



UNIVERSITÄT
HOHENHEIM

N₂O-Emissionsminderung aus landwirtschaftlich genutzten Böden mittels Nitrifikationshemmstoffen

Reiner Ruser

Institut für Kulturpflanzenwissenschaften

FG. Düngung und Bodенstoffhaushalt (340i)

Reiner.Ruser@uni-hohenheim.de

Relevanz und Umweltwirkungen von N₂O

Umweltwirkung von N₂O

- Treibhausgas: 7,9% der anthropogenen Treibhausgasemissionen (Rogner et al., 2007); >50% der anthropogenen N₂O-Emissionen stammen aus landwirtschaftlich genutzten Böden (IPCC, 2019)
- trägt zum stratosphärischen Ozonabbau bei (Crutzen, 1981)

Nitrifikationsinhibitoren die in D nach DüMV zugelassen sind und aktuell eingesetzt werden

Umweltwirkung
von N₂O

Zugelassene NIs

Nitrifikationshemmstoffe

am
Markt

Dicyandiamid (DCD)

Höchste
Wasserlöslichkeit

-

Gemisch aus DCD und Ammoniumthiosulfat

-

Gemisch aus DCD und 3-Methylpyrazol (3-MP)

-

Gemisch aus DCD und 1,2,4-Triazol (TZ)

Fungizid

-

3,4-Dimethylpyrazolphosphat (DMPP)

+

Gemisch aus TZ und 3-MP

-

N-((3(5)-Methyl-1H-pyrazol-1-yl)methyl)acetamid (MPA)

+

2-chloro-6-(trichloromethyl)pyridin (Nitrapyrin)

+

Gemisch aus zwei Dimethyl-1H-pyrazol-1-yl)succinaten (DMPSA)

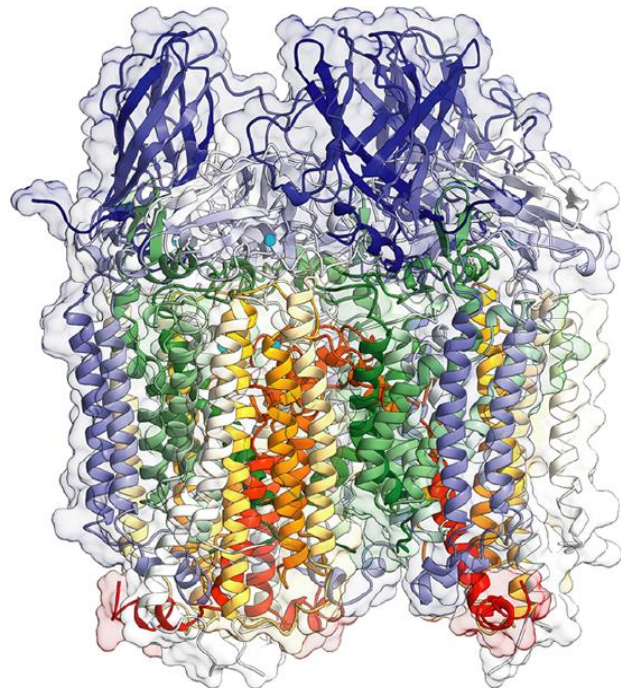
-

Mechanismen der Hemmwirkung von Nitrifikationsinhibitoren (NIs)

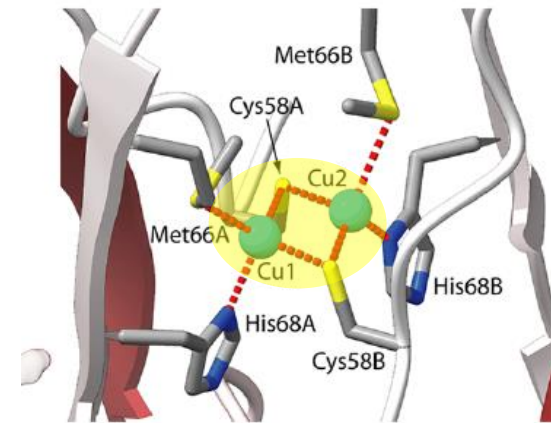
Umweltwirkung
von N_2O

Zugelassene NIs

Hemmwirkung



Nitrosomonas europaea
ammonia mono-oxygenase
model structure



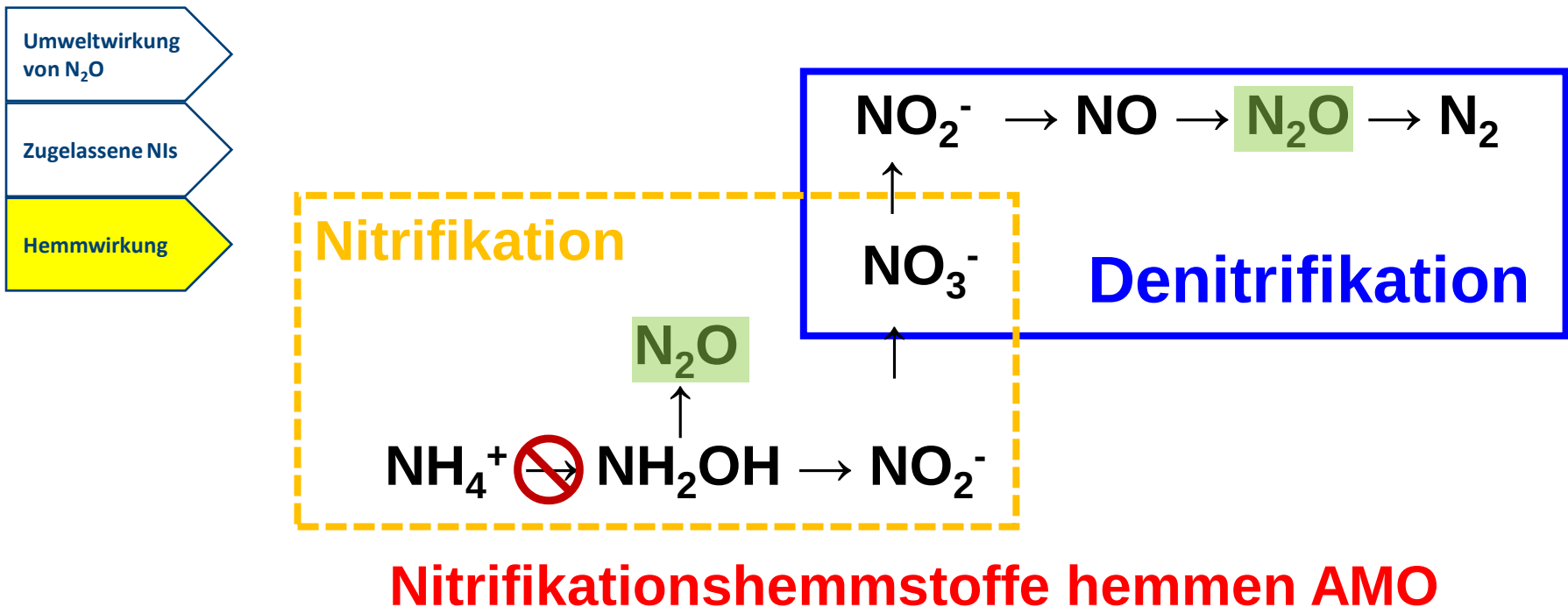
AmoD
copper binding site

Komplexbildung der Cu-Cofaktoren
mittels Chelatoren

z.B. Nitrapyrin und DCD (Subbarao
et al., 2006), DMPP und DMPSA
(Corrochano-Monsalve et al., 2020)

