



UNIVERSITÄT HOHENHEIM



# **Einfluss von Applikationstechnik und Nitrifikationshemmstoffen auf die N<sub>2</sub>O- und CH<sub>4</sub>-Flüsse nach Gülleausbringung**

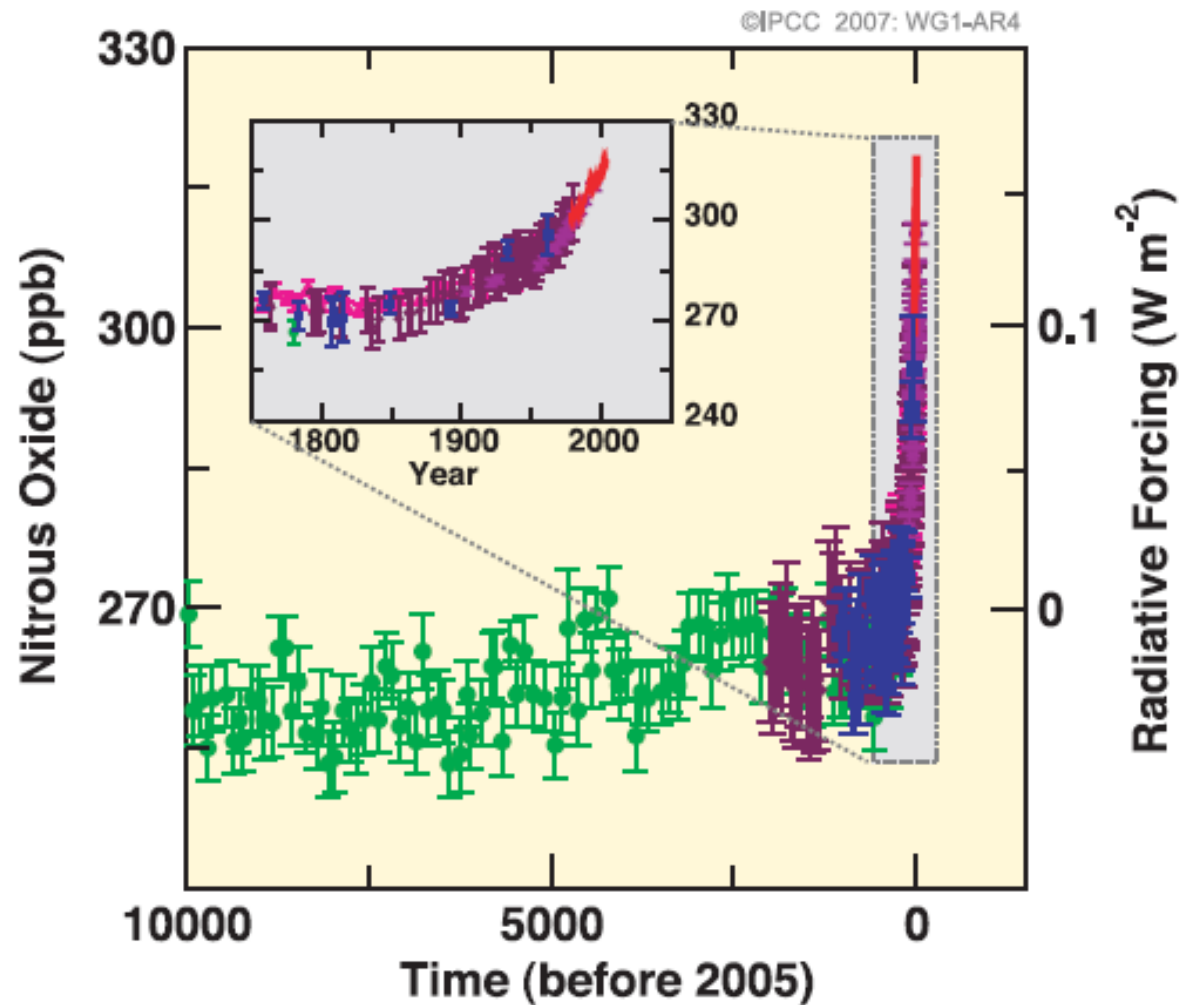
**Reiner Ruser, Christina Herr, Torsten Müller**

Institut für Kulturpflanzenwissenschaften  
Fachgebiet Düngung und Bodenstoffhaushalt  
Universität Hohenheim (340i)  
Fruwirthstraße 20  
70599 Stuttgart  
[Reiner.Ruser@uni-hohenheim.de](mailto:Reiner.Ruser@uni-hohenheim.de)



# Atmosphärische N<sub>2</sub>O-Konzentration

Einleitung  
N<sub>2</sub>O-Konzentration



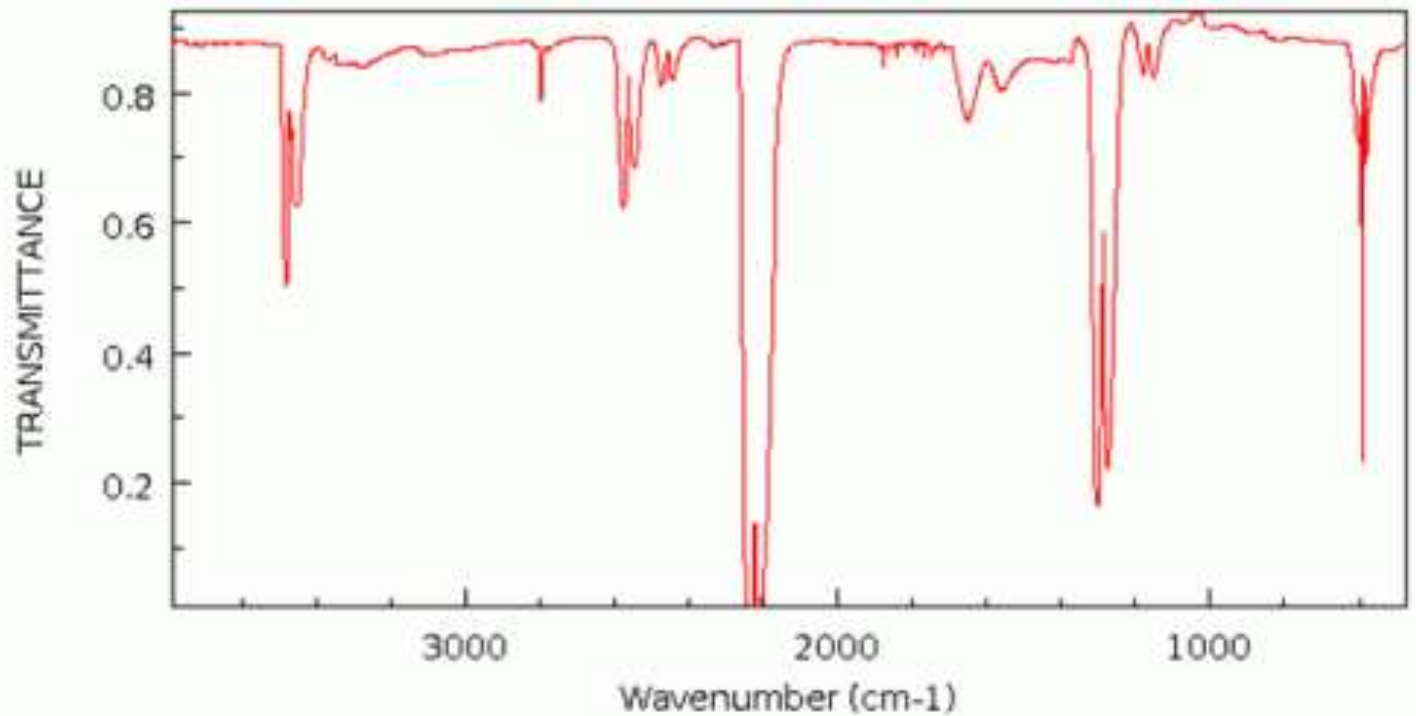
(IPCC, 2007)

Gülledepot Workshop, 20.05.16



# IR-Spektrum von N<sub>2</sub>O

Einleitung  
N<sub>2</sub>O-Konzentration  
Eigenschaften





# Treibhausgaseigenschaften von CH<sub>4</sub> und N<sub>2</sub>O

## Einleitung

## N<sub>2</sub>O-Konzentration Eigenschaften

	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O
Vorindustrielle Konzentration	~ 700 ppb	~ 270 ppb
Konzentration 2011	1800 ppb	324 ppb
Jährliche Zunahme (1995-2005)	7,0 ppb a <sup>-1</sup>	0,73 ppb a <sup>-1</sup>
Atmosphärische Verweildauer	12 a	114 a
GWP	24	298
Anteil am anthropogenen Treibhauseffekt	20%	7%

GWP = Global Warming Potential, spezifisches Treibhauspotential bezogen auf die gleiche Masse CO<sub>2</sub> (Zeithorizont: 100 Jahre)

**☞ Neben Treibhauseffekt N<sub>2</sub>O: Beteiligung am stratosphärischen Ozonabbau!**

# N<sub>2</sub>O-Quellen und –Senken (IPCC, 2013)



## Einleitung

N<sub>2</sub>O-Konzentration

Eigenschaften

N<sub>2</sub>O-Quellen & Senken

- Globale Emission ( $\Sigma$  natürliche + anthropogene N<sub>2</sub>O-Emission): 17,9 Tg N a<sup>-1</sup>
- Senke Stratosphäre: 14,3 Tg N a<sup>-1</sup>
- Anreicherung Atmosphäre: 3,6 Tg N a<sup>-1</sup>
- Anthropogene N<sub>2</sub>O-Emission: 6,9 Tg N; davon 4,1 Tg N aus landwirtschaftlich genutzten Böden (~ 60%)



