

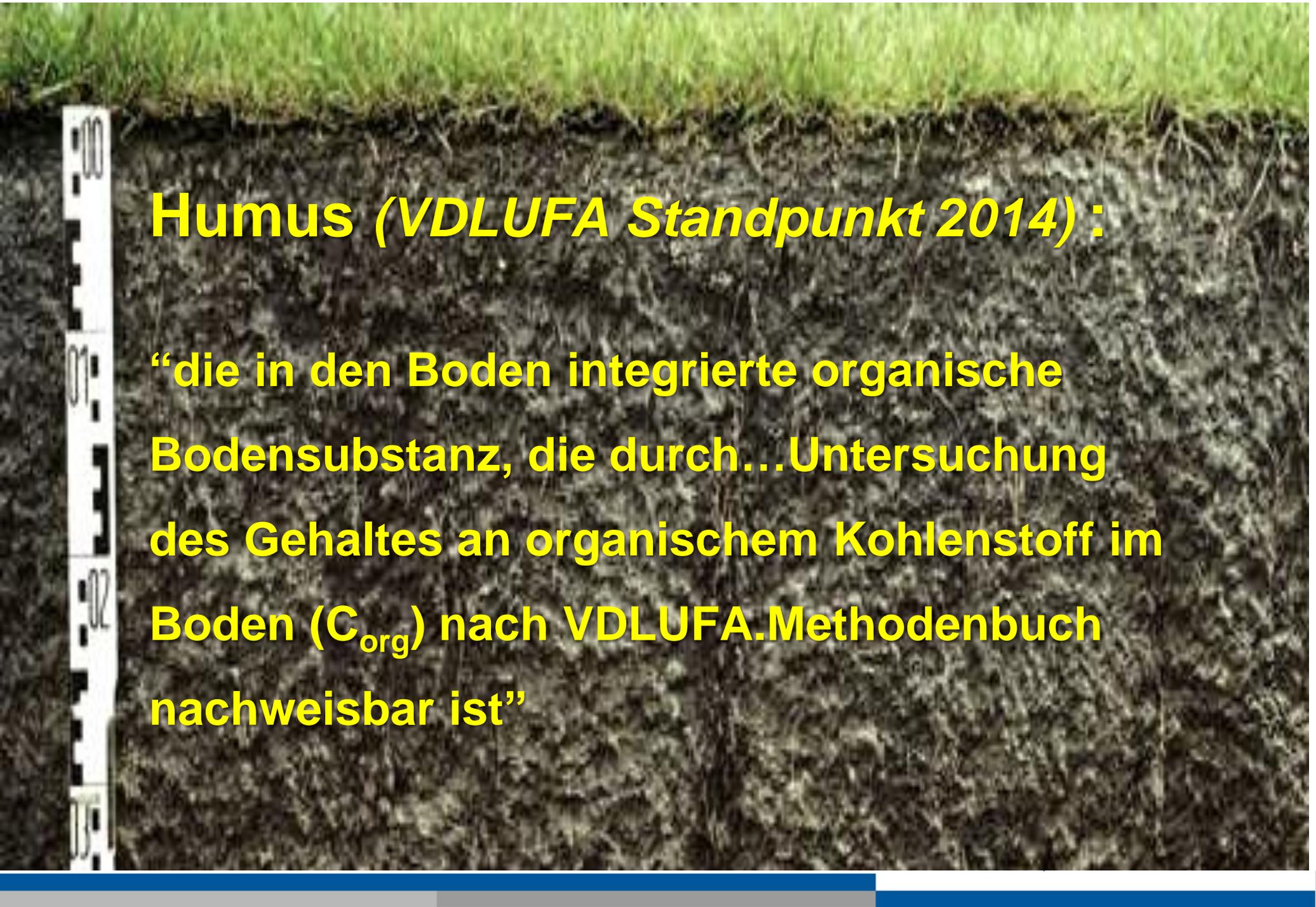
# Humuswirkung von Gärprodukten

*Uwe Franko, Felix Witing, Nadia Prays (UFZ) & Holger Bessler (HU-Berlin)*

[uwe.franko@ufz.de](mailto:uwe.franko@ufz.de)

# Schwerpunkte

- Humus, Humusbilanz und Bodenfunktion
- Biogasproduktion und Humusbilanz
- Humuswirkung organischer Substraten
- Entwicklung in Sachsen
  - \* Biogas und Humusaufbau
  - \* Änderung des Humusvorrats
- Humus und Klimawandel



**Humus (VDLUFA Standpunkt 2014) :**

**“die in den Boden integrierte organische Bodensubstanz, die durch...Untersuchung des Gehaltes an organischem Kohlenstoff im Boden ( $C_{org}$ ) nach VDLUFA.Methodenbuch nachweisbar ist”**

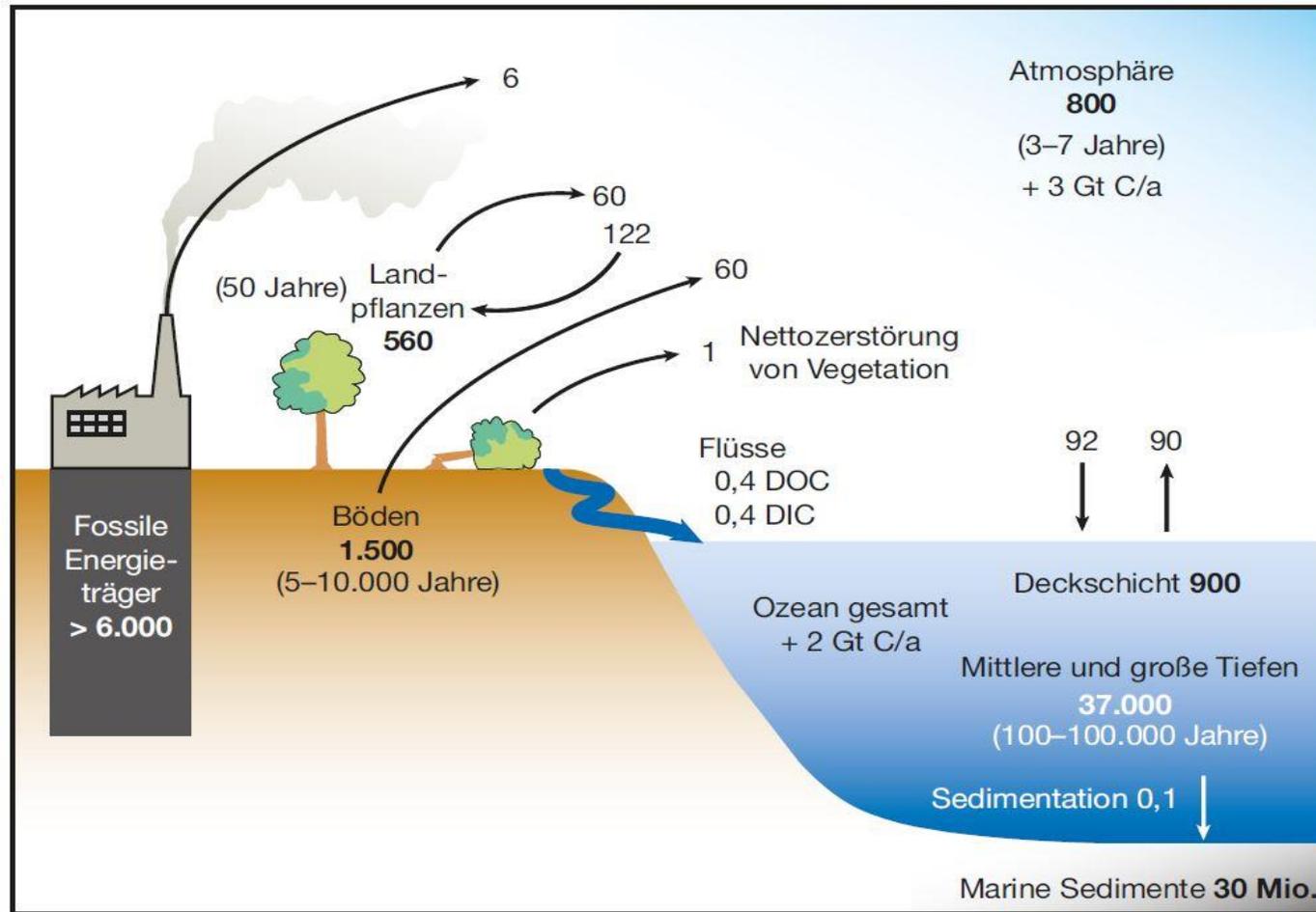
# Bodenfunktionen

- Produktion von Nahrung und Rohstoff
- Lebensraum für Pflanzen und Tiere
- Wichtiger Wasserspeicher
- Filter für Schadstoffe
- Klimawirkung
- Archiv der Kulturgeschichte
- Bodenschätze

# Bodenhumus

- ...erhöht die Bodenfruchtbarkeit
- ... ist biologisch aktiv
- .. verändert die Bodenstruktur
- ...verändert die Sorption
- ... als C-Quelle/Senke
- ... Kurzzeitgedächtnis (Jahrzehnte)

# Schema des globalen Kohlenstoffkreislaufs



Werte für die Kohlenstoffvorräte in Gt C, Werte für die mittleren Kohlenstoffflüsse in Gt C pro Jahr  
Quelle: [WBGU 2006](#)

# Ziele von Humusbilanzen

Bewertung der Humusversorgung von Ackerland

## Agronomisches Konzept:

Humus-Bedarf =

$f$ (Fruchtart, Ertrag, N-Input, Standort)

Humus-Ersatz =

$f$ (Fruchtfolge, org. Düngung)

## Erhaltung optimaler Humus-Funktionen

- hohe Produktivität
- geringes N-Verlustpotential

## Ökologisches Konzept:

Humus-Änderung

$\Delta C_{\text{org}}$  =

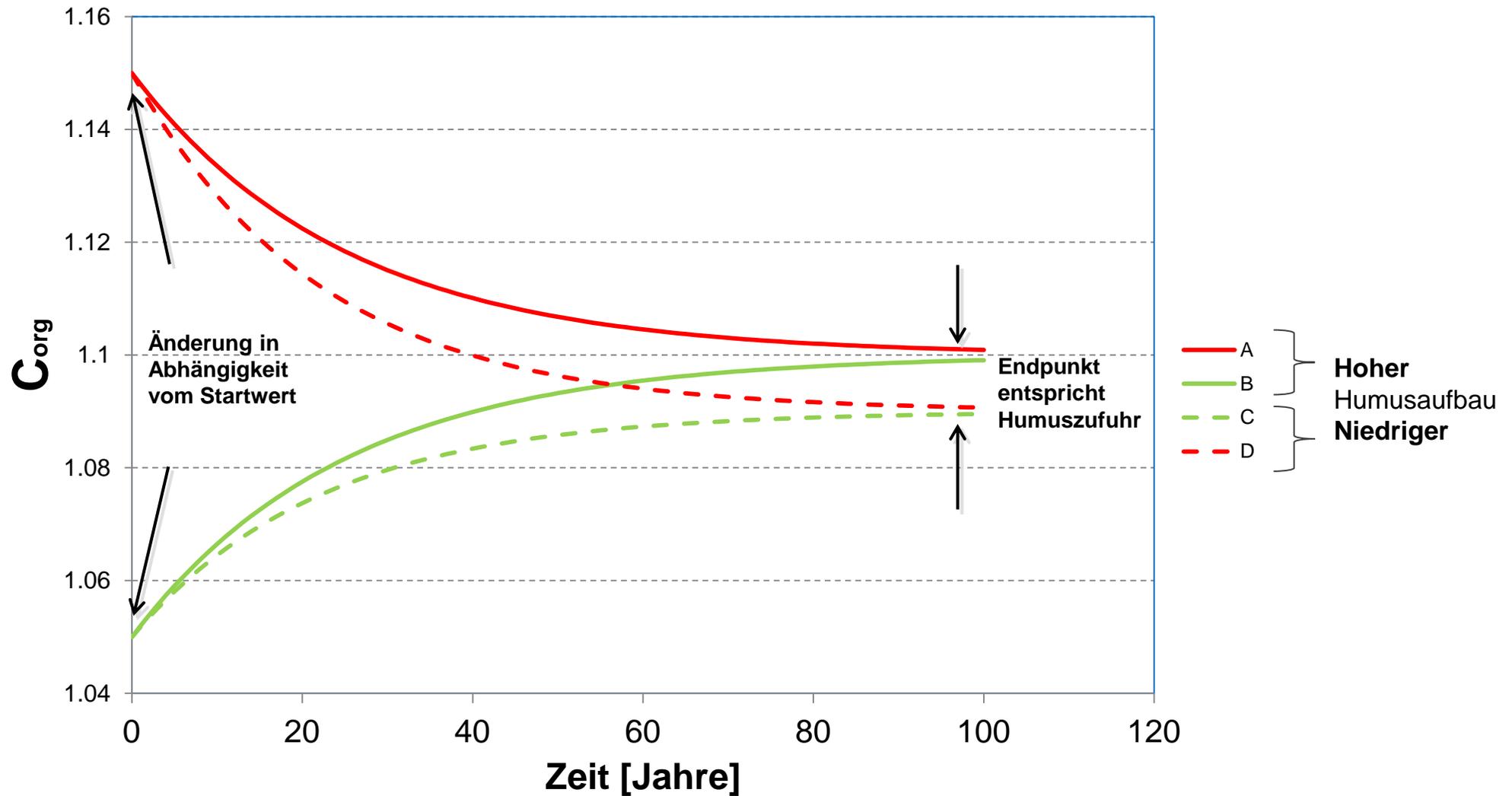
$f$ (Bewirtschaftung, Standort,  $C_{\text{org}}$ )

