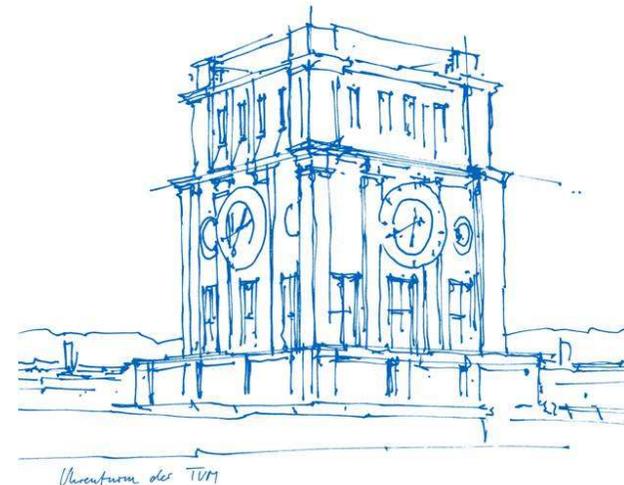


# Umwelt- und Klimawirkungen des ökologischen Landbaus



**9. Jahrestagung zum ökologischen Landbau, Bernburg, 04. März 2024**

Kurt-Jürgen Hülsbergen, Lehrstuhl für Ökologischen Landbau und Pflanzenbausysteme

Weihenstephaner Schriften  
Ökologischer Landbau und Pflanzenbausysteme

Band 16

Kurt-Jürgen Hülsbergen, Harald Schmid,  
Lucie Chmelikova, Gerold Rahmann,  
Hans Marten Paulsen, Ulrich Köpke

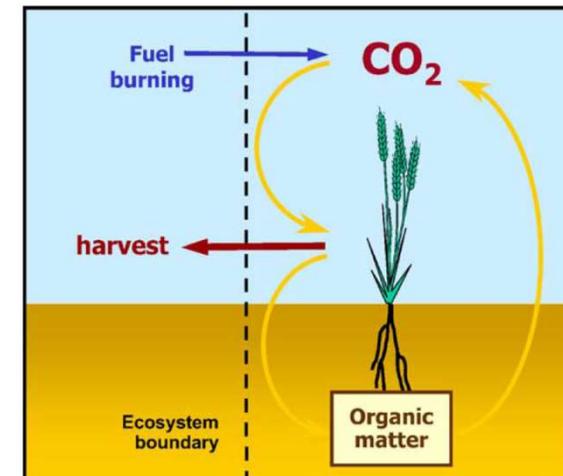
## **Umwelt- und Klimawirkungen des ökologischen Landbaus**

# Treibhausgasflüsse in der Landwirtschaft

- Energieeinsatz und CO<sub>2</sub>-Emissionen
- C-Bindung von Böden durch Humusaufbau
- N<sub>2</sub>O-Emissionen aus Böden und Düngung
- CH<sub>4</sub>-Emissionen der Tierhaltung

CO<sub>2</sub> eq / ha (Fläche)

CO<sub>2</sub> eq / GJ (Produkt)



## Spezifische Treibhauspotentiale (Global warming potential, GWP)

---

Treibhaus- gas	Konzentration (ppm)		Lebens- dauer	GWP
	vor- industriell	2022		
			a	100 a
CO <sub>2</sub>	~ 280	420	variabel	1
CH <sub>4</sub>	0,70	1,91	12	25
N <sub>2</sub> O	0,27	0,35	114	298

- Treibhauspotential in Bezug auf CO<sub>2</sub> (GWP = 1)
- abhängig von der Absorption der infraroten Strahlung und der Verweildauer

# Gegenstand und Ziel der Studie

---

## Umwelt- und Klimawirkungen des ökologischen Landbaus



**Systemversuch Viehhausen**

Anlagejahr 2009

**Dauerfeldexperimente**

**Systemvergleich ökologischer  
und konventioneller Landbau**

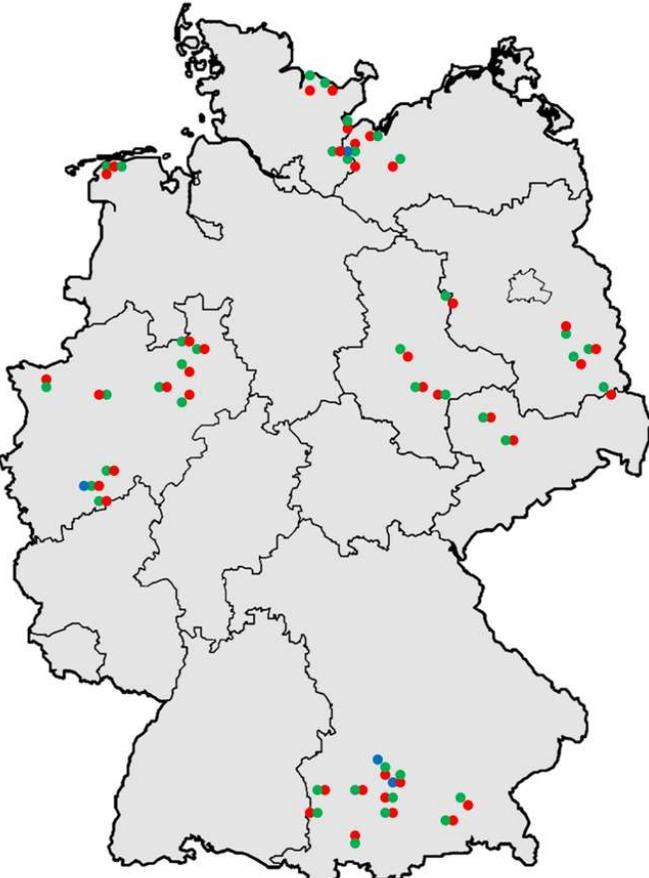
**Langzeitwirkungen auf Böden  
und Umwelt**

**Ertragsleistungen**

# Gegenstand und Ziel der Studie

---

## Umwelt- und Klimawirkungen des ökologischen Landbaus



**Netzwerk der Pilotbetriebe**

**Systemvergleich ökologischer und konventioneller Landbau**

**Transdisziplinäres Forschungsprojekt**  
2008 – 2022 [www.pilotbetriebe.de](http://www.pilotbetriebe.de)

Gefördert durch

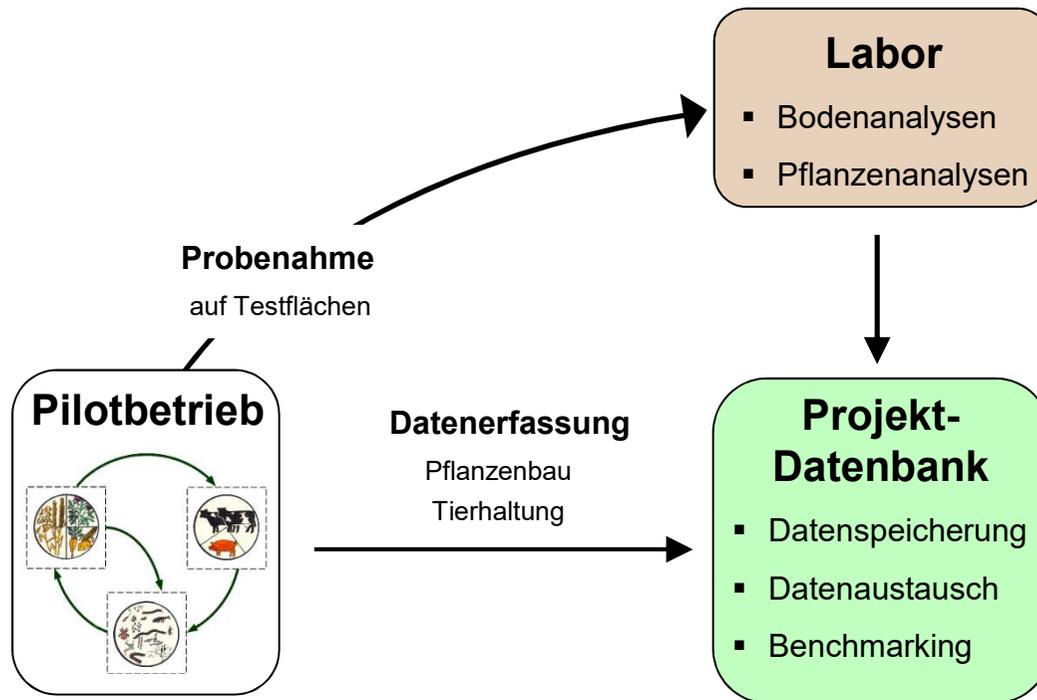
 Bundesministerium  
für Ernährung  
und Landwirtschaft