# Prozesse der $N_2O$ -Bildung und des $N_2O$ -Verbrauchs in Böden

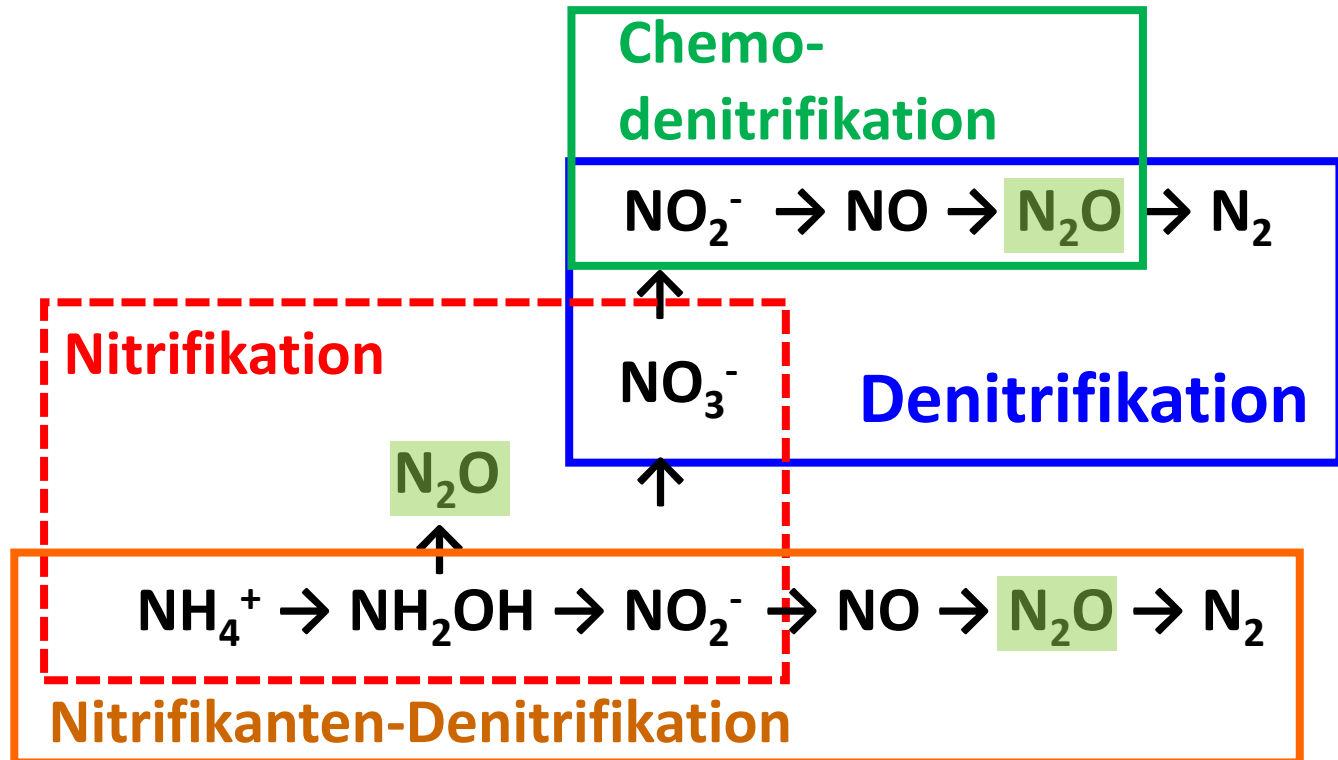
## Einleitung

$N_2O$ -Konzentration

Eigenschaften

$N_2O$ -Quellen & Senken

$N_2O$ -Bildung in Böden



(verändert nach Baggs, 2008)



# CH<sub>4</sub>-Flüsse in/aus Böden

## Einleitung

N<sub>2</sub>O-Konzentration

Eigenschaften

N<sub>2</sub>O-Quellen & Senken

N<sub>2</sub>O-Bildung in Böden

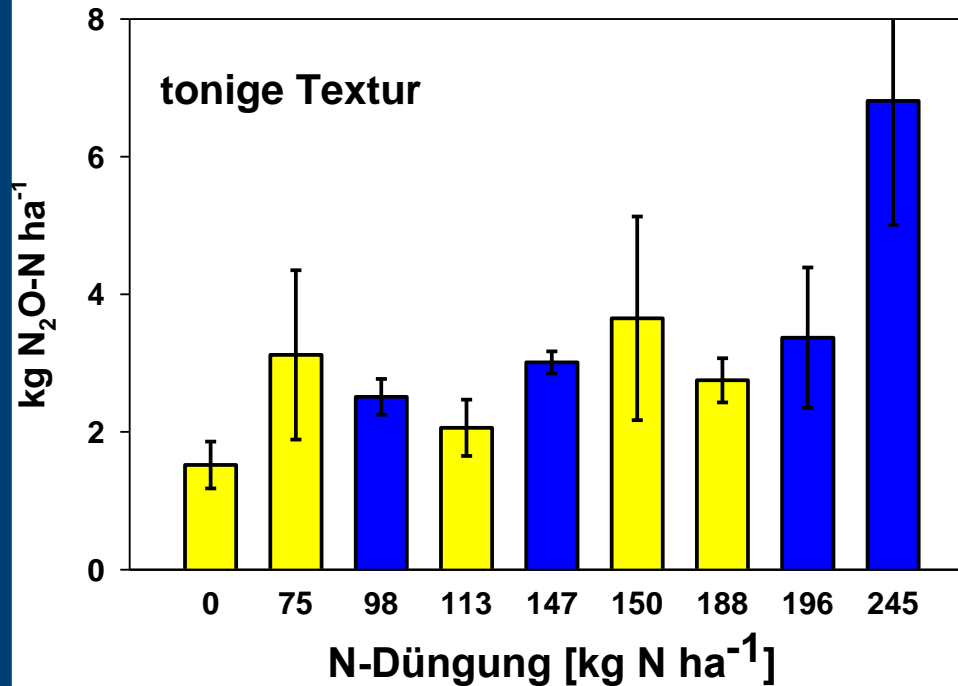
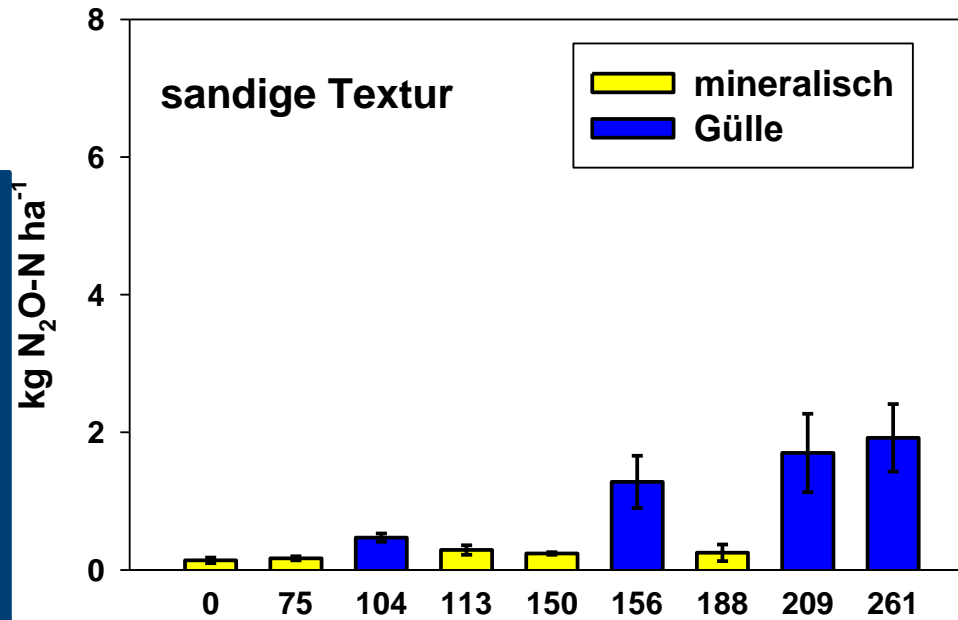
CH<sub>4</sub>-Flüsse

- In gut belüfteten Böden wird CH<sub>4</sub> von methanotrophen Mikroorganismen oxidiert. ☞ Böden = CH<sub>4</sub>-Senken
- Enzyme bei der CH<sub>4</sub>-Oxidation: Methan-Monooxygenase (MMO) und Ammonium-Monooxygenase (AMO).
- N-Düngung vermindert CH<sub>4</sub> Verbrauch von Böden (Inhibierung der MMO durch Oxidation von NH<sub>4</sub><sup>+</sup>).
- Böden als Senken für atmosphärisches CH<sub>4</sub>: ca. 4% des atmosphärischen CH<sub>4</sub> wird in Böden oxidiert (~ selbe Größenordnung wie jährliche Zunahme von CH<sub>4</sub> in Atmosphäre (ca. 30 Tg CH<sub>4</sub> a<sup>-1</sup>)).



### Einleitung

- N<sub>2</sub>O-Konzentration
- Eigenschaften
- N<sub>2</sub>O-Quellen & Senken
- N<sub>2</sub>O-Bildung in Böden
- CH<sub>4</sub>-Flüsse
- Organische Düngung



# Einfluss organischer und mineralischer N-Düngung auf die N<sub>2</sub>O-Freisetzung aus Silomaisflächen

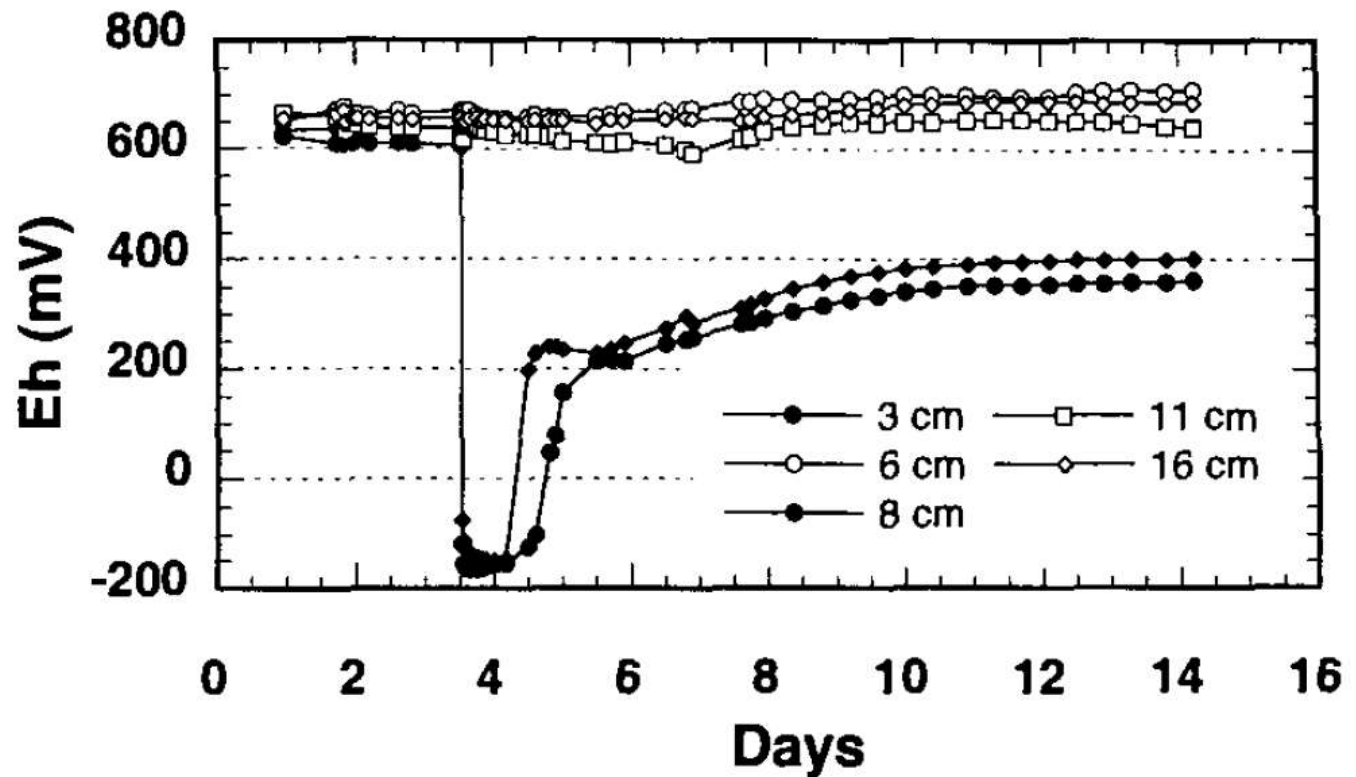
(Van Groenigen et al., 2004)

# Räumliche & zeitliche Variabilität des Redoxpotentials bei Schlitzapplikation von Rindergülle



## Einleitung

N<sub>2</sub>O-Konzentration  
Eigenschaften  
N<sub>2</sub>O-Quellen & Senken  
N<sub>2</sub>O-Bildung in Böden  
CH<sub>4</sub>-Flüsse  
Organische Düngung  
O<sub>2</sub>-Zehrung



