

Johannes Friedl<sup>1</sup>, Katharina M. Keiblinger<sup>2</sup>, Clemens Scheer<sup>3</sup>, David W. Rowlings<sup>1</sup>

johannes.friedl@qut.edu.au

<sup>1</sup>QUT, Brisbane; <sup>2</sup>BOKU, Wien; <sup>3</sup>KIT, Garmisch-Partenkirchen

# Lachgas (N<sub>2</sub>O) und N<sub>2</sub>-Emissionen von intensiv bewirtschafteter Weiden in den australischen Subtropen



Australian Government  
Department of Agriculture  
and Water Resources

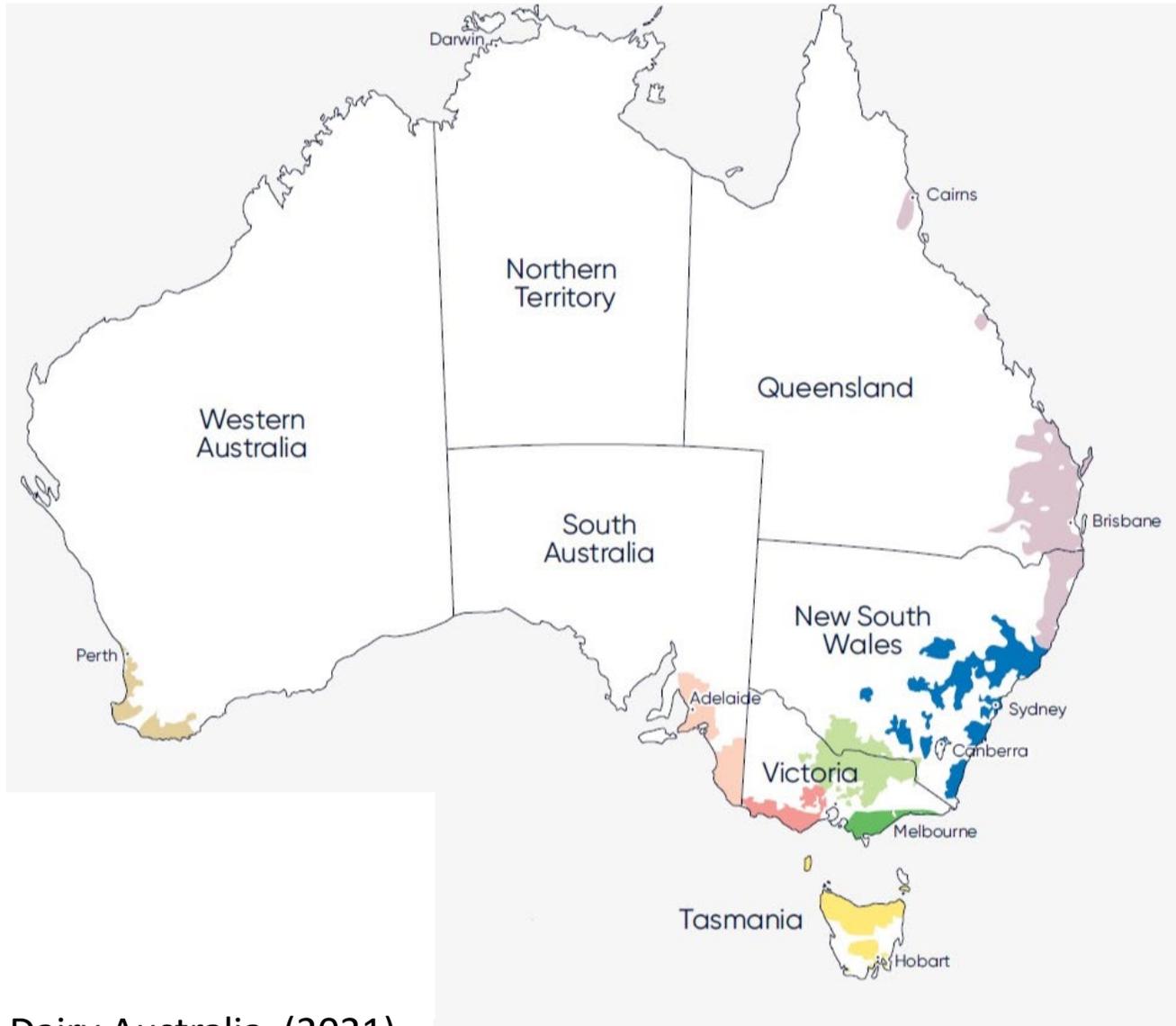


Sustainable  
agroecosystems

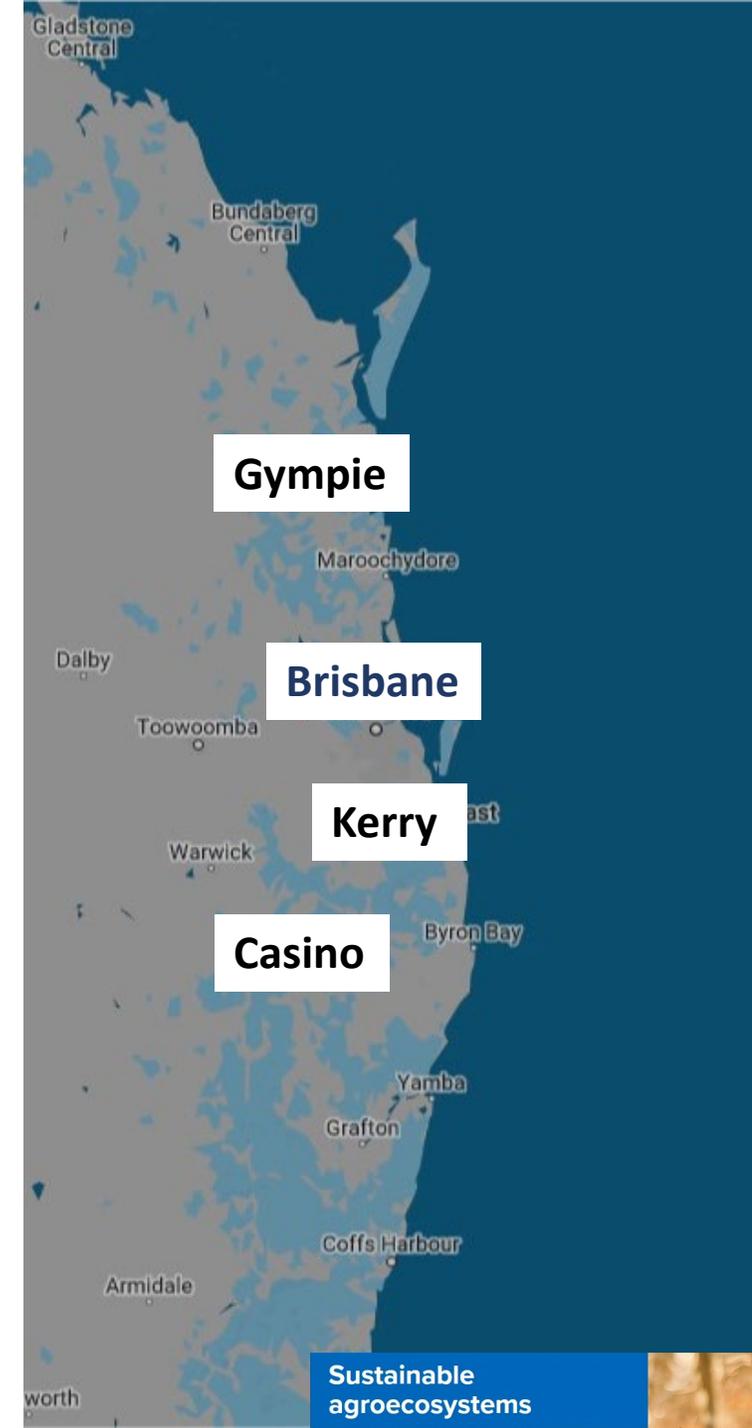
QUT

Centre for Agriculture and the  
Bioeconomy

# Milchproduktion in Australien



Dairy Australia (2021)



# Milchproduktion in Australien

AVERAGE ANNUAL MILK PRODUCTION PER COW

**6,170**  
litres

TOTAL ANNUAL MILK PRODUCTION

**8,776**  
million litres



**4<sup>th</sup>**

Dairy is Australia's fourth largest rural industry



**43,500**

Dairy industry workforce

**29%**

of milk production is exported



ANNUAL PER CAPITA CONSUMPTION

**97 litres**  
milk

**13.6 kg**  
cheese



AVERAGE HERD SIZE

**279**  
COWS



AUSTRALIAN DAIRY HERD

**1.41 million**  
COWS

## Treibhausgas Emissionen

- **30 % bis 2030**

## Stark steigende N-Düngerpreise

### Urea

02/21 \$ 430 t<sup>-1</sup>

02/22 \$ 1180 t<sup>-1</sup>

**+ 175%**

Dairy Australia (2021)



# Intensiv bewirtschaftete Weiden in den Subtropen



Source: [queenslandcountrylife.com.au](http://queenslandcountrylife.com.au)