(Musiani et al., 2020)

Wesentliche Prozesse der N₂O-Bildung in Böden und Hemmmechanismen NI



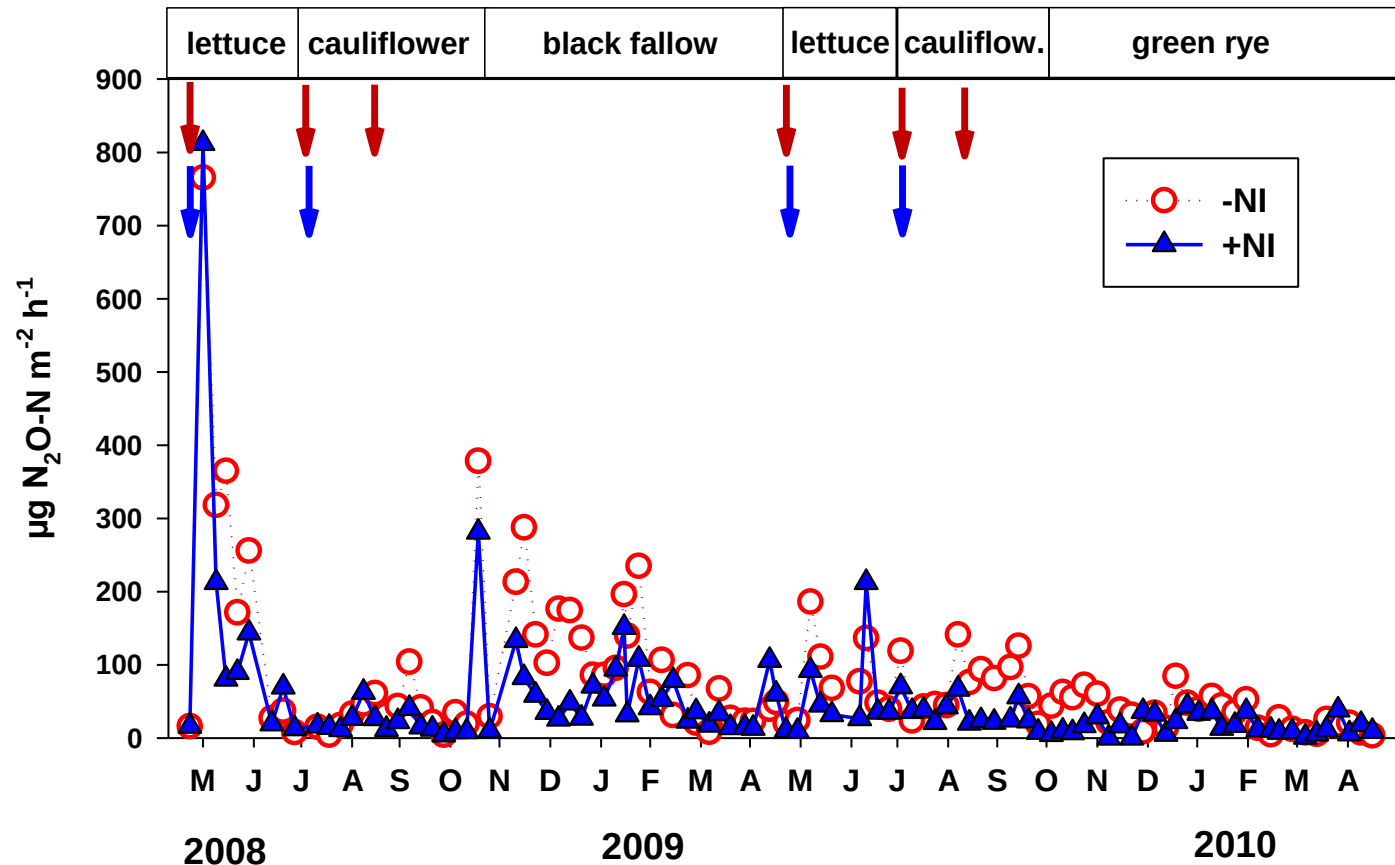
(verändert nach Baggs, 2008)

Verlauf der N₂O-Freisetzung aus einer Gemüsebaufläche in Abhängigkeit der NI-Anwendung

