

Indikatoren und Kriterien zur Bewertung von klimarelevanten Agrarumweltmaßnahmen

Fachtagung

Agrarumweltmaßnahmen für den Klimaschutz?

03. – 04. Mai 2010 in Passau

Prof. Dr. Kurt-Jürgen Hülsbergen, Lehrstuhl für Ökologischen Landbau und Pflanzenbausysteme



Indikatoren klimarelevanter Agrarumweltmaßnahmen

- **Anforderung an Agrar-Umweltindikatoren**

- **Indikatoren**

C-Sequestrierung in Böden

Energieeffizienz und CO₂-Emissionen

Stickstoffeffizienz und N₂O-Emissionen

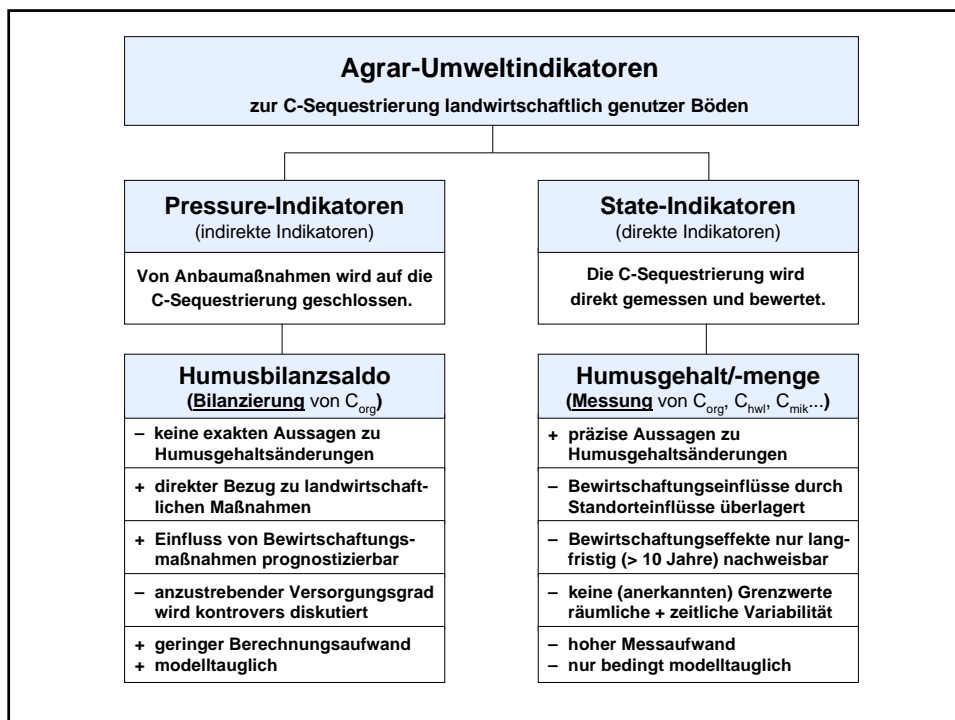
Emission von Treibhausgasen (CO₂ eq)

- **3. Schlussfolgerungen**



Agrar-Umweltindikatoren sind Kenngrößen zur Abschätzung der Umweltwirkungen landwirtschaftlicher Produktionssysteme.

- **Direkte Indikatoren** (*State-Indikatoren*): Der Zustand des Schutzgutes der Umwelt wird unmittelbar gemessen.
- **Indirekte Indikatoren** (*Pressure-Indikatoren*): Von betrieblichen, regionalen und anderen Merkmalen wird auf den Zustand des Schutzgutes der Umwelt geschlossen.





Anforderungen an Agrar-Umweltindikatoren



- **Bezug zur Landwirtschaft**
Der Indikator muss die Art und Intensität der Bewirtschaftung widerspiegeln. Nur dann sind Managementeinflüsse darstellbar.

- **Bezug zur Umwelt**
Der Indikator muss für die Schutzwürdigkeit und Schutzbedürftigkeit einer bestimmten Ressource repräsentativ sein.

