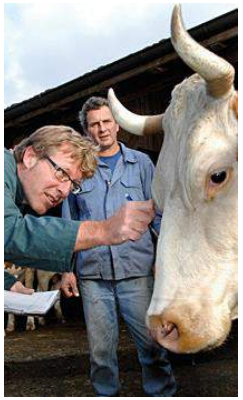
FiBL
EXCELLENCE FOR SUSTAINABILITY

Research Institute of Organic Agriculture
Forschungsinstitut für biologischen Landbau
Institut de recherche de l'agriculture biologique



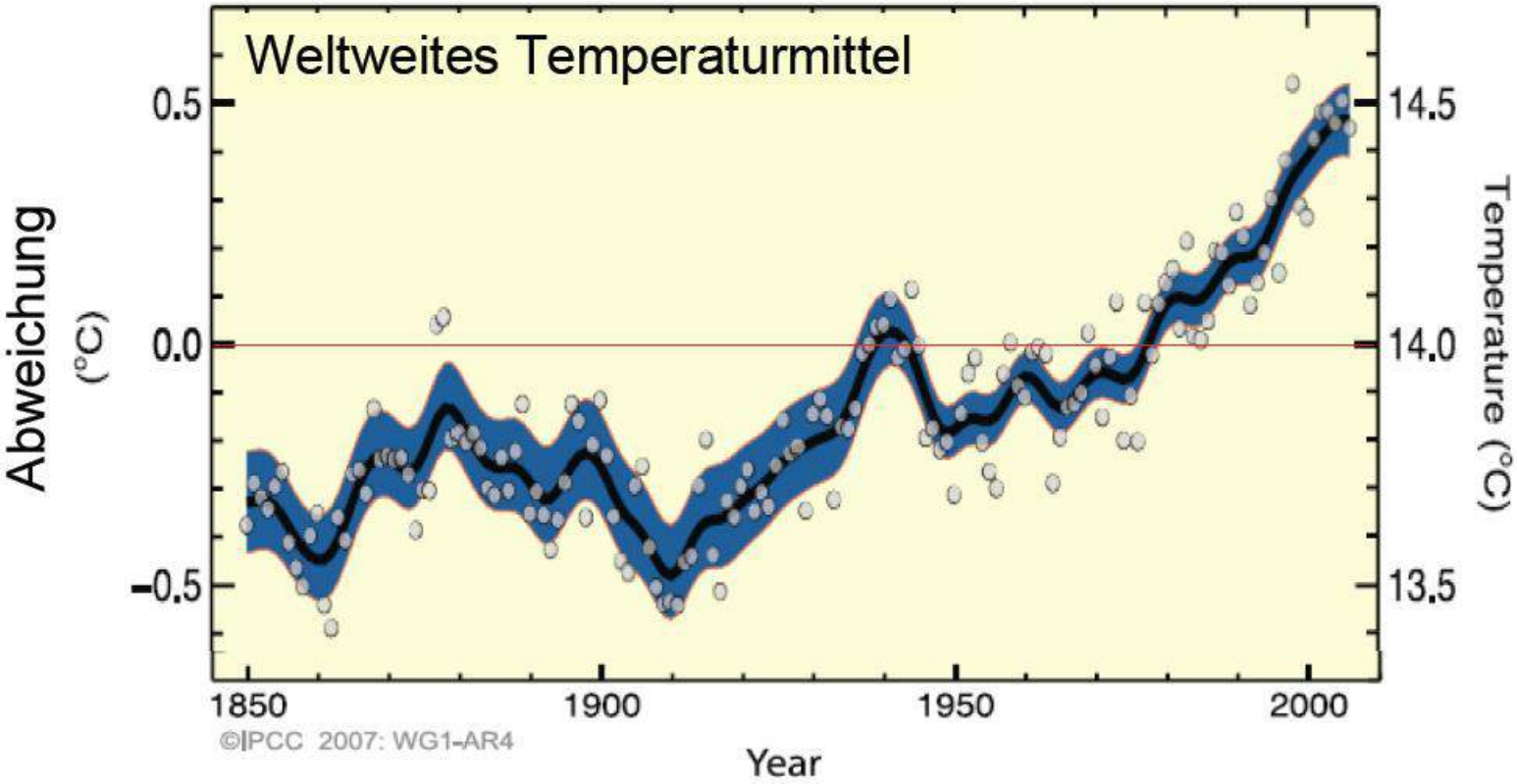
Treibhausgasemissionen im Bioackerbau – Hintergründe und Minderungsmöglichkeiten

