FiBL
EXCELLENCE FOR SUSTAINABILITY

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

Boden als Quelle und Senke für Methan und Lachgas – Rolle der Bodenbakterien

Vorlesung Praktische Aspekte der Bodenbiologie in der Landwirtschaft SS 2014 (Uni Basel)

Andreas Gattinger (andreas.gattinger@fibl.org)

Inhalt des Blocks «Boden als Quelle und Senke für Methan und Lachgas – Rolle der Bodenbakterien»

I. Einführung: Treibhausgase und Klimawandel

- Einführung
- Bedeutung von Methan und Lachgas
- Treibhausgasemissionen aus der Bodennutzung

II. Bodenmikroorganismen und Lachgas

- N-Kreislauf und Lachgasbildung
- Quellen der Lachgasfreisetzung aus Böden
- Relevante Organismen und deren Nachweis
- Möglichkeiten zur Reduktion der Lachgasemissionen

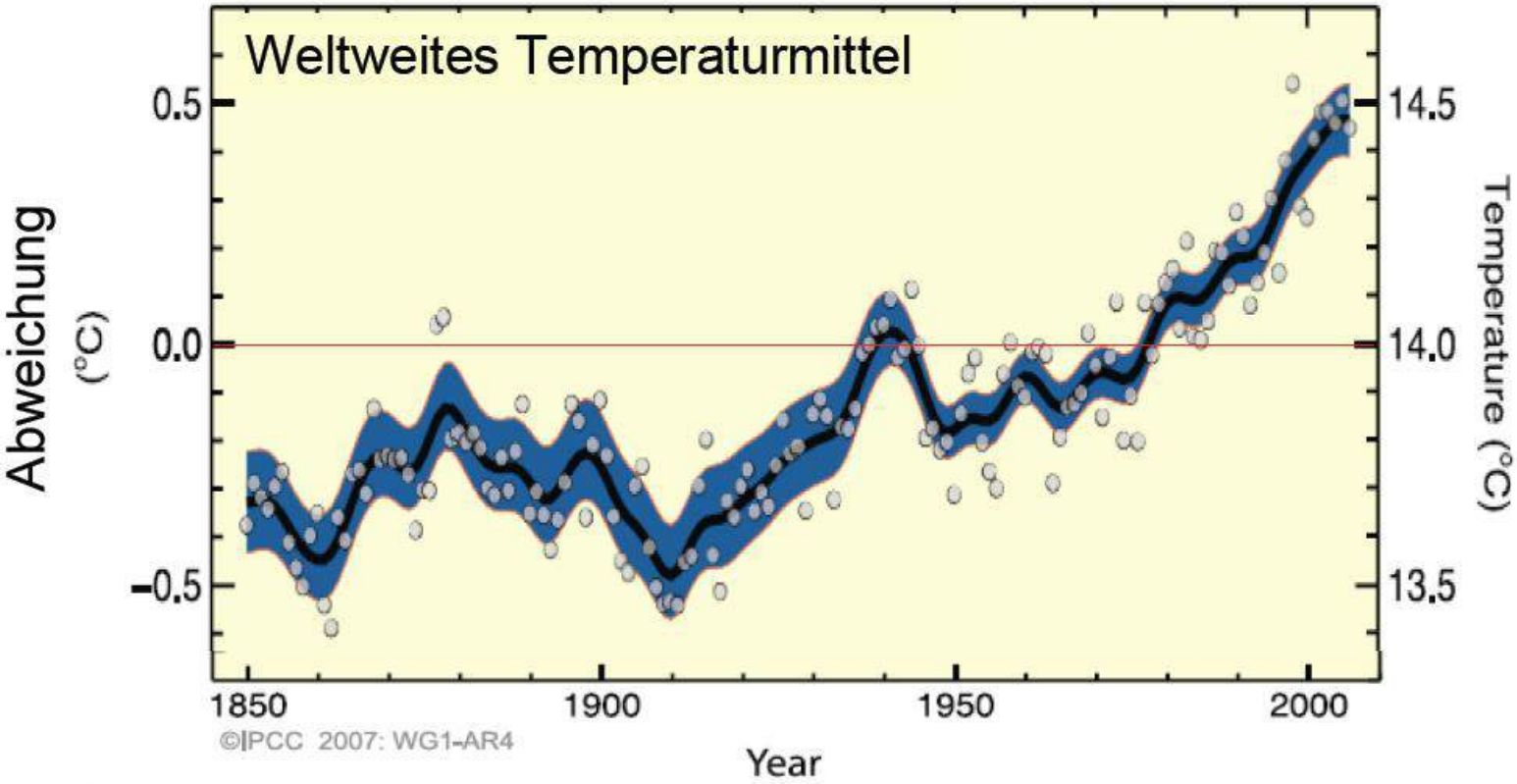
Inhalt des Blocks «Boden als Quelle und Senke für Methan und Lachgas – Rolle der Bodenbakterien»

III. Bodenmikroorganismen und Methan

- C-Kreislauf und Methanproduktion/-oxidation
- Relevante Organismen und deren Nachweis
- Quellen der Methanfreisetzung aus Böden
- Methanoxidation in Böden
- Möglichkeiten zur Steuerung der Methanflüsse