- **Allgemeine Anforderungen**
 - Datenverfügbarkeit
 - Standortbezug
 - Reproduzierbarkeit
 - Modelltauglichkeit
 - Grenzwertfähigkeit



Indikatoren zur C-Sequestrierung



- **Indikator Bewirtschaftungsmaßnahmen**
(Fruchtfolge, Düngung, Bodenbearbeitung)

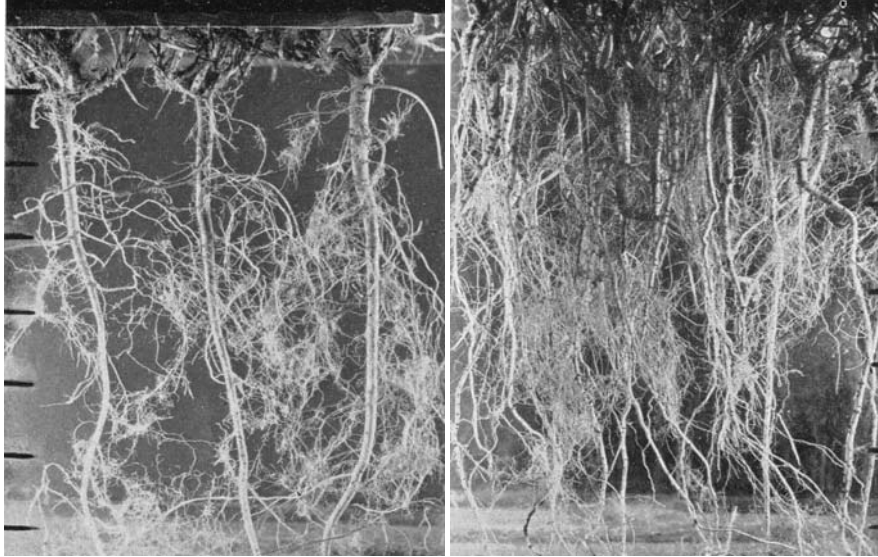
- **Indikator Humusgehalt** (Messung)

- **Indikator Humussaldo** (Bilanzierung)



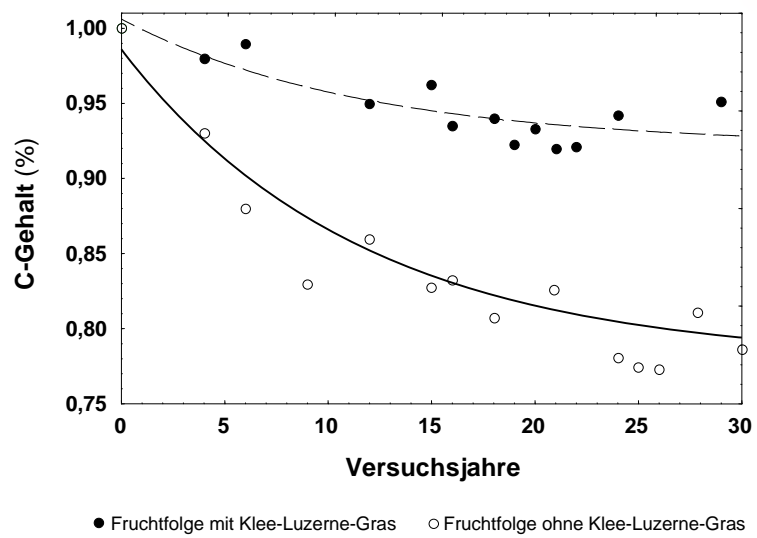


Wurzelbild der Luzerne



Einfluss von Klee-Luzerne-Gras auf die C_{org} -Gehalte

Dauerfeldversuch auf sandigem Lehm (Hülsbergen 2003)





Einfluss des Luzerneanbaus auf die C_{org} -Gehalte und -Vorräte

Dauerfeldversuch auf sandigem Lehm, 6. Fruchtfolge (30 Jahre)

