



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für  
Wirtschaft, Bildung und Forschung WBF  
**Agroscope**

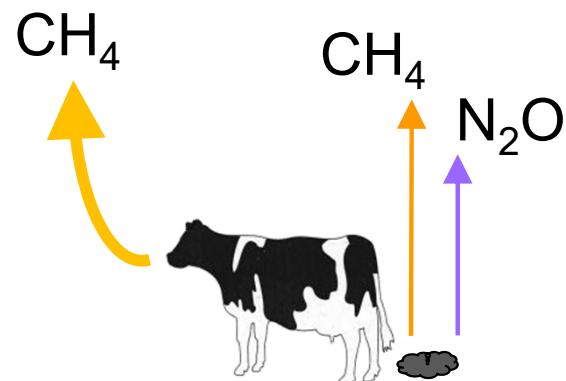
# **Experimentelle Bestimmung der Treibhausgas-Bilanz von Weidesystemen**

**Christof Ammann, Raphael Felber, Karl Voglmeier**

Reckenholz, 9. Oktober 2018

# Landwirtschaftliche Quellen und Senken von Treibhausgasen (THG)

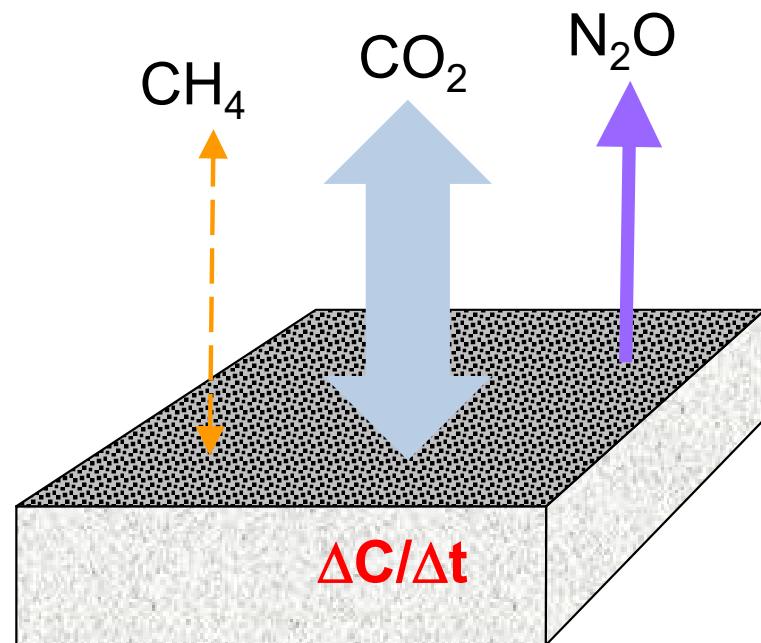
THG Emission  
von Nutztieren



## Einzeltier-bezogene Messung

- Respirationskammer
- $\text{SF}_6$ -Tracer
- Kammermessungen (Urin, Dung)

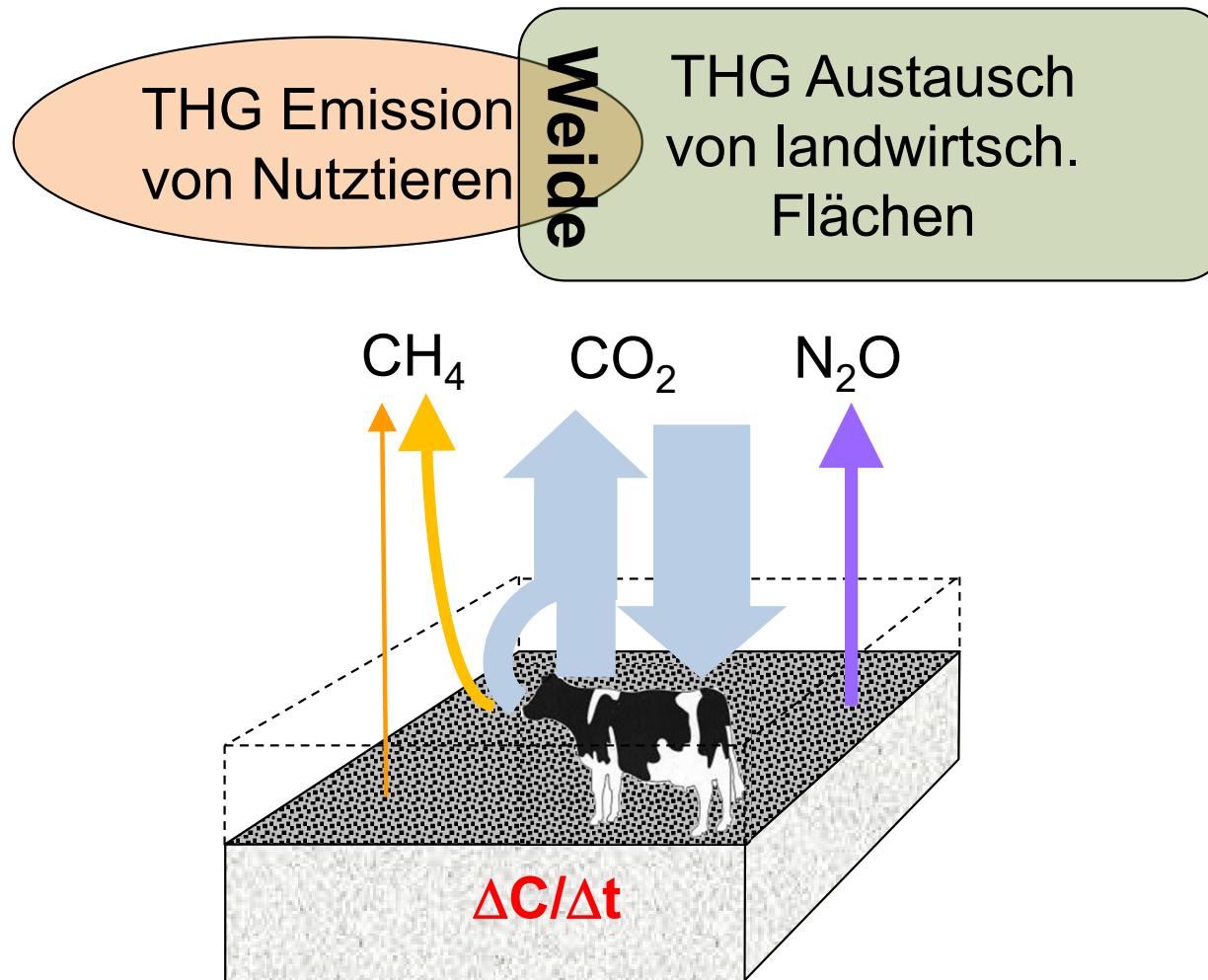
THG Austausch  
von landwirtsch.  
Flächen



## Flächen-bezogene Messung

- verteilte Bodenkammern ( $0.1 - 1 \text{ m}^2$ )
- mikrometeorolog. Methoden ( $0.1 - 1 \text{ ha}$ )