I. Einführung: Treibhausgase und Klimawandel

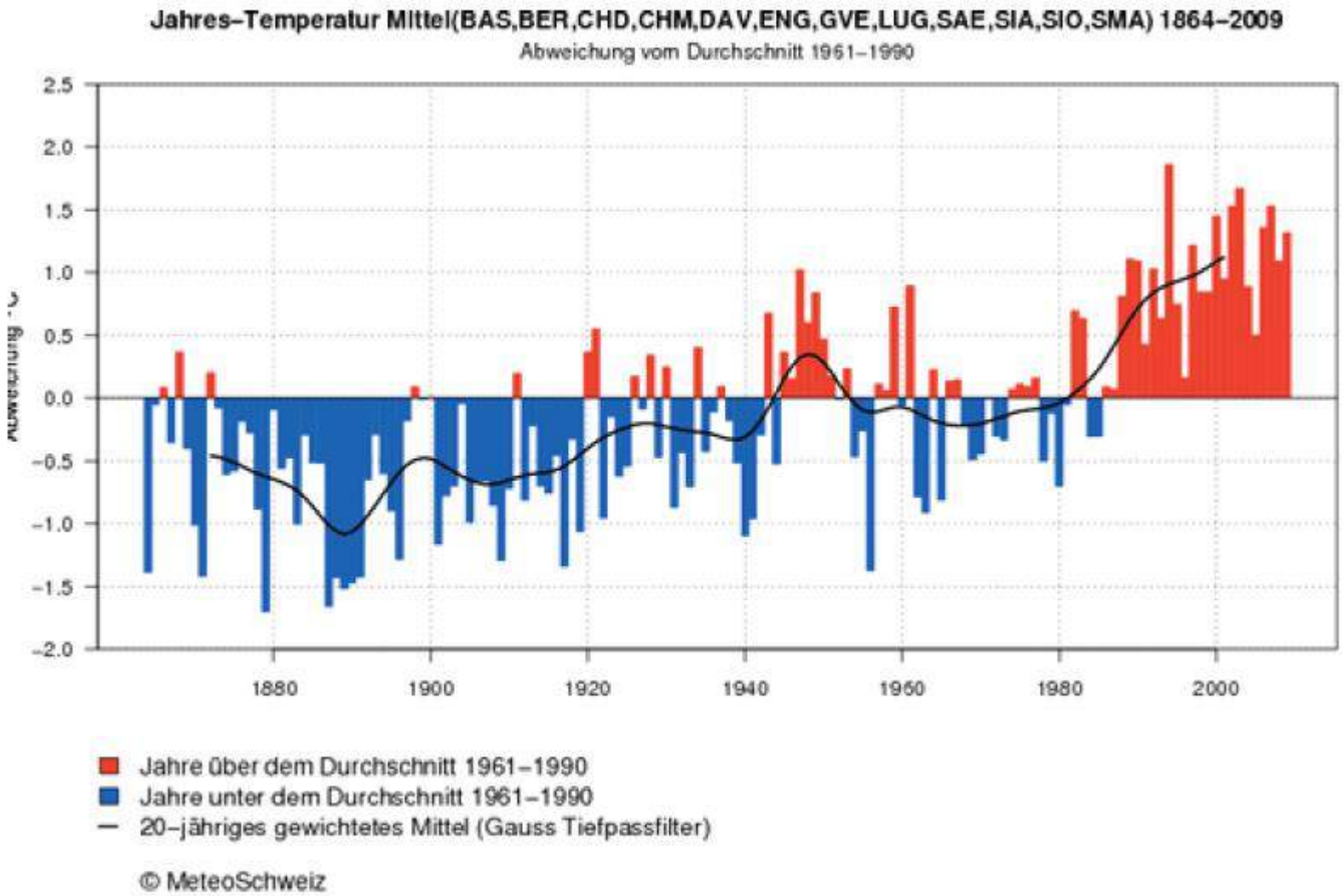
Die Welt wird wärmer…



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

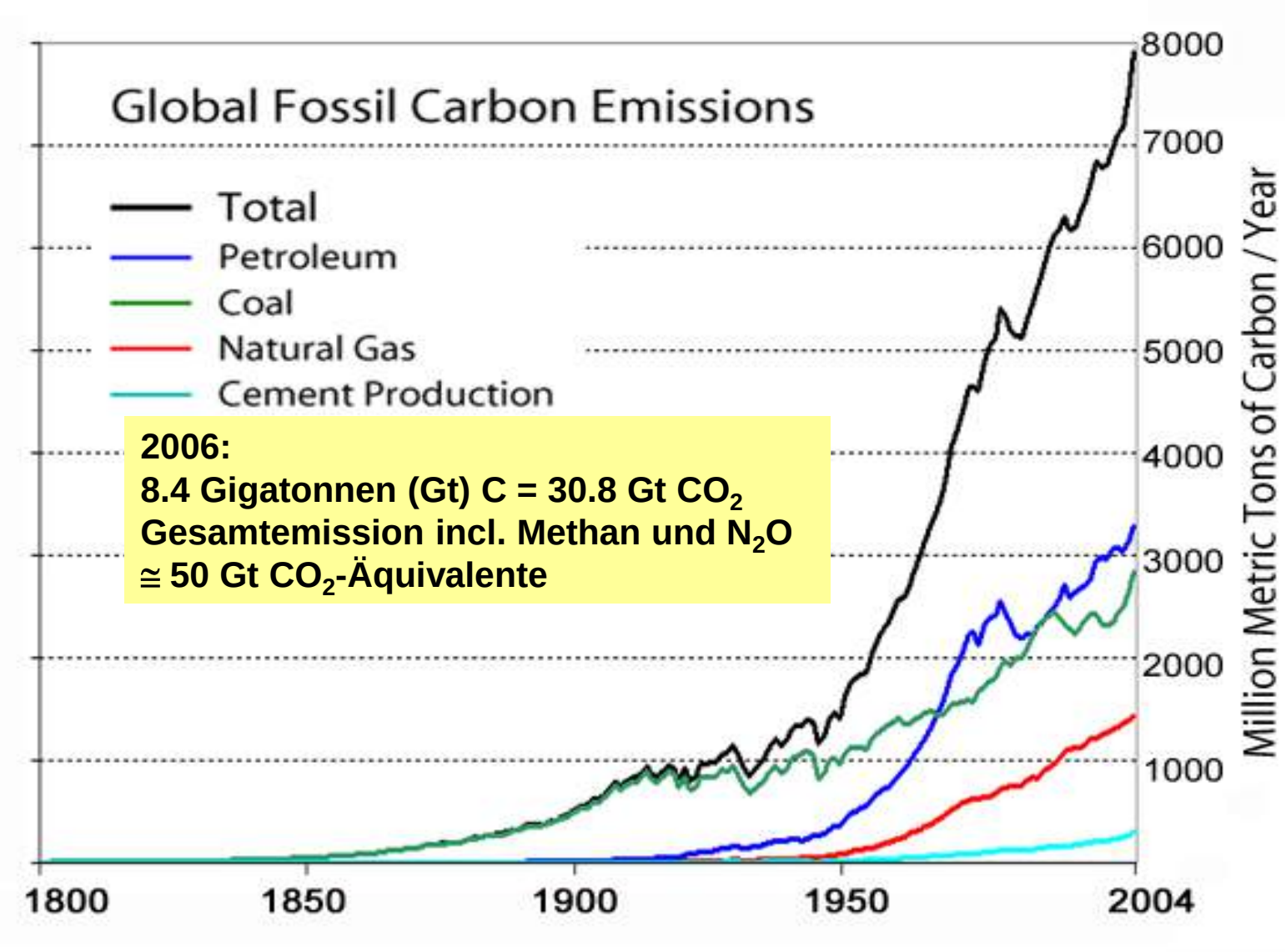
Fuhrer, 2010

Die Schweiz wird wärmer…



Fuhrer, 2010

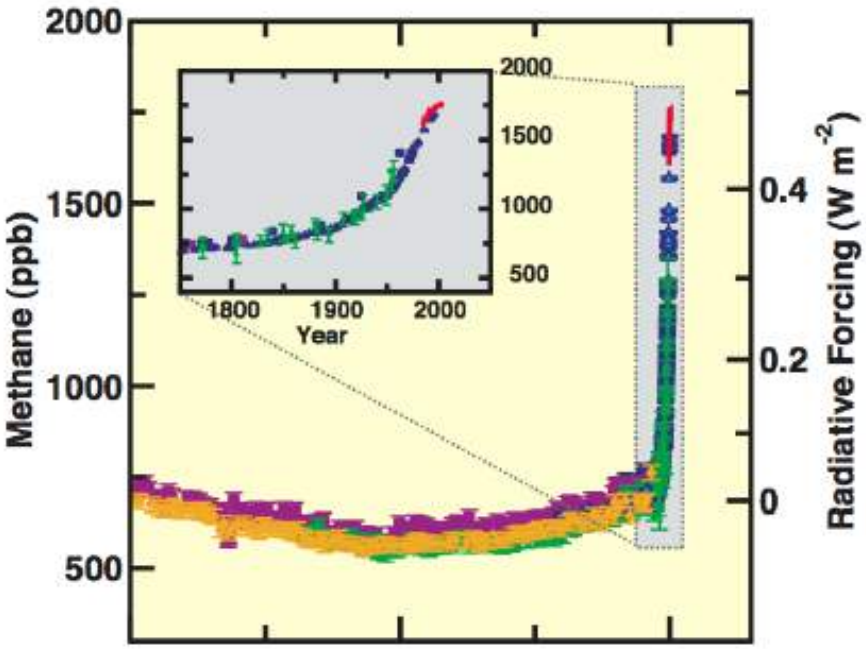
Anstieg der atmosphärischen CO_2-Konzentrationen

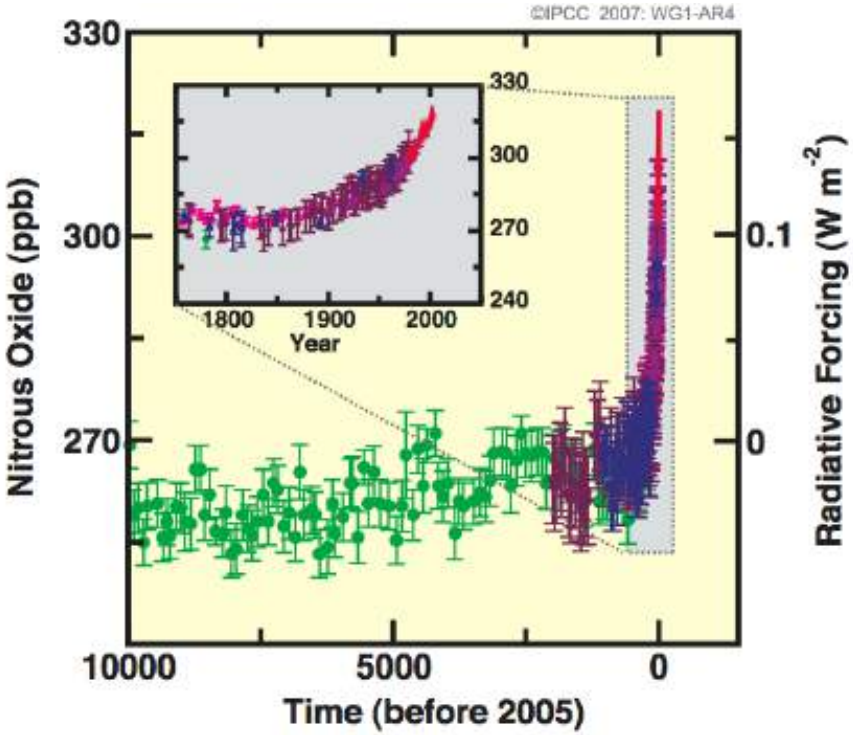


Anstieg der Konzentrationen weiterer Gase

Treibhausgaspotential:

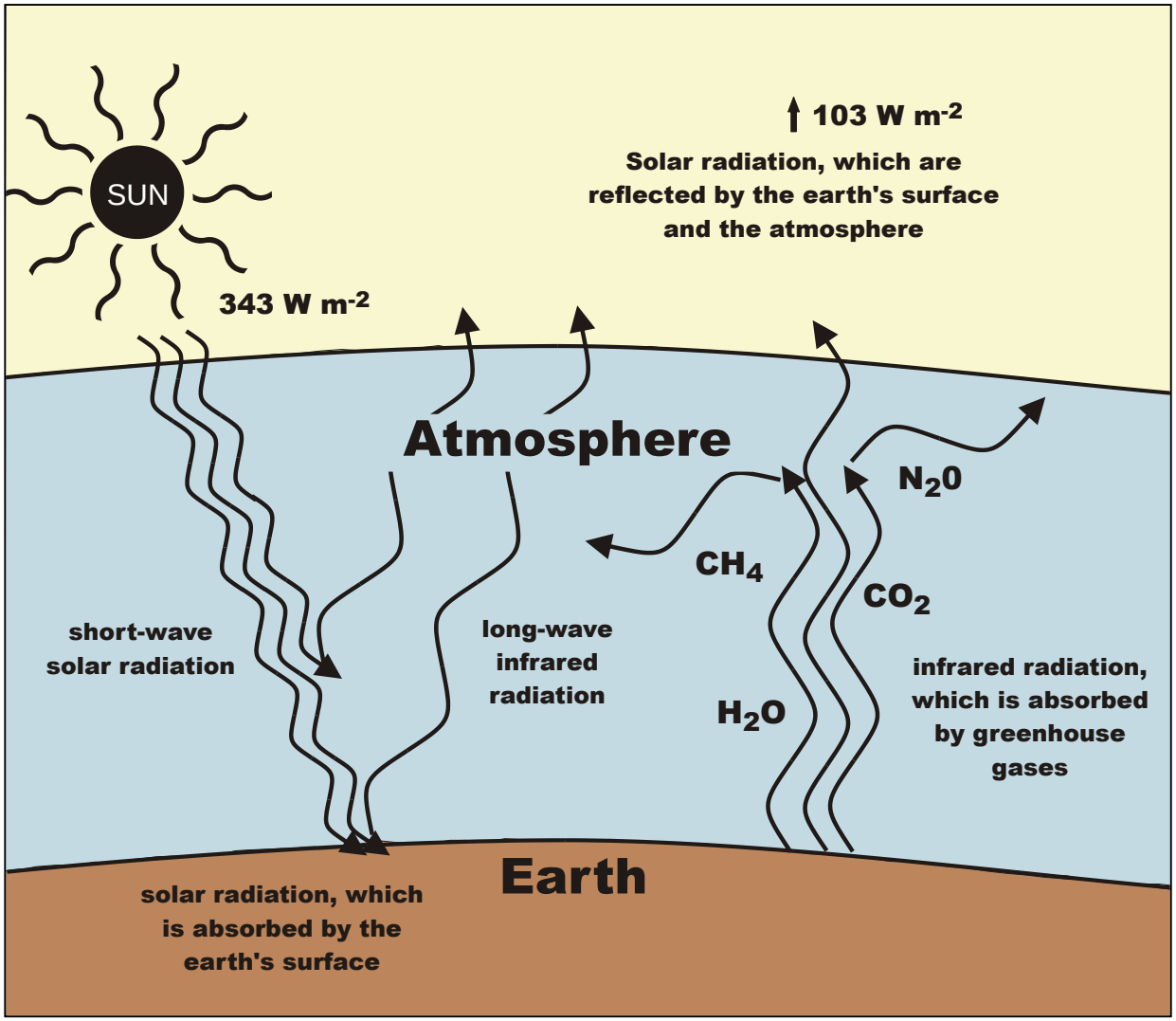
Methan (CH_4): 21 * CO_2 Lachgas (N_2O): 300 * CO_2





