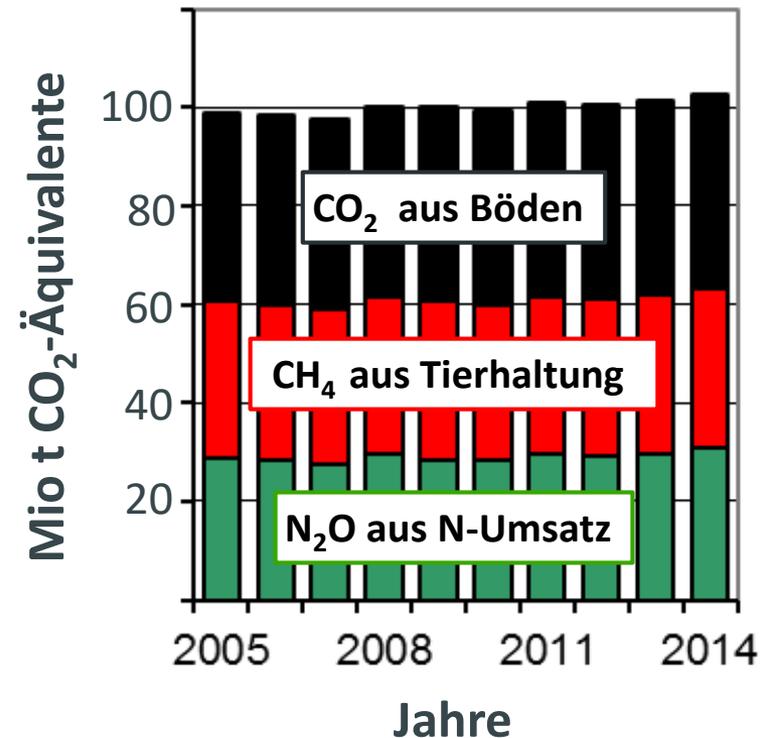
Gießen

Landwirtschaft und Klimawandel

Landwirtschaft ist Betroffene
60 Prozent aller Ernteschäden
zwischen 1990 und 2006 durch
extreme Trockenheit



Landwirtschaft ist Verursacher
ca. 11% der nationalen THG-
Emission



Klimaschutzziele in der Landwirtschaft

➤ Erstmals sektorale Minderungsziele im Klimaschutzplan 2050

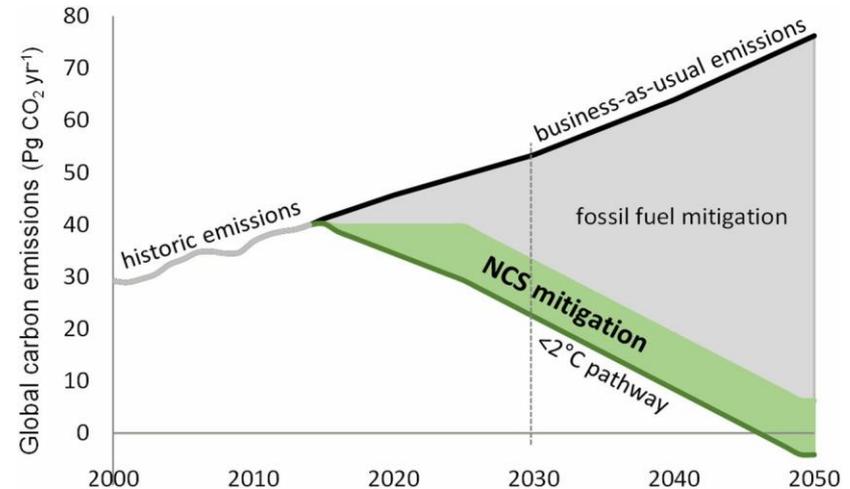


Handlungsfeld	Ziel in 2030 -- Minderung in % gegenüber 1990 --	Stand in 2014
Energiewirtschaft	61-62 %	23 %
Gebäude	66-67 %	43 %
Verkehr	40-42 %	2 %
Industrie	49-51 %	36 %
Landwirtschaft	31-34 %	18 %
Über alle Sektoren	55 %	28 %

Negative Emissionen: Humusaufbau

„Negative Emissionen“ werden benötigt um das 2°C-Ziel zu erreichen

z.B. durch C-Sequestrierung im Boden



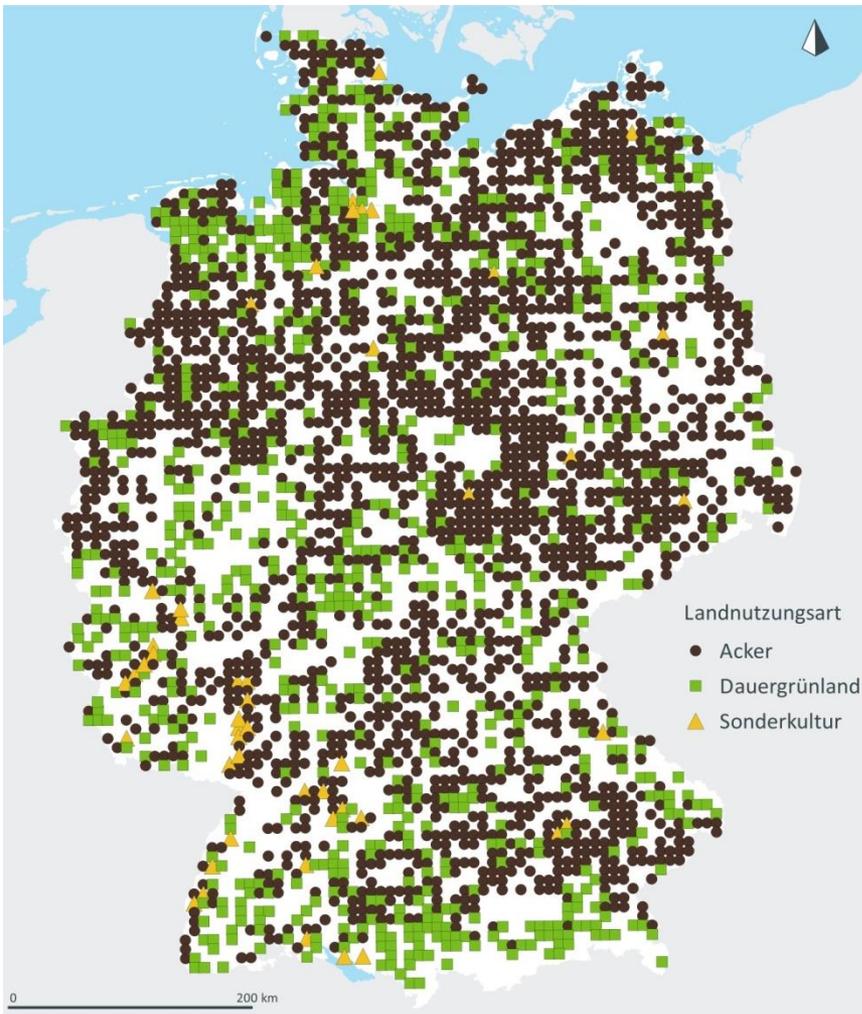
Griscom et al. 2017

Veränderungen von C_{org} -Vorrat im Boden sind klimarelevant

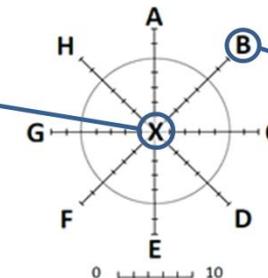
- C_{org} -Vorrat ↓
= Boden ist C-Quelle, CO₂ wird emittiert
- C_{org} -Vorrat ↑
= Boden ist C-Senke, CO₂-C wird festgelegt (C-Sequestrierung)

Organische Bodensubstanz = Humus = Bodenkohlenstoff*1,76 $\hat{=}$ C_{org}

Bodenzustandserhebung des Thünen Instituts



- Bodenbeprobung im 8×8 km Raster (3104 Standorte)
- Einheitliche Tiefenstufen: 0-10, 10-30, 30-50, 50-70, 70-100 cm
- 124.000 Bodenproben
- 2012-2018



Analysen im Thünen-Bodenlabor

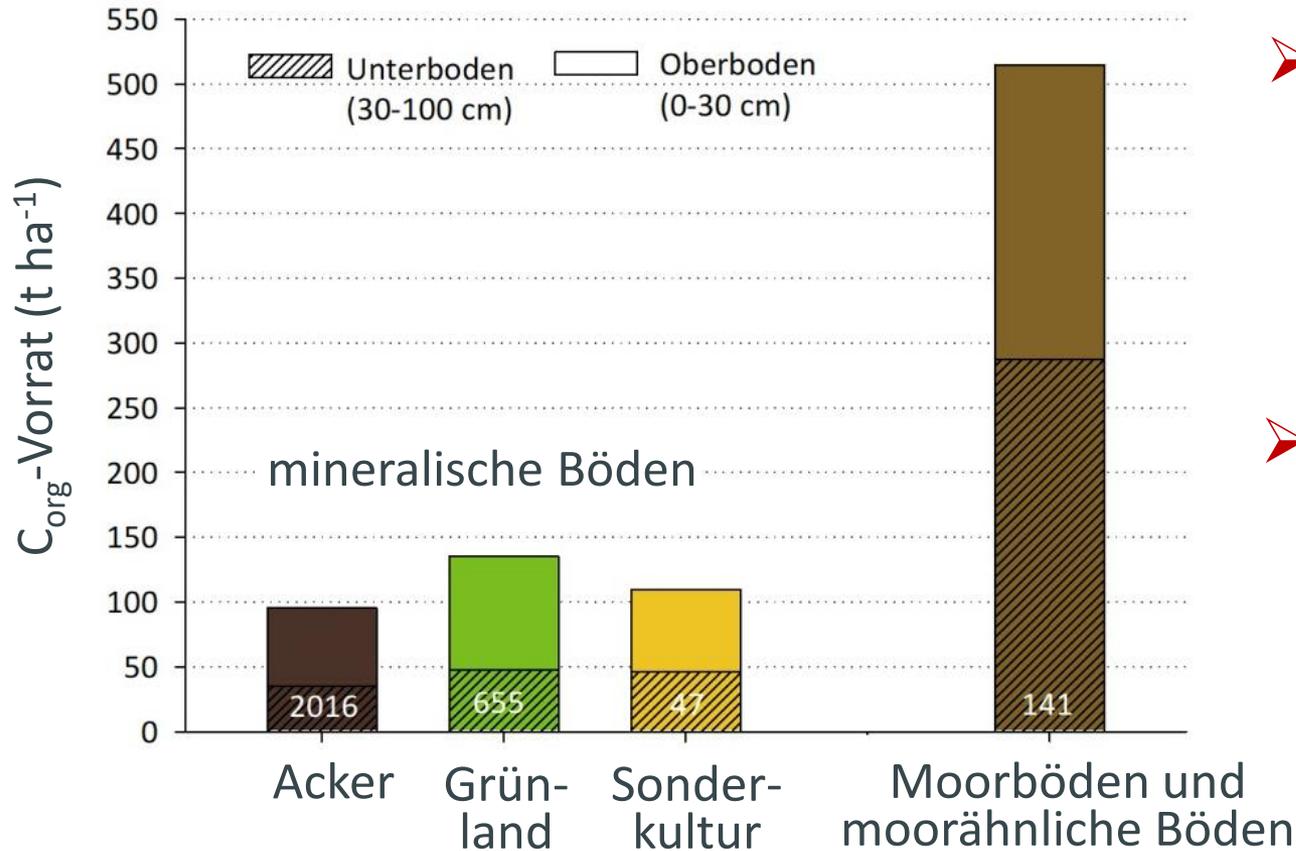
- Gemessene Bodenkenngrößen
 - Gehalt an organischem Kohlenstoff
 - Gehalt an anorganischem Kohlenstoff
 - Gehalt an Gesamtstickstoff
 - Feinbodenanteil ($< 2 \text{ mm}$)
 - Grobbodenanteil ($\geq 2 \text{ mm}$)
 - Trockenrohdichte des Feinbodens
 - Korngrößenzusammensetzung
 - pH-Wert
 - Wurzelmasse
 - Nahinfrarot-Spektren

- Erhebung von Bewirtschaftungsdaten

- Etablierung eines Bodenarchivs



Mittlere Vorräte an organischem Kohlenstoff



➤ Moorböden haben rund 5 × mehr C_{org} als Mineralböden (0-100 cm)

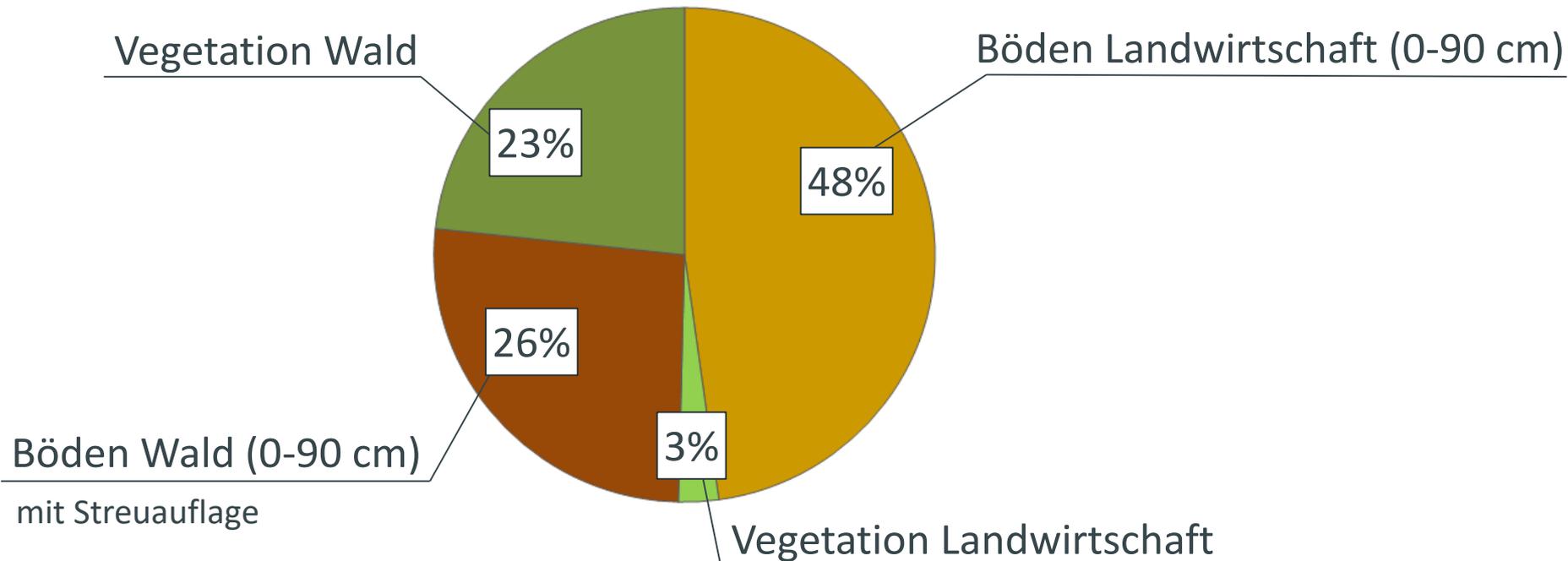
➤ Mineralböden (0-100 cm):