Andreas Gattinger

andreas.gattinger@fibl.org

Round Table on Organic Agriculture and Climate Change

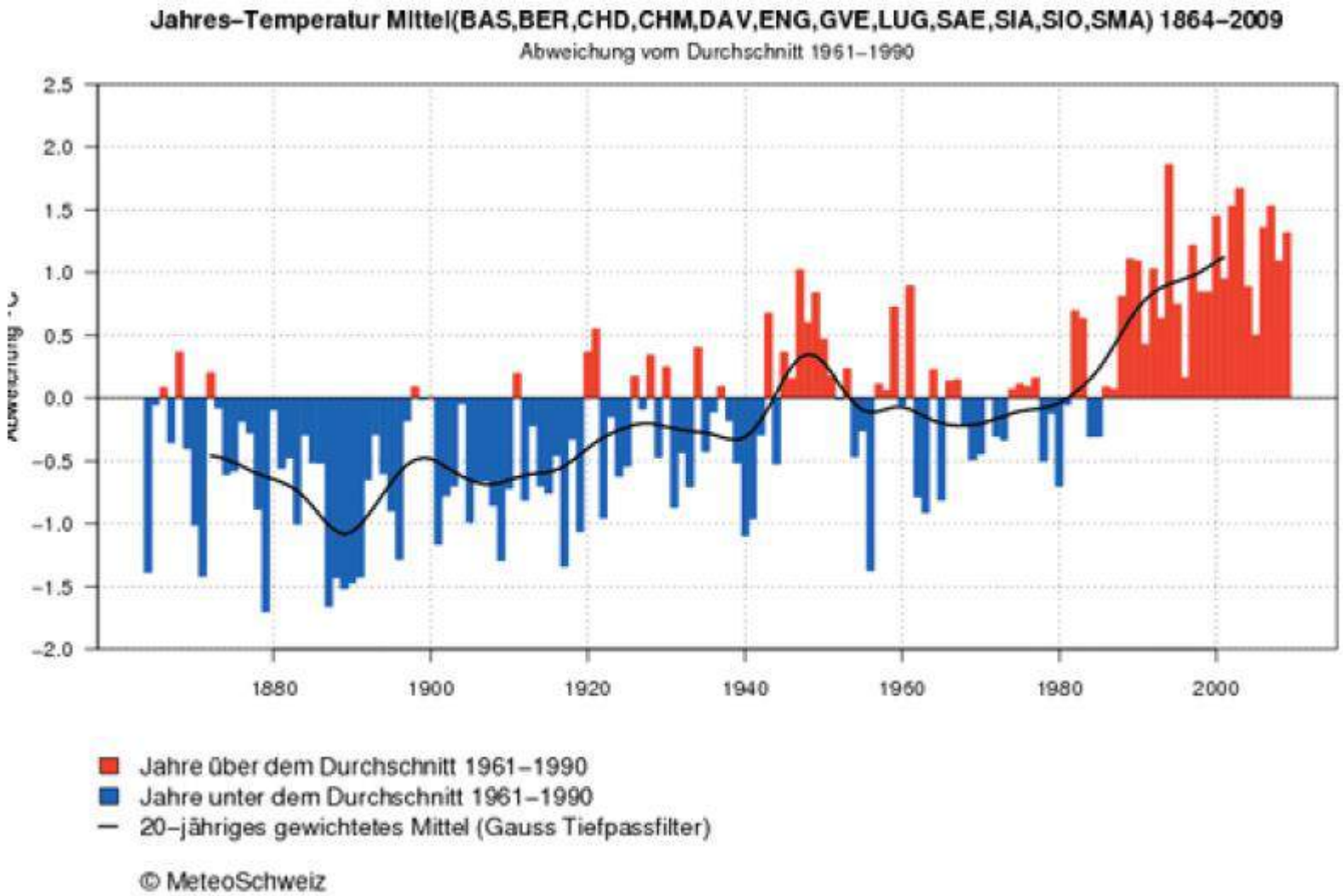
Die Welt wird wärmer…



100 Jahre linearer Trend (1906-2005): 0.74 [0.56 to 0.92] °C

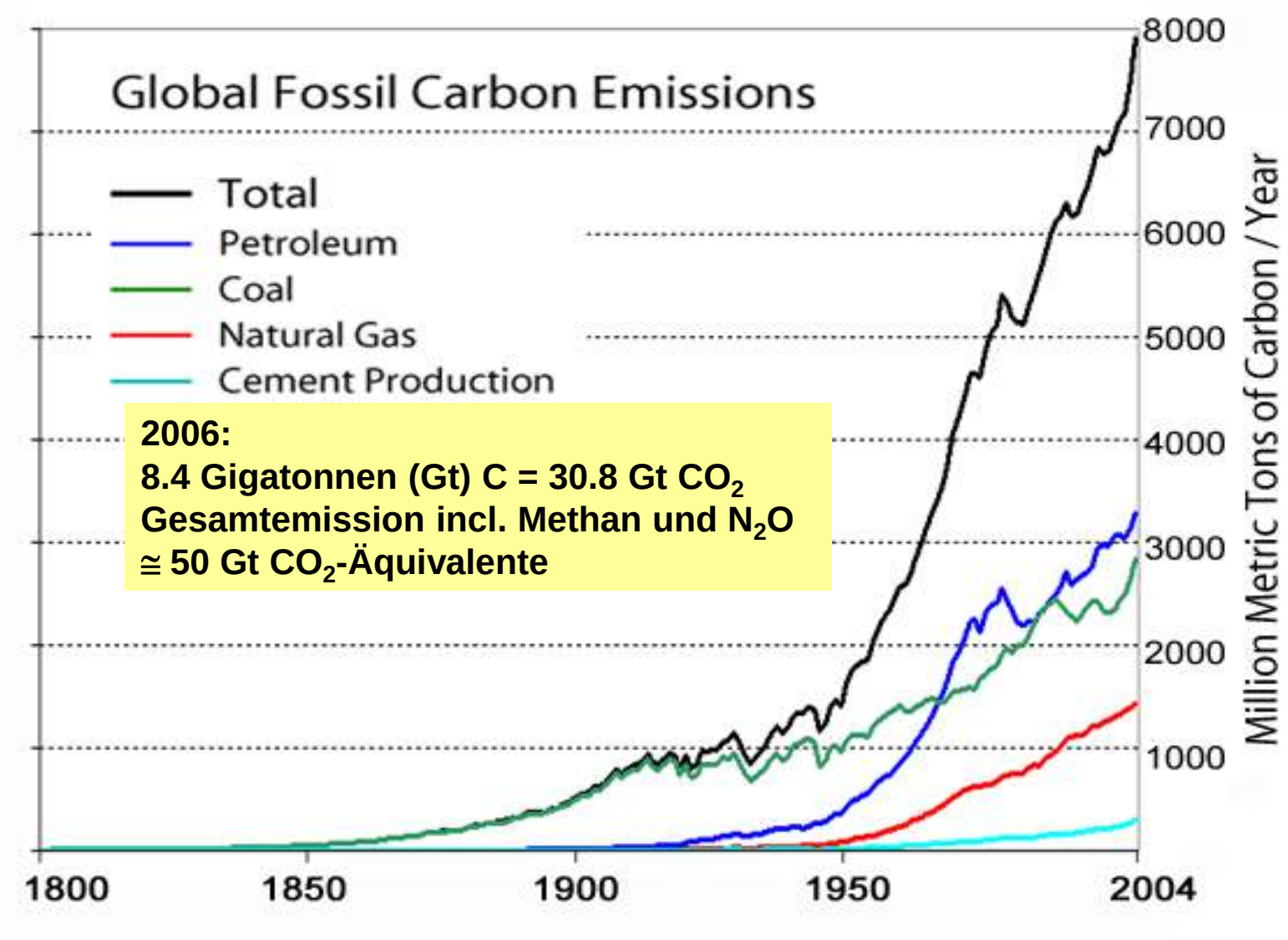
Fuhrer, 2010

Die Schweiz wird wärmer…



Fuhrer, 2010

Anstieg der atmosphärischen CO_2-Konzentrationen

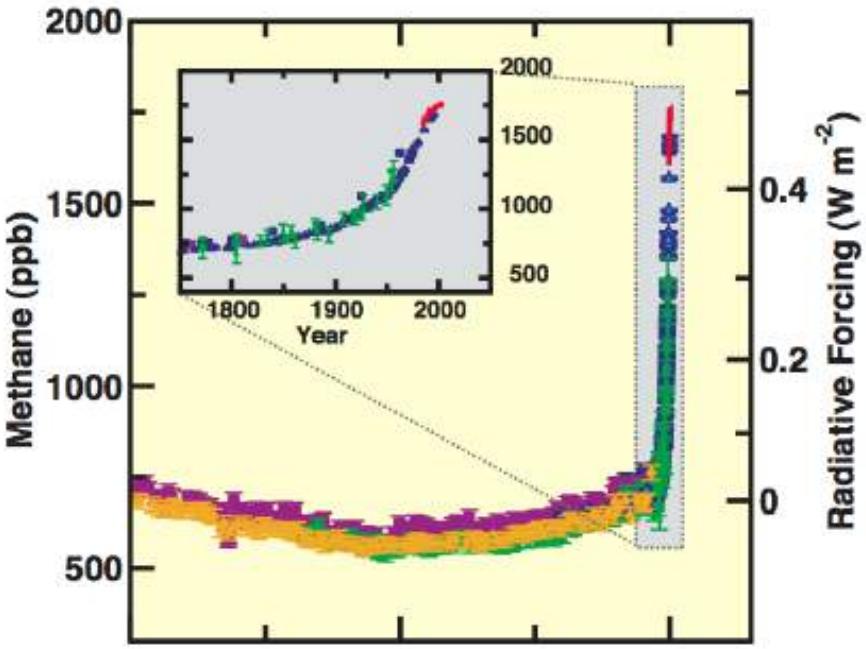


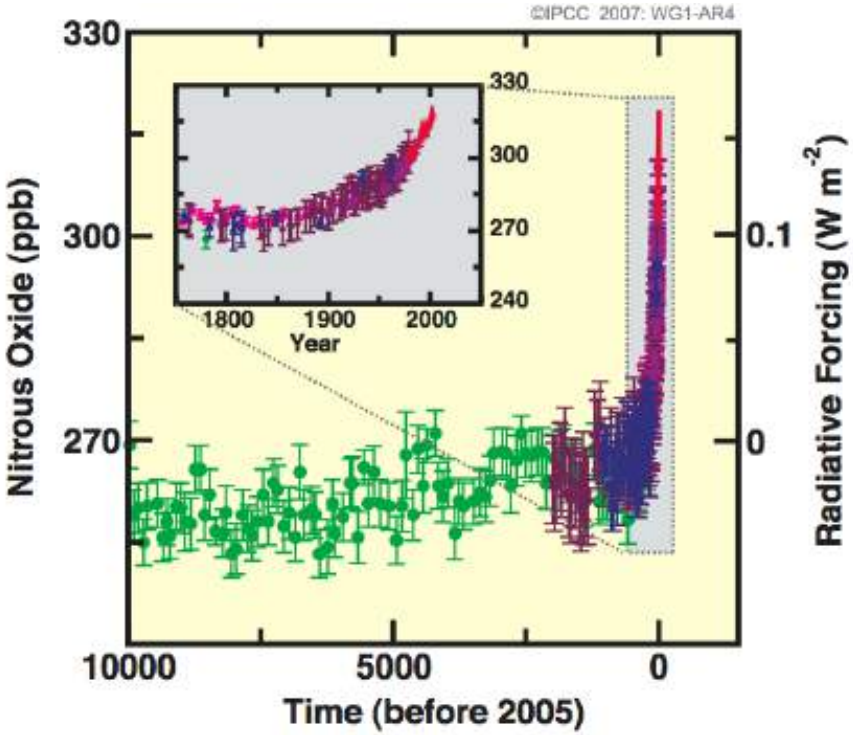
2006:
8.4 Gigatonnen (Gt) C = 30.8 Gt CO_2
Gesamtemission incl. Methan und N_2O
≅ 50 Gt CO_2-Äquivalente

Anstieg der Konzentrationen weiterer Gase

Treibhausgaspotential:

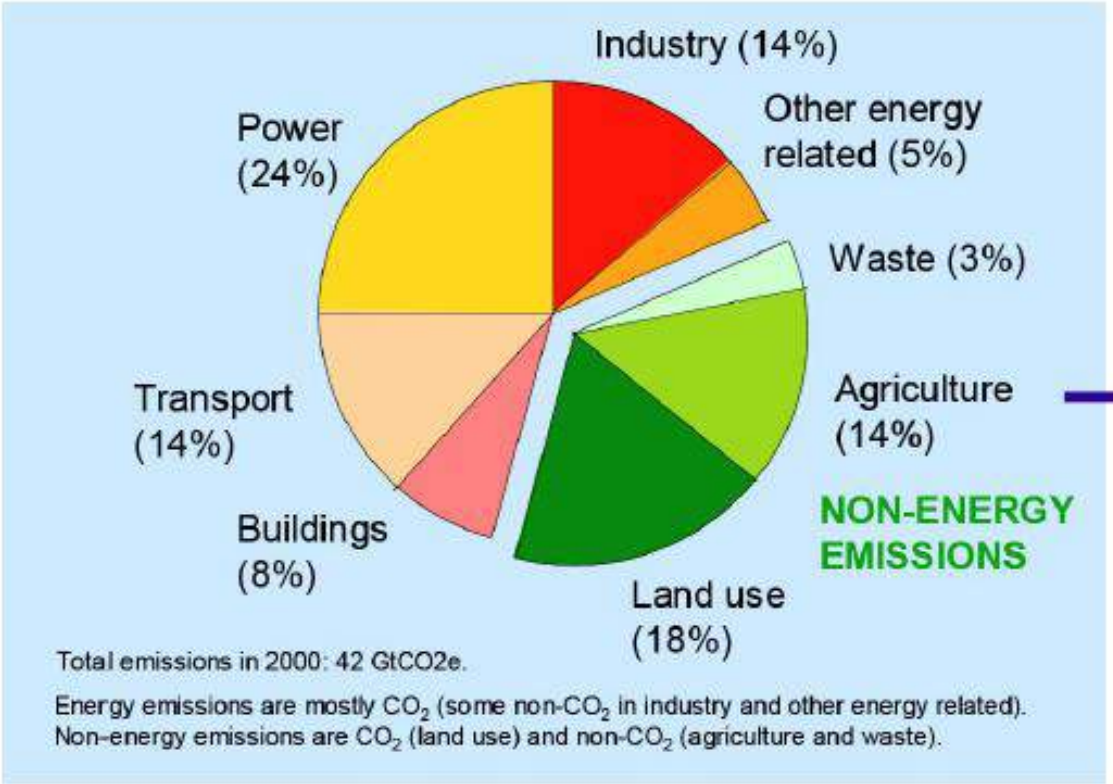
Methan (CH_4): 21 * CO_2 Lachgas (N_2O): 300 * CO_2



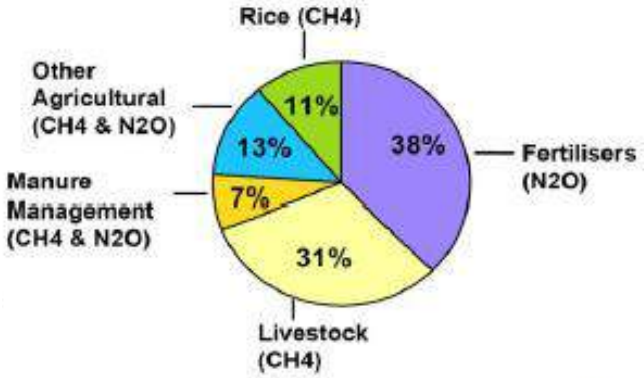


IPCC (2007) 4th assessment report

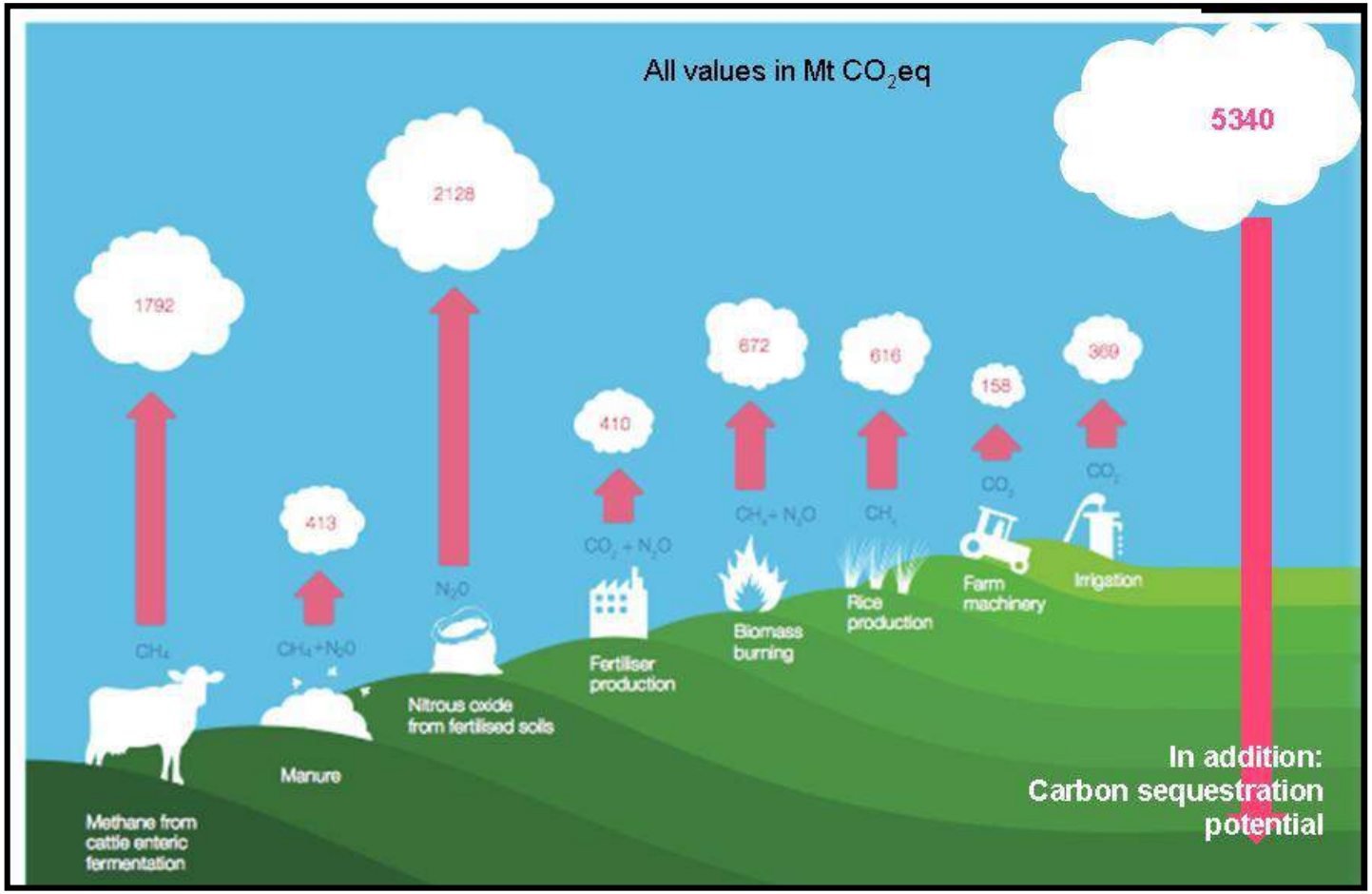
Emissionen aus der Landwirtschaft



Stern Review, 2006

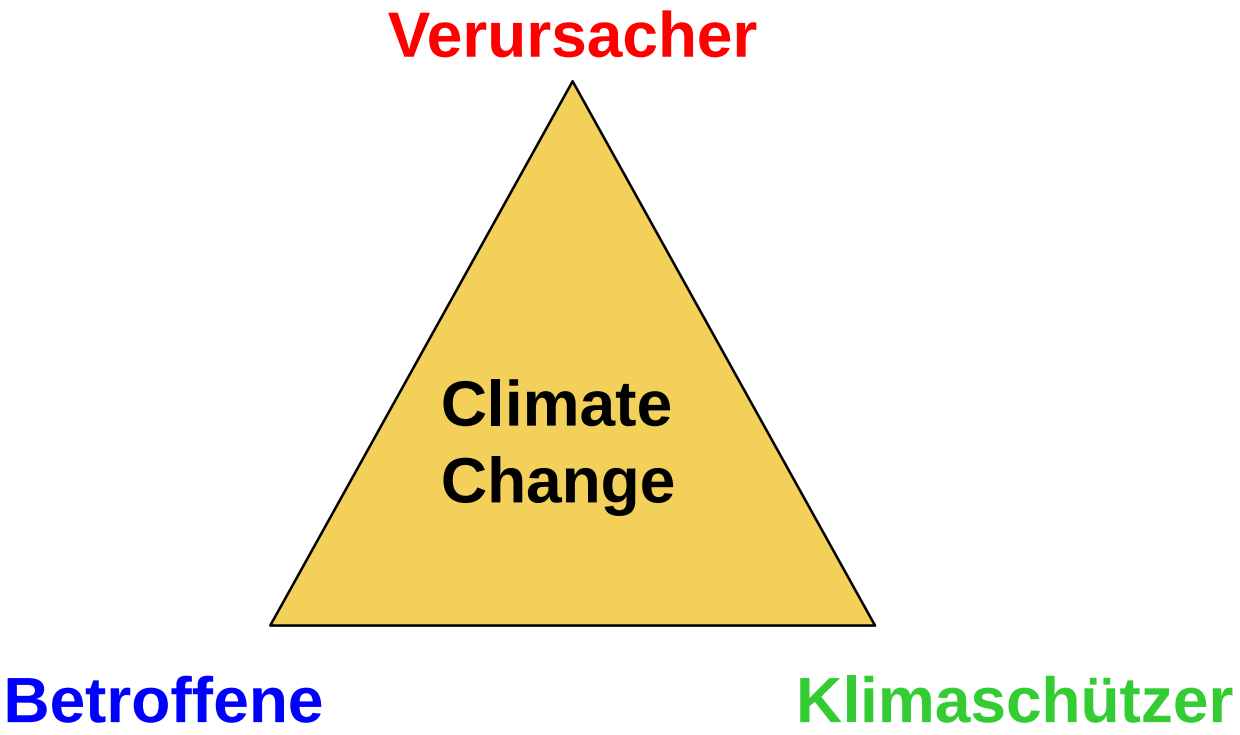


Globale Treibhausgasemissionen der Landwirtschaft und Potenzial zur Sequestrierung von Kohlenstoff im Boden