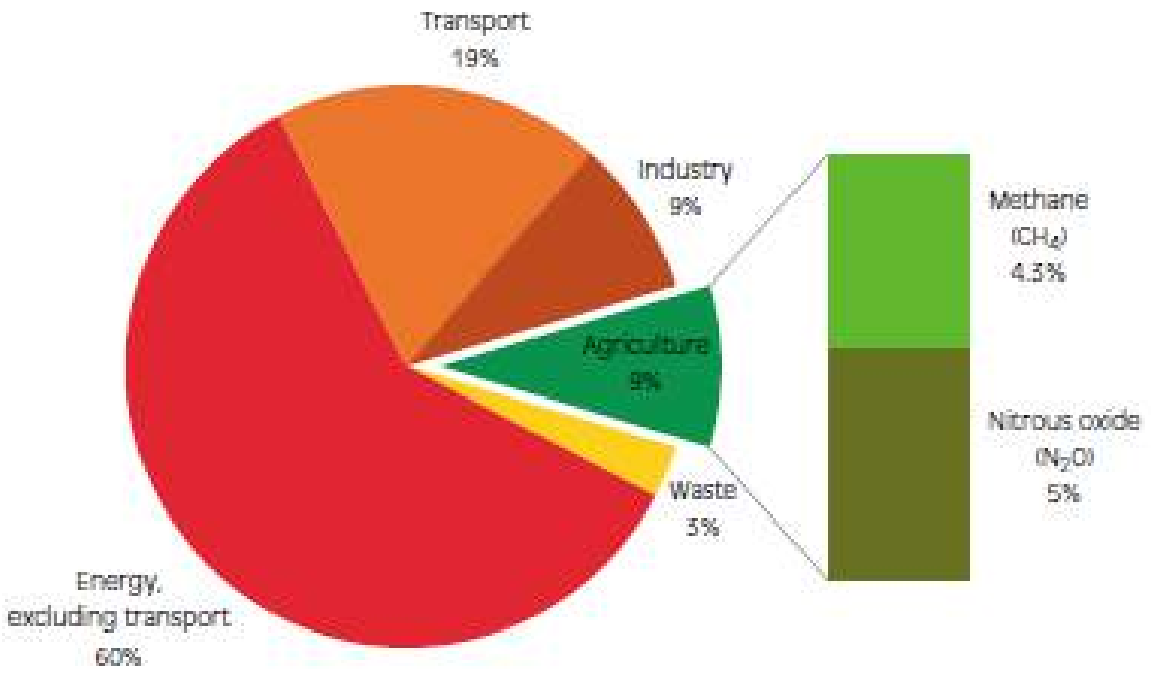
IPCC (2007) 4th assessment report

Der Treibhauseffekt



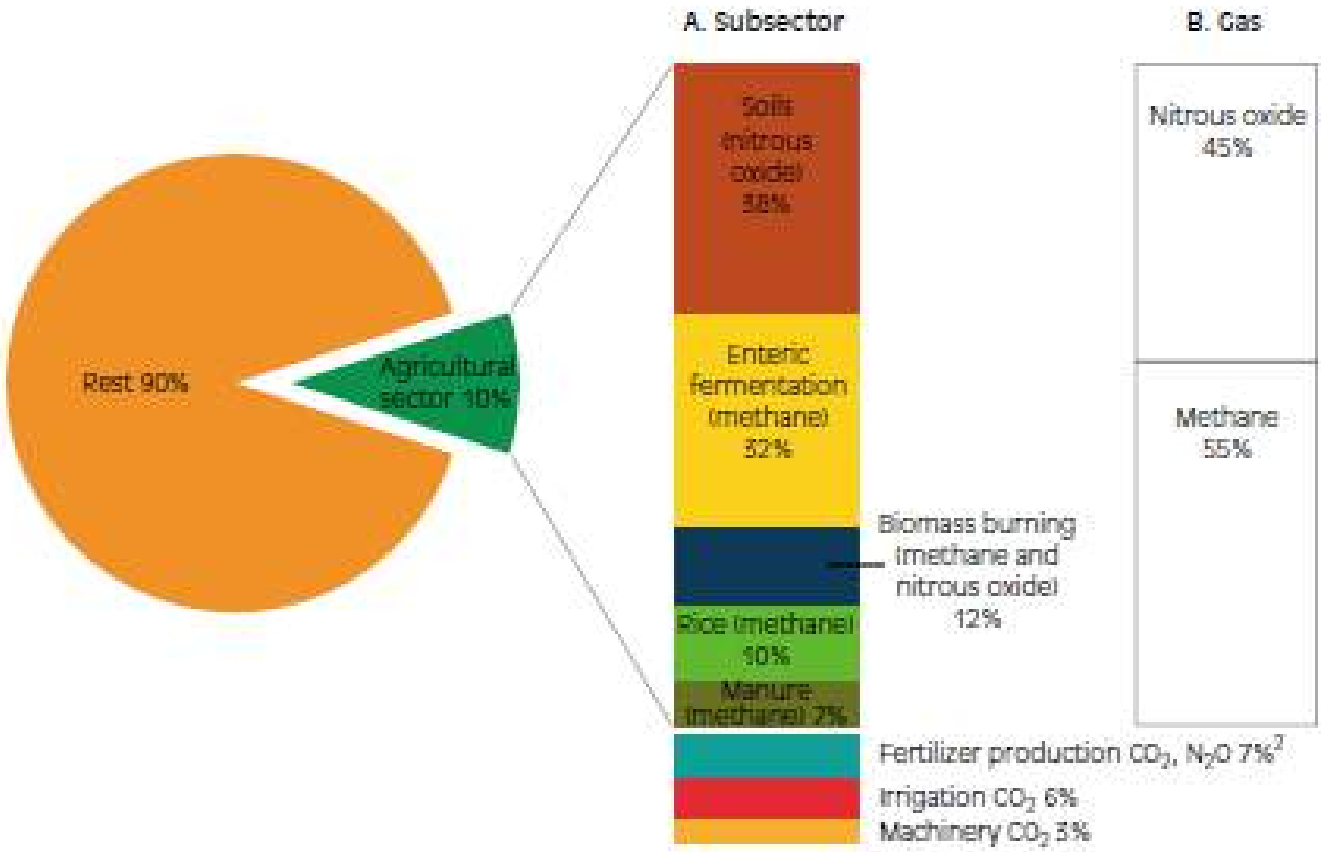
IPCC, 1994.

THG-Emissionen im Agrarsektor der EU-27 in 2007 (CO2-eq)



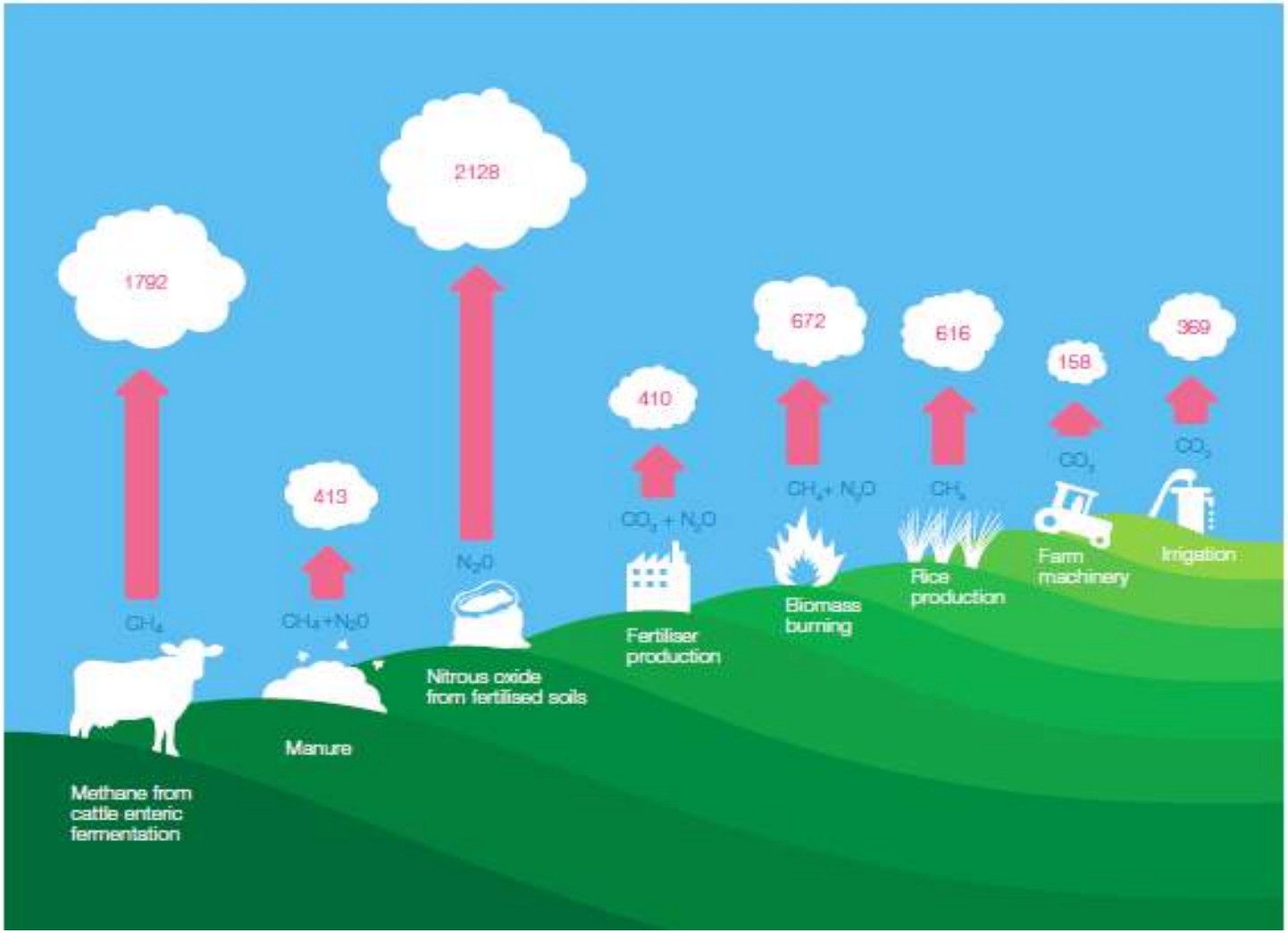
Based on EEA databases (on the basis of EU Member States greenhouse gas inventories and projections) (EC 2009a)

Globale THG-Emissionen im Agrarsektor



Adapted from Bellarby et al. 2008

Globale Treibhausgasemissionen der Landwirtschaft (ohne LULUCF)