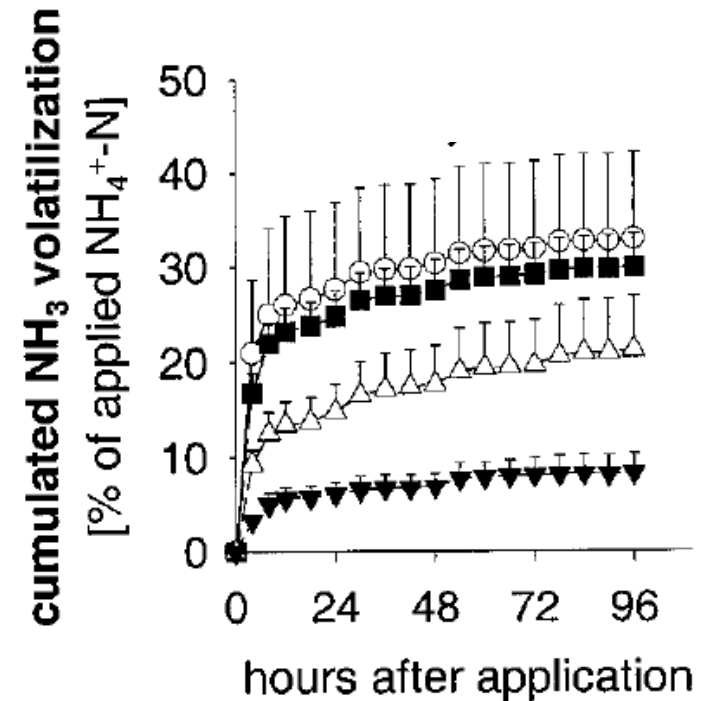
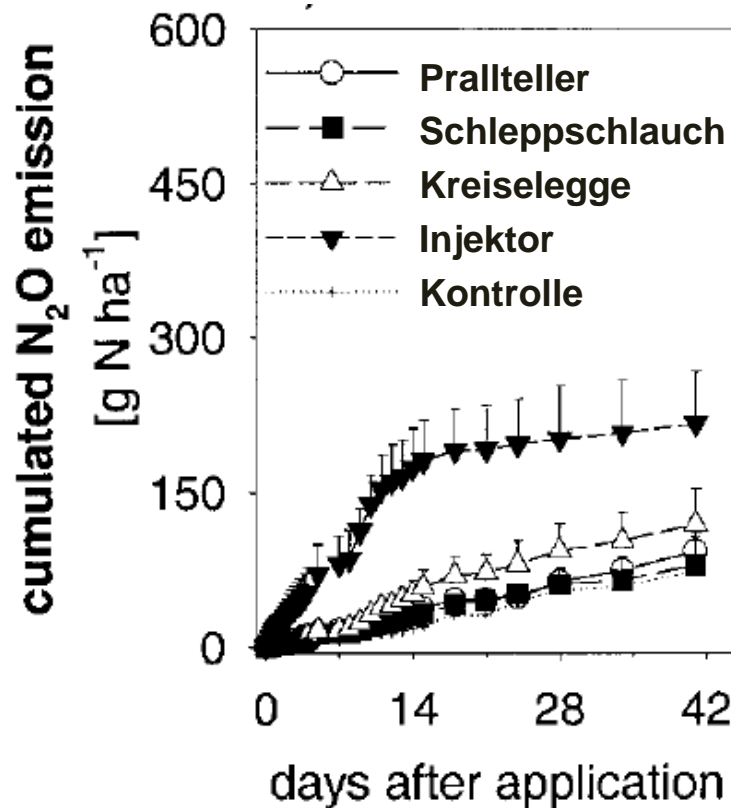
Flessa & Beese (2000)



# Einfluss der Gülleapplikation auf N<sub>2</sub>O- und NH<sub>3</sub>-Emissionen

## Einleitung

N<sub>2</sub>O-Konzentration  
Eigenschaften  
N<sub>2</sub>O-Quellen & Senken  
N<sub>2</sub>O-Bildung in Böden  
CH<sub>4</sub>-Flüsse  
Organische Düngung  
O<sub>2</sub>-Zehrung  
Gülleapplikation



Wulf et al. (2000a & b)

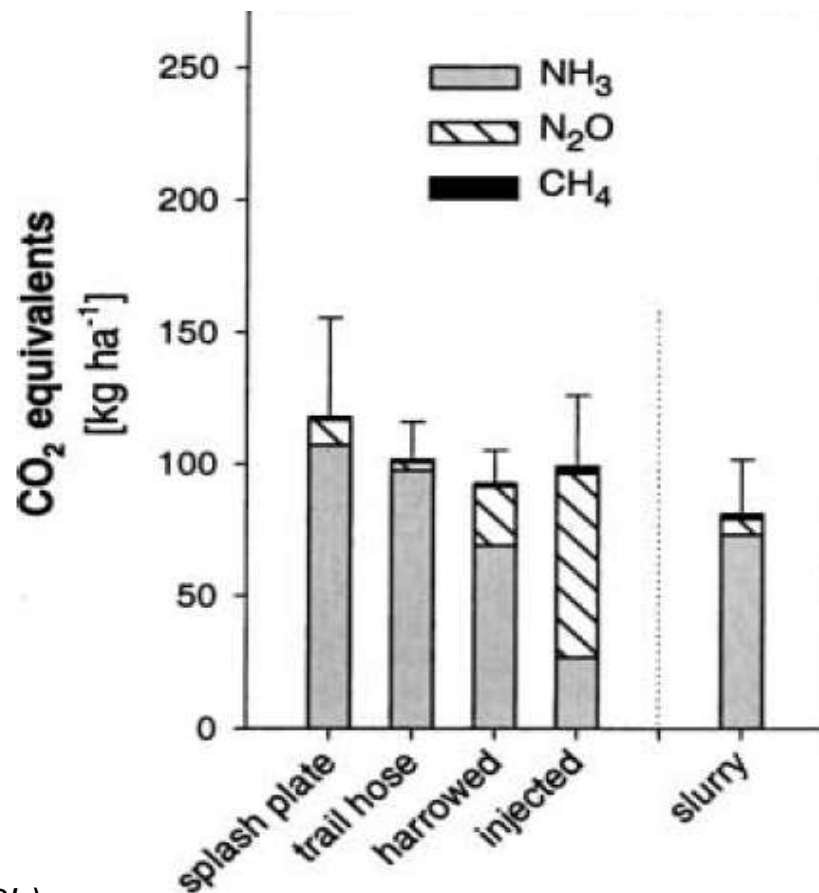


# Treibhauswirkung in Abhängigkeit der Gülleapplikation

## Einleitung

N<sub>2</sub>O-Konzentration  
Eigenschaften  
N<sub>2</sub>O-Quellen & Senken  
N<sub>2</sub>O-Bildung in Böden  
CH<sub>4</sub>-Flüsse  
Organische Düngung  
O<sub>2</sub>-Zehrung  
Gülleapplikation

Ist es möglich, den hohen Anteil der N<sub>2</sub>O-Freisetzung bei Gülleinjektion zu vermindern?



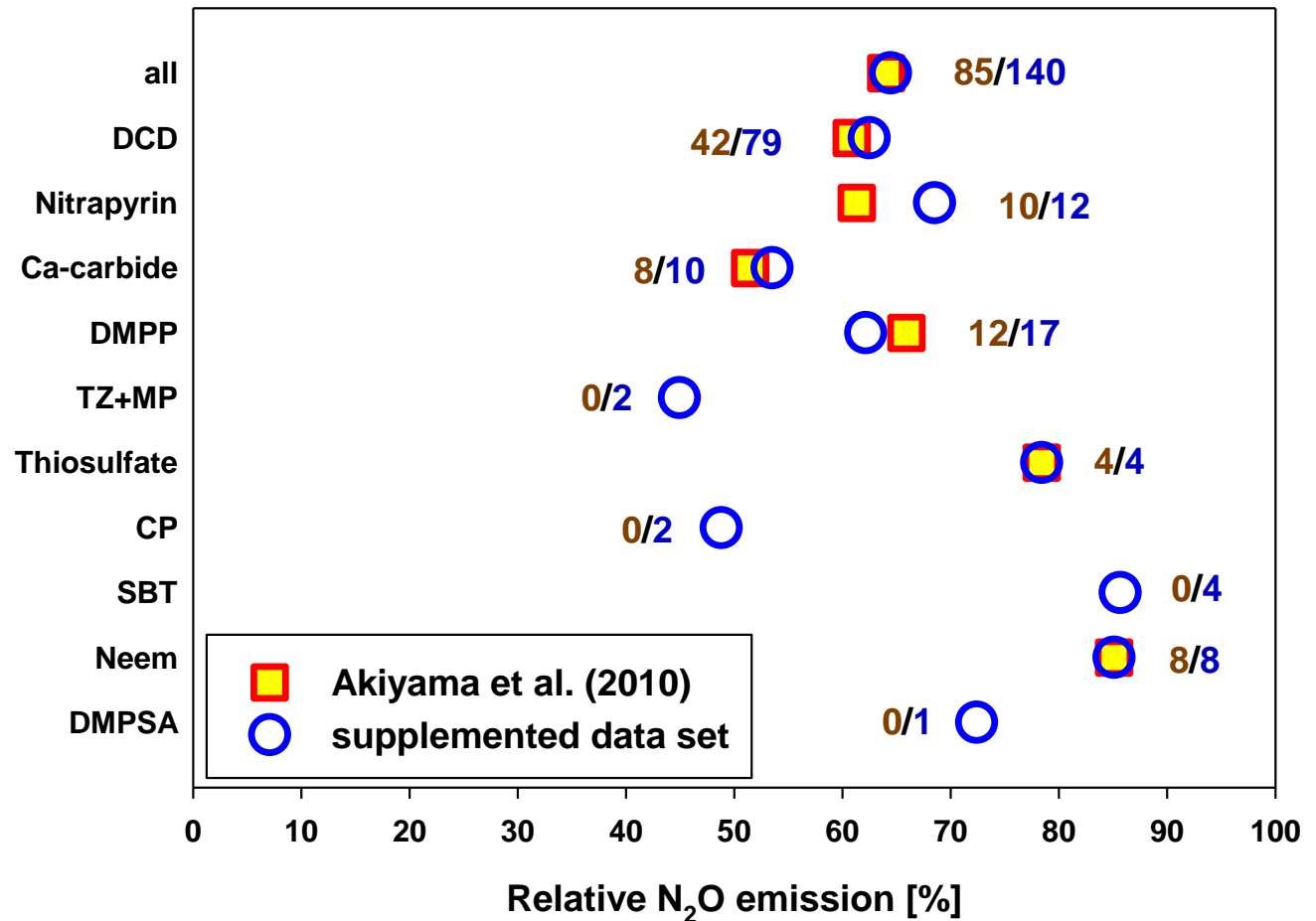
Wulf et al. (2000b)



