



APPLIKATIONSTECHNIK ZUR GÜLLEDÜNGUNG: EFFEKTE VON INJEKTION UND ANSÄUERUNG AUF ERTRÄGE UND GASFÖRMIGE STICKSTOFFVERLUSTE

Andreas Pacholski^{a,b}, Achim Seideli^b, Antje Hermann^b, Tavs Nyord^c, Henning Kage^b

^aLeuphana Universität Lüneburg

^bChristian Albrechts Universität Kiel

^cUniversität Aarhus

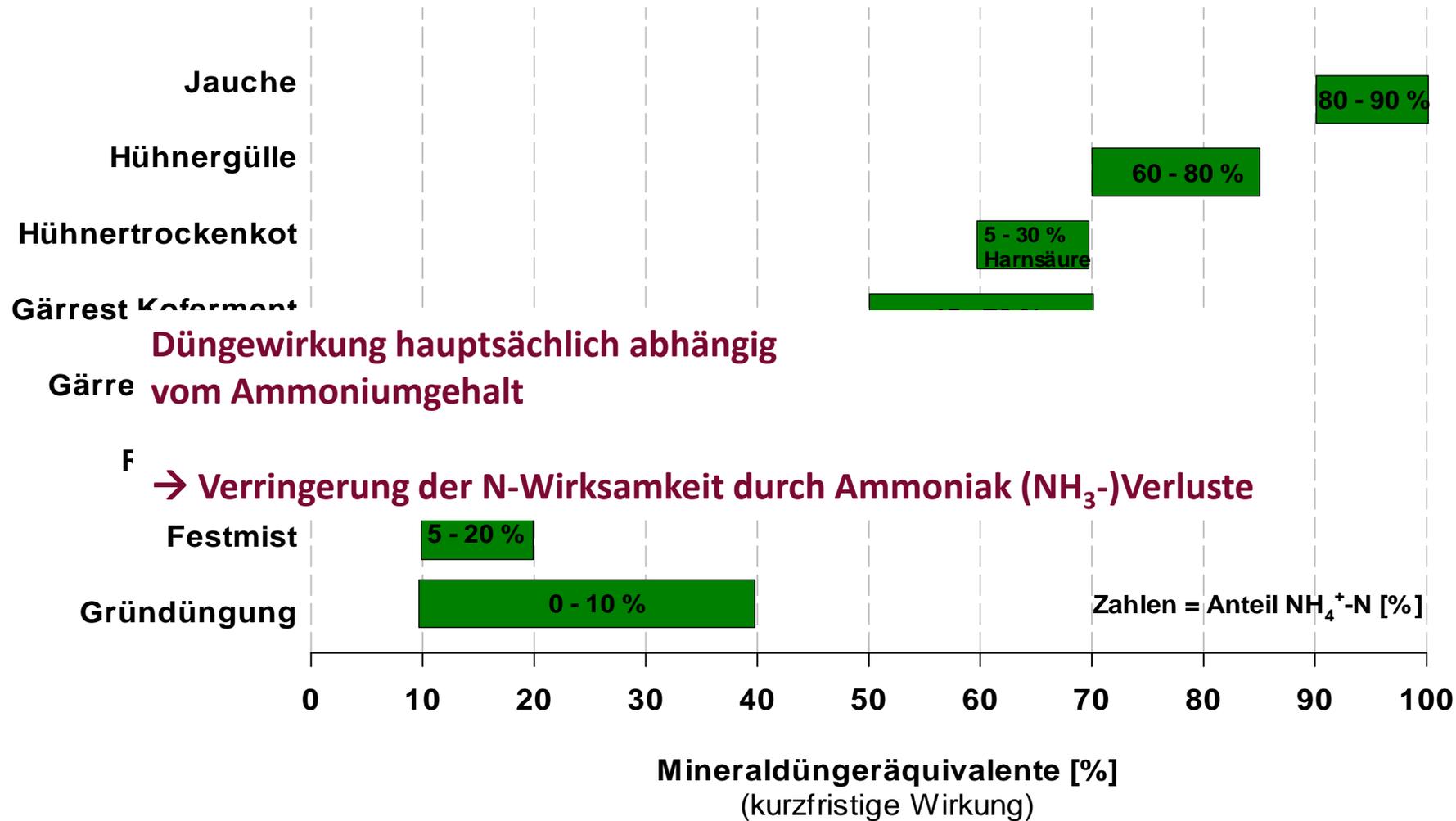


Gliederung

1. **Düngung mit Gülle: Ertragswirkungen und Umwelteffekte**
2. **Versuche**
 - a. **Injektion vs. Schleppschlauch**
 - b. **Injektion, Ansäuerung, Schleppschlauch**
3. **Weitere Studien zu Ertragseffekten und THG-Wirkung**
4. **Schlussfolgerungen**



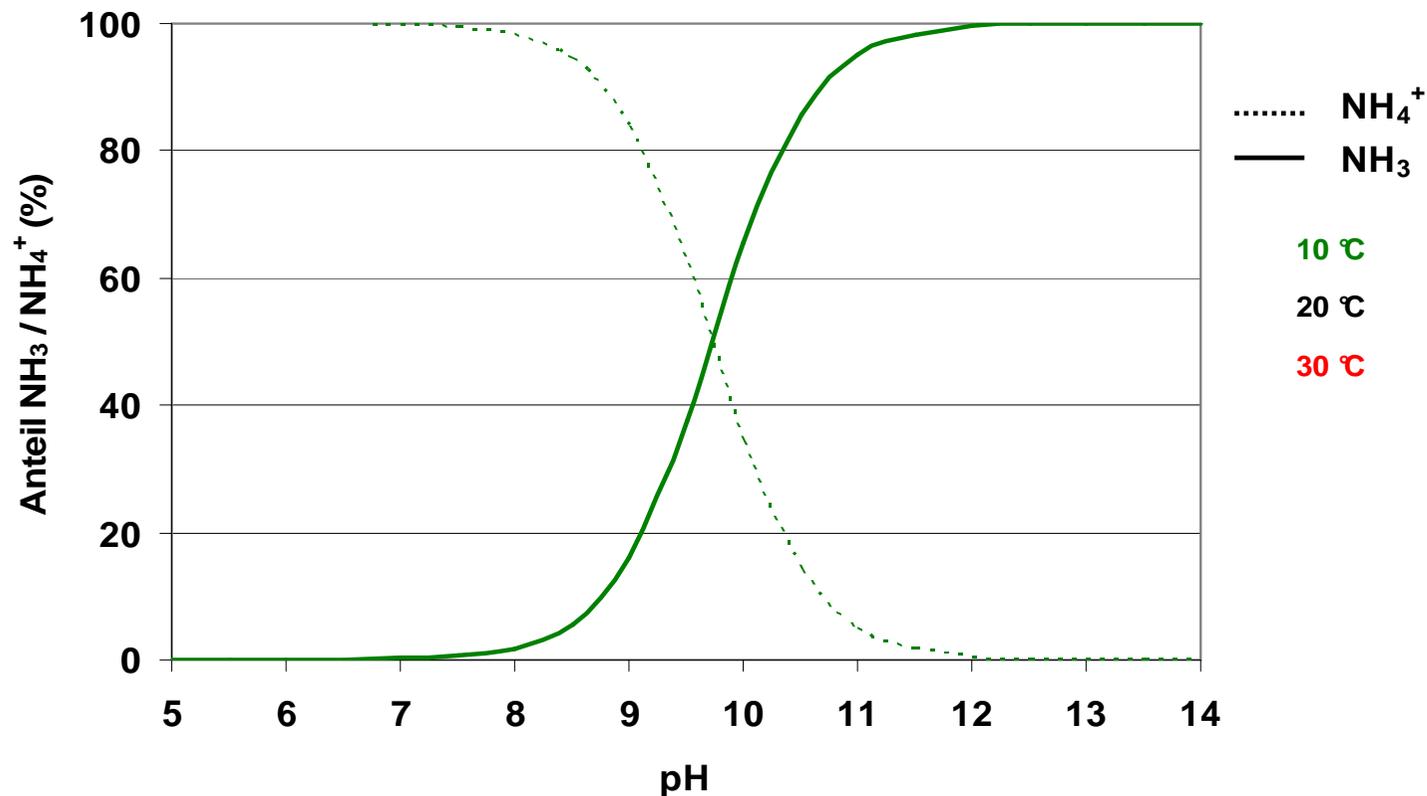
Kurzfristige N-Düngerwirkung verschiedener Wirtschaftsdünger



nach Gutser et al. 2005



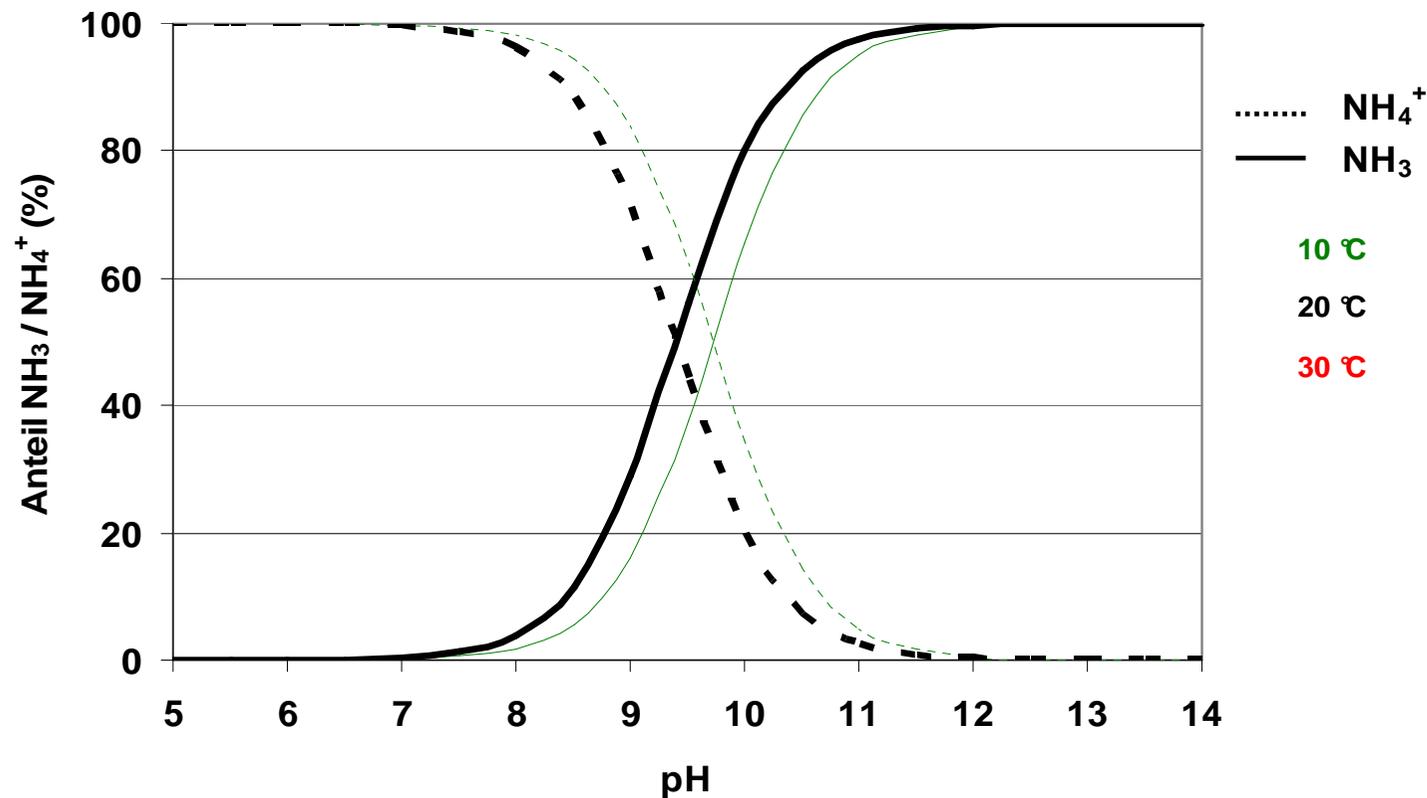
Einfluss von Temperatur und pH-Wert auf die NH_4^+ -Dissoziation



berechnet nach Denmead
et al. (1982)



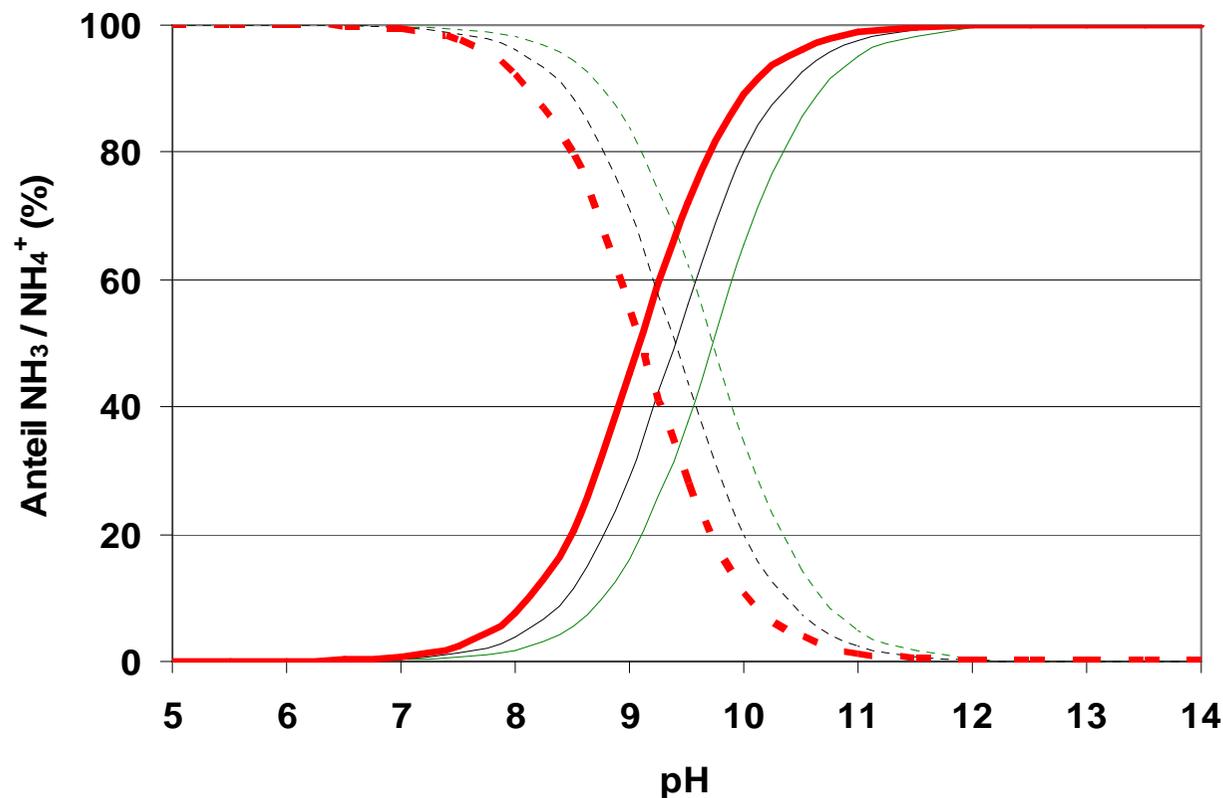
Einfluss von Temperatur und pH-Wert auf die NH_4^+ -Dissoziation



berechnet nach Denmead
et al. (1982)