Source: ABC Rural



# Stickstoffnutzungseffizienz



**N Dünger Raten  $\text{kg N ha}^{-1} \text{ Jahr}^{-1}$**

**220 (0 - > 400)**

**N-Nutzungseffizienz (%)**

**25 (15–30)**

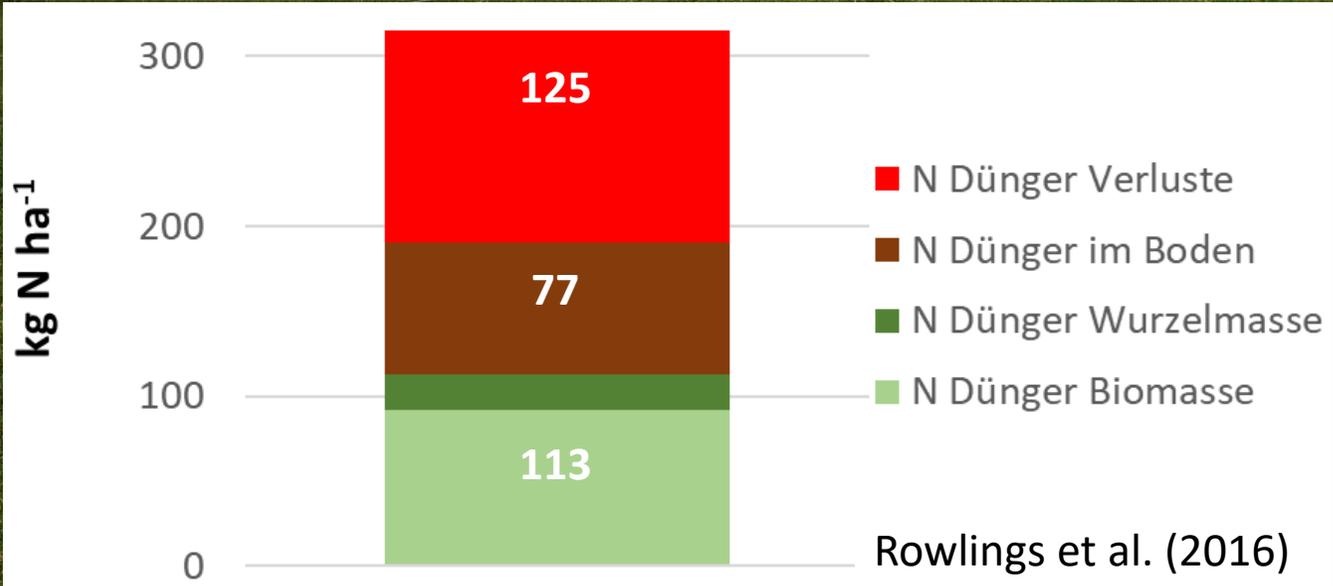
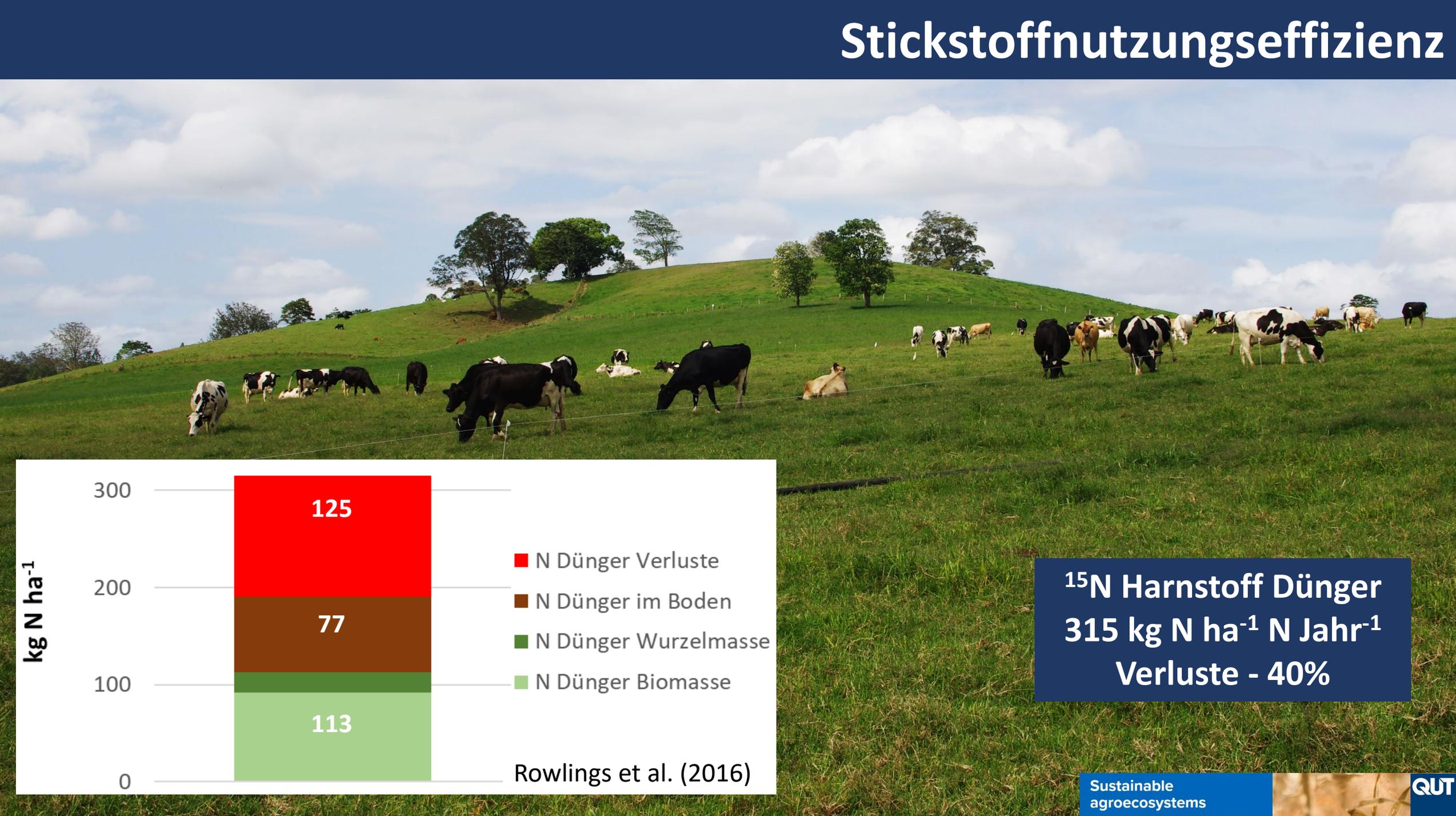
**N Überschuss ( $\text{kg N ha}^{-1}$ ) Betrieb<sup>-1</sup>**

**192.8 (47.0–600.7)**

Gourley et al. (2012)

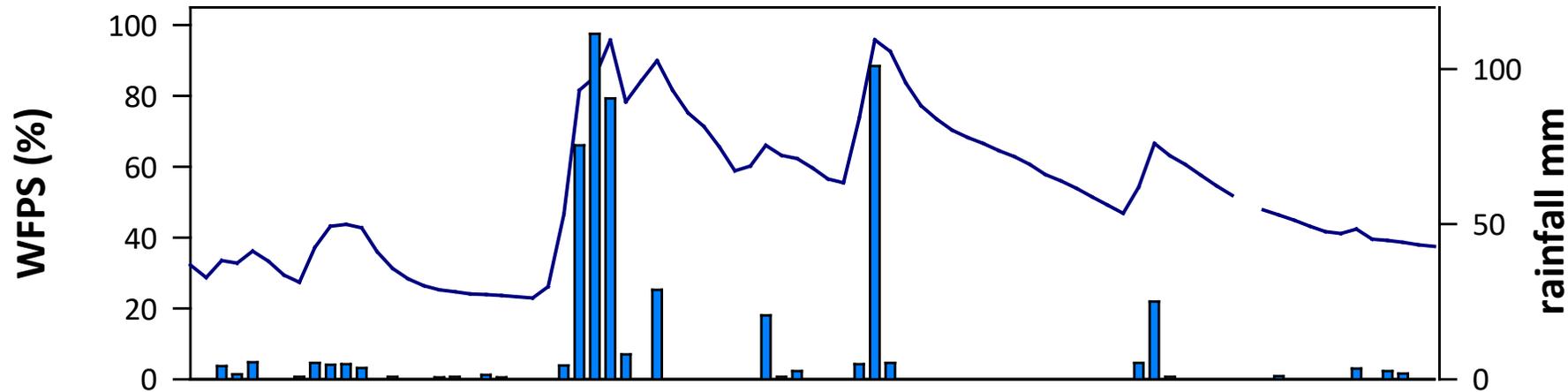
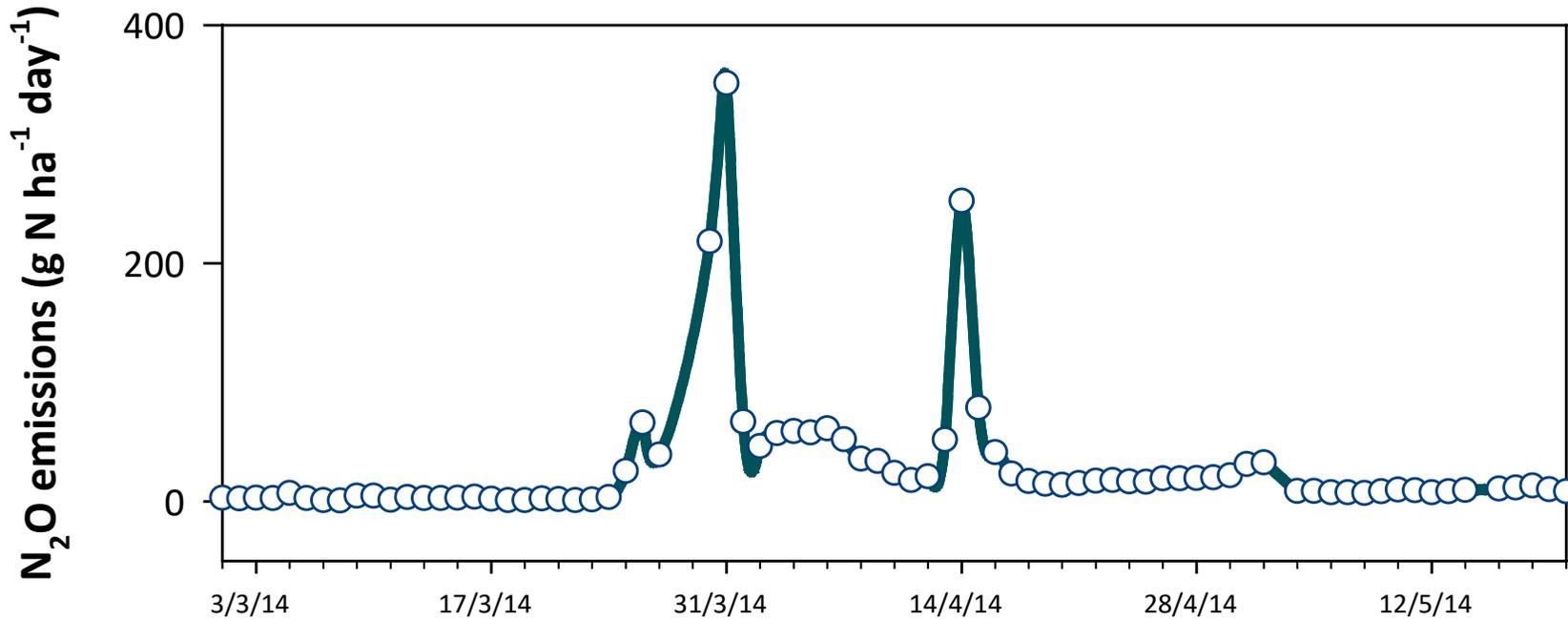