# Landwirtschaftliche Quellen und Senken von Treibhausgasen (THG)

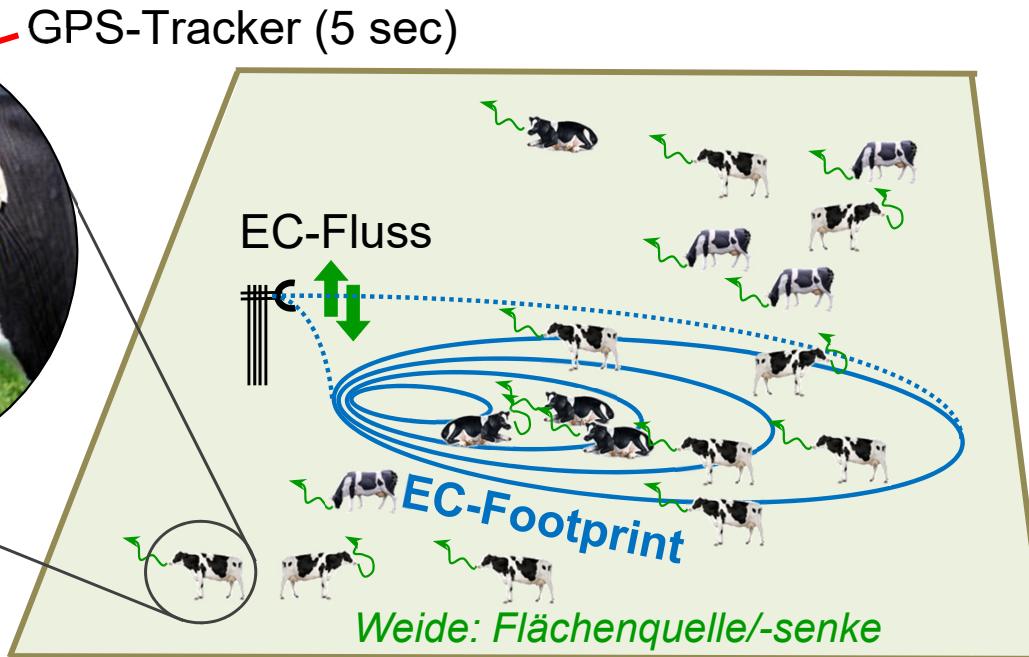


Gleichzeitige Messung für alle THG über die gesamte Weidesaison ist nur mit einer flächenbezogenen Methode möglich

# Motivation für Untersuchung von Weideemissionen

- ❖ Weidehaltung gilt (gegenüber Stallhaltung) als vorteilhaft für:
  - Tierwohl
  - Arbeits-/Kostenaufwand
  - geringe  $\text{NH}_3$ -Emissionen
- ❖ Gemäss bisherigen IPCC-Standardfaktoren kann Weidehaltung zu erhöhten  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionen führen
  - möglicher Zielkonflikt zwischen Minderung von  $\text{NH}_3$  und  $\text{N}_2\text{O}$  ?
- ❖ Die Auswirkung auf die C-Speicherung im Boden (sowie auf  $\text{CH}_4$ -Emission) sind sehr unsicher
  - ...wegen fehlender (in-situ) Messungen, insbes. für Schweizer Verhältnisse
- ❖ Schwierige Messbedingungen wegen starker räumlicher und zeitlicher Variabilität der Emissionsquellen
  - kontinuierliche & räumlich integrierende Messungen
  - Kombination von verschiedenen Messmethoden

# Eddy Covariance (EC) Messung über einer Weide



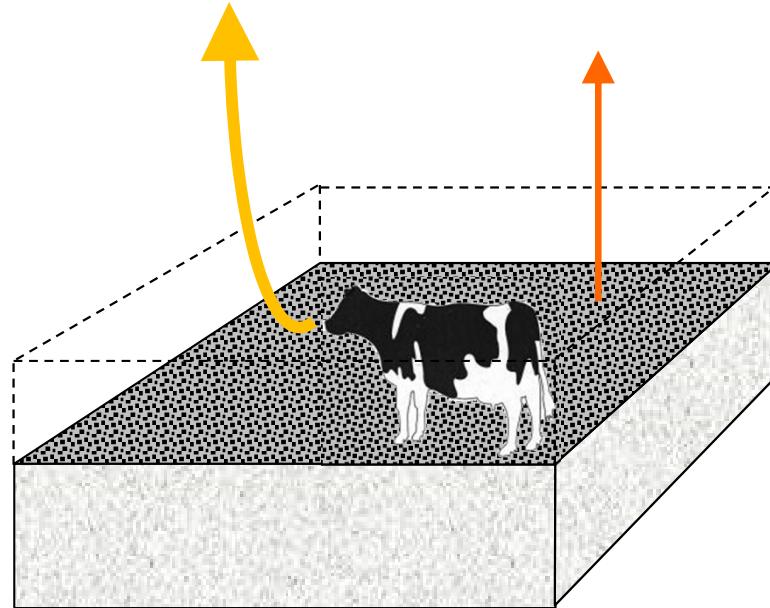
- EC ermöglicht flächenbezogenen Messungen (über 0.1 - 1 ha) für alle THG
- erlaubt kontinuierliche Messung über eine ganze Saison
- Durch 'Footprint'-Berechnungen und GPS-Positionen kann die Verbindung hergestellt werden zu tierbezogenen Emissionen

# Weidetiere

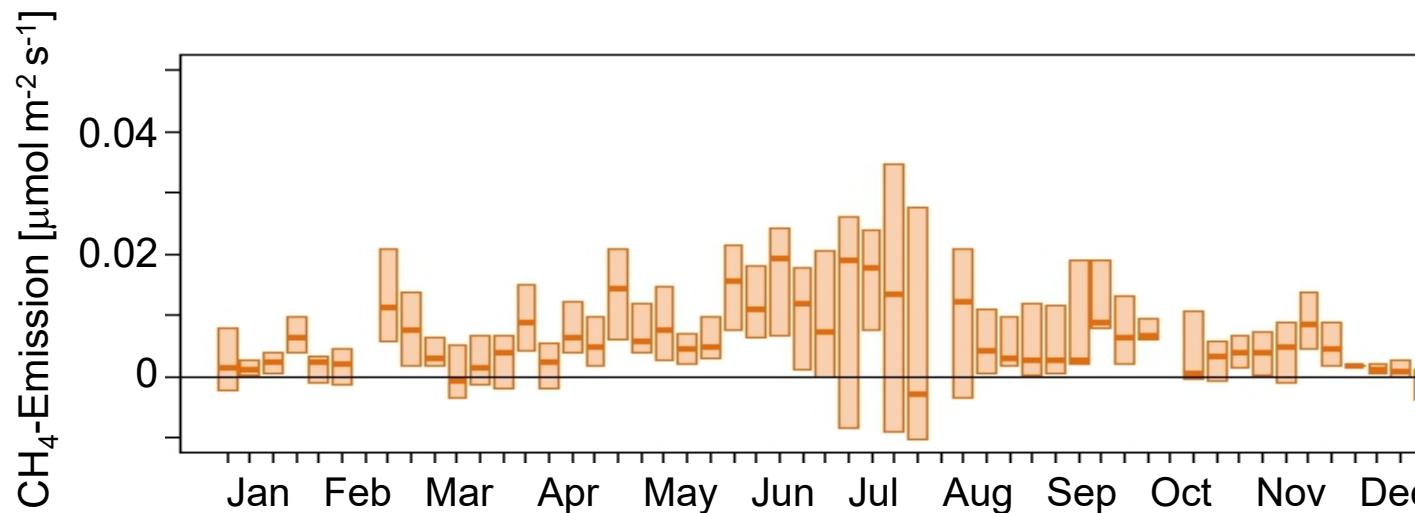
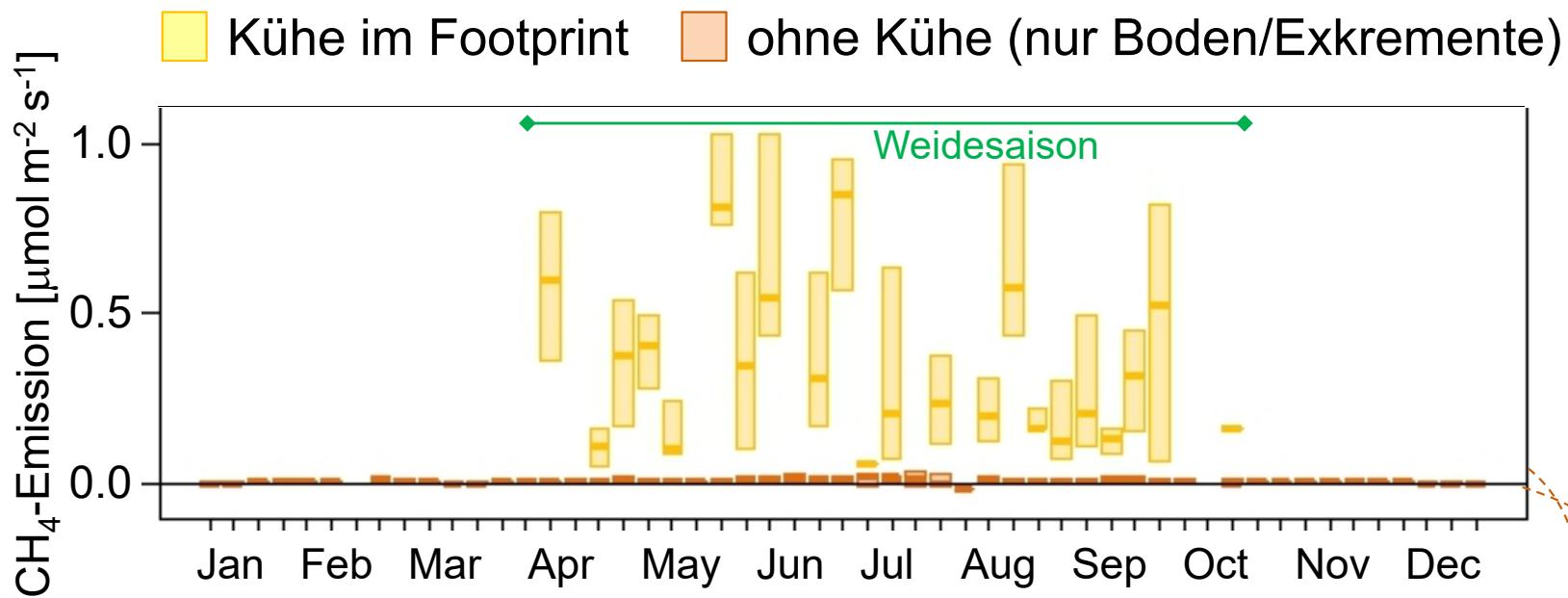
- 20 Holstein und Holstein x Fleckvieh
- zweimal täglich für ca. 2h im Stall (Melken, Kraftfutter < 10%)
- Weidesaison: April bis November 2013
- mittlere Milchleistung: 23 Liter/Tag