**BÖL**  
BUNDESPROGRAMM  
ÖKOLOGISCHER LANDBAU

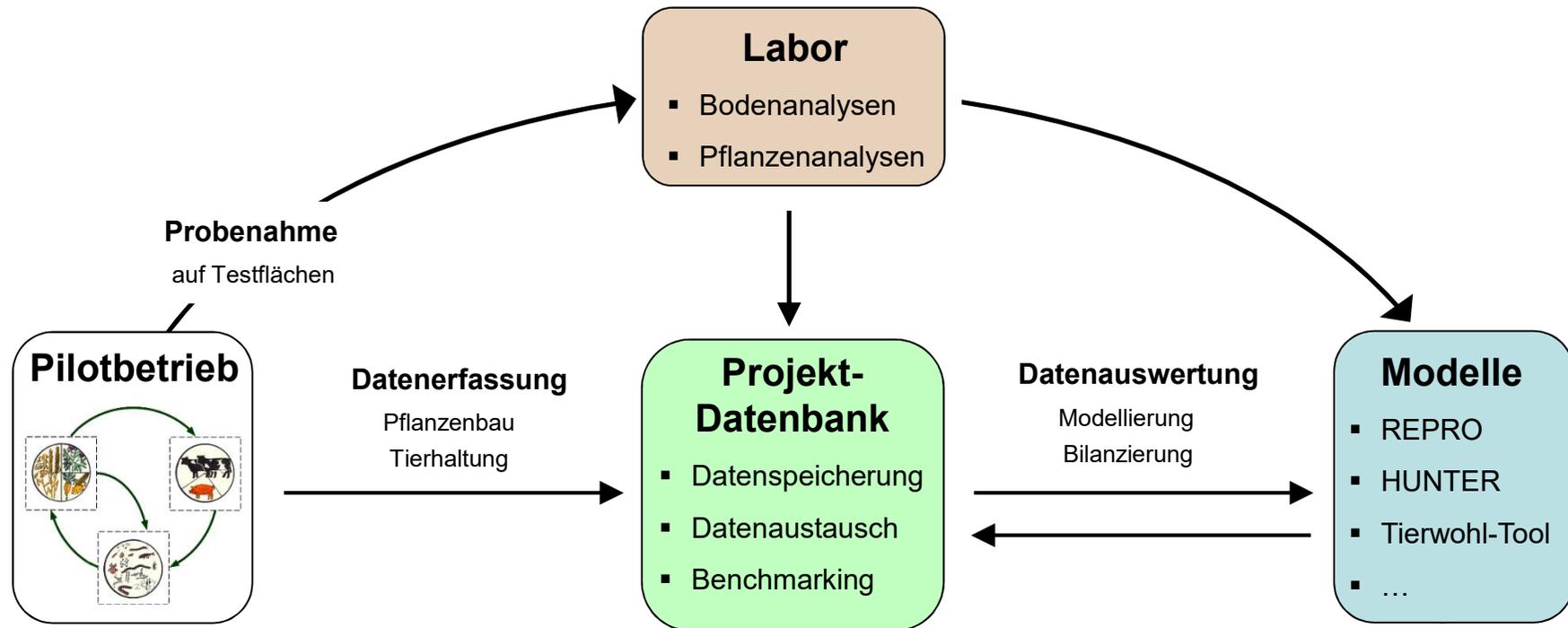
aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

# Datenerfassung und Datenaustausch im Projekt

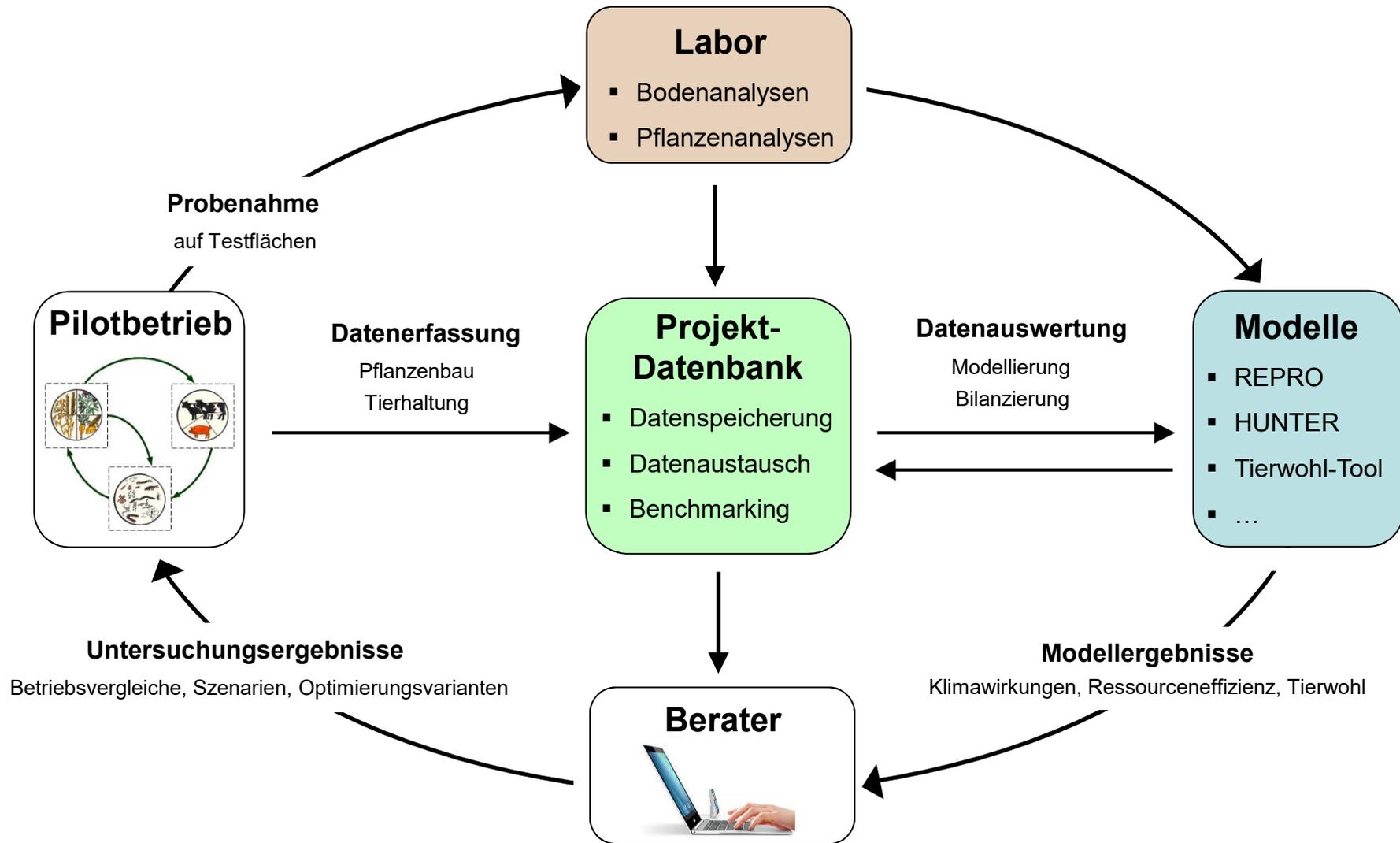
---



# Datenerfassung und Datenaustausch im Projekt



# Datenerfassung und Datenaustausch im Projekt



# Struktur und Intensität der Pilotbetriebe

Hülsbergen et al. (2023)

Kennzahl	Ökologischer Landbau		Konventioneller Landbau	
	Marktfrucht (n = 12)	Milchvieh (n = 19)	Marktfrucht (n = 12)	Milchvieh (n = 19)
<b>Kleegras</b>	<b>19</b>	<b>39</b>	<b>2</b>	<b>11</b>
<b>Mais, Hackfrüchte</b>	<b>10</b>	<b>9</b>	<b>13</b>	<b>37</b>
Fruchtartendiversität	2,36	2,08	1,56	1,57
PSM-Applikationen	0	0	4,39	1,37
Unbehandelte Fläche	100	100	5,6	44,5
Arbeitsgänge	9,5	13,2	20,7	17,8