# Stickstoffnutzungseffizienz

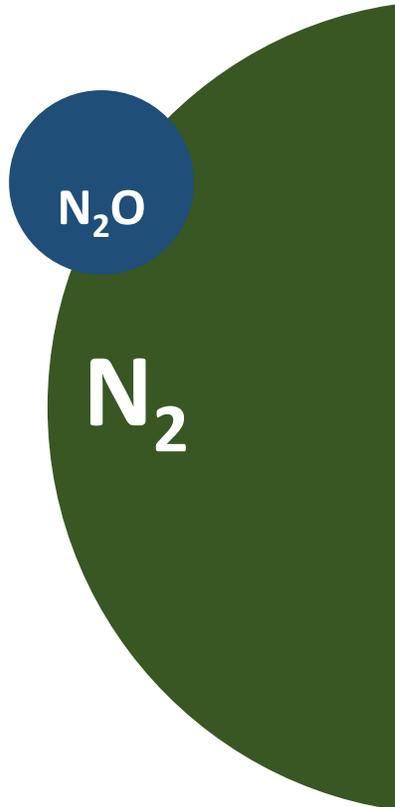


**<sup>15</sup>N Harnstoff Dünger**  
**315 kg N ha<sup>-1</sup> N Jahr<sup>-1</sup>**  
**Verluste - 40%**

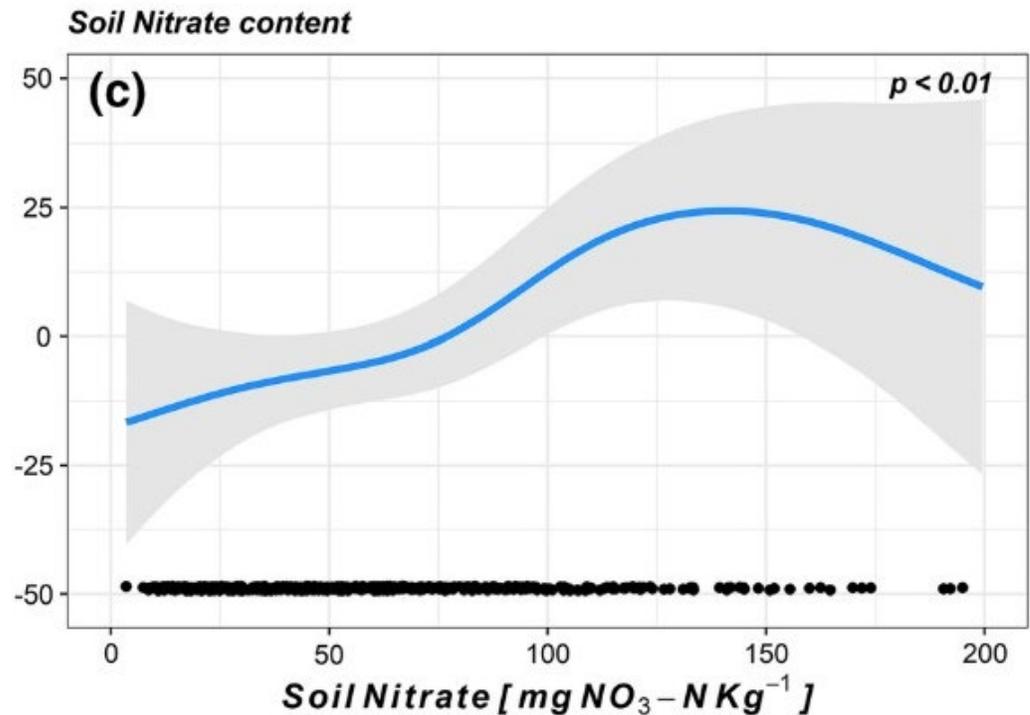
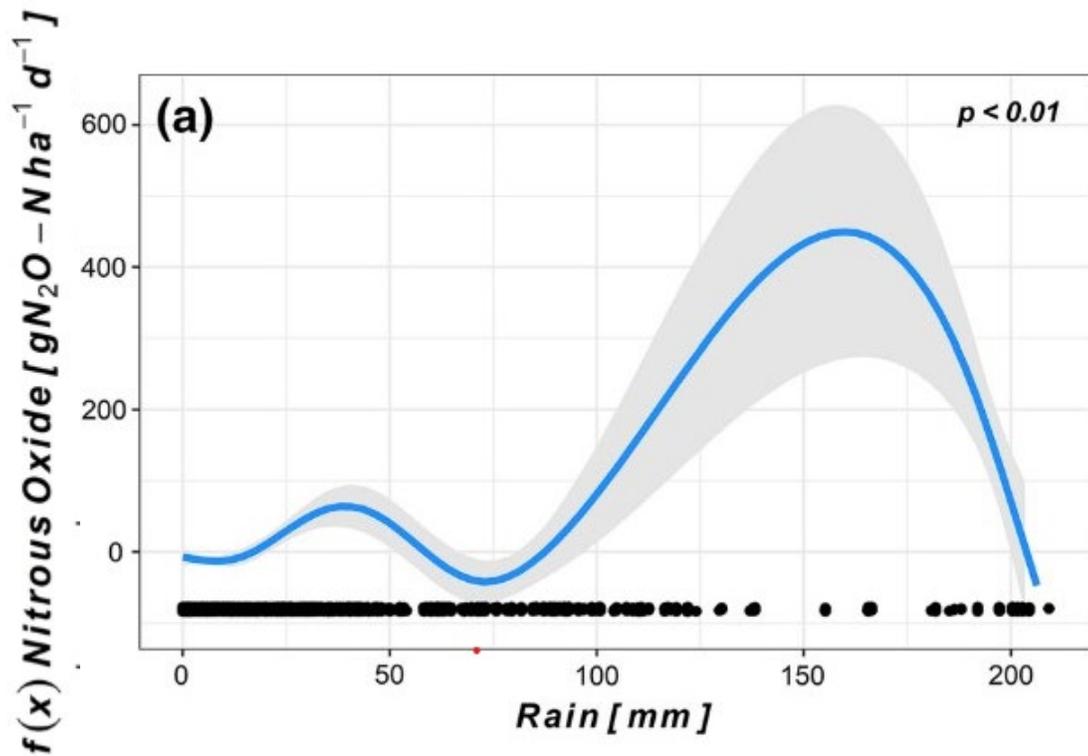
# Denitrifikation



Rowlings, unpublished data



# Variabilität von N<sub>2</sub>O Emissionen



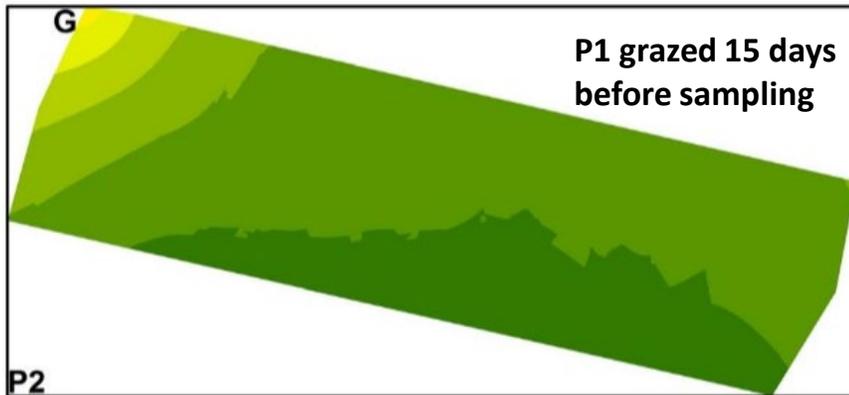
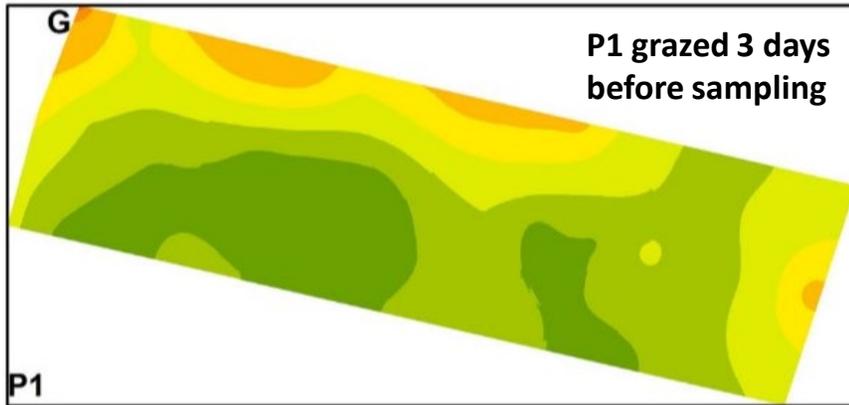
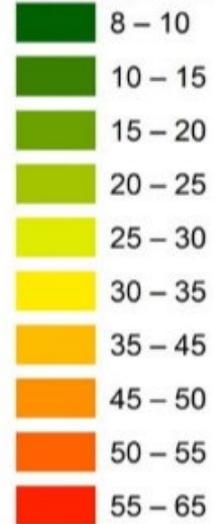
Generalized additive model (GAM) components influence on temporal N<sub>2</sub>O emissions variability for the non-intensive grazing system (Kerry, QLD, Australia).