# N<sub>2</sub>O-Minderung mit Hilfe von Nitrifikationshemmstoffen

## Einleitung

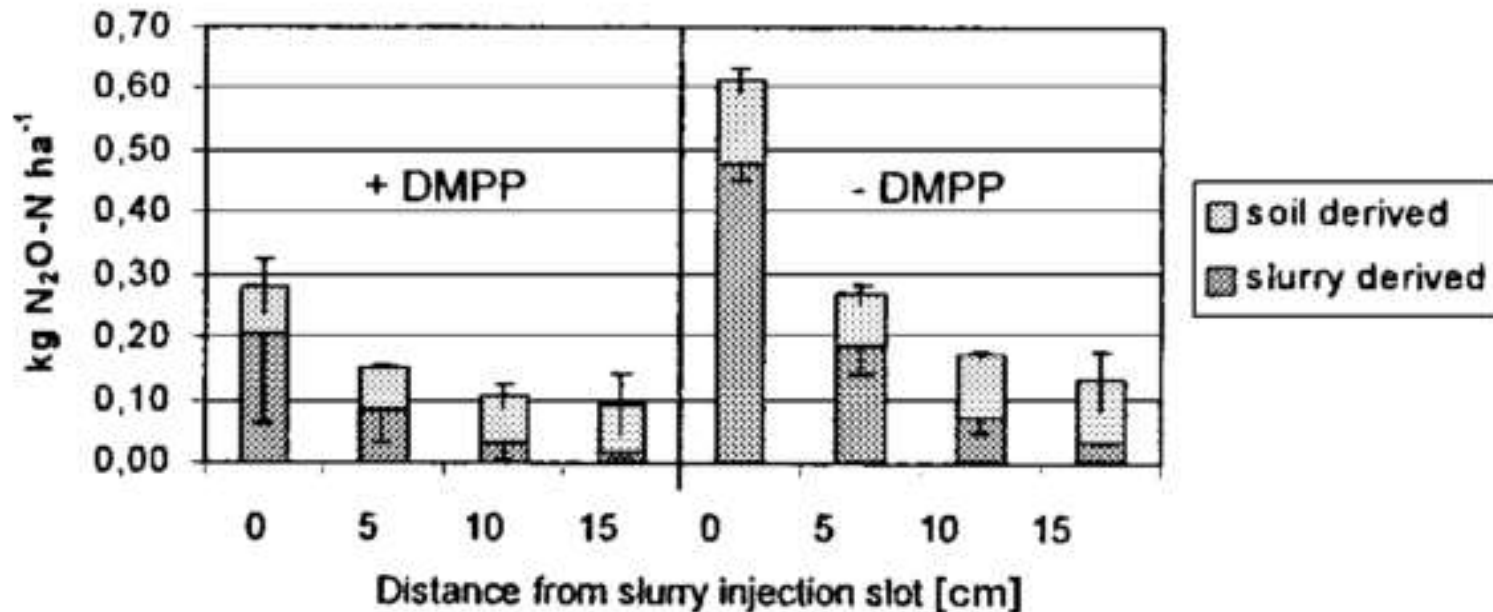
- N<sub>2</sub>O-Konzentration
- Eigenschaften
- N<sub>2</sub>O-Quellen & Senken
- N<sub>2</sub>O-Bildung in Böden
- CH<sub>4</sub>-Flüsse
- Organische Düngung
- O<sub>2</sub>-Zehrung
- Gülleapplikation
- Nitrifikationshemmer**





# Räumliche Variabilität der N<sub>2</sub>O-Emission und N<sub>2</sub>O-Quellen nach Gülleapplikation bei Einsatz eines NIs

Wird die räumliche Variabilität der N<sub>2</sub>O-Freisetzung bei Gülleinjektion durch den Einsatz von runden Hauben abgedeckt?

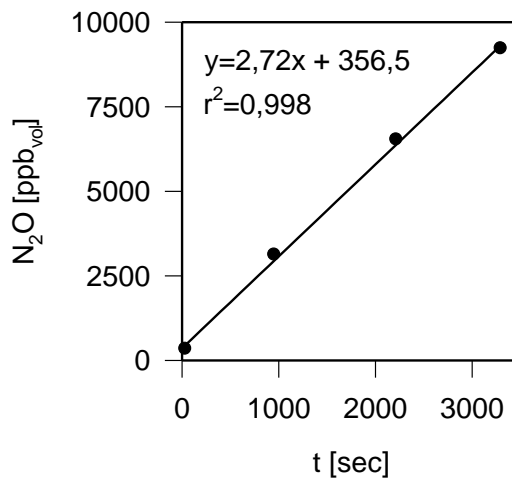


# Messung von N<sub>2</sub>O-Flüssen mit Hilfe der ‚closed chamber‘ Methode



Einleitung  
N<sub>2</sub>O-Konzentration  
Eigenschaften  
N<sub>2</sub>O-Quellen & Senken  
N<sub>2</sub>O-Bildung in Böden  
CH<sub>4</sub>-Flüsse  
Organische Düngung  
O<sub>2</sub>-Zehrung  
Gülleapplikation  
Nitrifikationshemmer

Exkurs  
Erfassung der  
räumlichen Variabilität

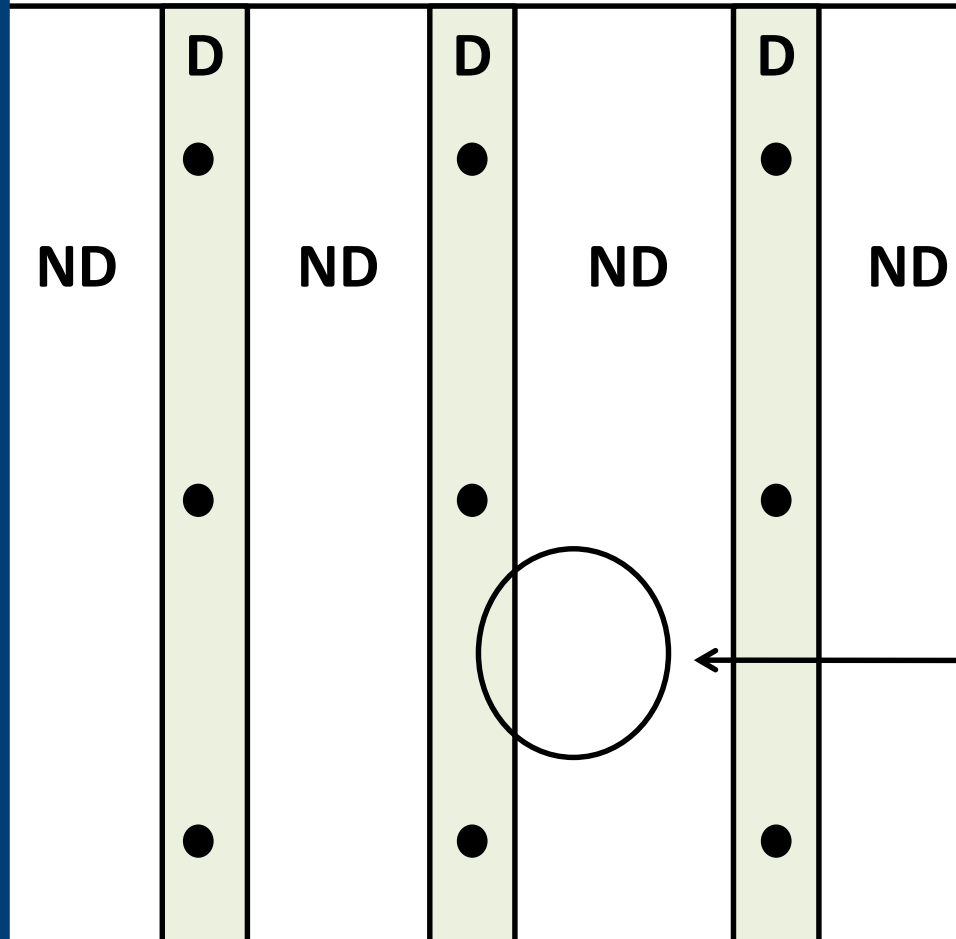




# Exkurs: Erfassung der räumlichen Variabilität der N<sub>2</sub>O-Freisetzung bei (mineralischer) Depotdüngung

Einleitung  
N<sub>2</sub>O-Konzentration  
Eigenschaften  
N<sub>2</sub>O-Quellen & Senken  
N<sub>2</sub>O-Bildung in Böden  
CH<sub>4</sub>-Flüsse  
Organische Düngung  
O<sub>2</sub>-Zehrung  
Gülleapplikation  
Nitrifikationshemmer

Exkurs  
Erfassung der  
räumlichen Variabilität



D: fertilizer depot underneath

ND: Area without fertilizer depot underneath („No Depot“)

$$\text{Ratio } R = \frac{D}{ND}$$

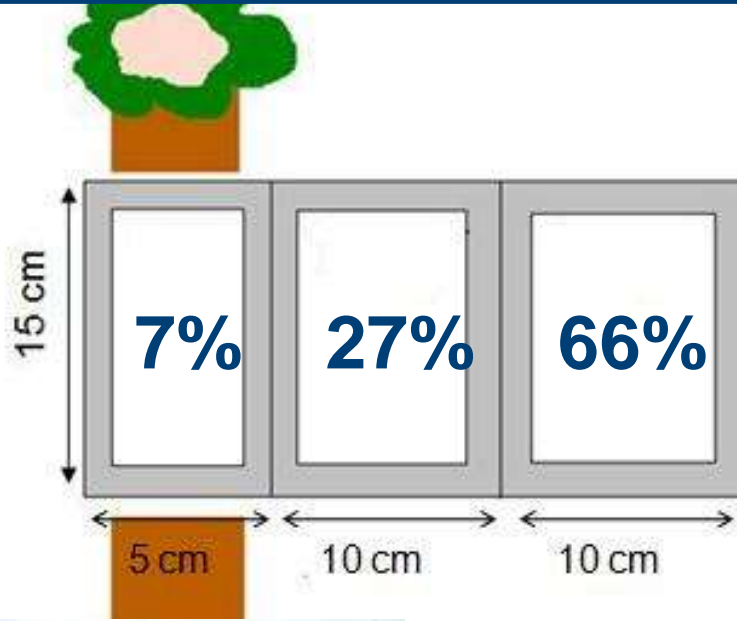
● Plants

# Exkurs: Erfassung der räumlichen Variabilität der N<sub>2</sub>O-Freisetzung bei (mineralischer) Depotdüngung



Einleitung  
N<sub>2</sub>O-Konzentration  
Eigenschaften  
N<sub>2</sub>O-Quellen & Senken  
N<sub>2</sub>O-Bildung in Böden  
CH<sub>4</sub>-Flüsse  
Organische Düngung  
O<sub>2</sub>-Zehrung  
Gülleapplikation  
Nitrifikationshemmer