# Ergebnisse: Energiebilanz – Energieeffizienz

## Problemstellung

Einsatz fossiler Energie

CO<sub>2</sub>-Emissionen

## Lösungsansatz

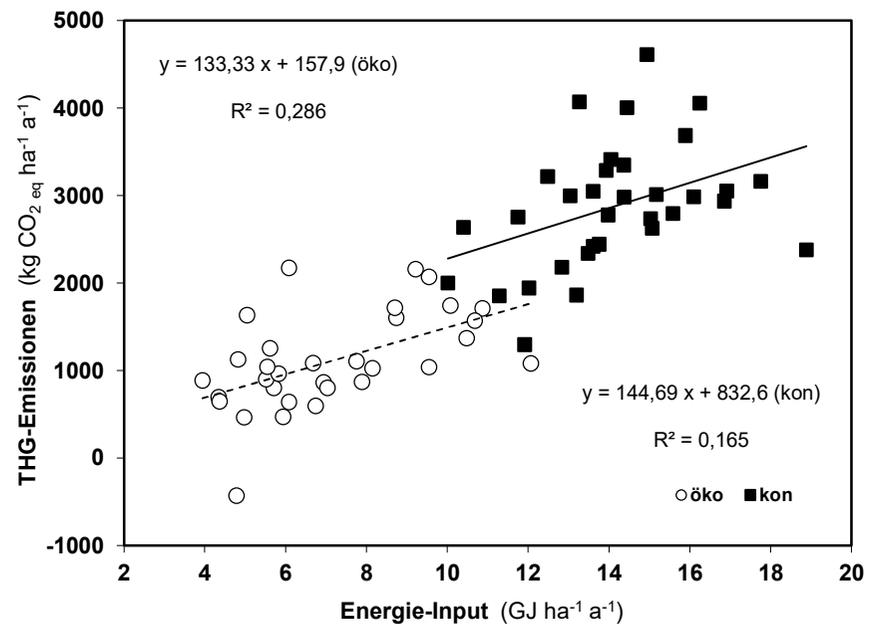
Kein Mineraldüngerstickstoff

Extensive Verfahren

## Wirkungen

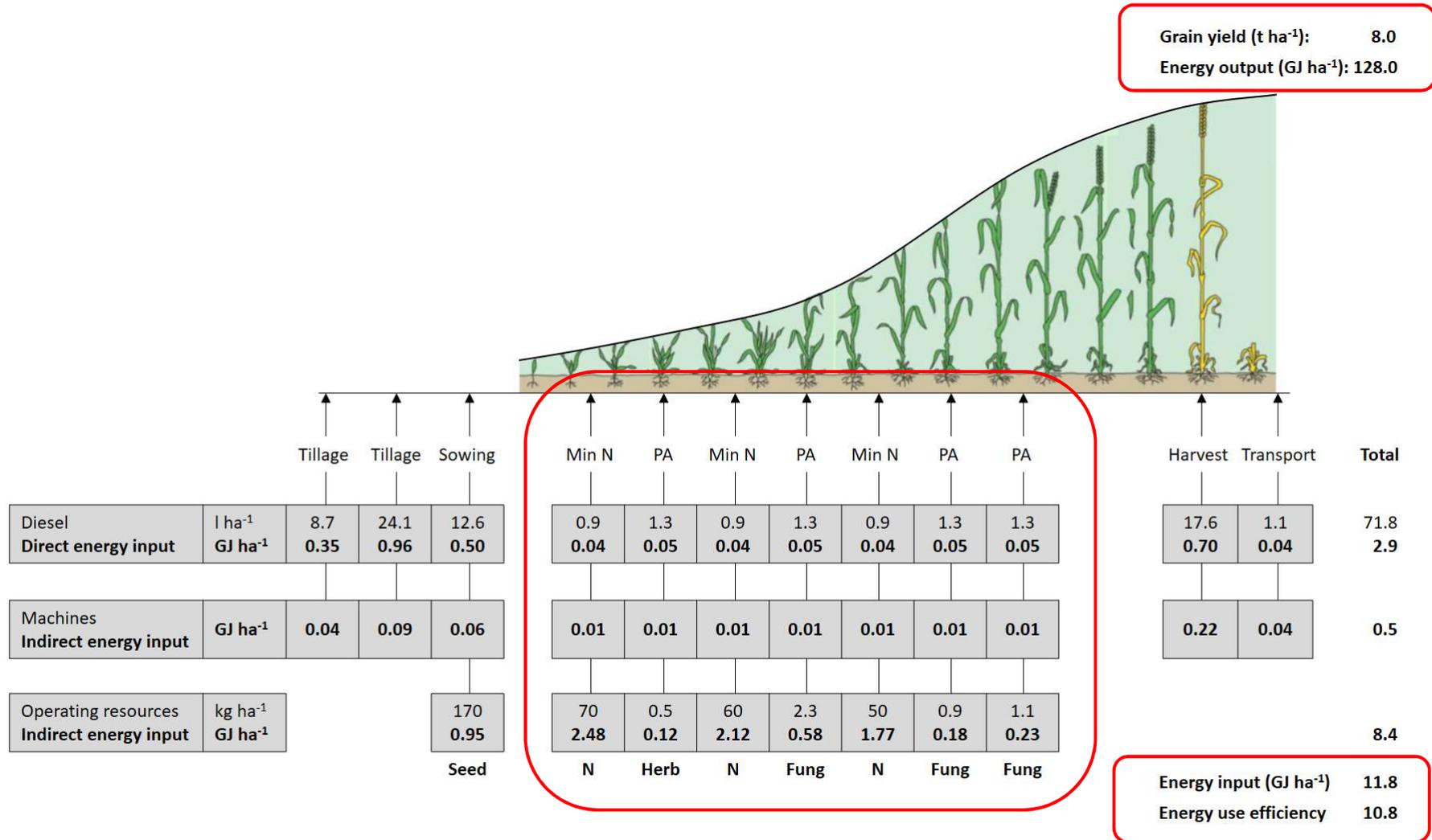
Halbierung des Energieinputs

von 14 auf 7 GJ/ha



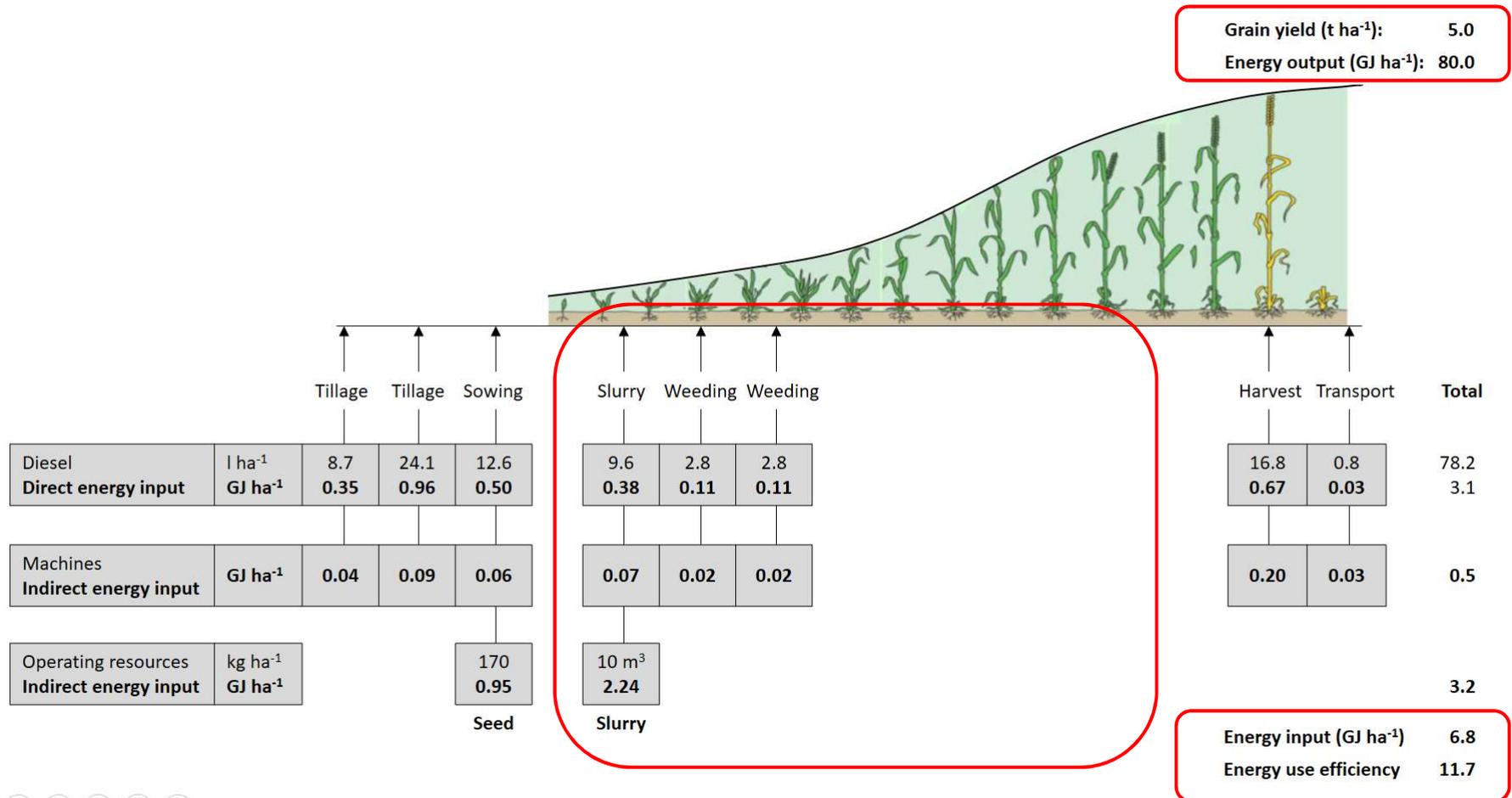
# Einsatz fossiler Energie beim Anbau von Winterweizen

Konventioneller Pilotbetrieb, Chmelikova, Schmid & Hülshagen (2023)