Bellarby et al. 2008

Treibhausgasemissionen aus der Schweizer Landwirtschaft

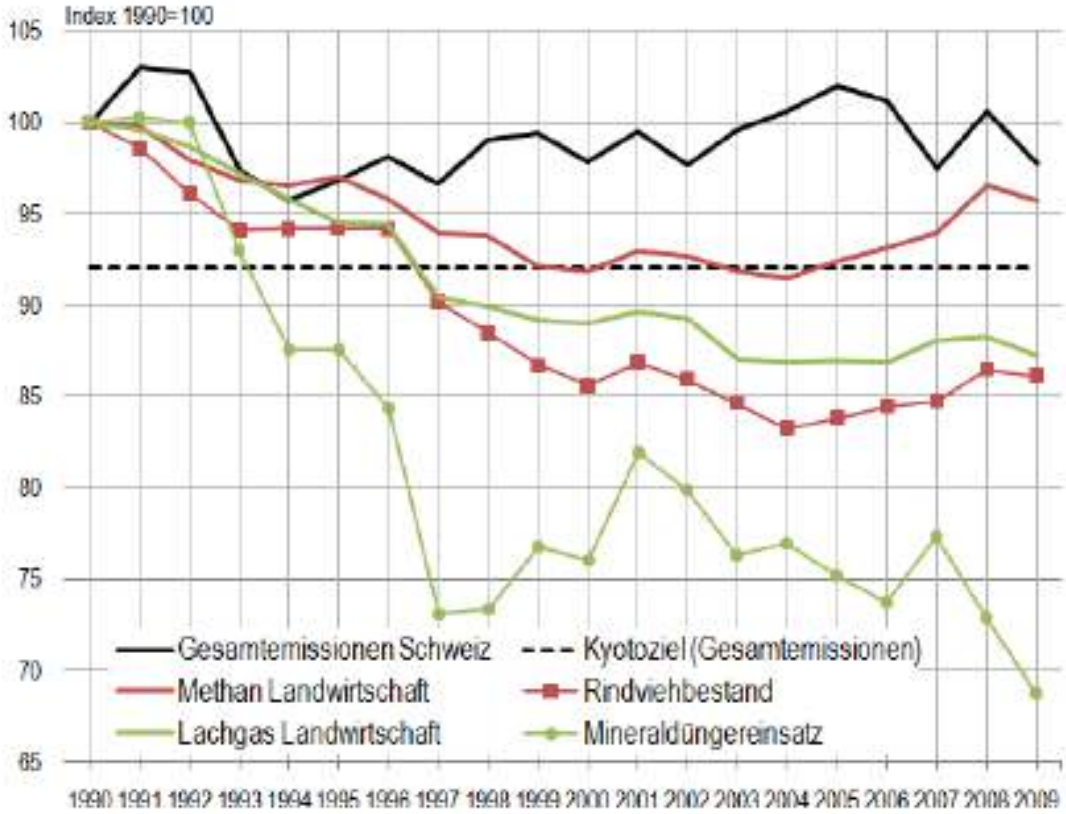


Abbildung 1: *Entwicklung von Treibhausgasemissionen, Rindviehbestand und Düngereinsatz in der Schweiz relativ zum Stand von 1990*[8].

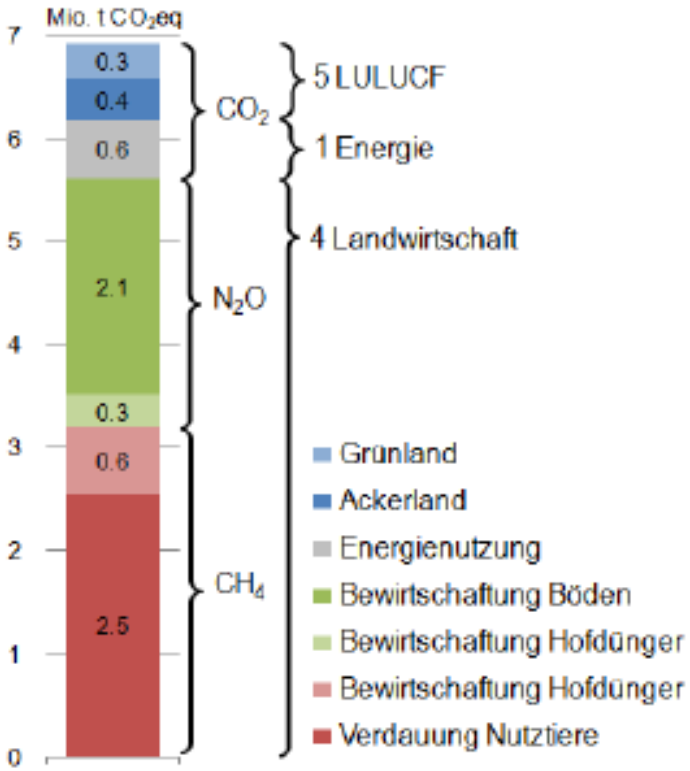
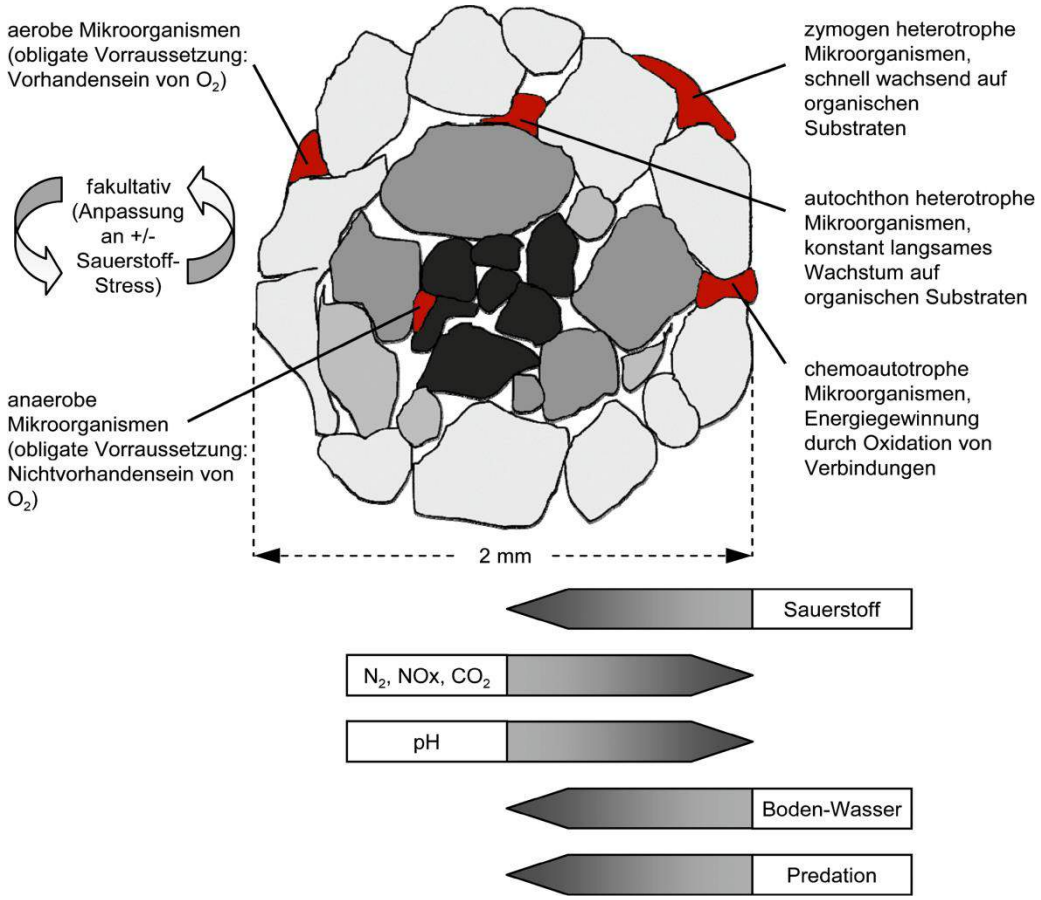


Abbildung 2: *Treibhausgasemissionen aus der Landwirtschaft nach Gas und Kategorie gemäss nationalem Inventar im Jahr 2009*[9].