angepasst nach Bellarby et al. 2008

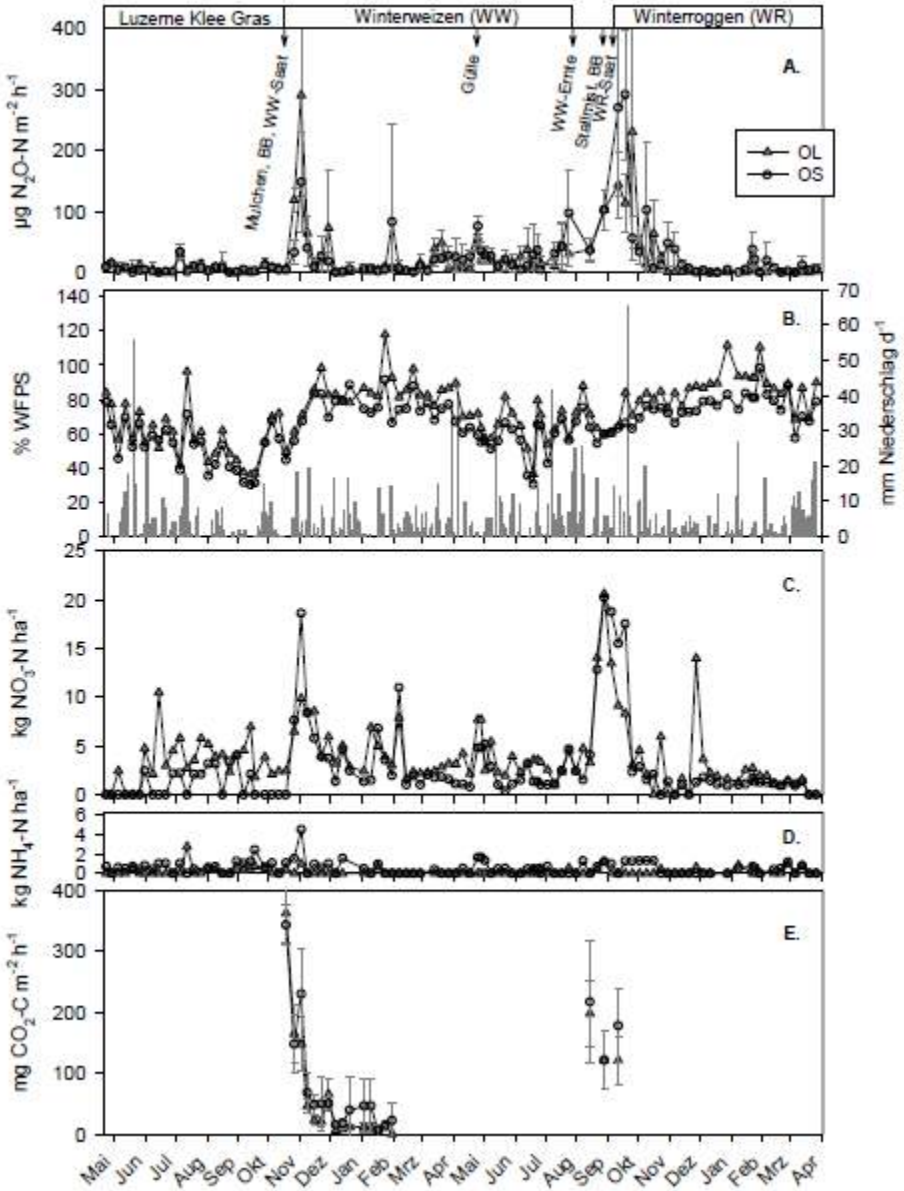
Bedeutung der Landwirtschaft im Kontext des Klimawandels



Inhalte

- Treibhausgasemissionen aus Ackerböden
- Minderungsmöglichkeiten der bodenbürtigen Treibhausgasemissionen
- Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Landwirtschaftliche Böden sind eine bedeutende Lachgasquelle (Bsp. Ackerboden)



Sehy, 2003

Schematisches Modell der Lachgas-relevanten Prozesse im Boden

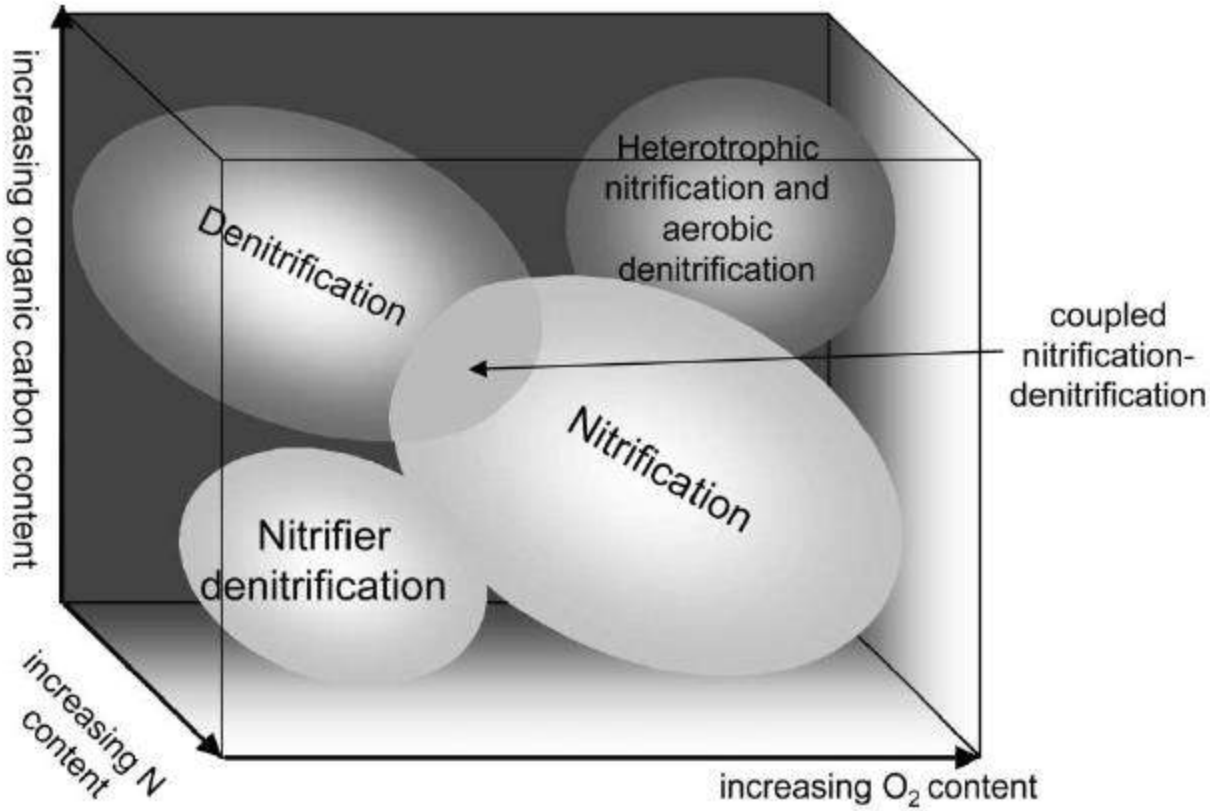
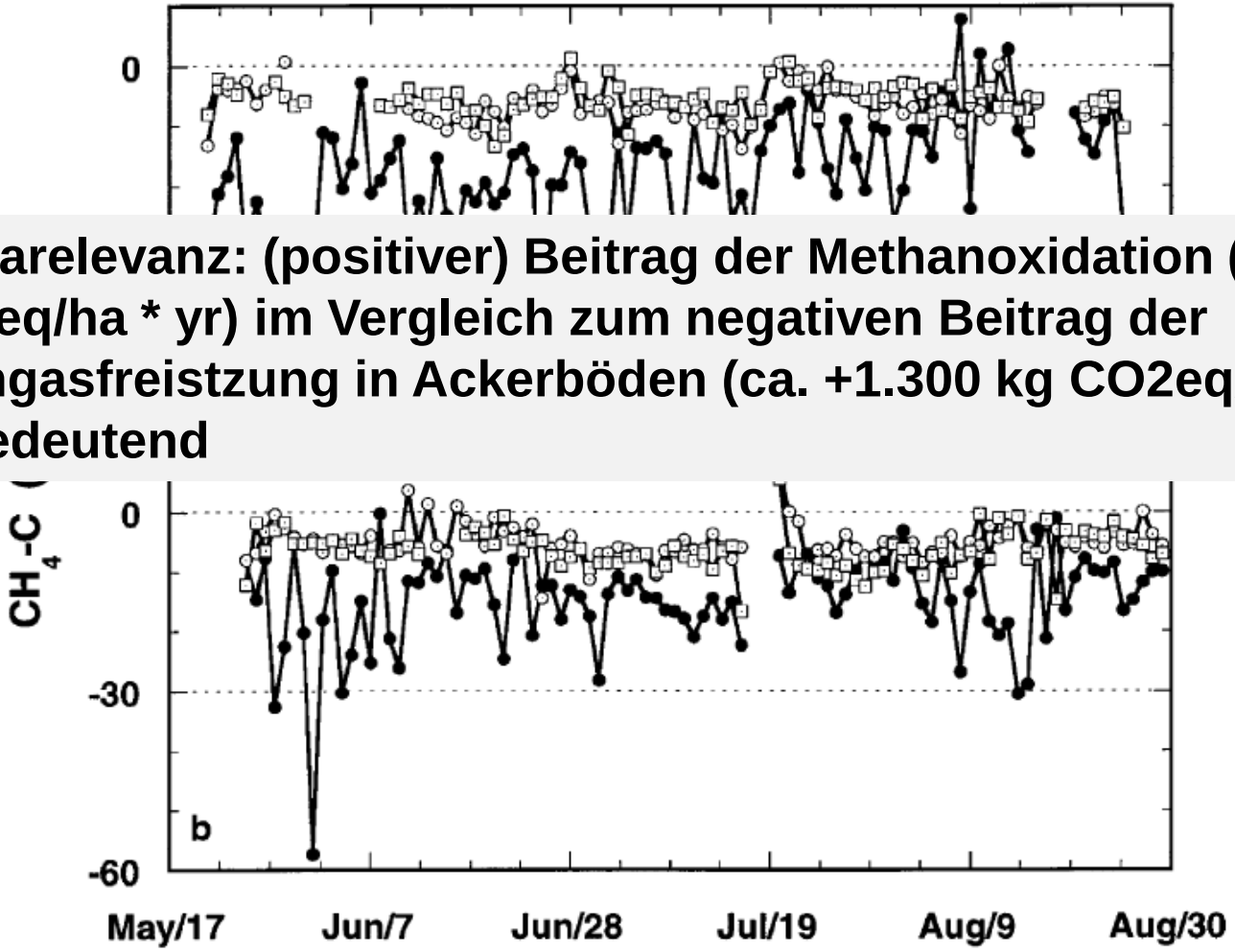


Fig. 6. Possible ecological niche for the nitrification pathway nitrifier denitrification in fertilized soils.