## Wirkung der Bewirtschaftung auf Humus-Mengen

- Prozessorientiert
- Modellprognosen

Qualitative Bewertung der org. Substrate

# Prozess-Modelle beschreiben die vollständige Humusdynamik Bilanz-Ansätze orientieren sich (bestenfalls) am Endpunkt



# Biogasproduktion und Humusbilanz

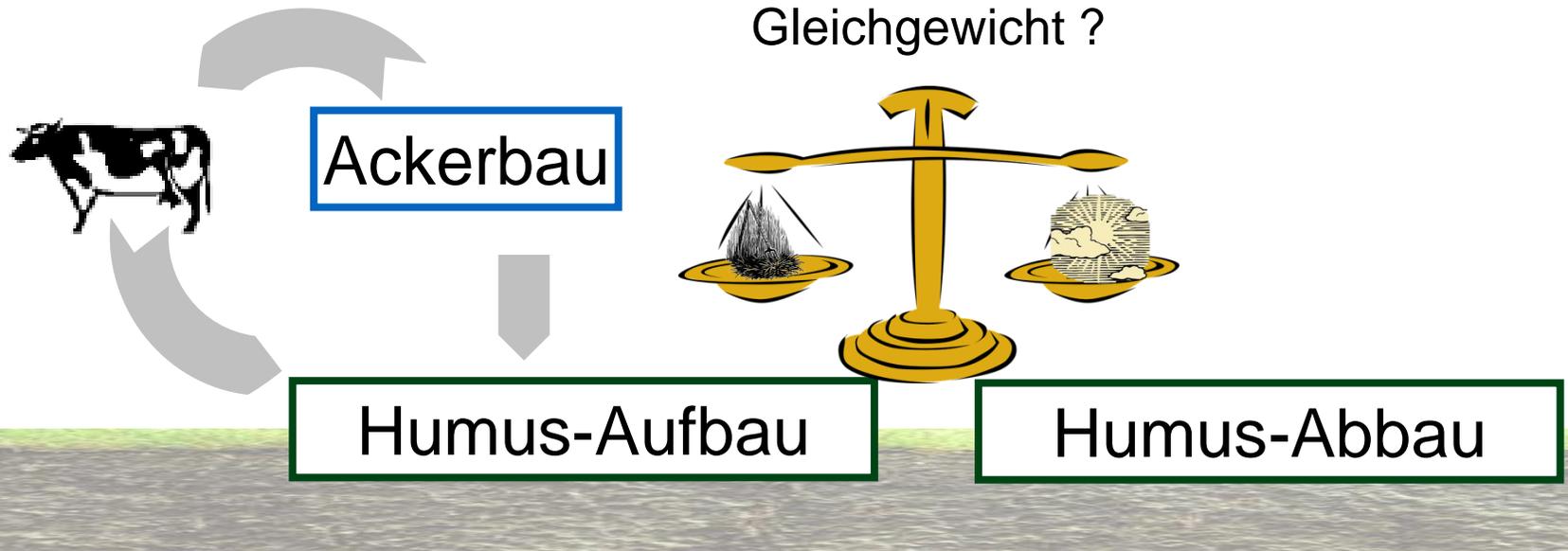
# Ändert die Biogasproduktion die Humusdynamik im Agrar-Ökosystem ?