Einfluss von Temperatur und pH-Wert auf die NH_4^+ -Dissoziation



..... NH_4^+
 — NH_3

10 °C

20 °C

30 °C

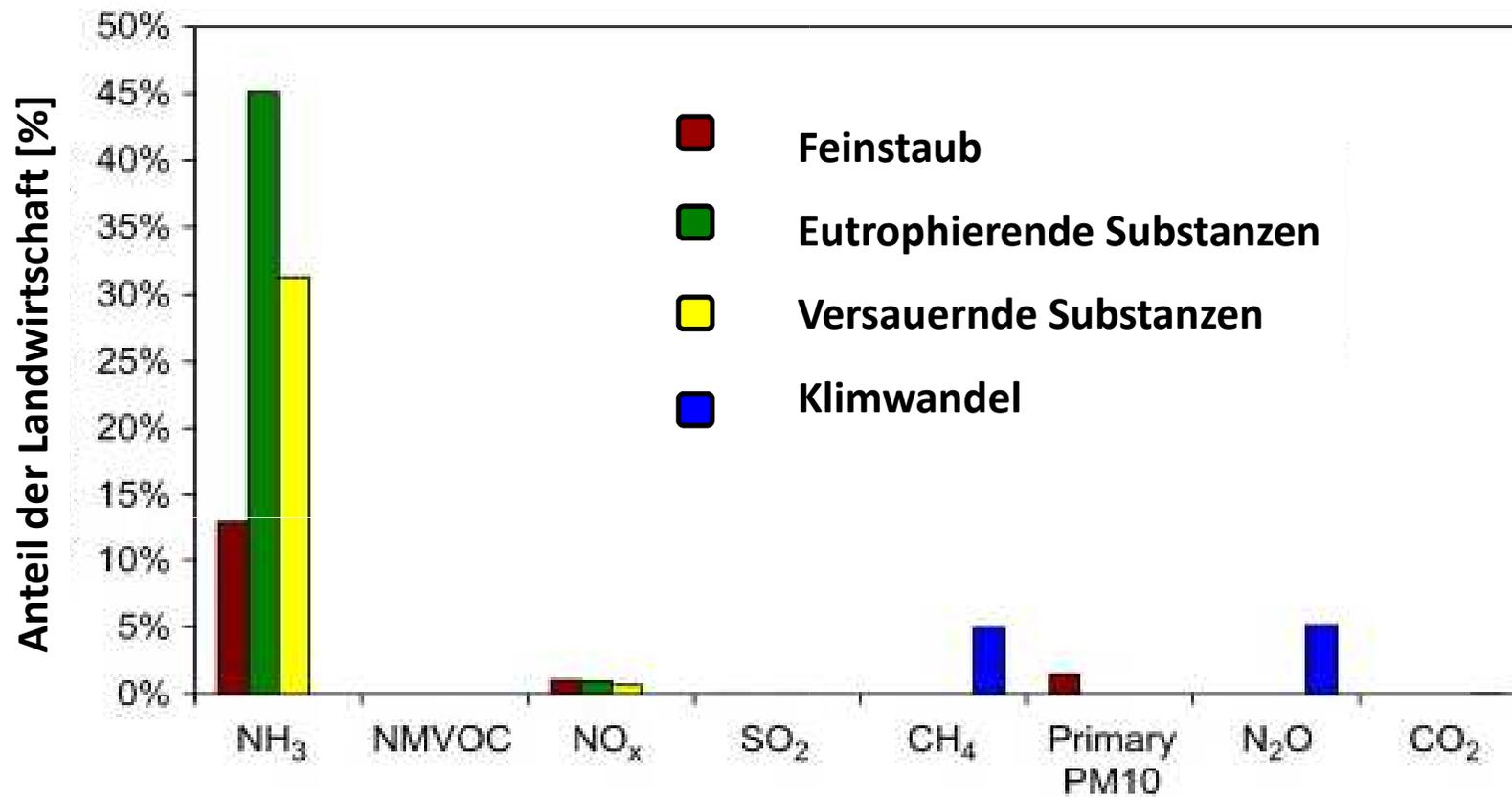
- NH_3 -Verluste nach Ausbringung:
 0 - > 50% [NH_4^+ -N]

- in Abhängigkeit von:
 - Gülleeigenschaften
 - Witterung
 - Applikationstechnik

berechnet nach Denmead
 et al. (1982)



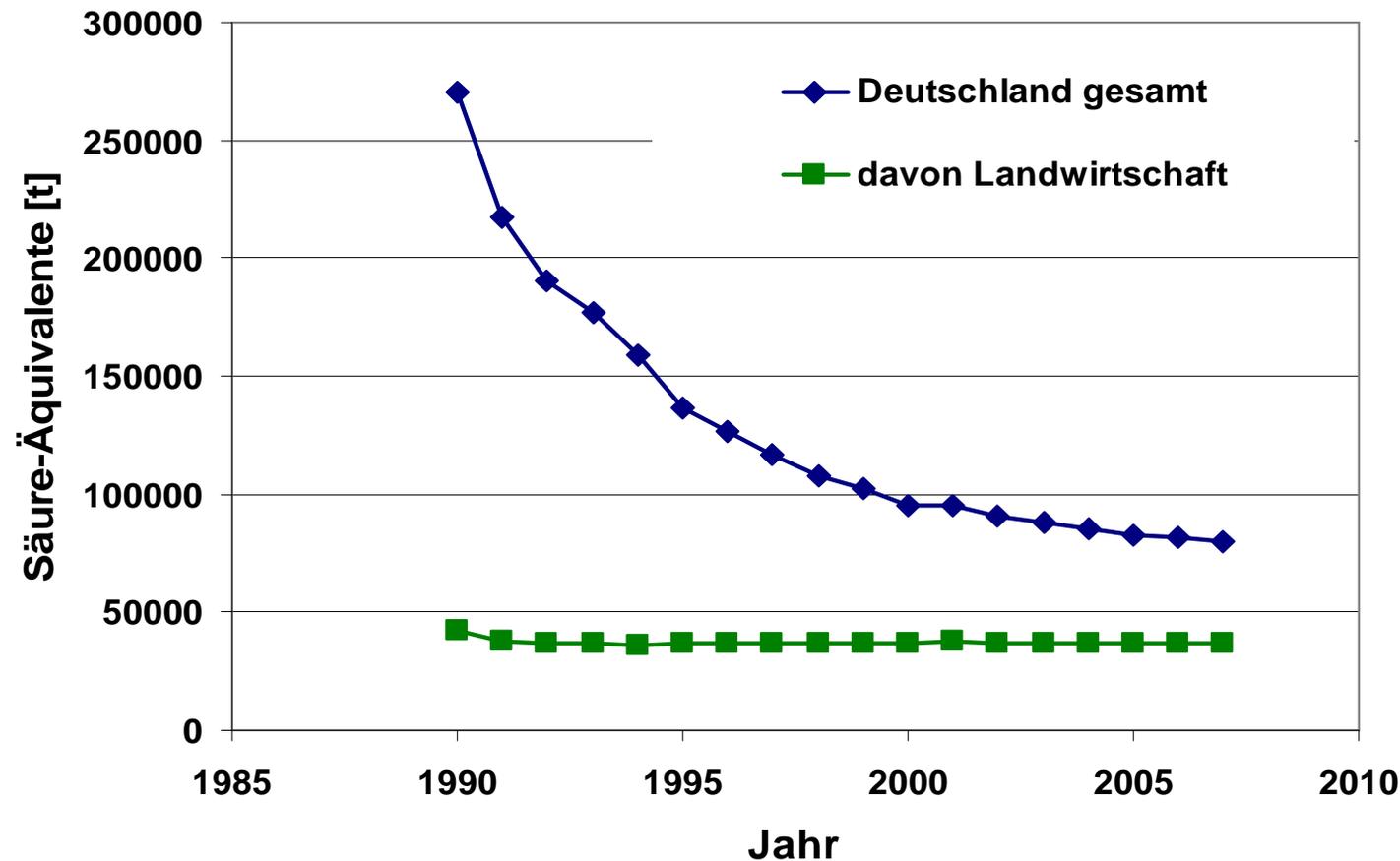
Anteil der Landwirtschaft an Umweltwirkungen durch gasförmige Emissionen in der EU



Erisman et al. 2008



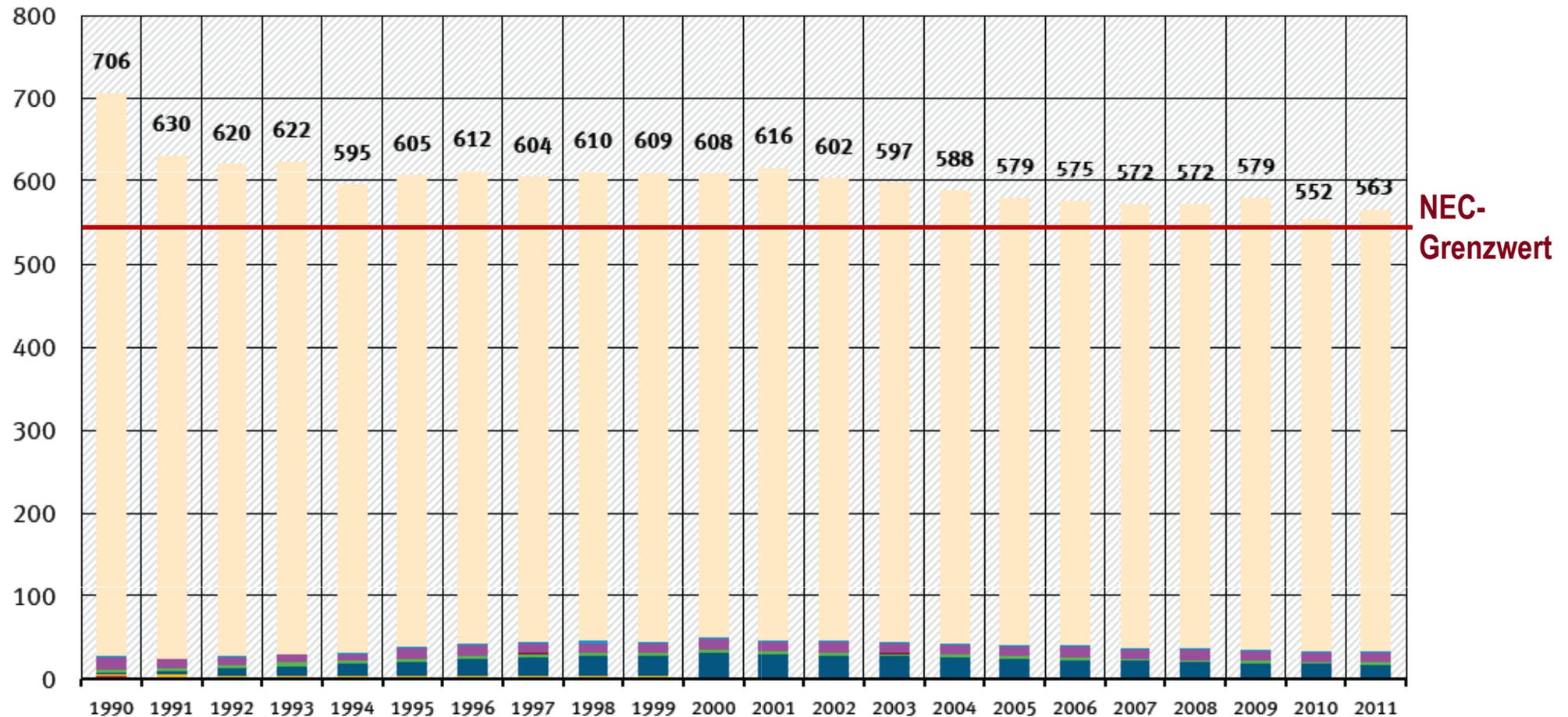
Anteil der Landwirtschaft an atmosphärischen Säureeinträgen (NH_3 -Verluste)



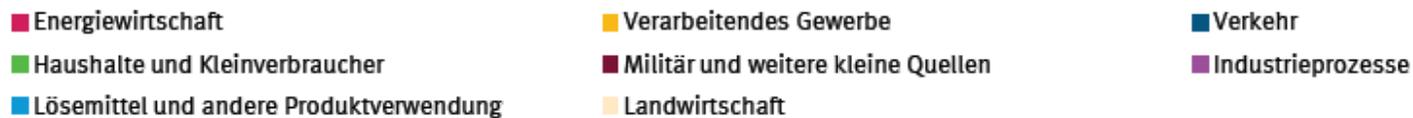
Säure-Äquivalente: stöchiometrisch errechnet bezogen auf das wirksame Säure-Ion H^+ (d. h. die Berechnung erfolgt aus den Emissionsangaben von SO_2 ($/32$), NH_3 ($/17$) und NO_x (berechnet als NO_2 $/46$))