$\text{CH}_4$



# CH<sub>4</sub>-Emissionen von Khen und Boden

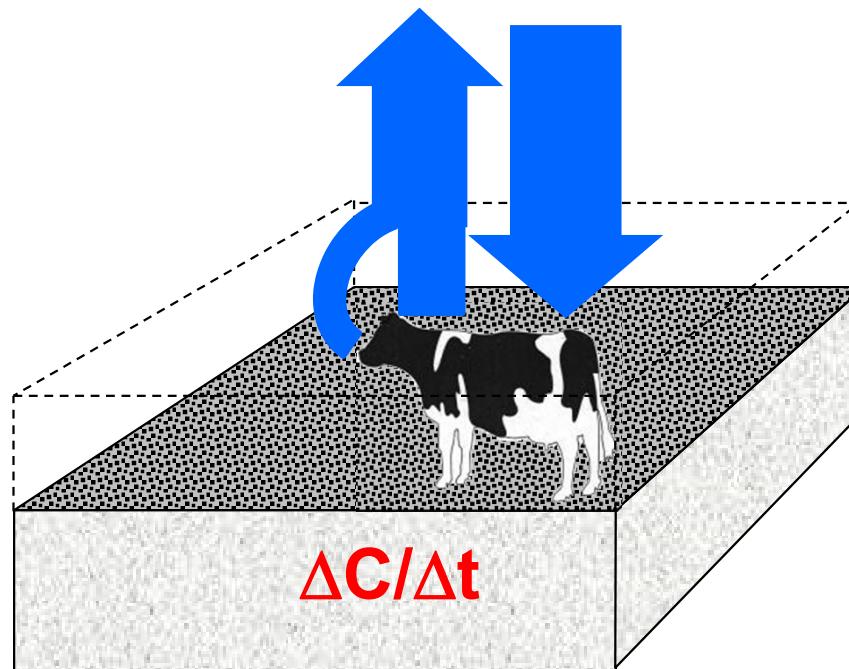


# Mittlere CH<sub>4</sub>-Emission pro Tier

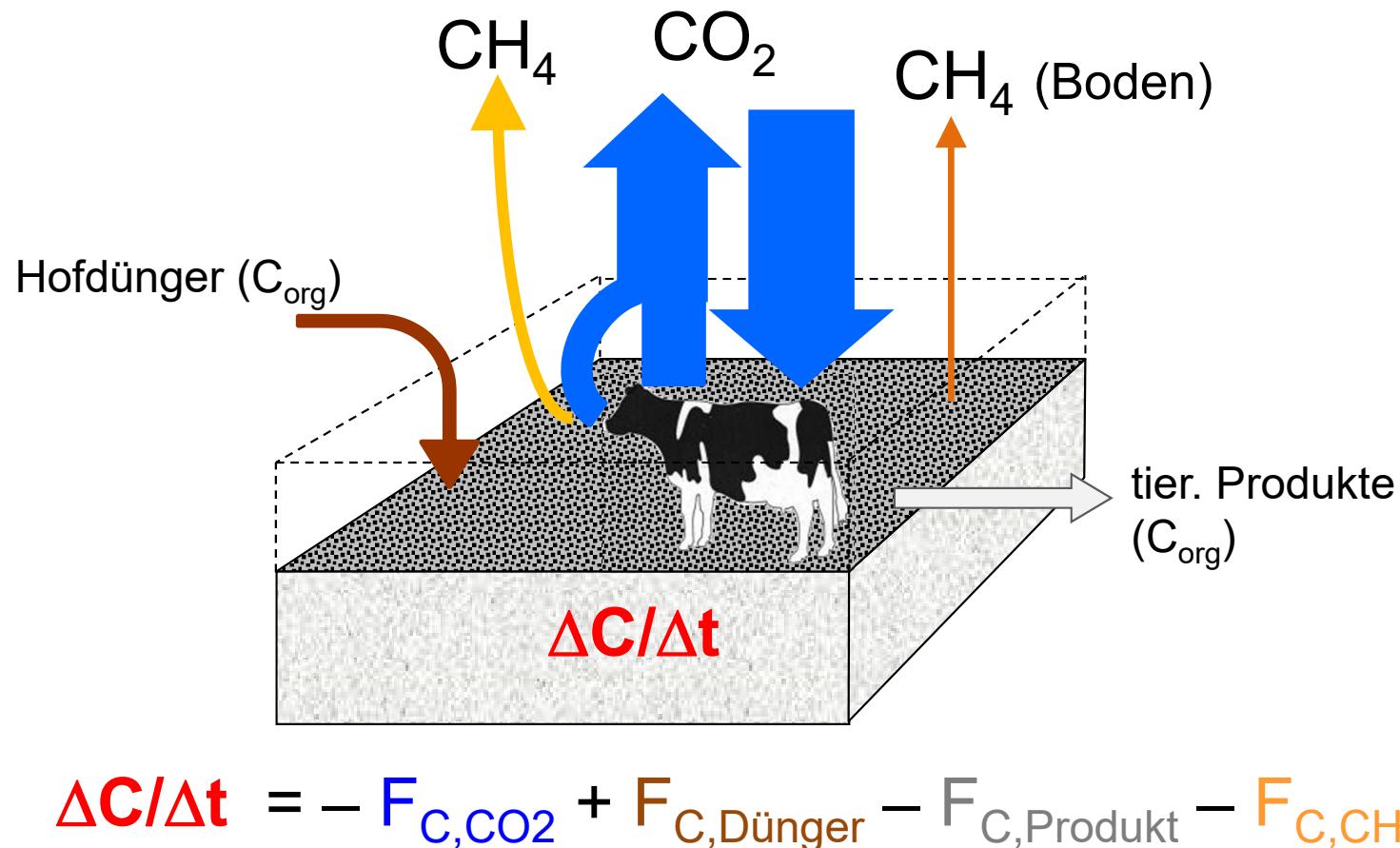
Vergleich mit Literaturdaten (Respirationskammer-Messungen)