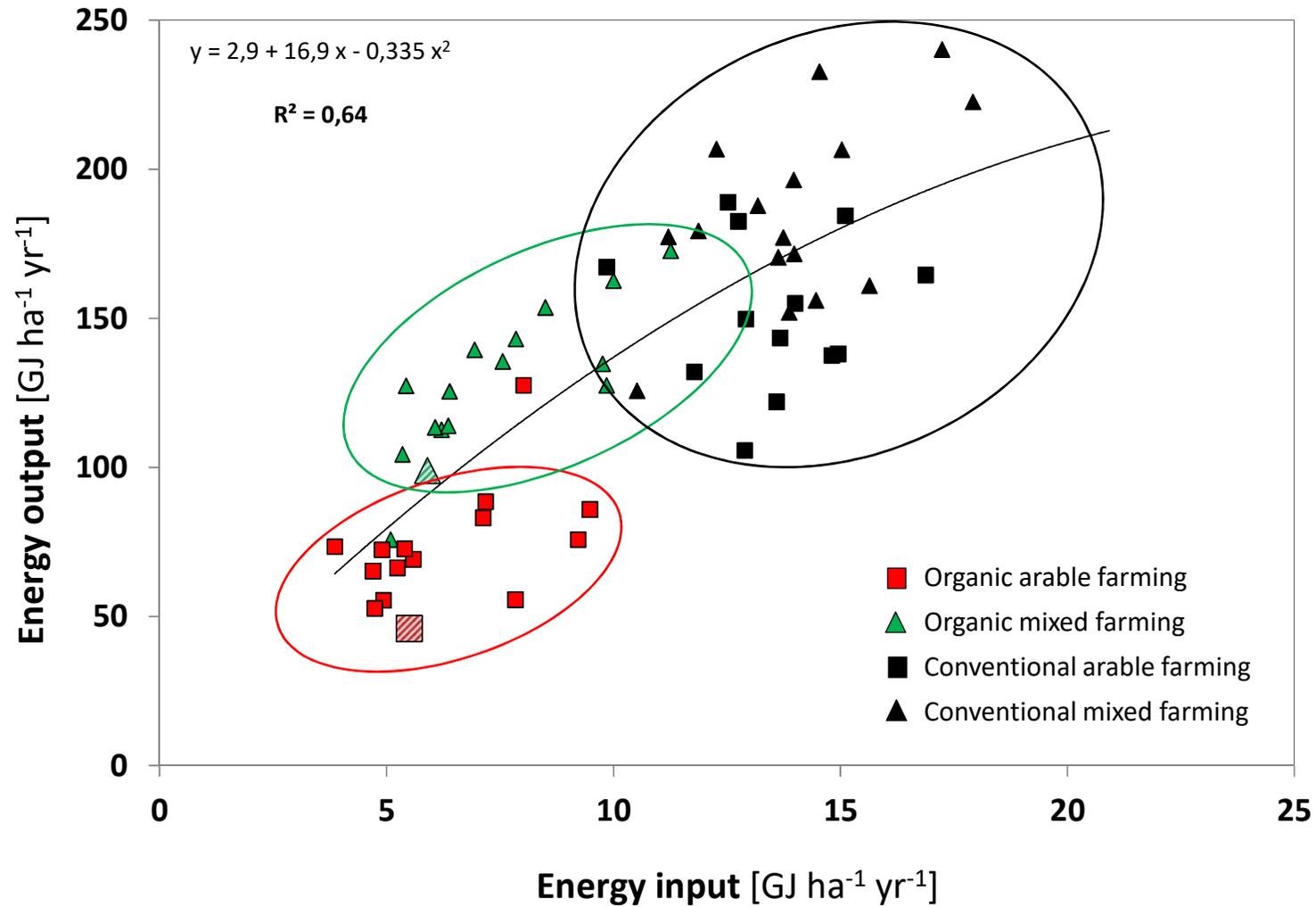
# Einsatz fossiler Energie beim Anbau von Winterweizen

Ökologischer Pilotbetrieb, Chmelikova, Schmid & Hülsbergen (2023)



# Beziehung zwischen Energieinput und -output im Pflanzenbau

Netzwerk der Pilotbetriebe (Schmid et al. 2013, Lin & Hülsbergen 2017)



# Ergebnisse: Stickstoffkreislauf – Stickstoffbilanz

## Problemstellung

Hohe Stickstoffüberschüsse

$\text{NH}_3$ -,  $\text{N}_2\text{O}$ -,  $\text{NO}_3$ -Emissionen

Umweltkosten

## Lösungsansatz

Flächengebundene Tierhaltung

Biologische Stickstofffixierung

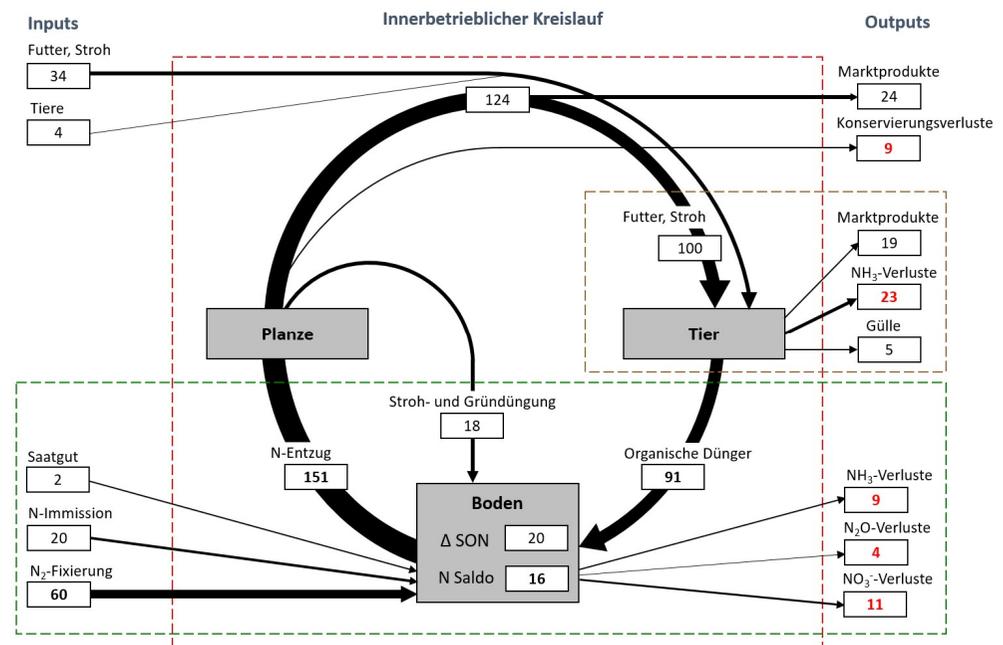
Stoffkreisläufe

## Wirkungen

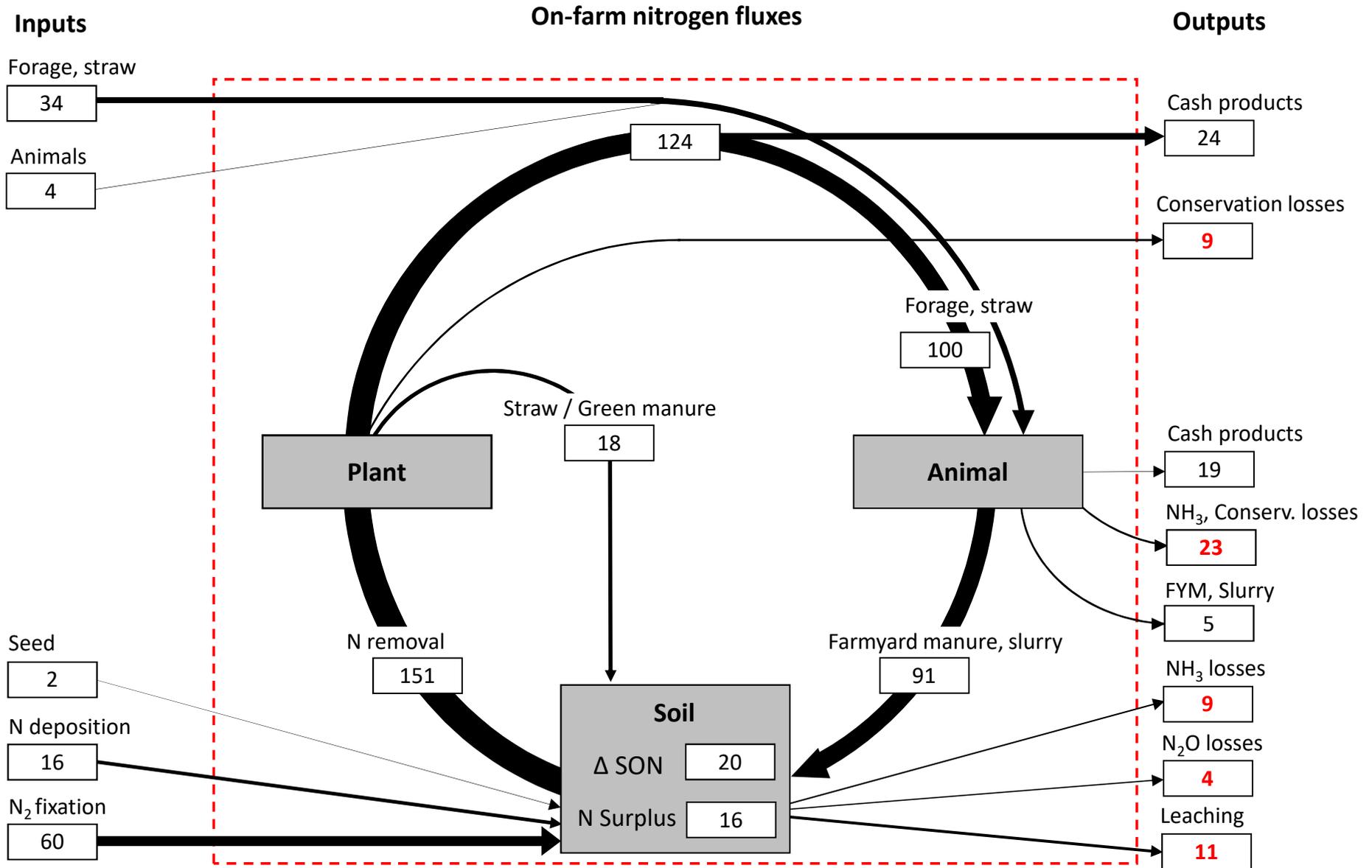
N-Einsatz: -100 kg/ha

N-Salden: < 20 kg/ha

Umweltkosten: -500 €/ha



# Ergebnisse: Stickstoffkreislauf – Stickstoffbilanz



# N-Bilanz ökologischer und konventioneller Pilotbetriebe

Chmelikova et al. (2021): Nutr Cycl Agroecosyst

Parameter	Organic farming		Conventional farming	
	Cash crop farm (n = 12)	Dairy farm (n = 19)	Cash crop farm (n = 12)	Dairy farm (n = 19)
<b>N Input (kg ha<sup>-1</sup> yr<sup>-1</sup>)</b>	<b>142 a</b>	<b>173 a</b>	<b>246 b</b>	<b>280 b</b>
N <sub>2</sub> fixation	44 c	52 c	3 a	21 b
Organic fertilizer	37 a	91 b	26 a	134 c
Mineral fertilizer	0 a	0 a	158 b	91 c
Straw/green manure	38 b	10 a	37 b	11 a