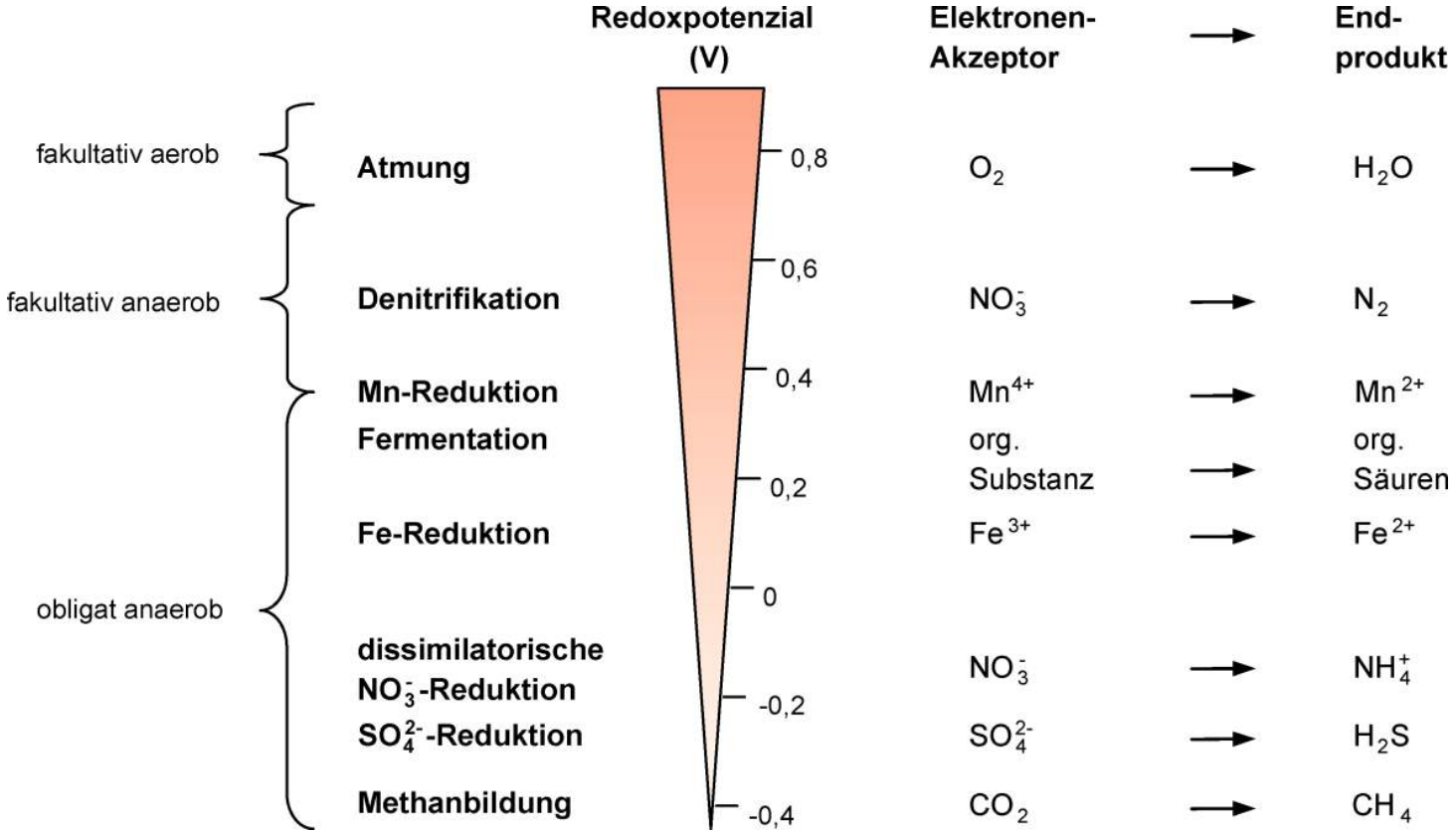
BAFU, 2011

Der Boden als Habitat verschiedener mikrobieller Gemeinschaften und klimarelevanter Stoffumsetzungen



Aus: Scheffer/Schachtschabel: *Lehrbuch der Bodenkunde*, 16. Aufl. © Spektrum Akademischer Verlag Heidelberg 2010

Lachgas- und Methanbildung in Böden bedingt durch fakultativ und obligat anaerobe Organismen



Aus: Scheffer/Schachtschabel: *Lehrbuch der Bodenkunde*, 16. Aufl. © Spektrum Akademischer Verlag Heidelberg 2010

II. Bodenmikroorganismen und Lachgas

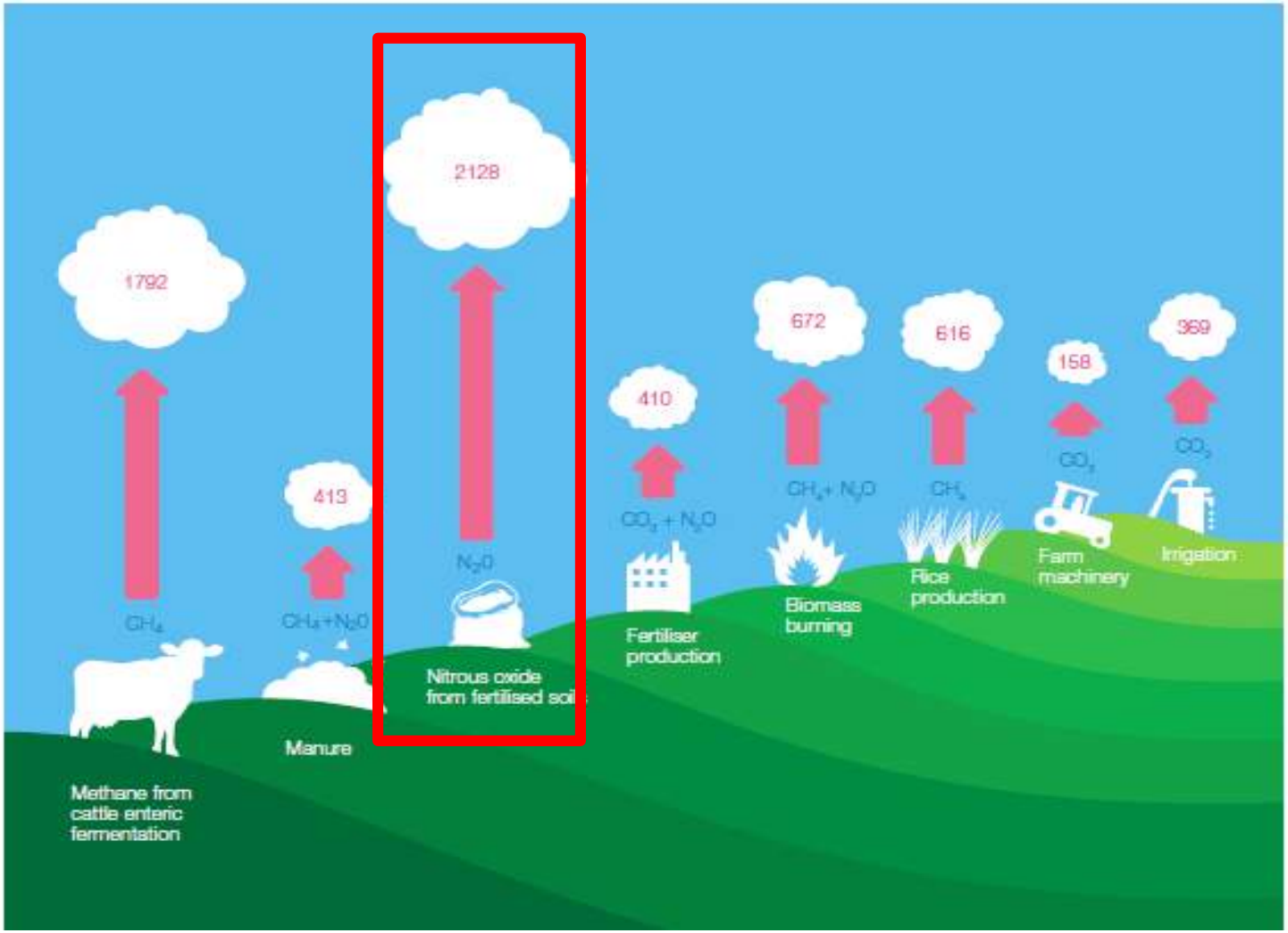
„*Unfortunately, denitrification is a miserable process to measure.*"

P. M. Groffman et al. (2006)

II. Bodenmikroorganismen und Lachgas

- N-Kreislauf und Lachgasbildung
- Quellen der Lachgasfreisetzung aus Böden
- Relevante Organismen und deren Nachweis
- Möglichkeiten zur Reduktion der Lachgasemissionen

Globale Treibhausgasemissionen der Landwirtschaft (ohne LULUCF)



Bellarby et al. 2008

Landwirtschaftliche Böden sind bedeutende Lachgasquellen

Table 1-1. Source estimates for global N_2O emissions [Tg N_2O-N year^{-1}], adopted from IPCC (2001)

Reference	*Mosier et al.* [1998] *Kroeze et al.* [1999]		*Olivier et al.* [1998]	
Base year	1994		1990	
Sources	Tg N year^{-1}	range	Tg N year^{-1}	range
Ocean	3.0	1 – 5	3.6	2.8 – 5.7
Atmosphere	0.6	0.3 – 1.2	0.6	0.3 – 1.2
Wet forest soils	3.0	2.2 – 3.7		
Dry savannah soils	1.0	0.5 – 2.0		
Temperate forest soils	1.0	0.1 – 2.0		
Temperate grassland soils	1.0	0.5 – 2.0		
All soils			6.6	3.3 – 9.9
Natural sub-total	**9.6**	**4.6 – 15.9**	**10.8**	**6.4 – 16.8**
Agricultural soils *	4.2	0.6 – 14.8	1.9	0.7 – 4.3
Biomass burning	0.5	0.2 – 1.0	0.5	0.2 – 0.8
Industrial Sources	1.3	0.7 – 1.8	0.7	0.2 – 1.1
Cattle and feedlots	2.1	0.6 – 3.1	1.0	0.2 – 2.0
Anthropogenic sub-total	**8.1**	**2.1 – 20.7**	**4.1**	**1.3 – 7.7**
Total sources	**17.7**	**6.7 – 36.6**	**14.9**	**7.7 – 24.5**
Imbalance (trend)	3.9	3.1 – 4.1		
Total sinks (stratospheric)	12.3	9 – 16		
Implied total source	**16.2**			

* direct and indirect emissions.

1 tera gram = 10^{12} g
= 1000.000 t

Stehfest, 2005

Simulierte jährliche N2O-Emissionsraten aus landwirtschaftl. genutzten Böden

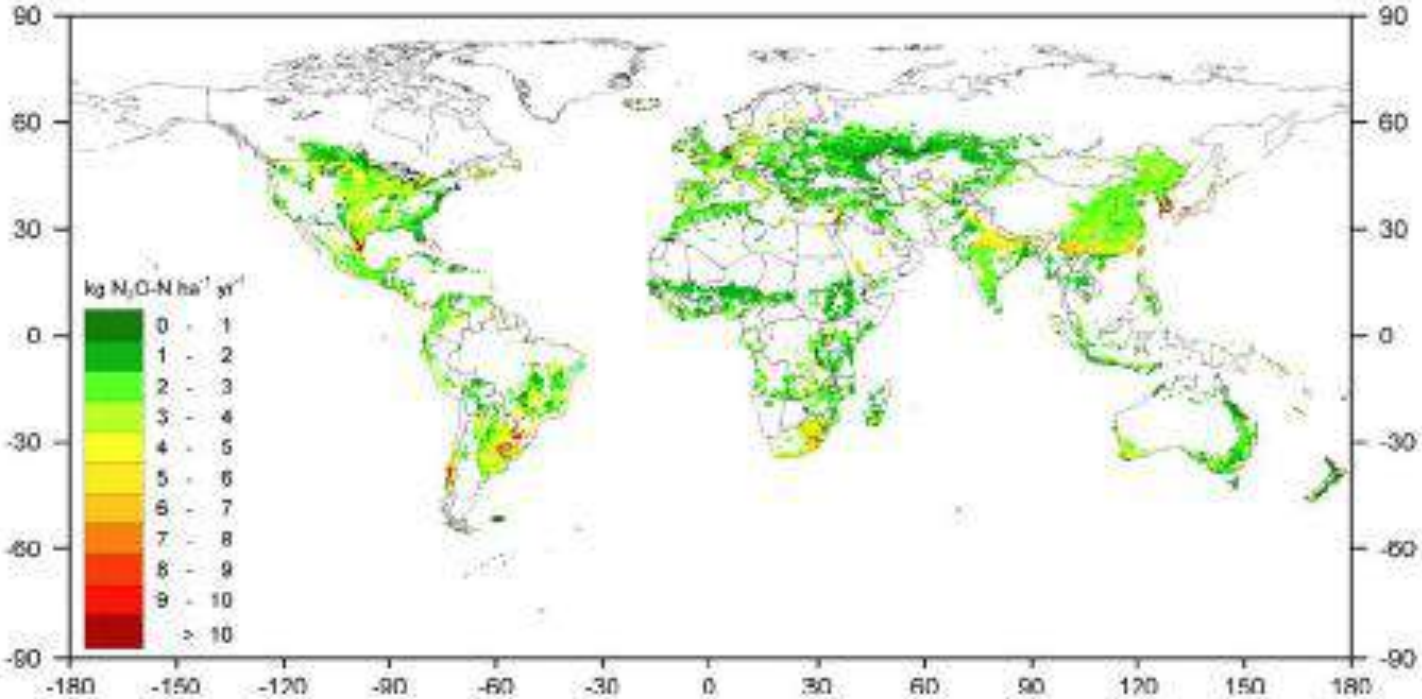


Figure 3-1. Simulated annual N_2O emission rates for agriculture and grassland. Values are weighted averages over the crop and grassland areas within one grid cell and refer to land use in 1998.