# Räumliche Variabilität von N<sub>2</sub>O Emissionen

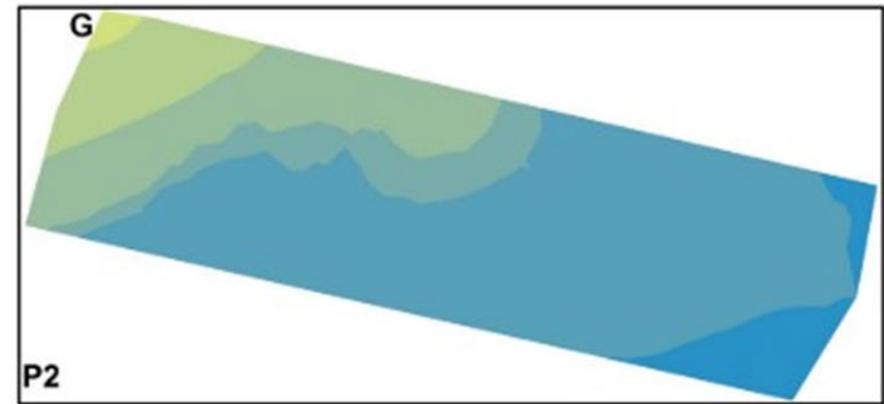
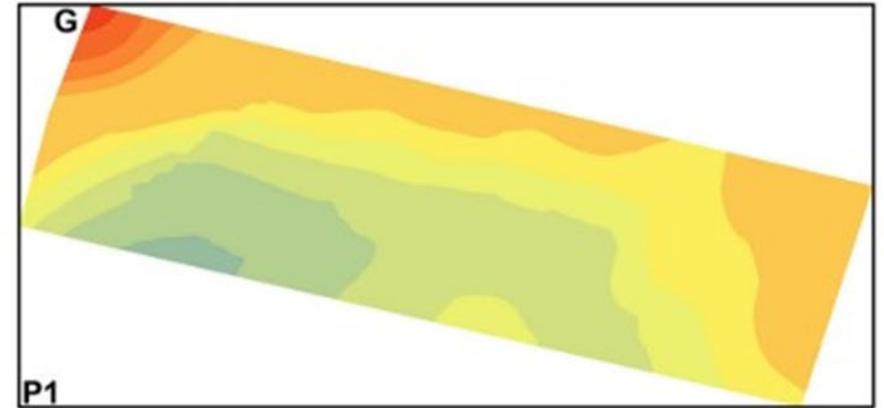
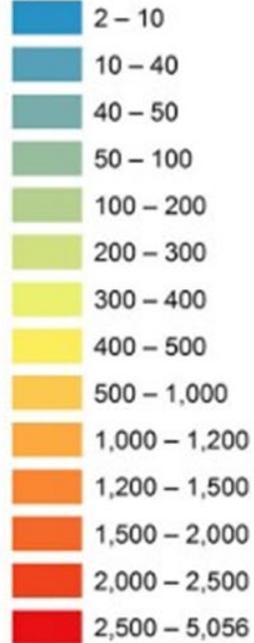
## Soil Nitrate

mg NO<sub>3</sub>-N kg<sup>-1</sup>



## Nitrous Oxide

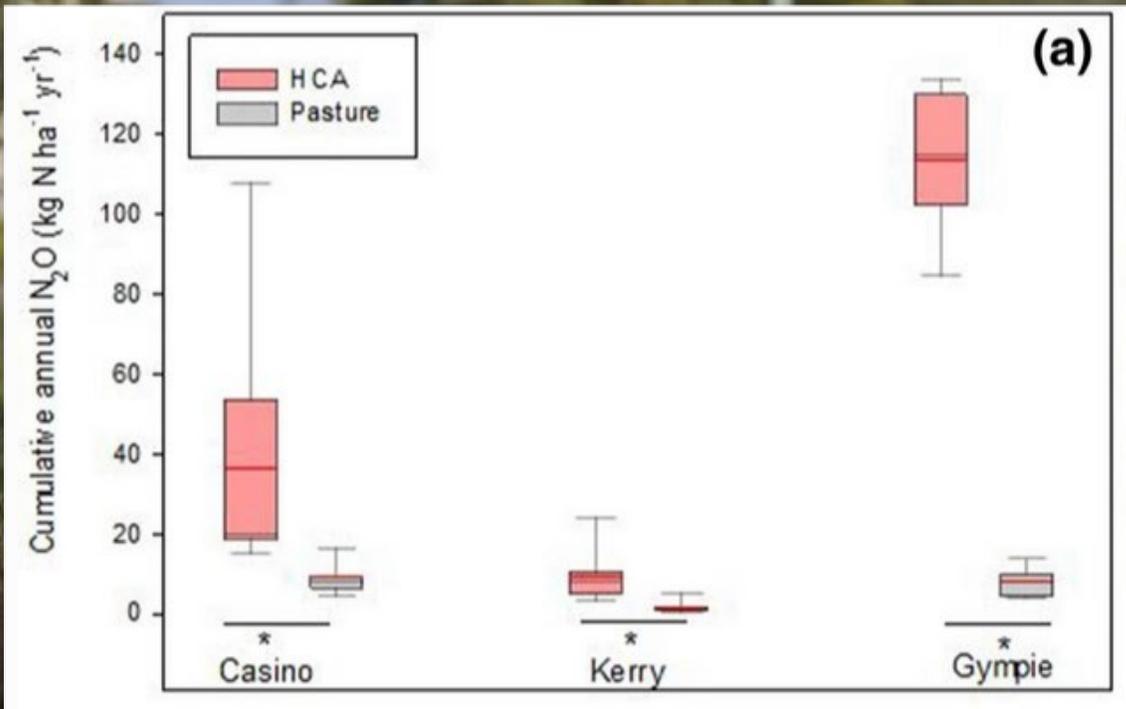
g N<sub>2</sub>O-N ha<sup>-1</sup>d<sup>-1</sup>



0 20 40 80  
Meters



# Räumliche Variabilität von N<sub>2</sub>O Emissionen



Mitchell et al. (2020)

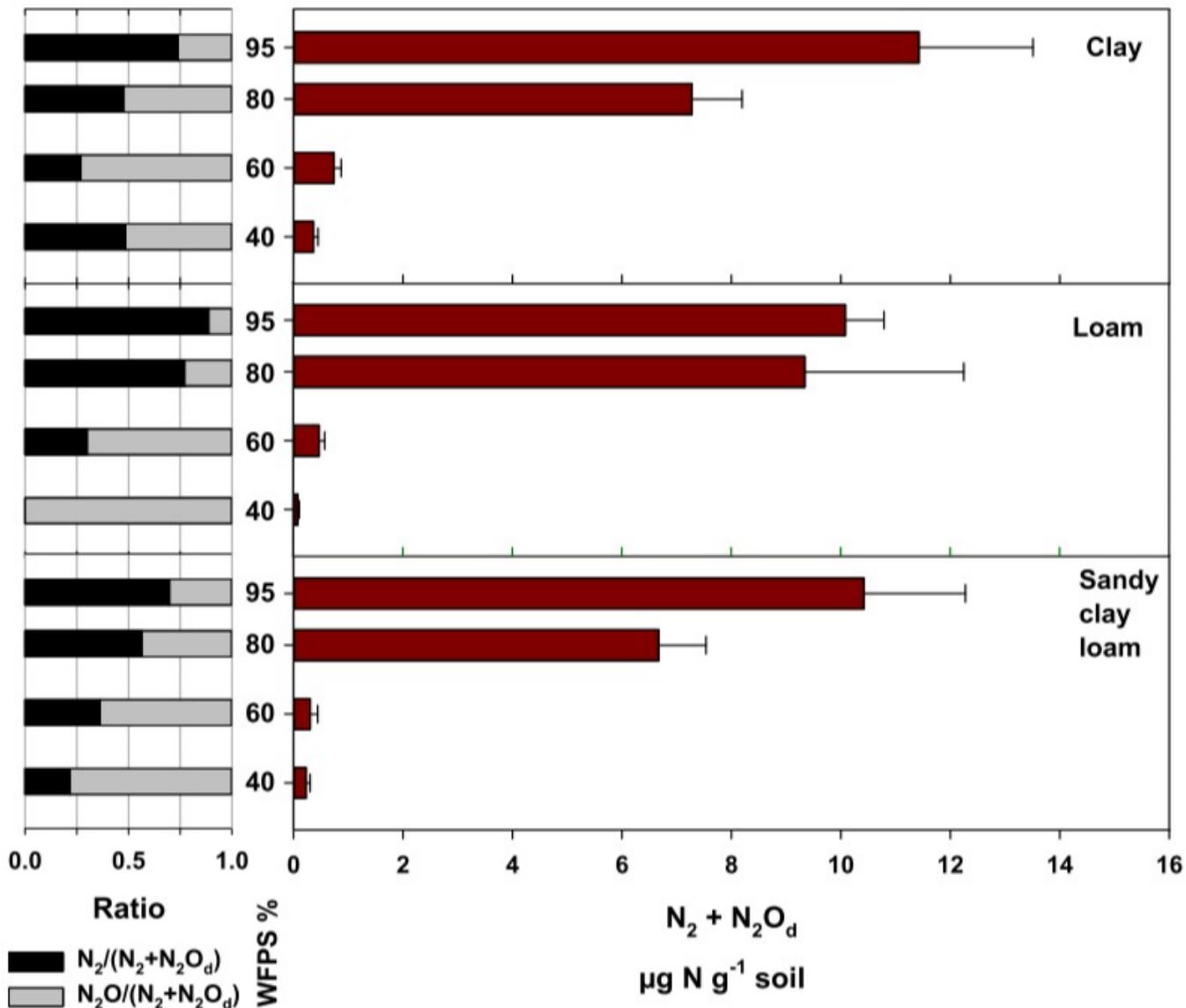
# Emissionen von $N_2$ und $N_2O$ nach intensivem Regen