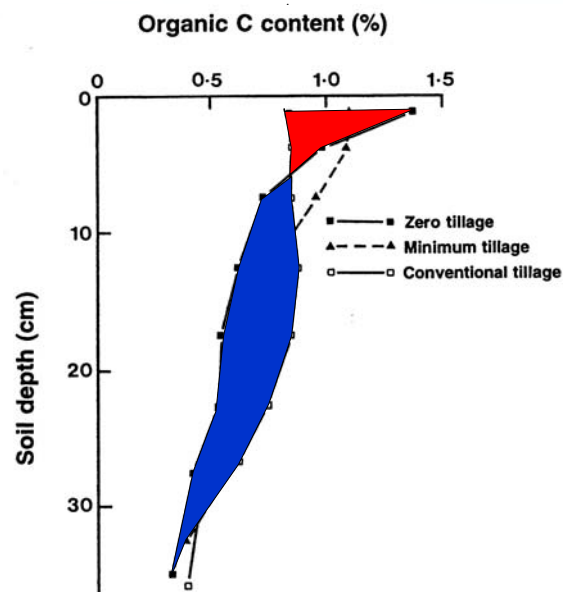


Bodentiefe cm	C_t -Gehalt mg/100g Boden			C_t -Vorrat kg/a	CO_2 - Bindung kg/a
	FF III	FF V	Differenz		
0 - 20	830	990	+ 160	+ 160	+ 586
20 - 40	640	769	+ 129	+ 138	+ 506
40 - 60	246	404	+ 158	+ 168	+ 616
0 - 60			+ 447	+ 466	+ 1708

TRD: Schicht 0 - 20 cm: $1,5 \text{ g cm}^{-3}$, Schicht 20 - 60 cm: $1,6 \text{ g cm}^{-3}$

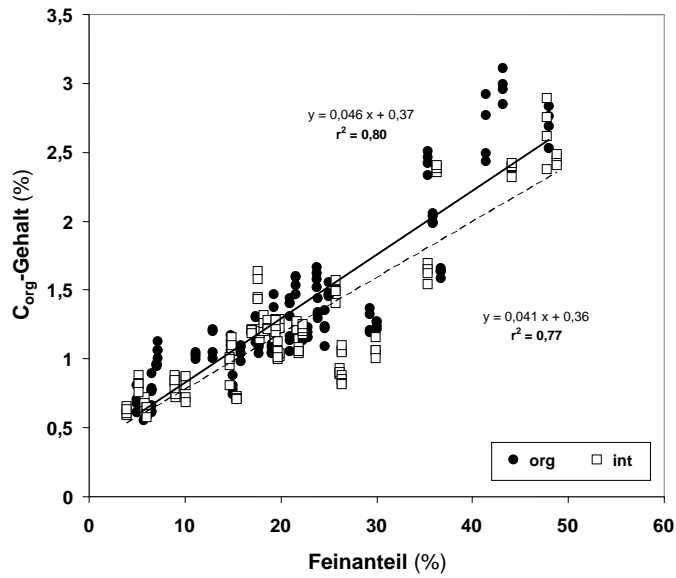


Profiles of organic C in a soil after 10 years of different tillage (DOUGLAS et al. 1986)





Abhängigkeit des C_{org} -Gehaltes von der Bodentextur (Hoyer & Hülsbergen 2007)



C-Sequestrierung in Agroforstsystemen





C-Akkumulation im Rohboden (in %) einer Alley-Cropping-Versuchsfläche nach 9 Jahren (n = 17), Freese 2007



Tiefe (cm)	1997	2005		
		Baumstreifen	Baumstreifen / Feld	Feld
0 - 10	0,45	1,55	1,13	1,04
10 - 30		0,85	1,03	0,99

Verdopplung bis Verdreifachung des C-Gehaltes im Boden



Potentiale der C-Bindung in Böden

zusammengestellt anhand eigener Messungen und der Literatur



Maßnahme	C-Bindung t ha ⁻¹ a ⁻¹
Umwandlung von Grünland in Ackerland, Umbruch begrünter Dauerbrache	> - 1,0
Umwandlung von Ackerland in Grünland, begrünte Dauerbrache, Agroforstsysteme	> 1,0
Anbau mehrjähriger Leguminosen/-Gräser	0,6 bis > 1,0
Anbau von Silomais	- 0,4 bis - 0,8
Organische Düngung (Stalldung, Gärreste, Kompost)	> 0,5
Ökologischer Landbau	0 bis > 0,5
Reduzierte Bodenbearbeitung (pfluglos, Direktsaat)	0 bis 0,25



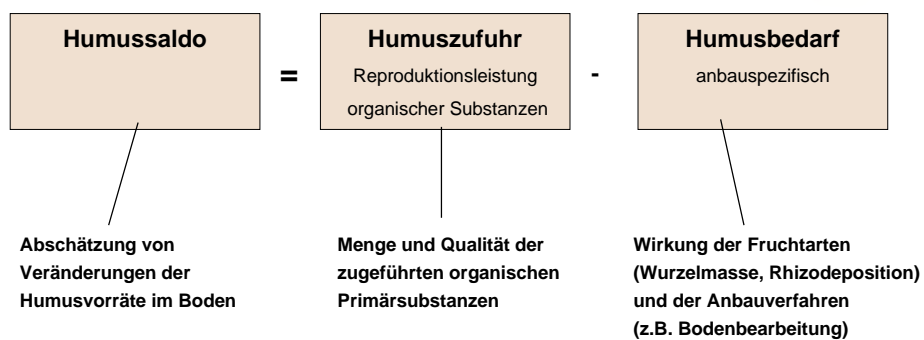
Probleme bei der Bewertung von Humusgehalten