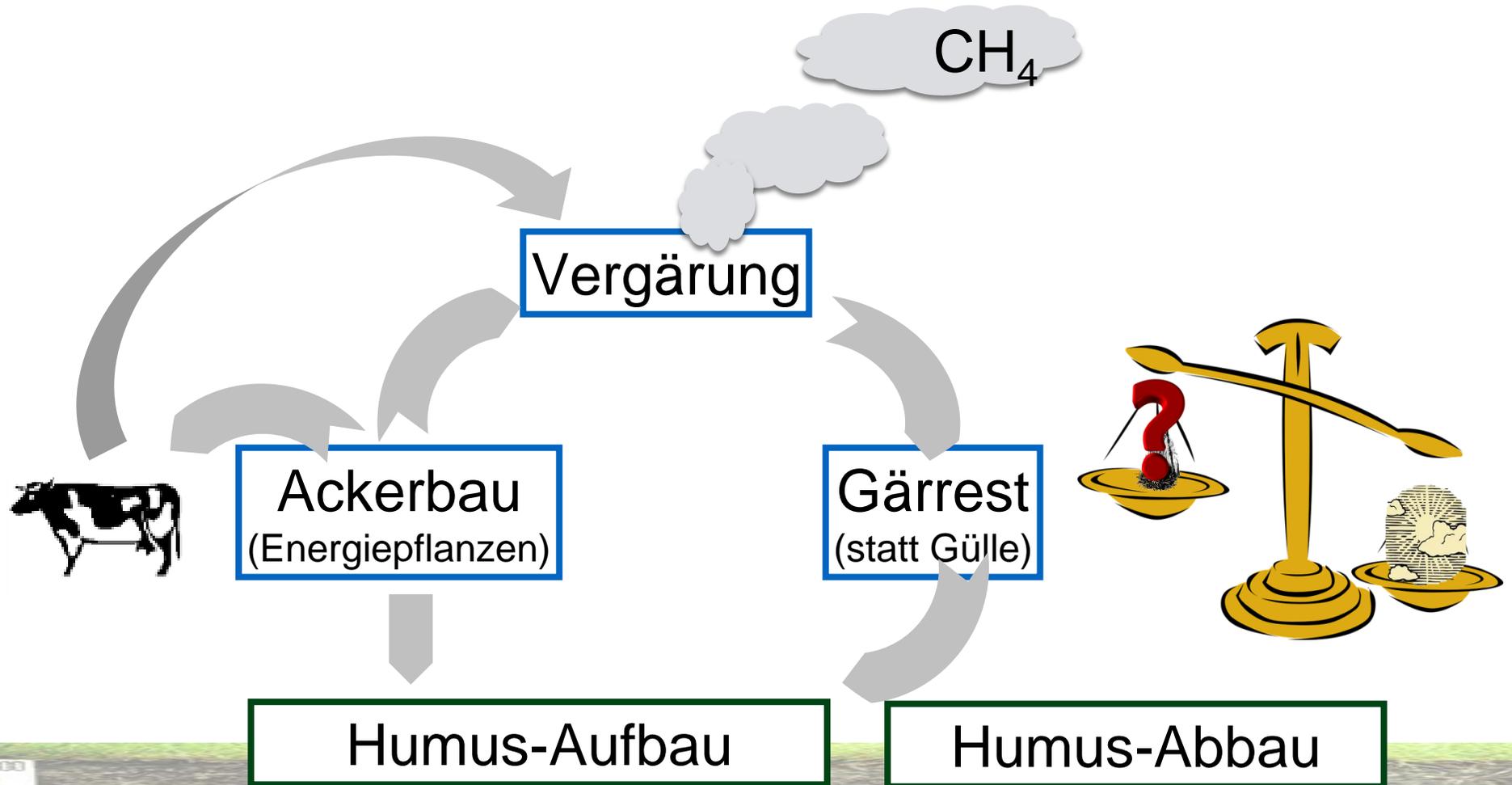
Humus-Aufbau

Humus-Abbau

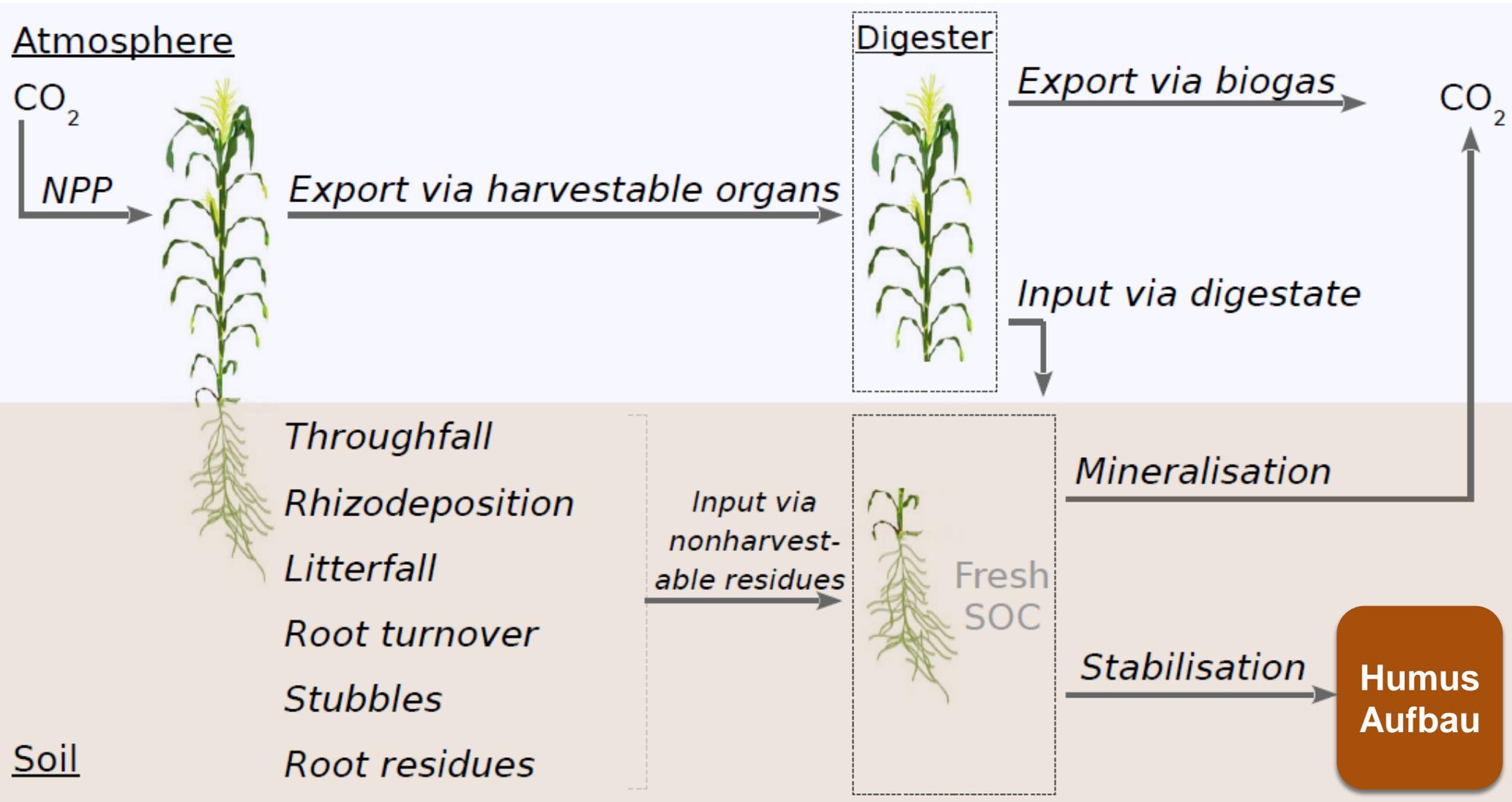
# Agrarproduktion und Bodenhumus



# Biogasproduktion ändert den Stoffkreislauf



# C-Flüsse beim Anbau von Energie-Pflanzen (vereinfachtes Schema)



Quelle: Bessler et al. , 2018

# Wieviel Kohlenstoff liefert die Pflanze an den Boden ?



Bestandesabfall während der Vegetation



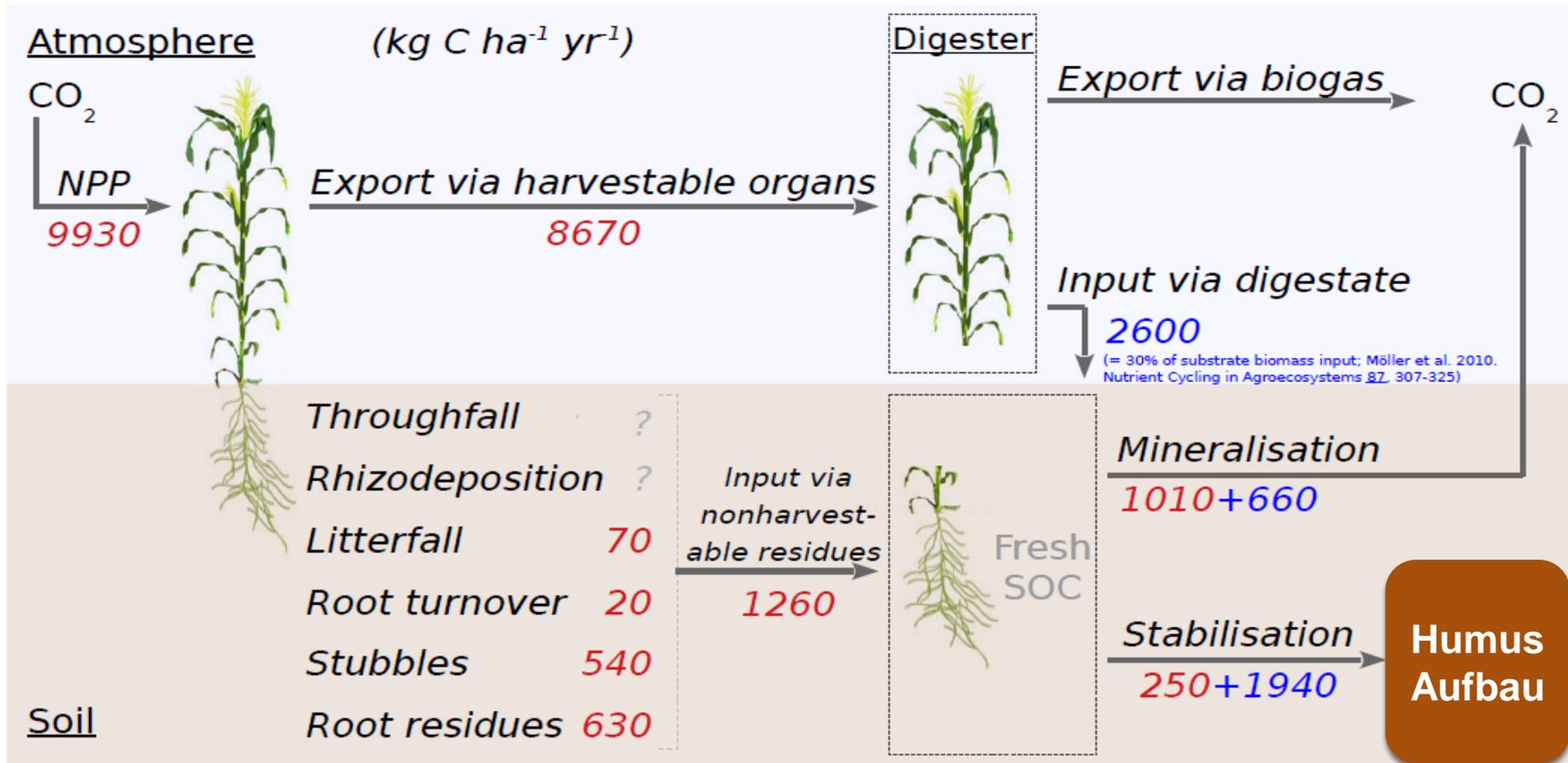
Wurzelabbau während der Vegetation



Stoppeln und Wurzeln nach der Ernte

**Alle Pflanzen versorgen den Boden mit  
organischem Material zum Humus-Aufbau**

# C-Bilanz beim Anbau von Energie-Mais (vereinfachtes Schema der experimentellen Befunde)

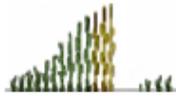


Quelle: Bessler et al. , 2018

# C-Flüsse in Anbausystemen (kg/ha) food vs. non food

	Wheat	Maize	Sorghum
<i>NPP</i>	6670	9930	10760
<u><i>Brutto-C-Input</i></u>			
Nonharvest. residues	1150	1260	2280
Straw, digestate	2770	2600	3220
Total	<u>3920</u>	<u>3860</u>	<u>5500</u>

# C-Flüsse in Anbausystemen (kg/ha) food vs. non food

	Wheat	Maize	Sorghum
			
<i>NPP</i>	6670	9930	10760
<u>Brutto-C-Input</u>			
Nonharvest. residues	1150	1260	2280
Straw, digestate	2770	2600	3220
Total	<u>3920</u>	<u>3860</u>	<u>5500</u>
<u>Humus-Aufbau</u>			
Nonharvest. residues	270	250	530
Straw, digestate	630	1940	2400
Total	<u>900</u>	<u>2190</u>	<u>2930</u>

Quelle: Bessler et al. , 2018

# Humuswirkung organischer Stoffe

# Qualität organischer Substrate

*(Wurzeln, Ernterückstände, org. Düngemittel)*

## **Traditioneller Ansatz:**

Langzeit-Feldversuche

Ziel:

relative Wirkung der Substrate  
auf den Bodenkohlenstoff  
im Vergleich zu Stallmist

Notwendige Beobachtungsdauer  
 $t > 30$  Jahre

## **Alternative:**

Prozess-Analyse

Ziel:

absolute Wirkung der Substrate  
auf den Bodenkohlenstoff

Notwendige Beobachtungsdauer  
 $t < 30$  Tage

(Substratgewinnung nicht mitgerechnet)

# Welche Qualität haben die Substrate ?

→ wir fragen die Mikroorganismen des Bodens !

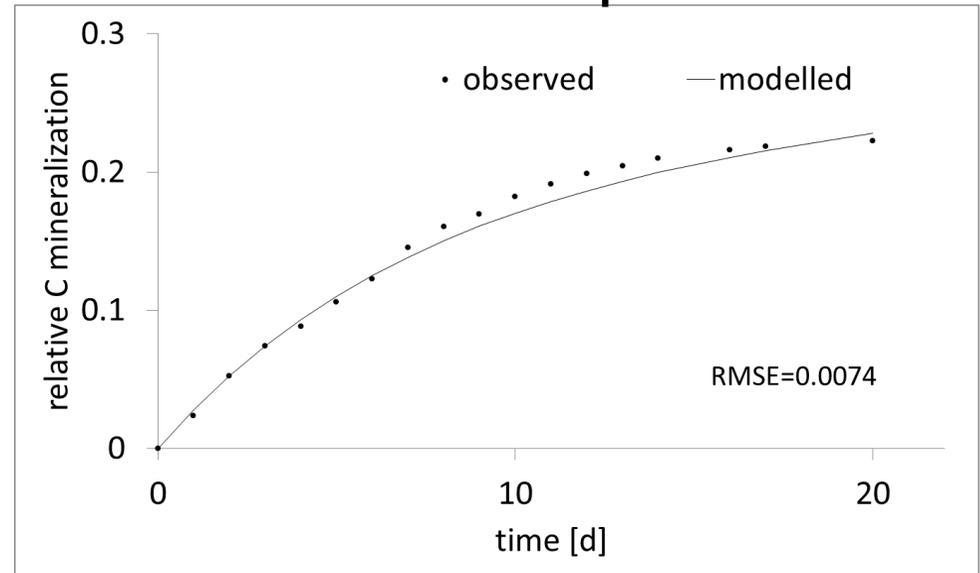
## Substrat



## Inkubation



## Modell der Bodenprozesse

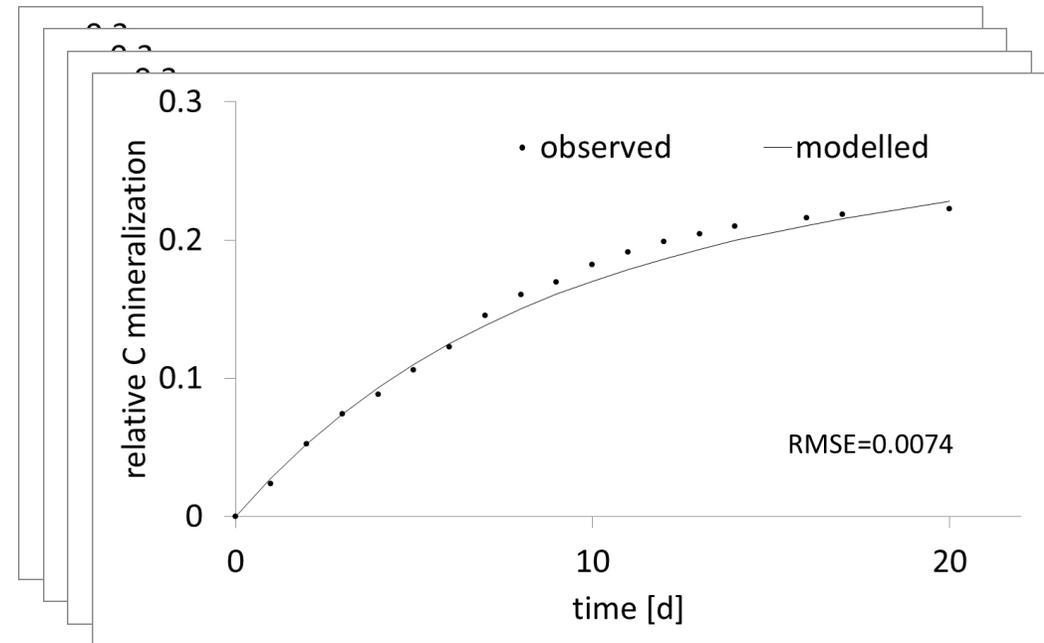
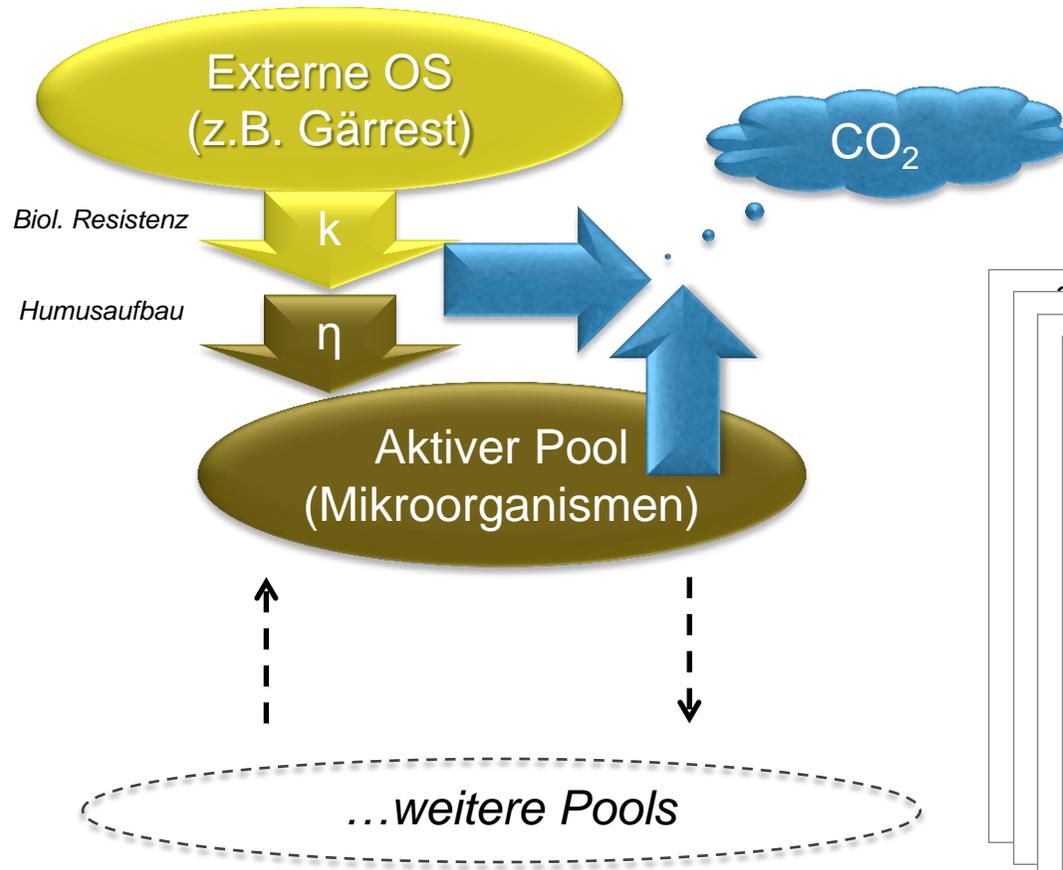