Referenz	Emission [gCH <sub>4</sub> head <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ]	Tiergewicht [kg]	ECM [kg d <sup>-1</sup> ]
van Dorland et al. (2006)	428	669	23.5
van Dorland et al. (2006)	413	669	24.4
van Dorland et al. (2007)	424	641	24.5
Hindrichsen et al. (2006a)	415	586	20.0
Hindrichsen et al. (2006a)	379	583	20.0
Hindrichsen et al. (2006a)	374	594	21.0
Hindrichsen et al. (2006b)	414	619	22.8
Münger and Kreuzer (2006)	387	593	22.9
Gesamtmittelwert ± SD	404 ± 21	619	22.4
Diese Studie: Mittelwert ± 2 SE	423 ± 24	640	22.7

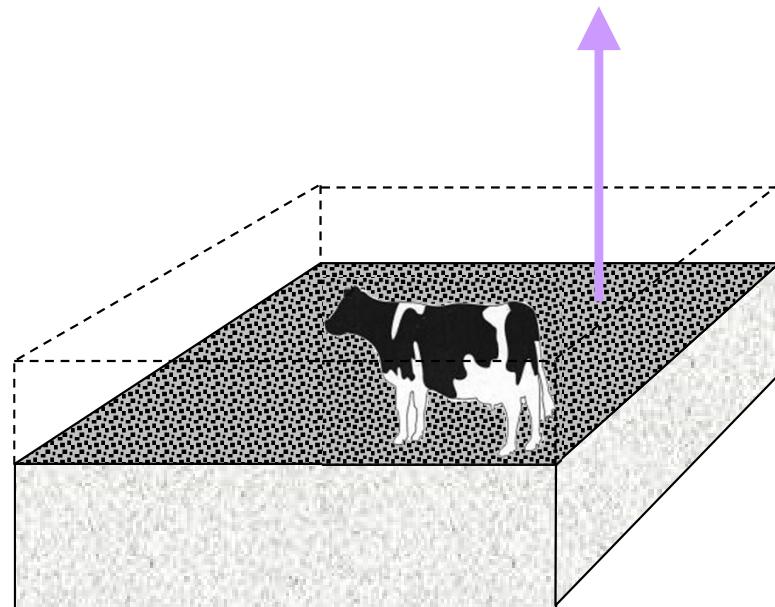
# CO<sub>2</sub>



# C-Budget der Weide

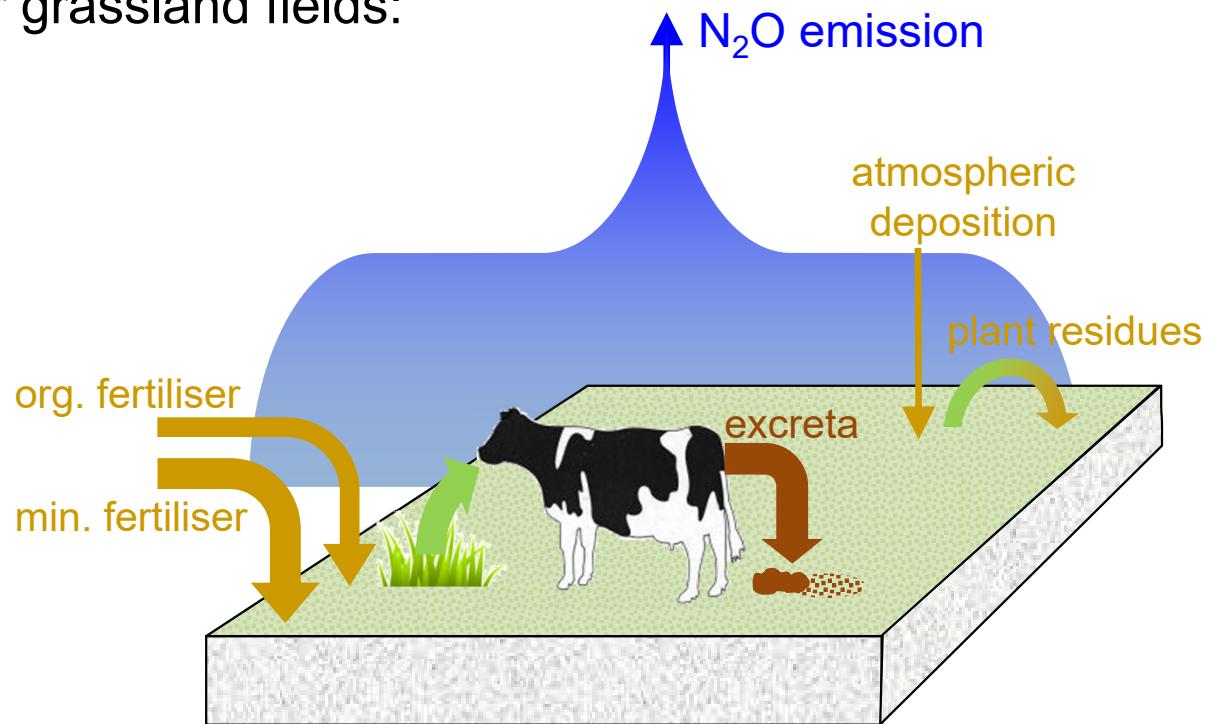


N<sub>2</sub>O



# IPCC emission factors

- IPCC conceptual framework for estimating agricultural N<sub>2</sub>O emissions:  
$$\text{N}_2\text{O emission} = \text{emission-factor} \times \text{N-input}$$
- Different N inputs for grassland fields:

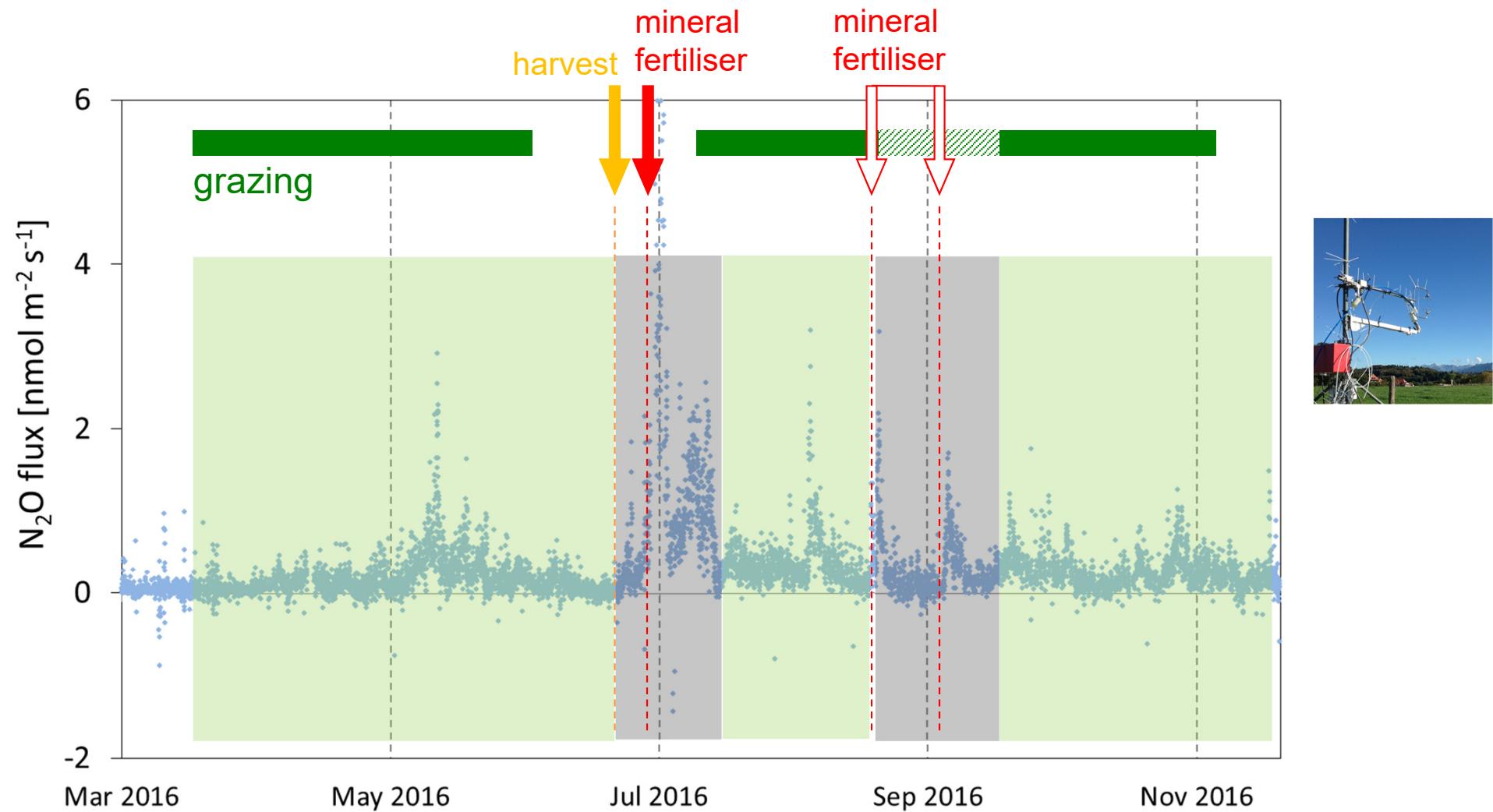


- Conceptual separation of grazing excreta (urine and dung patches) from other homogeneous N-sources

$$F_{\text{N-N}_2\text{O}} = EF_1 \cdot (F_{\text{N-fertil}} + F_{\text{N-dep}} + F_{\text{N-resid}}) + EF_3 \cdot F_{\text{N-excreta}}$$

# EC flux overview and attribution

- Simple temporal attribution to grazing and fertiliser applications

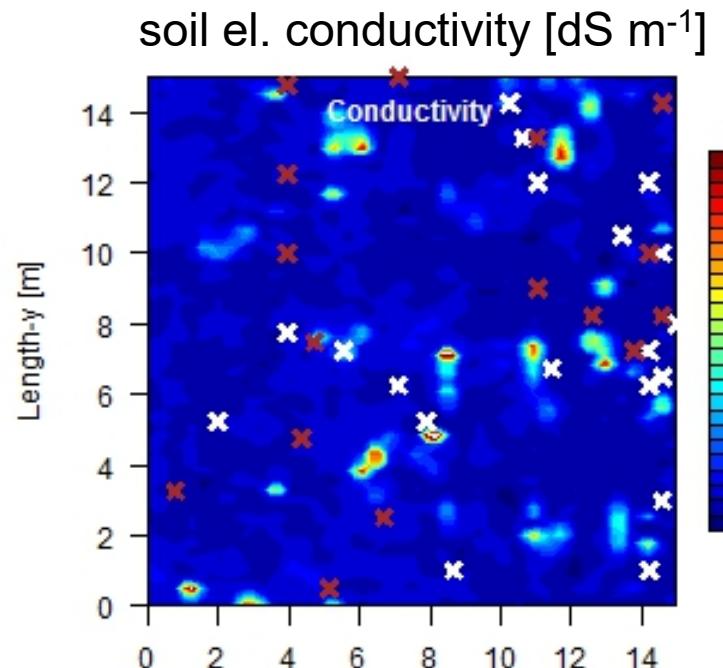


# Distribution of urine and dung patches

- Intensive observation area:  
15 x 15 m (or 10 x 10 m) sub-plot
- Dung patches: visual identification  
 old       fresh
- Urine patches: identification via survey (0.25 m resolution) of soil dielectric conductivity (0-5 cm)



- Dung patch locations with manual GPS device and visual identification

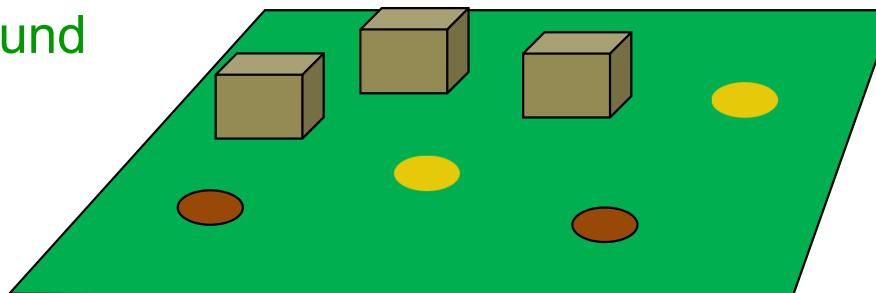


# Fast-box measurements

- Size: 0.8 x 0.8 x 0.5 m (320 L)
- Fast N<sub>2</sub>O analyser (Aerodyne QCL)
- measurement time: ca. 2 min
- Manual operation
- Requires information about urine and dung patch locations