- Acker: 96 t C_{org} ha⁻¹
- Grünland: 135 t C_{org} ha⁻¹

➤ Unterböden tragen 35% zum C_{org} -Vorrat bei

C_{org}-Vorrat in terrestrischen Ökosystemen

- C_{org}-Vorrat in landwirtschaftlich genutzten Böden in Deutschland:
2,4 Milliarden t C_{org} (0-90 cm Tiefe)



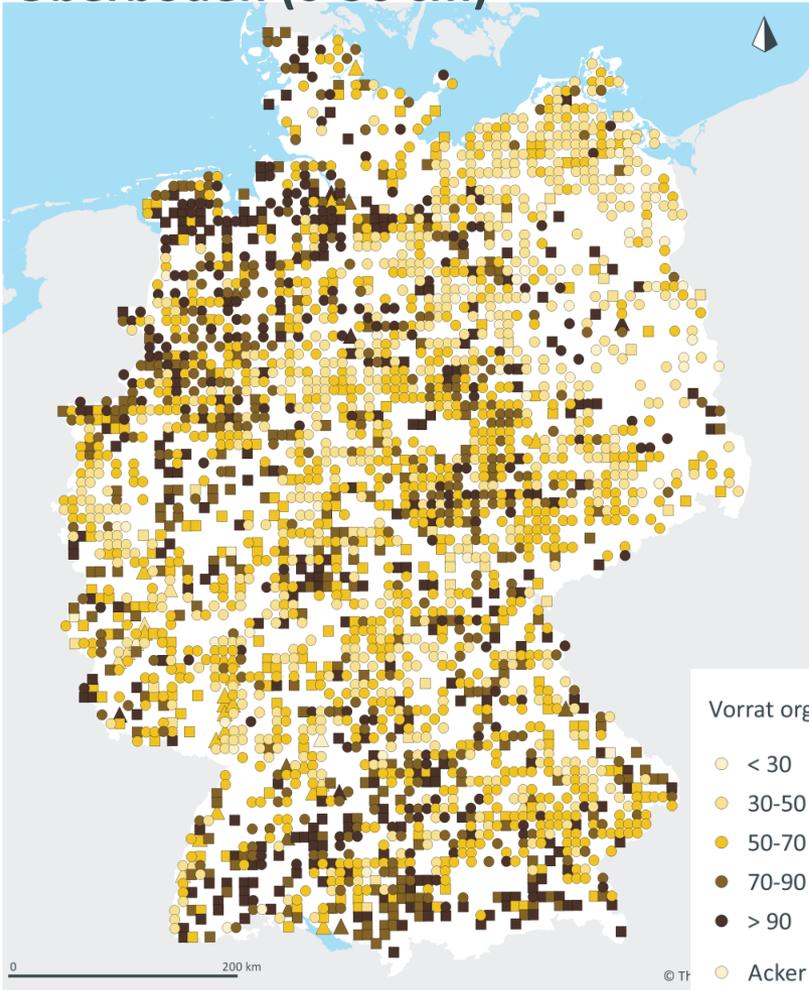
Wald:BMEL, 2016

Humusvorräte sind sehr variabel (Zahlen in t C_{org} ha⁻¹)

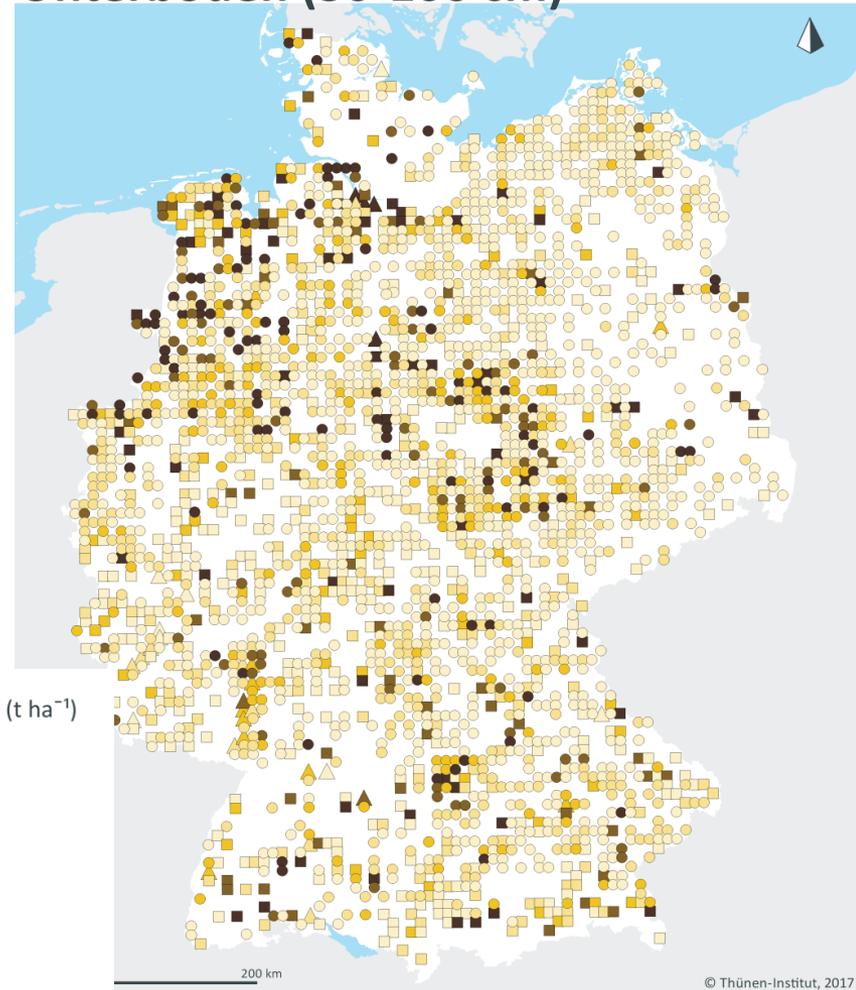


C_{org}-Vorrat in Deutschland

Oberboden (0-30 cm)



Unterboden (30-100 cm)



Vorrat organischer Kohlenstoff (t ha⁻¹)

- < 30
- 30-50
- 50-70
- 70-90
- > 90

○ Acker

■ Dauergrünland

▲ Sonderkultur

Einflussgrößen auf C_{org} -Vorräte (Mineralböden)

Standort

- Ausgangsgestein
- Textur
- Grundwasserstand
- Höhe & Neigung
- pH
- Bodentyp
- ...

Management

- Landnutzung
- Anthropogene Veränderungen
- C & N Einträge
- Landnutzungsgeschichte...

Klima

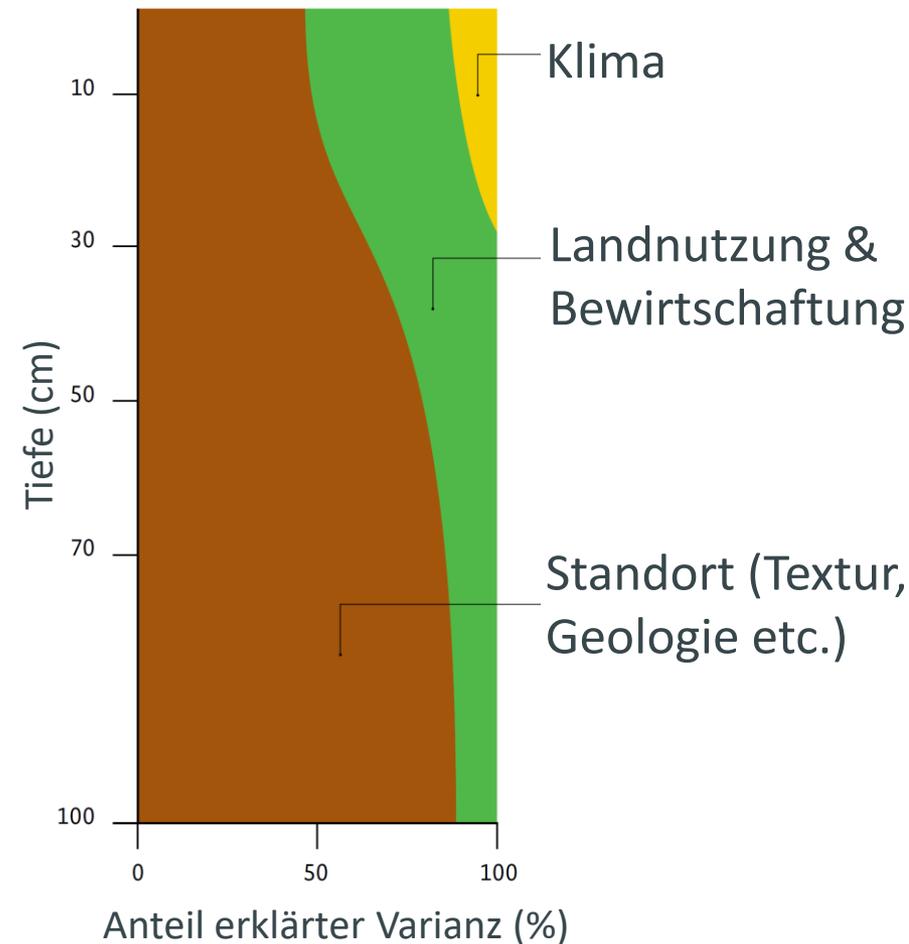
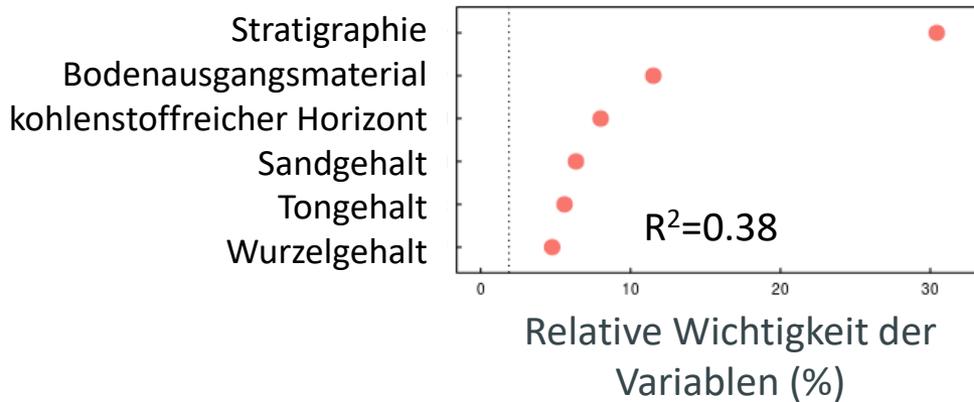
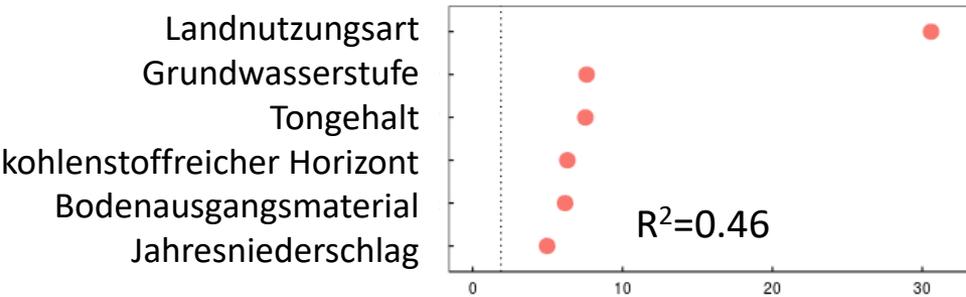
- Temperatur
- Niederschlag
- Topographischer Feuchteindex...