Literaturanalyse: es gibt nicht den “Gärrest”

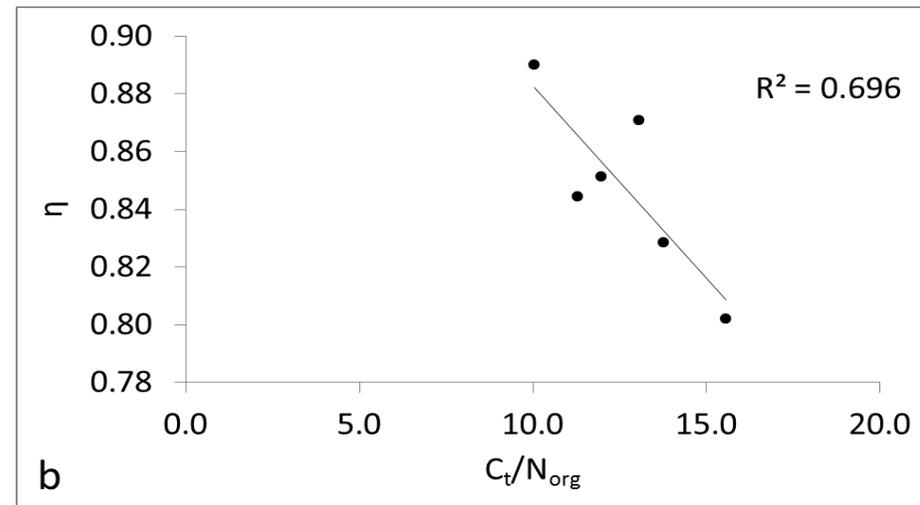
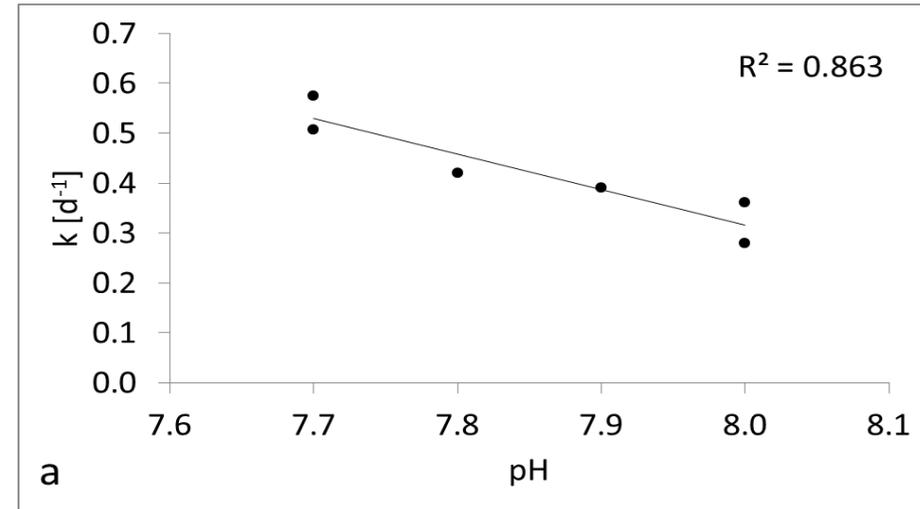
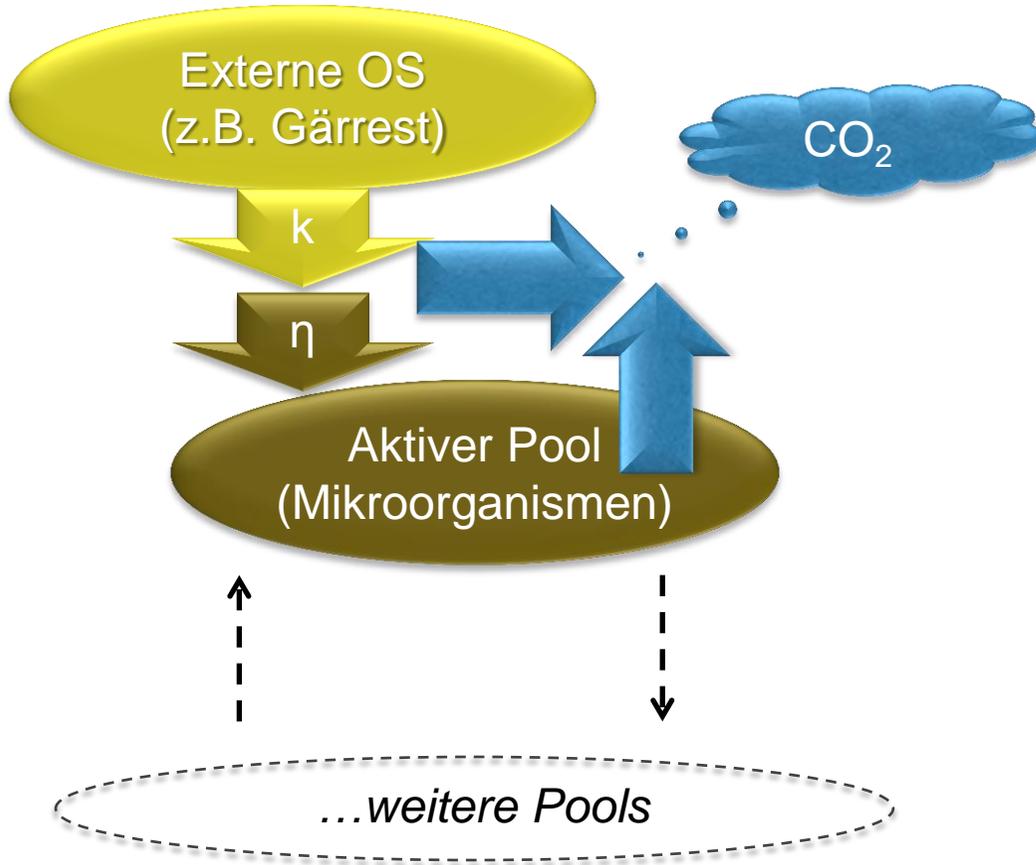
Humuswirkung ist abhängig von den Ausgangssubstraten:

$C_{org}/N_t$ : 6..(15)..21; pH: 7.6..(7.8)..8.3

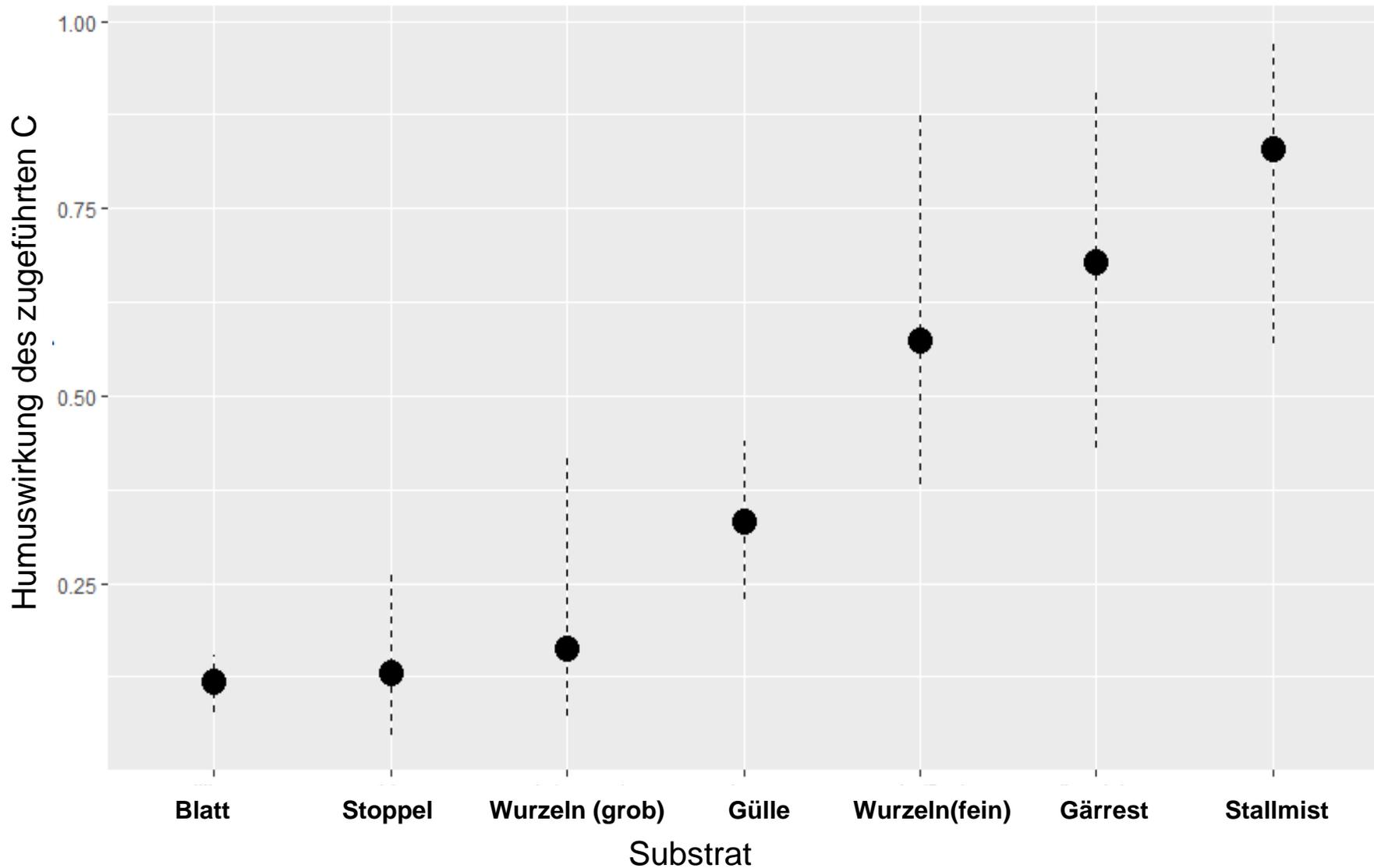
# Kohlenstoff – Umsatz im Boden (schematische Darstellung)