Exkurs  
Erfassung der  
räumlichen Variabilität





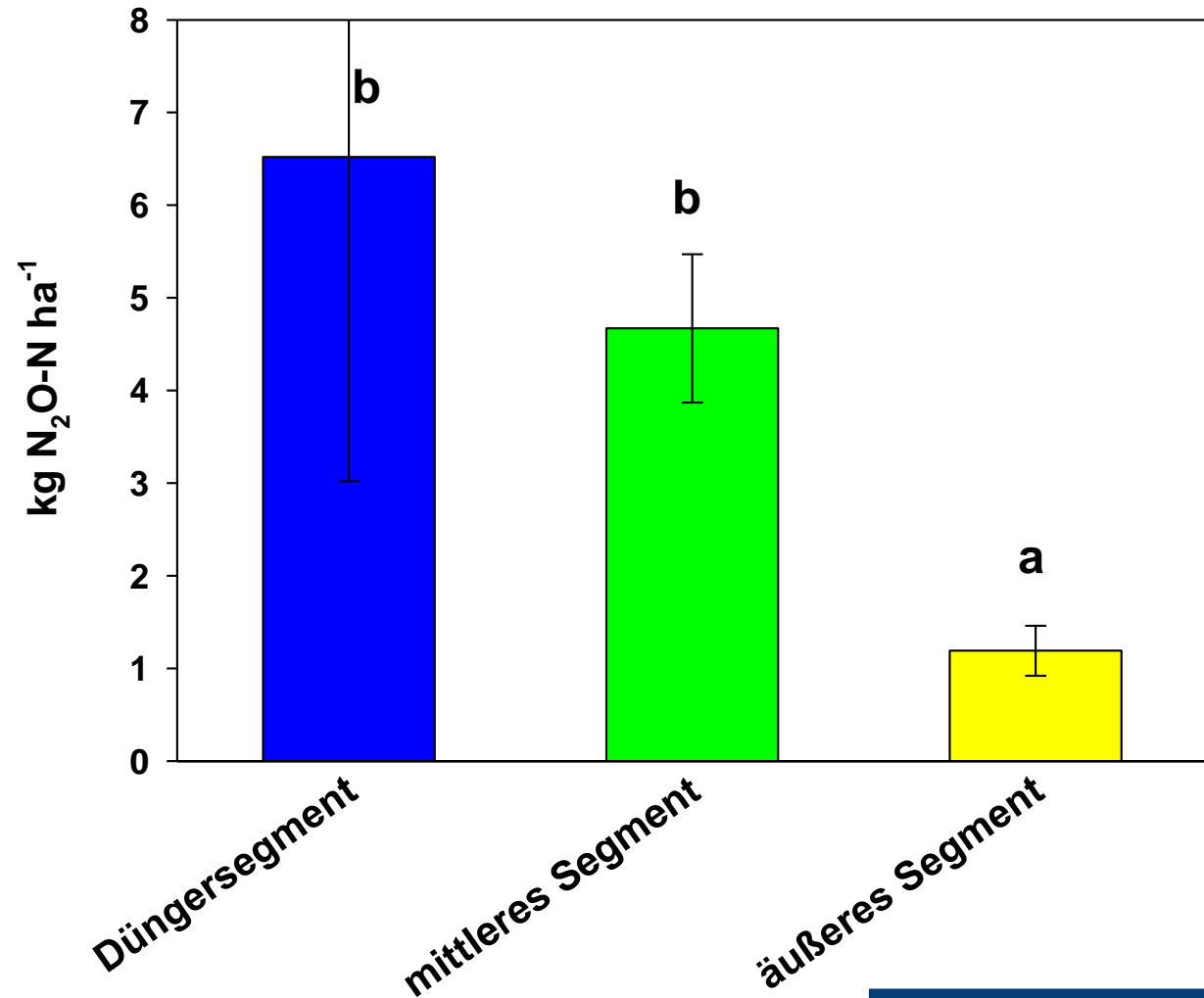
# Exkurs: Kumulierte $N_2O$ -Freisetzung der drei Segmente bei (mineralischer) Depotdüngung

## Einleitung

$N_2O$ -Konzentration  
Eigenschaften  
 $N_2O$ -Quellen & Senken  
 $N_2O$ -Bildung in Böden  
 $CH_4$ -Flüsse  
Organische Düngung  
 $O_2$ -Zehrung  
Gülleapplikation  
Nitrifikationshemmer

## Exkurs

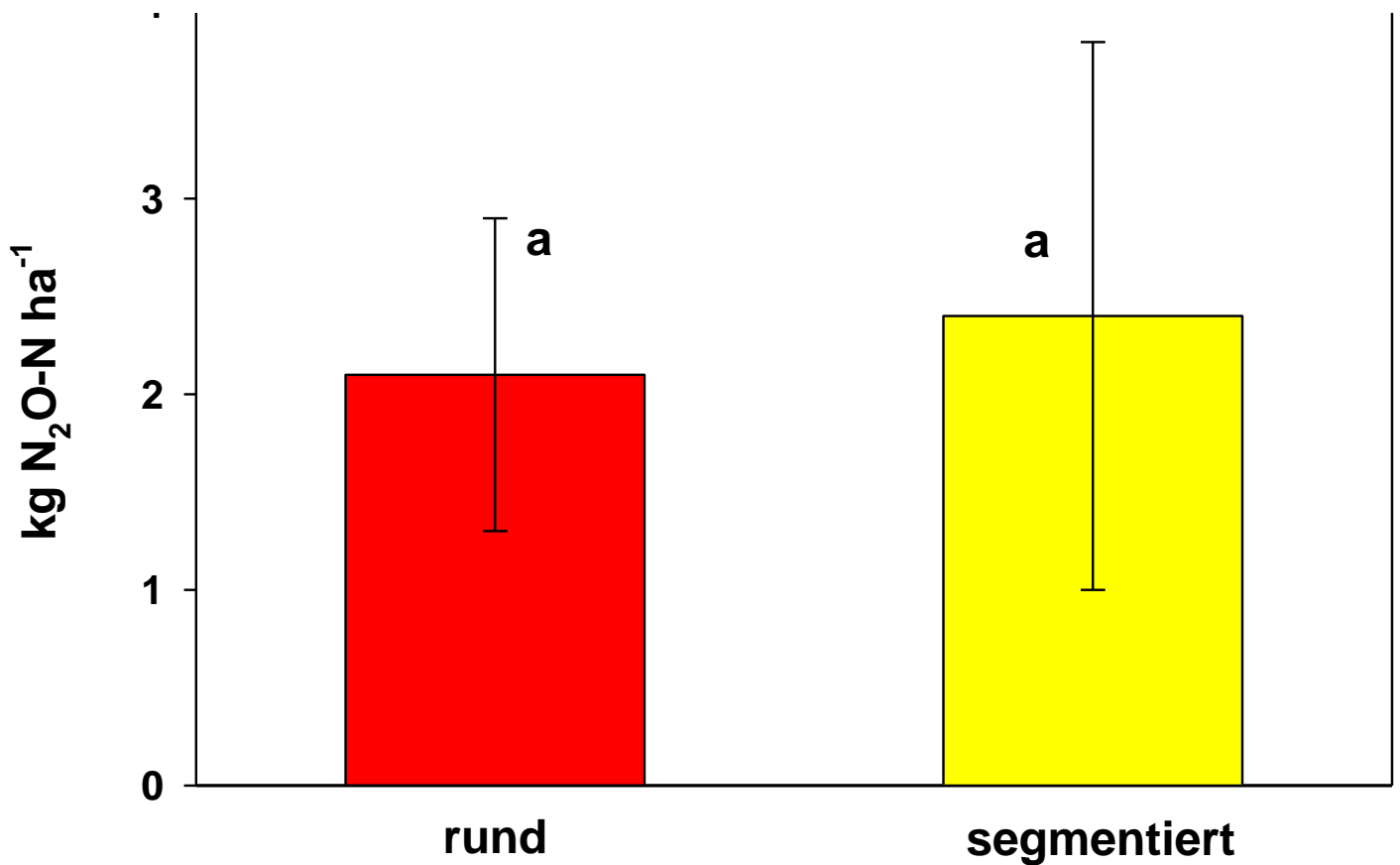
Erfassung der  
räumlichen Variabilität





# Exkurs: Kumulative $N_2O$ -Freisetzung im Mangoldanbau ermittelt mit runden Hauben und mit segmentierten Hauben

Wird die räumliche Variabilität der  $N_2O$ -Freisetzung bei Gülleinjektion durch runde Hauben abgedeckt?



- Einleitung
- $N_2O$ -Konzentration
- Eigenschaften
- $N_2O$ -Quellen & Senken
- $N_2O$ -Bildung in Böden
- $CH_4$ -Flüsse
- Organische Düngung
- $O_2$ -Zehrung
- Gülleapplikation
- Nitrifikationshemmer

Exkurs  
Erfassung der räumlichen Variabilität

# Standort Heidfeldhof (Filderebene)



## Einleitung

N<sub>2</sub>O-Konzentration  
Eigenschaften  
N<sub>2</sub>O-Quellen & Senken  
N<sub>2</sub>O-Bildung in Böden  
CH<sub>4</sub>-Flüsse  
Organische Düngung  
O<sub>2</sub>-Zehrung  
Gülleapplikation  
Nitrifikationshemmer

## Exkurs

Erfassung der  
räumlichen Variabilität

## Versuch

Versuchsstandort

400 m.ü.NN.