# Emissionen von $N_2$ und $N_2O$ nach intensivem Regen



# Emissionen von $N_2$ und $N_2O$ nach intensivem Regen



Exponentieller Anstieg von Denitrifikationsraten nach dem Befeuchten von trockenen Weideböden

Signifikante  $N_2$  und  $N_2O$  Verluste auch bei niedrigen Wassergehalten

Friedl et al. (2019)

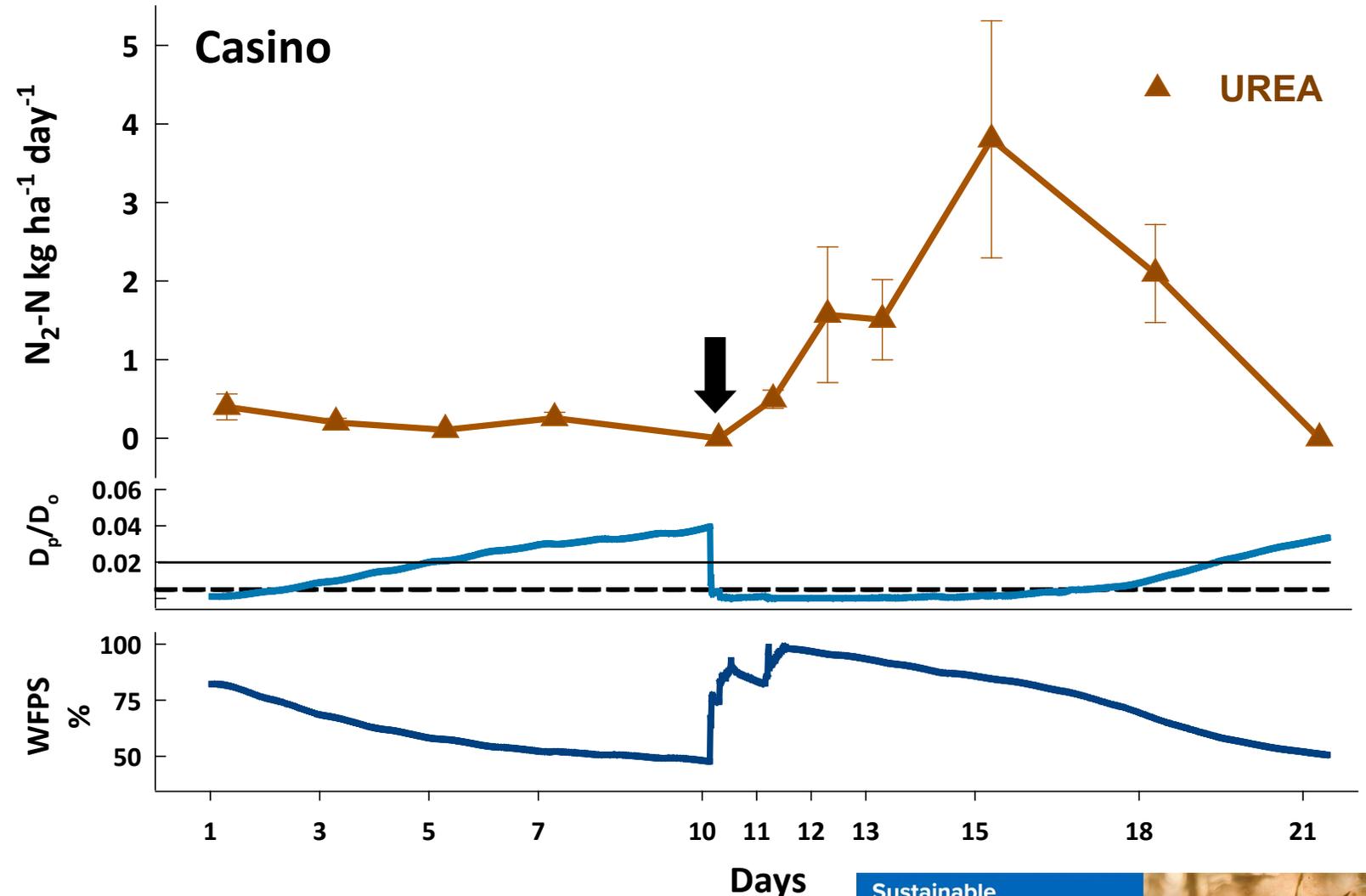


# Emissionen von $N_2$ und $N_2O$ nach intensivem Regen

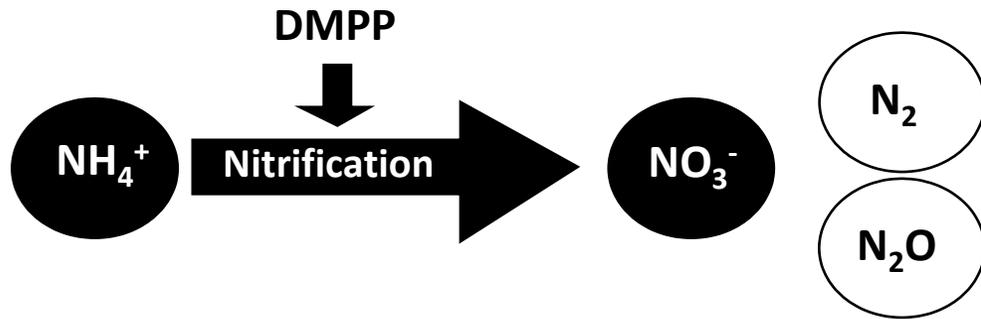
22 kg N ha<sup>-1</sup> emittiert als  $N_2$

0.1 kg N ha<sup>-1</sup> emittiert als  $N_2O$

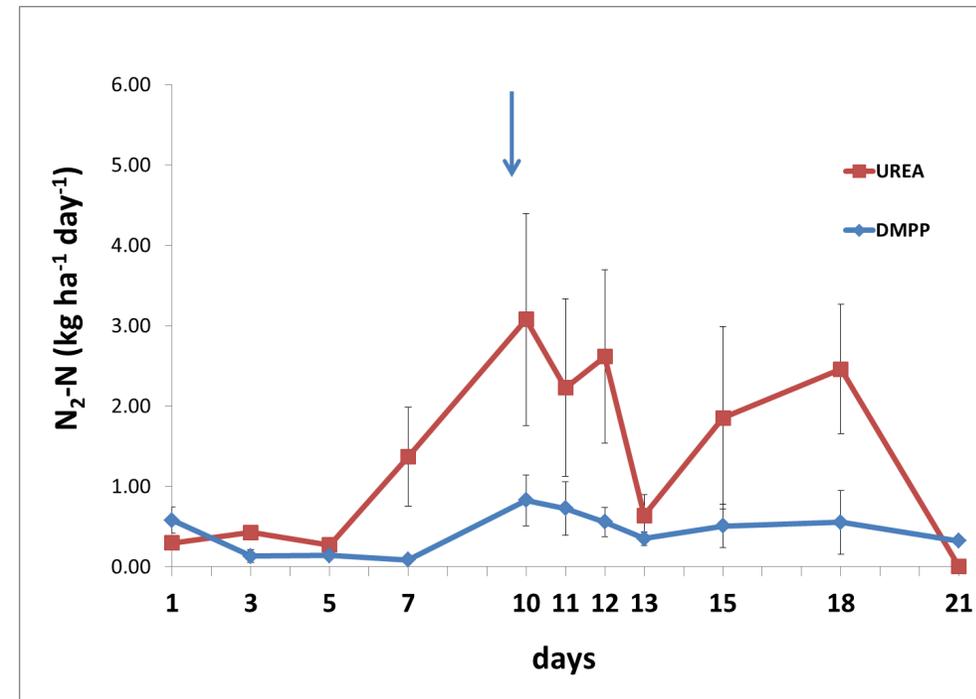
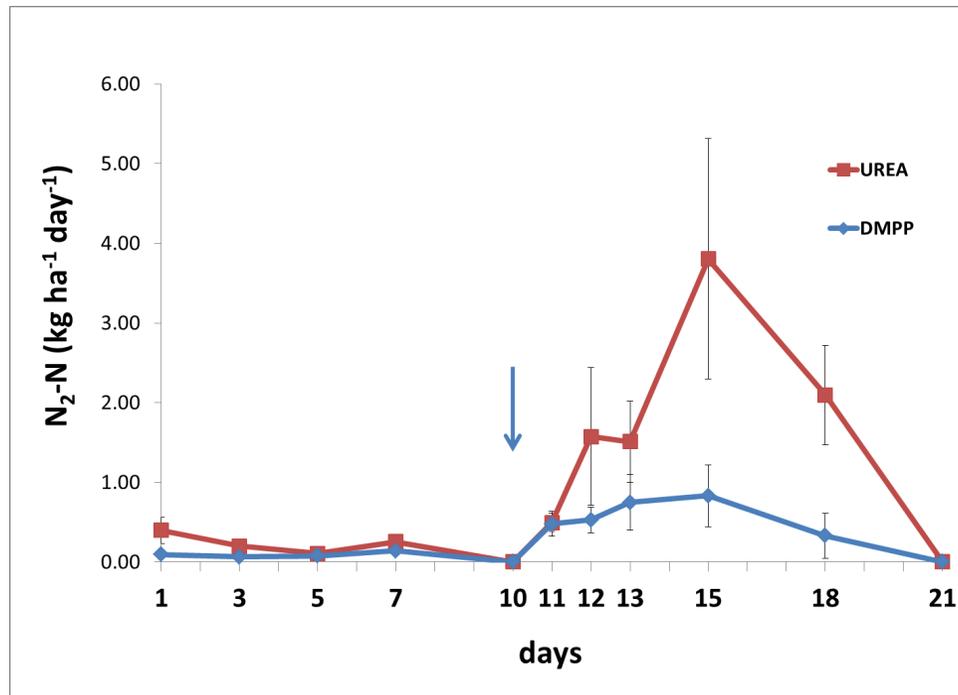
> 60% des N emittiert als  $N_2 + N_2O$  stammt von der Mineralisierung von  $N_{org}$