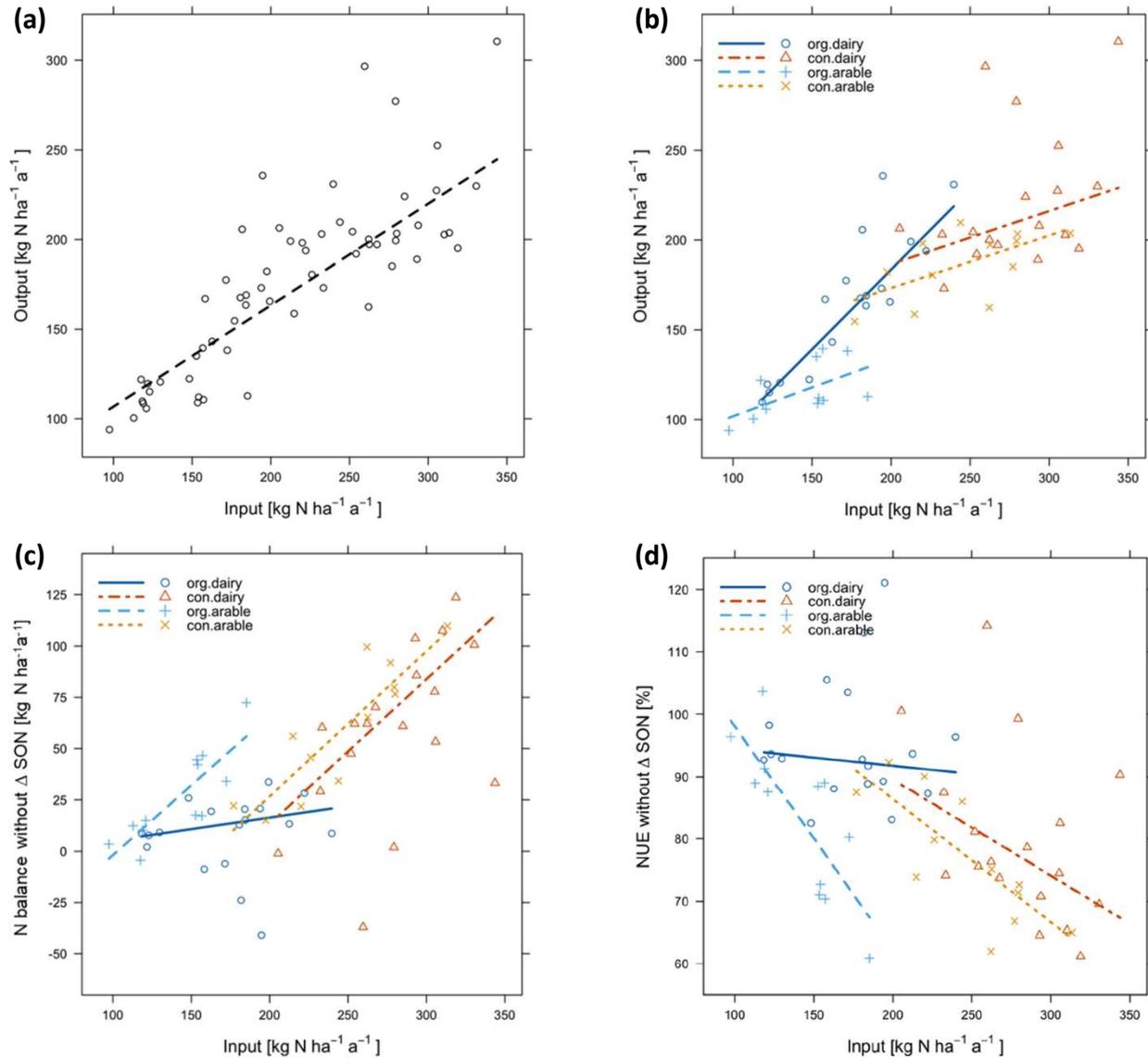
# N-Bilanz ökologischer und konventioneller Pilotbetriebe

Chmelikova et al. (2021): Nutr Cycl Agroecosyst

Parameter	Organic farming		Conventional farming	
	Cash crop farm (n = 12)	Dairy farm (n = 19)	Cash crop farm (n = 12)	Dairy farm (n = 19)
<b>N Input (kg ha<sup>-1</sup> yr<sup>-1</sup>)</b>	<b>142 a</b>	<b>173 a</b>	<b>246 b</b>	<b>280 b</b>
N <sub>2</sub> fixation	44 c	52 c	3 a	21 b
Organic fertilizer	37 a	91 b	26 a	134 c
Mineral fertilizer	0 a	0 a	158 b	91 c
Straw/green manure	38 b	10 a	37 b	11 a
<b>N output (kg ha<sup>-1</sup> yr<sup>-1</sup>)</b>	<b>116 a</b>	<b>166 b</b>	<b>186 b</b>	<b>222 c</b>
<b>NUE (%)</b>	<b>83 ab</b>	<b>95 b</b>	<b>77 a</b>	<b>80 a</b>
<b>N surplus (kg ha<sup>-1</sup> yr<sup>-1</sup>)</b>	<b>26 a</b>	<b>8 a</b>	<b>60 b</b>	<b>58 b</b>

# Nitrogen balance of organic and conventional farming systems

Network of Pilot Farms, Chmelikova et al. (2021): Nutr Cycl Agroecosyst



# Lachgasmessung mit der Closed-Chamber-Methode

(Winkhart et al. 2022)

---



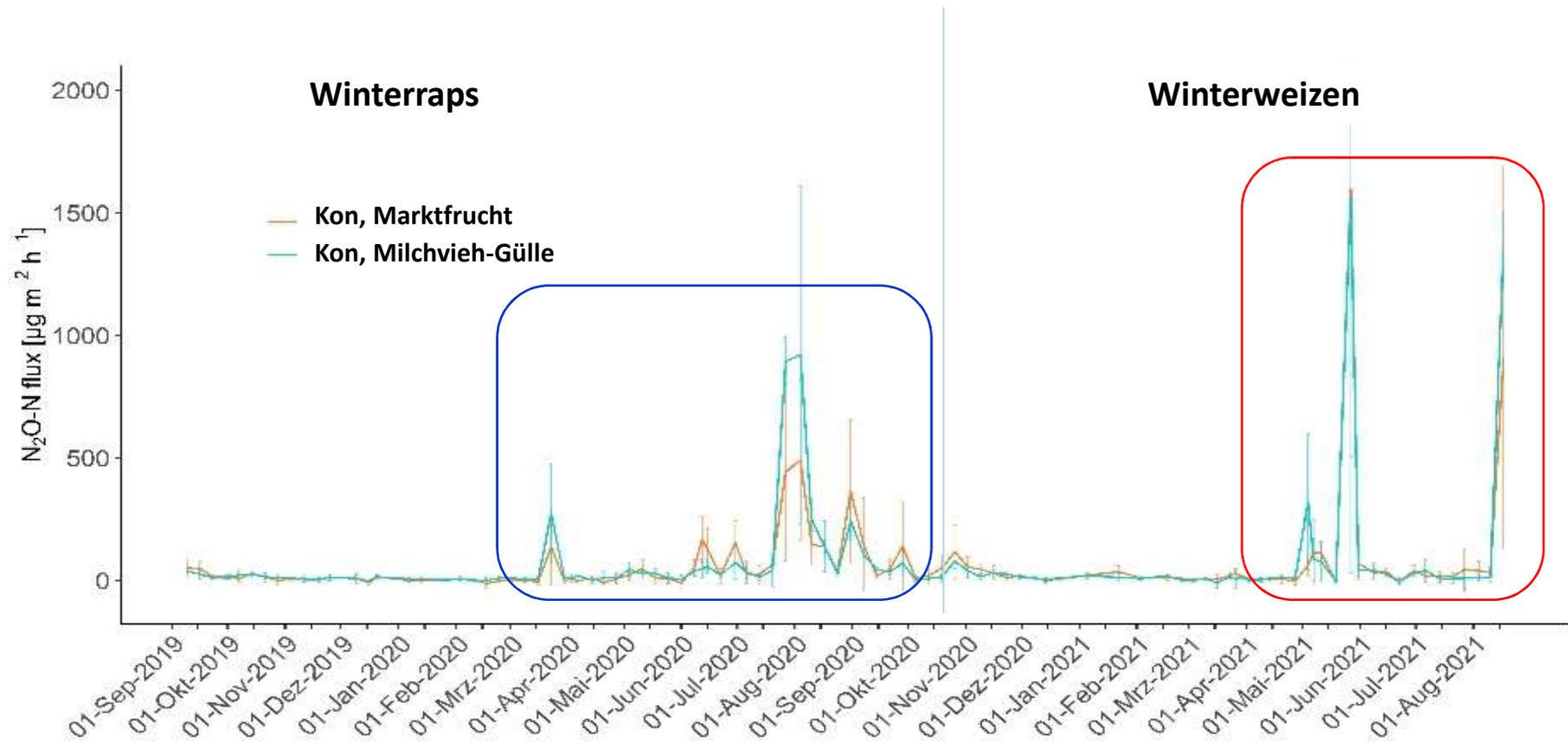
## Lachgasmessung mit der Closed-Chamber-Methode