Wrage et al., 2001

Acker-, Grünland und Waldböden nehmen Methan auf: Methansenke (Bsp. Kartoffelacker)

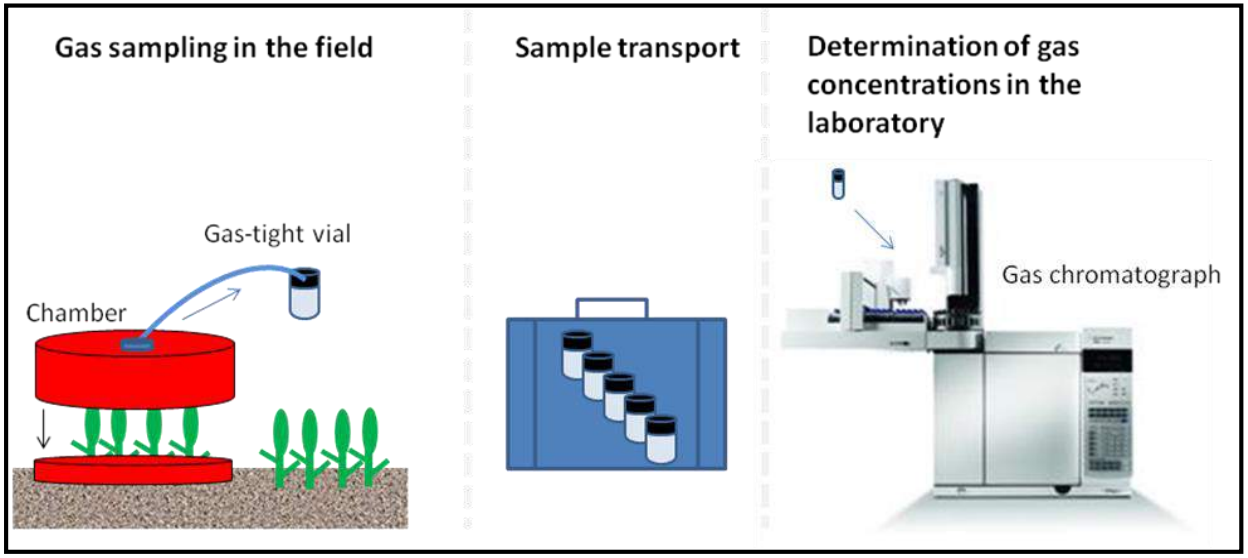


Klimarelevanz: (positiver) Beitrag der Methanoxidation (ca. -20 kg CO2eq/ha * yr) im Vergleich zum negativen Beitrag der Lachgasfreistzung in Ackerböden (ca. +1.300 kg CO2eq/ha * yr) unbedeutend

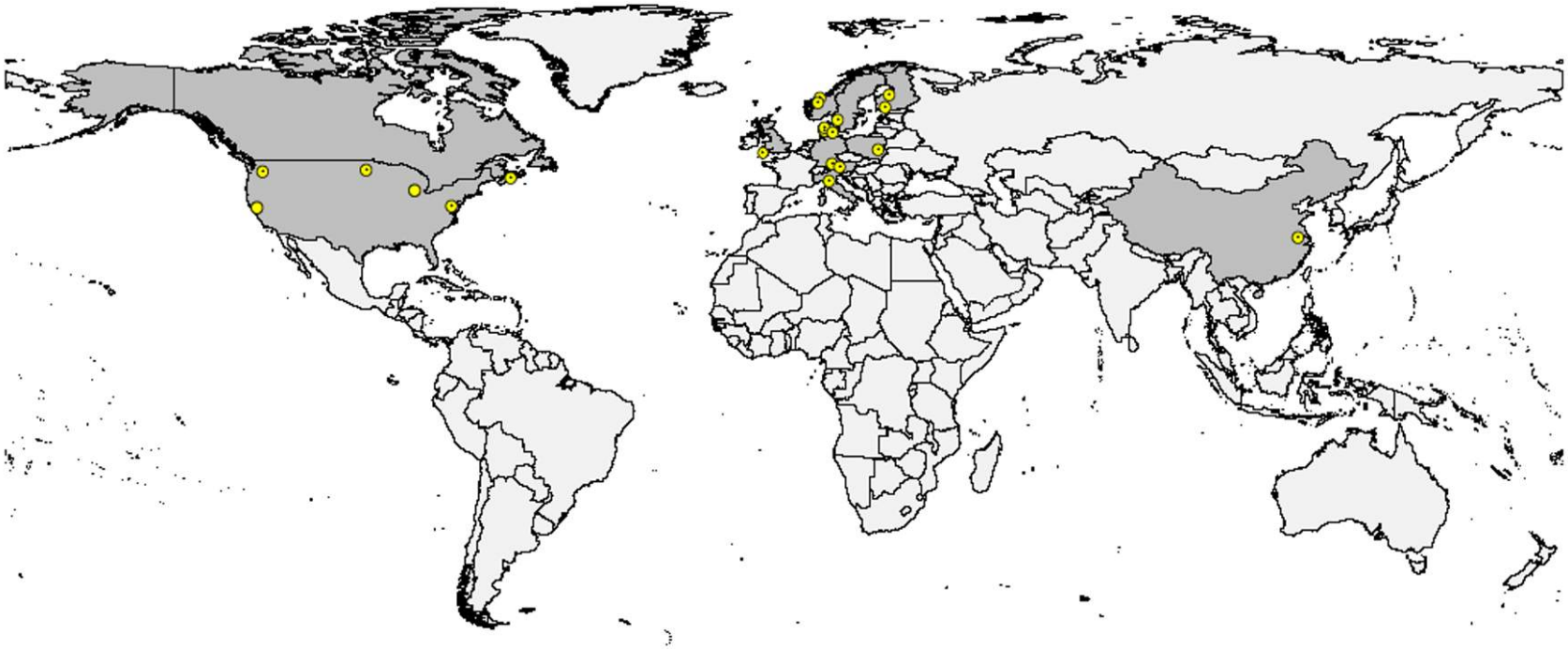
1998

Flessa et al., 2002

Bestimmung von bodenbürtigen Lachgas-Flüssen



Bodenbürtige Treibhausgase aus biologisch und konventionell bewirtschafteten Böden



18 Vergleichsstudien weltweit mit bis zu 98 Paarvergleichen

Skinner, Gattinger et al., STOTEN, submitted

Weniger N_2O aus biologisch bewirtschafteten Böden?

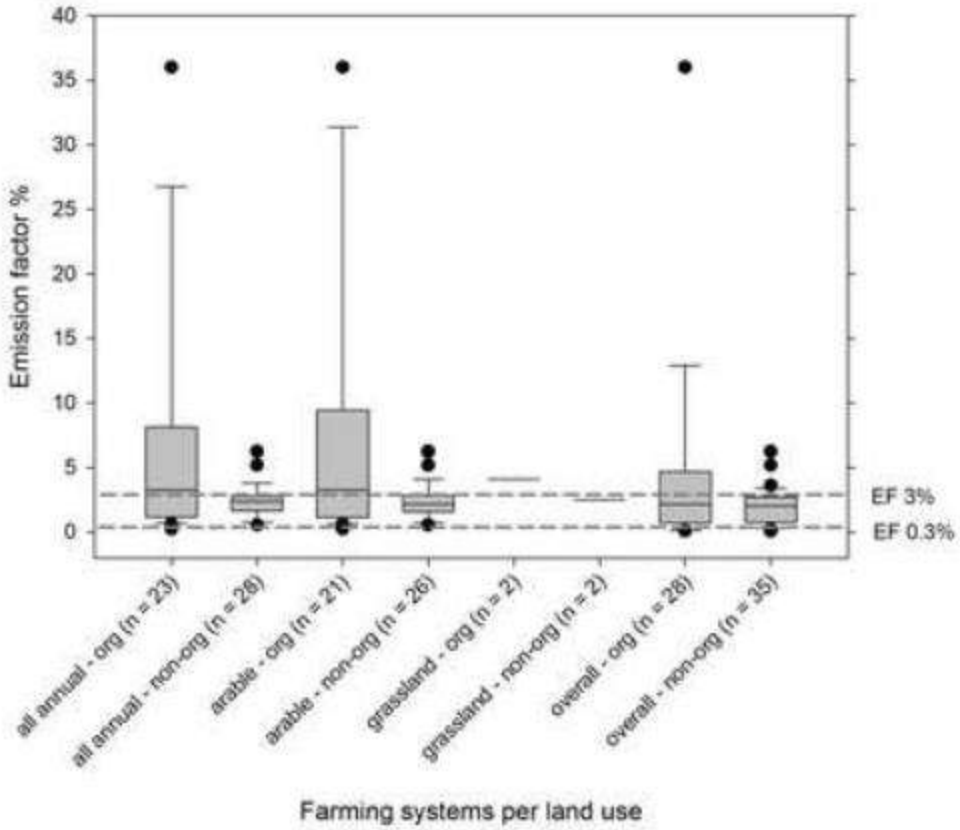
	N_2O emissions per acreage (kg N_2O-N ha^{-1} a^{-1})					GWP [d] N_2O emissions per acreage (kg CO_2-eq. ha^{-1} a^{-1})					GWP [d] N_2O emissions per yield (kg CO_2-eq. t^{-1} DM)				
land-use	MD *	CI [b]	p	studies	comp. [c]	MD *	CI [b]	p	studies	comp. [c]	MD *	CI [b]	p	studies	comp. [c]
all (annual)[f]	-1.04	0.41	0.00	12	70	-486	191	0.00	12	70	50.5	28.9	0.00	7	25
arable	-1.01	0.42	0.00	11	67	-472	195	0.00	11	67	52.0	31.9	0.00	6	23
grassland	-2.42	5.16	0.36	2	3	-1133	2416	0.36	2	3	32.1	192.3	0.74	2	2
rice-paddies	-1.39	2.22	0.22	1	3	-650	1038	0.22	1	3	-25.7	49.1	0.31	1	3
overall[g]	-1.03	0.32	0.00	18	98	-482	150	0.00	18	98	30.7	28.9	0.04	8	30

Bezogen auf Fläche: ca. 0.5 t ha^{-1} yr^{-1} weniger CO_2 eq. in Form von Lachgas unter biologischer Bewirtschaftung

Keine Vergleichsstudie im Gemüsebau!

Skinner, Gattinger et al., STOTEN, submitted

Vergleich der N_2O-Emissionsfaktoren

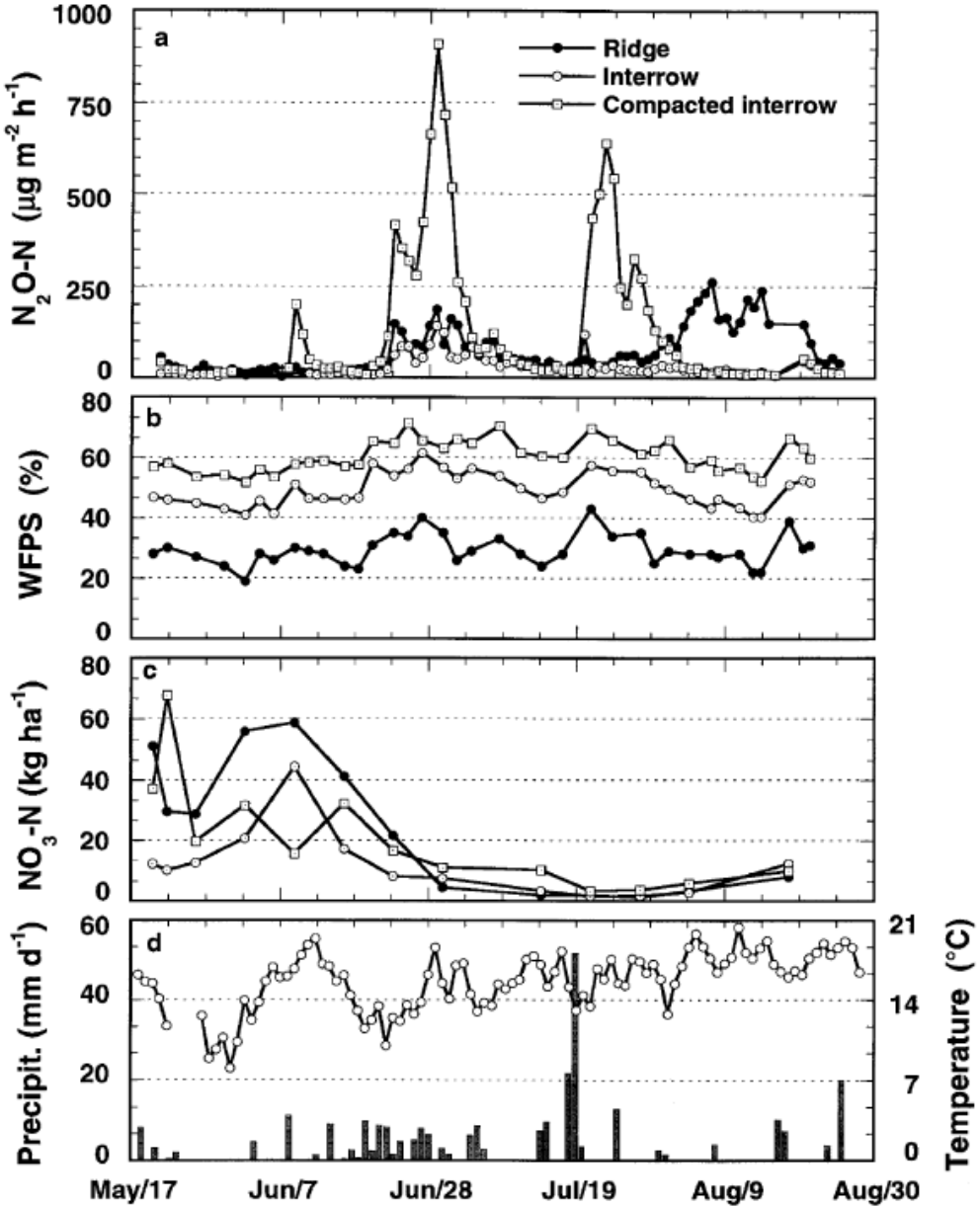


Grosse Unsicherheiten bei N_2O Emissionsfaktoren (N-Input/N_2O-N) für organische Bewirtschaftungssysteme; Notwendigkeit für mehrjährige Messungen.