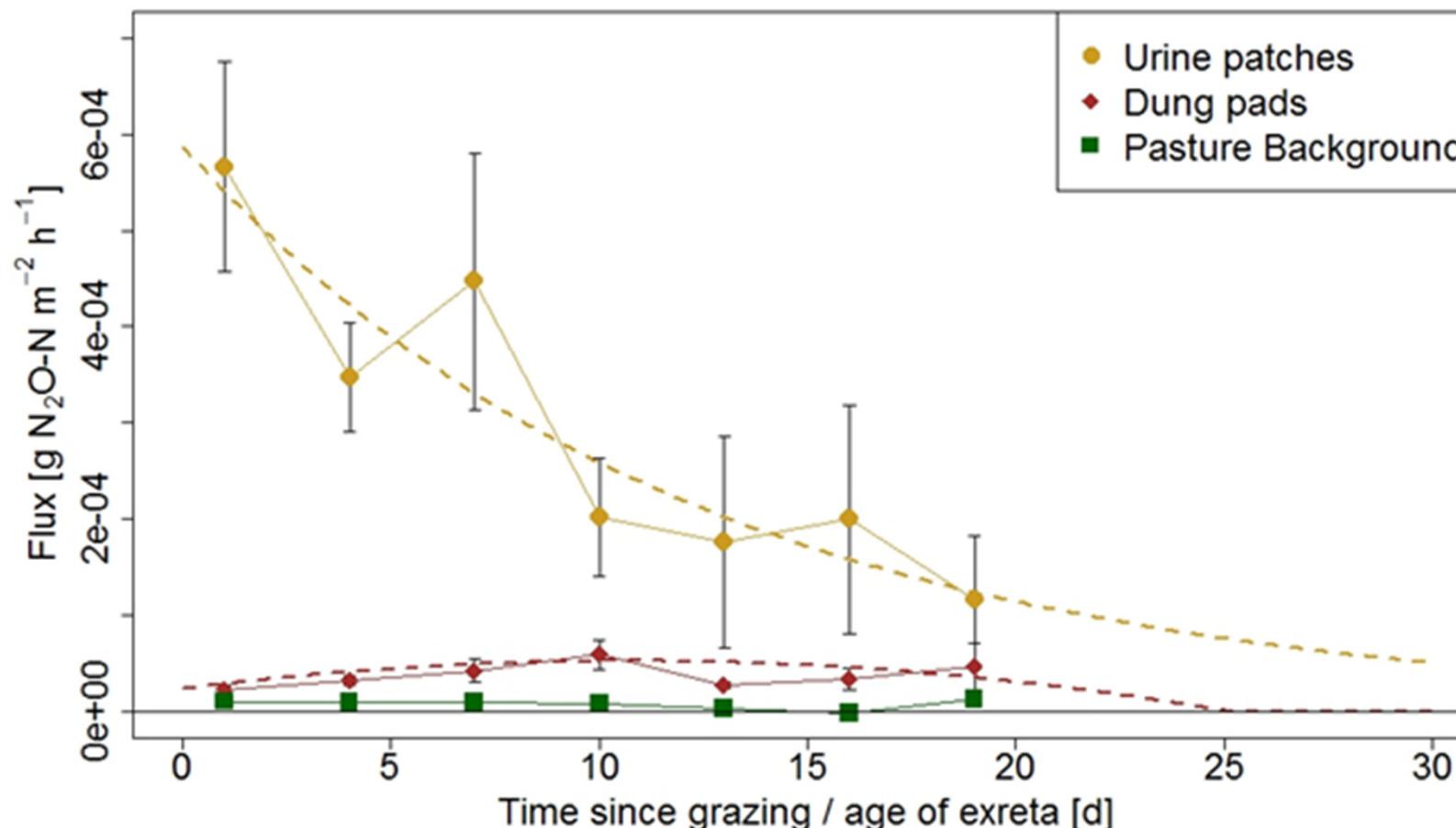


- 1300 manual flux measurements on 46 days between July and October
- Flux measurements attributable to previously identified:
  - urine patches
  - dung pads
  - pasture background



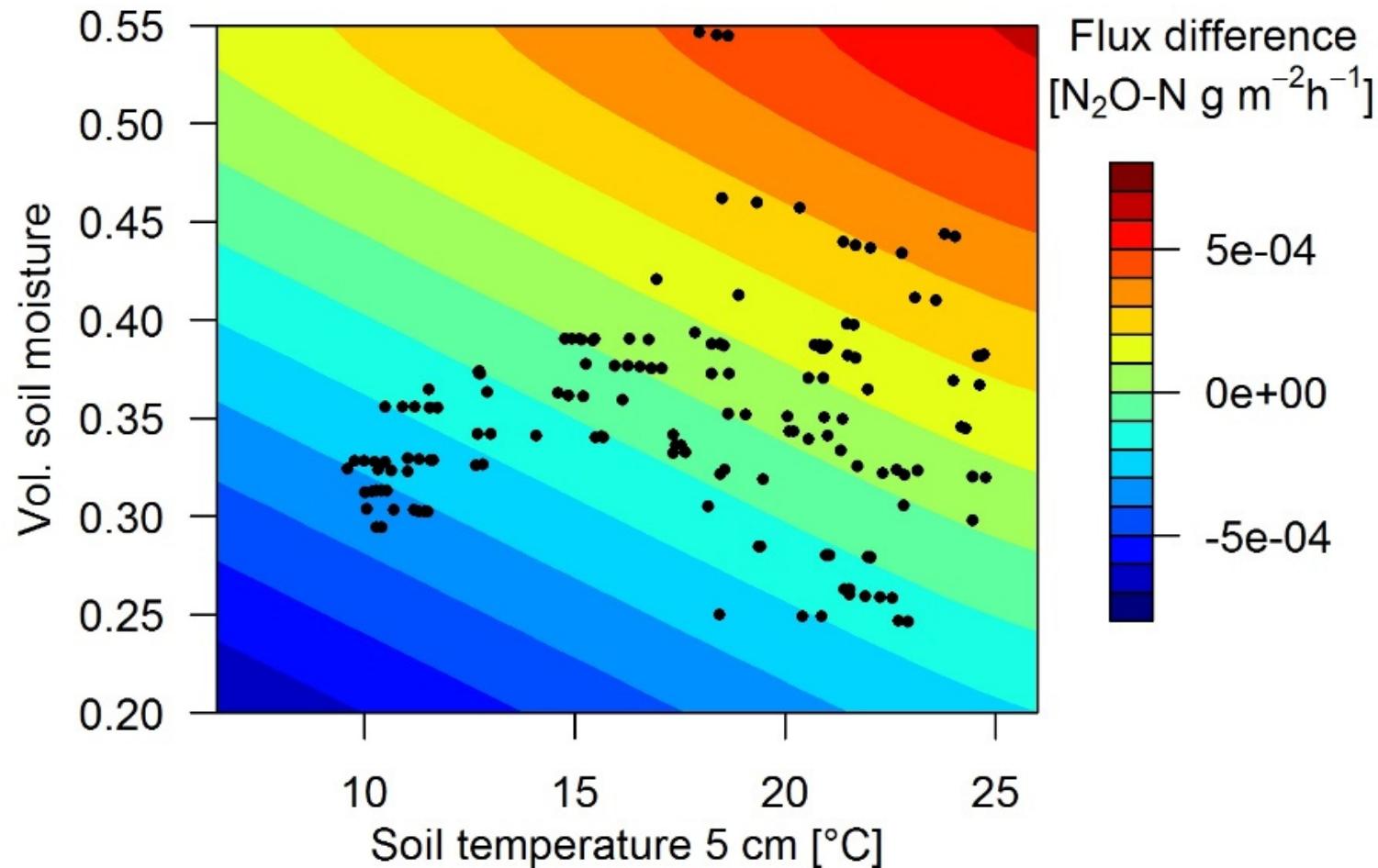
# Fast-box measurements: temporal development

- average results as a function of time since grazing / excreta dropping (vertical bars indicate standard errors)
- urine patches showed the highest local emissions, with a exponential decay