in einem Klee grasbestand (links) und in einem Weizenbestand mit Haubenverlängerung (rechts)

in der Versuchsstation Viehhausen der Technischen Universität München

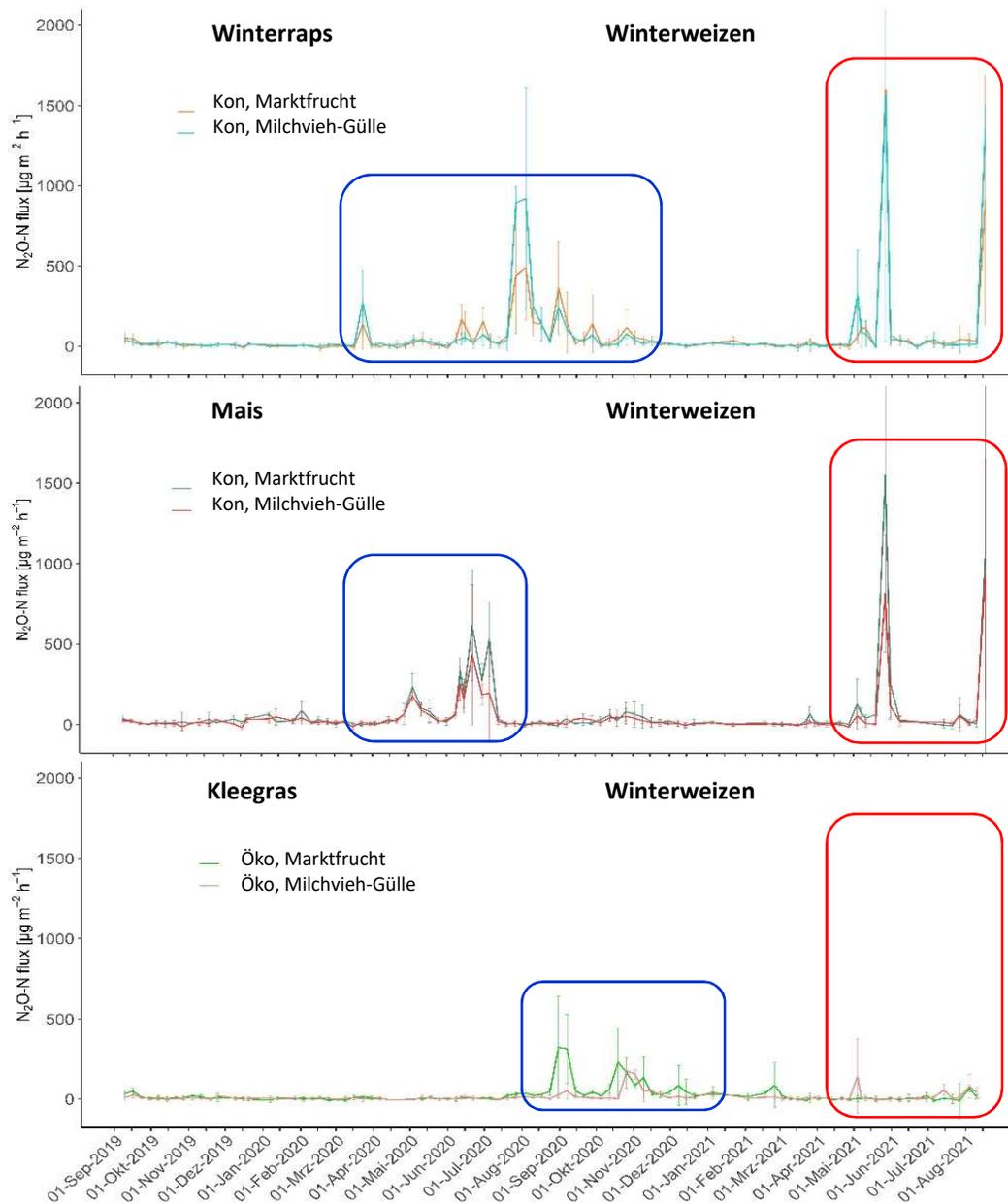
# N<sub>2</sub>O-Emissionen ökologischer und konventioneller Systeme

Versuchsstation Viehhausen, Systemversuch (Winkhart et al. 2022)



# N<sub>2</sub>O-Emissionen ökologischer und konventioneller Systeme

Versuchsstation Viehhausen, Systemversuch (Winkhart et al. 2022)