THG-Messungen im Kartoffelacker- eine Herausforderung

Flessa und Schilling

Bodenbürtige Lachgasflüsse im Kartoffelbau:
Versuchsgut Scheyern, Bayern



Flessa et al., 2002

Kumulierte Lachgasemissionen im Kartoffelbau

	N_2O–N emission (kg ha^{-1})		
	Near-continuous	Weekly sampling	4-weekly sampling
Total field, 1997	1.62 ± 0.27	1.70 ± 0.41	0.71 ± 0.09
Ridges, 1997	1.61 ± 0.29	1.68 ± 0.47	0.83 ± 0.11
Interrow soil, 1997	0.63 ± 0.05	0.65 ± 0.11	0.33 ± 0.03
Tractor-compacted soil, 1997	2.67 ± 1.15	2.82 ± 1.64	0.61 ± 0.25
Total field, 1998	2.02 ± 0.18	2.82 ± 0.18	1.57 ± 0.20
Ridges, 1998	2.00 ± 0.25	2.52 ± 0.23	1.93 ± 0.29
Interrow soil, 1998	1.64 ± 0.10	2.36 ± 0.15	0.67 ± 0.34
Tractor-compacted soil, 1998	2.50 ± 0.47	4.51 ± 0.31	1.07 ± 0.57

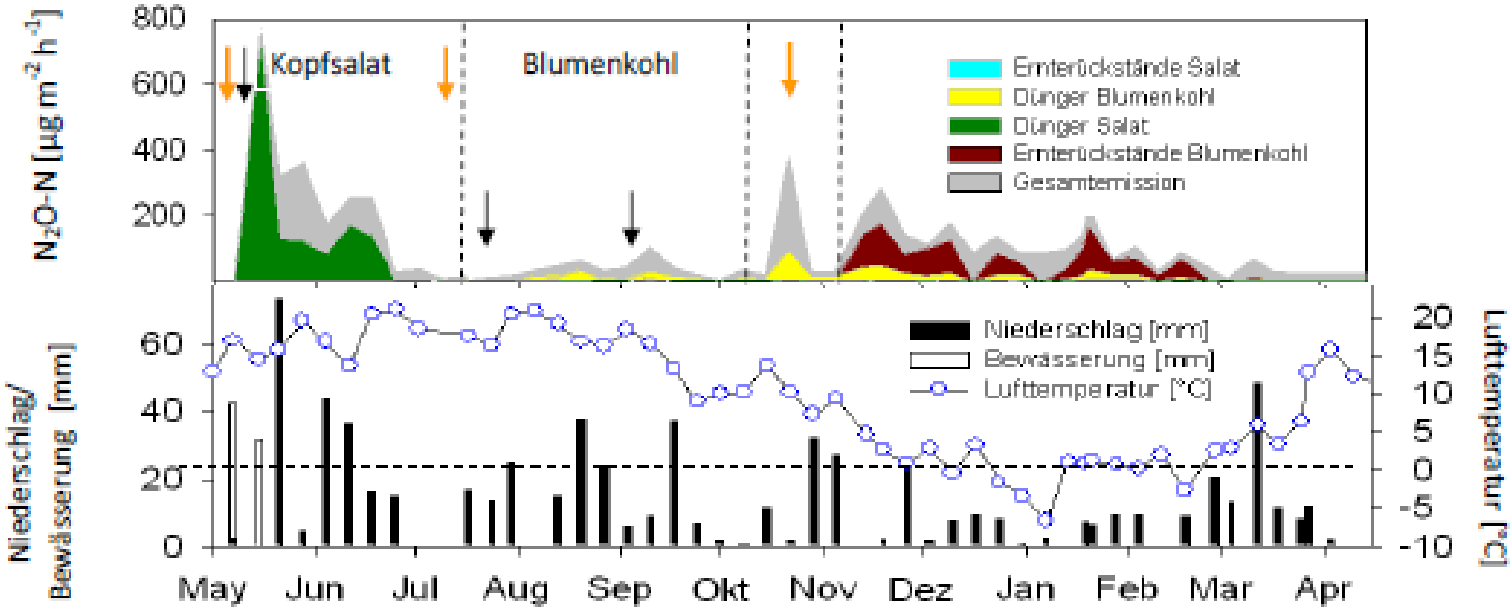
Flessa et al., 2002

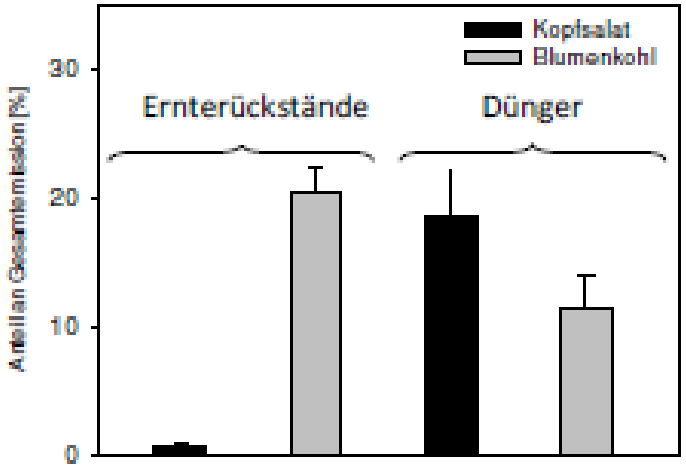
Lachgasemissionen unter Kartoffeln, Weizen, Mais und Brache

Crop	N-fert. [kg N ha^{-1} a^{-1}]	N_2O emission [kg N_2O-N ha^{-1}] cropping period		winter period		annual		Fert.-related [% of N-fert.]
Potato, ridge	50	1.584[b]	(0.645)	–		–	–	–
Potato, ridge	150	2.911[D]	(0.965)	–		–	–	–
Potato, interrow	50	3.178[d]	(1.423)	–		–	–	–
Potato, interrow	150	5.477[c]	(1.384)	–		–	–	–
Potato, total	50	2.417	(0.544)	3.324[c]	(2.211)	5.741[d]	(2.205)	10.9
Potato, total	150	4.161	(0.646)	2.771[c]	(1.757)	6.932[d]	(2.718)	4.4
Wheat	90	1.260[b]	(0.580)	1.435[b]	(0.835)	2.696[b]	(1.257)	2.7
Wheat	180	2.100[c]	(0.784)	1.537[b]	(0.547)	3.637[c]	(1.207)	1.9
Corn	65	1.249[b]	(0.777)	0.725*	(0.389)	1.341*	(0.474)	1.6
Corn	130	2.132[c]	(1.396)	1.242*	(0.687)	2.406*	(0.914)	1.6
Set aside	0	0.155[a]	(0.122)	0.137[a]	(0.209)	0.292[a]	(0.291)	–

Ruser et al., 2001

Bodenbürtige Lachgasflüsse im Gemüsebau:
Uni Hohenheim, Baden-Württemberg





Pfab et al., 2009

Gegenüberstellung: N-Düngung vs. N2O-Emissionen, Nmin und Ertrag

Tab. 1: Verfügbarer N (Düngung + N_{min} zum jeweiligen Kulturbeginn) bei Kopfsalat und Blumenkohl (ASS=Ammonsulfatsalpeter (ASS)

N-Düngungsvariante	Abkürzung	Kopfsalat [kg N ha^{-1}]	—– Blumenkohl [kg N ha^{-1}]—-		
		01.05.08	15.07.08	10.09.08	Gesamt
Kontrolle	K	10	20	10	30
ASS, optimiert	S	150	143	143	286
ASS, reduziert	Red. -20	130	109	109	218
ASS, praxisüblich	P	195	186	186	372
ENTEC 26®	NI	150	286	0	286

Tab. 2: Verfügbarer Stickstoff (Düngung + N_{min} in 0-25 cm zum Kulturbeginn), vermarktungsfähiger Ertrag, kumulative N_2O-Emissionen und Emissionsfaktor für die verglichenen Düngervarianten

Variante		Kontrolle	P	S	Red. -20	NI
verfügbarer Stickstoff [kg N ha^{-1}]	Gesamt	40	567	436	349	436
vermarktungsfähiger Ertrag [dt ha^{-1}]	Kopfsalat	45^{a}	398^{c}	393^{c}	258^{b}	420^{c}
	Blumenkohl	83^{a}	339^{b}	304^{b}	306^{b}	304^{b}
Emissionen [kg N_2O-N ha^{-1} a^{-1}]		2,4^{a}	11,3^{d}	8,8^{c}	5,6^{b}	4,9^{b}
Emissionsfaktor [%]		-	1,7	1,7	1,3	0,9

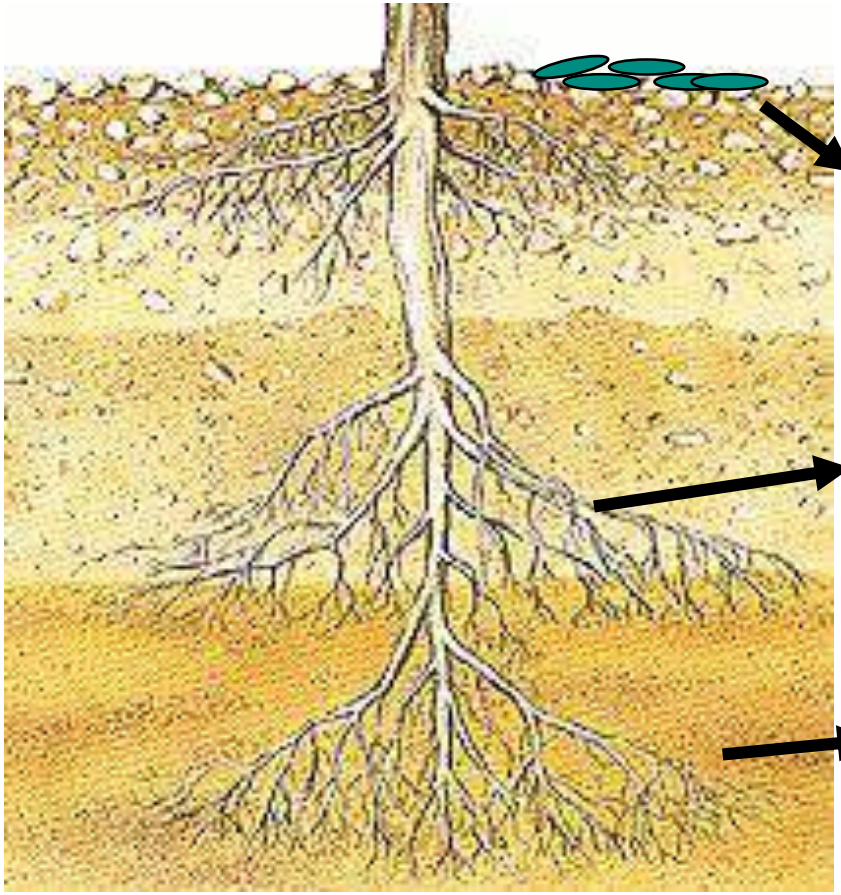
Pfab et al., 2009

Inhalte

- Treibhausgasemissionen aus Ackerböden
- Minderungsmöglichkeiten der bodenbürtigen Treibhausgasemissionen
- Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Böden als Senke für CO_2