- Räumliche und zeitliche Variabilität der Humusgehalte
- Lange Zeiträume zum Nachweis von Gehaltsänderungen (> 10 Jahre)
- Geringe Veränderungen ($0,5$ bis $1,0 \text{ t C}_{\text{org}} \text{ ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$) in Bezug zur Gesamtmenge an Humus (40 bis $> 120 \text{ t C}_{\text{org}} \text{ ha}^{-1}$)
- Keine anerkannten Richtwerte zu Humusgehalten
- Standorteinfluss ist größer als der Bewirtschaftungseinfluss

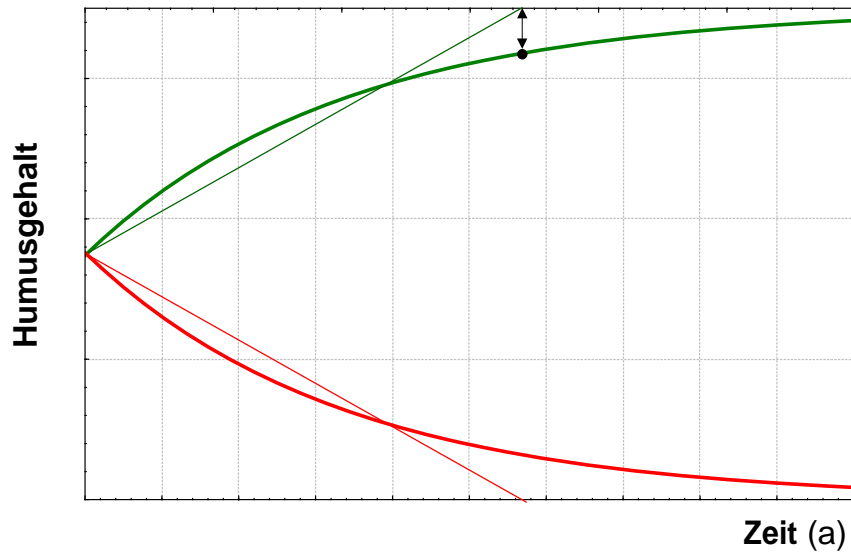


Prinzip der Humusbilanzierung



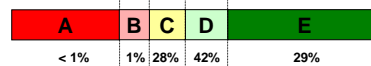
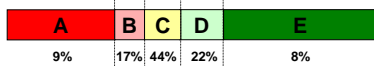
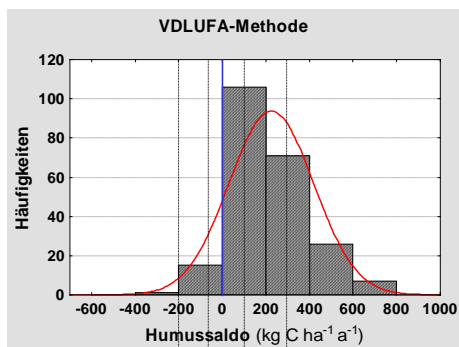
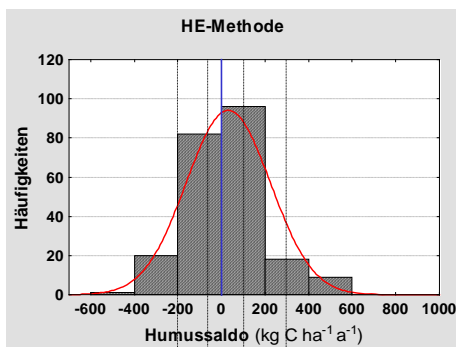


Entwicklung von Humusgehalten



Humussalden nach HE- und VDLUFA-Methode

n = 227 Betriebe (Ökologischer und Konventioneller Landbau)





Probleme bei der Bewertung von Humussalden



- verschiedene Bilanzierungsmethoden mit unterschiedlicher Aussage
- große Schwankungsbreite der Humusbilanzparameter
- Parameter für Stroh und Gärrestsubstrate müssen präzisiert werden
- Parameter für einige Energiepflanzen müssen bestimmt werden
- Linearität der C-An- und Abreicherung
- Zielwertbereiche müssen überprüft werden