# Ergebnisse: Humusaufbau und Bodenkohlenstoffbindung

## Problemstellung

Böden als Kohlenstoffspeicher

Negative Humusbilanzen

## Lösungsansatz

Artenreiche Fruchtfolgen

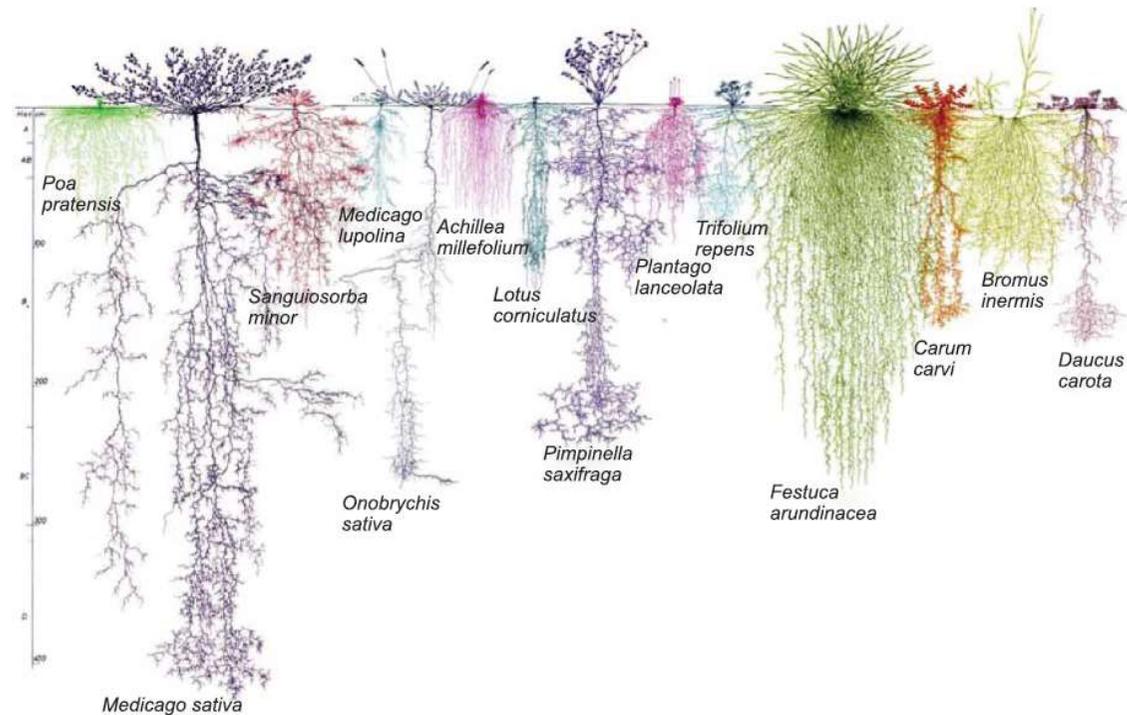
Kleegras und Luzerne

Humusmanagement

## Wirkungen

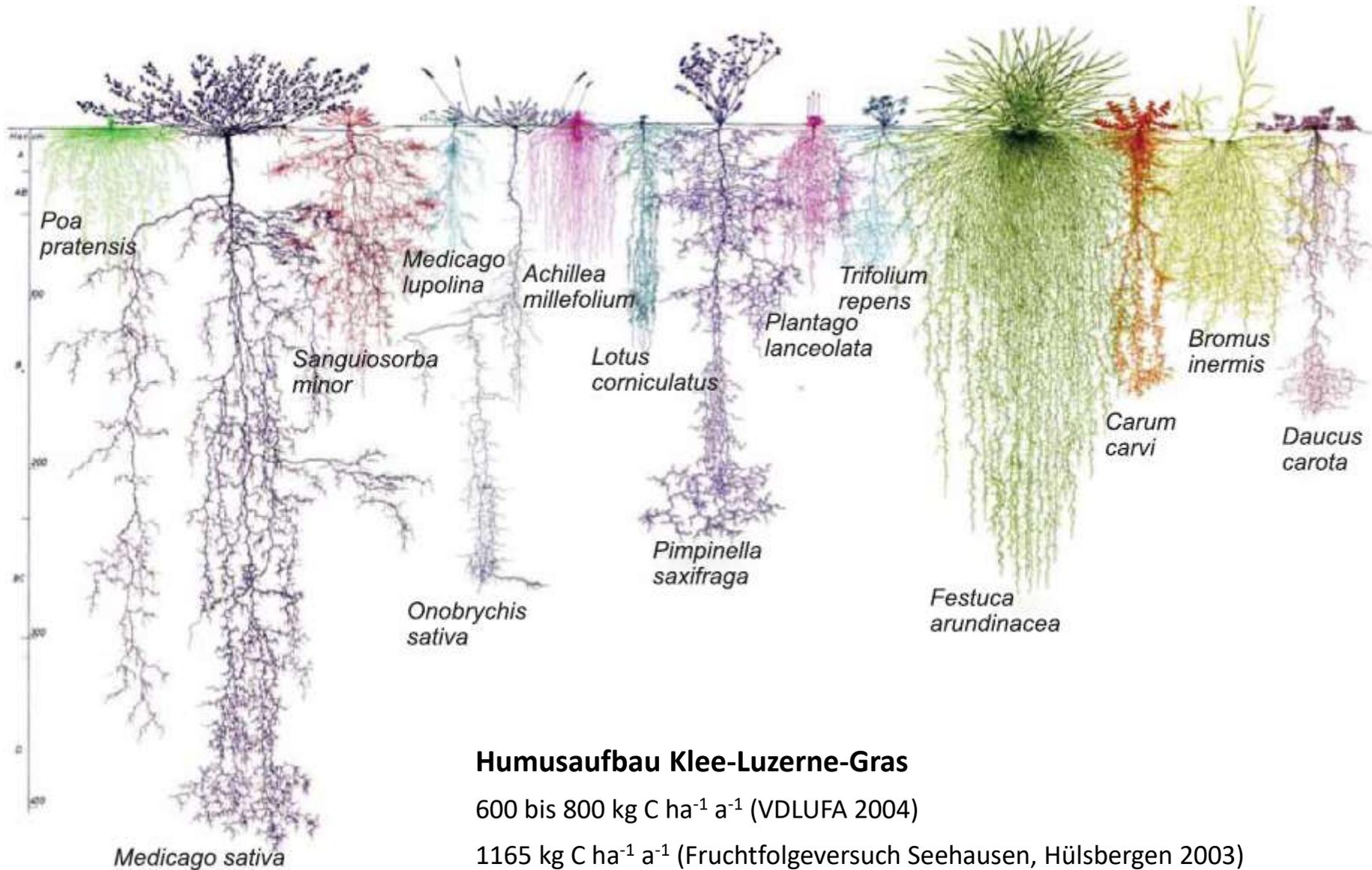
Humusaufbau

Humus-C: +250 kg/ha



# Root distribution pattern of species used in a grass-clover mixture

Braun M., Schmid H., Grundler T. & Hülsbergen, K.-J. (2010): Plant Biosystems 144, 414-419.



# Beziehung zwischen Klee grasanteil und C<sub>org</sub>-Gehalt

Dauerfeldexperiment Viehhausen

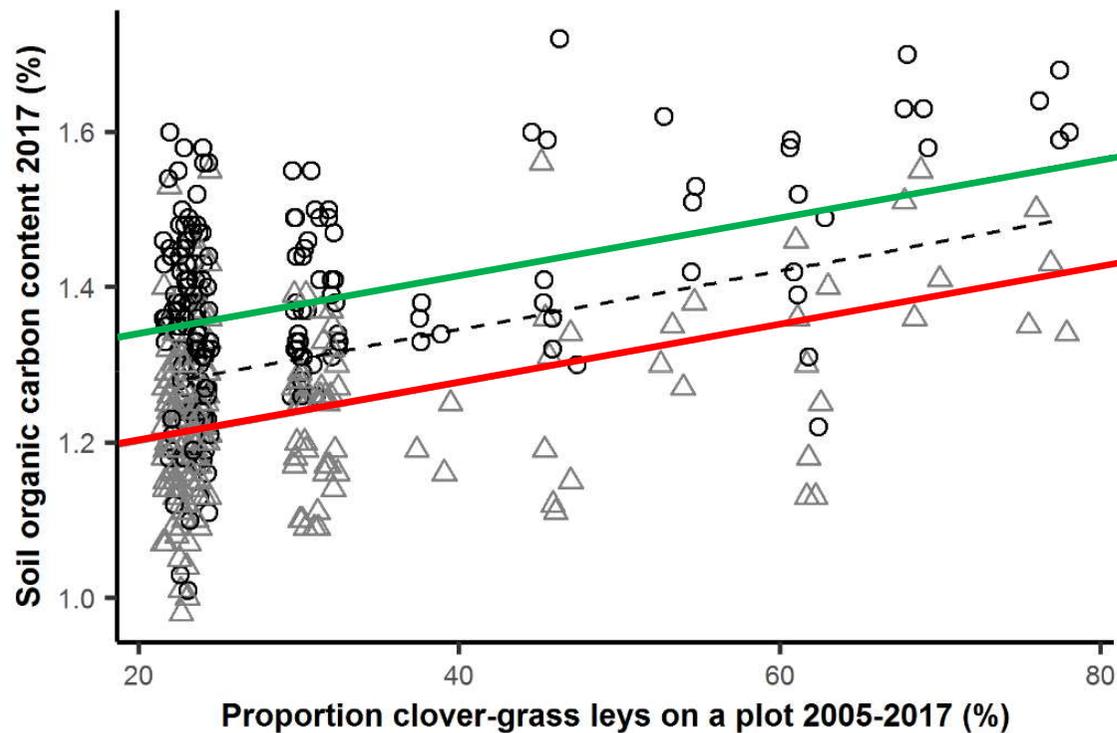
$$\text{SOCc} = 1.13 + 1.8 \times 10^{-5} \times F + 0.003 \times L,$$

F = Fertiliser total C amount (kg ha<sup>-1</sup>)

L = Ley proportion (%)

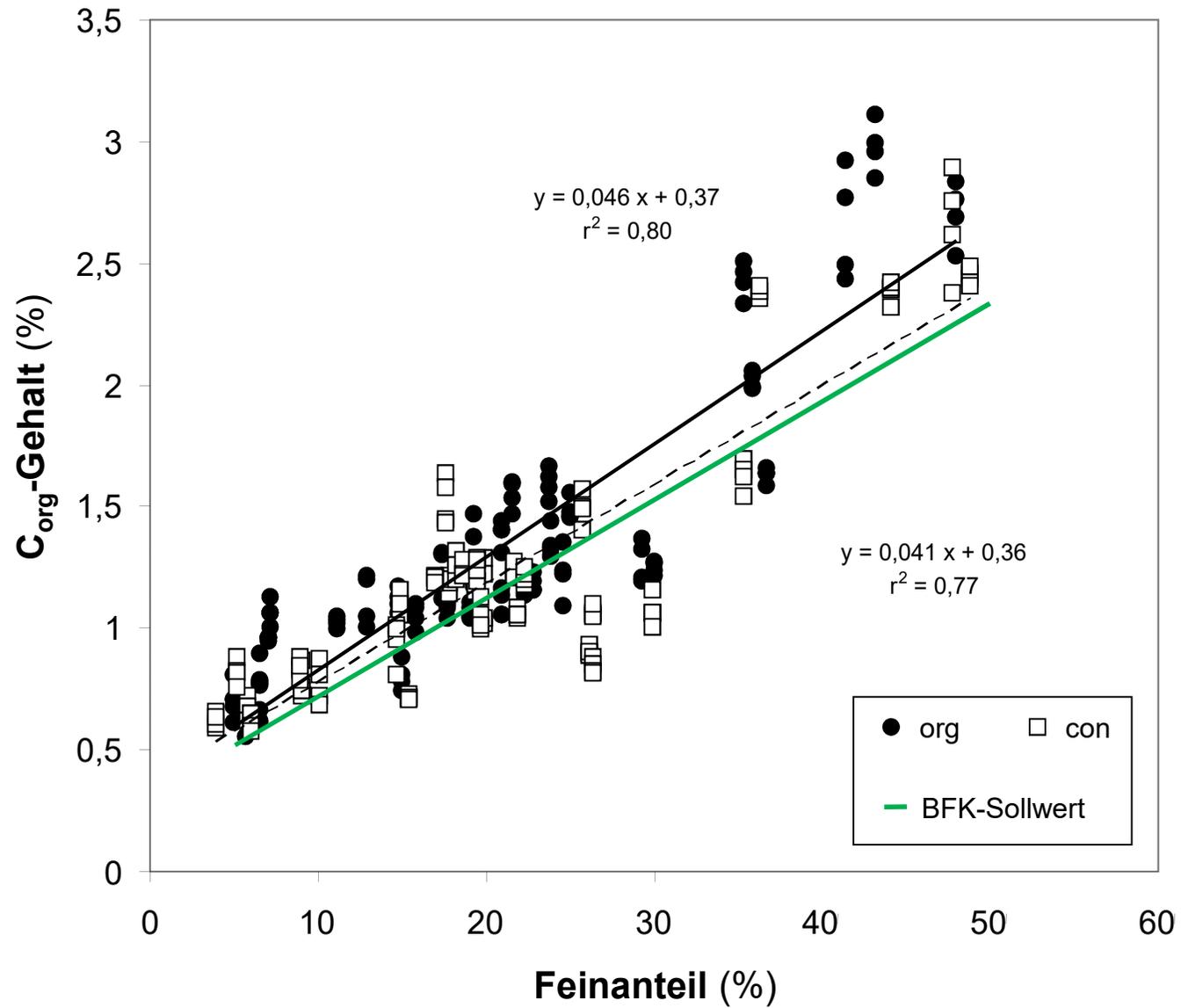
$R^2 = 0.44$ ,  $n = 379$ .

Both effects were very highly significant ( $p < 0.001$ ).