Quellen der NH₃-Emissionen in Deutschland



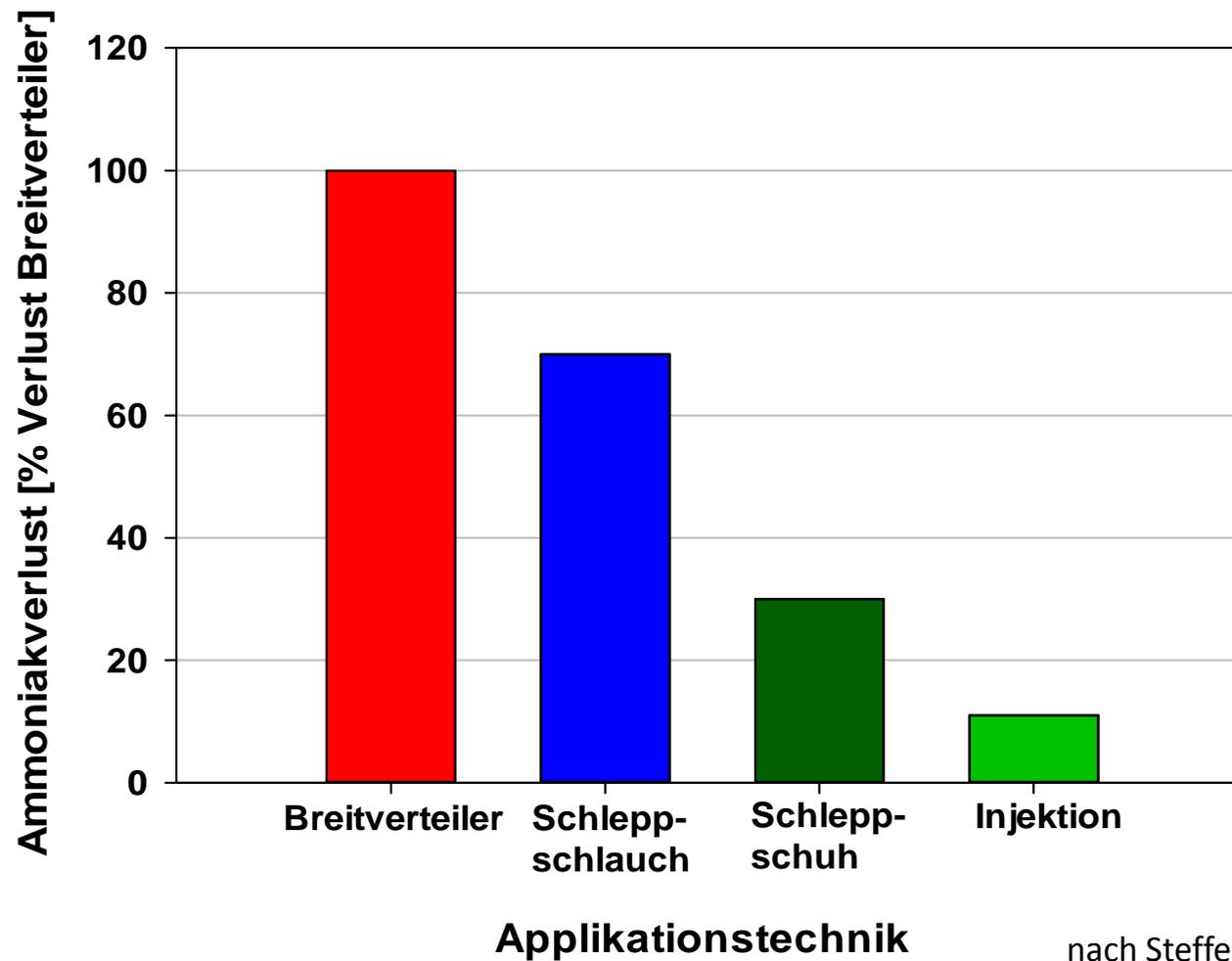
NEC-
Grenzwert



UBA 2014



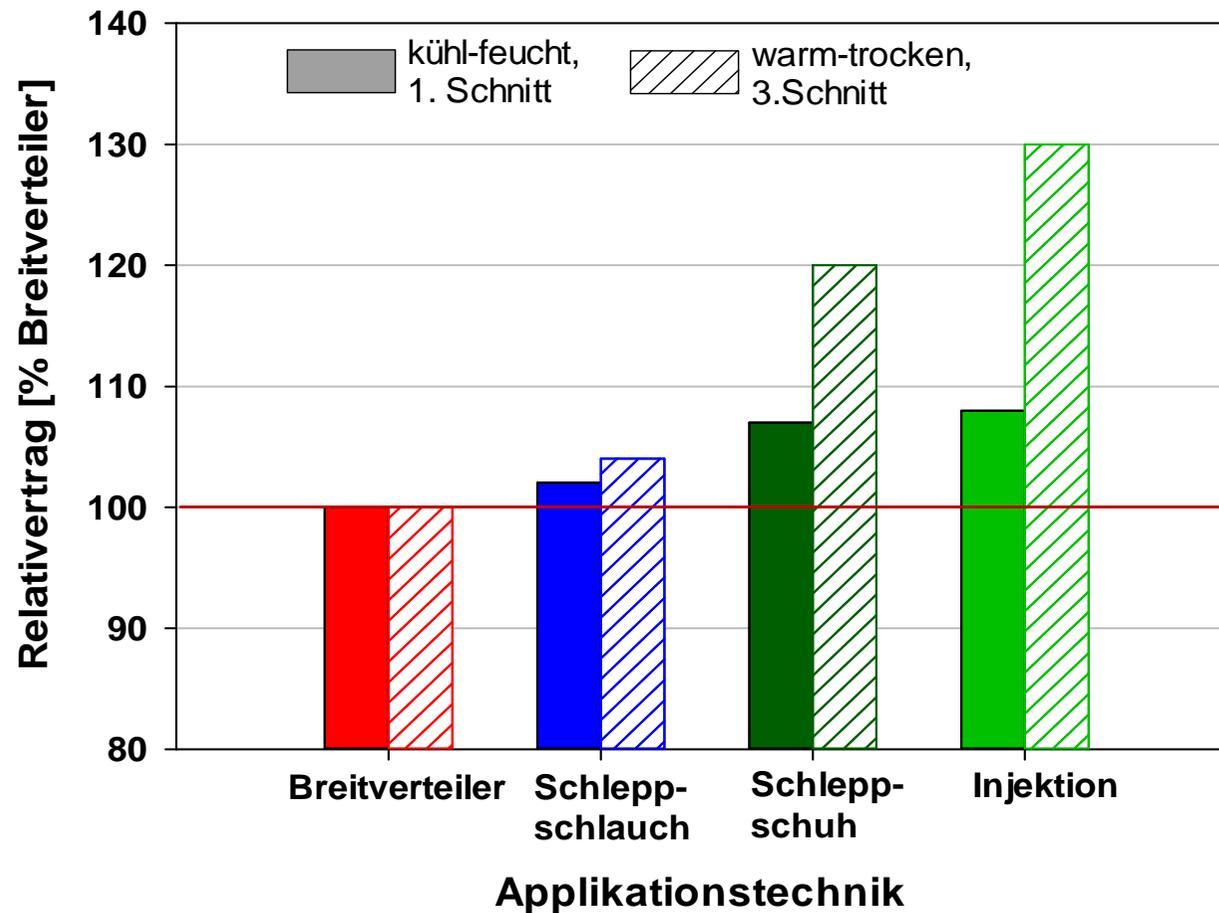
Ammoniakverluste in Abhängigkeit von der Applikationstechnik (Windtunnel)



nach Steffens und Lorenz 2011



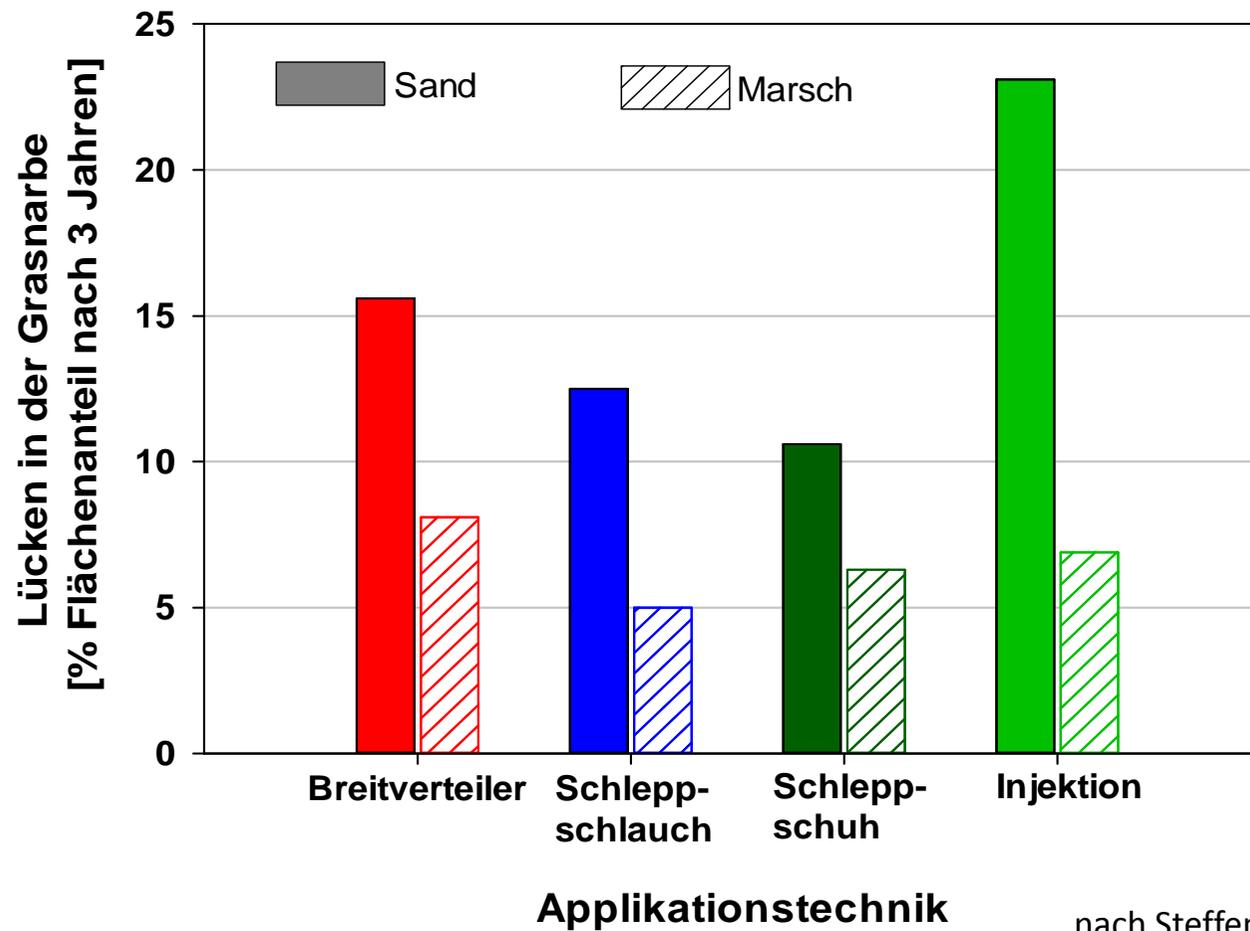
Graserträge in Abhängigkeit von Applikationstechnik



nach Steffens und Lorenz 2011



Effekte der Applikationstechnik auf die Grasnarbe



nach Steffens und Lorenz 2011



Zielkonflikt: Minderung NH_3 -Verflüchtigung und N_2O -Emission

- Effekt der Gülleinjektion vs. Breitverteilung -

Bodenart	Methode	Rate	N-Konz.	N_2O -N Verlust	NH_3 -N Verlust
		[m ³ ha ⁻¹]	[kg m ⁻³]	[% ged. N]	[% ged. N]
Toniger Lehm	Injektion	30	1.7	6.16	10.7
	oberflächlich	30	1.7	1.96	71.8
Sandiger Lehm	Injektion	34	2.0	0.10	1.4
	oberflächlich	32	2.0	0.05	31.9

(Chadwick et al. 1999)



Emissionsarme Applikationstechniken auf Grünland

(open slot) Injektion:

Schlitzten des Bodens mit 1-2
Injektionsscheiben (ca. 5 – 10 cm)

Einleiten von Gülle

Arbeitsbreite: max. 12 m

Ansäuerung (pH 6 – 6.5)

Einmischung von konzentrierter
Schwefelsäure vor Applikation mit
Schleppschauch → S- + N-Düngung

Arbeitsbreite max. 36 m

(auf dem Feld - im Stall/Lager)



Quelle: Biocover A/S



Offene Fragen

Emissionsmindernde Techniken:

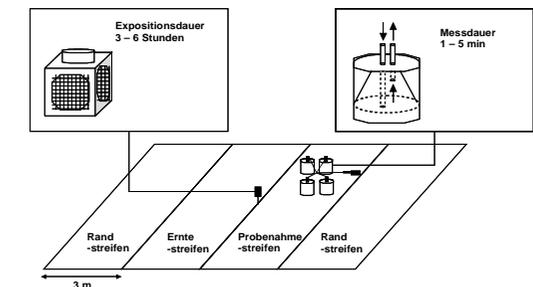
- NH_3 -Verluste nach Injektion und Ansäuerung
- Wirkung auf Erträge und N-Aufnahme
- Interaktion zwischen NH_3 - und N_2O Emissionen?
 - Zwei Feldversuche: Kalkmarsch / Sandstandort Dänemark
 - Sichtung weiterer Studien