Methoden: Statistische Analyse

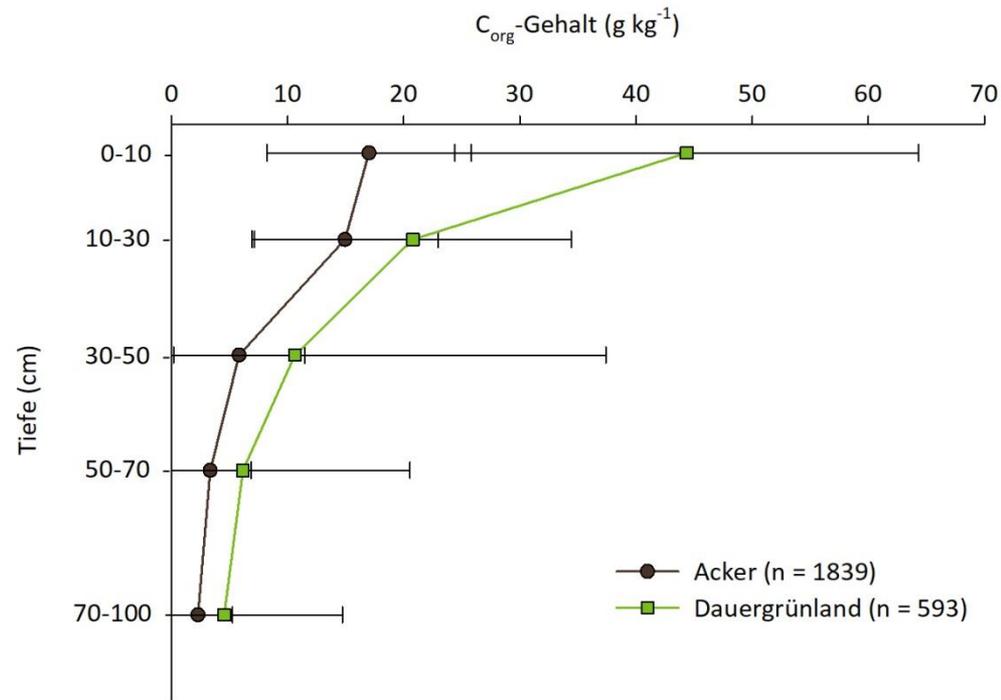
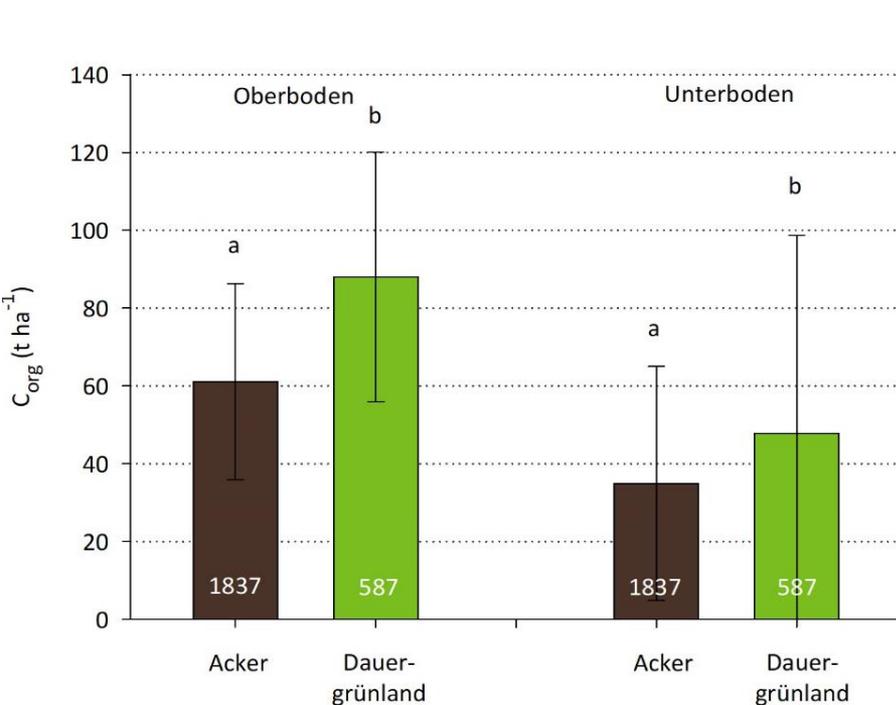
- > 200 mögliche Einflussgrößen
- mineralische Böden ($C_{\text{org}} < 8.7\%$, 2515 Standorte)
- Identifikation der wichtigsten Einflussgrößen:
 - Gradient boosting machines (gbms)
 - Conditional inference forests (cforests)



Steuergrößen für räumliche Variabilität

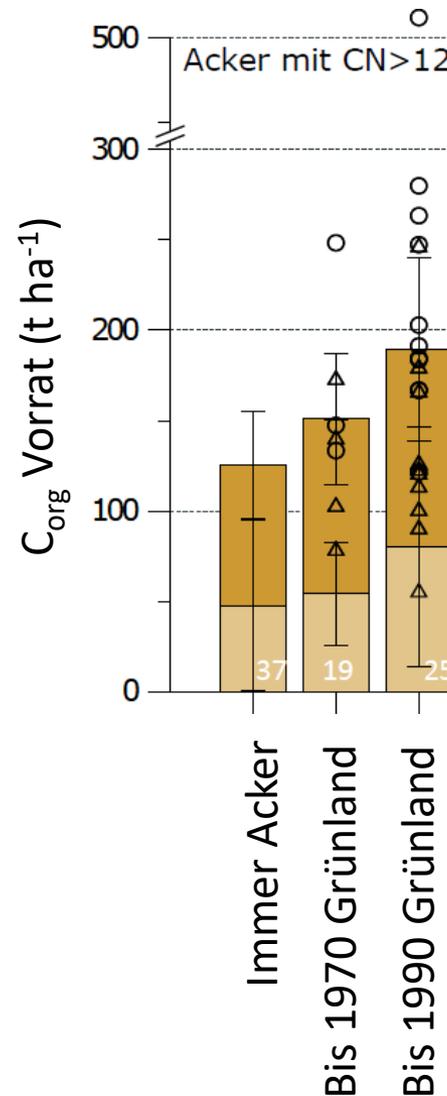
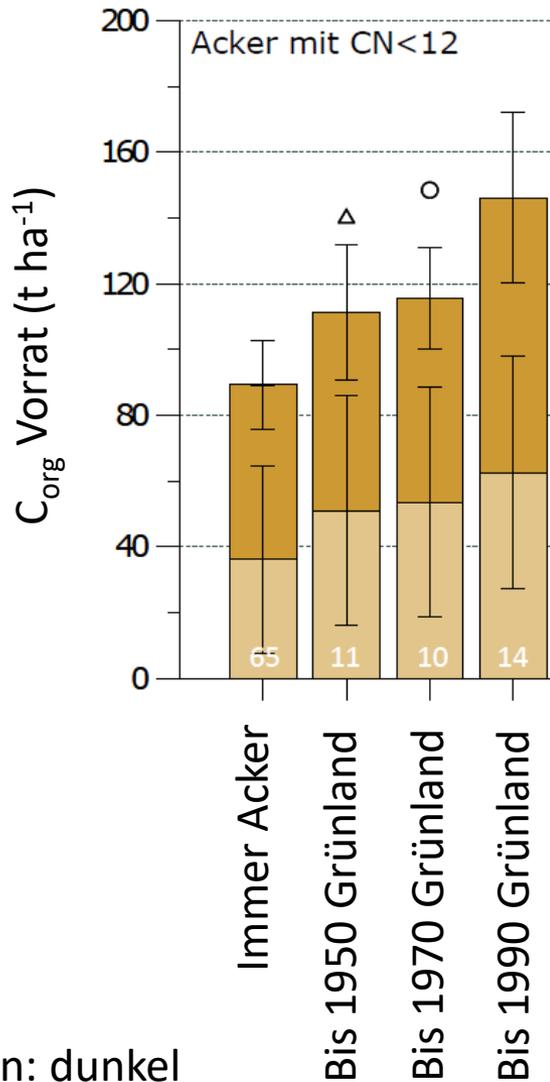


Einflussgröße Landnutzung



- Acker speichert 30 bis 40 % weniger C_{org} als Grünland
- Landnutzung ist standortabhängig

Einfluss der Nutzungshistorie auf C_{org} -Vorräte

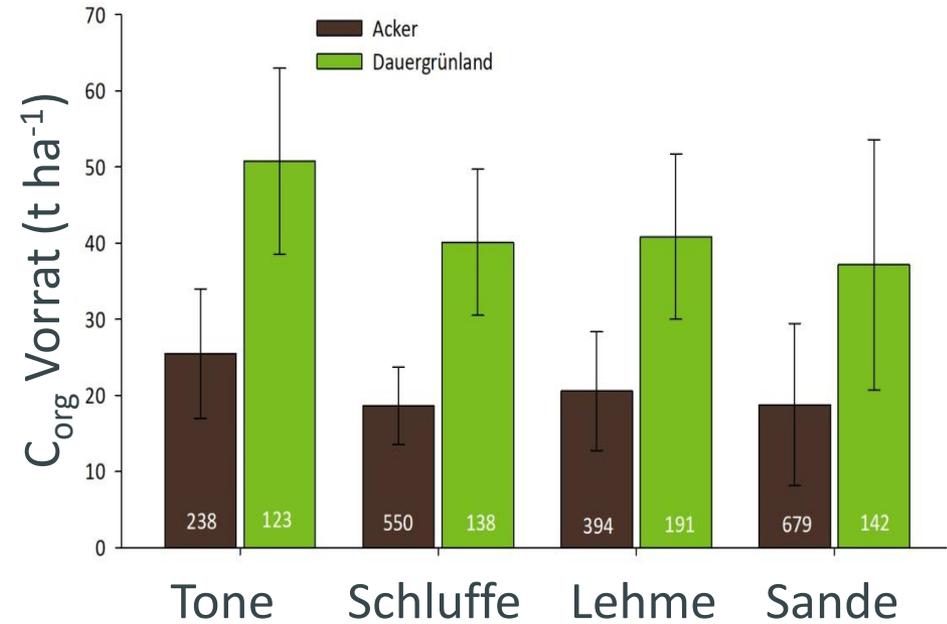
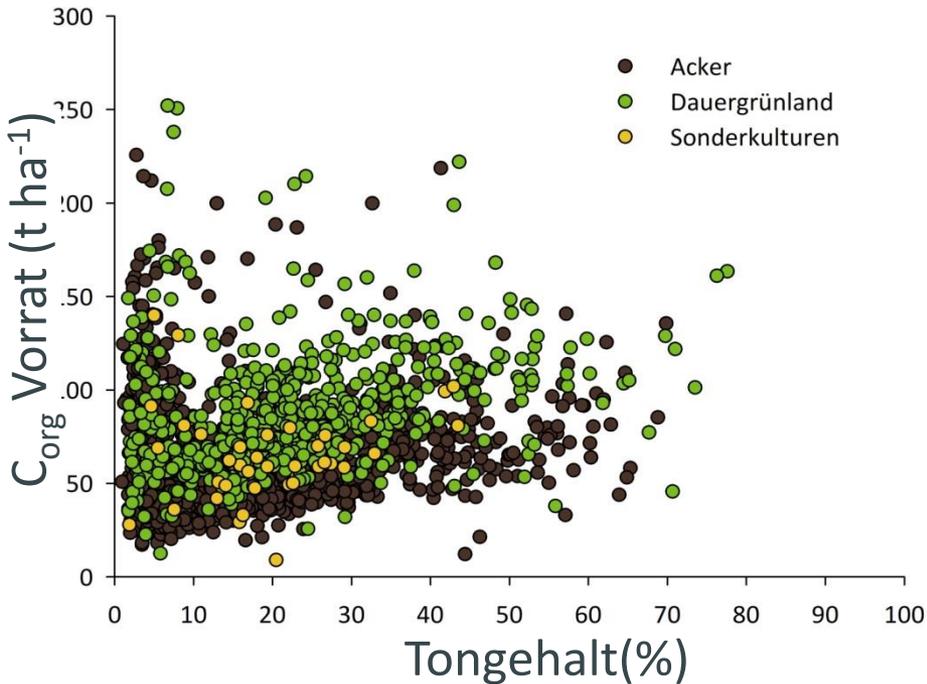


Grünlandumbruch
wirkt Jahrzehnte
nach

C_{org} ist nicht im
Fließgleichgewicht

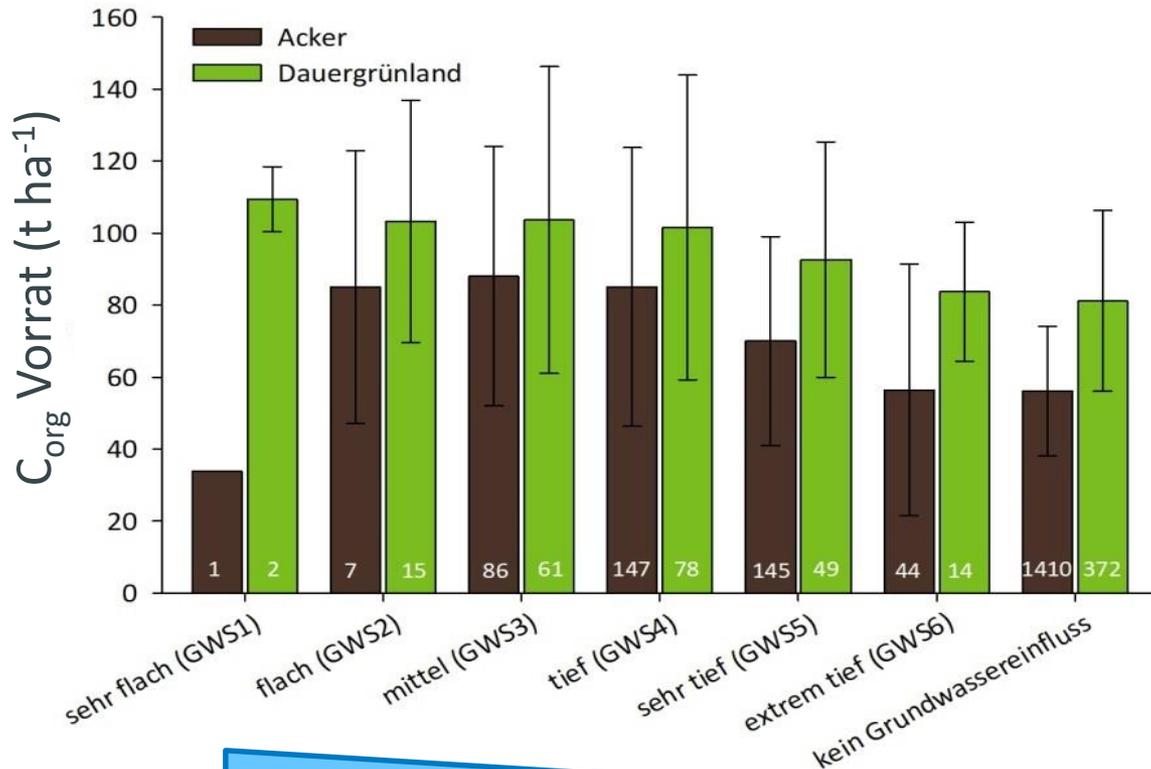
Oberboden: dunkel
Unterboden: hell

Einflussgröße Textur



- Der Tongehalt beeinflusst regionale Unterschiede im C_{org}

Einflussgröße Hydromorphie/Grundwasser



Grundwasser



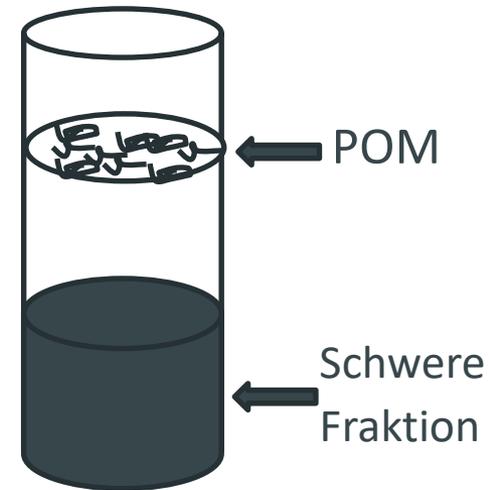
- GWS1; sehr flach
- GWS2; flach
- GWS3; mittel
- GWS4; tief
- GWS5; sehr tief
- GWS6; extrem tief
- kein Grundwassereinfluss in oberen 2 m