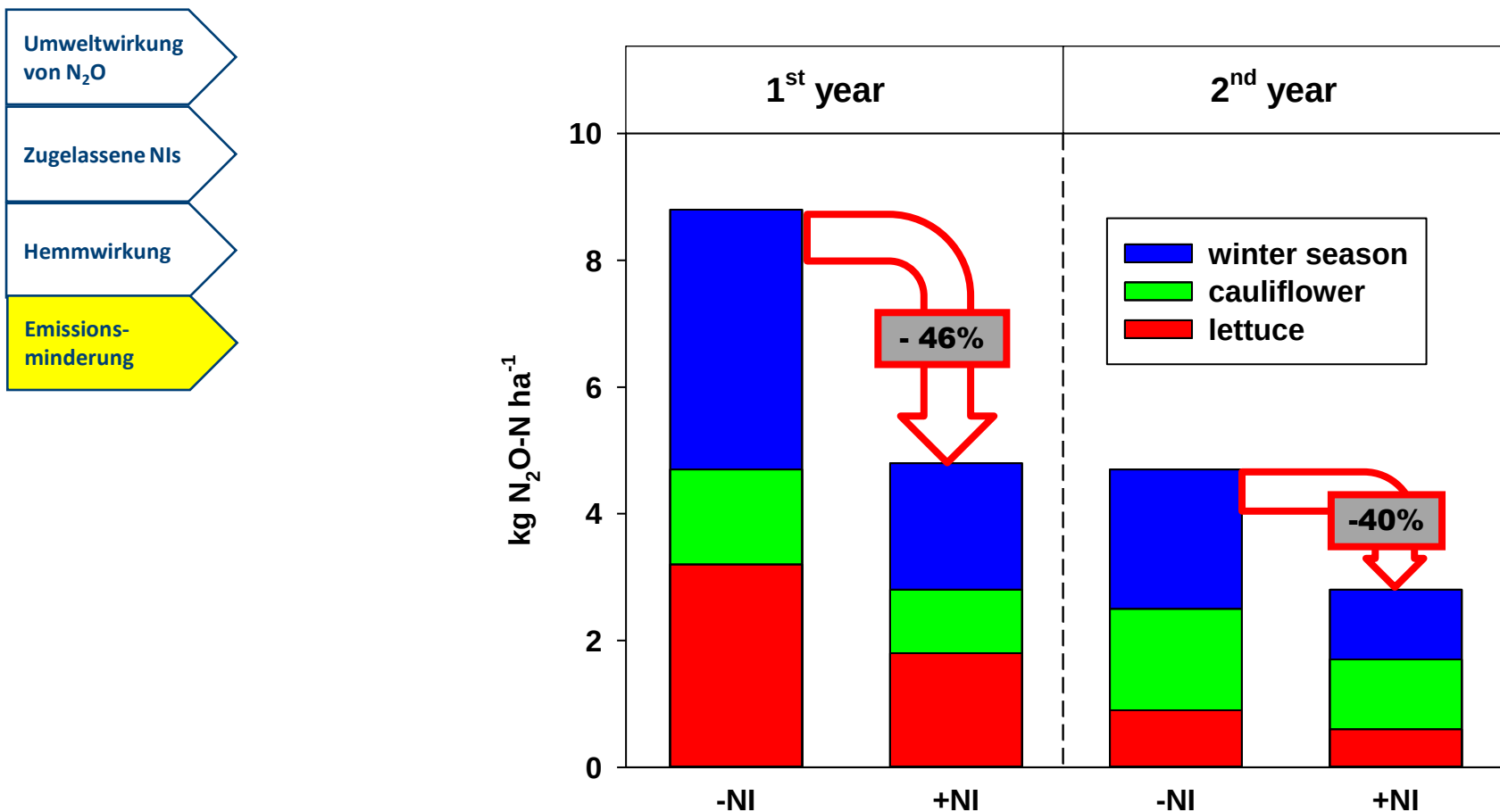
Umweltwirkung
von N₂O

Zugelassene NIs

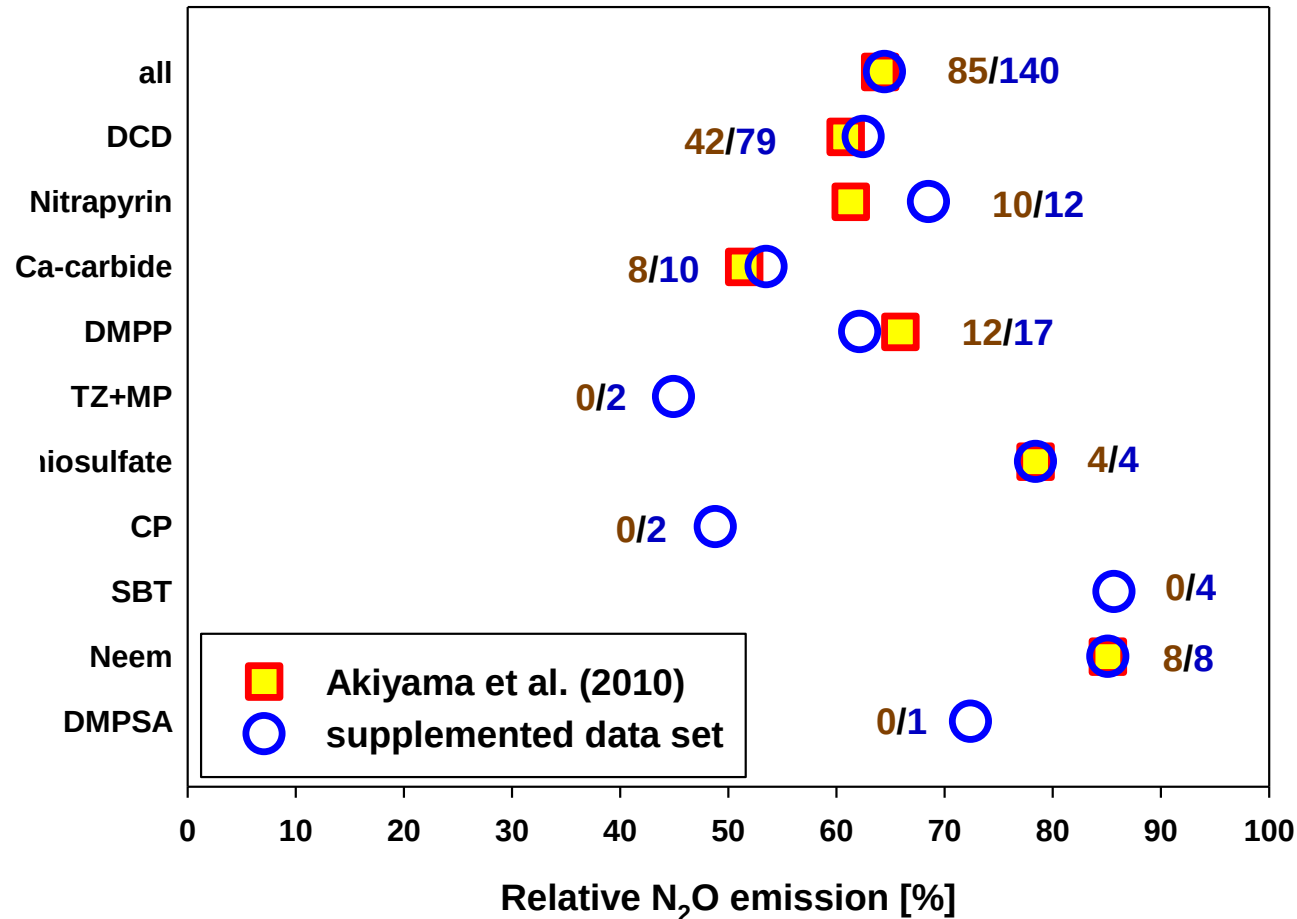
Hemmwirkung



Kumulative N₂O-Emissionen einer Gemüsebaufläche in Abhängigkeit der NI-Anwendung



N₂O-Minderung – Ergebnisse von Literaturstudien



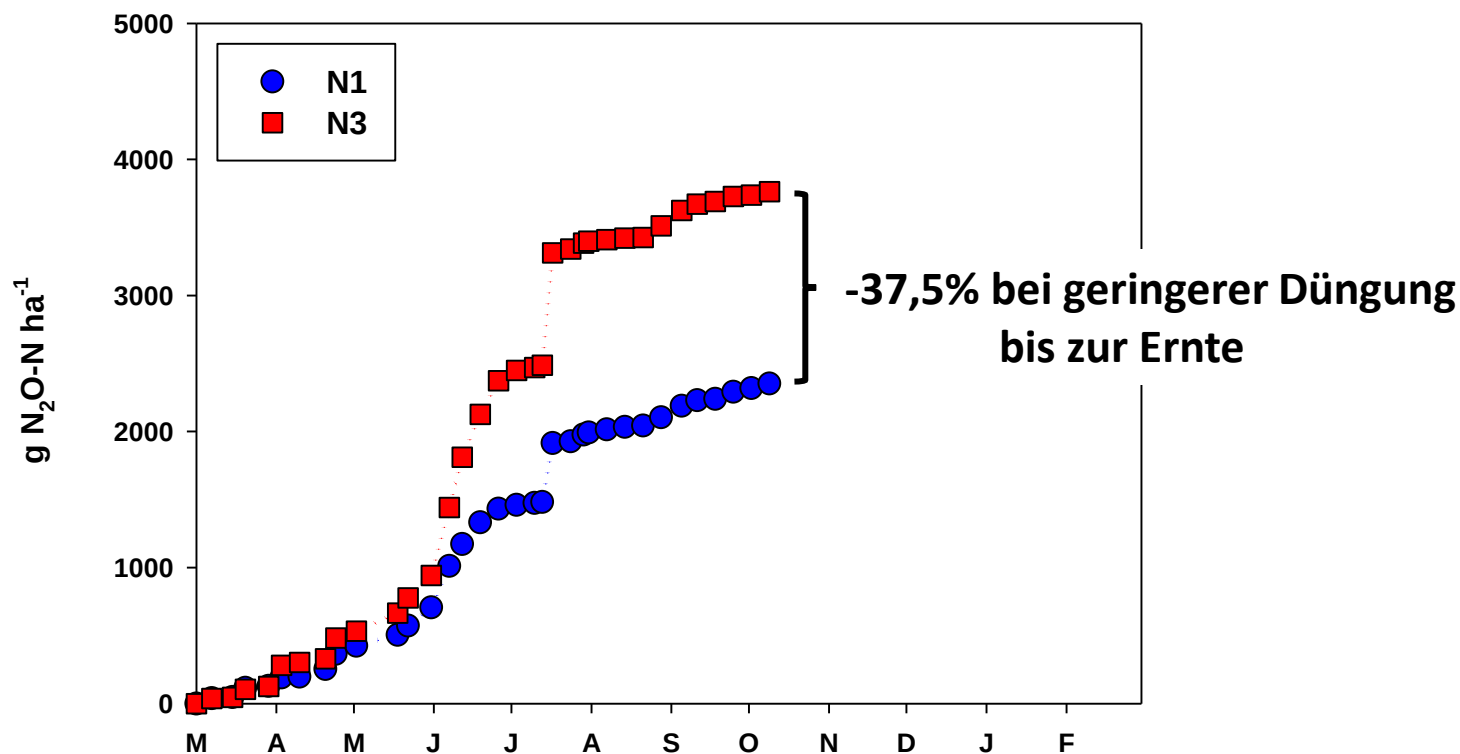
👉 **Mittleres N₂O-Minderungspotential: 35%!**