Messungen

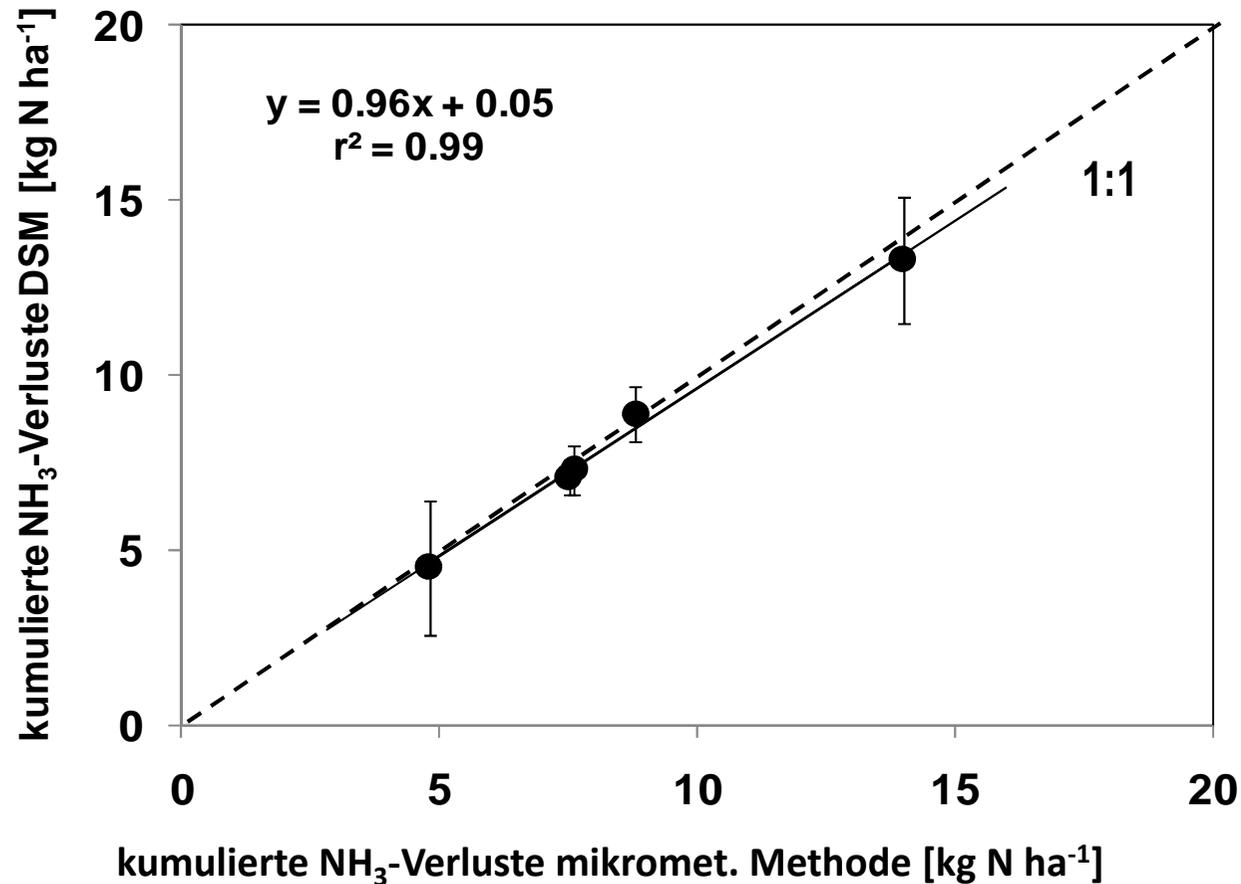
1. N₂O-Emissionen: 'closed chamber'-Methode
2. NH₃-Emissionen: Passivsammler kombiniert mit kalibrierter Kammermethode
3. Erträge (Trockenmasse)
4. N-Aufnahme:

$$\text{Scheinbare N-Aufnahme [\%]} = \frac{\text{N-Aufnahme}_{\text{ged}} - \text{N-Aufnahme}_{\text{Kon}}}{\text{N}_{\text{ged}} - \text{N-Verlust}(\text{NH}_3)}$$





NH₃-Messungen: Vergleich Parzellenmethode (DSM) und mikrometeorologisches Standard-Verfahren



(Gericke et al, Biosys Eng. 2011)



Injektionsversuch

Mai – Oktober 2011

Ackergras (4 Schnitte, n = 4)

Quelle: de.wikipedia.org

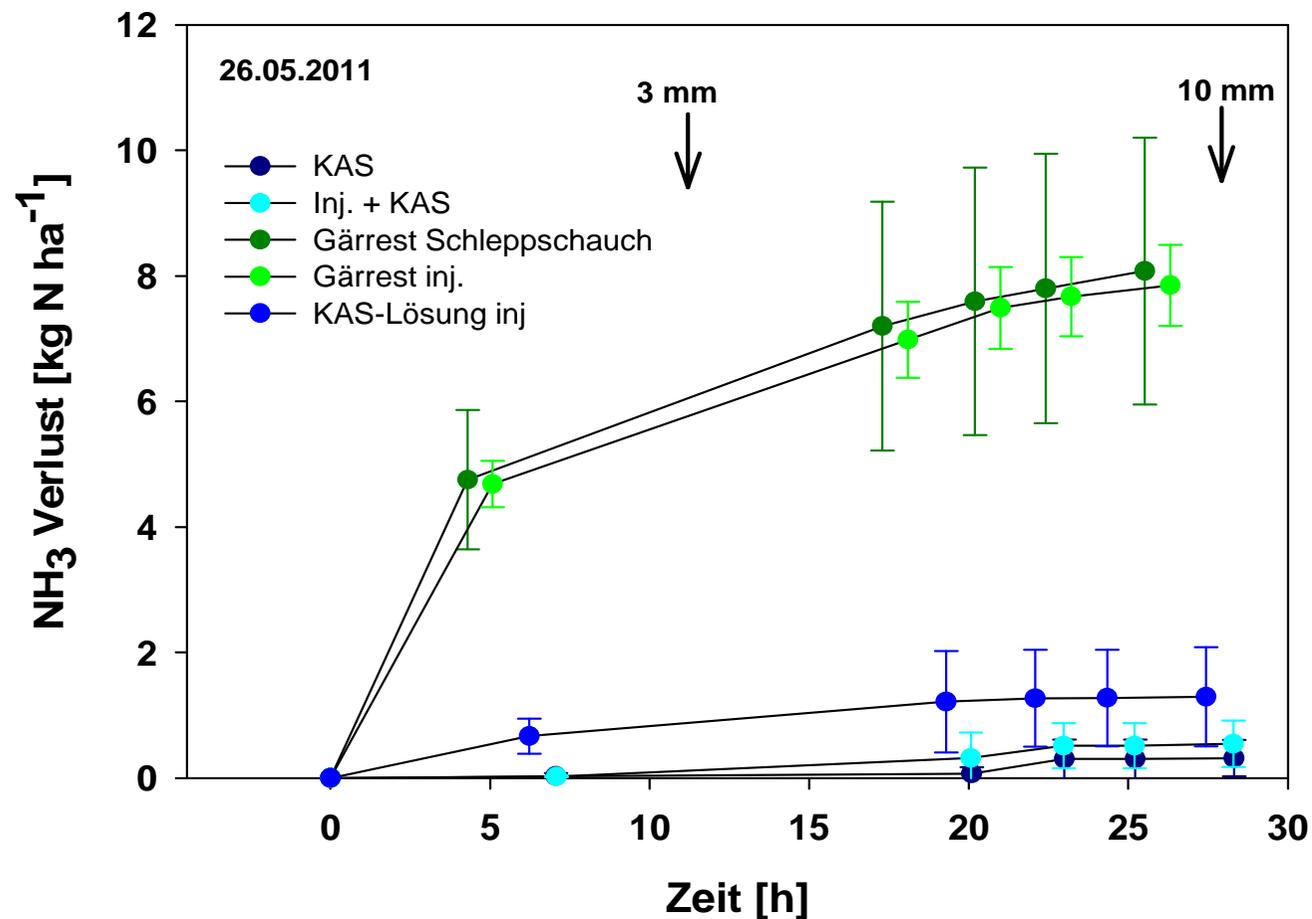
<p>N Dünger</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ KAS ○ Biogasgärrest (appliziert entsprechend Nges): Koferm. Schweinegülle + Getreide-/Gras-GPS pH ~7.8 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 65% N_{ges} 5 kg m⁻³
<p>Ausbringtechnik</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ KAS: Streuer, KAS-Lösung injiziert, Injektion + Streuer ○ Gärrest: Schleppschlauch, injiziert
<p>N Stufen (kg N ha⁻¹)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 0, 120 (2. Schn.), 70 (3. Schn.), 70 (4. Schn)



NH₃-Verluste

N-Düngung zum 2. Schnitt

(26.05.2011; 120 kg N ha⁻¹, trockener Boden)