697 mm Jahresniederschlag

8,8°C mittlere Jahrestemperatur

Bodentyp: Parabraunerde aus Löß

Ackerzahl: 60

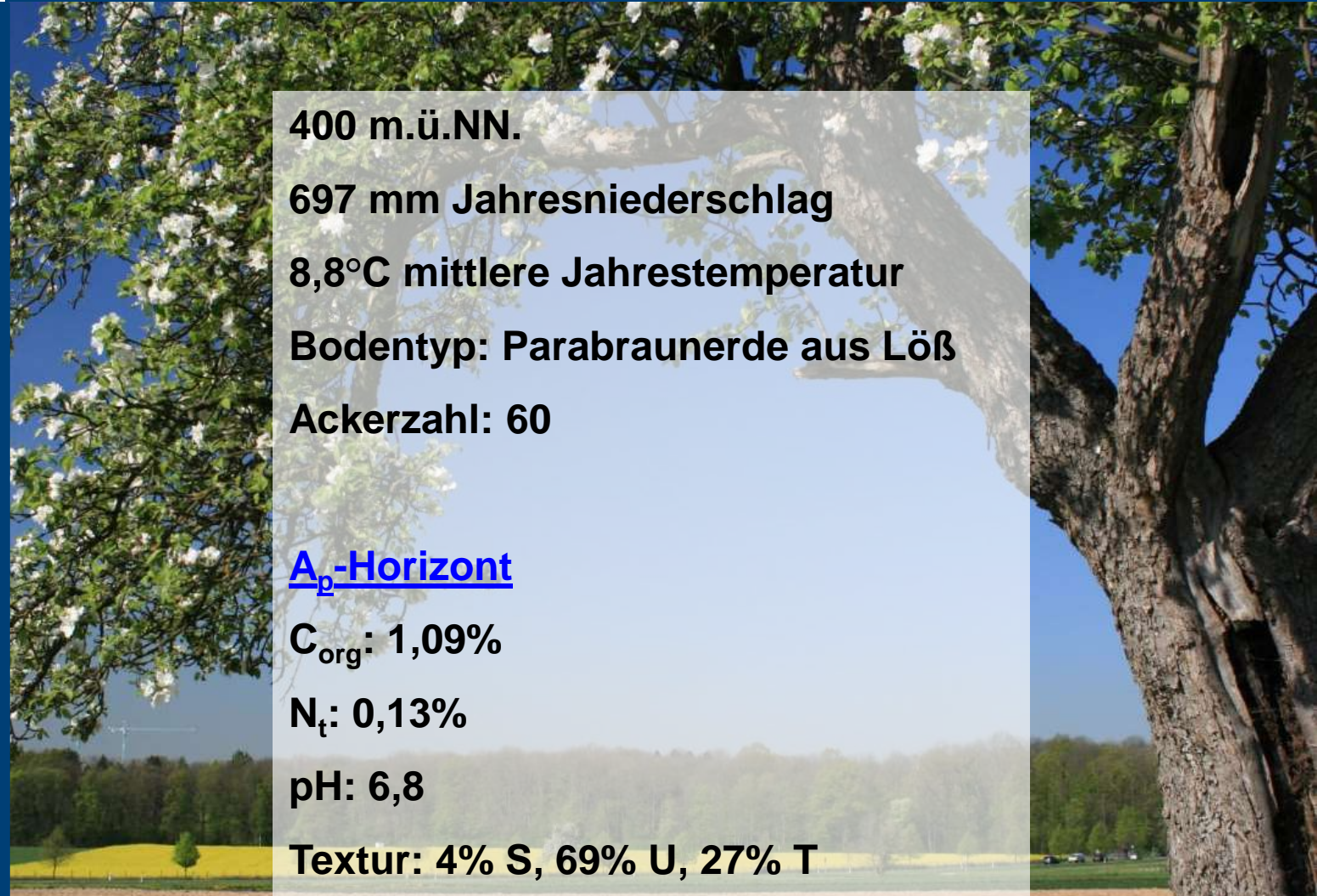
A<sub>p</sub>-Horizont

C<sub>org</sub>: 1,09%

N<sub>t</sub>: 0,13%

pH: 6,8

Textur: 4% S, 69% U, 27% T



# Injektionsversuch Heidfeldhof

## Einleitung

N<sub>2</sub>O-Konzentration  
Eigenschaften  
N<sub>2</sub>O-Quellen & Senken  
N<sub>2</sub>O-Bildung in Böden  
CH<sub>4</sub>-Flüsse  
Organische Düngung  
O<sub>2</sub>-Zehrung  
Gülleapplikation  
Nitrifikationshemmer

## Exkurs

Erfassung der  
räumlichen Variabilität

## Versuch

Versuchsstandort  
Versuchsvarianten

## Vollrandomisierte Blockanlage (n=4)

### Versuchsvarianten:

- 1) Ungedüngte Kontrolle
- 2) mineralisch gedüngt (KAS)
- 3) Gülle, Schleppschauch mit anschließender Einarbeitung
- 4) Gülle, Injektion
- 5) Gülle, Injektion + DMPP
- 6) Gülle, Injektion + DMPSA
- 7) Gülle, Injektion + DMPP + DMPSA

Düngung: 130 kg + 40 kg N ha<sup>-1</sup> (BBCH 16)



# Zeitlicher Verlauf der N<sub>2</sub>O-Freisetzung ausgewählter Behandlungen

## Einleitung

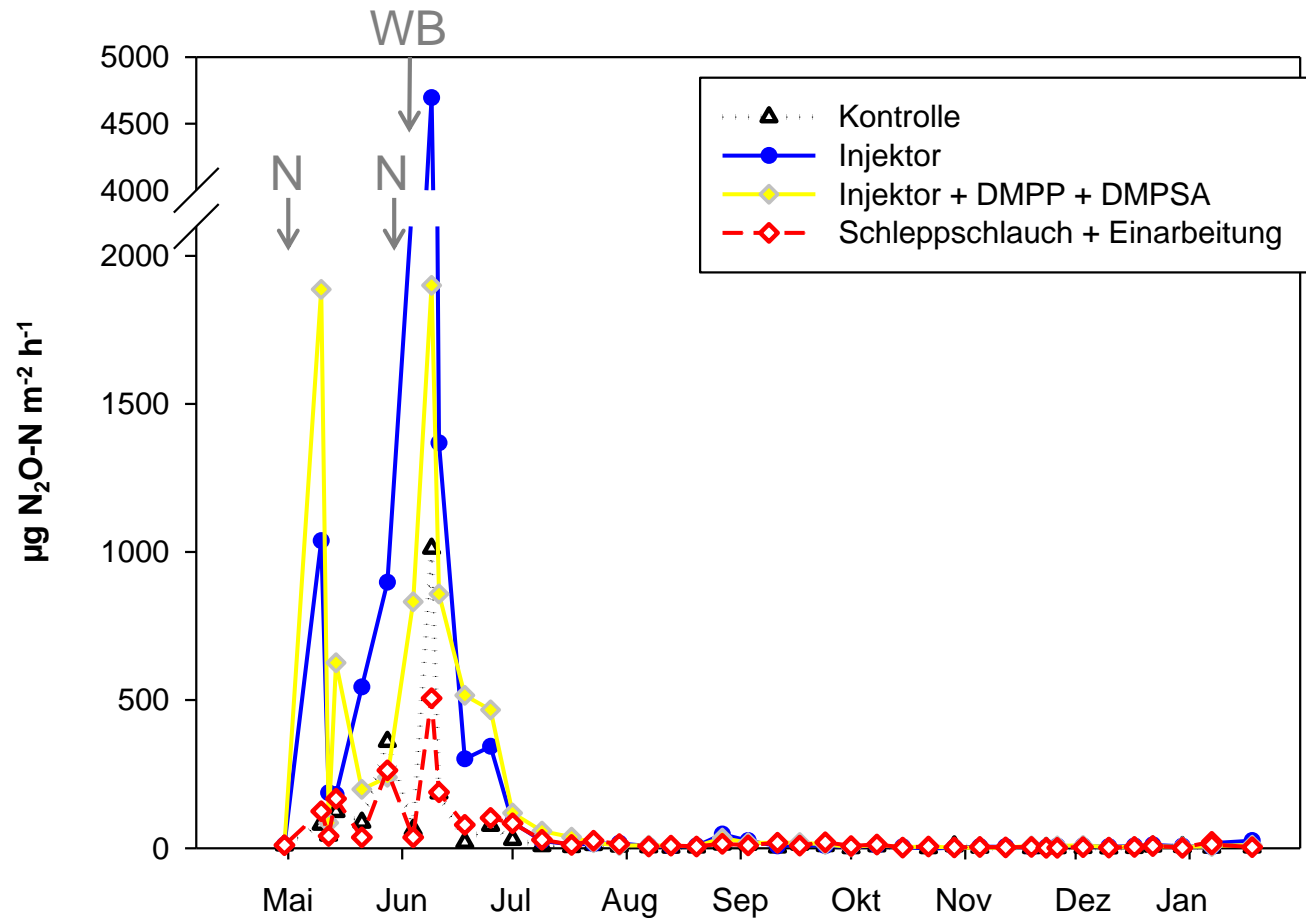
N<sub>2</sub>O-Konzentration  
Eigenschaften  
N<sub>2</sub>O-Quellen & Senken  
N<sub>2</sub>O-Bildung in Böden  
CH<sub>4</sub>-Flüsse  
Organische Düngung  
O<sub>2</sub>-Zehrung  
Gülleapplikation  
Nitrifikationshemmer

## Exkurs

Erfassung der  
räumlichen Variabilität

## Versuch

Versuchsstandort  
Versuchsvarianten  
N<sub>2</sub>O & Applikation





# Einfluss der Gülleapplikation auf die N<sub>2</sub>O-Freisetzung

## Einleitung

N<sub>2</sub>O-Konzentration  
Eigenschaften  
N<sub>2</sub>O-Quellen & Senken  
N<sub>2</sub>O-Bildung in Böden  
CH<sub>4</sub>-Flüsse  
Organische Düngung  
O<sub>2</sub>-Zehrung  
Gülleapplikation  
Nitrifikationshemmer

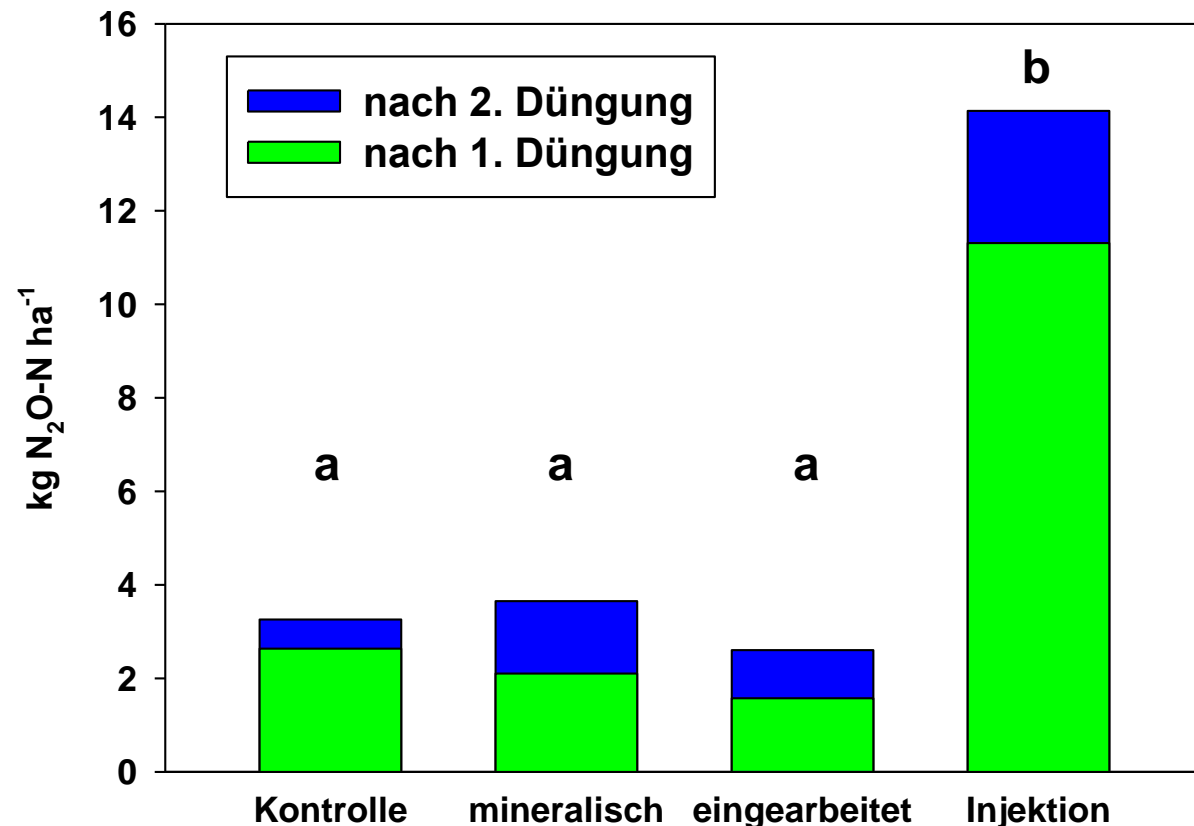
## Exkurs

Erfassung der  
räumlichen Variabilität

## Versuch

Versuchsstandort  
Versuchsvarianten  
N<sub>2</sub>O & Applikation

## Gülleinjektion erhöht N<sub>2</sub>O-Freisetzung!



Zeitraum: 30.04.15-18.01.16

Gülledepot Workshop, 20.05.16



# Einfluss unterschiedlicher NIs auf die N<sub>2</sub>O-Freisetzung nach Injektion

## Einleitung

N<sub>2</sub>O-Konzentration  
Eigenschaften  
N<sub>2</sub>O-Quellen & Senken  
N<sub>2</sub>O-Bildung in Böden  
CH<sub>4</sub>-Flüsse  
Organische Düngung  
O<sub>2</sub>-Zehrung  
Gülleapplikation  
Nitrifikationshemmer