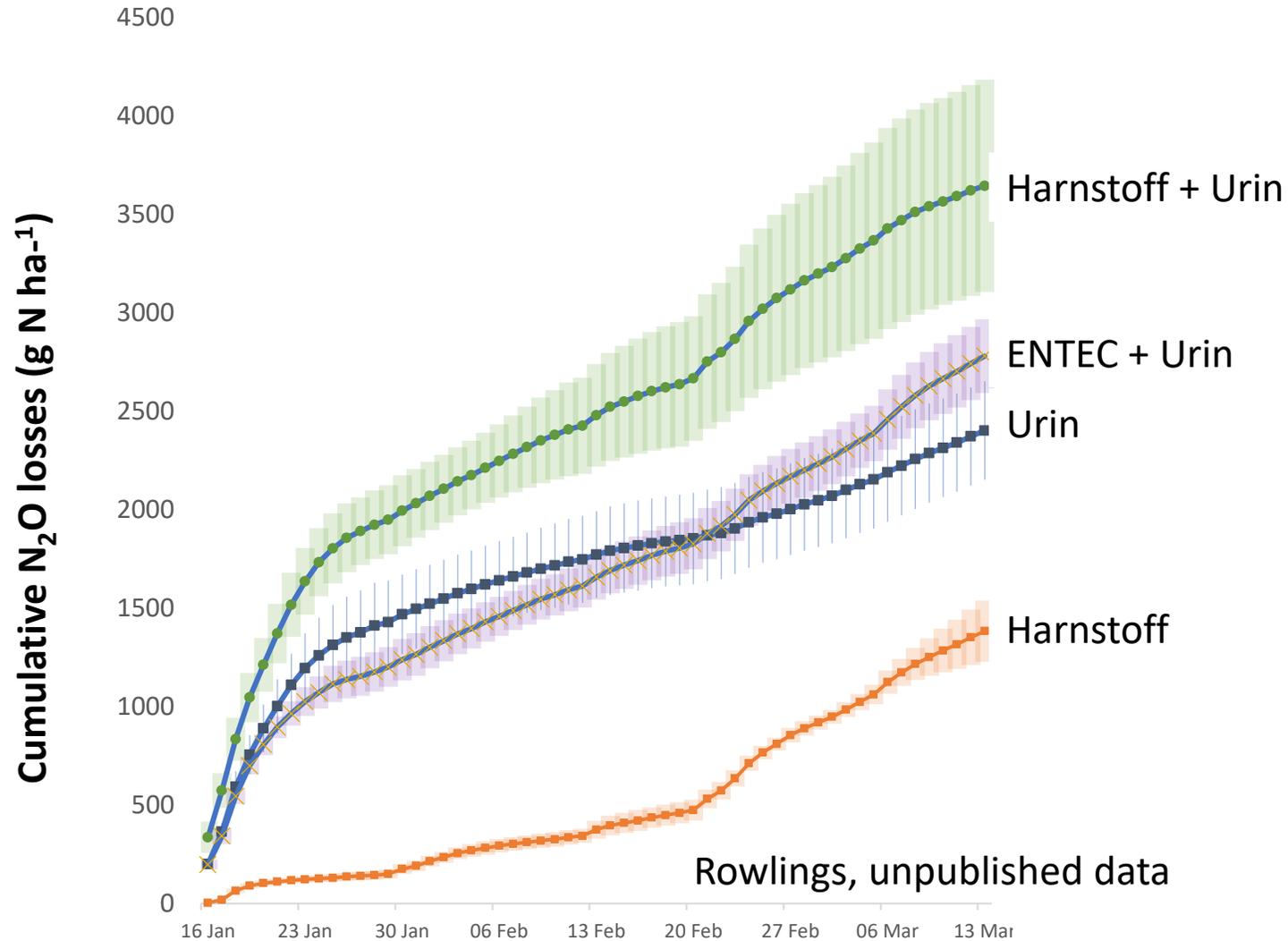
Friedl et al. (2017)



**ENTEC – Harnstoff mit DMPP**  
**-75%  $\text{N}_2 + \text{N}_2\text{O}$**



Friedl et al. (2017)



**ENTEK = Urea+DMPP**

**Verringerung von  $N_2O$  Emissionen nach Urin deposition**





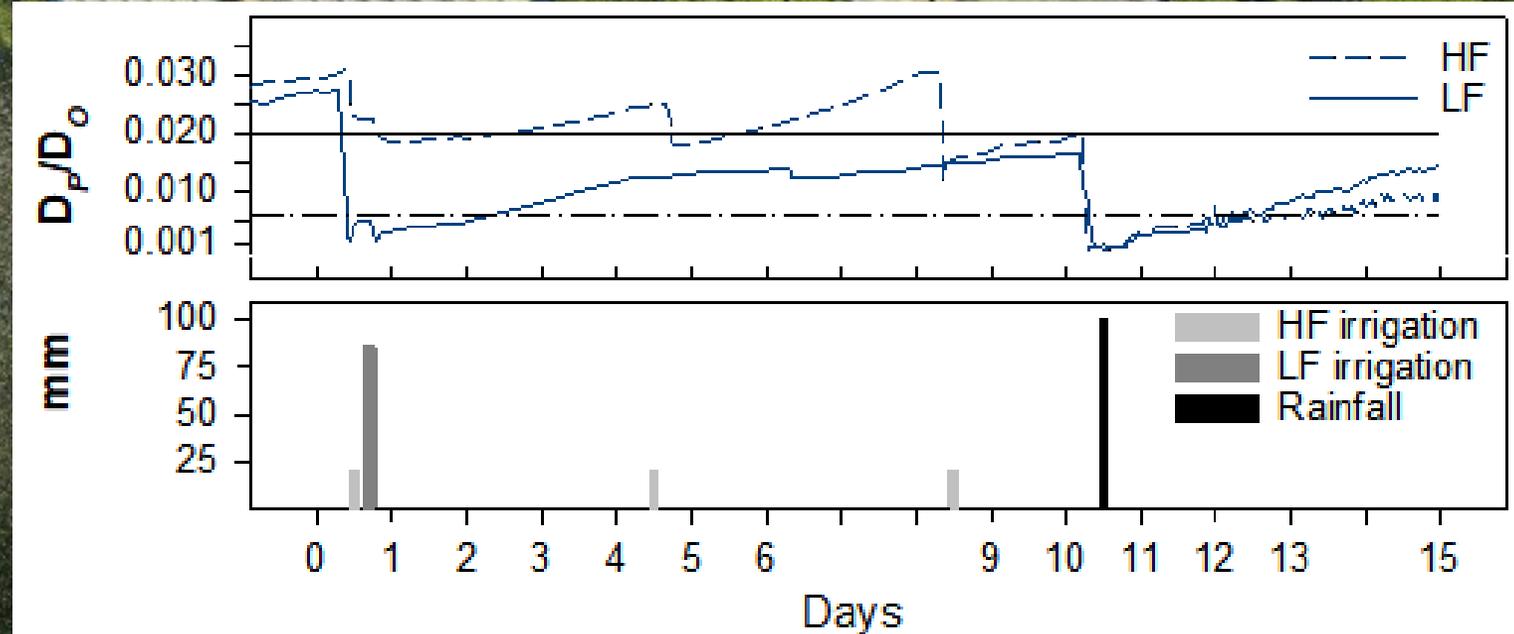
- erhöhter Bewässerungsfrequenz

Abgeschätzte Evapotranspirationsrate

Bewässerungsmenge wurde

- auf einmal (niedrige Frequenz – LF)
- in zwei (mittlere Frequenz - MF)
- in vier separaten Bewässerungsereignissen (hohe Frequenz - HF)