C_{org}-Qualität: Dichtefraktionen

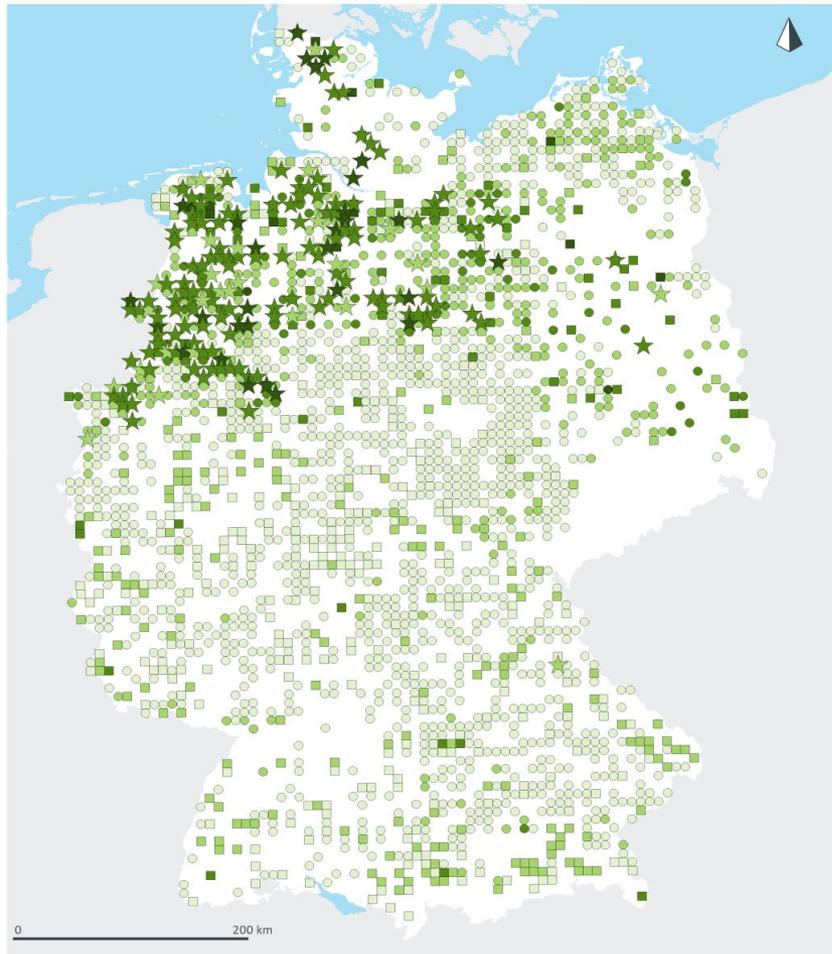
Fraktionierung repräsentativer Standorte (n=145)

Leichte Fraktion (POM) & schwere Fraktion

Nahinfrarotspektroskopie (NIRS) zur Bestimmung von POM der restlichen Standorte (n=2525)



C_{org}-Qualität: Dichtefraktionen



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

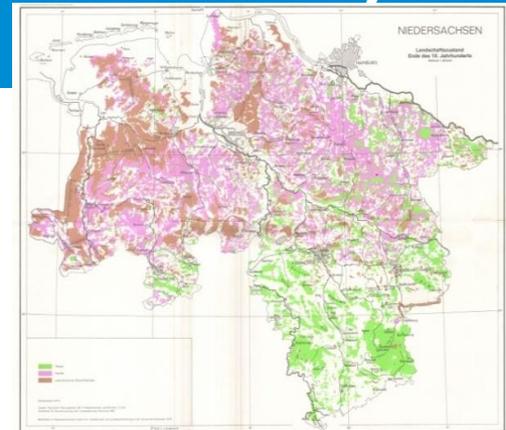
○ Acker

■ Dauergrünland

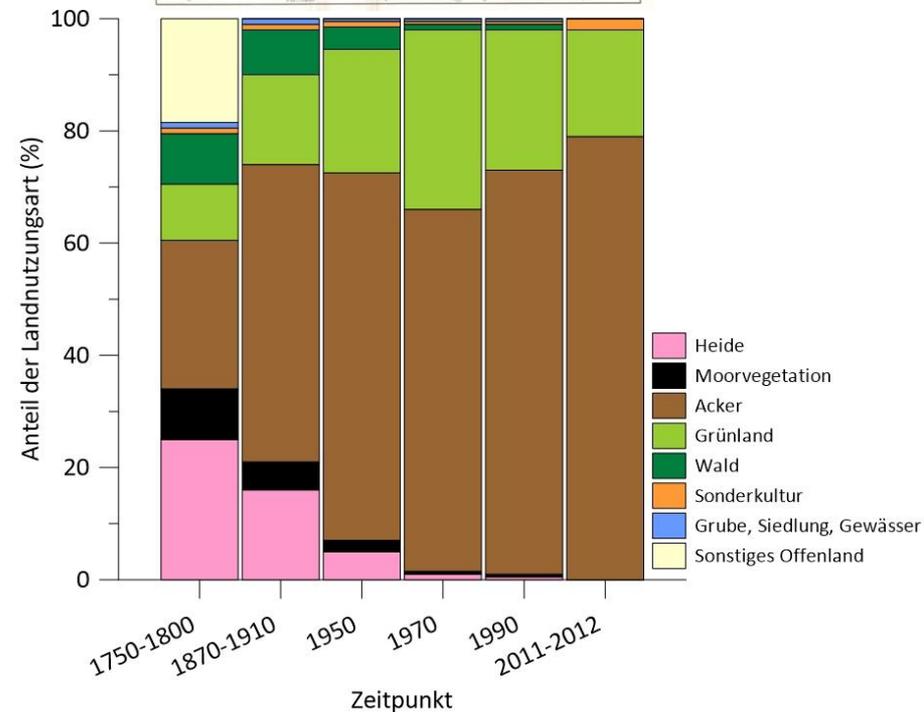
☆ schwarz-humose Sande

Landnutzungsgeschichte (Niedersachsen)

- Insgesamt 441 BZE-Standorte (Mineralböden)
- Davon 314 aktuell Acker, 127 Grünland
- **73%** hatten Nutzungswechsel seit 1750-1810

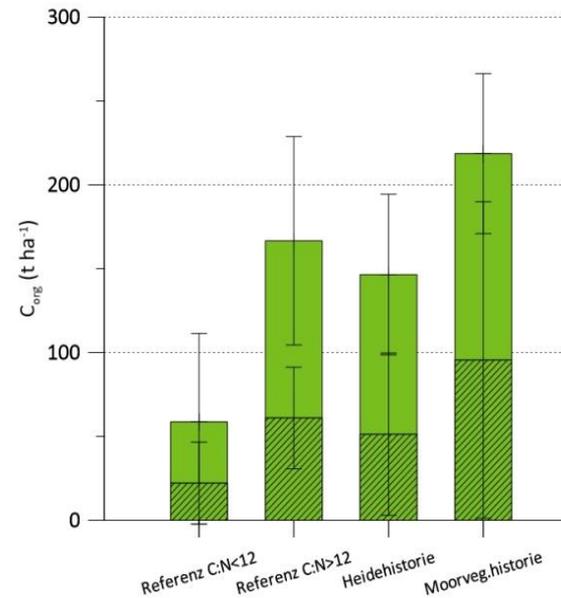
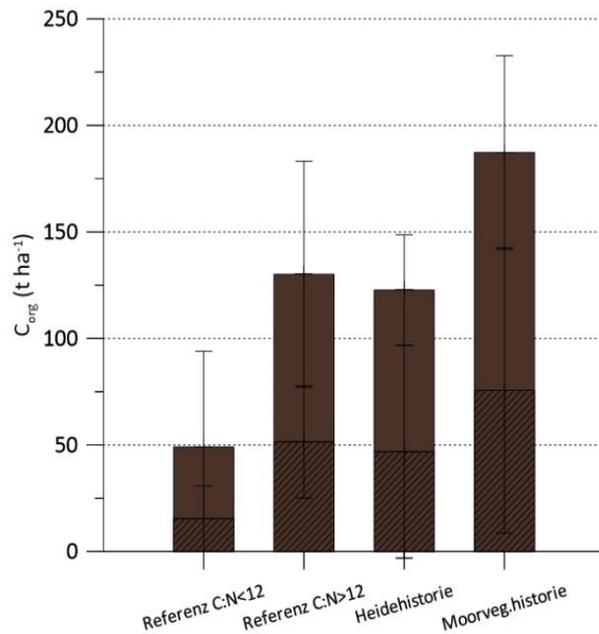


Voelksen 1982



- Ackeranteil kontinuierlich zugenommen
- Viel Landwirtschaft auf ehemaligen Heide/ Moor