CO_2 -Einbau über Photosynthese der Pflanzen



Pflanzenstreu/Erntereste/Hofdünger

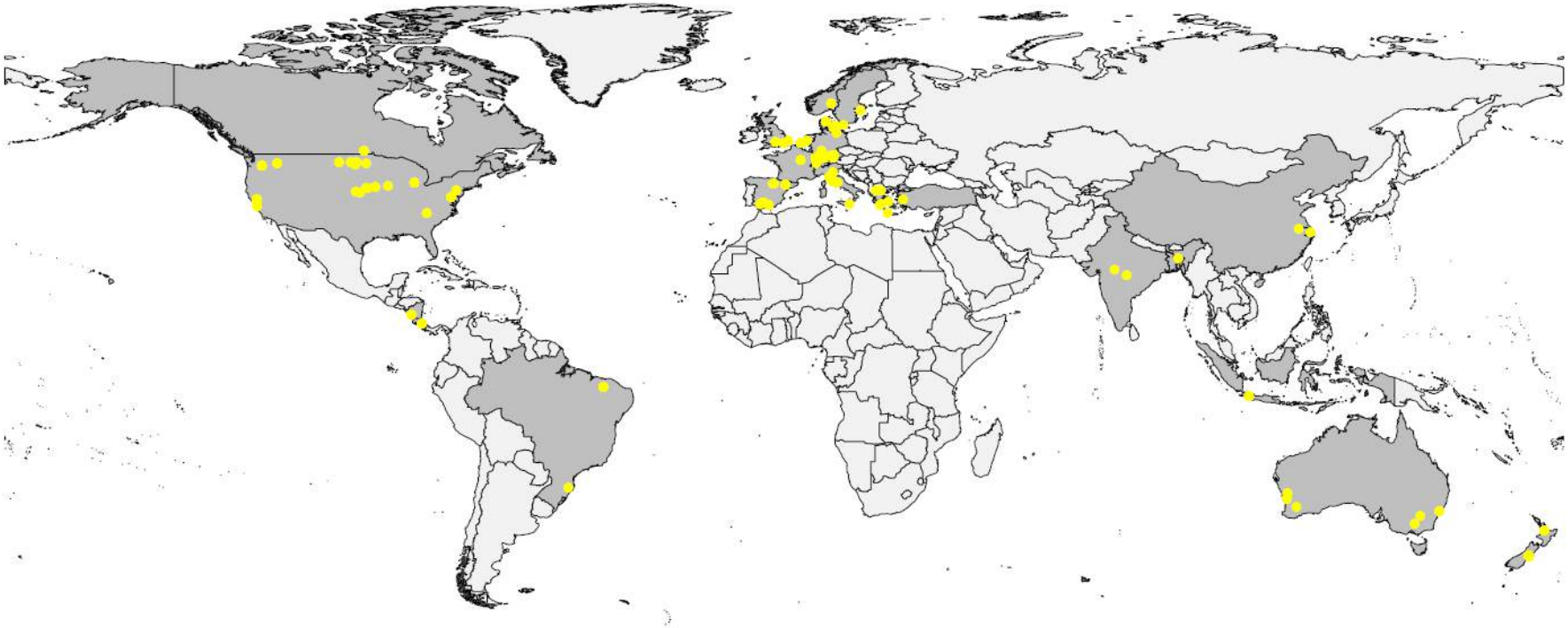
Wurzelreste

Wurzelausscheidungen

Humusbildung

THG-Minderung durch Kohlenstoffspeicherung

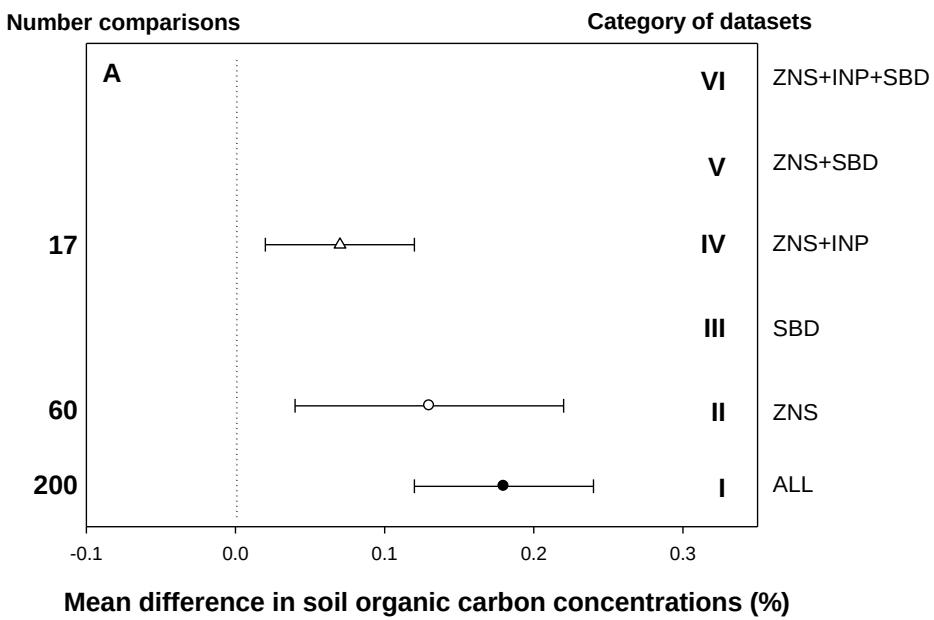
Geographische Verteilung der Systemvergleichsstudien

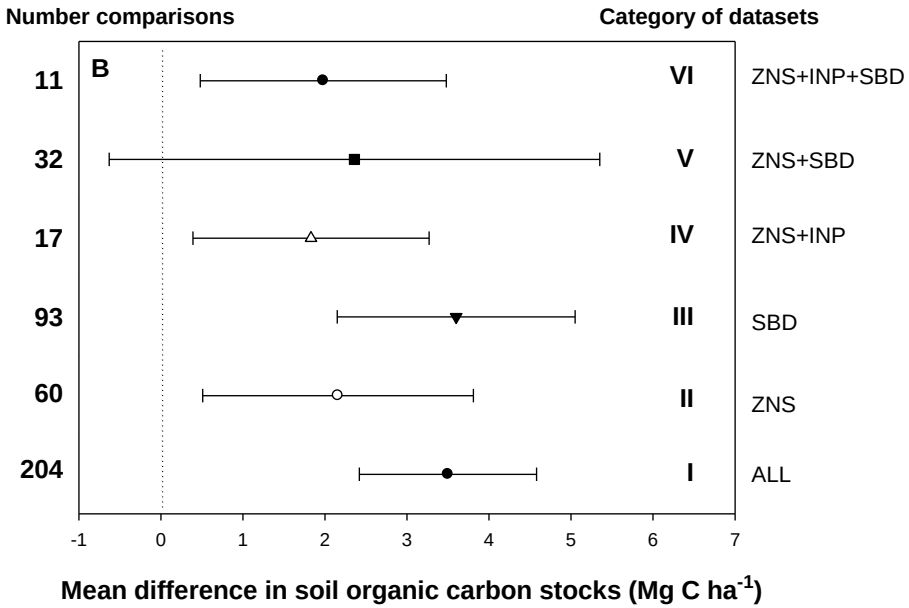


74 Vergleichsstudien weltweit mit bis zu 211 Paarvergleichen

Gattinger et al., PNAS, 2012

Mehr Kohlenstoff in biolog. bewirtschafteten Böden?

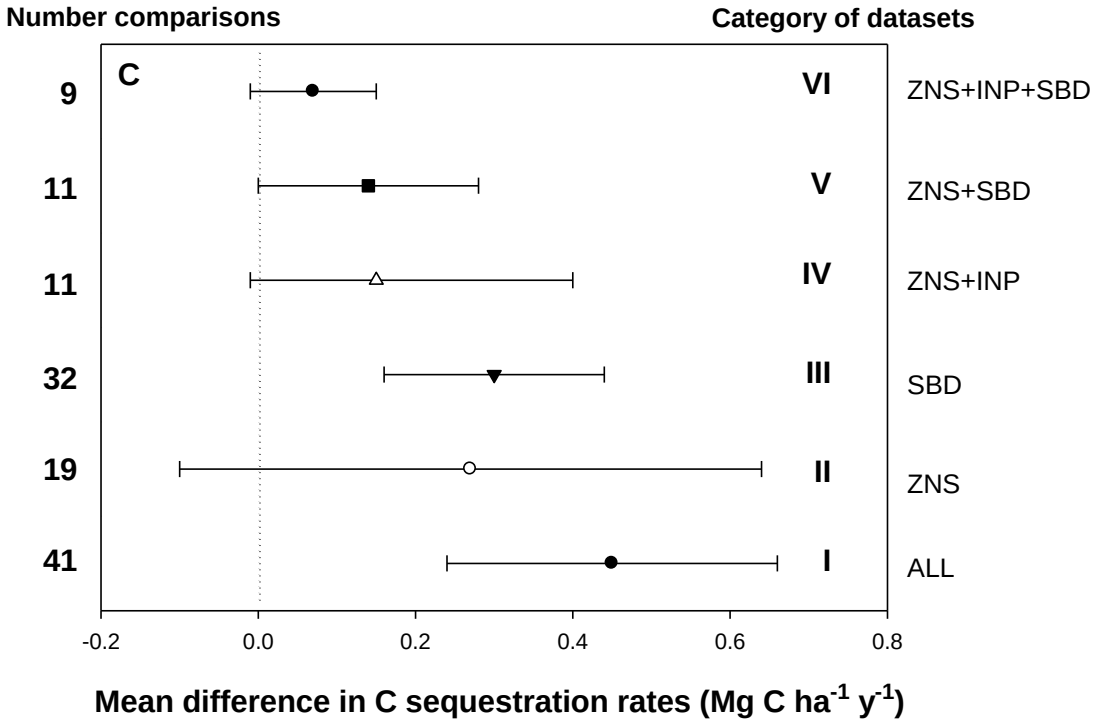




Höhere Kohlenstoffkonzentration (0,18±0,06 %-Punkte Corg) und -vorräte (3,50 ± 1,08 t Corg ha^{-1}) im Oberboden (0-20 cm) unter organischer Bewirtschaftung.

Gattinger et al., PNAS, 2012

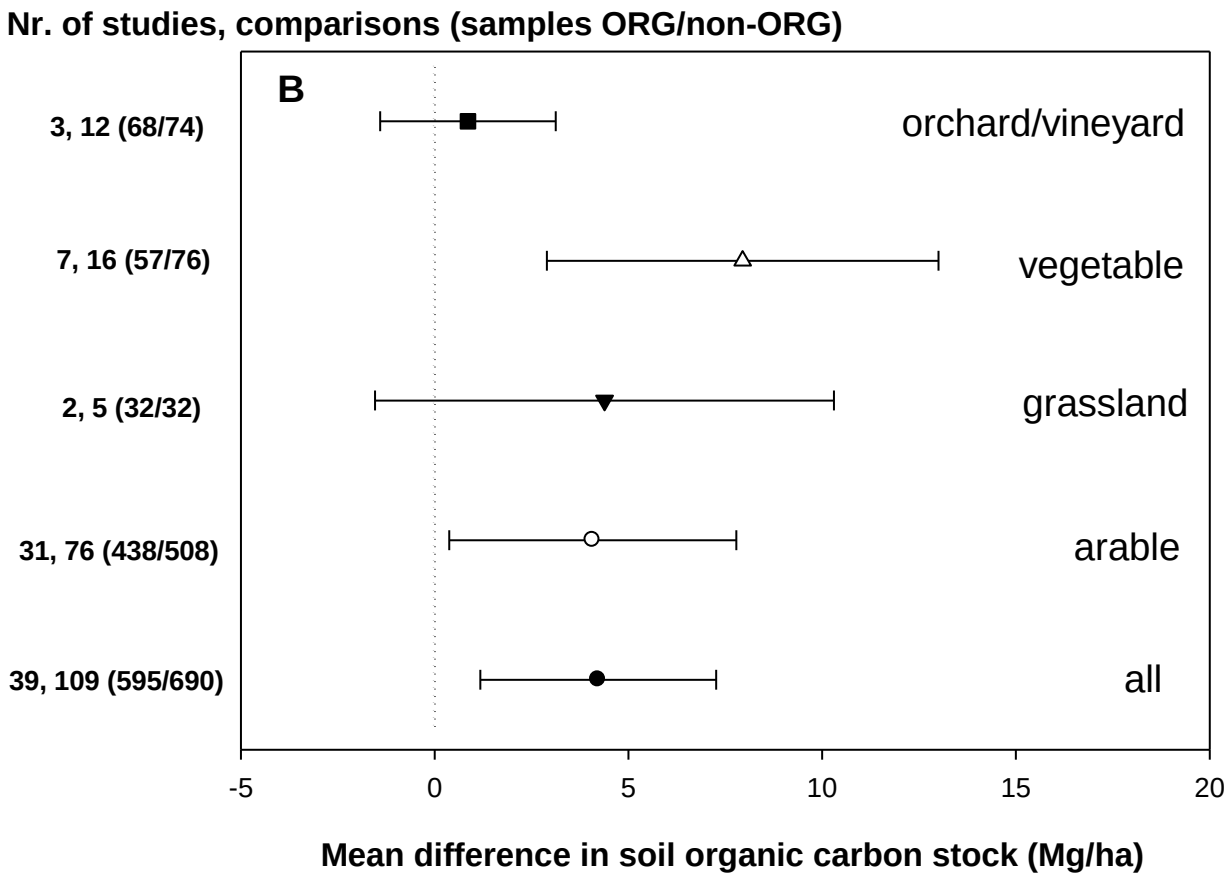
Ist Kohlenstoffspeicherung im Biolandbau möglich?