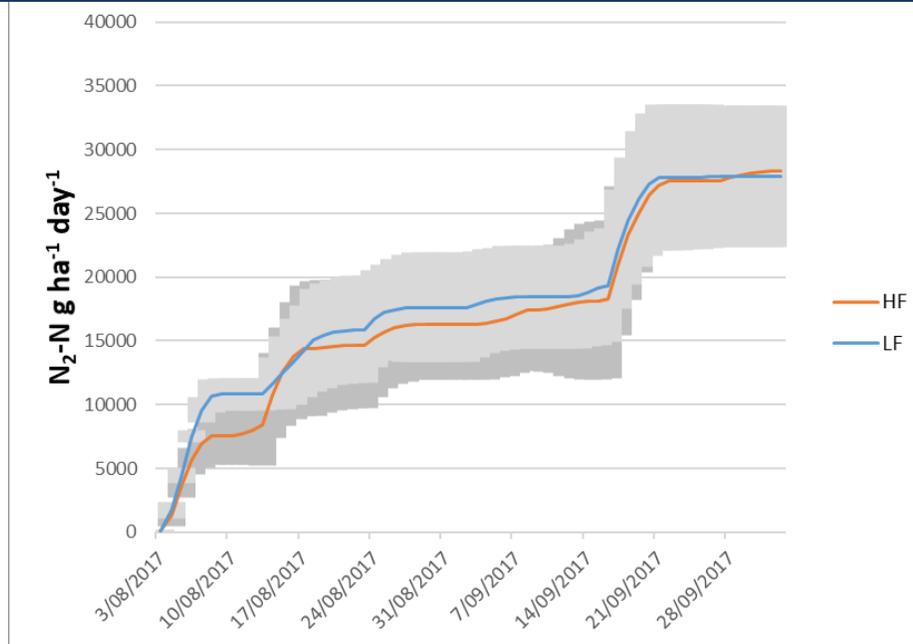
aufgebracht



	High-Frequency	Medium-Frequency	Low-Frequency	
Biomass yield (t DM ha <sup>-1</sup> )	13.2 (0.3) <sub>a</sub>	12.5 (0.3) <sub>a</sub>	12.6 (0.5) <sub>a</sub>	-
Total N yield (kg ha <sup>-1</sup> )	437.2 (20.1) <sub>a</sub>	411.7 (13.3) <sub>a</sub>	410.1 (13.2) <sub>a</sub>	-
Daily biomass yield (kg DM ha <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )	38 (1.3) <sub>a</sub>	37.6 (0.9) <sub>a</sub>	37.3 (1.5) <sub>a</sub>	-
Total N <sub>2</sub> O loss (g N ha <sup>-1</sup> )	3790 (417) <sub>a</sub>	3282 (232) <sub>a</sub>	5855 (534) <sub>b</sub>	↓
Emission Factor	0.62 (0.12)	0.49 (0.05)	1.17 (0.14)	↓
Irrigation Water Use Efficiency (kg DM mm <sup>-1</sup> )	44.8	29.6	25	↑
N <sub>2</sub> O intensity (kg N <sub>2</sub> O kg DM <sup>-1</sup> )	0.29	0.26	0.46	↓
N <sub>2</sub> O intensity per unit of Irrigation Water Use Efficiency (kg N <sub>2</sub> O kg DM <sup>-1</sup> mm <sup>-1</sup> )	0.08	0.11	0.23	↓

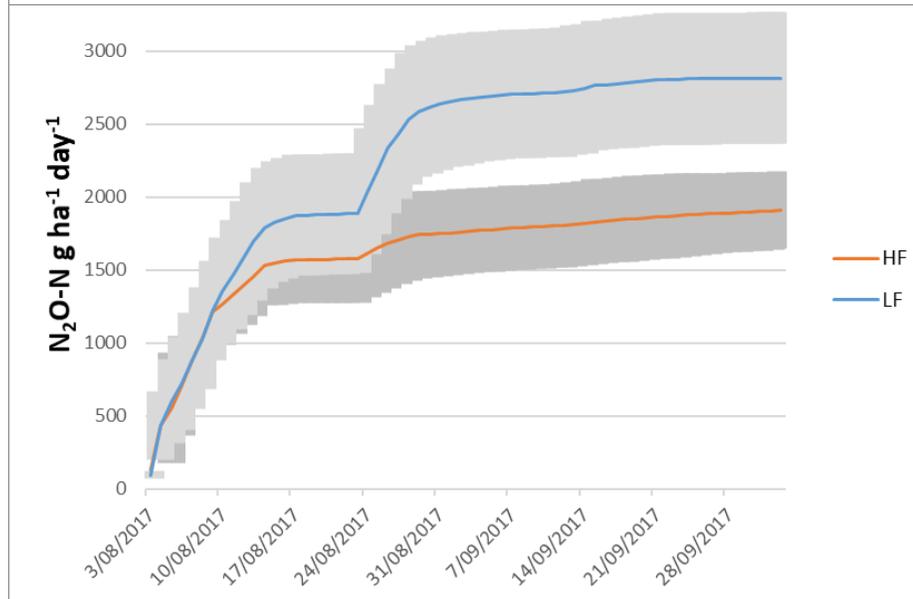
Der beobachtete Effekt stand nicht in direktem Zusammenhang mit einzelnen Bewässerungsereignissen, sondern war auf einen „Langzeit Effekt“ zurückzuführen, der während nachfolgender intensiver Niederschlagsereignisse beobachtet wurde





$N_2$  ist das Hauptprodukt von Denitrifikation

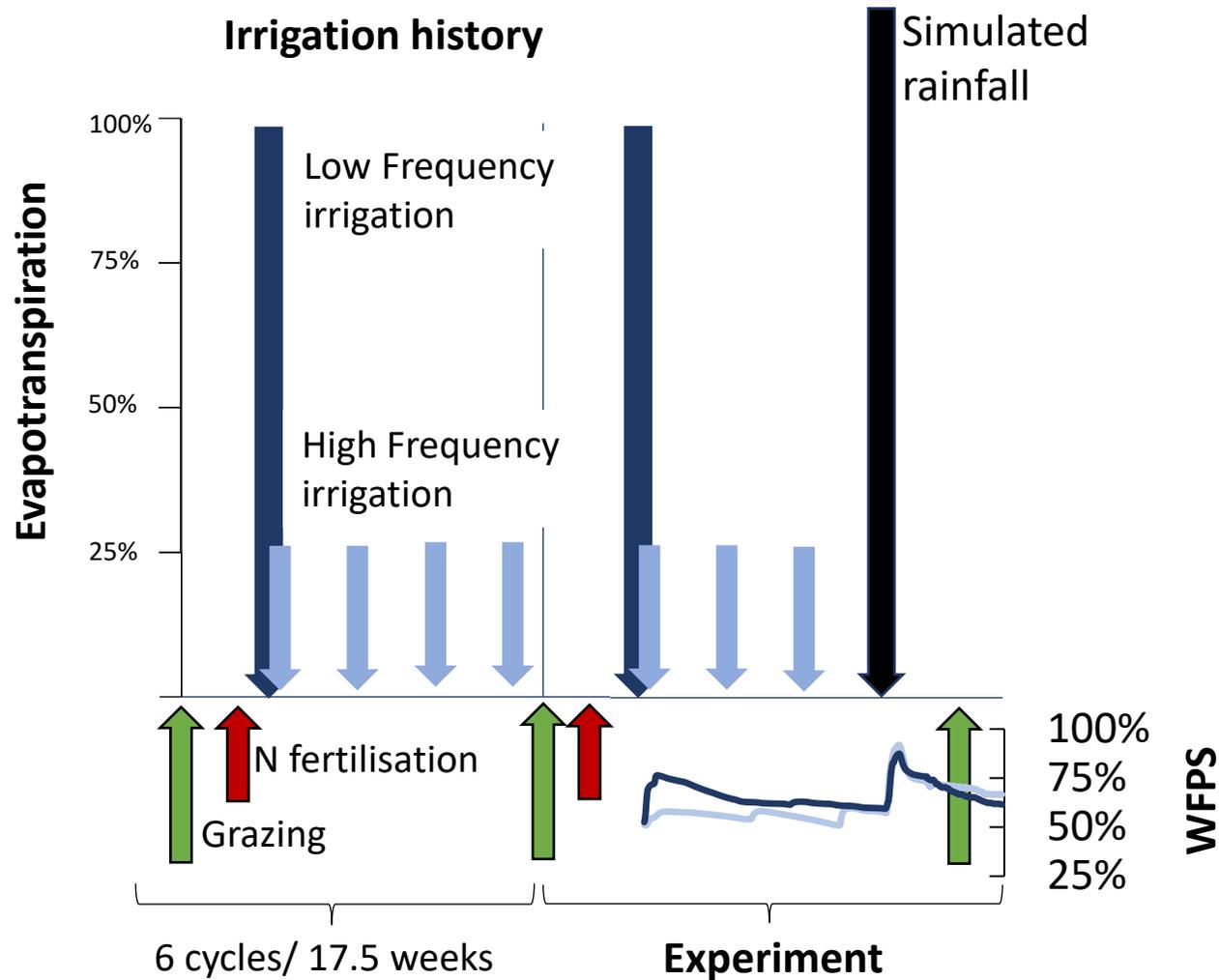
Keine Reduktion von Denitrifikationsverlusten verursacht durch Urindeposition