Aber große

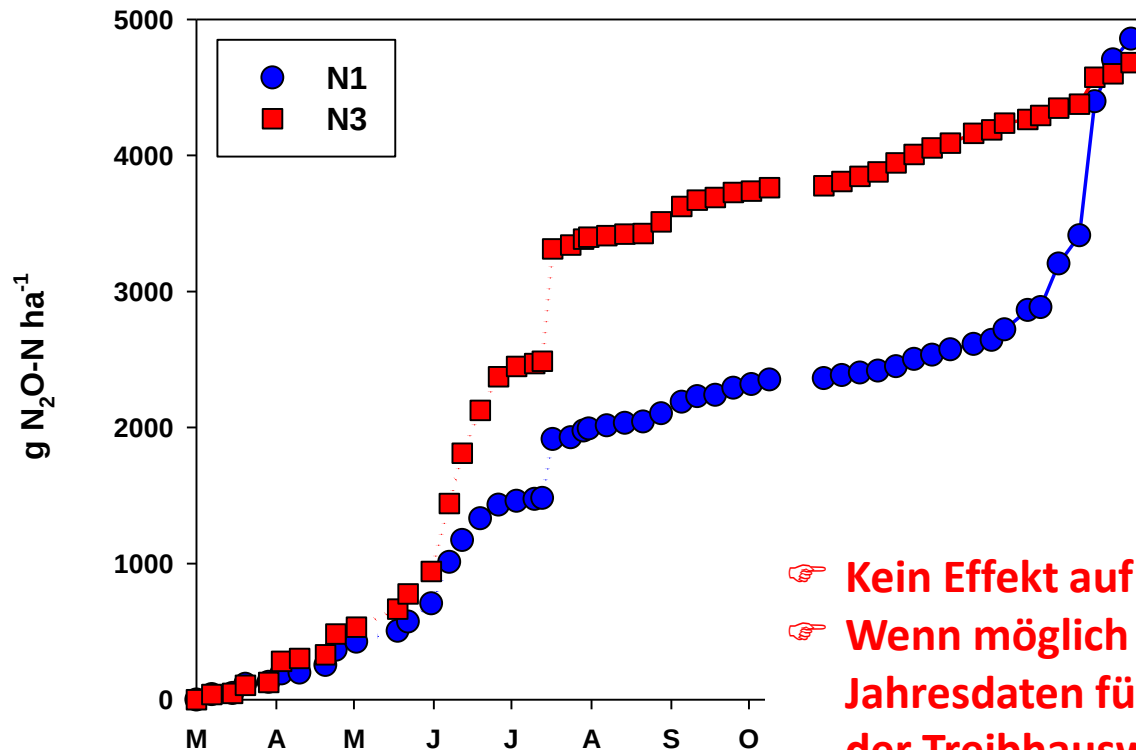
Schwankungen: 8-58%

(z.B. Gilsanz et al., 2016; Lam et al., 2016; Li et al., 2017)

Harmonisierung Messdauer: Kumulative N_2O -Flüsse zweier unterschiedlich gedüngter Kartoffelflächen

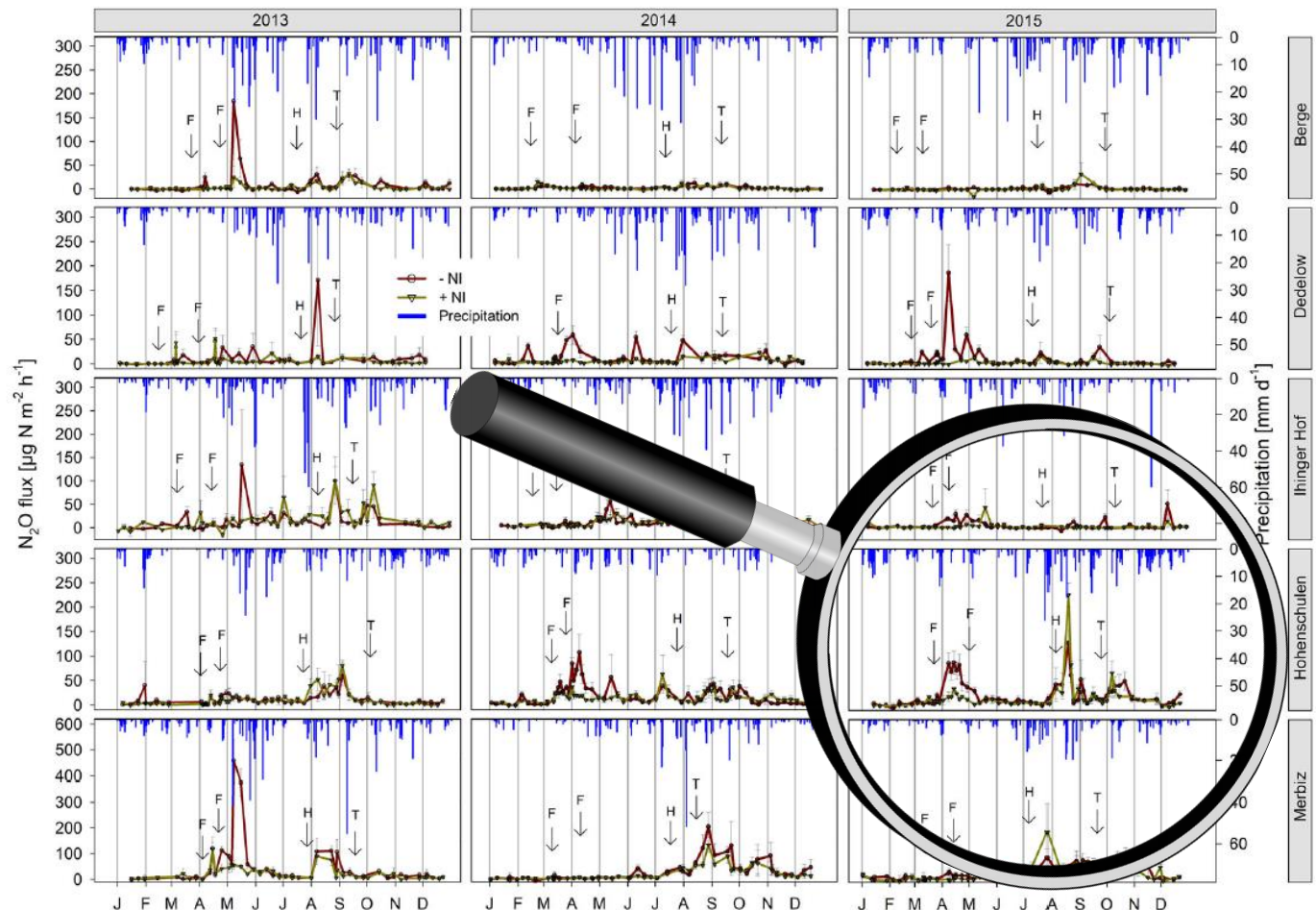
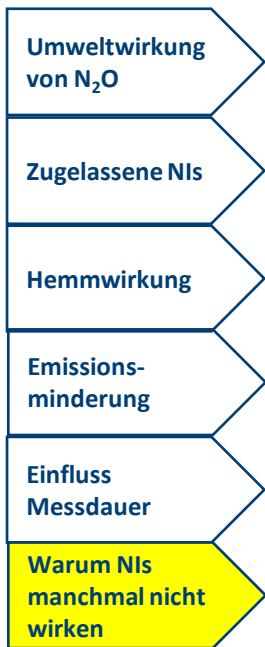