# Kohlenstoff – Umsatz im Boden (schematische Darstellung)

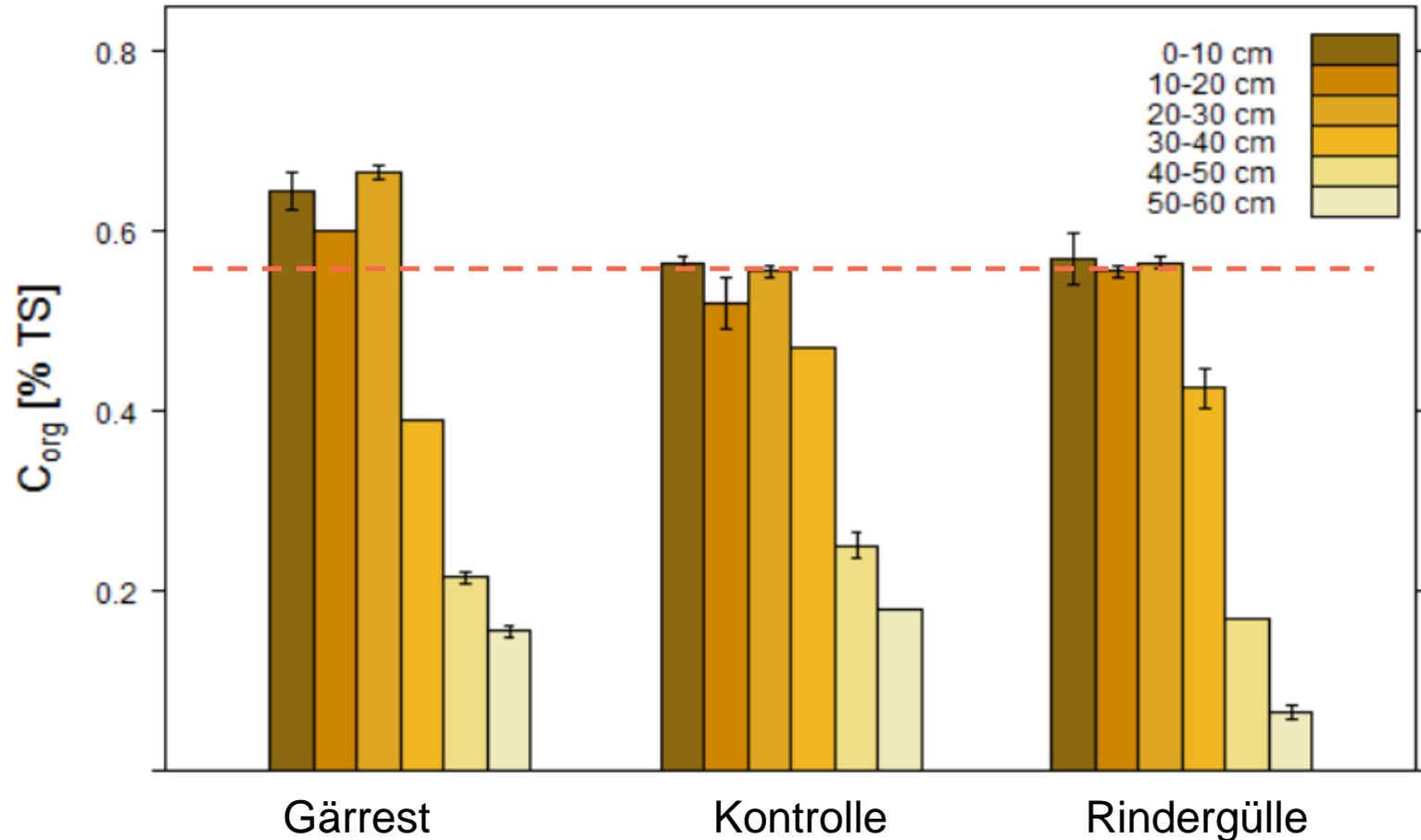


# Humuswirkung verschiedener Substrate

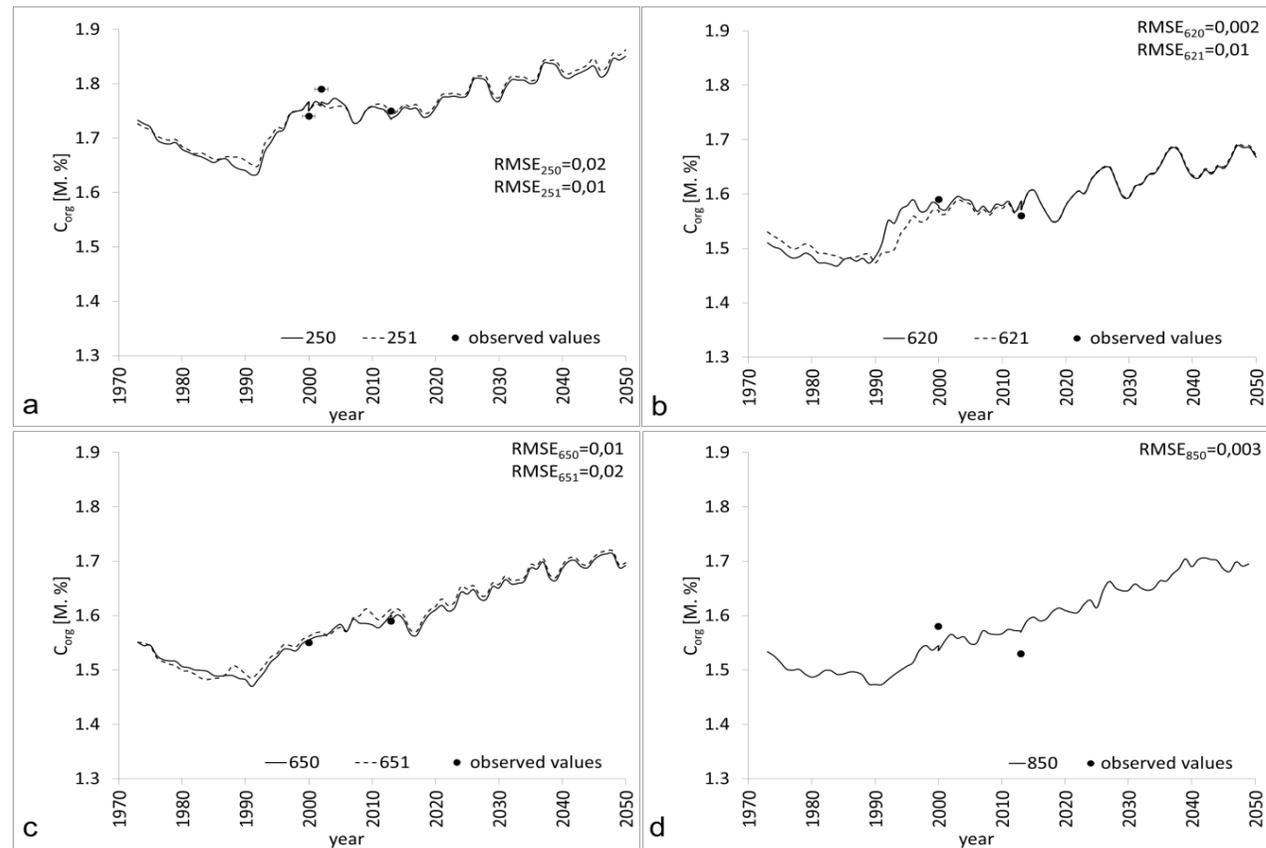


# Feldversuchsergebnisse des IASP d. HU Berlin

Im Vergleich zur Gülle hinterlassen Gärreste mehr Kohlenstoff im Boden



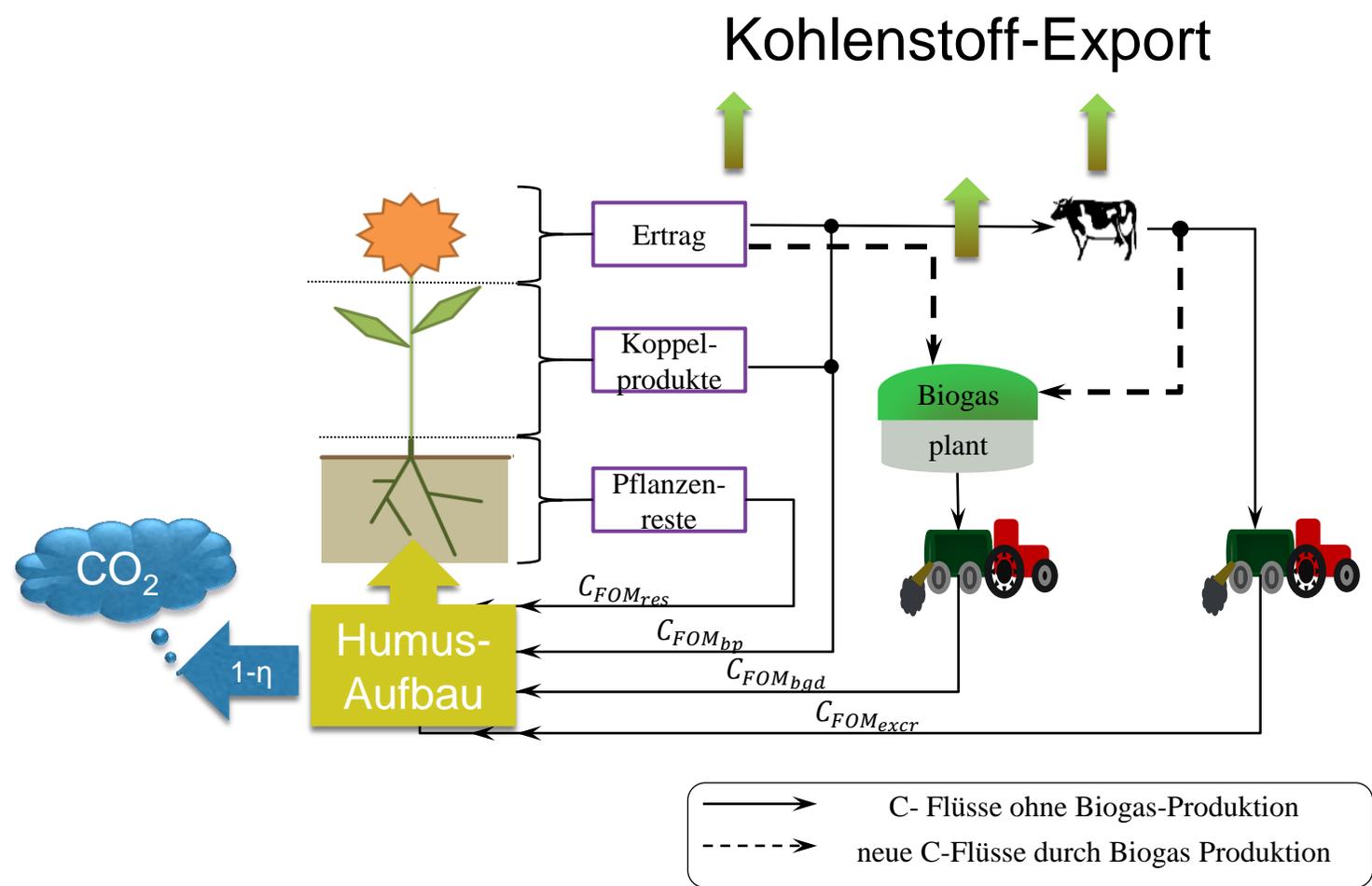
# CANDY-Simulationsergebnisse auf Praxisschlägen



Hat der Ausbau der Biogasproduktion den Humusaufbau in Sachsen verändert ?