Einfluss von Heide- und Moorvegetationsvergangenheit



Beprobungstiefenstufen

Horizontierung / H

10 cm

30 cm

50 cm

70 cm

90 cm

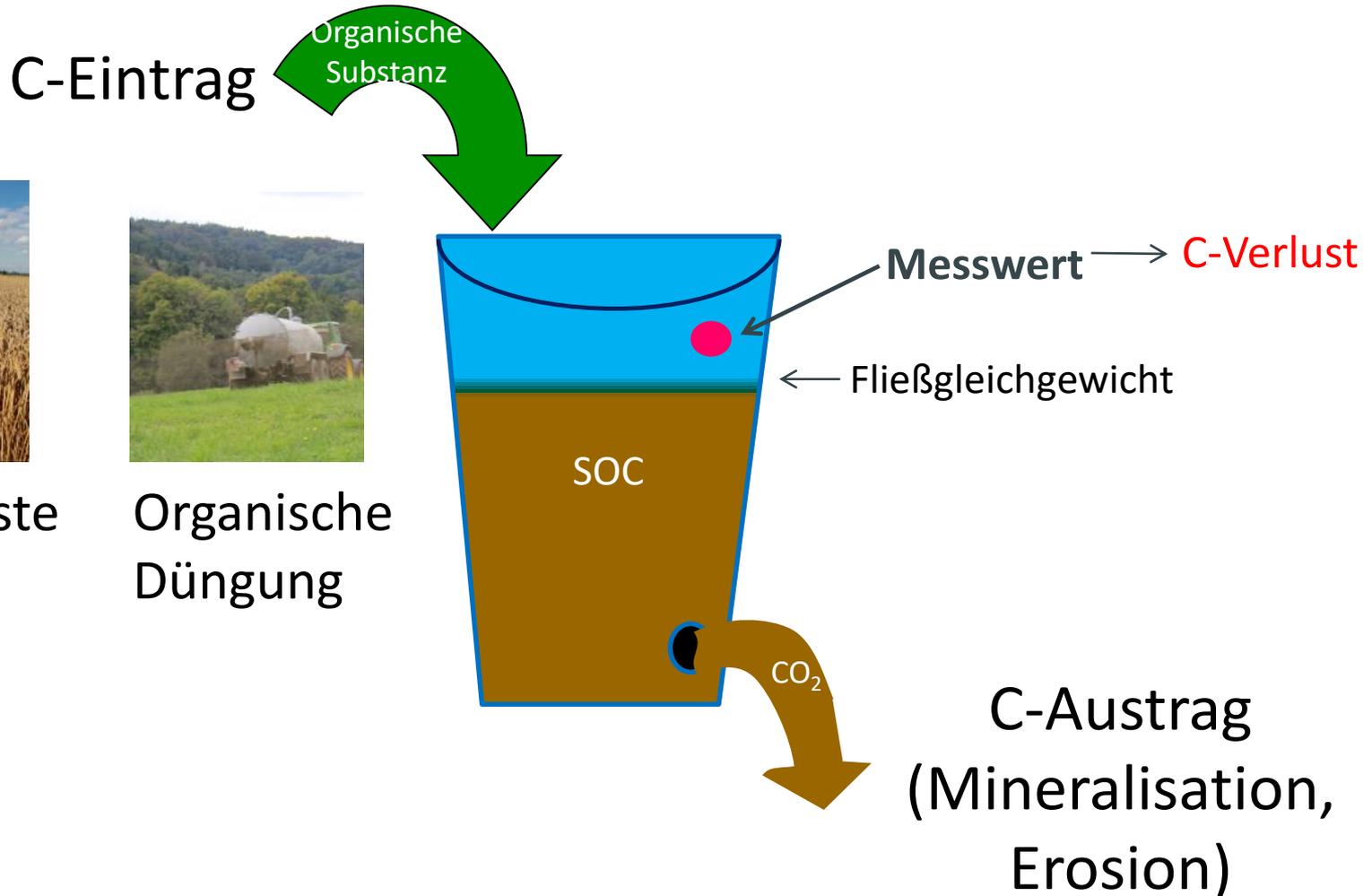
100 cm



Bodentyp zum Standort 1336: Plaggensch

- Heide- und Moorvegetationsvergangenheit wirkt Jahrhunderte nach

Modellierung: C_{org} -Gleichgewichte

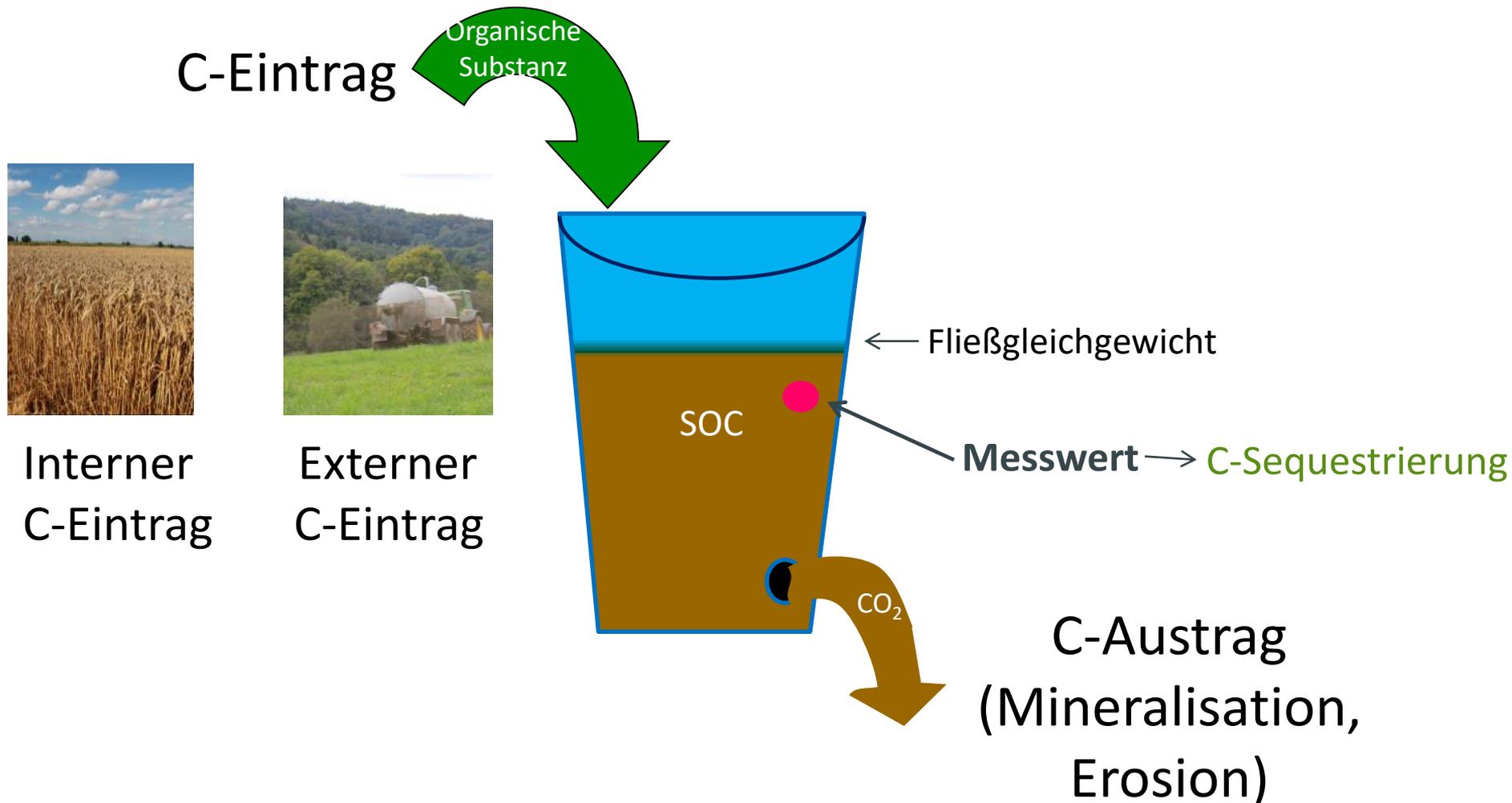


Erntereste



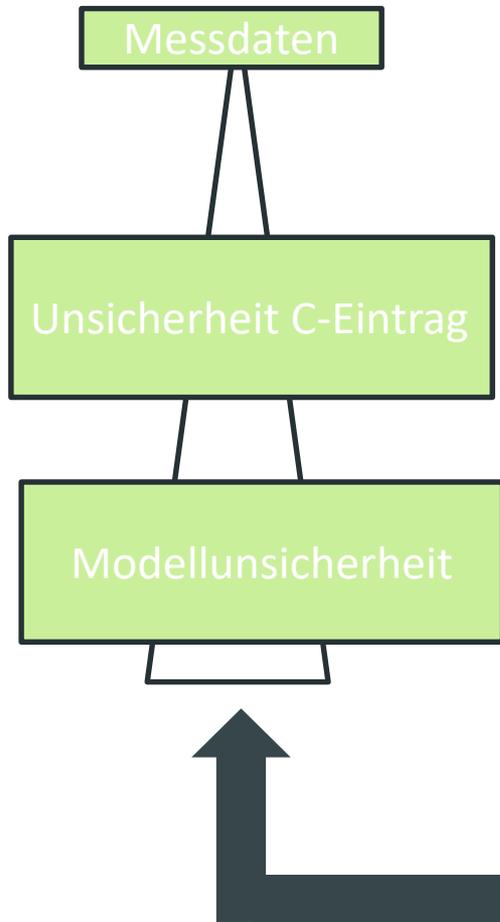
Organische Düngung

Modellierung: C_{org} -Gleichgewichte

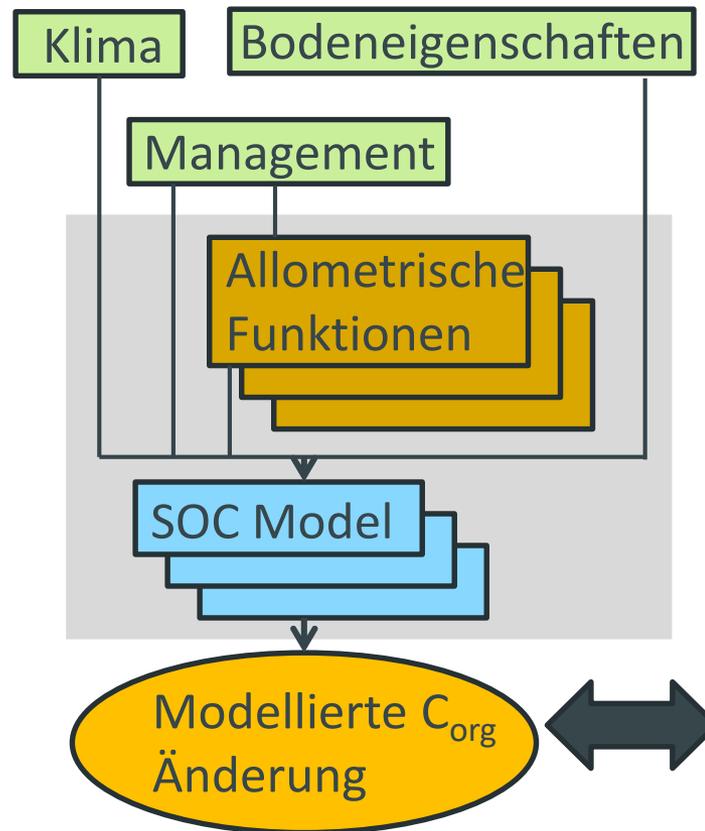


Vorgehen bei Modellerstellung und- evaluierung

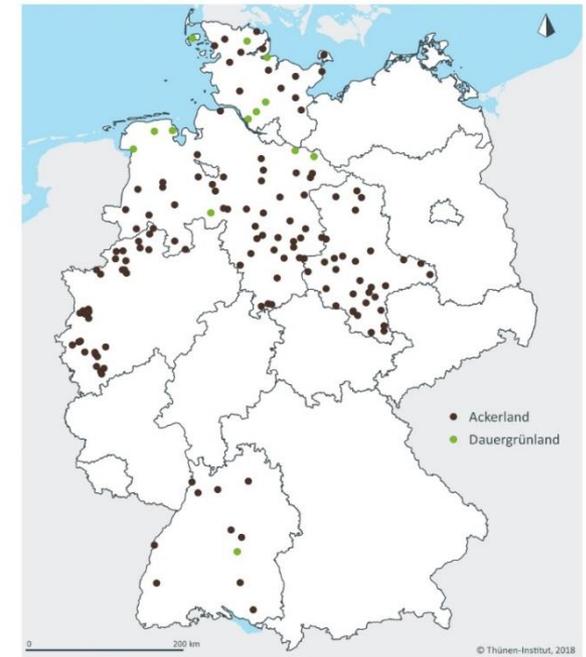
Unsicherheit:



Modellkomponenten:



Bodendauerbeobachtungsflächen mit Bewirtschaftungsdaten (BDF)

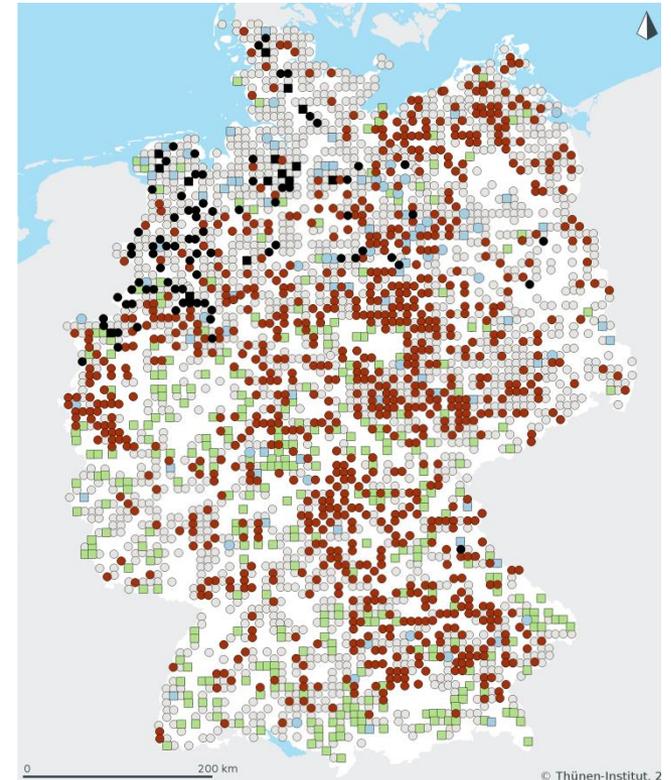


Modellierung

- Nur BZE-Punkte **ohne**
 - Datenlücken bei Bewirtschaftung
 - Standorte mit hohem Grundwasserstand (<80 cm; Grundwasserstufe 1 – 3)
 - Schwarz humose Sande

Acker: 9 Modellkombinationen

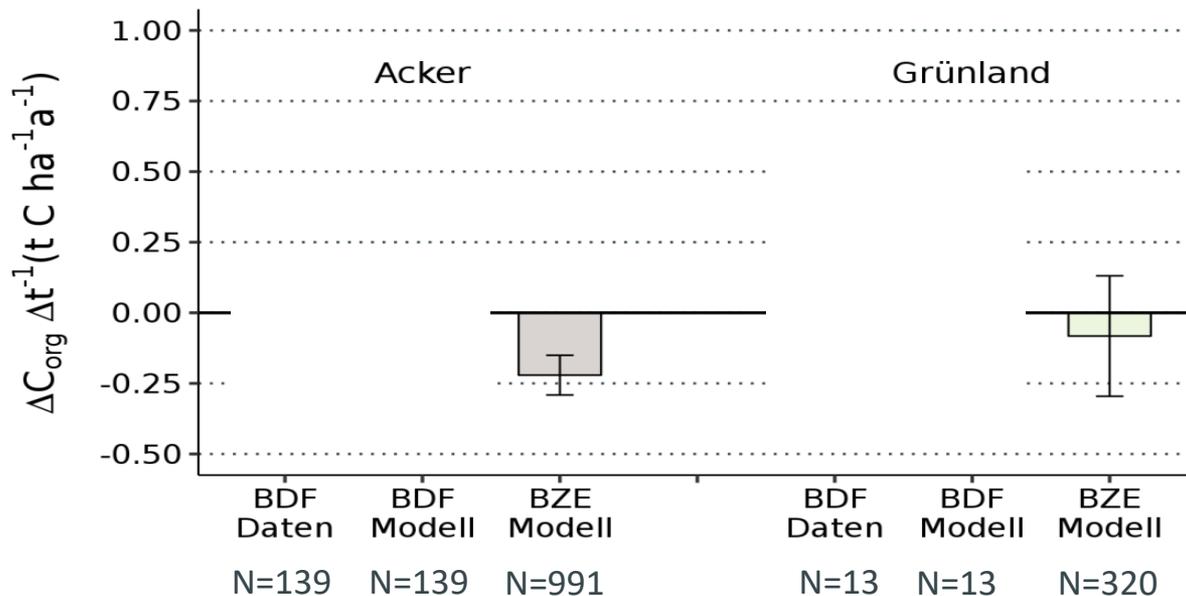
Grünland: 5 Modellkombinationen



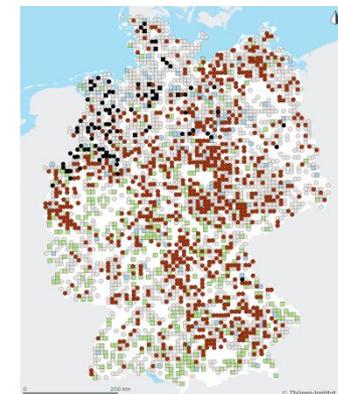
- Acker
- Grünland
- Acker, modelliert
- Grünland, modelliert
- Datenlücken; Sonderkulturen
- Schwarz humose Sande
- Grundwassereinfluss

Räumlich aggregierte Trends auf Bundesebene

- Acker: leichte Abnahme ($0,19 \text{ t C}_{\text{org}}/\text{ha Jahr}$)
- Grünland: keine signifikanten Änderungen