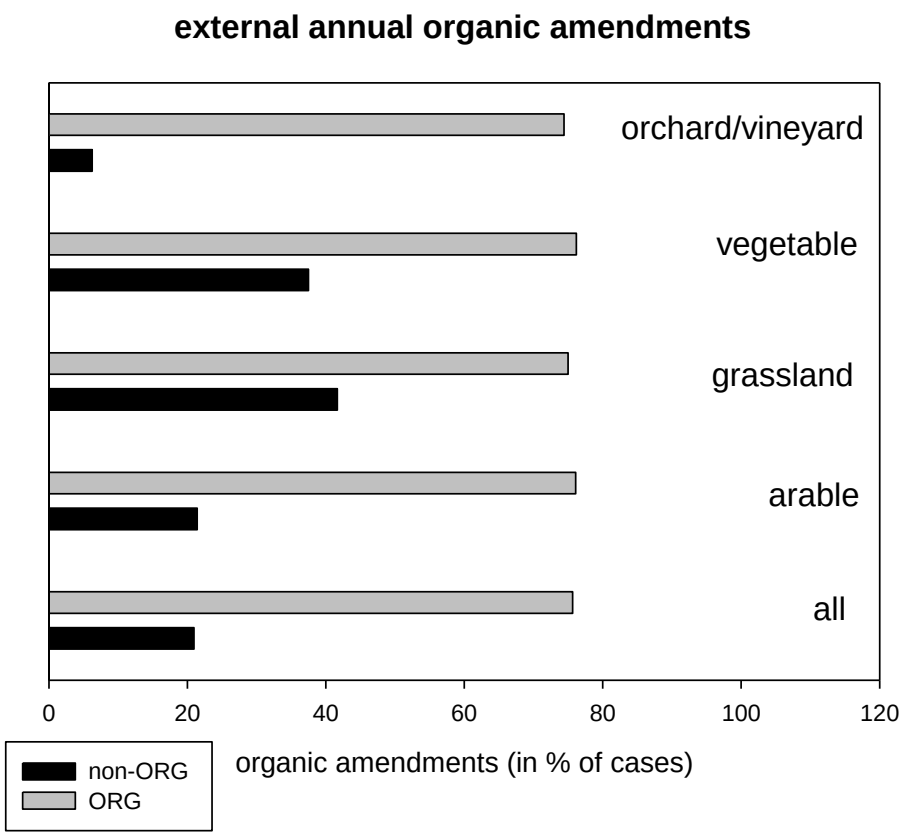
Ja, es ist möglich. Netto-Sequestrierung von 450 kg C ha^{-1} y^{-1} für alle organ. bewirtschaftete Böden; das Potential ist niedriger unter „zero net input systems“ (≤ 1.O GVE ha^{-1}): 70 – 270 kg C ha^{-1} y^{-1}.

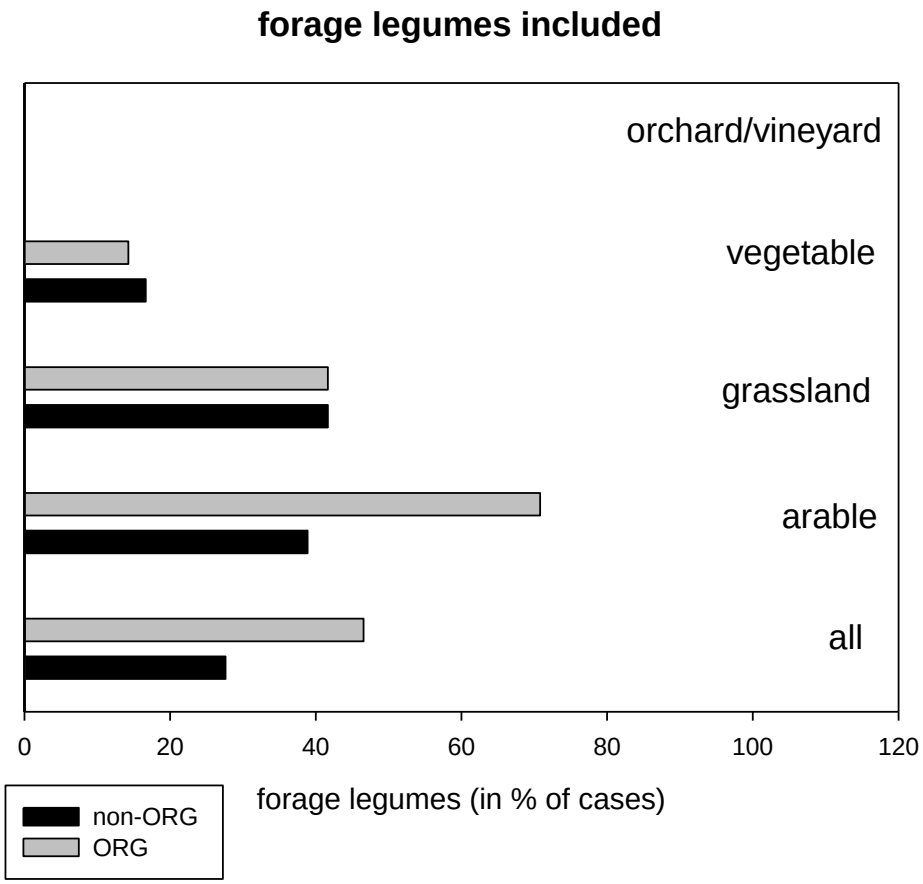
Gattinger et al., PNAS, 2012

Kohlenstoffspeicherung im Biogemüsebau?

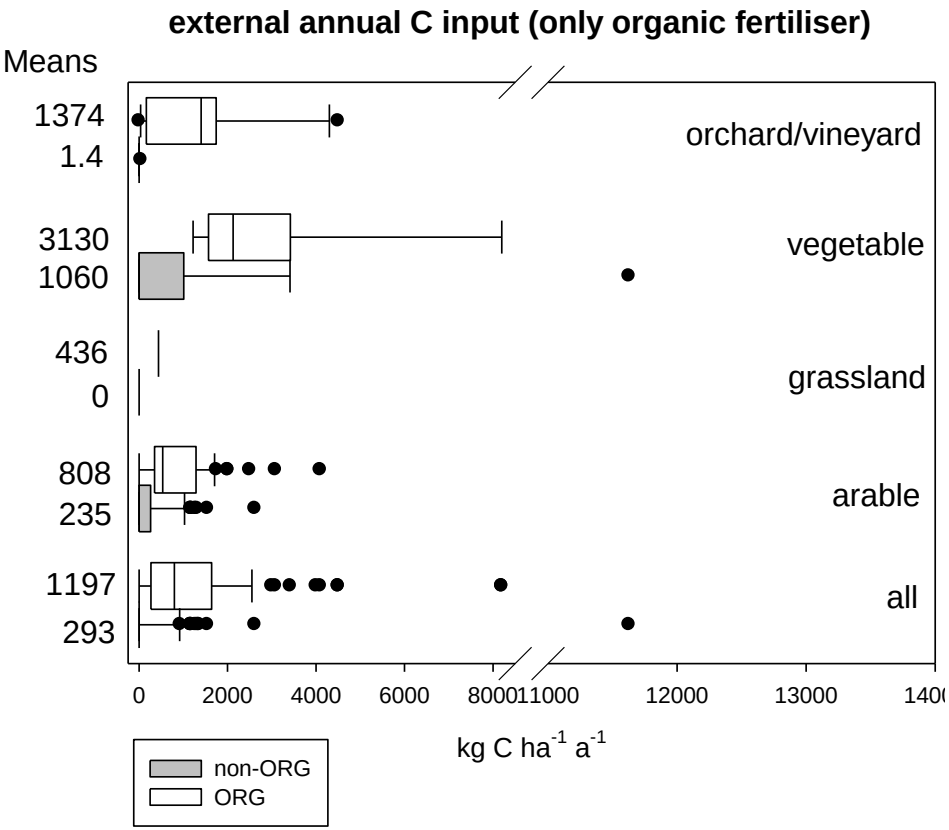


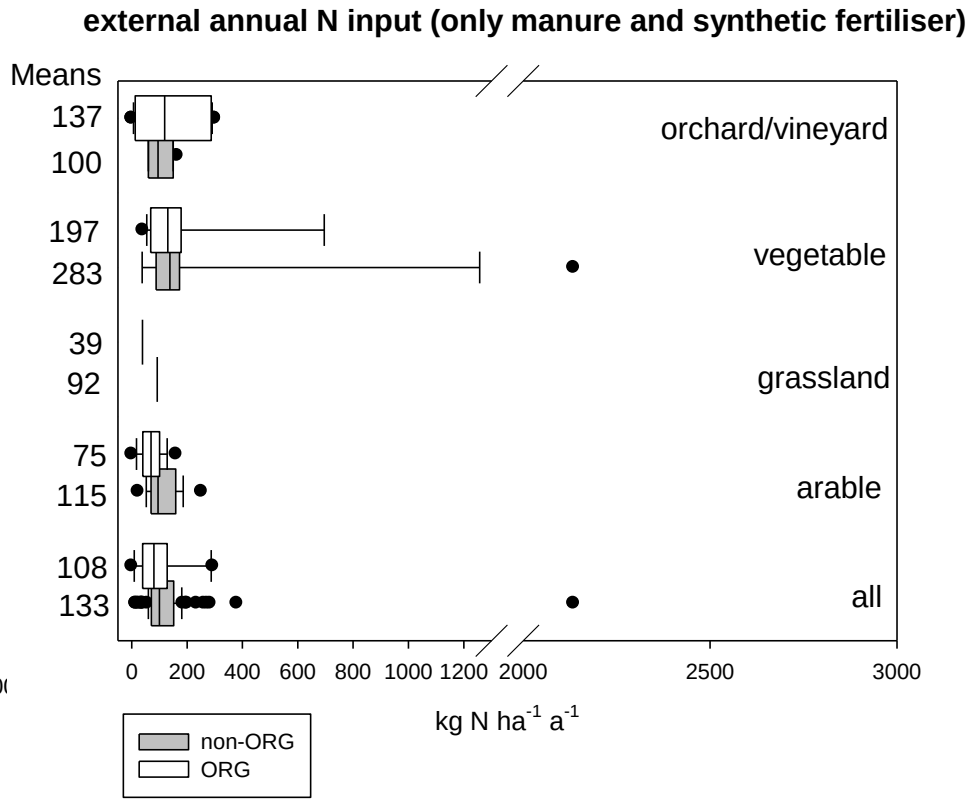
Biogemüsebau: Mehr organische Düngung!





C- und N-Input aus Dünger





Gemüsekulturen gelten weitgehend als humuszehrend!

Fruchtart	kg Humus-C ha^{-1} a^{-1} Verlust (–) oder Gewinn (+)	
	untere Werte	obere Werte
Zuckerrüben	– 760	– 1300
Kartoffeln	– 760	– 1000
Silomais	– 560	– 800
Getreide, Ölfrüchte	– 280	– 400
Körnerleguminosen	+ 160	+ 240
Luzerne-/Kleegras	+ 600	+ 800
Stoppelfrüchte	+ 80	+ 120
Untersaaten	+ 200	+ 300

(VDLUFA, 2004)

Teilflächen-spezifische N-Düngung (Precision farming) Versuchsgut Scheyern, Bayern

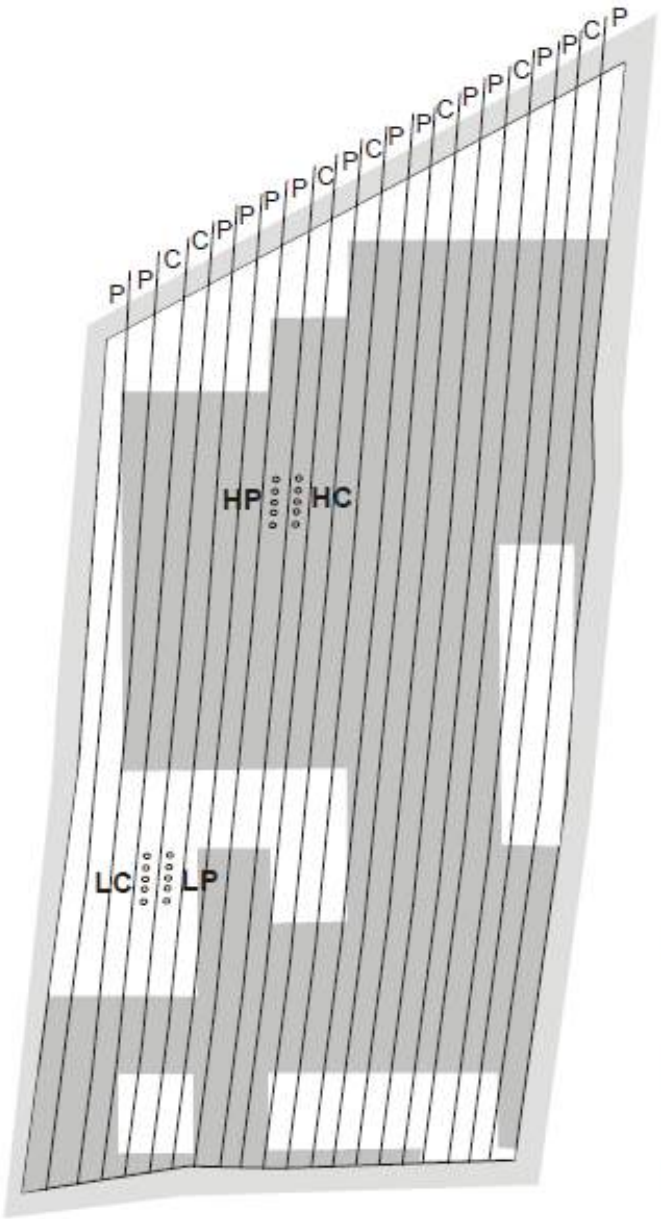


Abb. 3.2: Versuchsanlage des Bewirtschaftungsversuchs auf Schlag A17 im Integrierten Landbau. Definition der Versuchsvarianten HC, HP, LC und LP in Tab. 3.3, Kreise: Anordnung der Kammern zur Gasprobenahme; P: teilschlagspezifisch bewirtschaftete Streifen, C: flächeneinheitlich bewirtschaftete Streifen; weiß: Niedrigertragsbereiche; grau: Hochertragsbereiche.