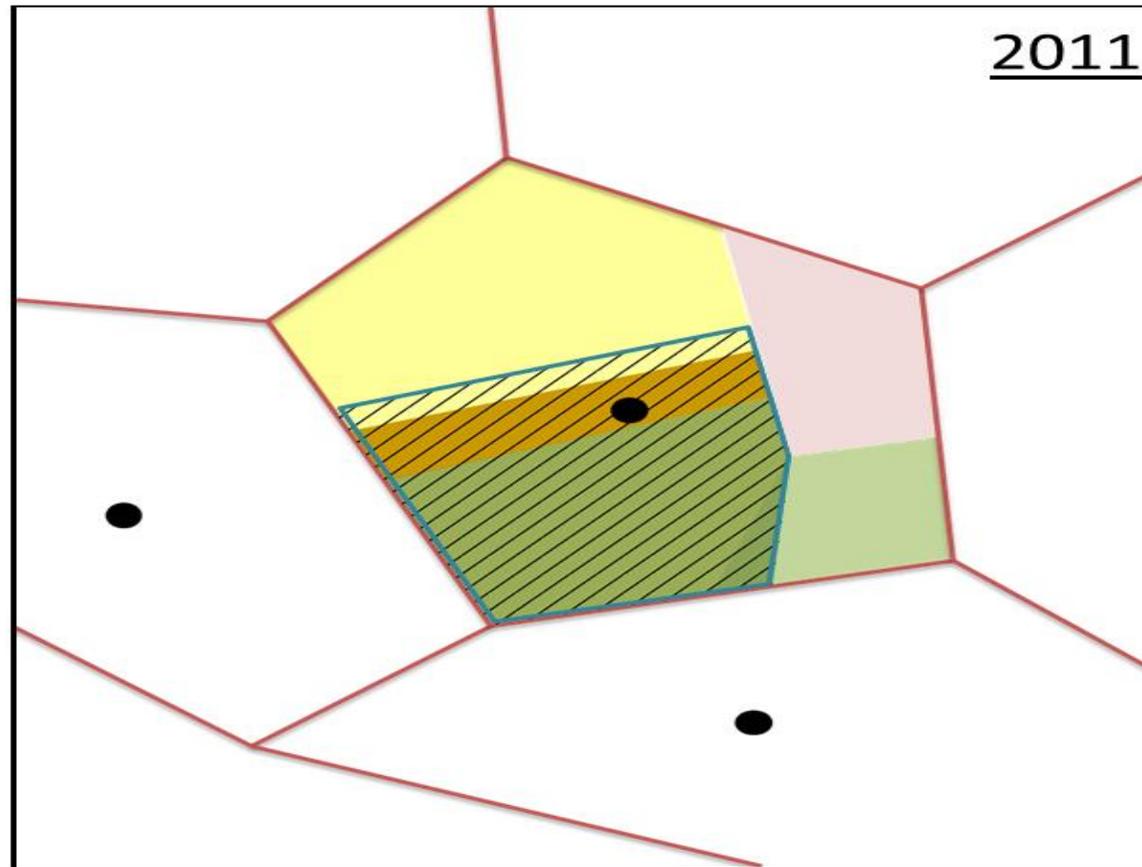
# Stofffluß-Analyse in den Biogas-Einzugsgebieten (BPU)

Vergleich 2000 (ohne Biogas) und 2011 (mit Biogas)



Witing et al., 2018  
<https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2018.01.030>

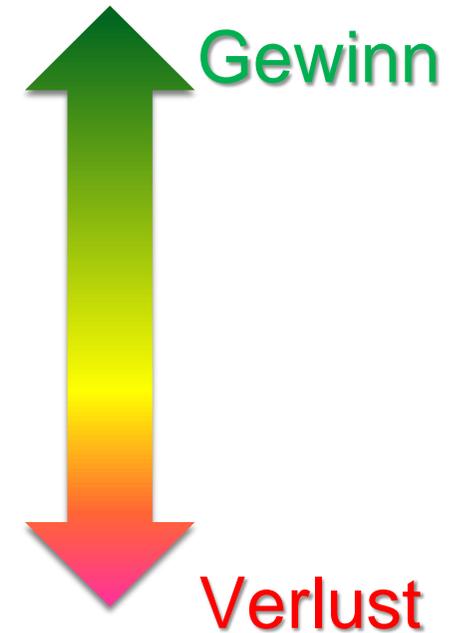
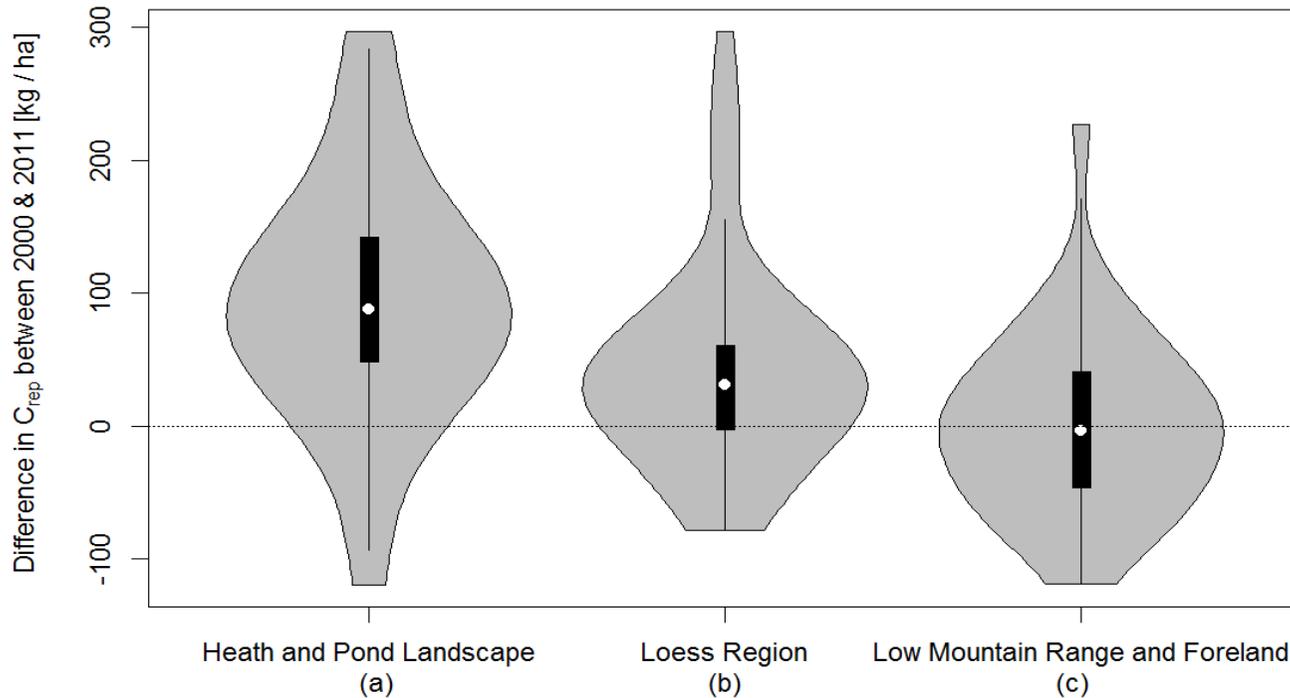
# Teilflächen mit Biogas-Einfluss



## Biogas Finger Abdruck (BFA)

- Raumaufteilung zwischen den Biogas-Werken
- Flächenbedarf Substrat
- Flächenbedarf Futter
- Flächenbedarf Gärrest-Ausbringung

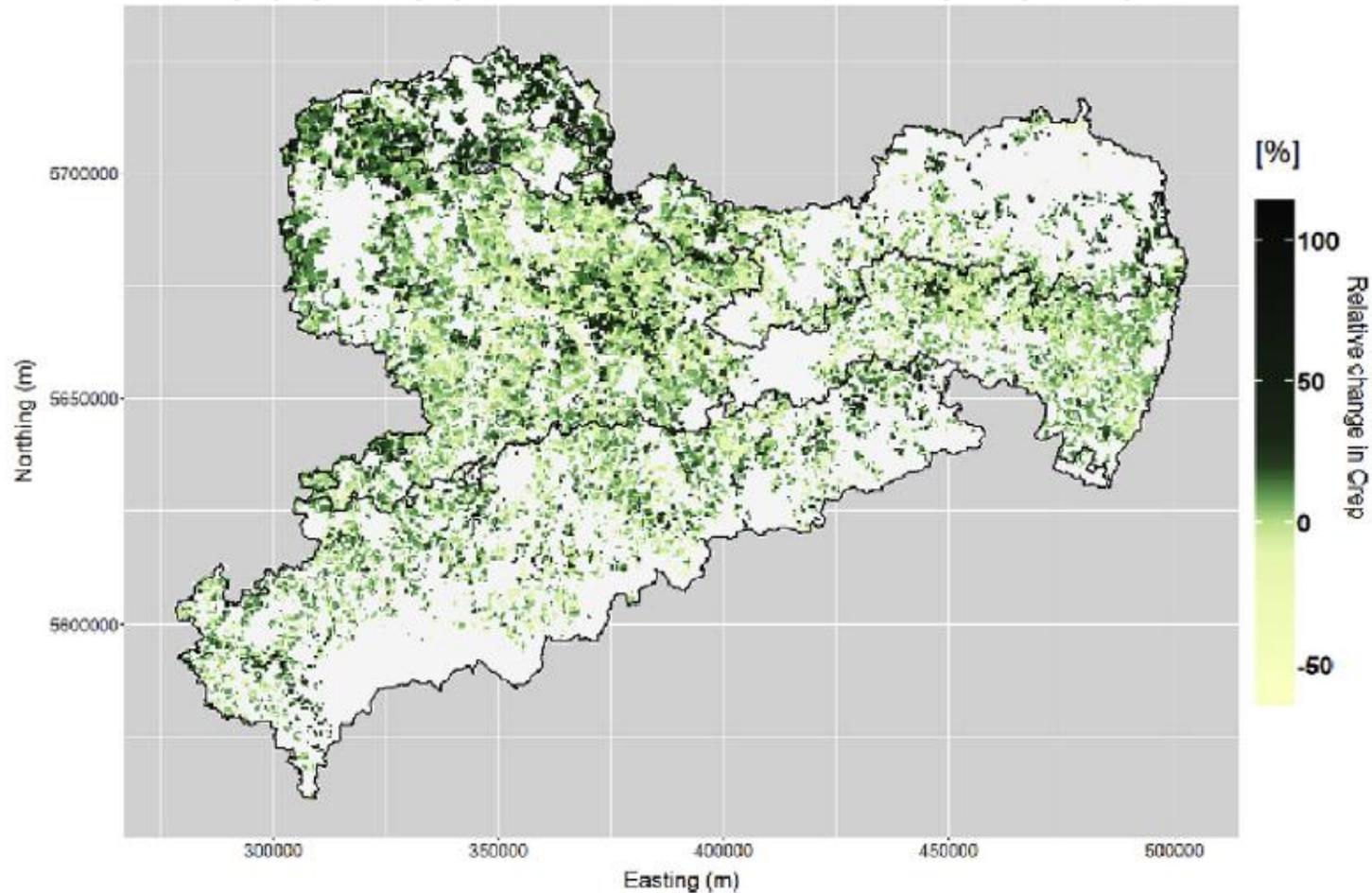
# Veränderter Humusaufbau durch Biogas-Produktion?