Injiziert

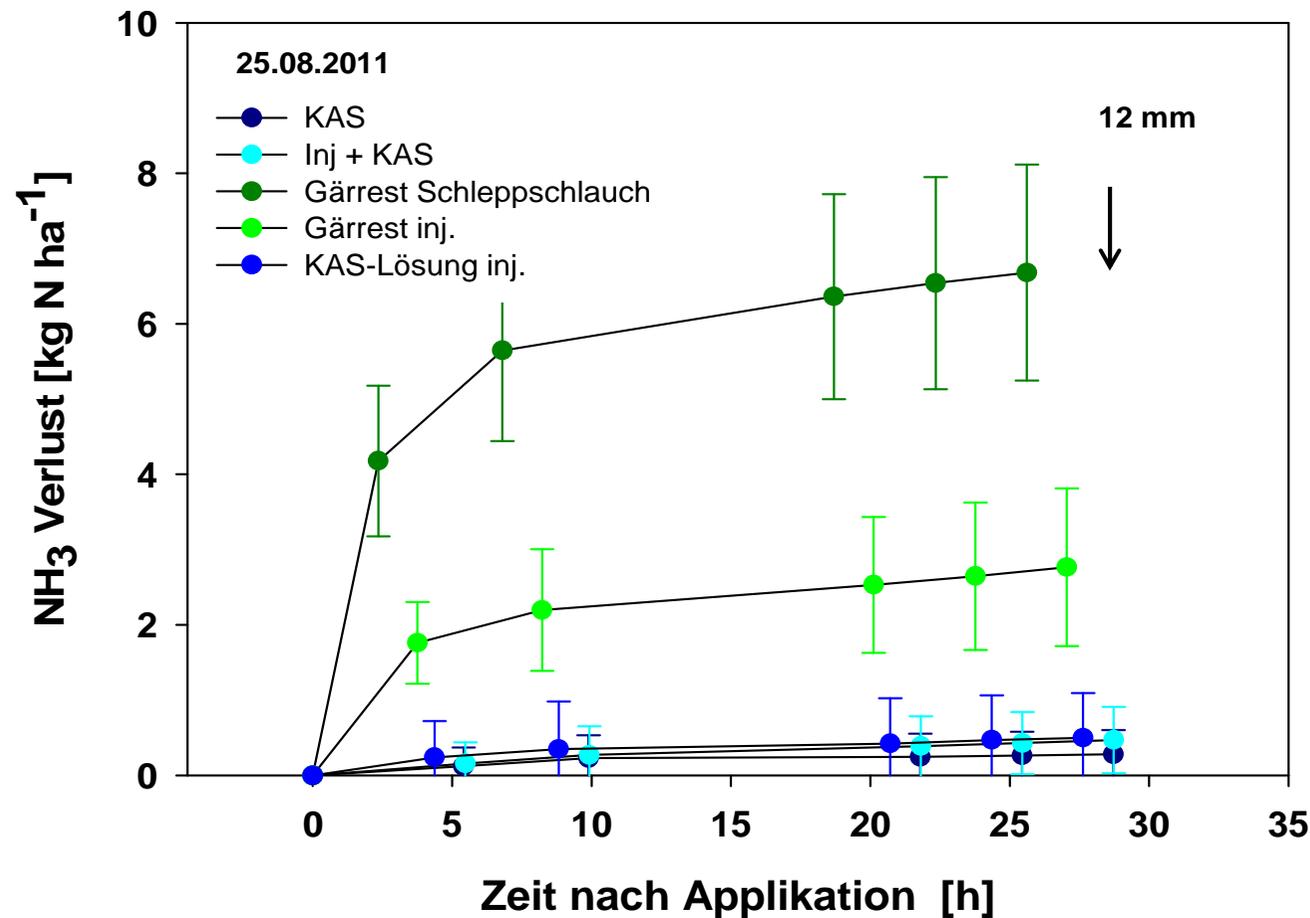
Schleppschauch



NH₃-Verluste

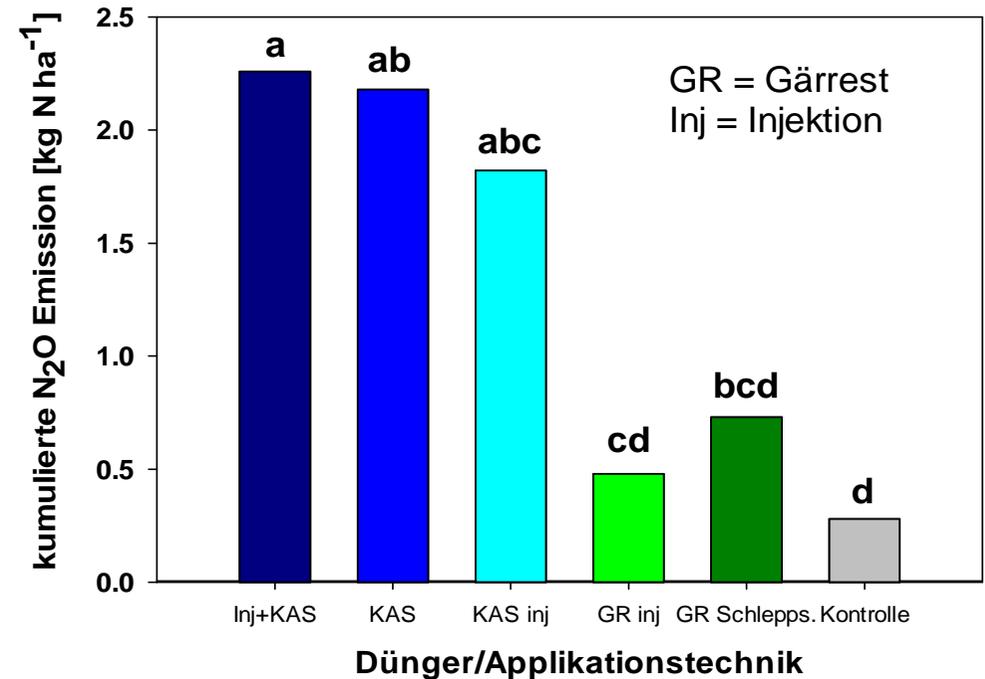
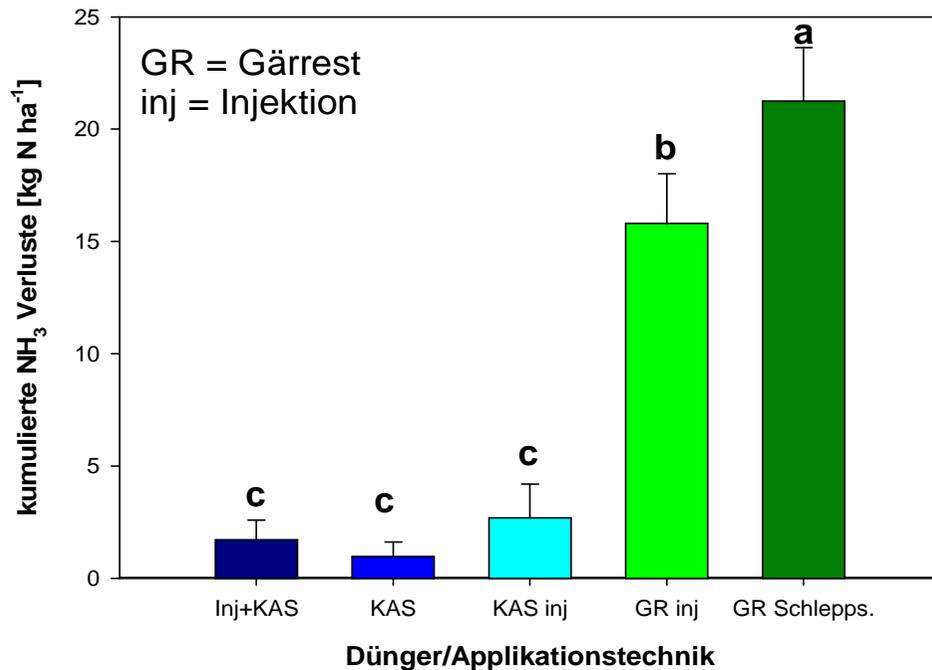
N-Düngung zum 4. Schnitt

(25.08.11; 70 kg N ha⁻¹, feuchter Boden)





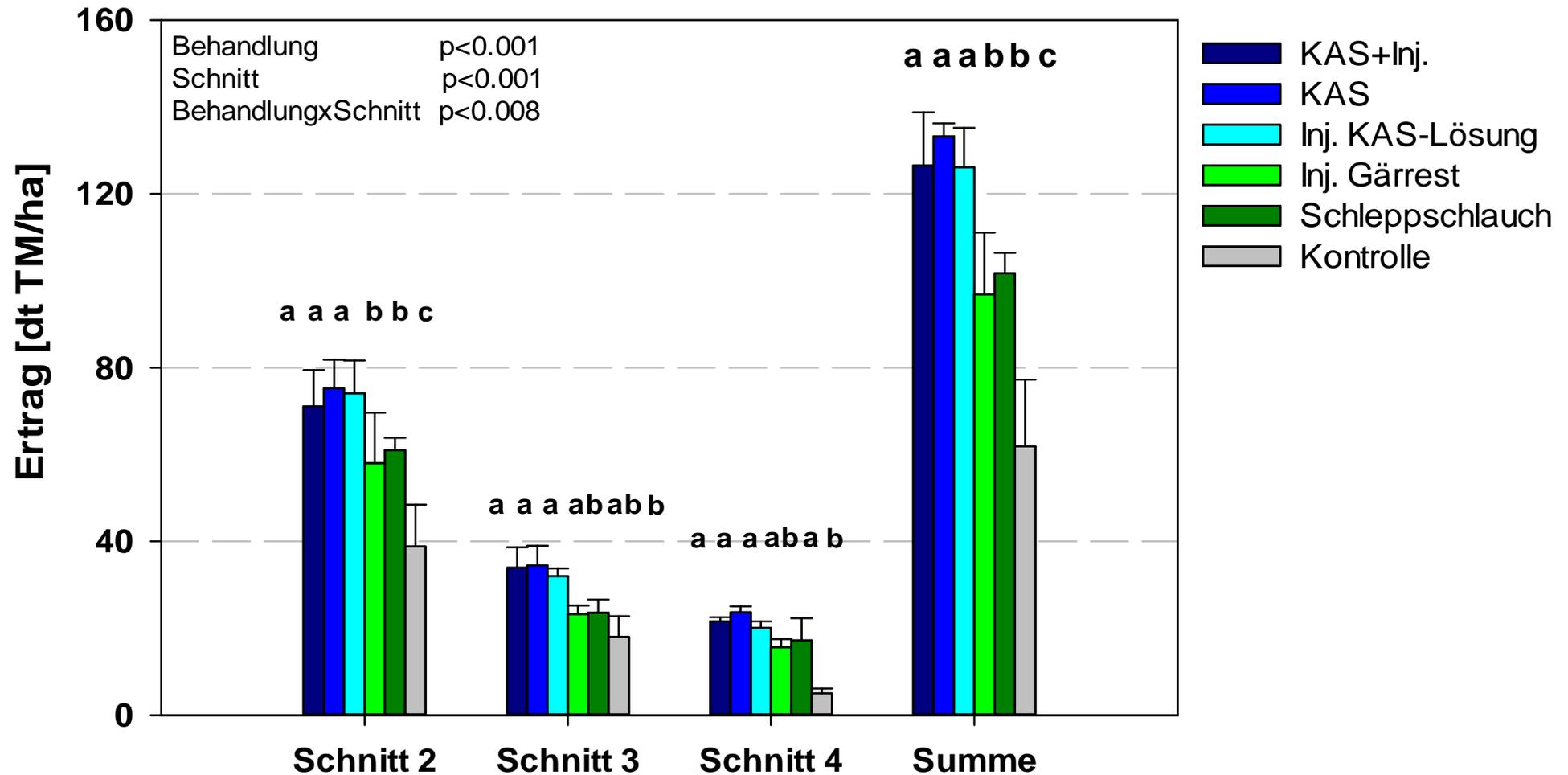
Effekt von Ausbringungstechniken und Düngerform auf NH_3 und N_2O Emissionen



Hermann et al. 2011

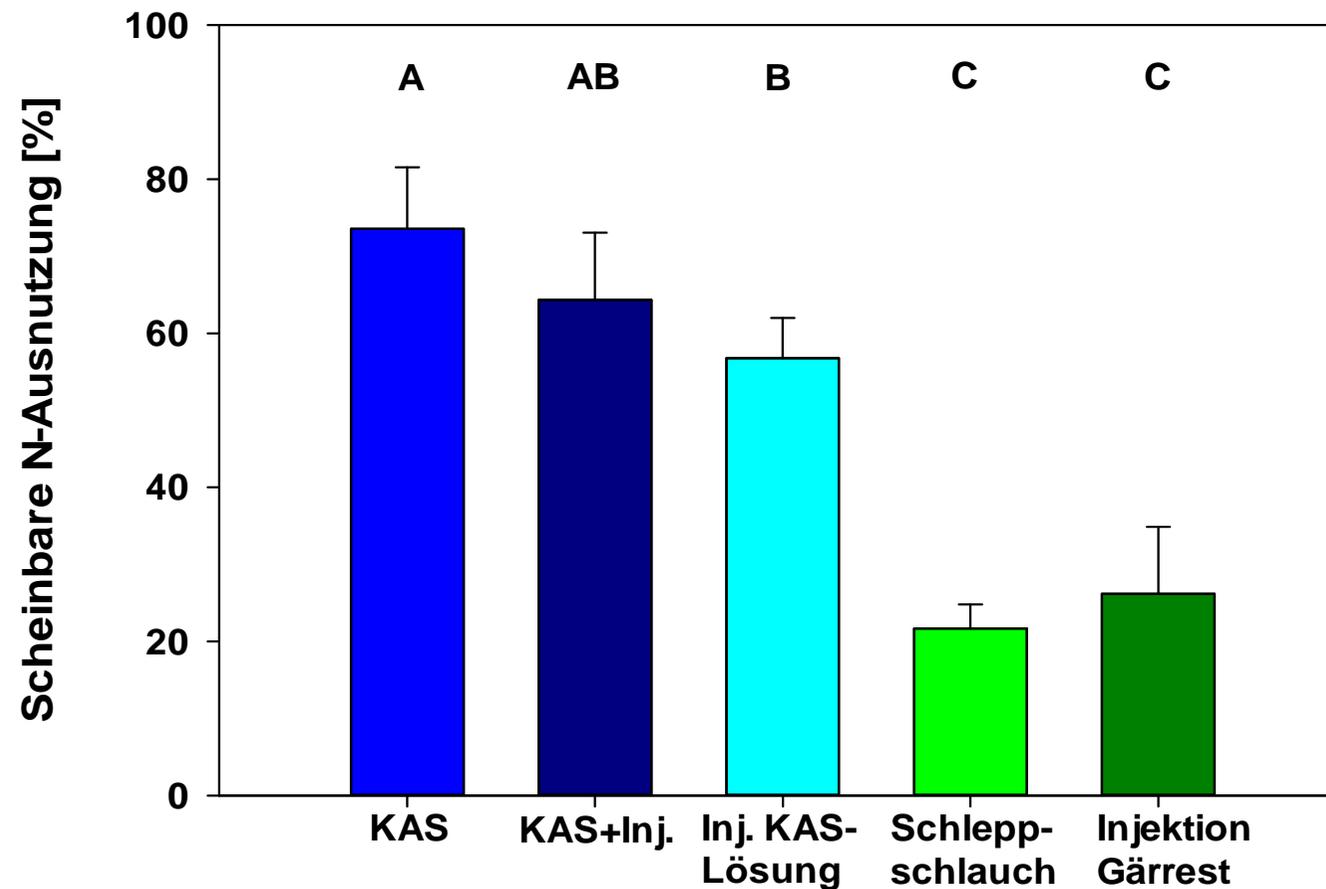


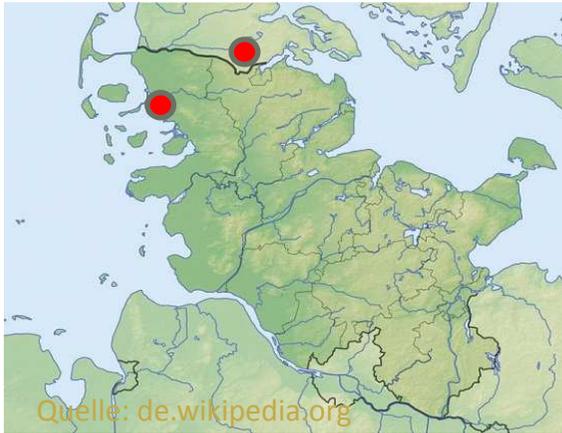
Graserträge





N-Effizienz in Abhängigkeit von Ausbringungstechnik





Ansäuerung + Injektion

März – Oktober 2012 +2013

Ackergras

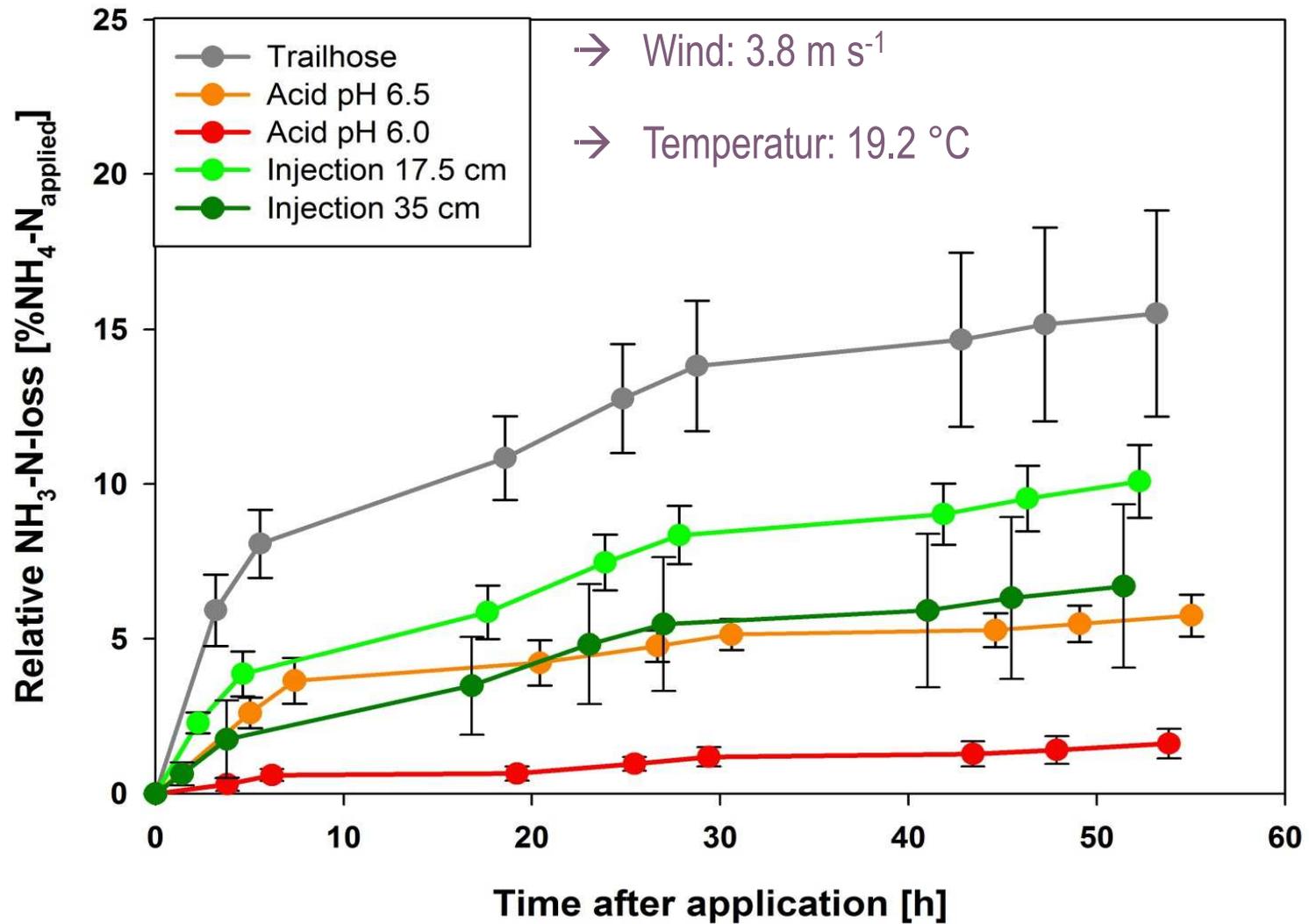
(Marsch 4 Schnitte, n = 4,

Dänemark Sandboden 2 Schnitte, n = 4)