# Abhängigkeit des $C_{org}$ -Gehaltes von der Bodentextur

und der Nutzung (ökologischer und konventioneller Landbau)



# Ergebnisse: Treibhausgasbilanz

## Problemstellung

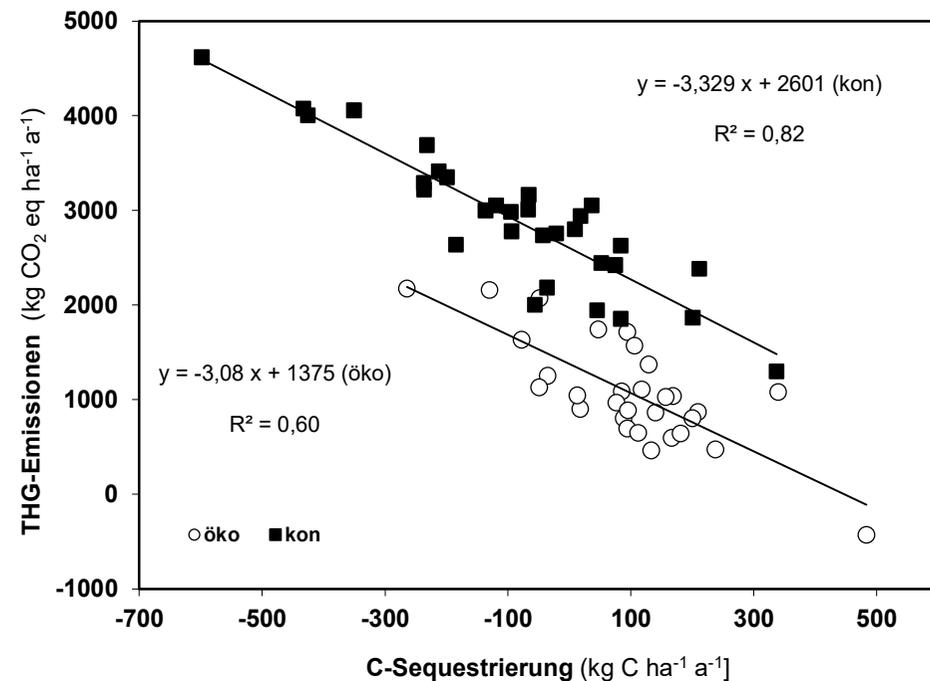
Treibhausgasemissionen  
der Landwirtschaft

## Lösungsansatz

Geringere Lachgasemissionen  
Energieeinsparung  
Humusaufbau

## Wirkungen

Halbierung der THG-Emissionen  
-1 bis -2 t CO<sub>2eq</sub> /ha  
Umweltkosten: -200 €/ha



# Treibhausgasbilanz im Pflanzenbau

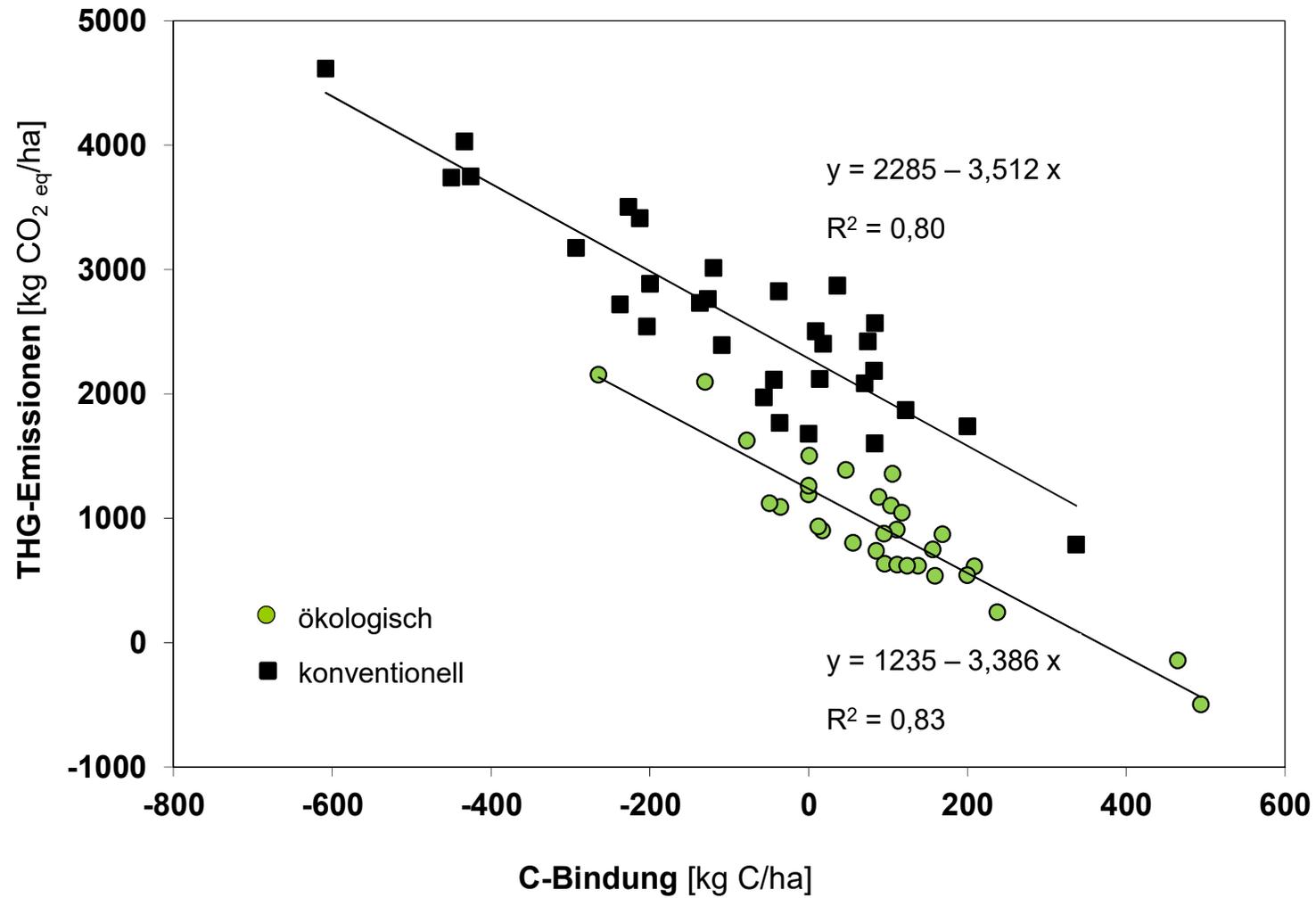
Chmelikova et al. (2019)

Parameter	ME	Ökologischer Landbau		Konventioneller Landbau	
		Marktfrucht (n = 12)	Milchvieh (n = 20)	Marktfrucht (n = 13)	Milchvieh (n = 20)
<b>CO<sub>2</sub>-Emissionen *</b>	kg CO <sub>2</sub> eq ha <sup>-1</sup>	<b>484</b> b	<b>308</b> a	<b>1061</b> d	<b>722</b> c
<b>C-Sequestrierung</b>	kg CO <sub>2</sub> eq ha <sup>-1</sup>	<b>-99</b> ab	<b>-488</b> a	<b>538</b> b	<b>185</b> b
<b>N<sub>2</sub>O-Emissionen</b>	kg CO <sub>2</sub> eq ha <sup>-1</sup>	<b>788</b> a	<b>910</b> a	<b>1370</b> b	<b>1467</b> b
<b>THG-Emissionen</b>	kg CO <sub>2</sub> eq ha <sup>-1</sup>	<b>1173</b> a	<b>730</b> a	<b>2970</b> b	<b>2375</b> b
<b>THG-Emissionen</b>	kg CO <sub>2</sub> eq GE <sup>-1</sup>	<b>31</b> b	<b>18</b> a	<b>33</b> b	<b>33</b> b
<b>THG-Emissionen</b>	kg CO <sub>2</sub> eq GJ <sup>-1</sup>	<b>16</b> bc	<b>7</b> a	<b>20</b> c	<b>13</b> b

\* CO<sub>2</sub>- Emissionen durch den Einsatz fossiler Energie

# C-Sequestrierung und flächenbezogene THG-Emissionen

Pilotbetriebe (Schmid, Braun & Hülsbergen 2012)



# Ausblick: Ökologischen Landbau weiterentwickeln

---

## Problemstellung

Abhängigkeit von fossiler Energie

Ertragslücke zum  
konventionellen Landbau

## Lösungsansatz

Forschung und Entwicklung

Systemoptimierung

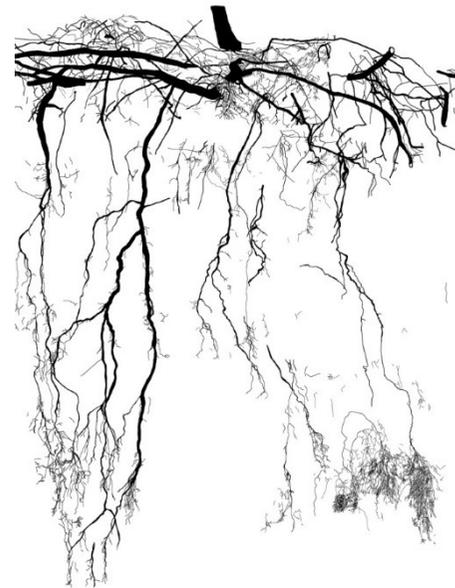
## Ziele

Energieautarke und klimaneutrale  
Landwirtschaft

Nachhaltige Ertragssteigerungen



Agroforstsysteme



# Fazit und Empfehlungen

---

## Gesellschaftliche Leistungen

Umwelt- und Klimaschutzleistungen

Minderung von Umweltkosten: 750 €/ha

1,5 Mrd. € in Deutschland (4 Mrd. € bei 30 % Flächenanteil)

## Empfehlung

30 %-Ziel umsetzen:

Je höher der Flächenanteil,  
umso höher die THG-Minderung

## Forschung

Transdisziplinäre Forschung

Innovationen in Wertschöpfungsketten

Weiterentwicklung der Agrarsysteme