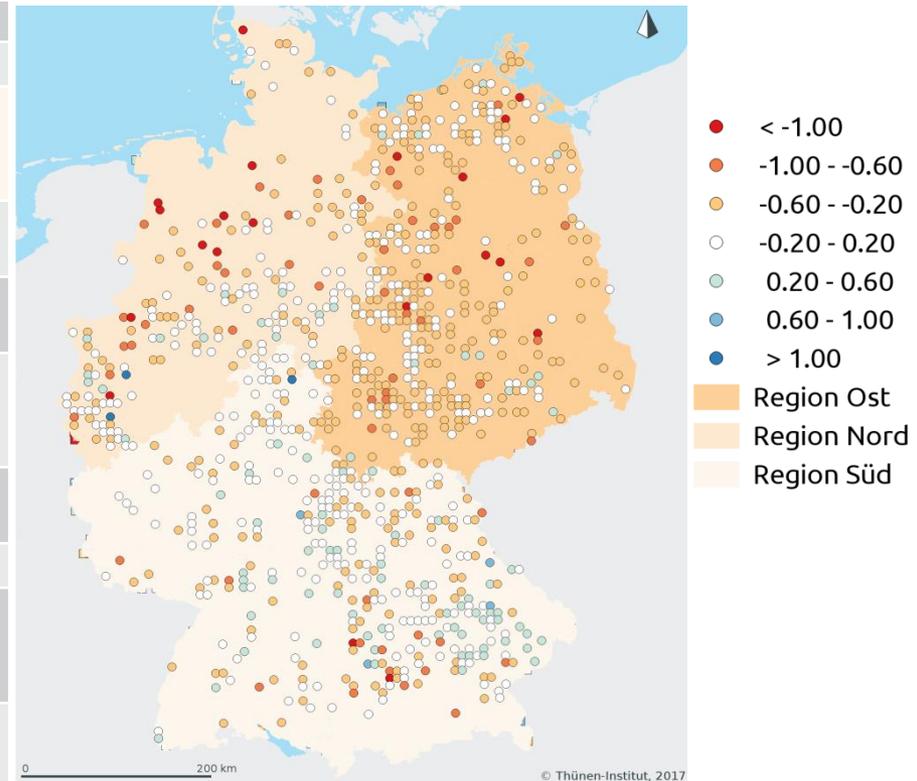
BDF Standorte



BZE-LW Standorte

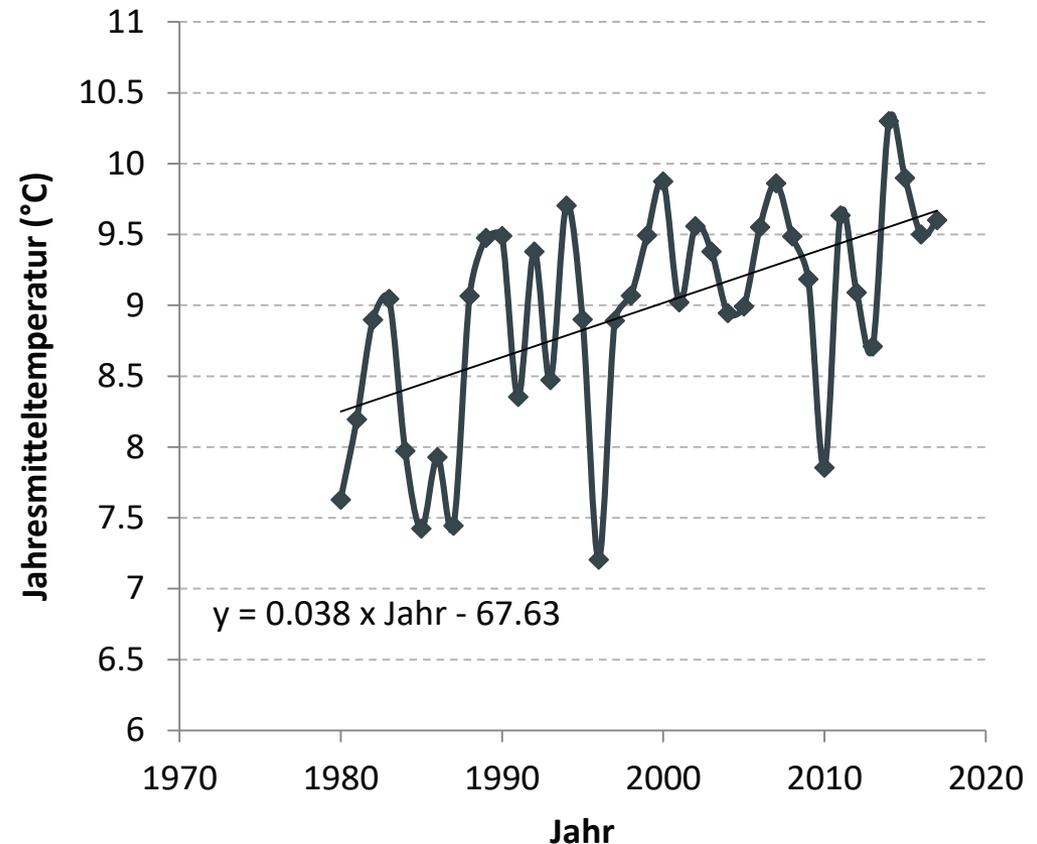
Regional aggregierte Trends für Acker

	Region Nord (n = 199)	Region Ost (n = 343)	Region Süd (n = 341)
Änderung in 10 Jahren (t C _{org} ha ⁻¹ a ⁻¹)	-0,22 (0,45)	-0,27 (0,28)	-0,09 (0,34)
Erntereste (t C ha ⁻¹ a ⁻¹)	2,02 (0,97)	1,62 (0,77)	1,93 (1,08)
Wurzeln (t C ha ⁻¹ a ⁻¹)	1,27 (0,38)	1,03 (0,3)	1,28 (0,41)
organische Düngung (t C ha ⁻¹ a ⁻¹)	0,58 (0,84)	0,34 (0,41)	0,54 (0,62)
C _{org} -Eintrag (t C _{org} ha ⁻¹ a ⁻¹)	3,9 (1,3)	3,0 (0,84)	3,7 (1,3)
Tongehalt (%)	14,3 (8,8)	16,1 (11,6)	24,2 (11,0)
Temperatur (°C)	9,6 (0,6)	9,00 (0,51)	8,7 (0,7)
Niederschlag (mm)	780,2 (85,7)	616,3 (83,9)	802,5 (125,5)



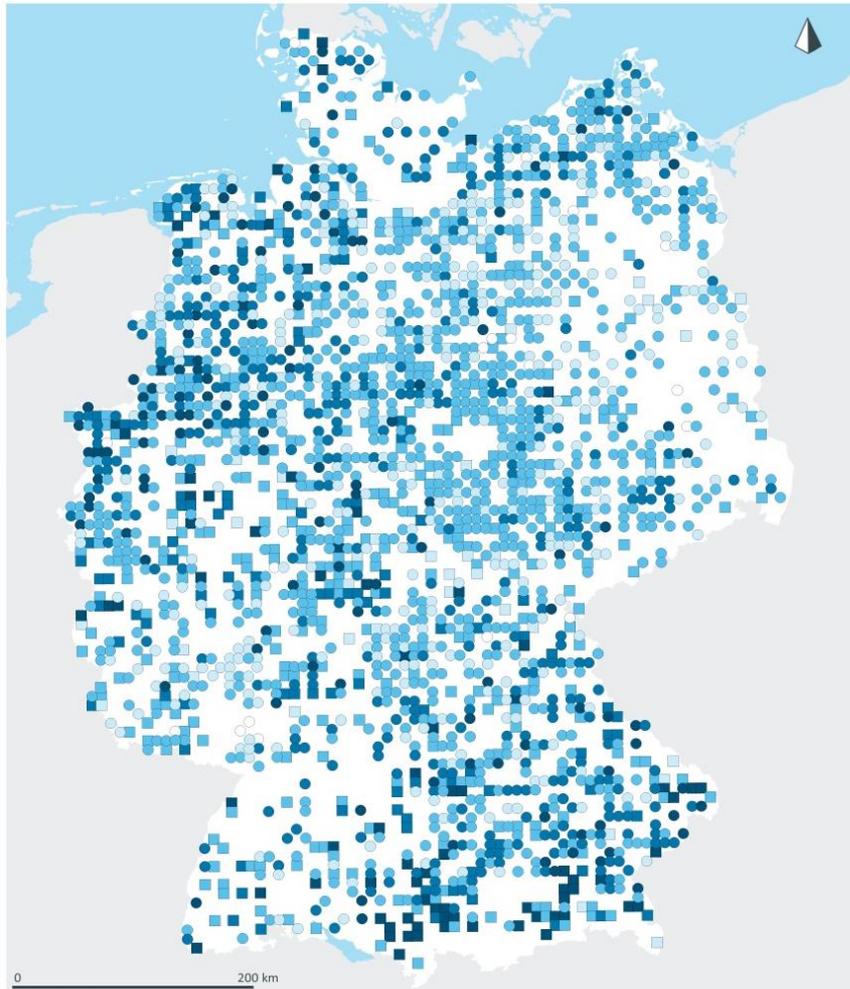
Effekt der Temperatur auf C_{org} Vorratsänderungen

- Höhere Temperaturen fördern die Mineralisierung und damit den C_{org} Abbau
- Um eine Erhöhung der Jahresmitteltemperatur um 1°C zu kompensieren, müsste sich der mittlere C- Eintrag aus Ernteresiduen um etwa 14 % erhöhen.



Entwicklung der Jahresmitteltemperatur in Deutschland seit 1980 (UBA 2017, verändert)

Zentrale Steuergröße: C-Eintrag



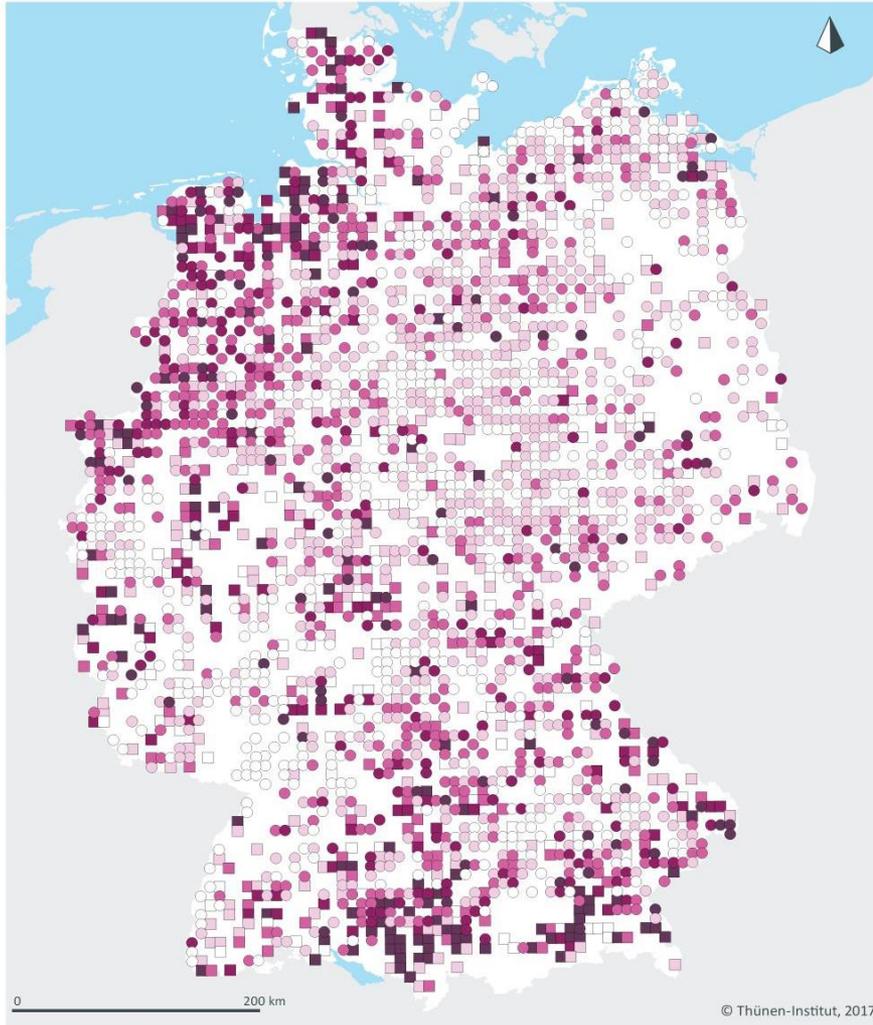
Mittlerer jährlicher Reproduktion an Humus-C aus C-Eintrag

in mineralische Böden unter Acker- und Dauergrünlandnutzung in Deutschland; Stand Mai 2018

mittlere jährliche Humus-C Reproduktion ($t\ ha^{-1}\ a^{-1}$)

- 0-0,5
- 0,5-1
- 1-1,5
- 1,5-2
- > 2
- Acker
- Dauergrünland

Organische Düngung



Mittlerer jährlicher C-Eintrag aus organischer Düngung tierischer Herkunft

in Böden unter Acker- und Dauergrünlandnutzung in
Deutschland; Stand August 2018

mittlerer jährlicher C-Eintrag ($t\ ha^{-1}\ a^{-1}$)