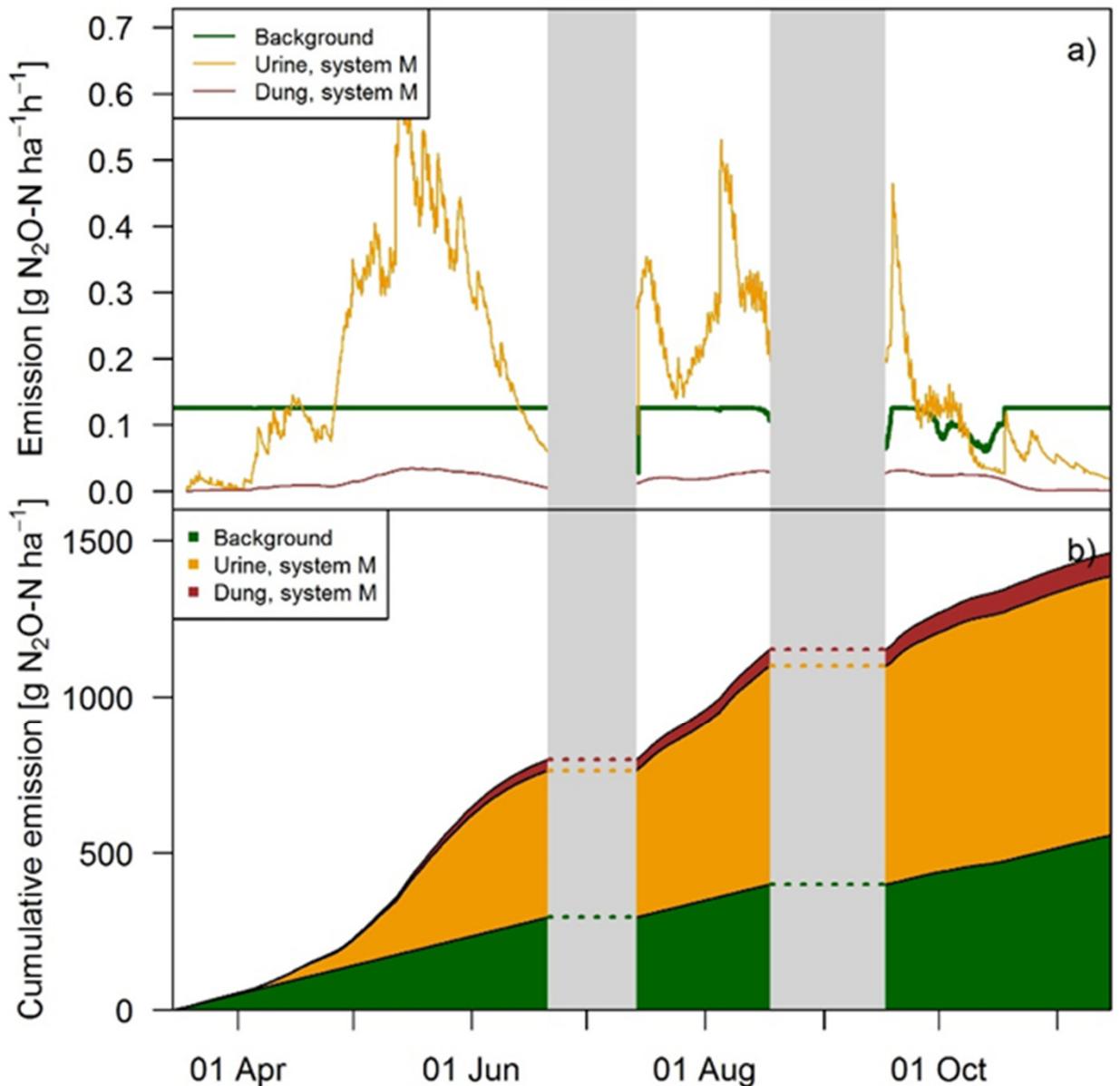


# Fast-box measurements: soil moisture & temperature

- N<sub>2</sub>O emission in urine patches shows significant dependence on soil water content and on soil temperature



# Upscaling of fast-box measurements: entire season



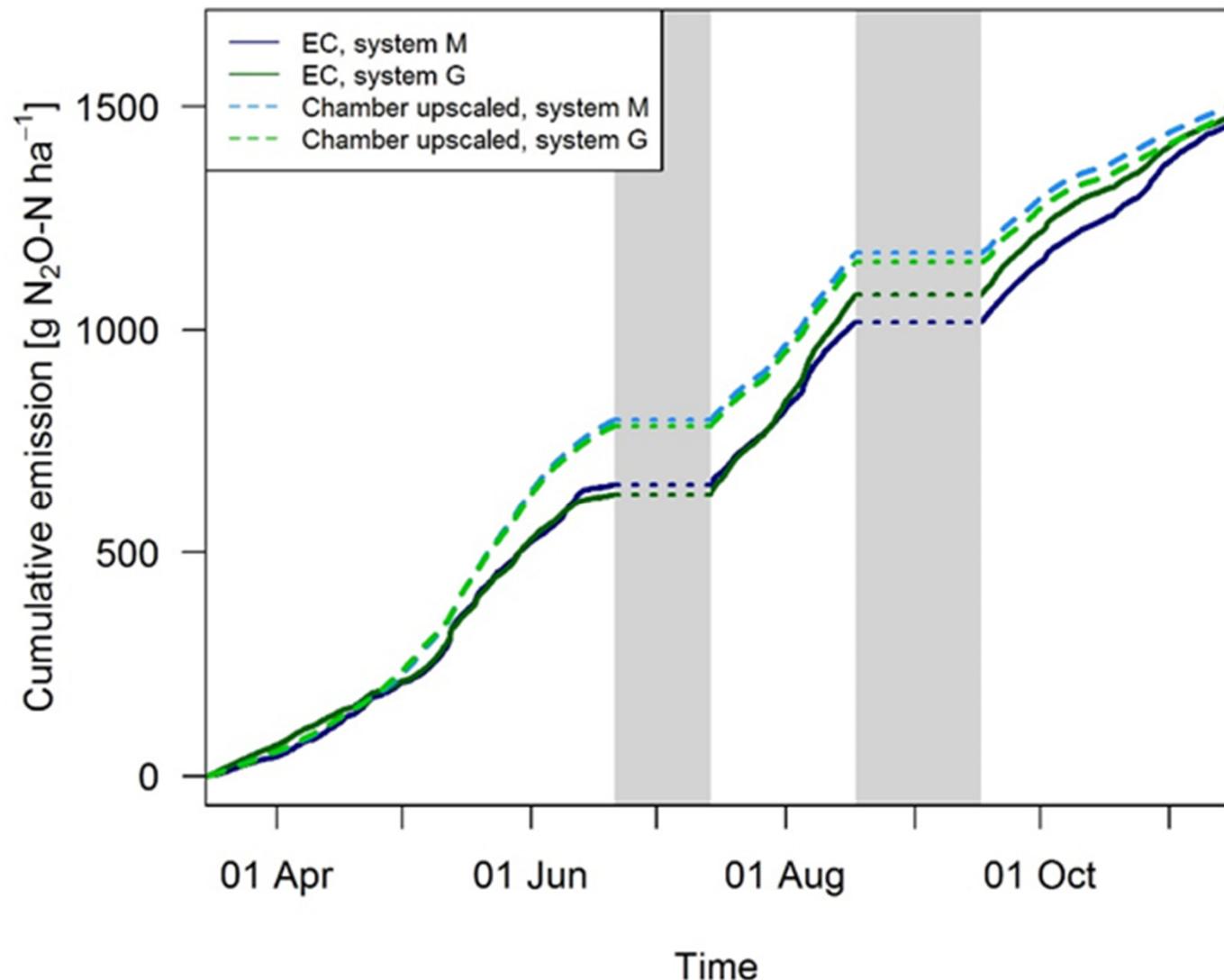
dung pads: 6%

urine patches: 56%

background: 38%

# Comparison of EC and up-scaled chamber fluxes

- Cumulative  $\text{N}_2\text{O}$  emissions over grazing periods  
(excluding fertilizer application phases)



# Grazing related N<sub>2</sub>O emission factors

$$F_{\text{N-N}_2\text{O}} = EF_1 \cdot (F_{\text{N-fertil}} + F_{\text{N-dep}} + F_{\text{N-resid}}) + EF_3 \cdot F_{\text{N-excreta}}$$