Stehfest, 2005

Simulierte jährliche N2O-Emissionsraten aus natürlichen Ökosystemen (Landwirtschaftl. Flächen und Sekundärwald sowie polare und aride Klimate ausgeschlossen).

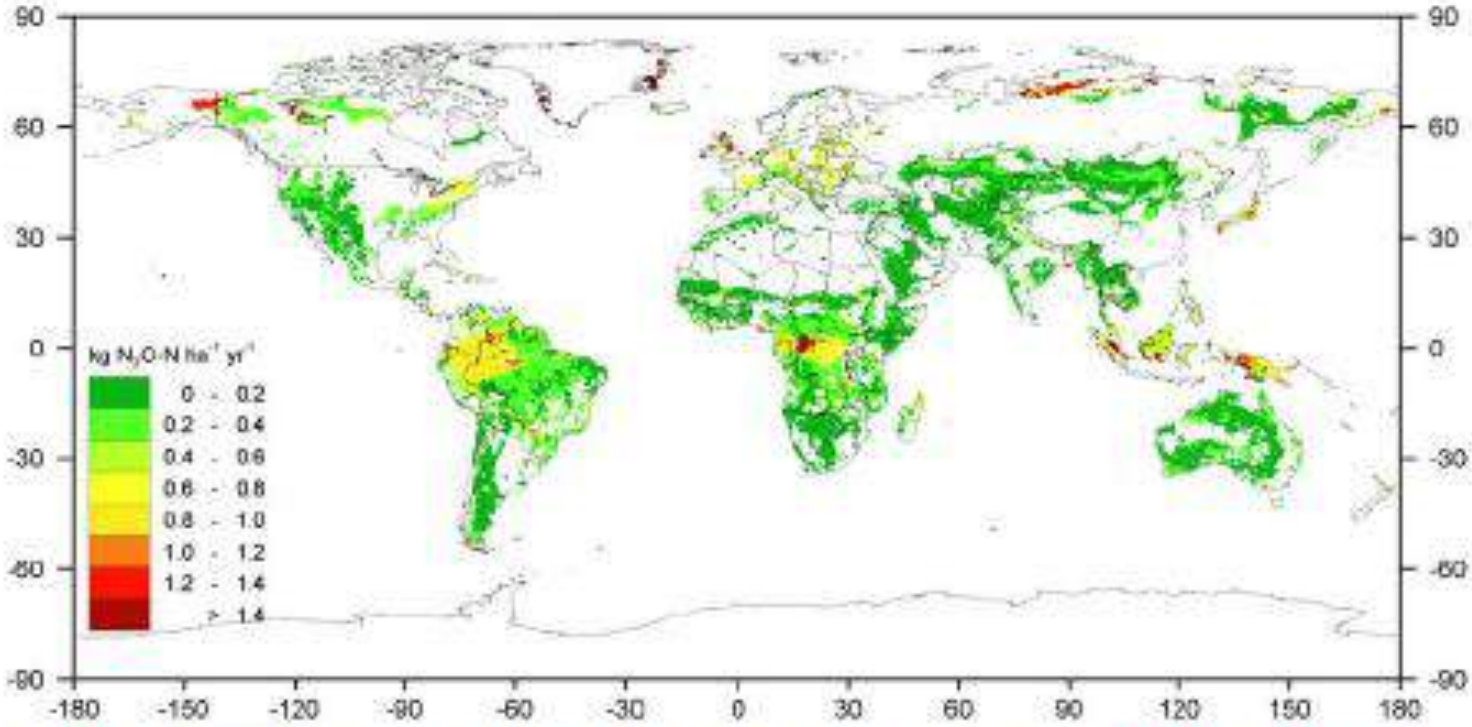
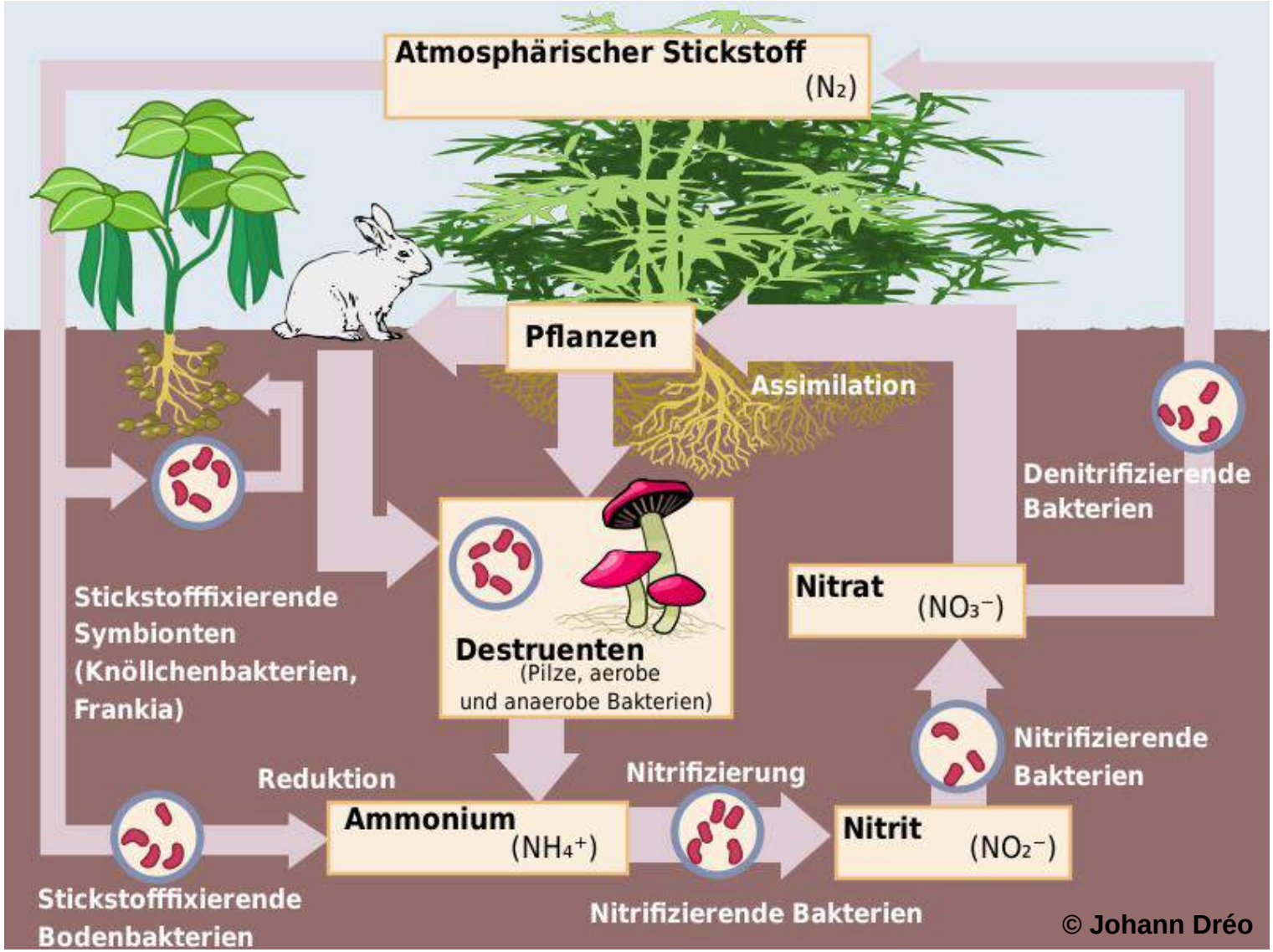