- 0
- 0-0,5
- 0,5-1
- 1-1,5
- > 1,5

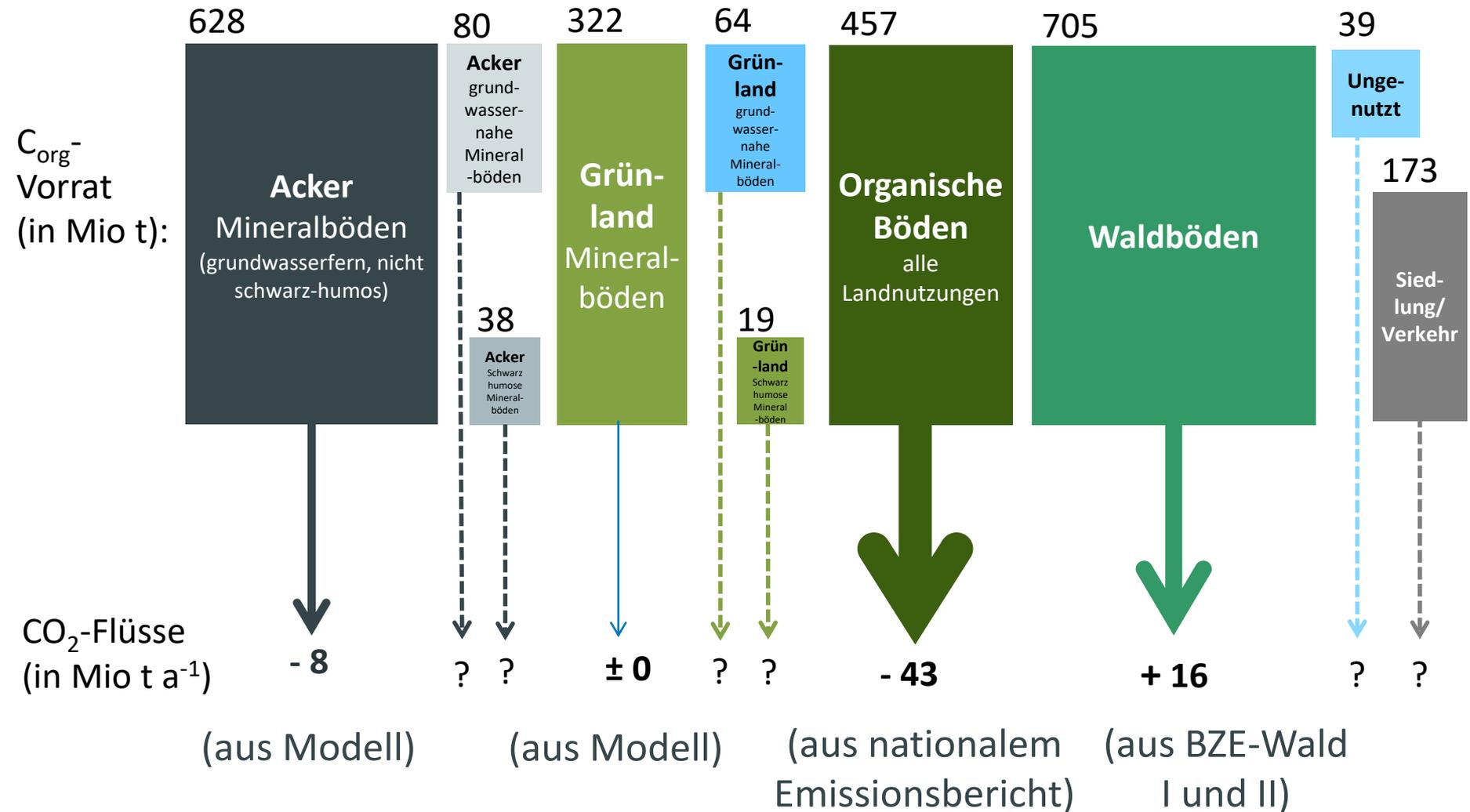
○ Acker

□ Dauergrünland



**30% der Äcker erhalten keine
organische Düngung mehr**

Bodenkohlenstoff in Deutschland (ohne Landnutzungswechsel; 0-30 cm Tiefe)



Welche Maßnahmen haben Potenzial?

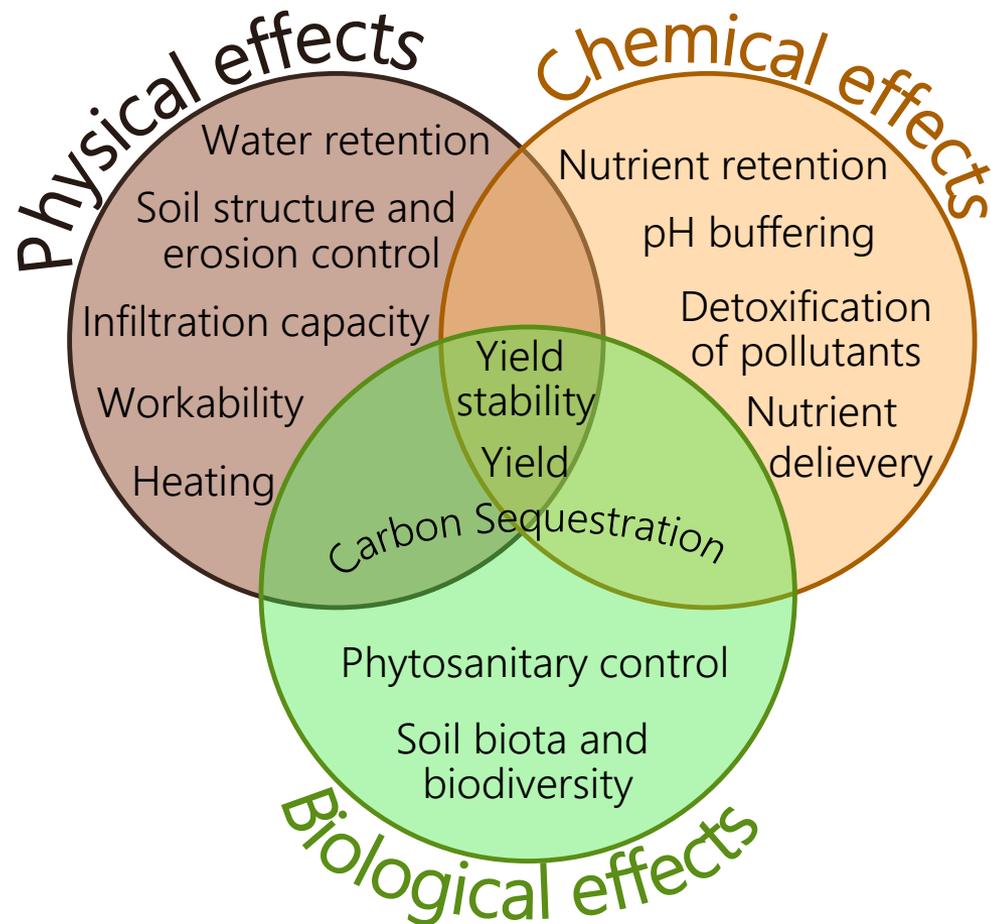
Ackerbau

- Verbleib, Rückführung von Ernteresten
- Ertragssicherheit stärken
- Zwischenfrüchte, Untersaaten
- Mehrjähriger Feldfutterbau (Kleegras, Luzernegras)
- Organische Düngung
- Anlage von Hecken, Feldgehölzen

Grünland

- Erhalt von Dauergrünland
 - Umwandlung von Acker in Grünland
 - Ertragssicherheit stärken
 - Organische Düngung
 - Anlage von Hecken
- Passende Maßnahmen sind standortabhängig und betriebsspezifisch

Organische Bodensubstanz – mehr als Klimaschutz

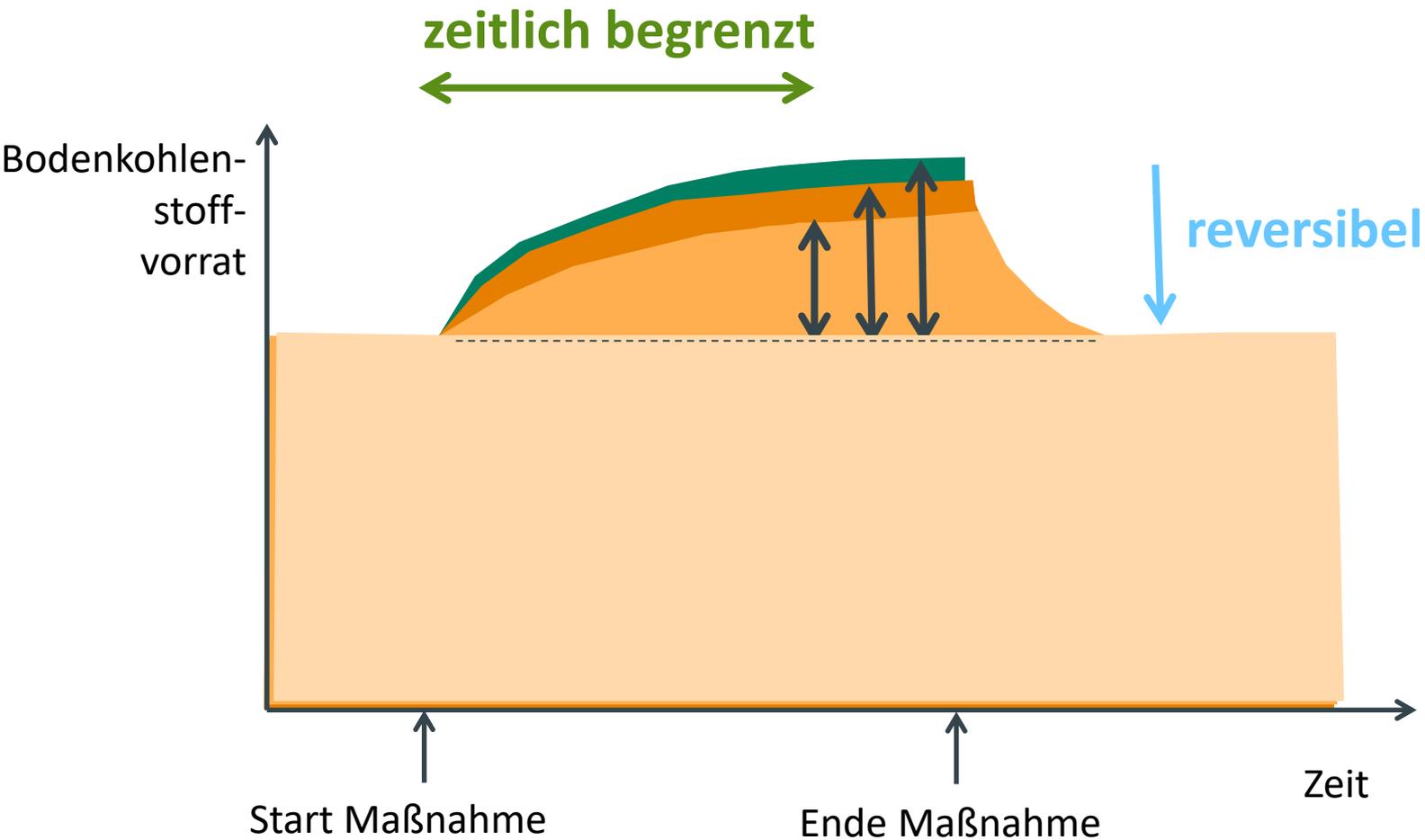


Vielen Dank

Dank gilt allen Förderern und
Unterstützern der Bodenzustandserhebung Landwirtschaft
und dem Team am Thünen Institut für Agrarklimaschutz



C-Sequestrierung in Böden

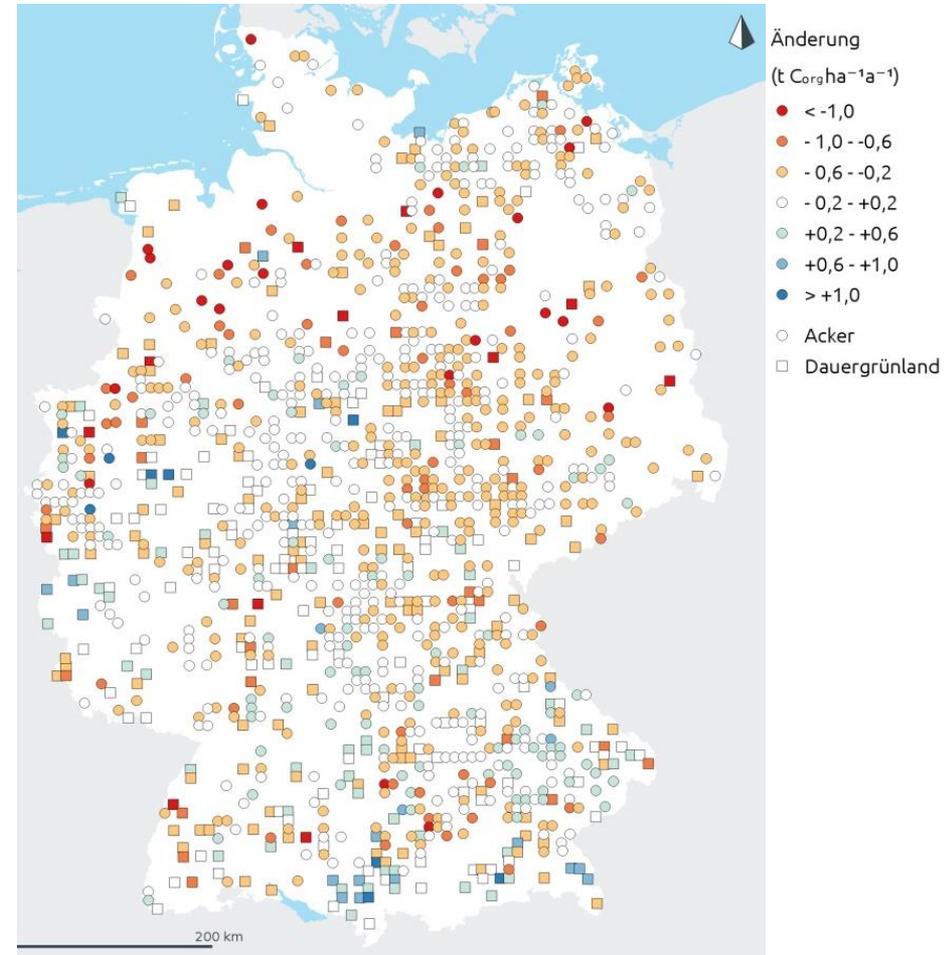


Bodenzustandserhebung Landwirtschaft: Einmaleins



Räumliche Verteilung der modellierten Raten

- **Acker**
 - Raten für den Zehnjahreszeitraum tendenziell abnehmend
 - Häufung von abnehmenden Trends im Norden
 - signifikante C_{org} Verluste für 11% und C_{org} Erhöhung für 1.5 % der Standorte bis zur Gleichgewichtseinstellung
- **Grünland**
 - signifikante C_{org} Verluste für 3% und C_{org} Erhöhung für 1 % der Standorte