Höchsten  $N_2O$  Emissionen direkt nach der Urindeposition

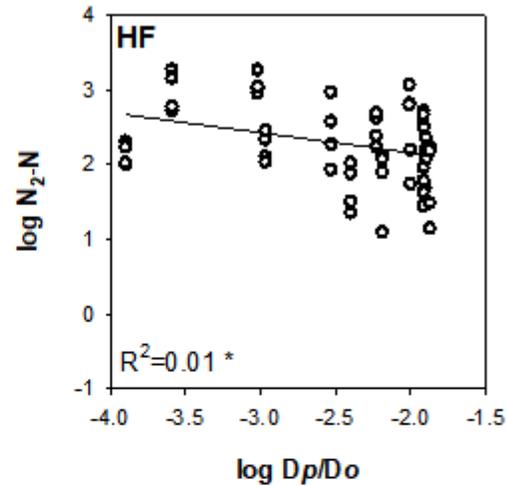
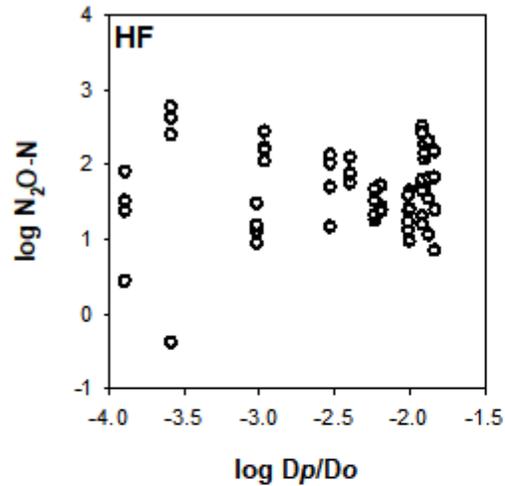
Verringerung von  $N_2O$  emissionen durch erhöhter Bewässerungsfrequenz



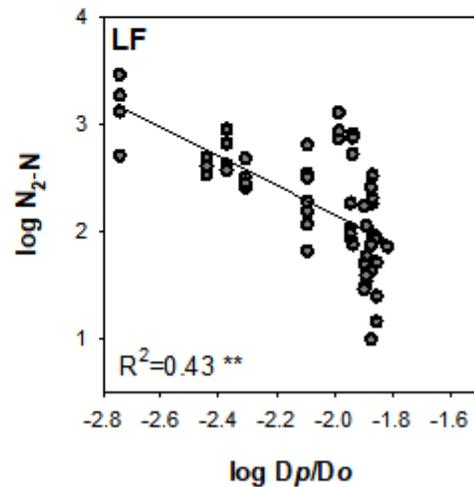
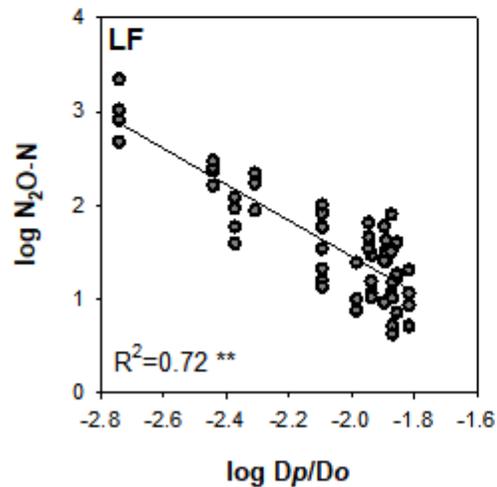


- Langzeiteffekt?
- Abundanz funktioneller N- Gene



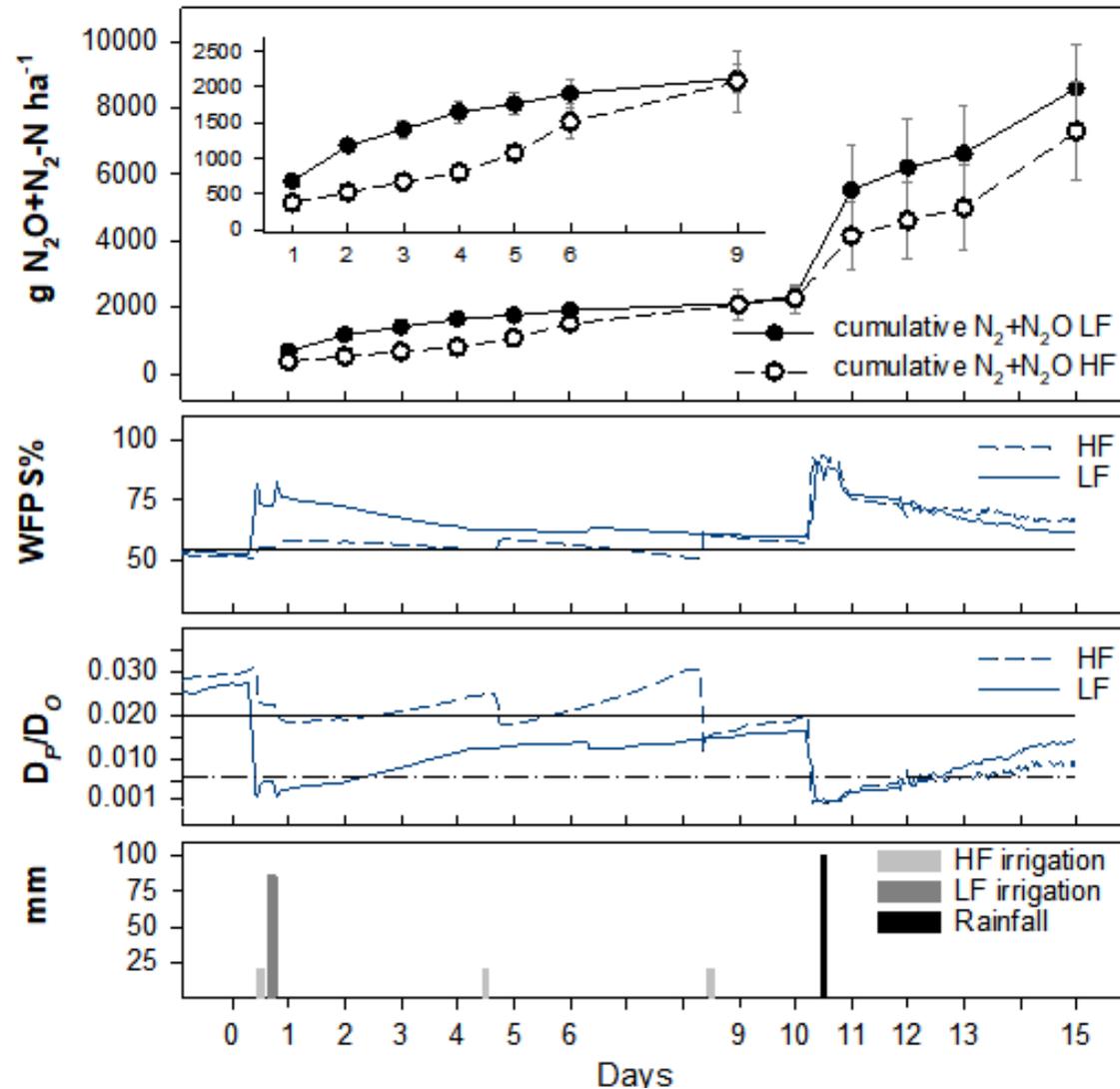


Keine Korrelation von Boden-Gas Diffusivität und N<sub>2</sub> und N<sub>2</sub>O bei hoher Bewässerungsfrequenz (HF)



Korrelation von Boden-Gas Diffusivität und N<sub>2</sub> und N<sub>2</sub>O bei niedriger, konventioneller Bewässerungsfrequenz (LF)





Friedl et al. (2022) under review

Wiederholte, kleine Bewässerungsmengen erzeugten die gleiche Menge an  $\text{N}_2 + \text{N}_2\text{O}$ -Verlusten wie ein einzelnes, großes Bewässerungsereignis

Hohe räumliche Variabilität von Denitrifikationsraten

Niederschlagsereignis führte zu einem starken Anstieg von  $\text{N}_2\text{O}$  Emissionen, jedoch mit einem deutlich verringertem Anstieg bei HF

Kein Effekt von Bewässerungsfrequenz auf die Abundanz funktioneller N- Gene

Erhöhte DOC Werte bei HF





## Bewässerung = ET Denitrifikationsverluste relativ niedrig

- Bodenfeuchte vor Niederschlagsereignissen ist entscheidend für die Höhe von Denitrifikationsverlusten, aber auch für das Verhältnis von  $N_2$ :  $N_2O$
- Hohe Verluste von  $N_2+N_2O$  sind zu erwarten bei
  - Wiederholten Niederschlägen
  - Sättigung des Bodens für  $> 1$  Tag
  - Nach Niederschlagsereignissen nach Trockenperioden
  - Herbst, bei der Weidelgras Einsaat



## Bewässerung Frequenz:

- Mikrobieller  $O_2$ -Verbrauch als der bestimmende Faktor für  $N_2O$ - und  $N_2$ -Emissionen nach kleinen, wiederholten Bewässerungs- oder Niederschlagsereignissen
- Verringerte Gasdiffusion im Boden bestimmt in erster Linie  $N_2O$ - und  $N_2$ -Emissionen nach starken Niederschlägen oder hohen Bewässerungsmengen
- Kein Verringerung von Denitrifikationsverlusten ( $N_2+N_2O$ )
- Verringerung von  $N_2O$  nach Urindepotion, und nach N Düngung



## Nitrifikationsinhibitoren (NIs)

- NIs verringern N Verluste in Verbindung mit reduzierter N Dünger rate ohne BM Ertragseinbußen
- NIs verringern  $N_2+N_2O$  Emissionen nach Starkregenereignissen
- Verringerung von  $N_2O$  Emissionen nach Urindepotion durch NIs
- Ertragszuwächse mit NIs sind möglich, allerdings nur bei Weidelgras, und stark abhängig von der Düngerate





Sustainable  
agroecosystems



**QUT**