Harmonisierung Messdauer: Kumulative N₂O-Flüsse zweier ungedüngter Kartoffelflächen

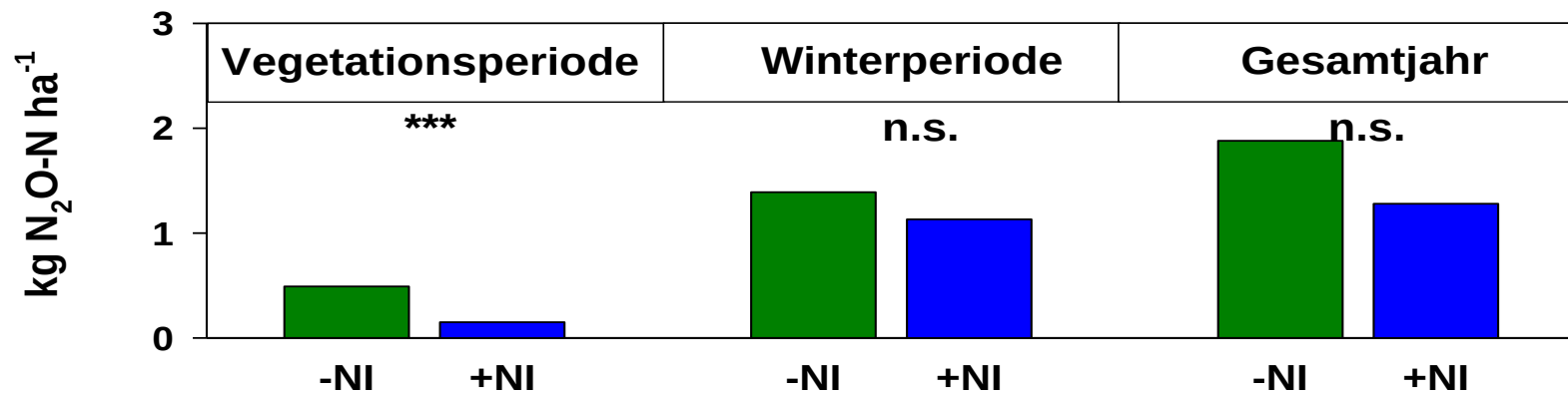
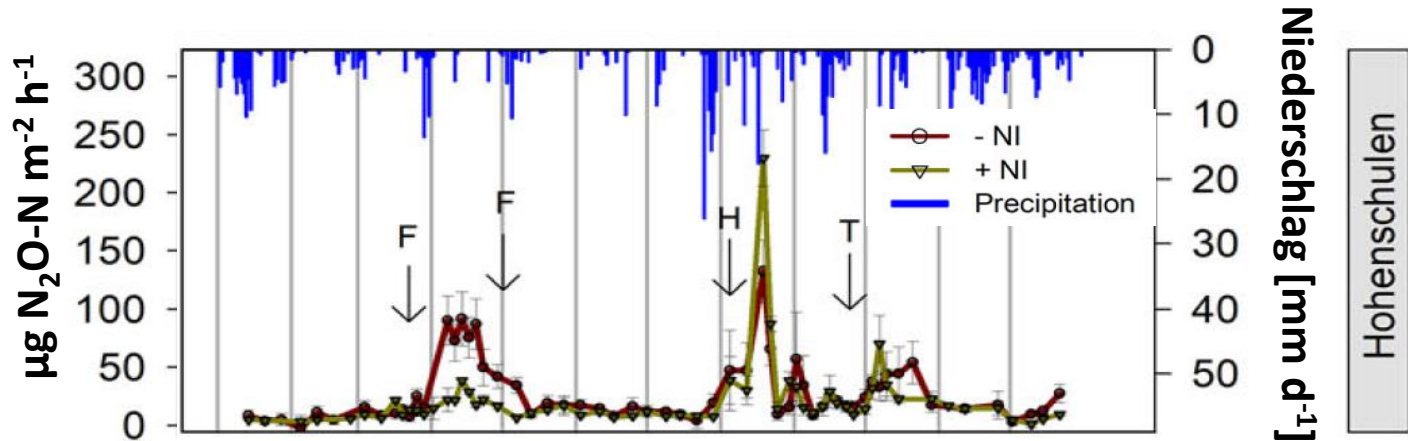
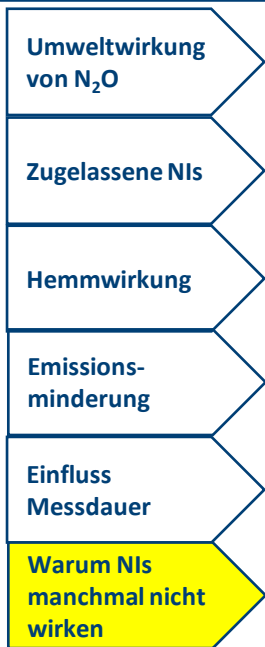


- ➡ Kein Effekt auf Jahresbasis!
- ➡ Wenn möglich sollten künftig Jahresdaten für die Bewertung der Treibhauswirkung von NIs verwendet werden.

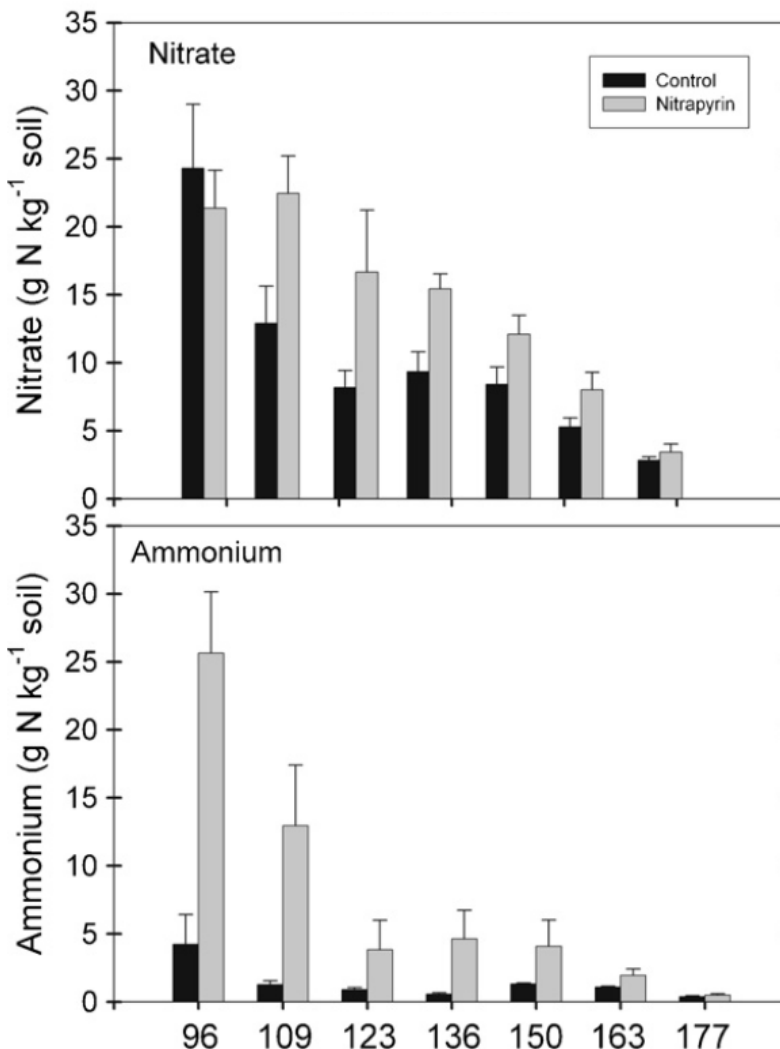
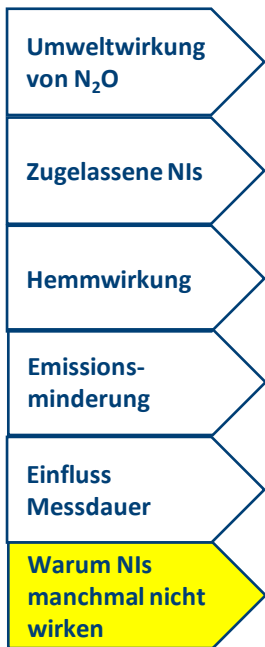
Warum NIs manchmal nicht wirken - Zusätzliche N_2O -Events kompensieren Minderung durch NI