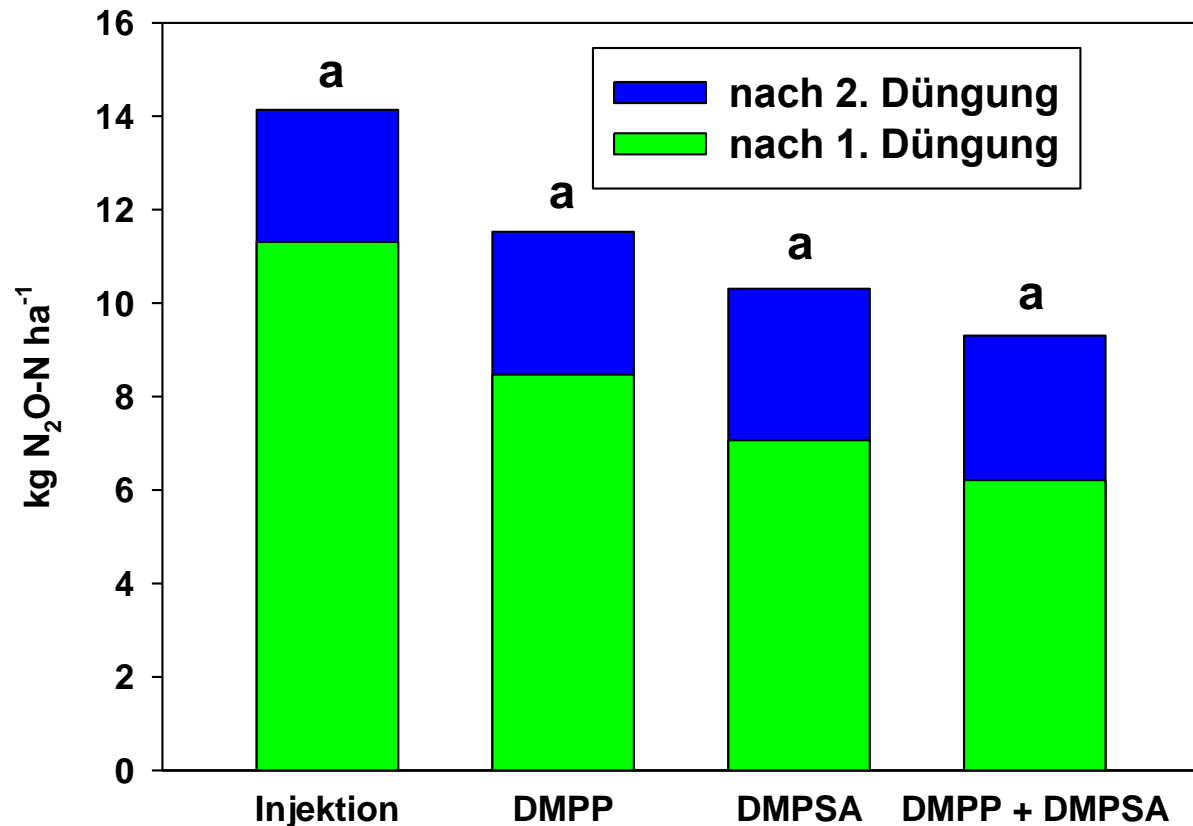
## Exkurs

Erfassung der  
räumlichen Variabilität

## Versuch

Versuchsstandort  
Versuchsvarianten  
N<sub>2</sub>O & Applikation  
N<sub>2</sub>O & NI

NIs können N<sub>2</sub>O-Freisetzung vermindern! ±



Zeitraum: 30.04.15-18.01.16

Gülledepot Workshop, 20.05.16



# Einfluss der Gülleapplikation auf die $\text{NH}_3$ -Freisetzung

## Einleitung

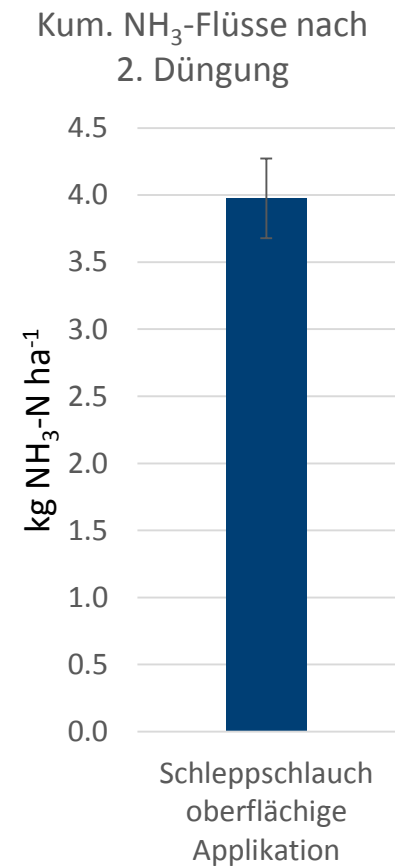
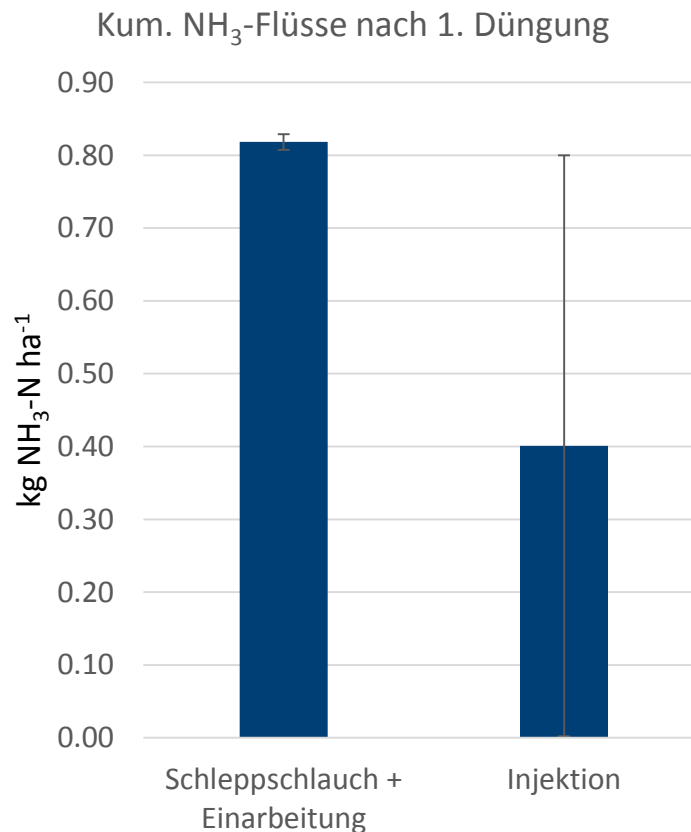
$\text{N}_2\text{O}$ -Konzentration  
Eigenschaften  
 $\text{N}_2\text{O}$ -Quellen & Senken  
 $\text{N}_2\text{O}$ -Bildung in Böden  
 $\text{CH}_4$ -Flüsse  
Organische Düngung  
 $\text{O}_2$ -Zehrung  
Gülleapplikation  
Nitrifikationshemmer

## Exkurs

Erfassung der  
räumlichen Variabilität

## Versuch

Versuchsstandort  
Versuchsvarianten  
 $\text{N}_2\text{O}$  & Applikation  
 $\text{N}_2\text{O}$  & NI  
 **$\text{NH}_3$  & Applikation**





# Zeitlicher Verlauf der CH<sub>4</sub>-Flüsse ausgewählter Behandlungen

## Einleitung

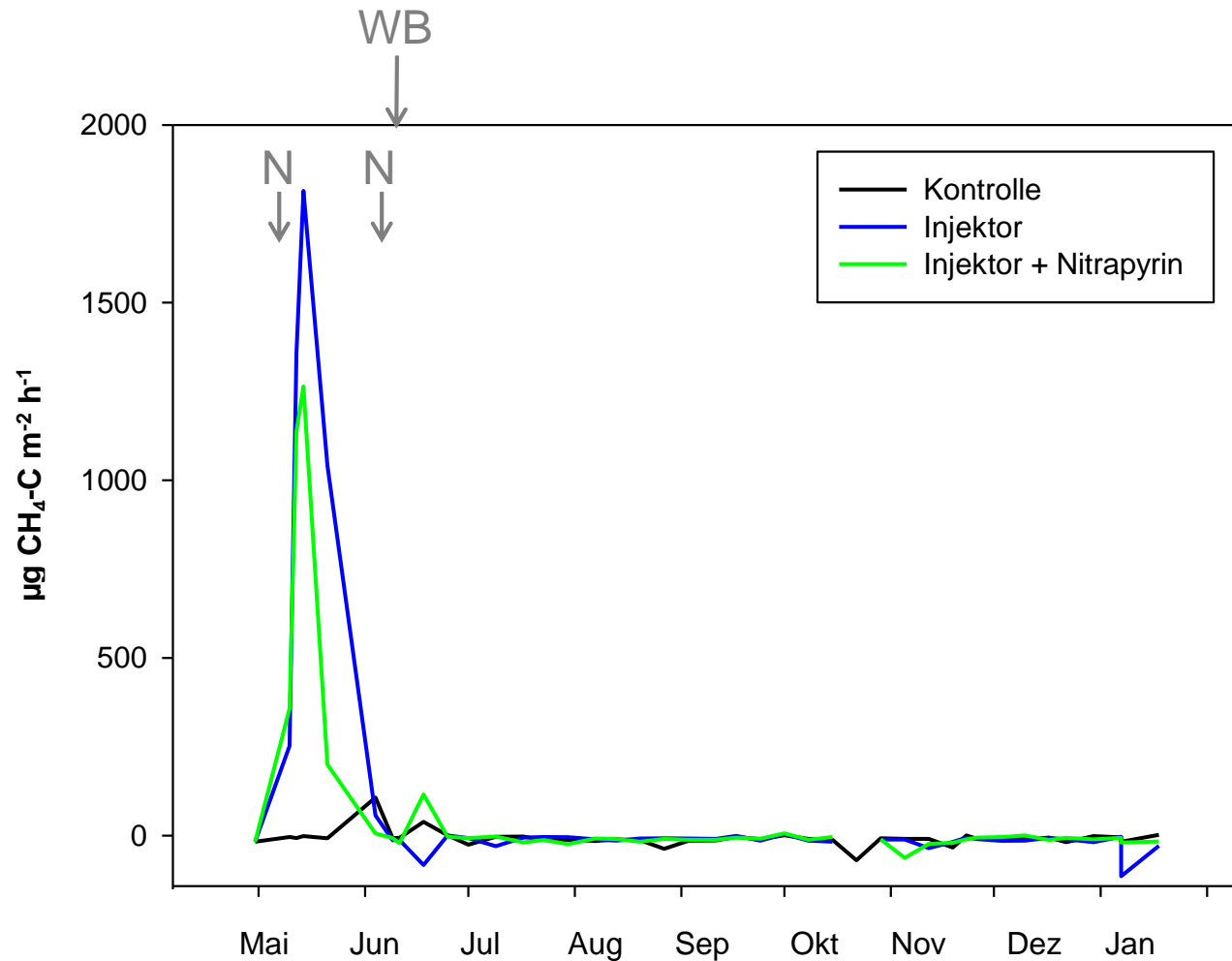
N<sub>2</sub>O-Konzentration  
Eigenschaften  
N<sub>2</sub>O-Quellen & Senken  
N<sub>2</sub>O-Bildung in Böden  
CH<sub>4</sub>-Flüsse  
Organische Düngung  
O<sub>2</sub>-Zehrung  
Gülleapplikation  
Nitrifikationshemmer