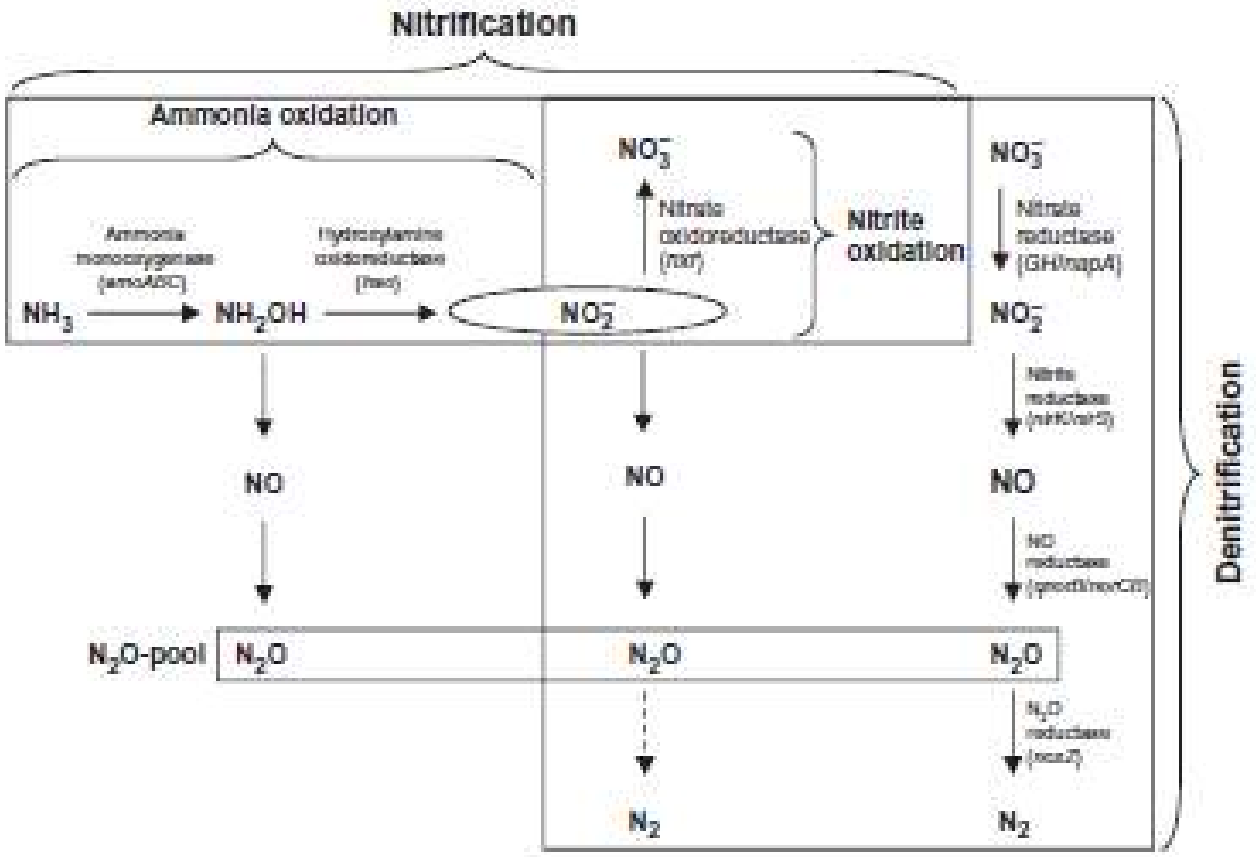
Figure 3-3. Simulated annual N_2O emission rates for natural ecosystems for 1998 land cover. Agricultural area, regrowth forest, arid climate and polar climate are excluded.

Stehfest, 2005

N-Kreislauf

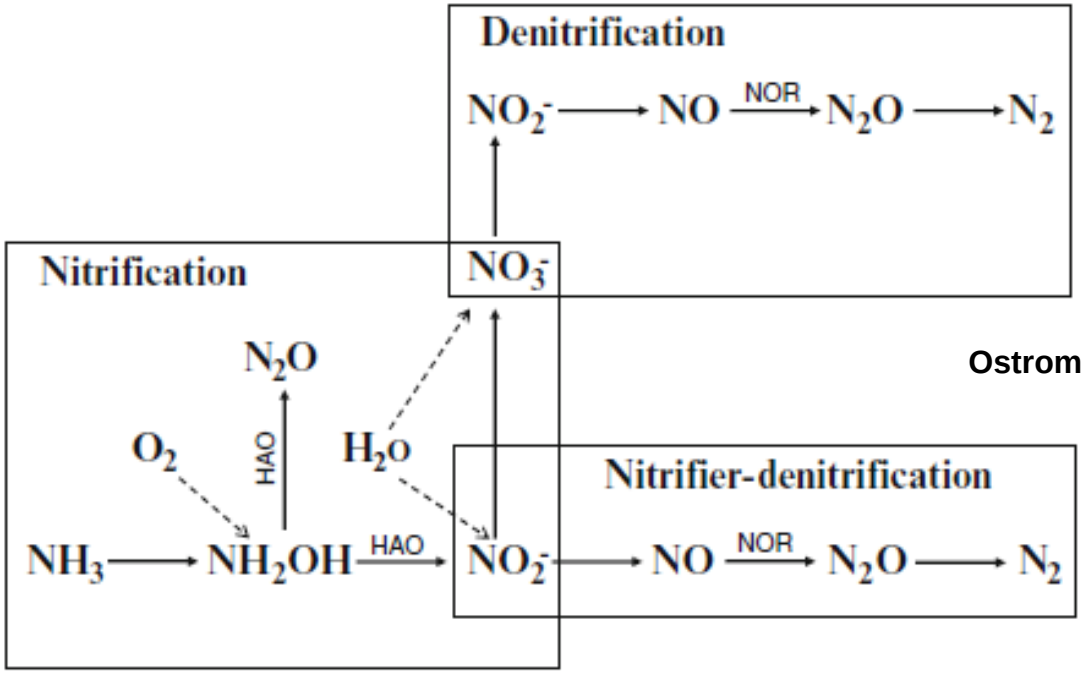

Atmosphärischer Stickstoff
(N_2)
Pflanzen
Assimilation
Denitrifizierende Bakterien
Stickstofffixierende Symbionten (Knöllchenbakterien, Frankia)
Destruenten
(Pilze, aerobe und anaerobe Bakterien)
Nitrat
(NO_3^-)
Nitrifizierende Bakterien
Reduktion
Nitrifizierung
Ammonium
(NH_4^+)
Nitrit
(NO_2^-)
Stickstofffixierende Bodenbakterien
Nitrifizierende Bakterien
© Johann Dréo

Mikrobielle Regelung der N_2O-Bildung und Umsetzung



Braker & Conrad, 2011

Mikrobielle Regelung der N_2O-Bildung und Umsetzung



Ostrom & Ostrom, 2011

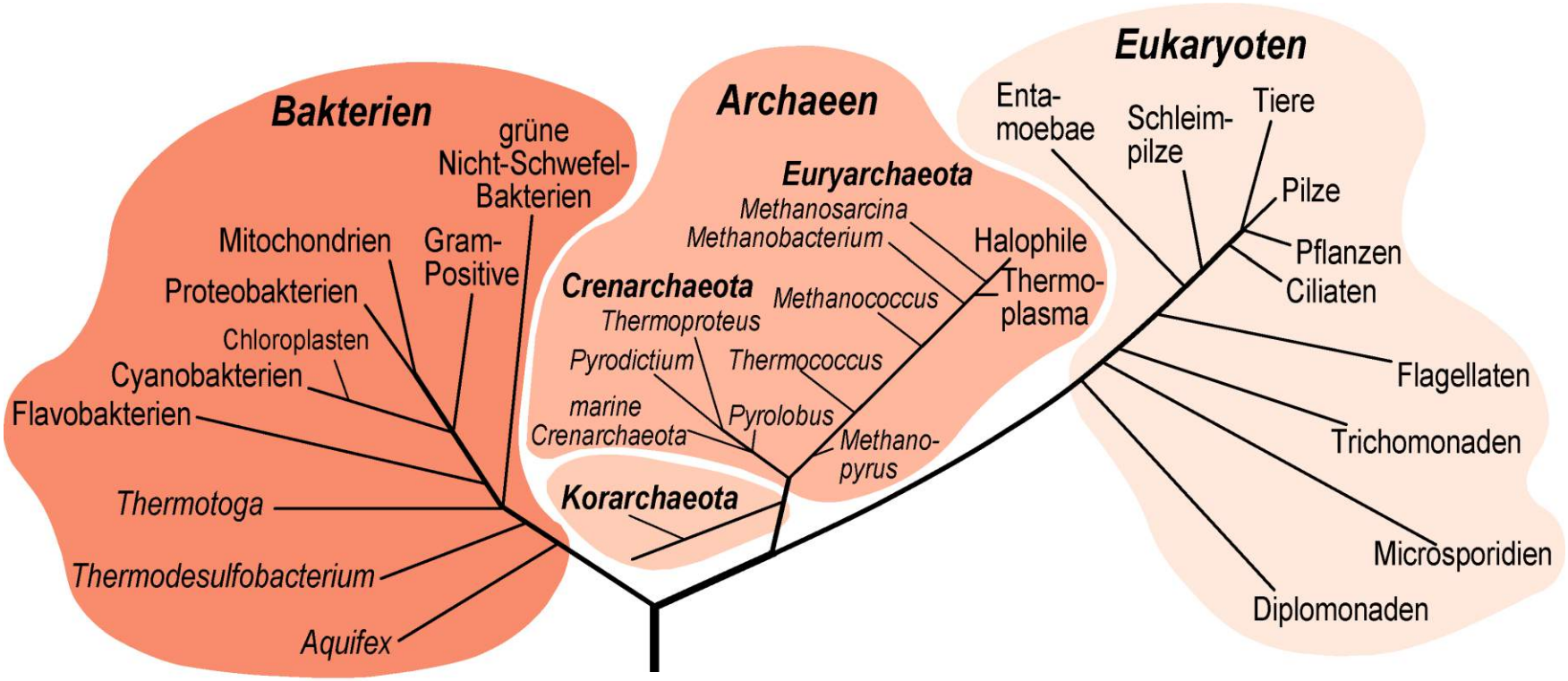
Nitrifikation ist dominierende Quelle für N2O-Bildung in gut durchlüfteten Böden bei wassergefülltem Porenvolumen (WFPS) < 60%; Denitrification dominierende Quelle für N2O-Bildung unter anaeroben Bedinungungen, bei 60-90% WFPS (Bateman and Baggs, 2005).

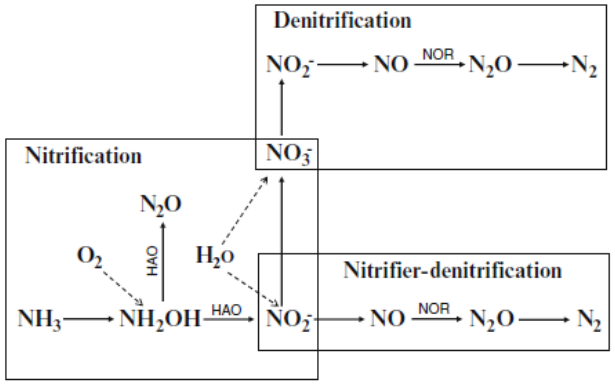
Der komplette Denitrifkationsprozess

Nitrat-Reduktase (*Nar*) Nitrit-Reduktase (*Nir*) NO-Reduktase (*Nor*) Lachgas-Reduktase (*Nos*)

$$2NO_3^- \longrightarrow 2NO_2^- \longrightarrow 2(NO) \longrightarrow N_2O \longrightarrow N_2$$