Warum NIs manchmal nicht wirken - Zusätzliche N_2O -Events kompensieren Minderung durch NI



Warum NIs manchmal nicht wirken - Transfer und Oxidation von NH_4^+ in Zeitraum mit hoher N_2O -Aktivität **nach** der Hemmphase

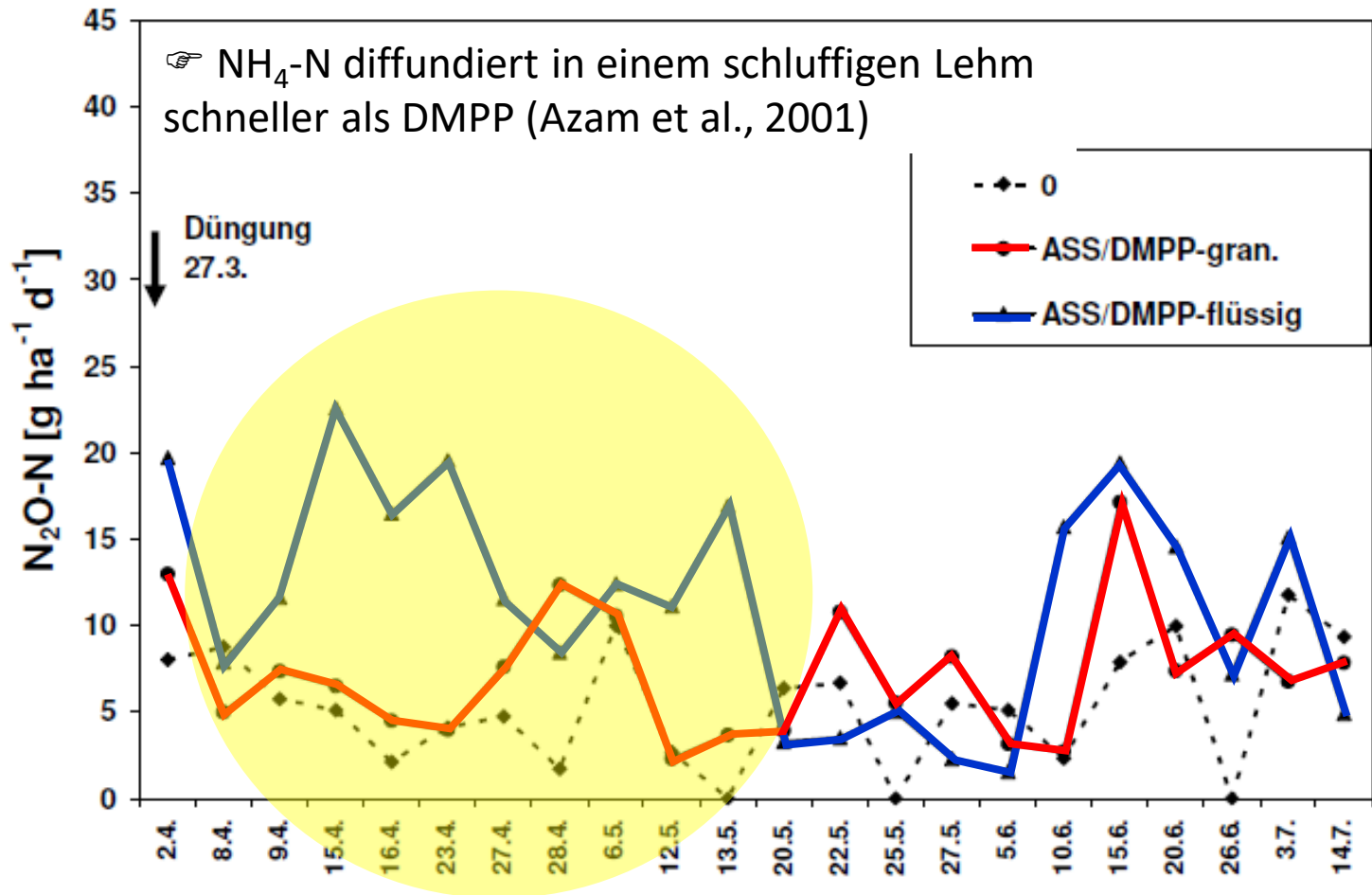


Kumulative N_2O -N-Verluste [$\text{kg N}_2\text{O-N ha}^{-1}$]

Zeitraum	-NI	+NI
15.11. - 26.04.	1,24	0,62**
27.04. - 17.10.	4,71	6,40
Gesamt	5,95	7,02

Parkin & Hatfield (2010)

Warum Hemmstoffe NIs manchmal nicht wirken - Räumliche Trennung von Substrat und Hemmstoff