- **Energie-Pflanzen Anbau + Umwandlung Gülle → Gärrest verbessert Humusaufbau insbes. auf leichten Böden**
- **Allgemeiner Anstieg der Erträge**

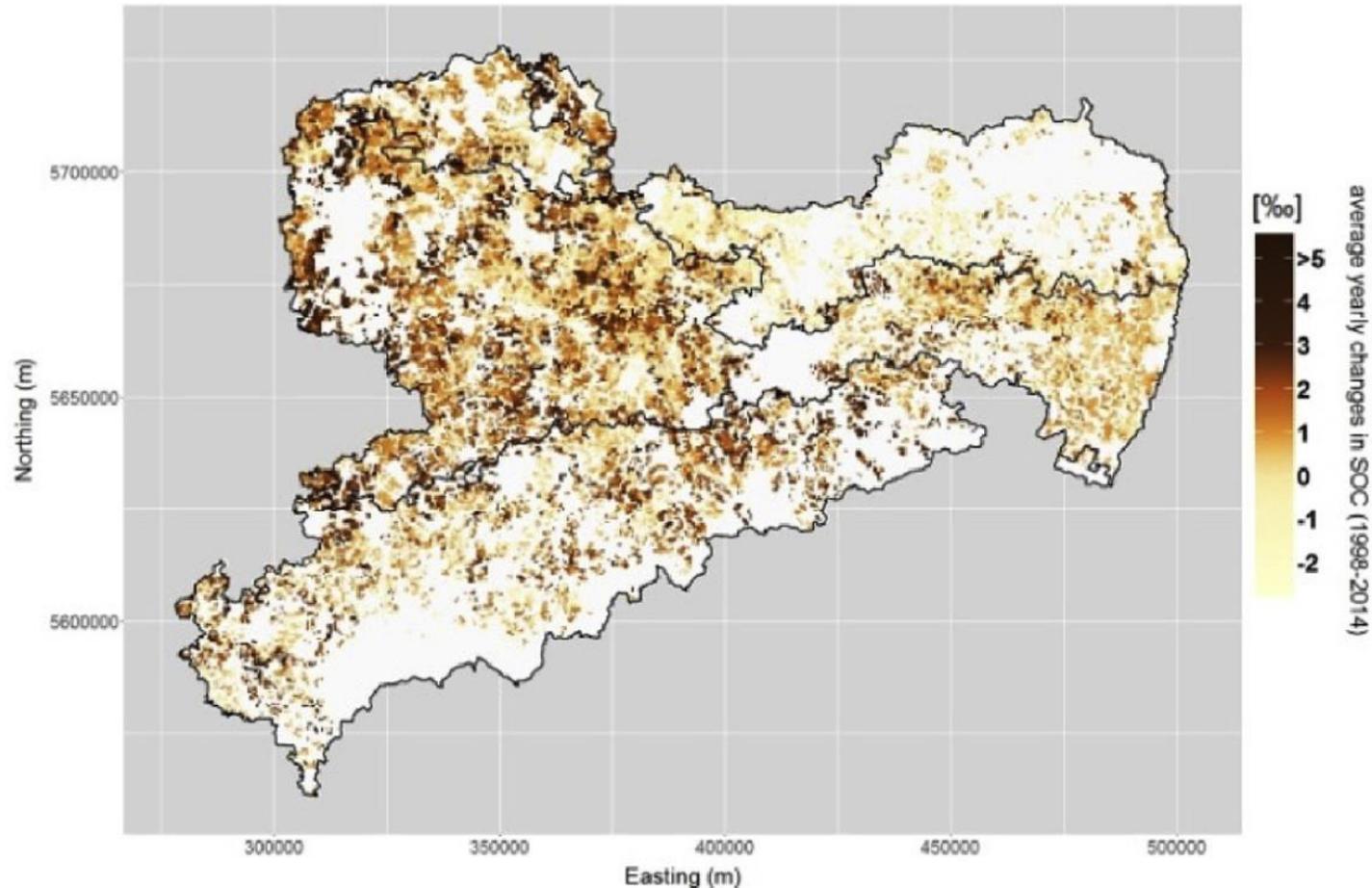
# Humusdynamik in sächsischen Ackerböden

# Änderung im Humusaufbau 1998-2004 und 2010-2014



Mehr Humusaufbau aus Pflanzenrückständen durch Ausweitung der Anbauflächen für WRaps, Mais, WW, ZR  
und 20% mehr Humusaufbau aus organischen Düngern

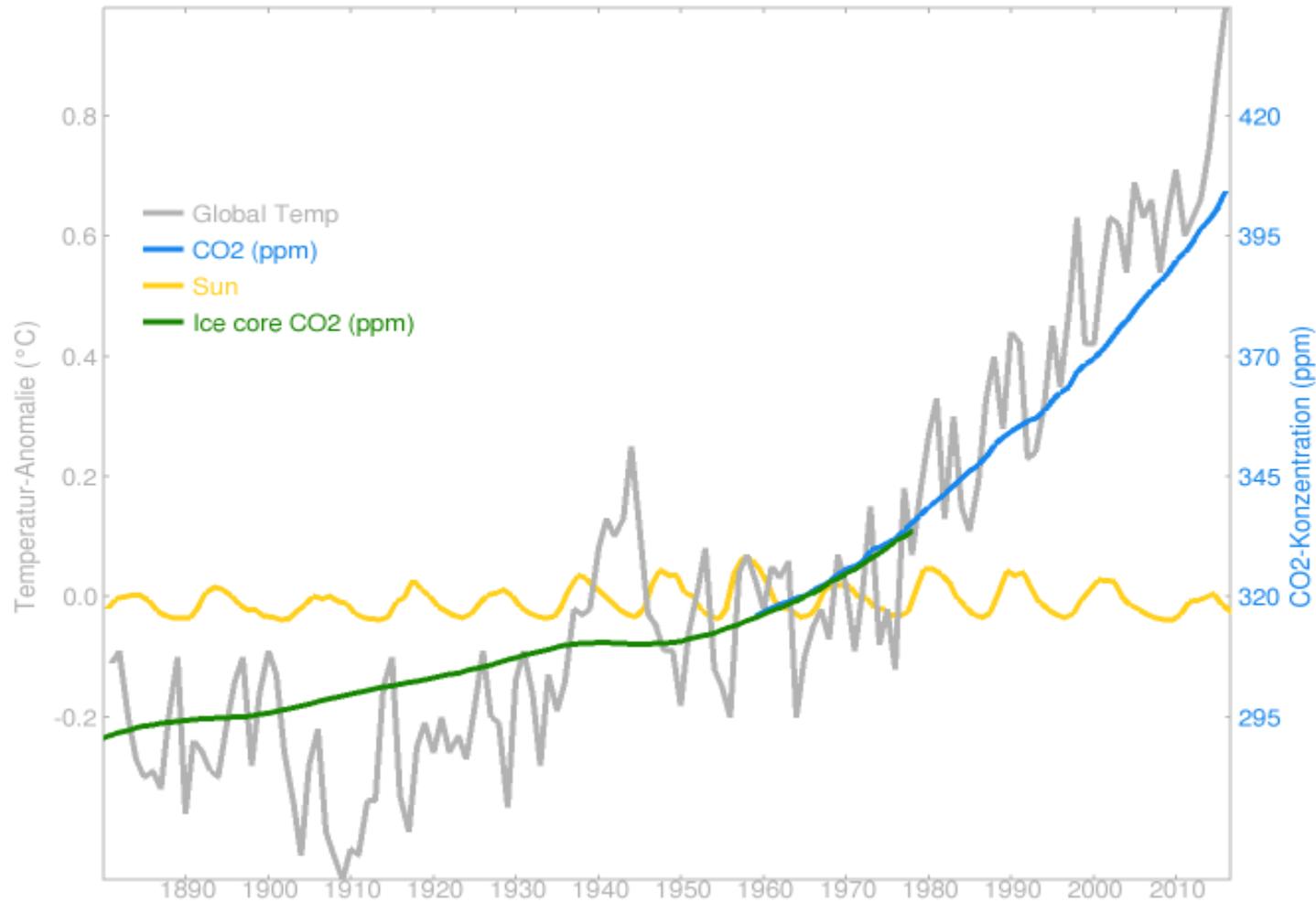
# Änderung der Humusmenge (hier $C_{org}$ ) 1998-2014



Anstieg der Humusmenge in den sächsischen Ackerböden von 15.1 g/kg auf 15.4 g/kg ( ca. 2% in 17 Jahren)  
Mittlere Akkumulationsrate betrug insgesamt 1.24 ‰ ; nur auf ca 3% der Ackerflächen wurden 4 ‰ erreicht

# Humus und Klima

# Globaler Temperaturtrend und CO<sub>2</sub>-Konzentration



Quelle: Stefan Rahmstorf (BLOG 29.7.2017)

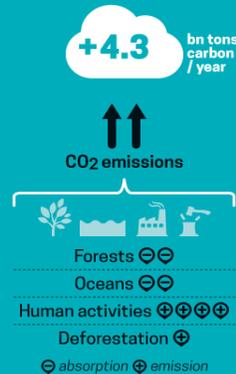
<https://scilogs.spektrum.de/klimalounge/der-globale-co2-anstieg-die-fakten-und-die-bauernfaengertricks/>

# Humusaufbau als Teil der Lösung

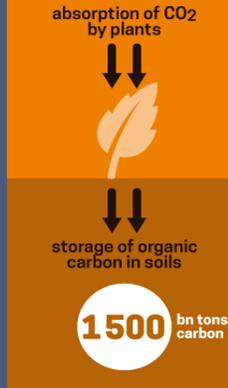
## 4 PER 1000 CARBON SEQUESTRATION IN SOILS FOR FOOD SECURITY AND THE CLIMATE

Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt

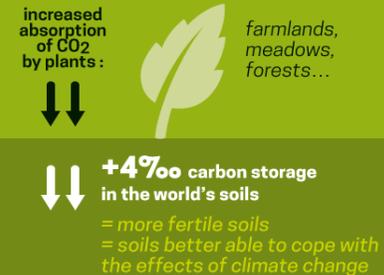
The quantity of carbon contained in the **atmosphere** increases by **4.3 billion tons** every year



The world's **soils** contain **1 500 billion tons** of carbon in the form of organic material



If we increase by **4‰ (0.4%)** a year the quantity of carbon contained in soils, **we can halt the annual increase in CO<sub>2</sub> in the atmosphere**, which is a major contributor to the greenhouse effect and climate change