Sehy et al., 2003

N_2O-Emissionen bei teilflächen-spez. Düngung

Hochertrag / Niedrigertrag

	Zeitraum[1)]		HP	HC	LP	LC
Mais		N_2O [kg ha^{-1} a^{-1}]	5,4^{c}±0,7	5,5^{c}±0,5	2,3^{a}±0,3	3,5^{b}±0,6
		N-Düngermenge [kg N ha^{-1}]	175	150	125	150
		Ertrag Mais [t TM*) ha^{-1}][2)]	20,9^{a}±2,1	19,3^{a} ±2,6	18,2^{a} ±1,6	17,7^{a} ±1,5
		N_2O/Ertrag [kg t^{-1}]	0,26^{c}±0,04	0,28^{c}±0,02	0,12^{a}±0,02	0,20^{b}±0,03
Weizen		N_2O [kg ha^{-1} a^{-1}]	7,2^{a}±0,6	6,3^{a}±2,3	6,2^{a}±1,8	5,0^{a}±1,1
		N-Düngermenge [kg N ha^{-1}]	195	170	170	170
		Ertrag Winterweizen [t KE ha^{-1}]	10,4^{a}±0,6	10,2^{a}±0,4	9,6^{a}±0,6	9,8^{a}±0,5
		N_2O/Ertrag [kg t^{-1}]	0,69^{a}±0,06	0,62^{a}±0,22	0,65^{a}±0,18	0,51^{a}±0,11

Im Hochertragsbereich: Mais: 15% weniger N-Input, gleiche N2O-Emissionen und Ertrag; WW: 13% weniger N-Input, gleiche N2O-Emissionen und Ertrag;

Im Niedrigertragsbereich: Mais: 17% weniger N-Input, 34% weniger N2O-Emissionen, gleicher Ertrag; WW: keine teilflächen-spez. Düngung

Angepasste und teilflächen-spez. Düngung im Kartoffelbau

Hohe N2O-Verluste aus Zwischendammbereich, wenn nicht teilflächenspezifisch gedüngt wird (2/3 der Gesamtemissionen während Vegetationsperiode)

Hohe Nitratgehalte im Zwischendammbereich nach der Ernte wg. fehlender N-Aufnahme

Ruser et al., 2001

Steuerung von Lachgasflüssen im Boden

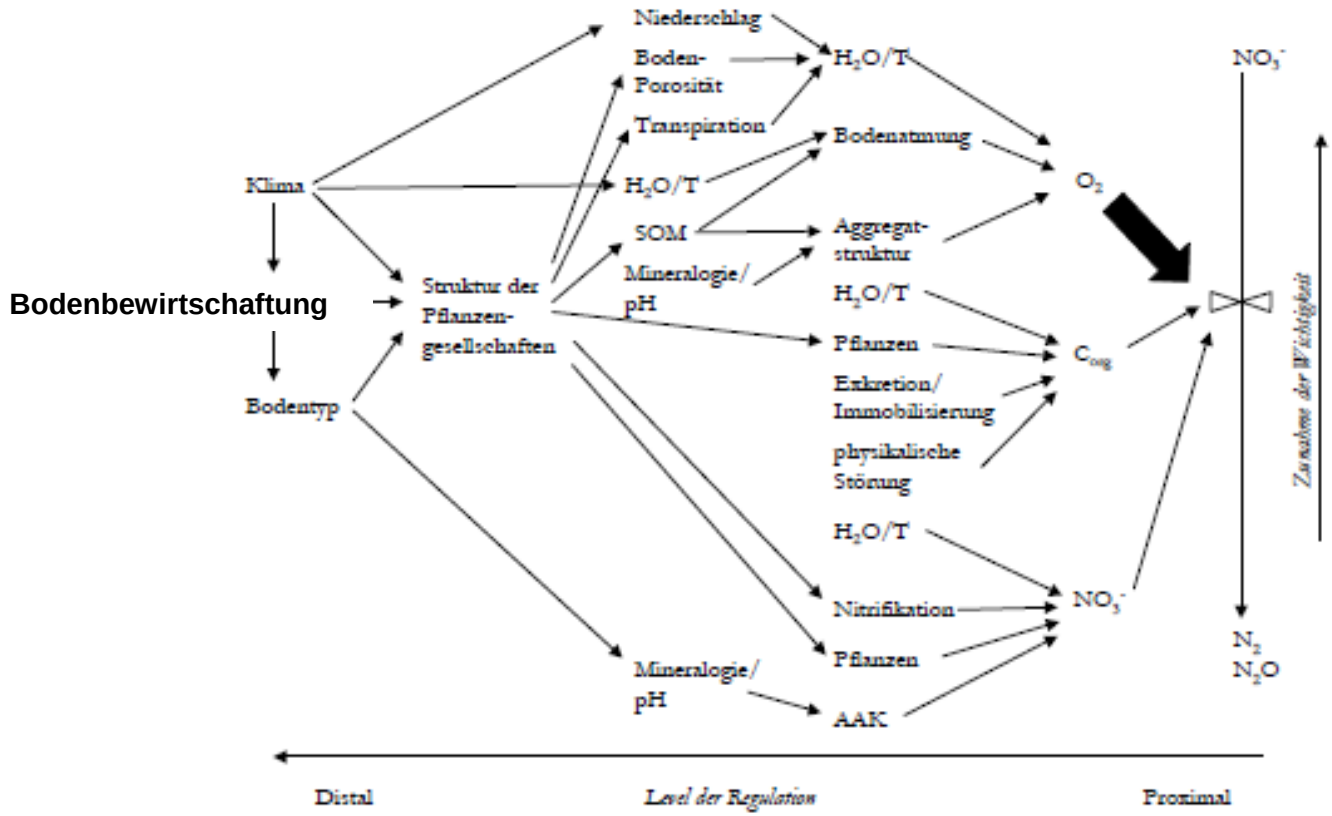


Abb. 2.3: Modell der Regelgrößen der Denitrifikation in Böden, verändert nach ROBERTSON (1989).

Sehy, 2003

N_2O-Emissionen aus Böden

Proximale Einflussfaktoren (Direkte Faktoren)

- Nitrat- und Ammoniumverfügbarkeit
- Bodenwasser <-> Sauerstoffgehalt
- Verfügbarkeit von Kohlenstoff
- pH-Wert

N_2O-Emissionen aus Böden

Distale Einflussfaktoren (Indirekte Faktoren)

- **Klima:** Temperatur und Niederschläge; Frost-Tau Zyklen
- **Boden:** Bodentyp; Textur (z.B. Tongehalt)

- **Bodenbewirtschaftung:** Düngungsintensität u. Düngeform (1 kg N-Dünger bewirkt 0.3-3.0 kg N2O-N/ha (IPCC); Bodenbearbeitung; Kalkung (Hemmung der N2O-Reduktion bei tiefen pH-Werten)

Verbesserung der N-Effizienz

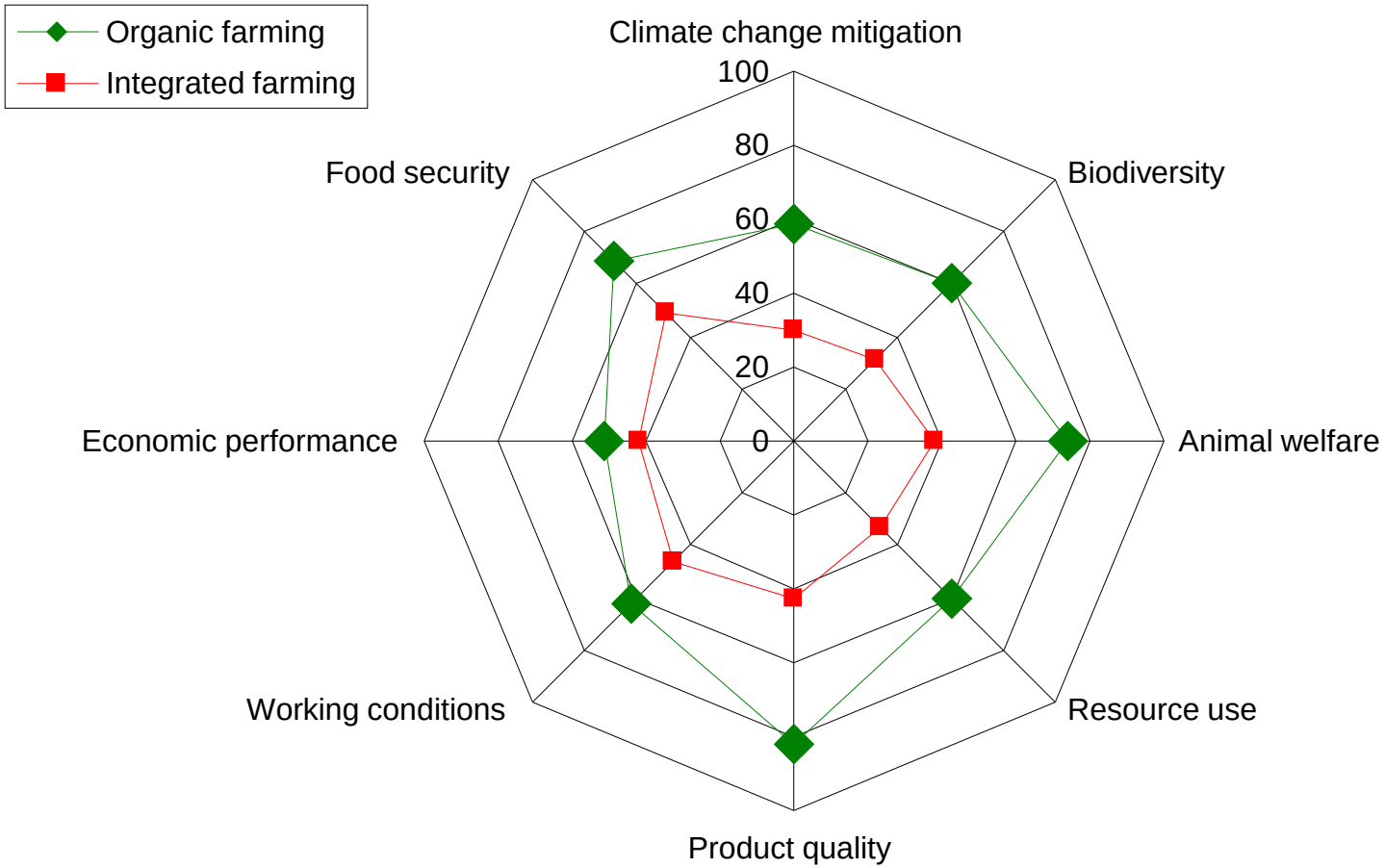
- Bedarfsgerechte Ausbringung von organischen N-Düngern: Erfassung des Bedarfs: N_{min}-, Chlorophylluntersuchungen Präzise, effiziente Ausbringung: Precision Farming, N-Sensor

- Präzise, verlustarme Ausbringung: Schleppschläuche, Injektionsschare, CULTAN auch mit (Biogas)Gülledüngung?

- Individuelle Düngekonzepte zur optimalen Verwertung von organ. N-Dünger (Hofdünger) und Kleegras; Kooperation mit Biogasanlagen und viehhaltenden Betrieben. Integration von Tierhaltung und Ackerbau…

- Grünbrache über Winter, zur Minimierung der Stickstoffverluste

Nachhaltiger Biolandbau – mehr als „nur“ Klimaschutz



Schader et al., 2012

Schlussfolgerungen

- Gemüseflächen können aufgrund der intensiven N-Düngung z.T. erhebliche Mengen Lachgas emittieren, jedoch bewegt sich der Emissionsfaktor im Bereich von Ackerböden.
- Der Kenntnisstand zu Treibhausgasen in Bio-Gemüseflächen ist gering!
- Biologisch bewirtschaftete Böden speichern mehr CO_2 und emittieren tendenziell (Acker- und Grünland) weniger Lachgas; mehrjährige Freilandmessungen zum besseren Verständnis der Einflussfaktoren notwendig.
- Es ist davon auszugehen, dass auch biologisch bewirtschaftete Gemüseflächen Quellen für Lachgas darstellen, weisen jedoch gegenüber konv. Flächen höherer Humusgehalte auf mit Potential für CO2-Speicherung.
- Humusaufbau und Teilflächen-spezifische Düngung, sowie Verbesserung der N-Effizienz gelten als geeignete Massnahme um CO2-Speicherung zu erhöhen und um N2O-Emissionen zu senken.

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Weitere Infos:
http://www.fibl.org/de/themen/klima.html