<p>Dünger</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ KAS (4 N-Stufen: 0, 160, 320, 480) ○ Rindergülle (appliziert nach $\text{NH}_4^+\text{-N}$): pH ~7.2, $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 55%, N_{ges} 5 kg m⁻³ ○ S: 50 kg/ha (Parzellen ohne Ansäuerung)
<p>Gülle-Ausbringung</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ Injektion (Abstand): 17.5 cm, 35 cm ○ Schleppschlauch: einfach, pH 6.5, pH 6.0
<p>N-Teilgaben (kg N ha⁻¹)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ Rindergülle 80, 80, 60, 60 ○ KAS-N3: 120, 80, 60, 60



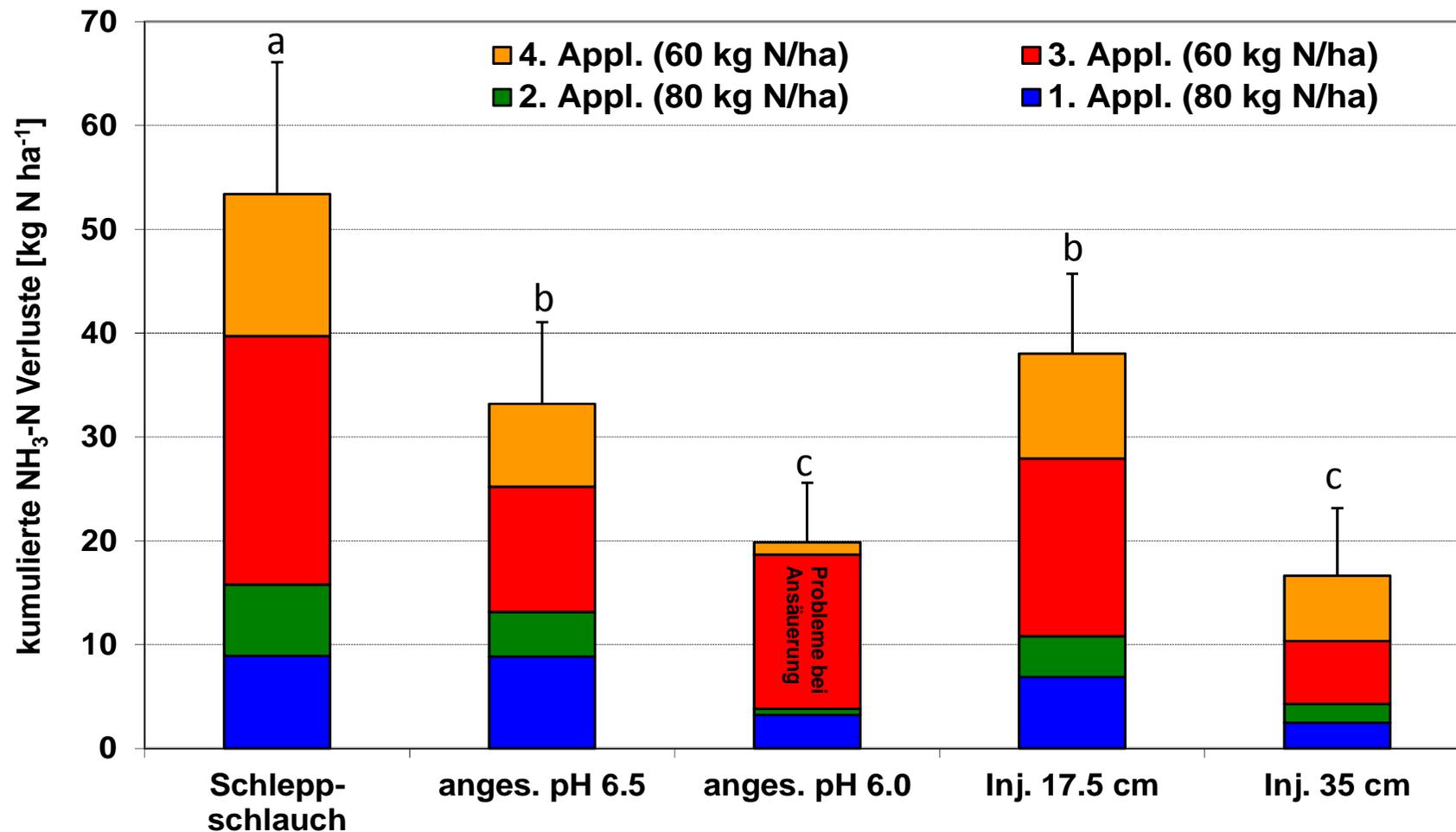
NH₃-Verluste Marsch, 27/08/2013

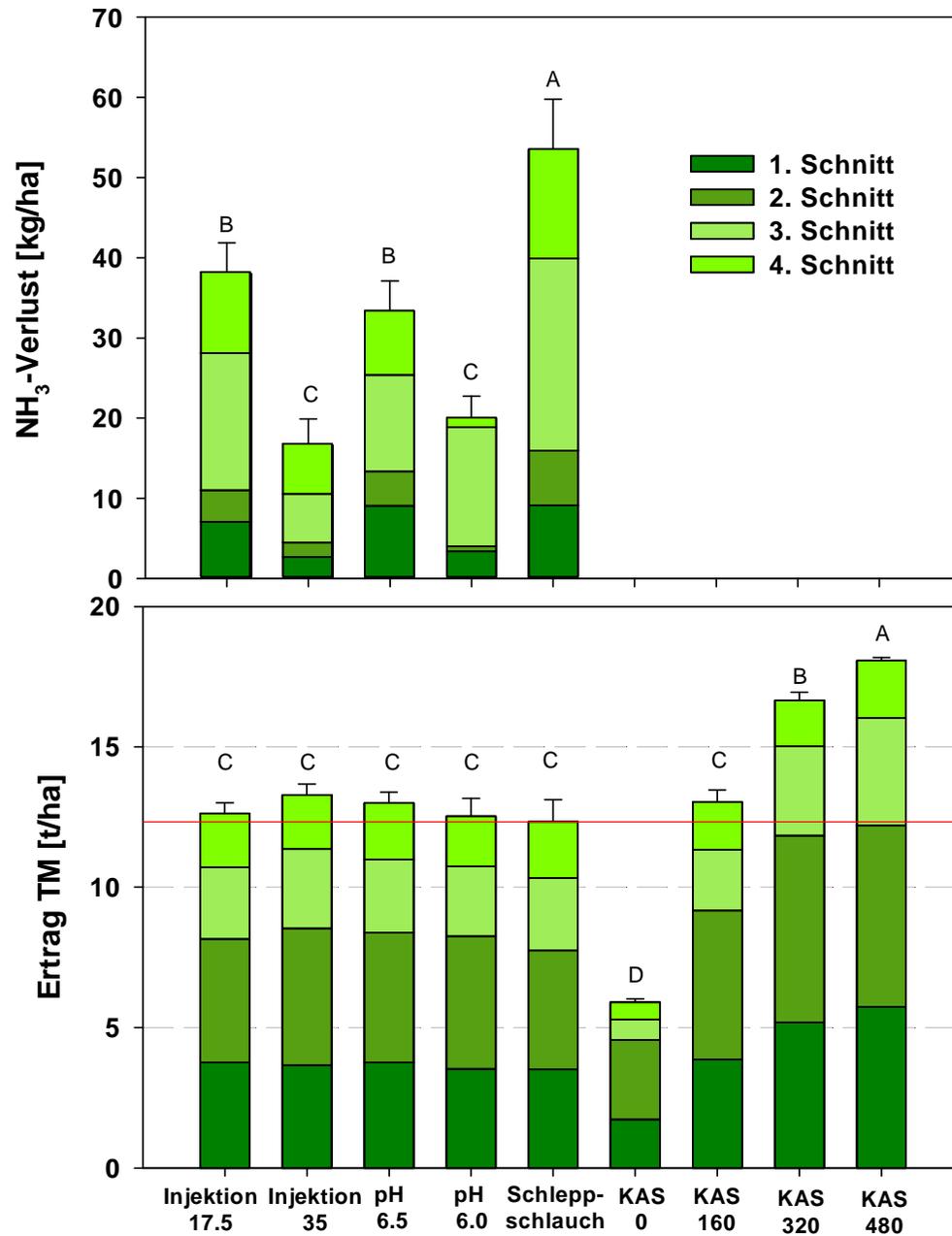




Injektion und Ansäuerung: NH_3 -Verflüchtigung

(Fehlerbalken = Standardabweichung, $n = 4$, ANOVA, Student-Newman-Keuls Test, $p < 0.05$, N-Mengen = applizierte NH_4^+ -Menge)

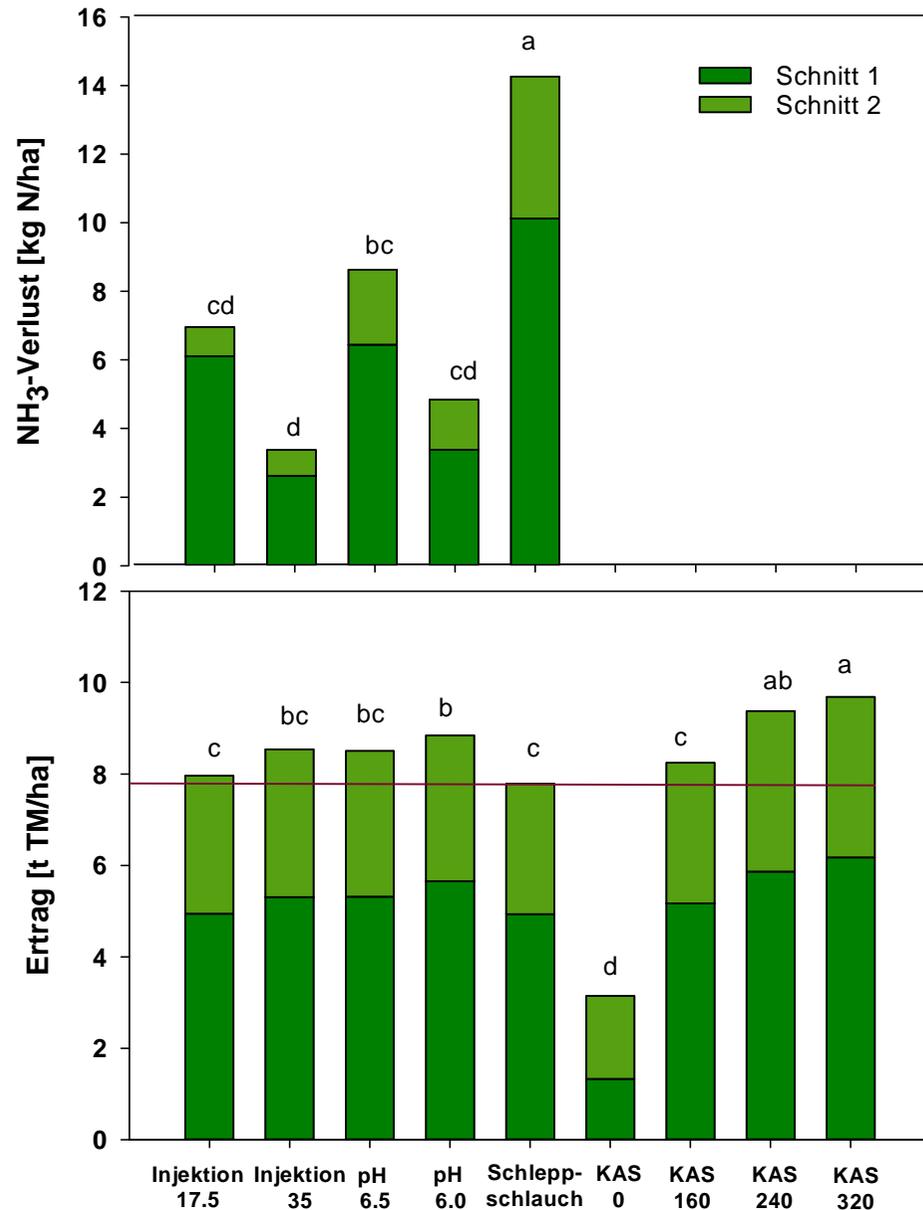




Erträge Marsch

(n=4, Fehlerbalken = Standardfehler, Student-Newman-Keuls Test)

- Gesamterträge der organischen Varianten (280 kg NH_4^+ -N) auf Niveau von 160 kg KAS
- Über alle Schnitte kein signifikanter Unterschied zwischen Applikationstechniken
- Zu 3. Schnitt Injektion 35 cm anderen Varianten leicht überlegen
- Abnehmende Unterschiede zwischen Varianten mit Schnittanzahl: keine Unterschiede beim 4. Schnitt