### HOW CAN SOILS STORE MORE CARBON?

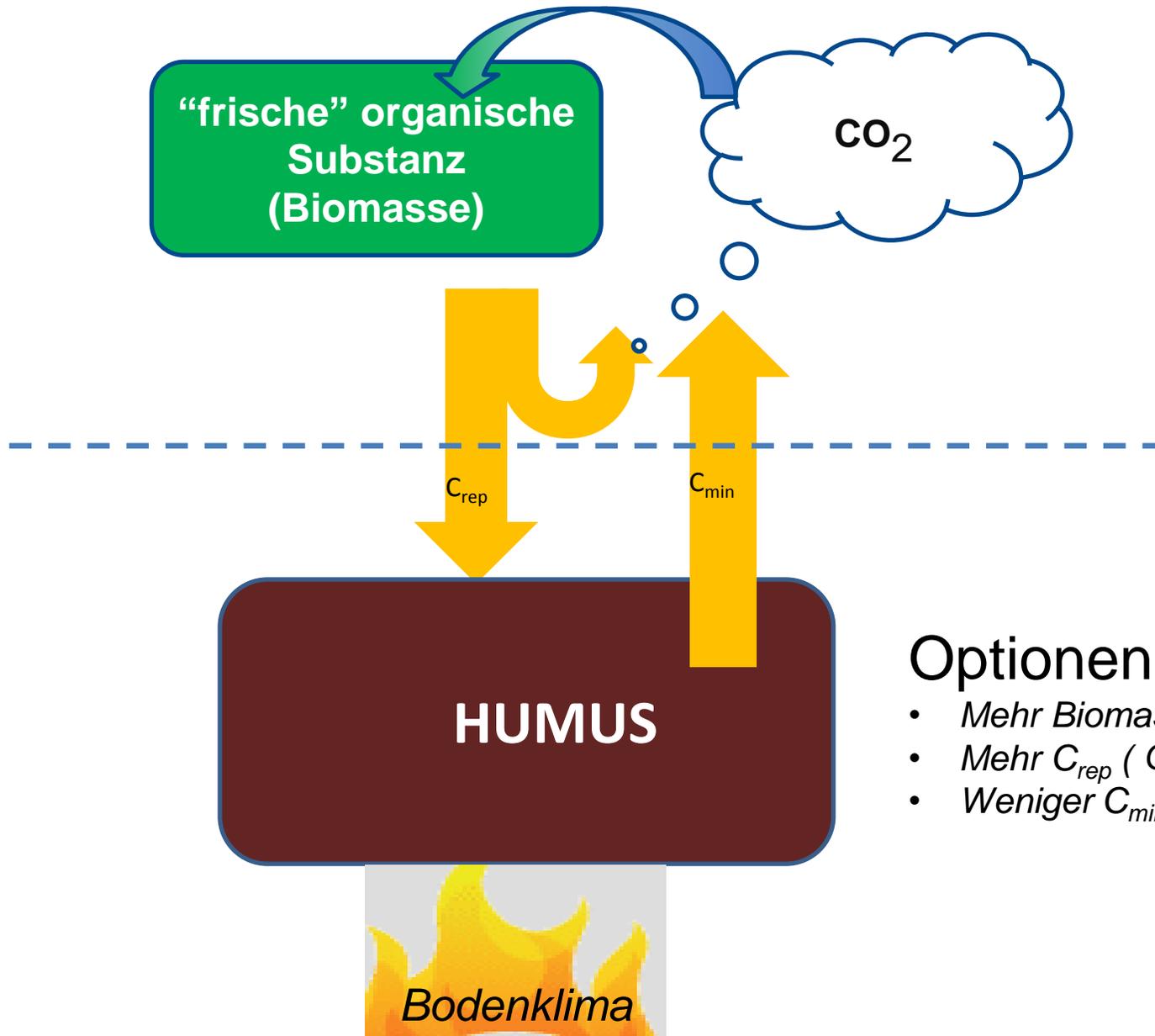
The more soil is covered, the richer it will be in organic material and therefore in carbon. Until now, the combat against global warming has largely focused on the protection and restoration of forests. In addition to forests, we must encourage more plant cover in all its forms.



"This international initiative can reconcile the aims of **food security** and the **combat against climate change**, and therefore engage every concerned country in COP21."

Stéphane Le Foll, French Minister of Agriculture, Agrifood and Forestry

# Kohlenstoff- Kreislauf über Pflanze-Boden-Atmosphäre



## Optionen:

- Mehr Biomasse (Ertrag, Fruchtfolge)
- Mehr  $C_{\text{rep}}$  ( Qualität ders org. Düngers )
- Weniger  $C_{\text{min}}$  (z.B. red. Bodenbearbeitung)

# Effektivität des Humusaufbaus



0.4% Wachstumsrate des globalen Humusspeichers kompensiert (rechnerisch) fossile CO<sub>2</sub> Emissionen

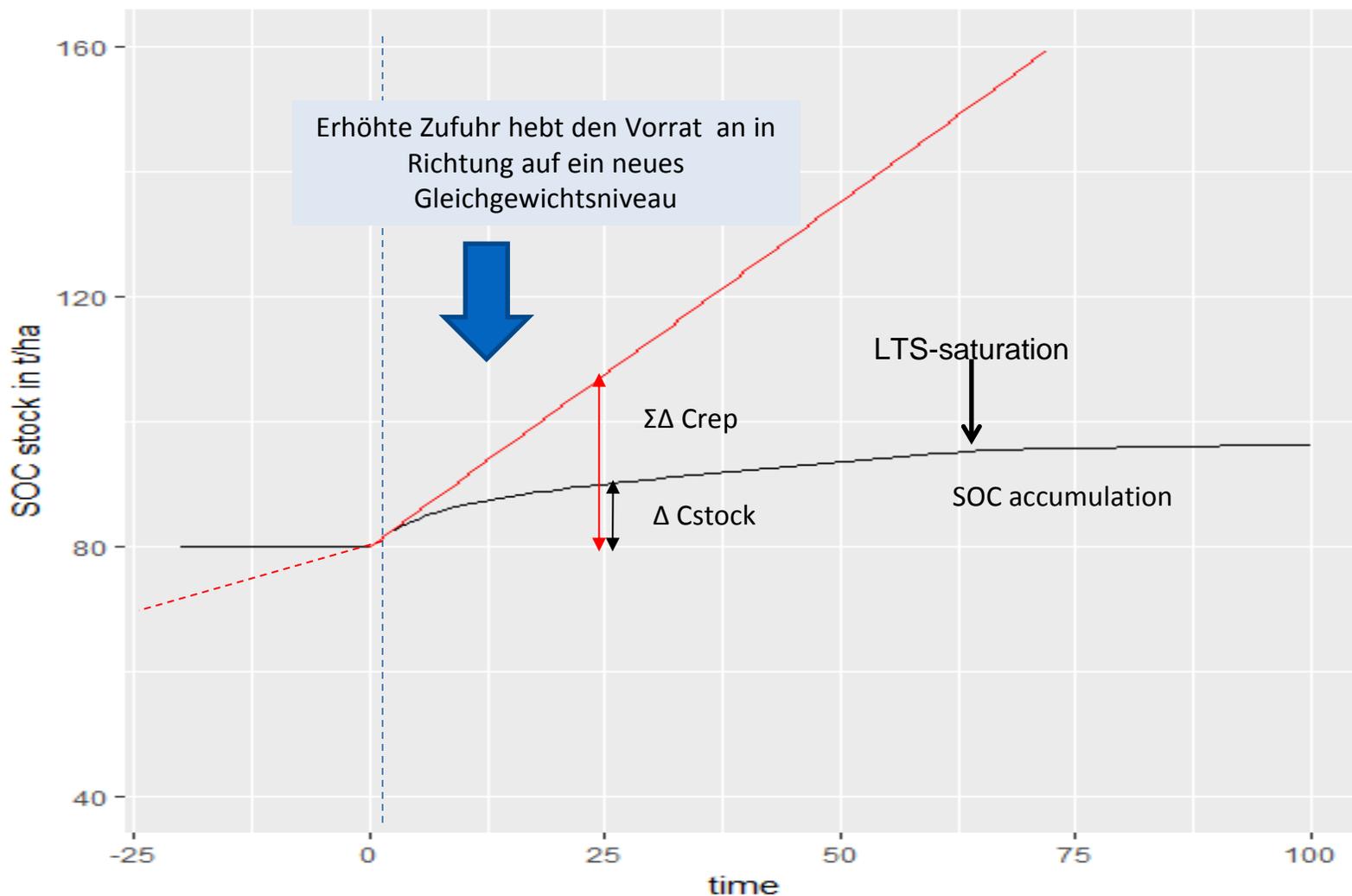


Problem: Nichtlinearität !

ein dauerhaft linearer Zuwachs ist unmöglich

# Effektivität der Humusanreicherung

Annahme: 4 per 1000 für 25 Jahre → beginnend mit 80 t/ha um 8t/ha erhöhen



# Zusammenfassung

- ❑ Humus ( $C_{org}$ ) ist ein wichtiger Bestandteil des Bodens
- ❑ Quantitative Prognose erfordert Prozess-Modelle zur Übertragung der Ergebnisse vom Labor in die Landschaft
- ❑ C-Akkumulation als Strategie zur Begrenzung des Klimawandels erfordert spezifische Analyse und langfristiges Denken
- ❑ Biogas-Produktion wirkt hier mehrfach
  - Ersatz fossiler Energieträger
  - Gärrest und Energiepflanzen mit guter Humuswirkung
- ❑ Regionalanalyse in Sachsen:
  - Biogas-Einfluß (BFA) ca. 20% der Fläche
  - verbesserte Humusversorgung vor allem für leichte Böden

# Mitstreiter

UFZ

Felix Witing, Sinead O'Keeffe, Nadia Prays (jetzt GUT), Julius Diel, Anton Gasser

HU-Berlin:

Holger Bessler, Kerstin Nielsen (IASP)

LFULG

Hans-Joachim Kurzer, Holm Friese

DBFZ

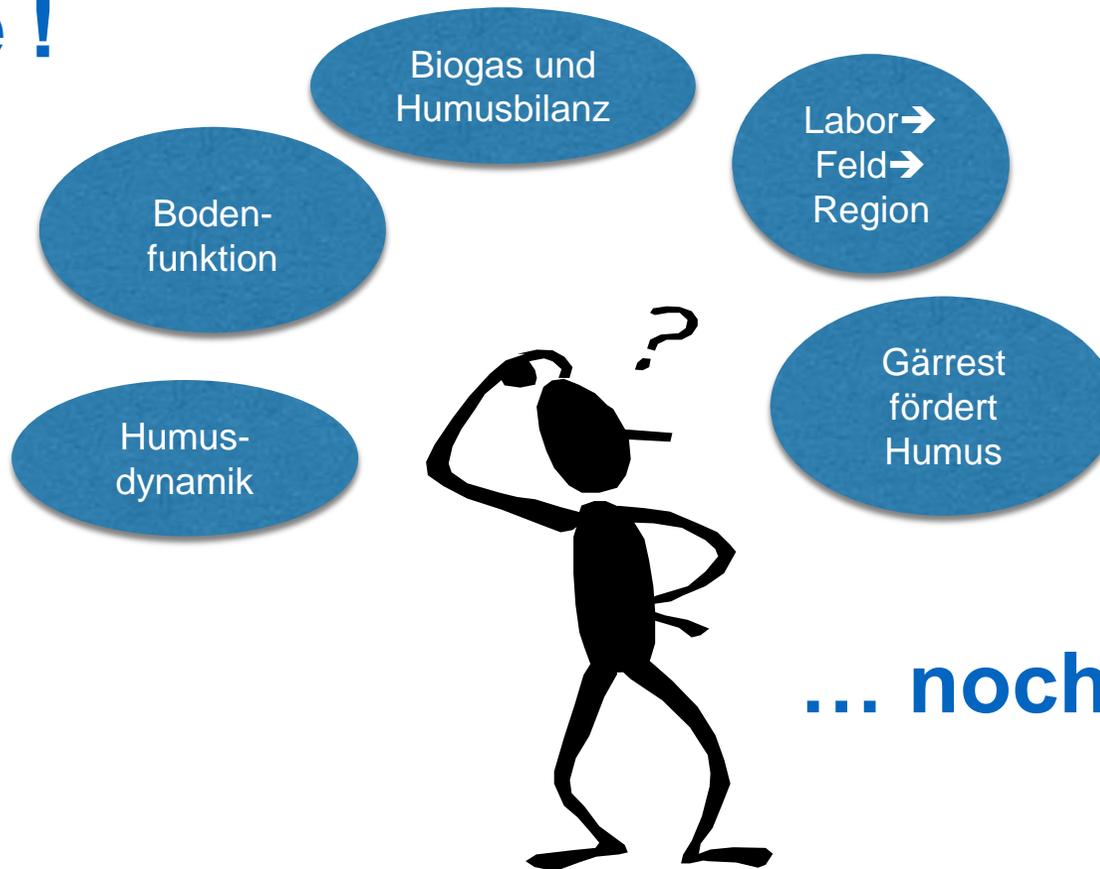
Jaqueline Daniel-Gromke

GALF

Michael Gebel

# Humuswirkung von Gärprodukten

**Danke !**



**... noch Fragen ?**

*UWE.FRANKO@UFZ.DE*