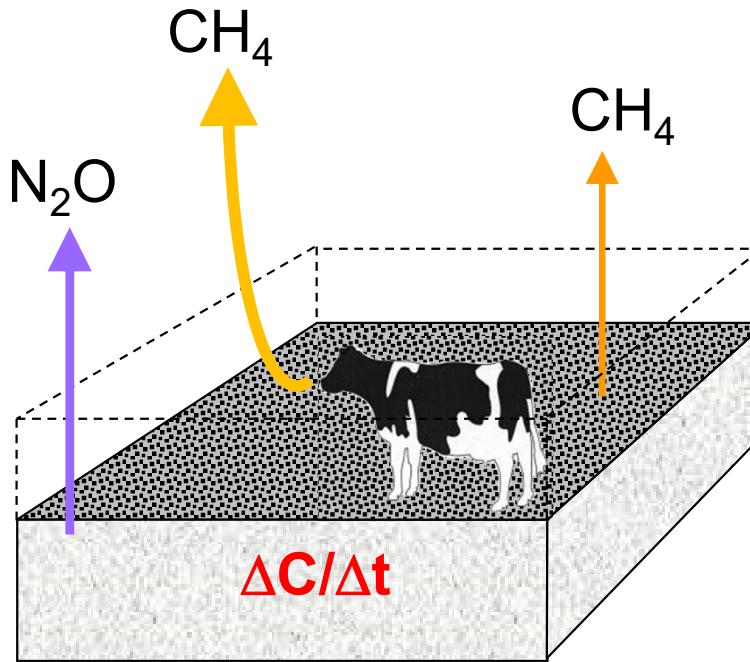
...resulting from experiment:

- Urine:  $EF = 1.15\%$
  - Dung:  $EF = 0.17\%$
- $EF_3 = 0.75\% \ (\pm 0.30\%)$

- Large difference between urine and dung
- Resulting  $EF_3$  is considerably smaller than IPCC default value of 2%

...but: some uncertainty concerning attribution of 'background' emissions

# THG-Bilanzierung



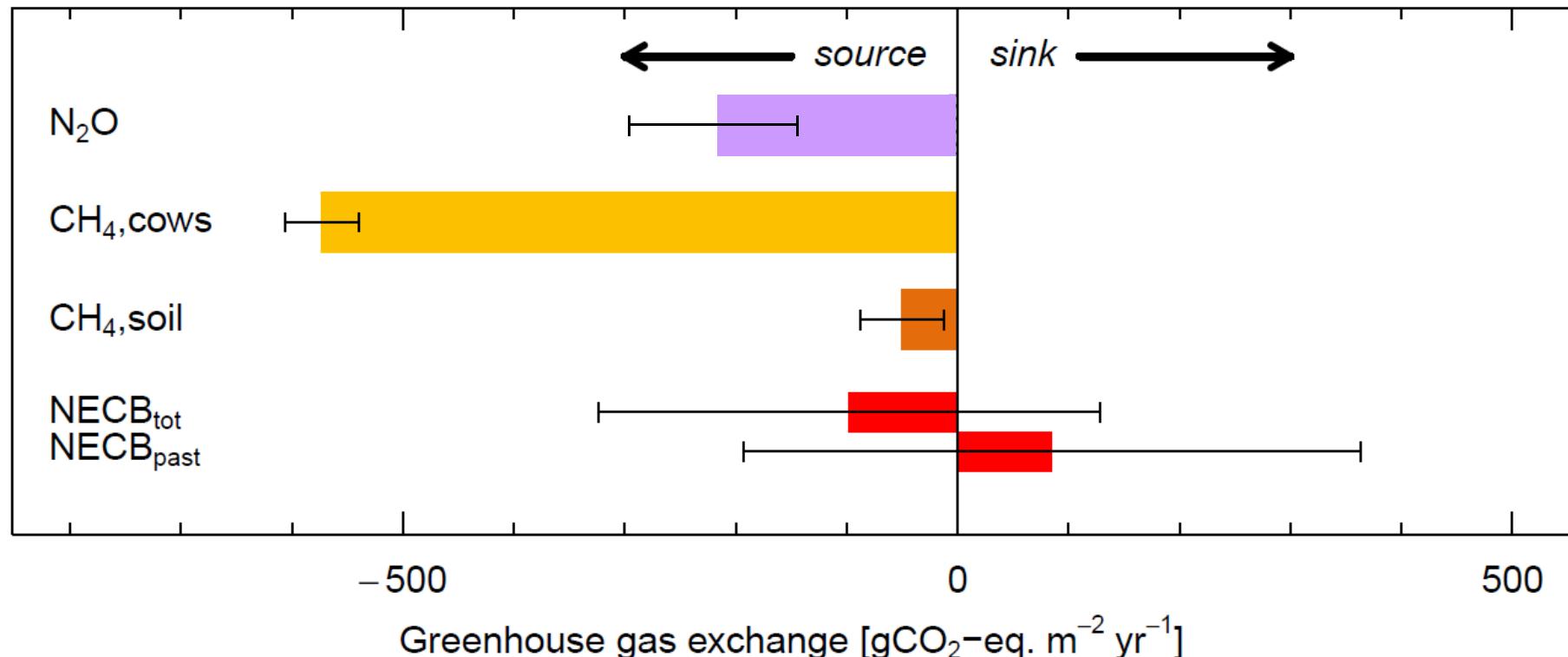
Klimaerwärmungspotential  
(über 100 Jahre)  
CO<sub>2</sub>-equivalent

CO<sub>2</sub> Kohlendioxid 1

CH<sub>4</sub> Methan 25

N<sub>2</sub>O Lachgas 295

# Annual GHG budget of pasture (2013)



## References

- $\text{CH}_4$ : Felber, R., Münger, A., Neftel, A., and Ammann, C., Biogeosciences, 2015.  
 $\text{CO}_2$ : Felber, R., Neftel, A., and Ammann, C., Agricultural and Forest Meteorology, 2016.  
 $\text{NECB}$ : Felber et al., Biogeosciences, 2016.  
 $\text{N}_2\text{O}$  Voglmeier et al., Biogeosciences, 2018 (submitted).

# Schlussfolgerungen

- Mit der Eddy Covariance (EC) Methode konnten der Austausch aller THG in-situ auf der Weide bestimmt werden
- CH<sub>4</sub>- und CO<sub>2</sub>-Emissionen der Kühle konnte vom Austausch der Weide/Boden getrennt werden  
→ Resultate vergleichbar zu Emissionswerten von Respirationskammern
- Erhebliche N<sub>2</sub>O-Emission der Weidefläche wurden während des ganzen Jahres beobachtet (Einfluss von N-Input und Bodenfeuchte)
- Die Kombination von Kammer- und EC-Messungen erlaubte die Quantifizierung und Quellen-Zuordnung der N<sub>2</sub>O-Emissionen
- Urinstellen (<30 Tage alt) waren starke 'Hotspots' von N<sub>2</sub>O-Emissionen und trugen ≥50% zu den Emission der Weideperioden.
- Urin und Dung zeigten grosse Unterschiede im Emissionsfaktor
- Der resultierende Emissionsfaktor der Weideexkremente ( $EF_3$ ) war deutlich geringer als der entsprechende IPCC-Standardwert.

# Herzlichen Dank für Ihre Aufmerksamkeit



## Danksagung:

Für die finanzielle Unterstützung bedanken wir uns beim Schweizerischen Nationalfonds (SNF) und beim Bundesamt für Umwelt (BAFU).

Wir danken allen Mitarbeitern, welche die Messungen unterstützt haben: Markus Jocher, Harald Menzi, Andreas Münger, Lukas Eggerschwiler, Bernard Papaux, Walter Glauser und vielen weiteren Helfern.