Ansätze zur Aufhebung der räumlichen Trennung bei Beweidung – Patent aus NZ

Umweltwirkung
von N₂O

Zugelassene NIs

Hemmwirkung

Emissions-
minderung

Einfluss
Messdauer

Warum NIs
manchmal nicht
wirken

Aufhebung
räumliche
Trennung

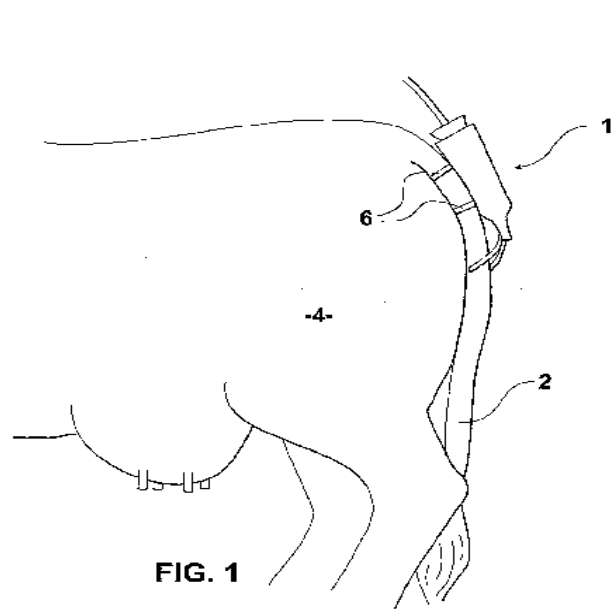


FIG. 1

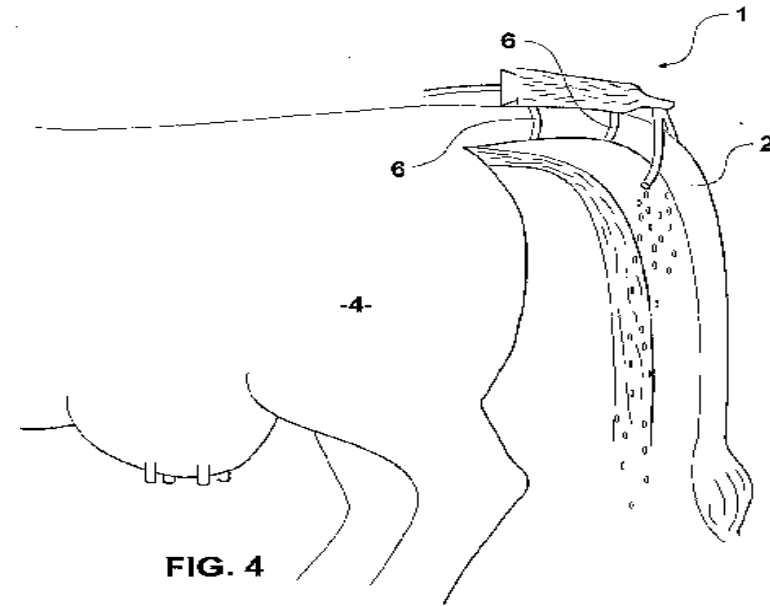
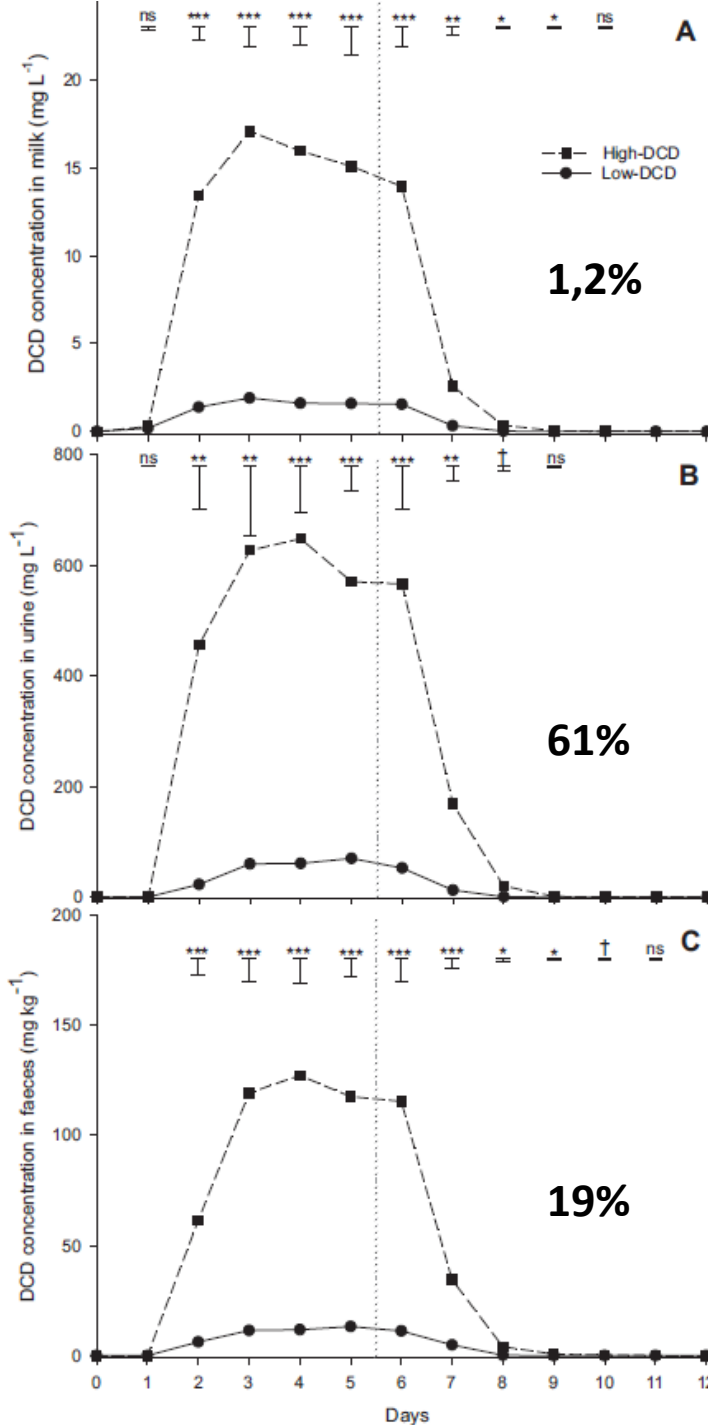


FIG. 4

**NZ Patent: Animal Activated
Dispensing Device (WO
02/19809)**

Ansätze zur Aufhebung der räumlichen Trennung bei Beweidung – DCD Zufütterung bei Milchkühen (Welten et al., 2016)



aber ca. 20% nicht mehr gefunden!

Umweltwirkung von N_2O

Zugelassene NIs

Hemmwirkung

Emissionsminderung

Einfluss Messdauer

Warum NIs manchmal nicht wirken

Aufhebung räumliche Trennung



Wirkung einer DCD-Zufütterung bei nichtlaktierenden Rindern über einen Zeitraum von 85 Tagen

Umweltwirkung von N₂O Zugelassene NIs Hemmwirkung Emissionsminderung Einfluss Messdauer Warum NIs manchmal nicht wirken Aufhebung räumliche Trennung	g DCD kg ⁻¹ Lebendgewicht Tag ⁻¹	0,15	0,45	0,75
		Group		
		1	2	3
Total		31	21	12
Showing clinical signs		7 (23%)	11 (52%)	10 (83%)
Died or subjected to euthanasia		4 (13%)	2 (10%)	2 (17%)

Untersuchungen zum Wirkstoff-/Metabolitenaustrag in Aquifere und zur Ökotoxikologie

Umweltwirkung
von N₂O

Zugelassene NIs

Hemmwirkung

Emissions-
minderung

Einfluss
Messdauer

Warum NIs
manchmal nicht
wirken

Aufhebung
räumliche
Trennung

Austrag/Ökotox.