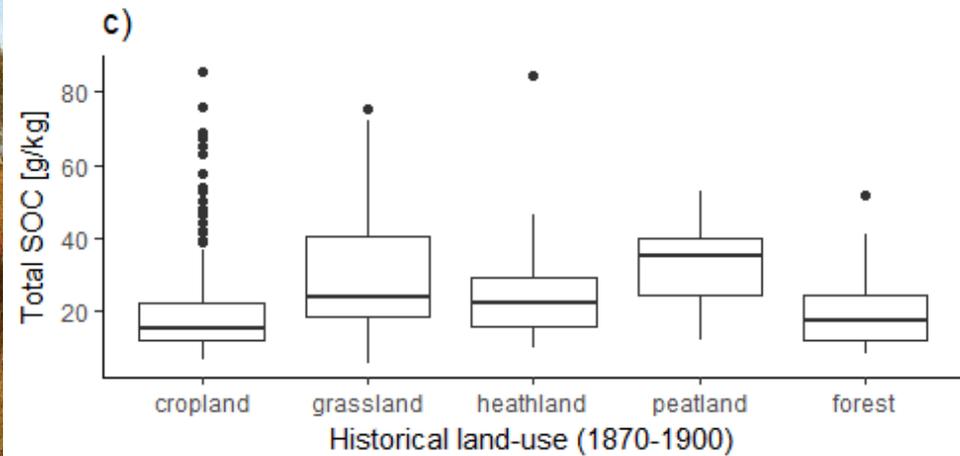
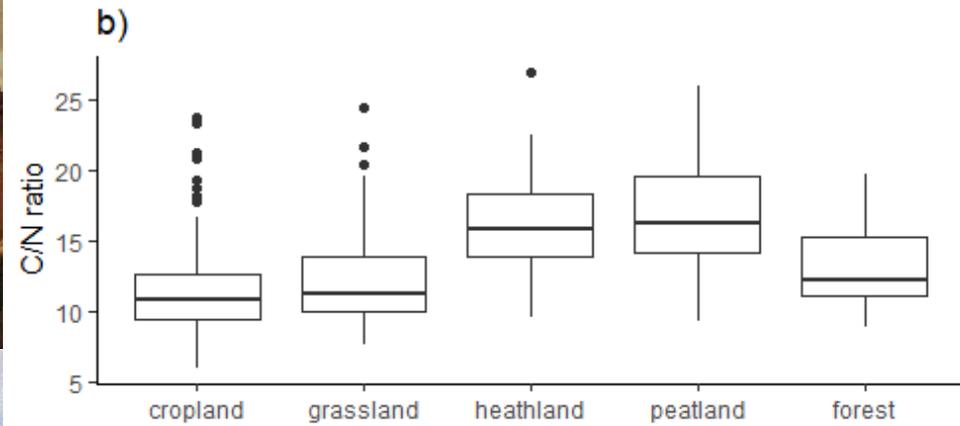
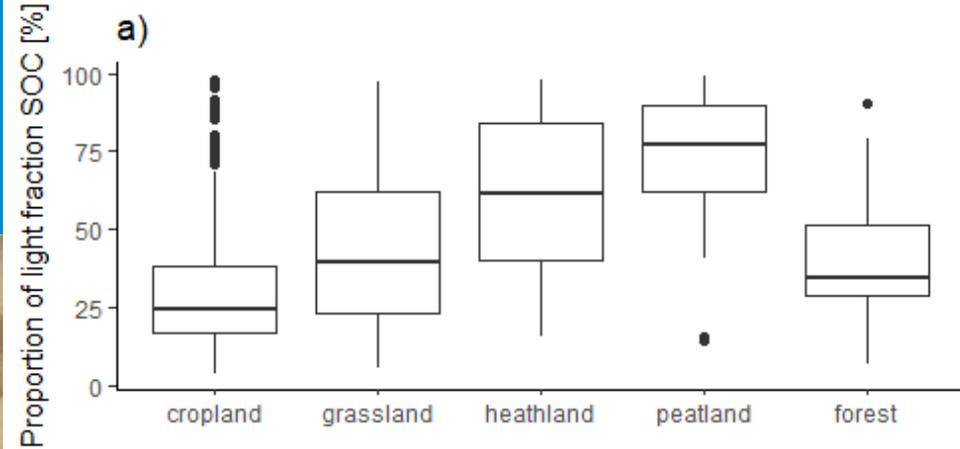


Landnutzungsgeschichte

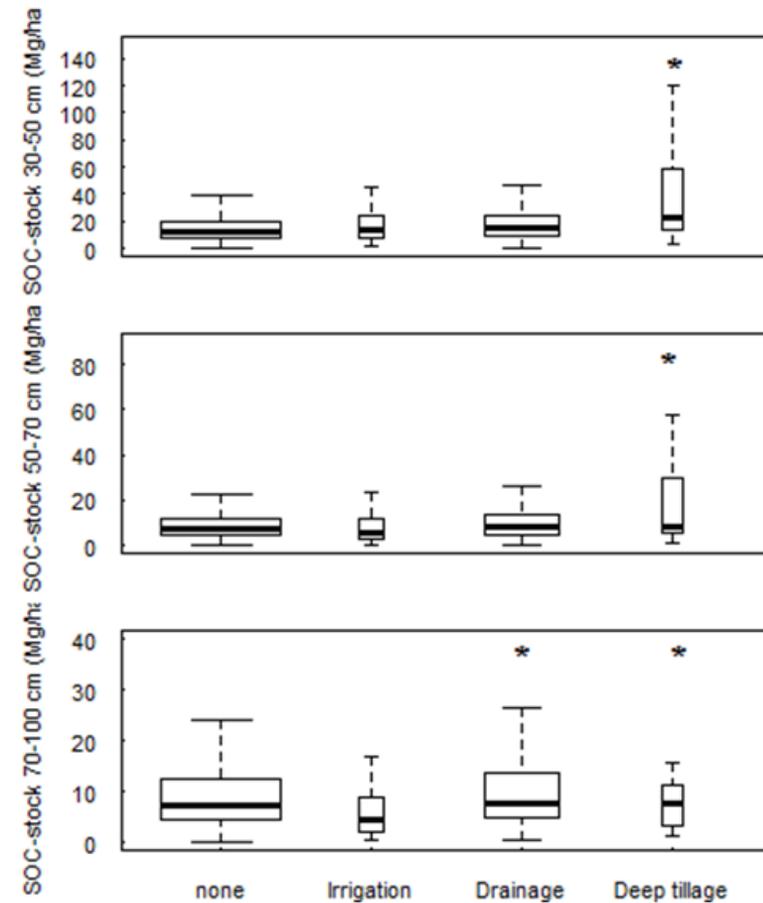
Valentin Ruhts „Die Heide bei Bispingen“ (1885)



Otto Modersohn „Herbst im Moor“ (1895)

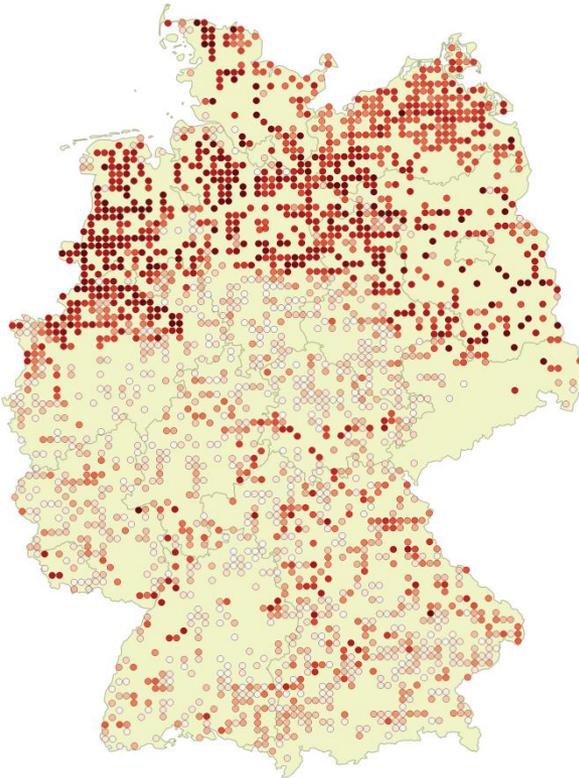


Tiefgreifende anthropogene Veränderungen in 32% der Böden

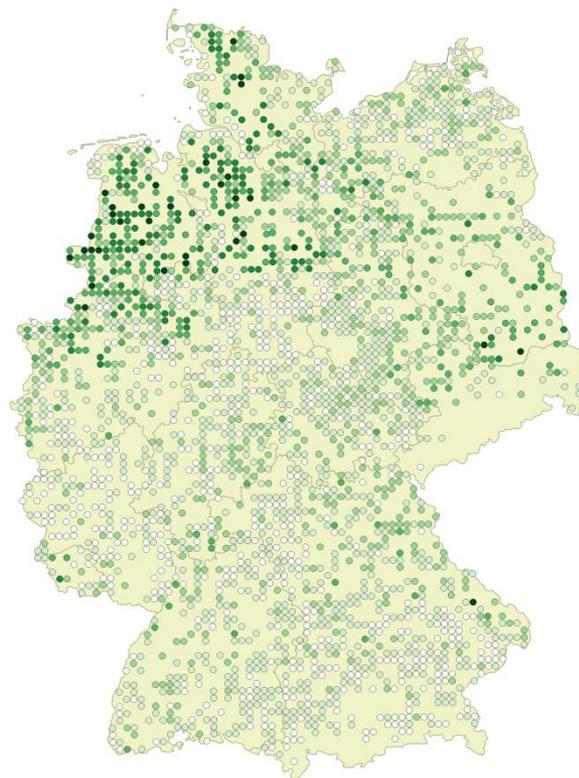


Einflussgrößen für räumliche Varianz des LF Gehaltes

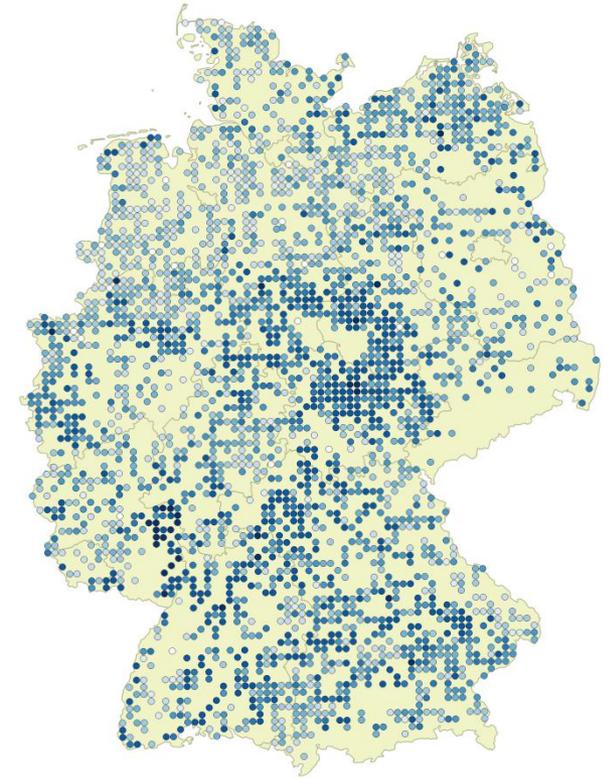
Sandgehalt



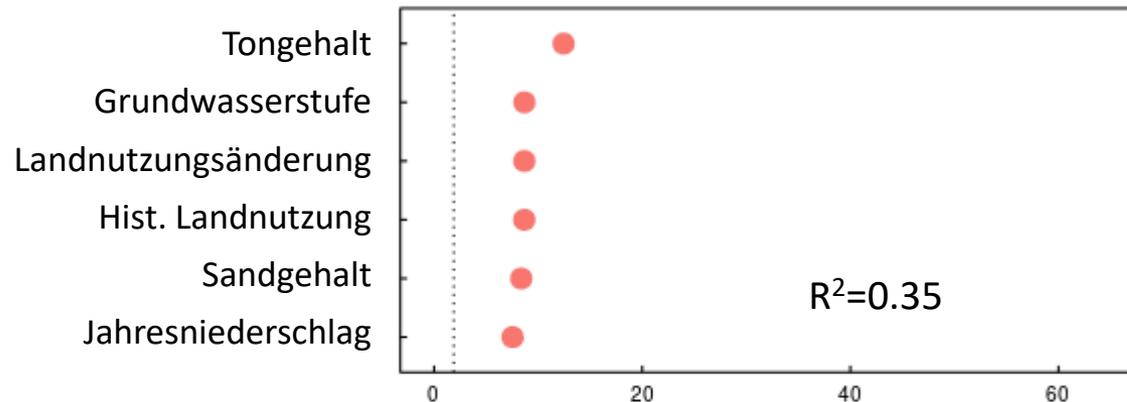
C/N



pH

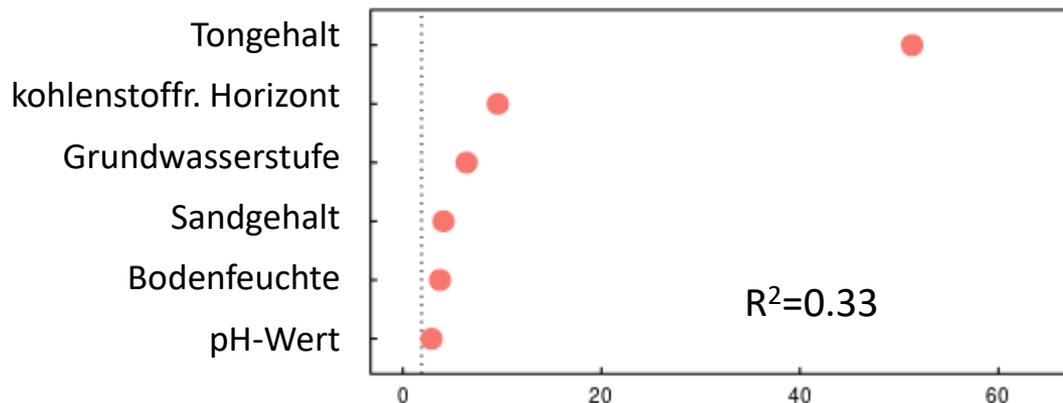


Steuergrößen: Acker und Grünland separat



Acker

0-10 cm Tiefe



Dauergrünland

0-10 cm Tiefe

Relative Wichtigkeit der
Variablen (%)