## Exkurs

Erfassung der  
räumlichen Variabilität

## Versuch

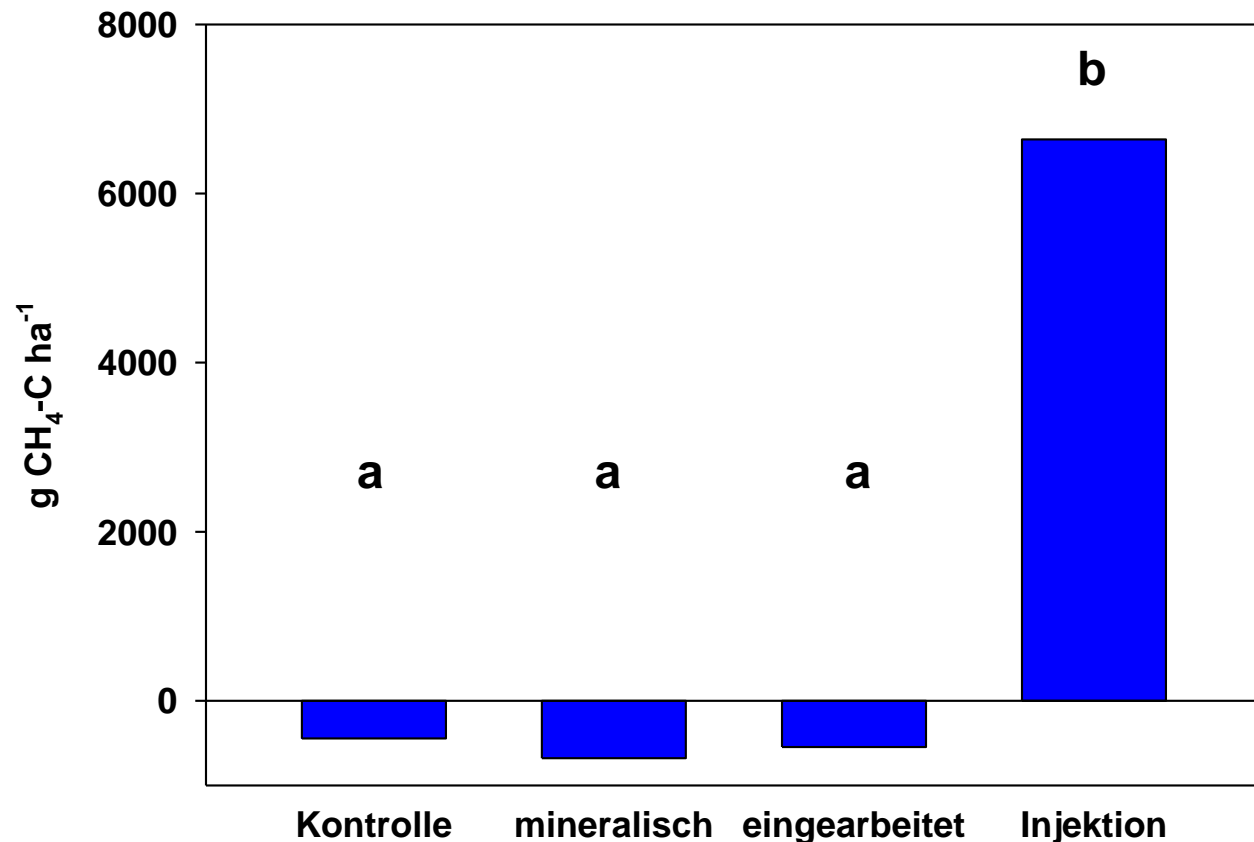
Versuchsstandort  
Versuchsvarianten  
N<sub>2</sub>O & Applikation  
N<sub>2</sub>O & NI  
NH<sub>3</sub> & Applikation  
CH<sub>4</sub> & Applikation



# Einfluss der Gülleapplikation auf die CH<sub>4</sub>-Flüsse



Gülleinjektion wandelt CH<sub>4</sub>-Senkenfunktion in Quellfunktion um!



Zeitraum: 30.04.15-18.01.16

Gülledepot Workshop, 20.05.16

Einleitung  
N<sub>2</sub>O-Konzentration  
Eigenschaften  
N<sub>2</sub>O-Quellen & Senken  
N<sub>2</sub>O-Bildung in Böden  
CH<sub>4</sub>-Flüsse  
Organische Düngung  
O<sub>2</sub>-Zehrung  
Gülleapplikation  
Nitrifikationshemmer

Exkurs  
Erfassung der  
räumlichen Variabilität

Versuch  
Versuchsstandort  
Versuchsvarianten  
N<sub>2</sub>O & Applikation  
N<sub>2</sub>O & NI  
NH<sub>3</sub> & Applikation  
CH<sub>4</sub> & Applikation



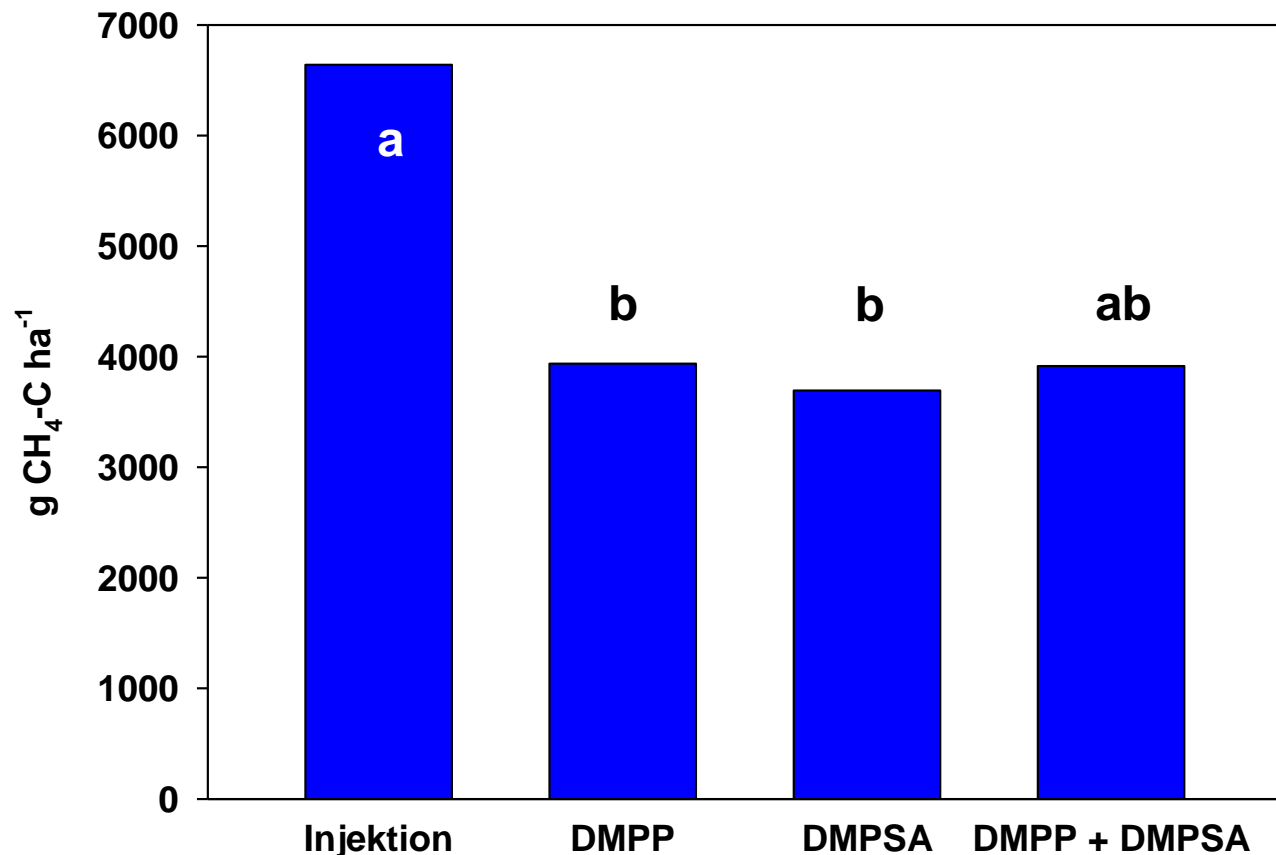
# Einfluss unterschiedlicher NIs auf die CH<sub>4</sub>-Freisetzung nach Injektion

Einleitung  
N<sub>2</sub>O-Konzentration  
Eigenschaften  
N<sub>2</sub>O-Quellen & Senken  
N<sub>2</sub>O-Bildung in Böden  
CH<sub>4</sub>-Flüsse  
Organische Düngung  
O<sub>2</sub>-Zehrung  
Gülleapplikation  
Nitrifikationshemmer

Exkurs  
Erfassung der  
räumlichen Variabilität

Versuch  
Versuchsstandort  
Versuchsvarianten  
N<sub>2</sub>O & Applikation  
N<sub>2</sub>O & NI  
NH<sub>3</sub> & Applikation  
CH<sub>4</sub> & Applikation  
**CH<sub>4</sub> & NI**

## NIs reduzieren CH<sub>4</sub>-Freisetzung nach Gülleinjektion!



Zeitraum: 30.04.15-18.01.16

Gülledepot Workshop, 20.05.16

# Zusammenfassung

## Einleitung

N<sub>2</sub>O-Konzentration  
Eigenschaften  
N<sub>2</sub>O-Quellen & Senken  
N<sub>2</sub>O-Bildung in Böden  
CH<sub>4</sub>-Flüsse  
Organische Düngung  
O<sub>2</sub>-Zehrung  
Gülleapplikation  
Nitrifikationshemmer

## Exkurs

Erfassung der  
räumlichen Variabilität

## Versuch

Versuchsstandort  
Versuchsvarianten  
N<sub>2</sub>O & Applikation  
N<sub>2</sub>O & NI  
NH<sub>3</sub> & Applikation  
CH<sub>4</sub> & Applikation  
CH<sub>4</sub> & NI

## Zusammenfassung

Auf dem stark Schluff-betonten Versuchsstandort führte

- 1) die Gülleinjektion zu stark erhöhten N<sub>2</sub>O-Emissionen.
- 2) die gleichzeitige Anwendung von NIs in der Tendenz zu einer Reduktion der N<sub>2</sub>O-Emissionen nach Gülleinjektion.
- 3) die breitflächige Einarbeitung von Gülle zu vergleichbaren, geringen NH<sub>3</sub>-Emissionen wie die Injektion.
- 4) die Gülleinjektion zu einer Umwandlung der CH<sub>4</sub>-Senkenfunktion des Bodens in eine CH<sub>4</sub>-Quelle.
- 5) Die gleichzeitige Anwendung von NIs zu einer Reduktion der CH<sub>4</sub>-Freisetzung bei Gülleinjektion.

Vielen Dank an die EuroChem Agro  
und an Sie  
für Ihre Aufmerksamkeit!



**EUROCHEM**  
**AGRO**