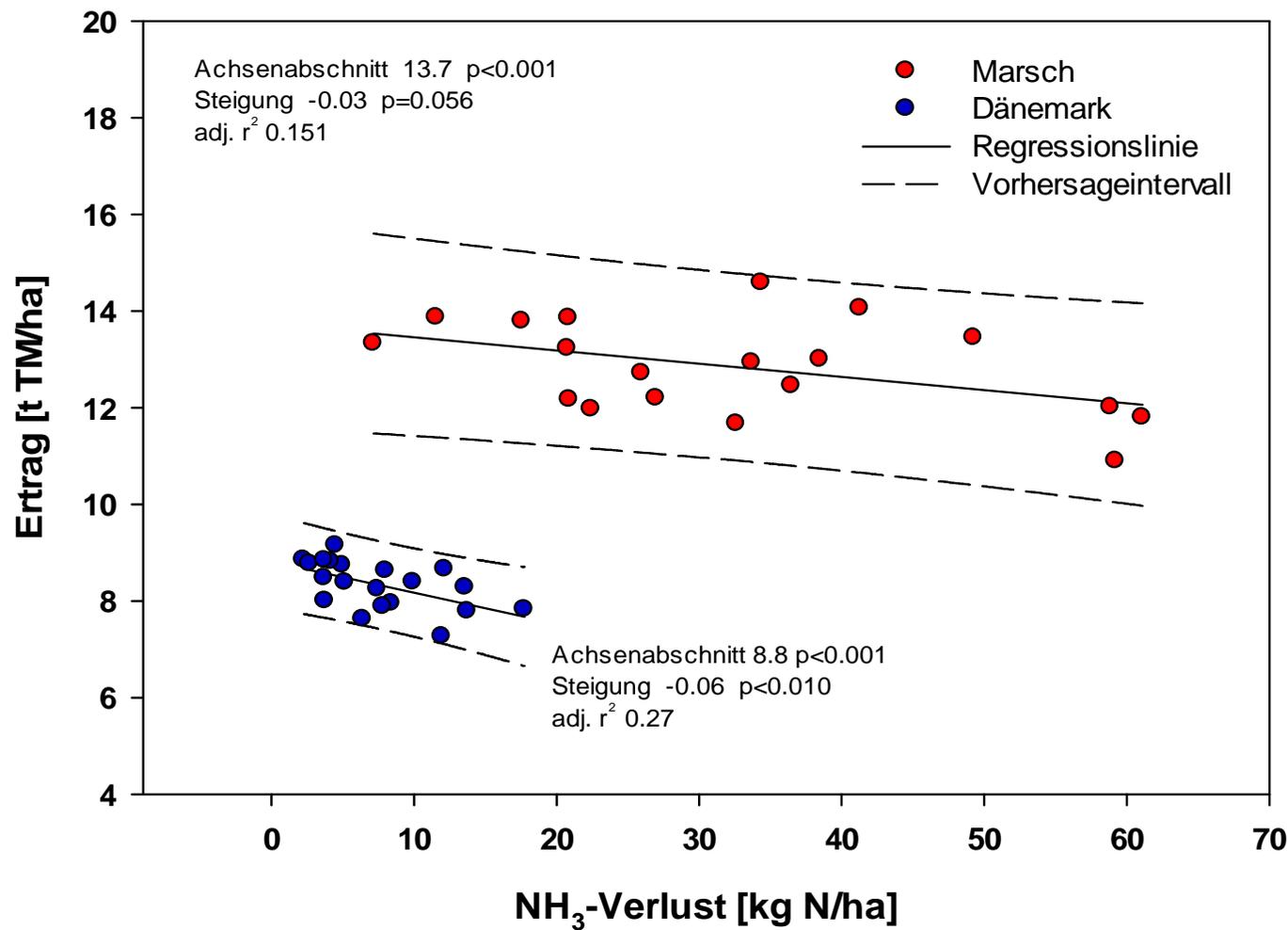
Erträge Sandboden Dänemark

(n=4, Fehlerbalken = Standardfehler,
Student-Newman-Keuls Test)

- Geringste NH₃-Emissionen bei pH 6 und Injektion 35 cm
- Gesamterträge der organischen Varianten (280 kg NH₄⁺-N) auf Niveau von 160-240 kg KAS
- Über alle Schnitte signifikante Unterschied zwischen Applikationstechniken