Smith & Schallenberg (2013)

DCD-Konzentrationen in 15 Oberflächengewässern: 0 – 946 µg DCD L⁻¹

Shepherd et al. (2012)

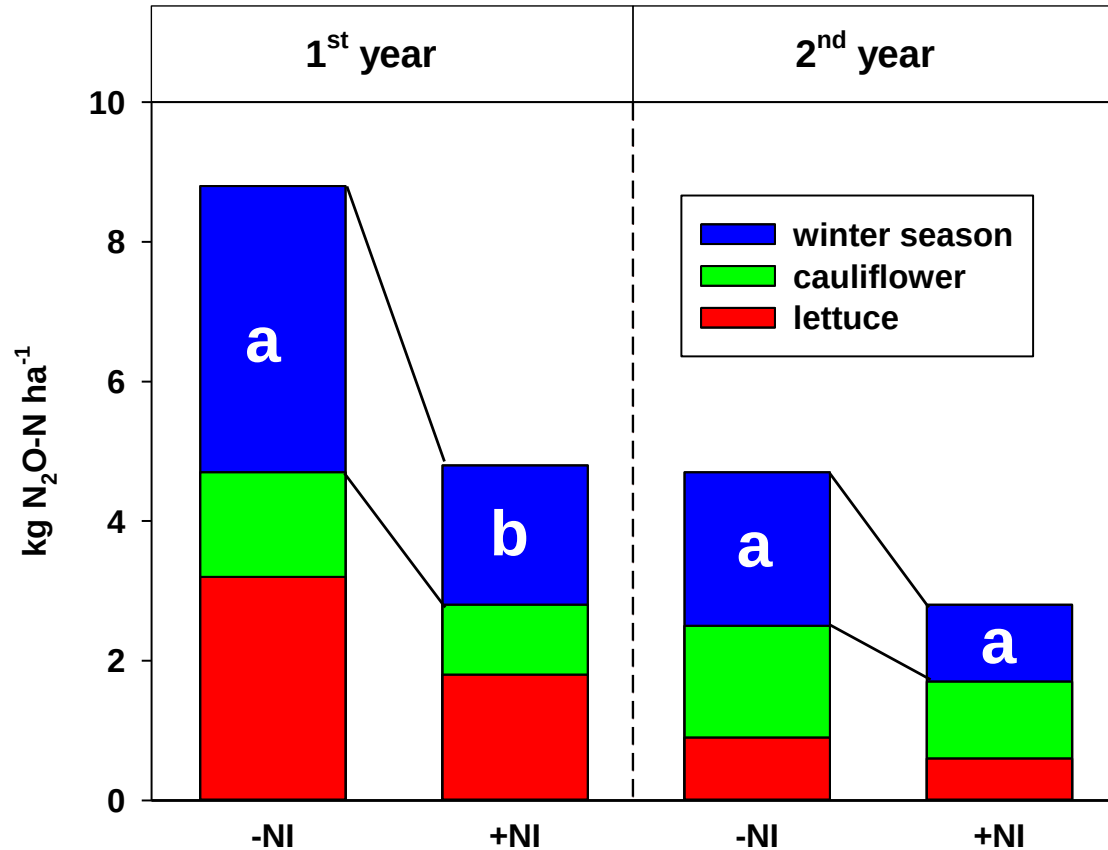
Lysimeterversuch: 12-46% des applizierten DCD innerhalb von 15 Monaten im Sickerwasser (bei hohen Niederschlägen)

Kösler et al. (2019)

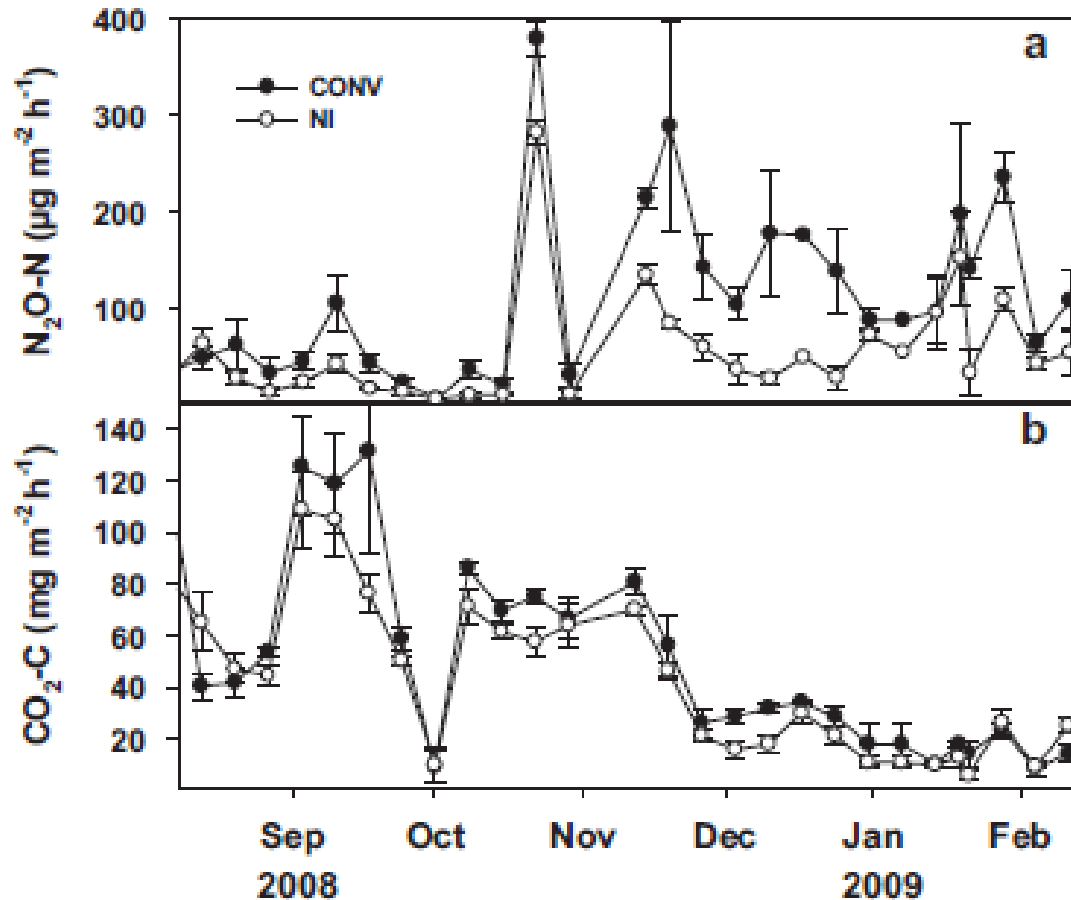
Keine ökotoxikologischen Effekte von DCD

Ökotoxikologische Effekte von NIs mit 1,2,4-Triazol

Einfluss eines NIs auf die N₂O-Winteremissionen aus einem Gemüsebaufeld



Einfluss eines NIs auf die N₂O-Winteremissionen aus einem Gemüsebaufeld



Verminderte Respiration: Einfluss von DMPP auf C-heterotrophe Biomasse?

Weiterer Forschungsbedarf



- Wirkstoff- und standortsspezifische Abschätzung des N₂O-Minderungspotentials von NIs
- ... unter Berücksichtigung weiterer umweltrelevanter N-Verluste (v.a. Nitrat) und der N-Effizienz ☞ Systembetrachtung (Anzahl Überfahrten, Einsparung N-Düngerherstellung und –distribution etc.)
- Untersuchungen zum Austrag von Hemmstoffen in Aquifere (Austrag ins Grund-/Trinkwasser von Wirkstoffen und Metaboliten)
- Ökotoxikologische Untersuchungen zu den einzelnen Hemmstoffen

Zusammenfassung

- ➡ NIs haben ein sehr hohes Potential zur Minderung der N_2O -Emissionen aus landwirtschaftlich genutzten Böden (ca. 35%). Abschätzung der Klimawirkung auf Basis ganzjähriger Datensätze!
- ➡ Räumliche oder zeitliche Trennung von NI (-Wirkung) und Substrat oder zusätzliche N_2O -Hotspots können das N_2O -Reduktionspotential mindern.
- ➡ Weitere Untersuchungen zum Umweltverhalten und zur Toxikologie der Hemmstoffe in Böden scheinen sinnvoll!



***Vielen Dank für
Ihre Aufmerksamkeit!***