Indikatoren zur Energieeffizienz und zu CO₂-Emissionen



- **Indikator Einsatz fossiler Energie**
(direkt: Dieseldieselkraftstoff, indirekt: Düngemittel, PSM, Maschinen)
- **Indikator Netto-Energieoutput** (Bilanzierung)
- **Indikator Energieintensität** (Bilanzierung)



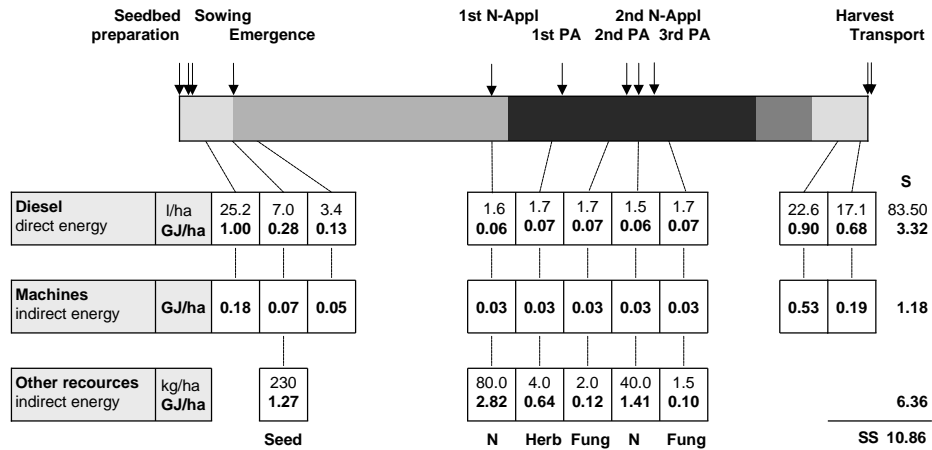


Einsatz fossiler Energie beim Anbau von Winterweizen

Hülsbergen et al. (2001): Agric., Ecosyst. & Environ. 86, 303-321.