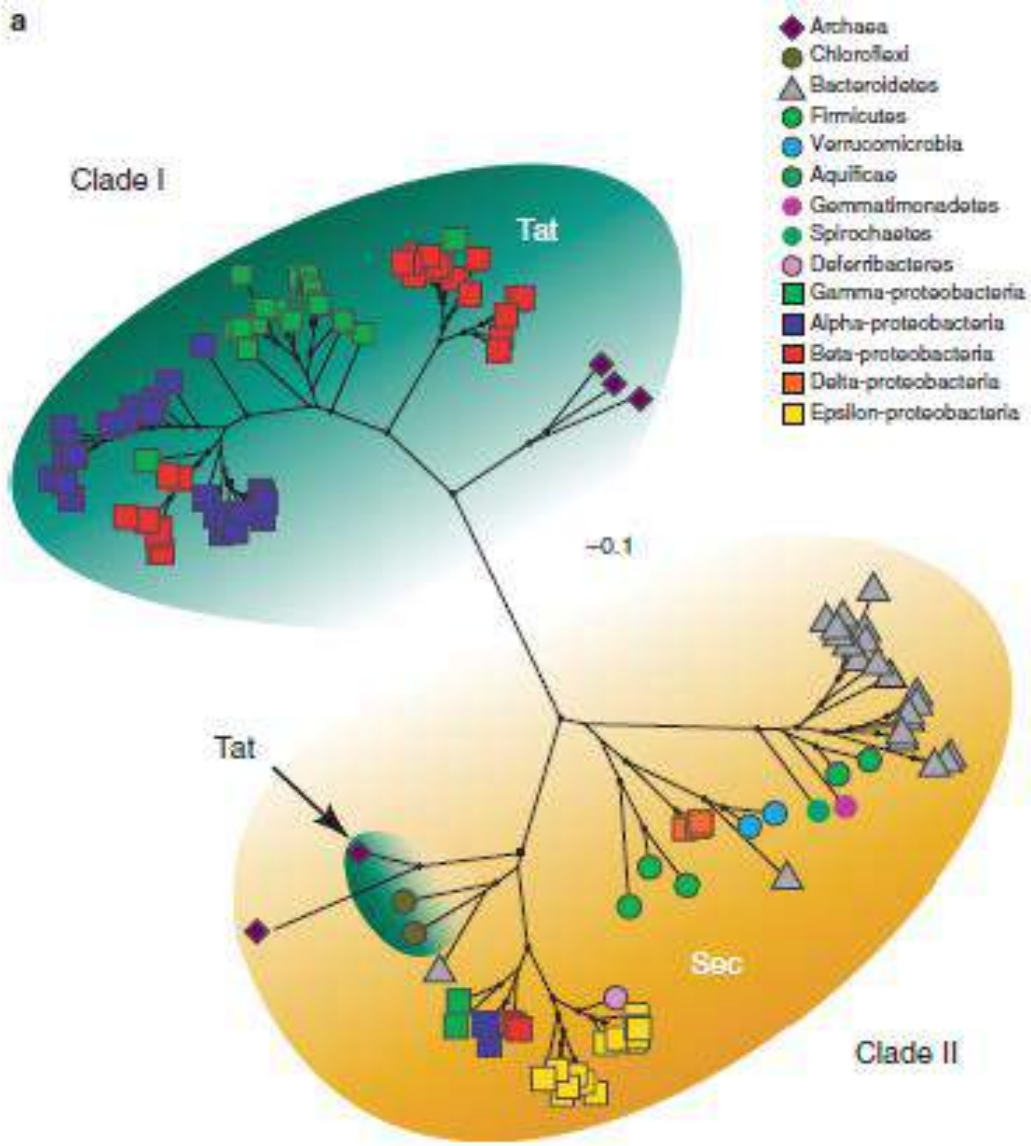
Lachgasbildung in allen 3 Domänen der Biosphäre





(Fuchs & Schlegel, 2007)

The unaccounted yet abundant N2O-reducing (nosZ) microbial community: a potential nitrous oxide sink



Jones et al., 2013

Schematisches Modell der Lachgas-relevanten Prozesse im Boden

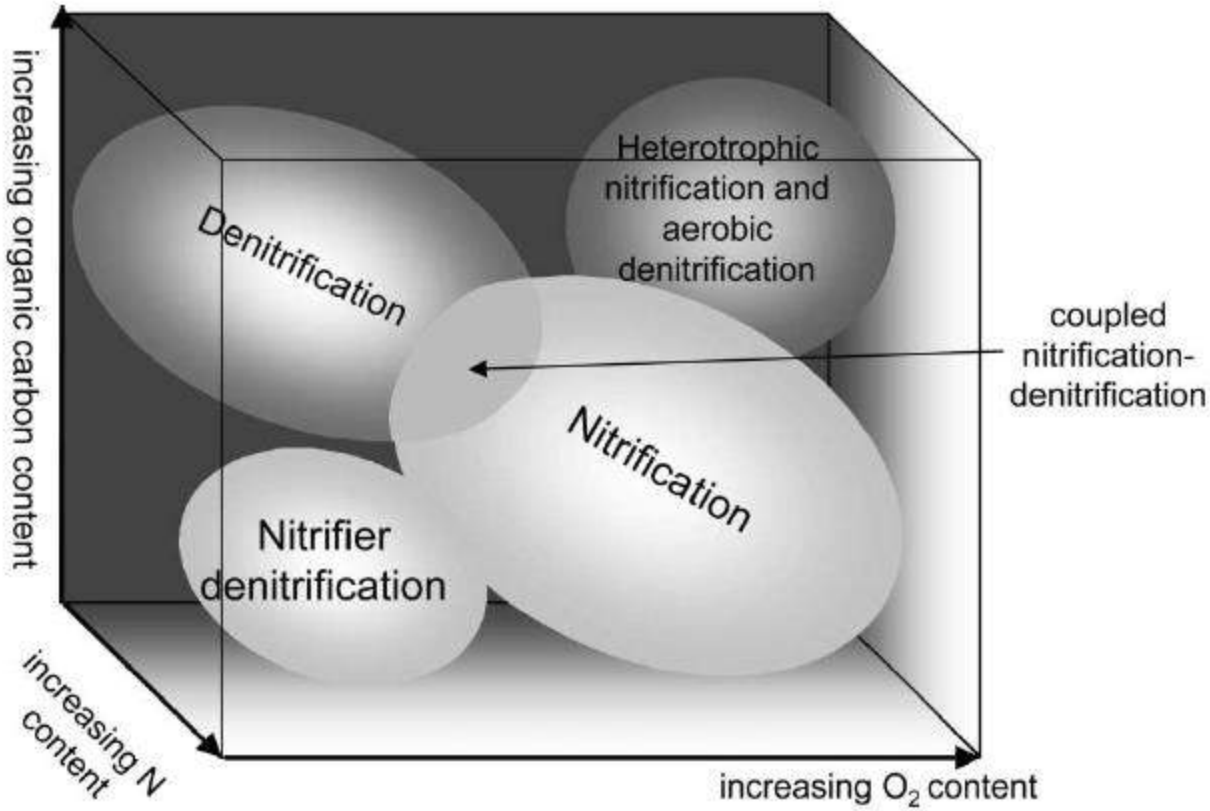
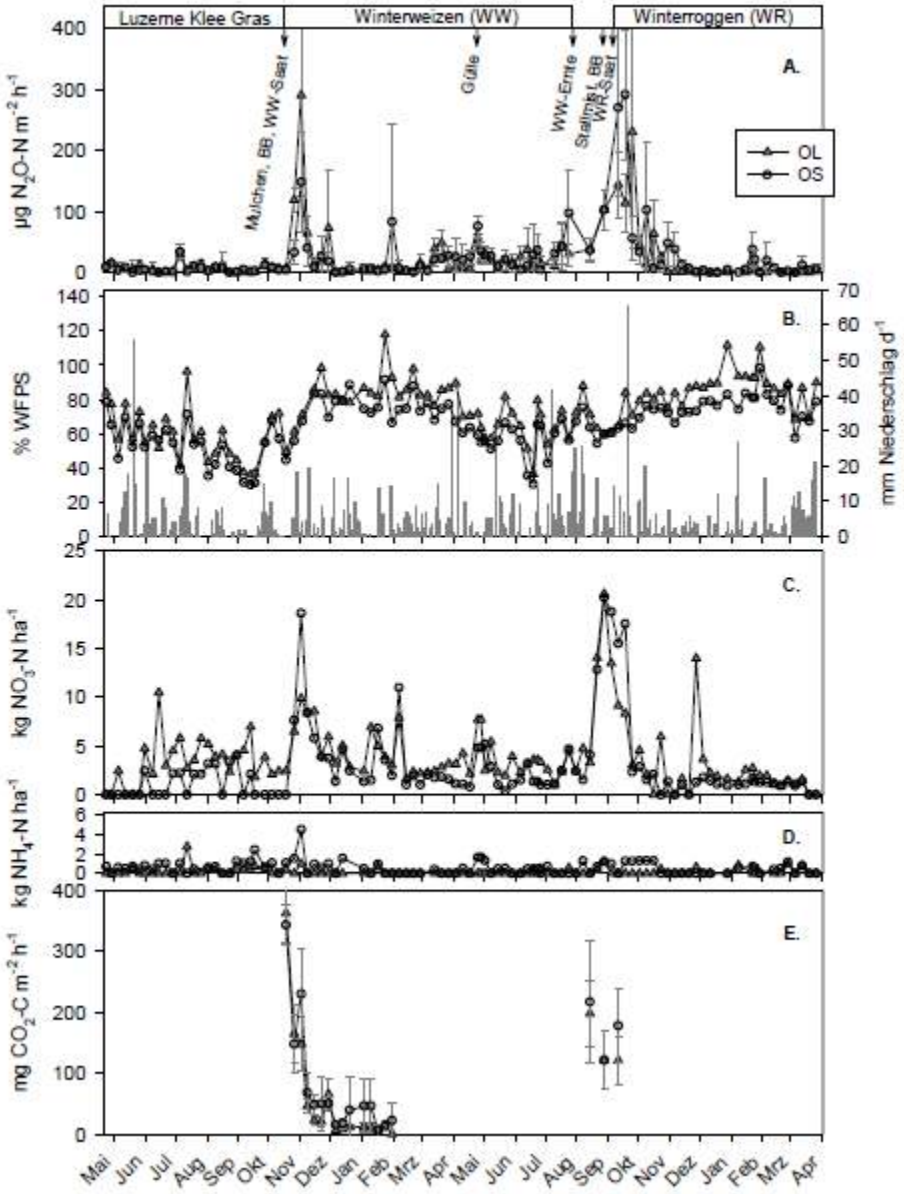


Fig. 6. Possible ecological niche for the nitrification pathway nitrifier denitrification in fertilized soils.

Wrage et al., 2001

Landwirtschaftliche Böden sind eine bedeutende Lachgasquelle (Bsp. Ackerboden)



Sehy, 2003