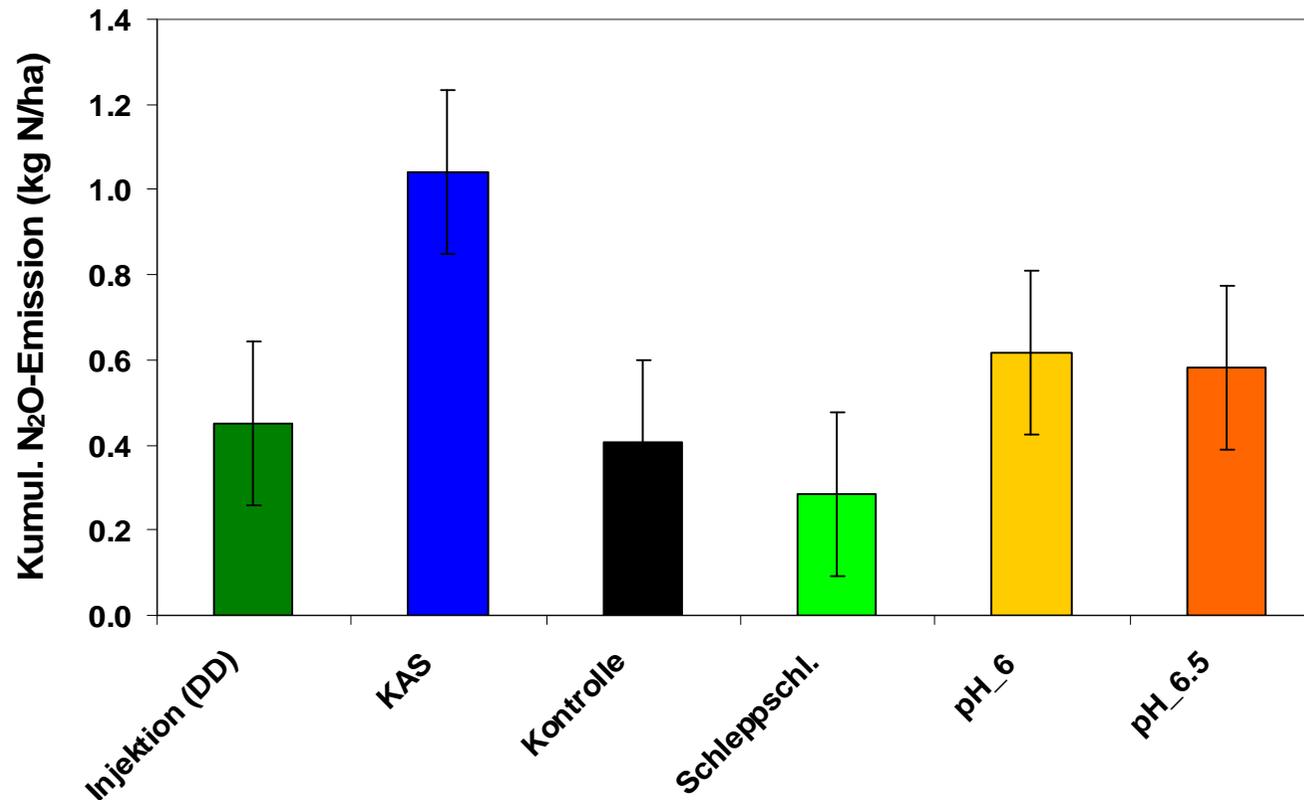


Beziehung zwischen NH_3 -Emissionen und Ertrag





N₂O-Emission: KAS und Rindergülle-Applikation auf Ackergras – Marsch 2012



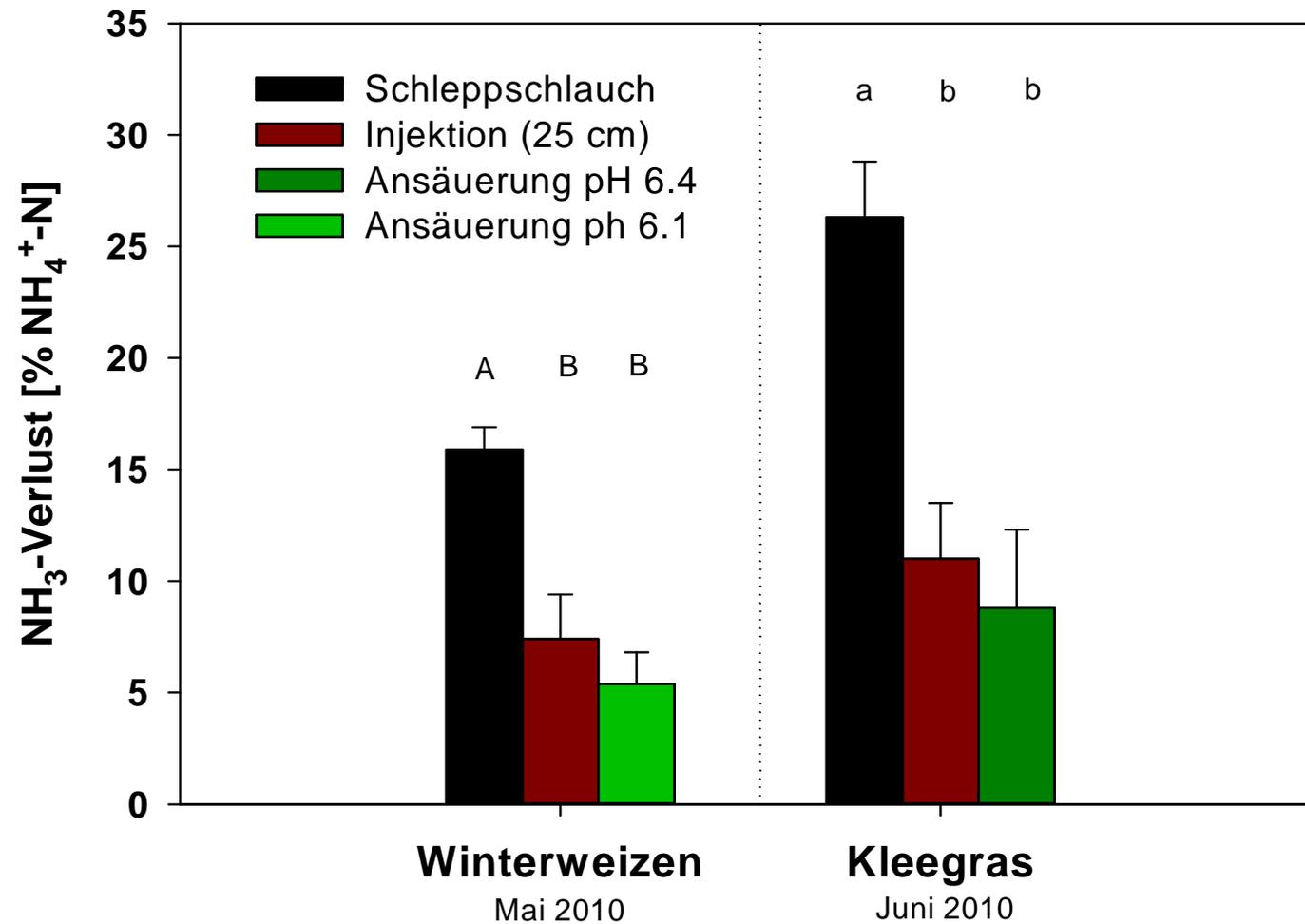
Messperiode: 23. März - 4. August 2012

kein gesicherter Effekt der Behandlung

Hermann et al. 2012



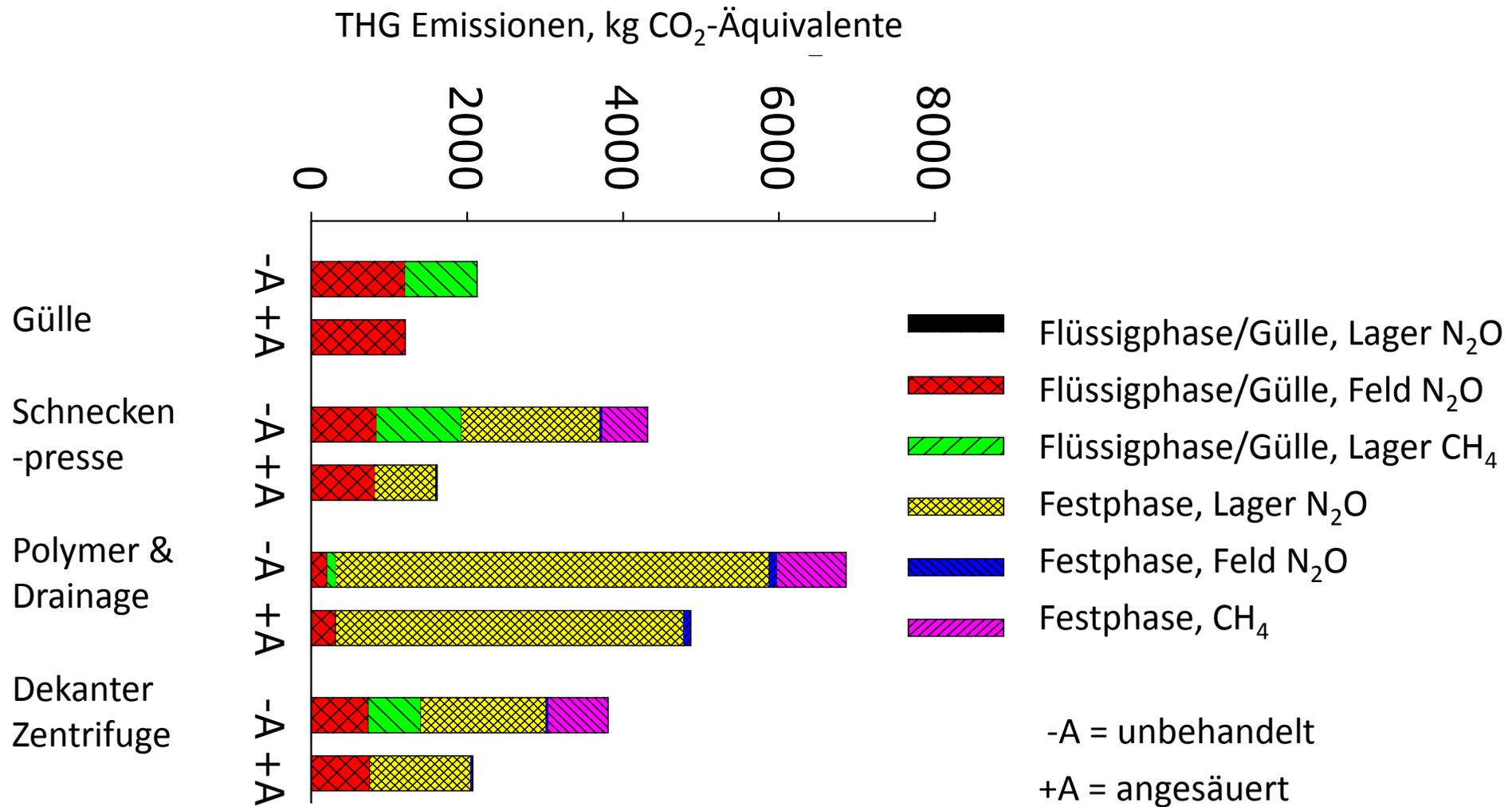
NH₃-Verluste: Dänemark



Nyord et al. 2013



Effekt von Separation und Ansäuerung auf THG-Emissionen

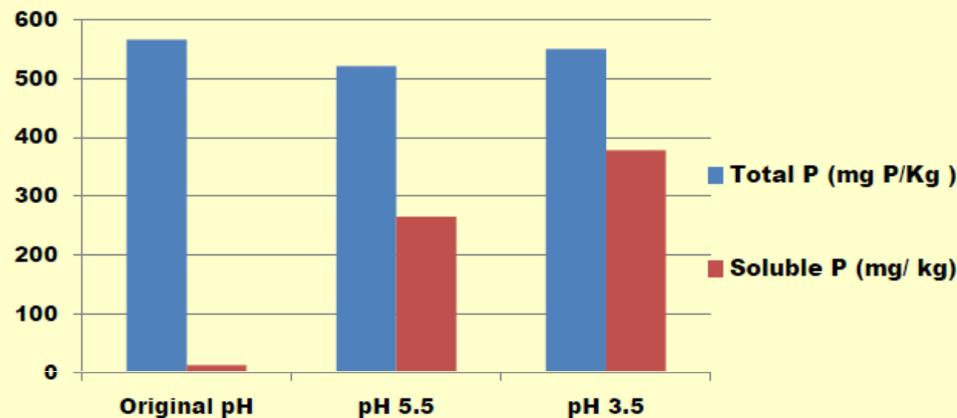


(nach Sommer et al.2013)

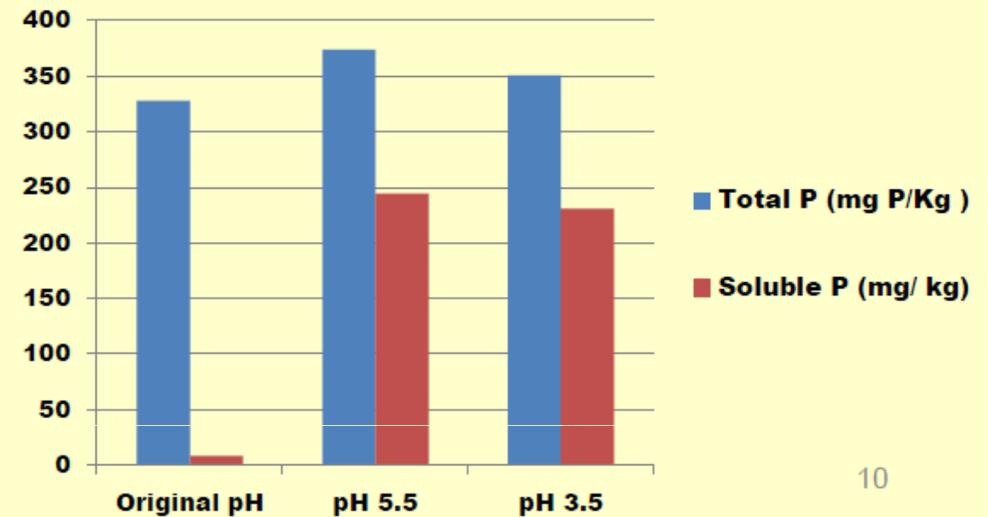


P-Verfügbarkeit in Abhängigkeit vom pH-Wert

(Fanguiero et al. 2013)



Rindergülle



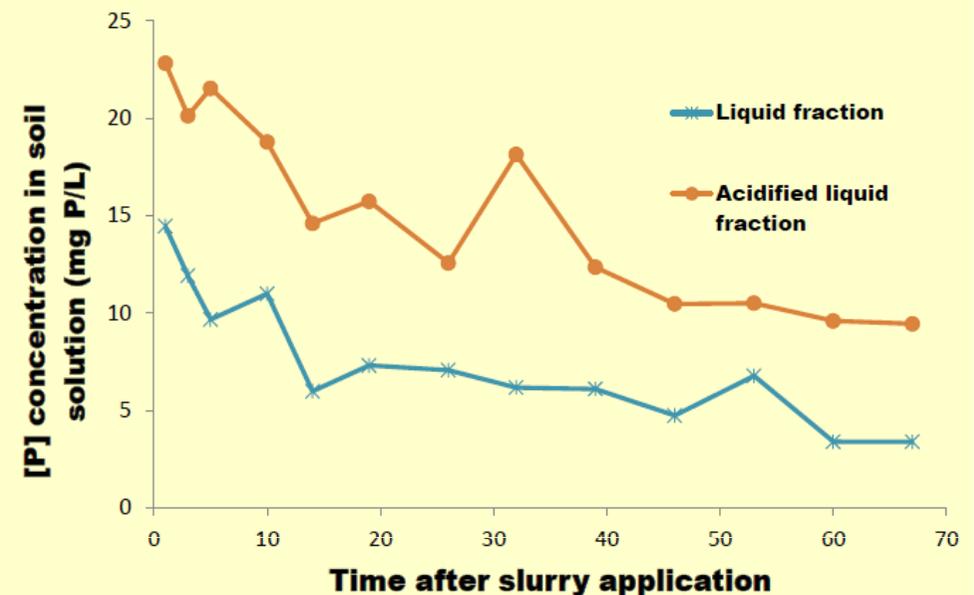
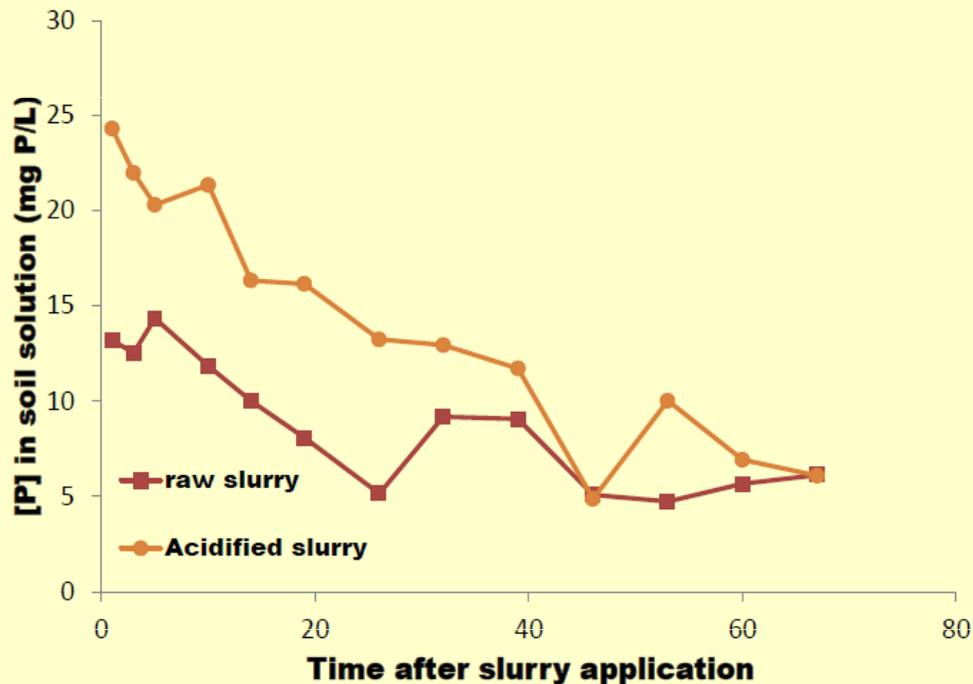
Schweinegülle

10



P in der Bodenlösung in Abhängigkeit von der Ansäuerung

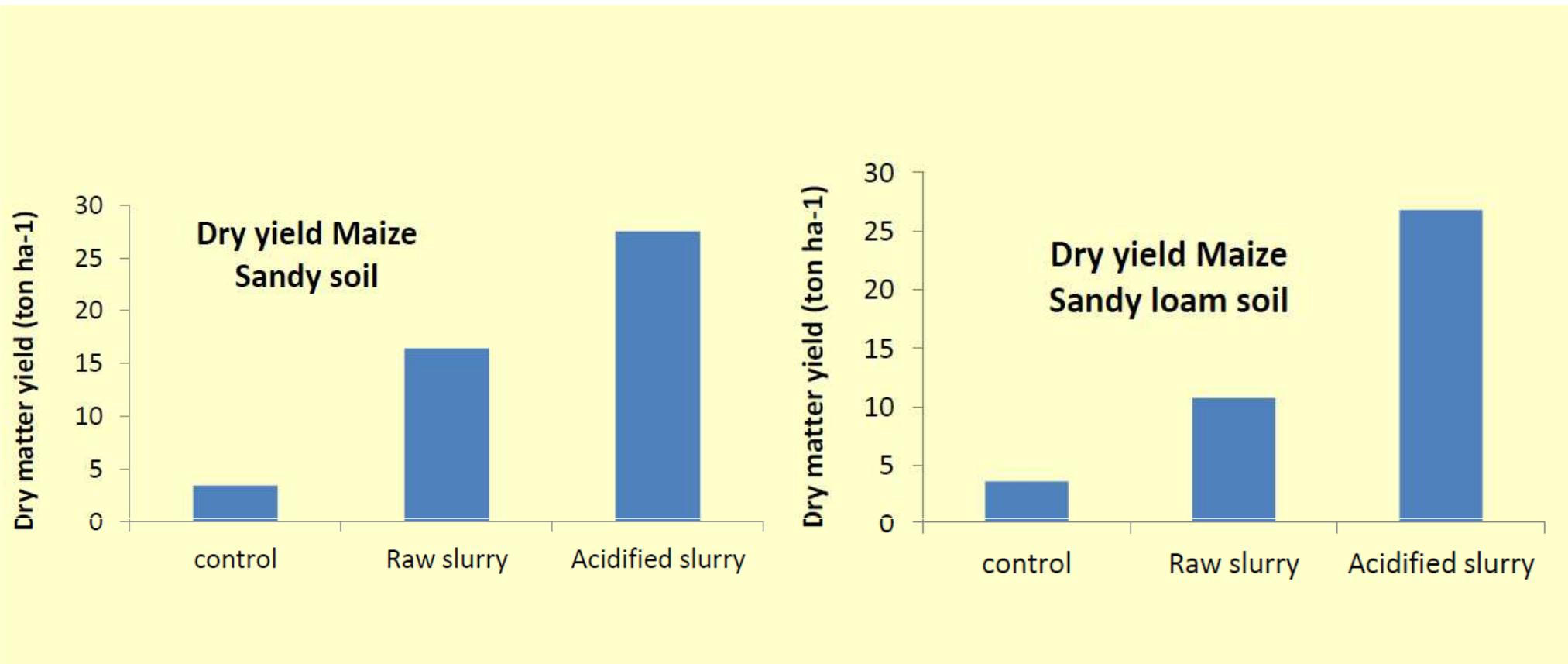
(Fanguiero et al. 2013)





Maiserträge in Abhängigkeit von der Ansäuerung

(Fanguiero et al. 2013)





Nicht N-Effekte der Ansäuerung

nach Fanguiero et al. 2013

Güllezusammensetzung	Lösliches P	↗
	anorganisches C	↘
Lager	CO ₂	→
	CH ₄	↘
	H ₂ S	→ (andere Kinetik)
Feldausbringung	Nitrifikation	↘ (verzögert)
	N ₂ O	→↘
	CO ₂	↘
	P Verfügbarkeit	↗
	Erträge	↗



Schlussfolgerungen + Ausblick

- Ansäuerung reduziert NH_3 -Emissionen mit größerer Zuverlässigkeit (ca. 50% bei pH 6.5)
- Höhe der Reduktion: Effekte von Injektionsabstand und pH-Wert, Boden-/ Umweltbedingungen
- Keine Reduktion der Erträge/N-Aufnahme durch emissionsmindernde Technik → tendenziell und z.T. signifikant höhere Erträge
- Keine Erhöhung von N_2O -Emissionen durch emissionsreduzierende Technik in untersuchten Systemen
- Neben Wirkungen auf N-Verluste, verbesserte P-Verfügbarkeit und verringerte THG-Emissionen aus Lager
- **Offene Fragen:**
 - Effekte von Praxissystemen
 - Wirtschaftlichkeit (Säuremenge + -preis),
 - Sicherheit des Säuresystems,
 - Mobilisierung oder Festlegung von Schadstoffen (Agropharmaka, Schwermetalle etc.),
 - Boden pH-Wert

RAMIRAN 2015

16th International Conference
Rural-Urban Symbiosis

8-10
September 2015

Hamburg
Germany



- Livestock manure
- Harvest residues
- Digestates



Soil

Food

Fertilizers

Materials

Water

Energy

Air

- Food and green waste
- Sewage and sludges
- Agro-industry residues



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Und besonders an:

Robert Quakernack

Anna Techow

Achim Seidel

Steffi Rost

Dr. Edgar Techow

Hans-Christian Hinrichsen