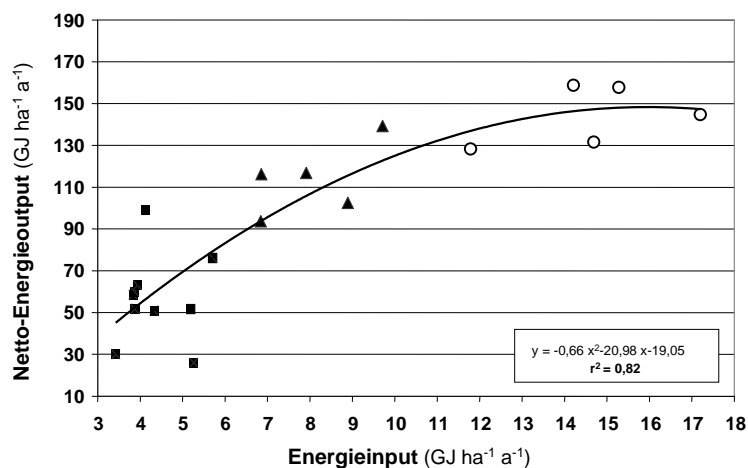


Sept Okt Nov Dez Jan Febr März April Mai Juni Juli Aug



Energieinput und Netto-Energieoutput

Betriebe im Tertiärhügelland in Bayern, Engelmann 2007

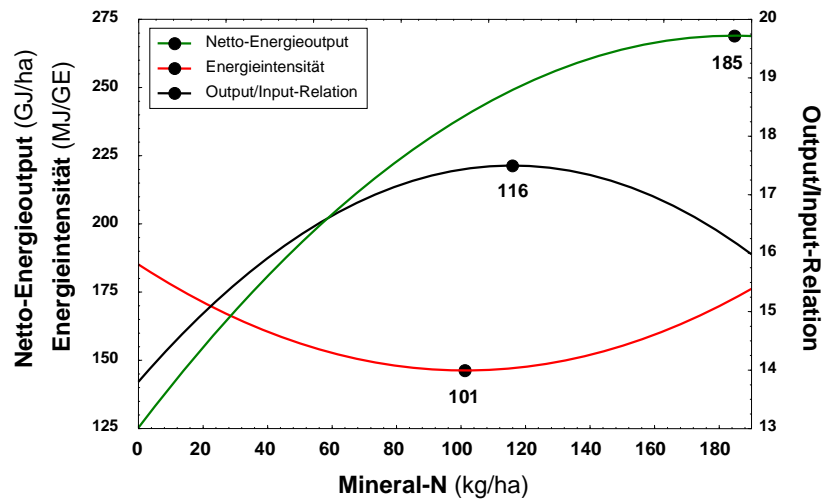


■ Org. Markfruchtbetrieb ▲ Org. Gemischtbetrieb ○ Integriert



Energieeffizienz beim Anbau von Winterweizen

HÜLSBERGEN et al. (2002): Field Crops Research 77, 61-76.



Netto-Energieoutput: $B = 0,88^*$ Energieintensität: $B = 0,84^*$ Output/Input-Relation: $B = 0,67^*$



Indikatoren zur Stickstoffeffizienz und zu N_2O -Emissionen



- **Indikator Stickstoffeinsatz**
(Gesamt N-Input, Mineralischer N-Input)
- **Indikator N-Saldo, N-Verwertung** (Bilanzierung)
- **N_2O -Emissionen** (Modellierung / Messung)

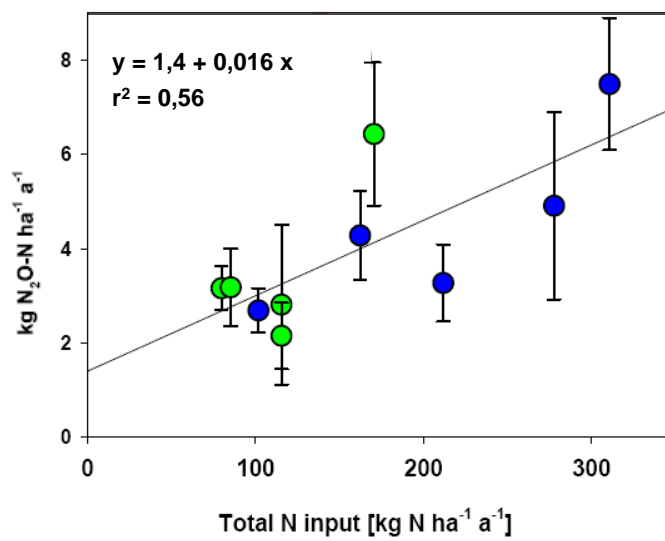




Feldlabor und Hauben zur Messung des Spurengasaustauschs (GSF-TUM)



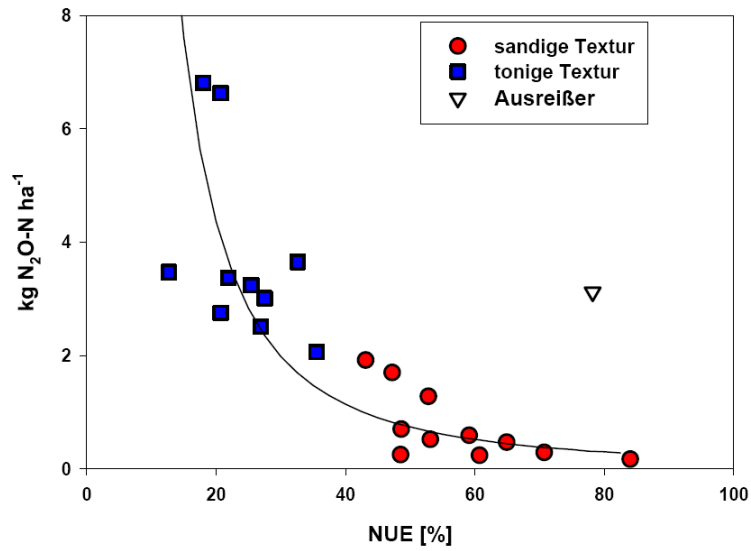
Petersen et al. (2006): Agriculture, Ecosystems and Environment 112, 200-206.





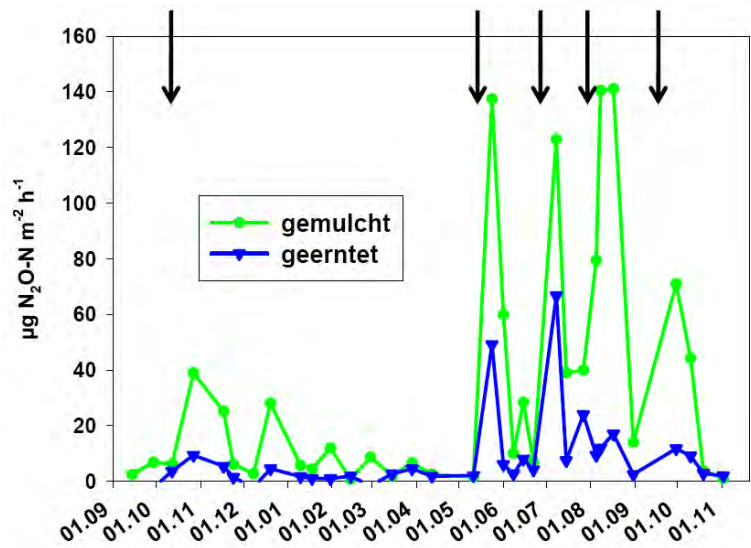
N₂O-Freisetzung und Ausnutzung des Dünger-N (NUE)

Van Groenigen et al. (2004)



Einfluss der Klee grasnutzung auf die N₂O-Freisetzung

Möller & Stinner (2009)

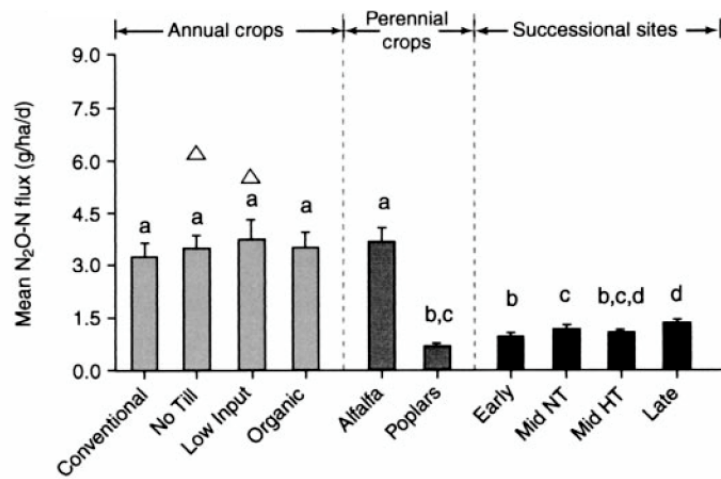




N₂O production in annual and perennial cropping systems and unmanaged systems



Robertson et al. (2000): Science 289, 1922-1925.



Indikatoren zu Gesamtemission von Treibhausgasen



- **CO₂ eq- Emissionen (CO₂, N₂O, CH₄)**
 - im Pflanzenbau
 - in der Tierhaltung
 - bei der Bioenergieerzeugung

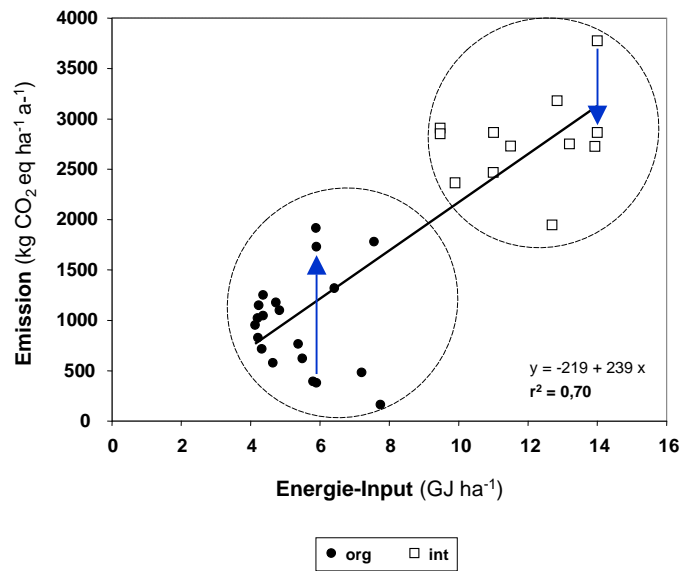
flächen- und produktbezogen: CO₂ eq ha⁻¹, CO₂ eq GJ⁻¹





Energieinput und Emission von Treibhausgasen

(Küstermann & Hülsbergen 2007)



Emission von Treibhausgasen je Produkteinheit

(Küstermann & Hülsbergen 2007)

