



© b.eurich-menden, KTBL



© s.wulf, KTBL

Emissionsminderung im Wirtschaftsdüngermanagement

Sebastian Wulf

Emissionen in der Tierhaltung – erheben, beurteilen, mindern
10./11. Oktober 2023, Bonn

- Bedeutung des Wirtschaftsdüngermanagements für die Emissionen
- Wirtschaftsdüngerlagerung
- Wirtschaftsdüngerausbringung
- Separierung
- Emissionsminderung im Stickstofffluss
- Schlussfolgerungen

Stickstofffluss im landwirtschaftlichen Betrieb

Futter

Tier

Ausscheidungen



Stall

Lager

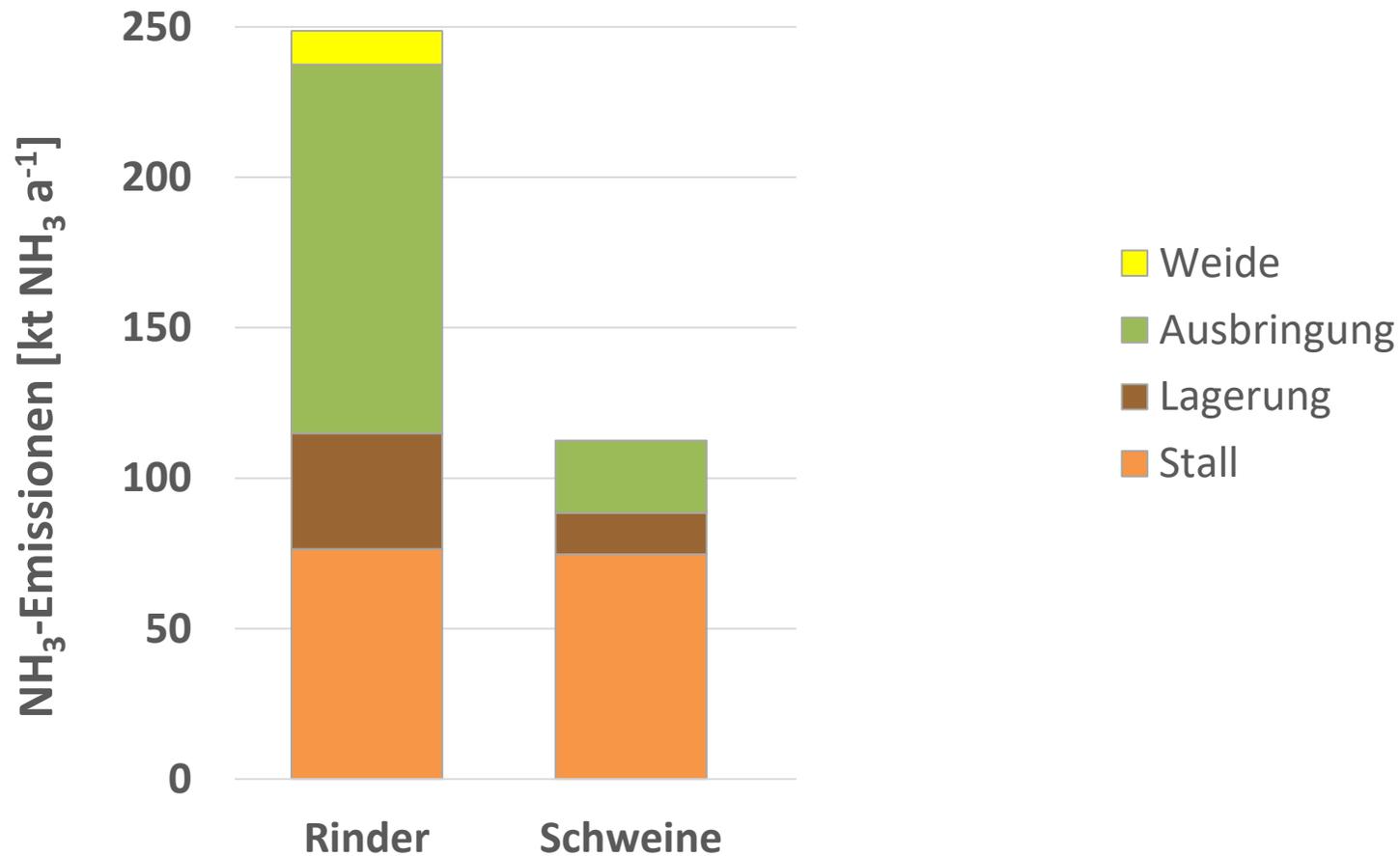


Ausbringung

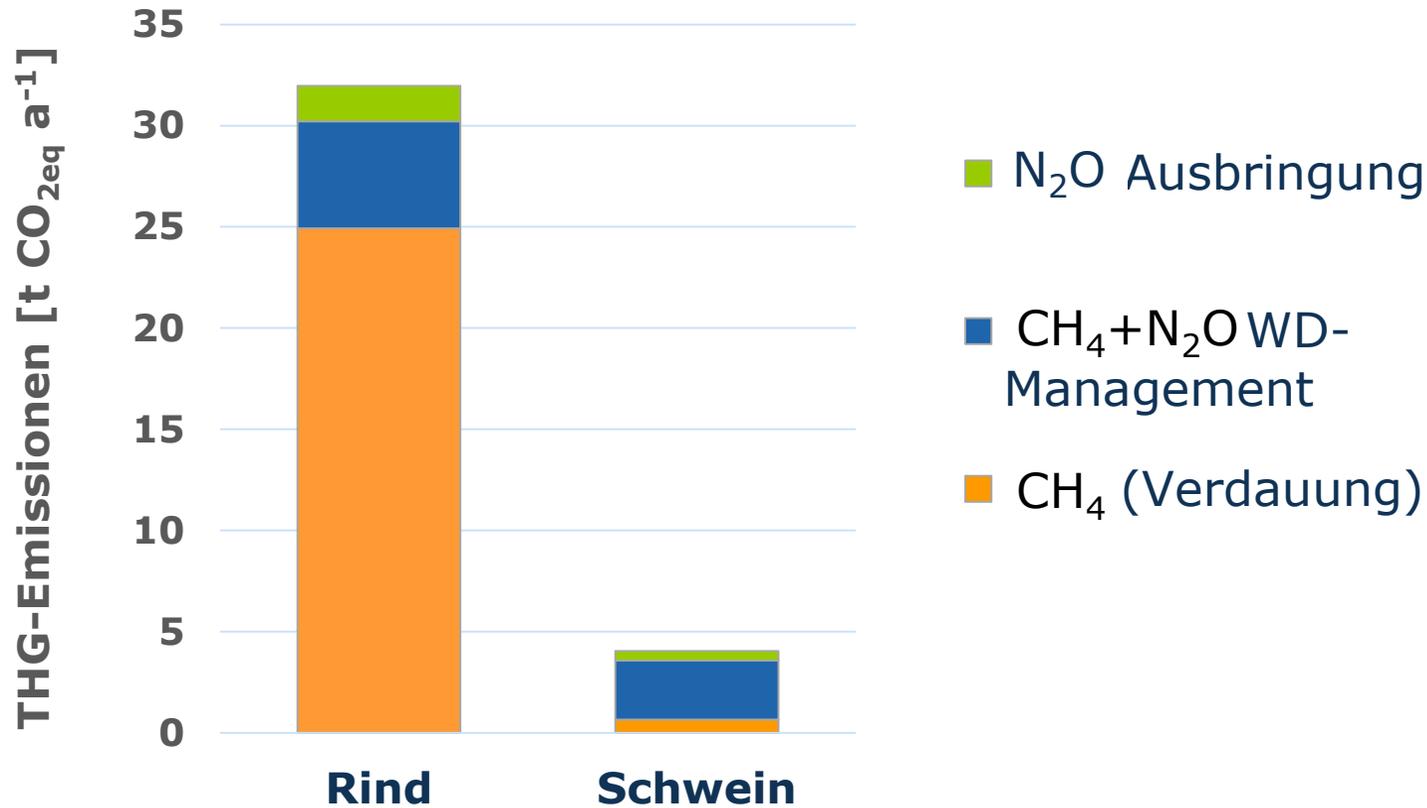
Acker/Weide



NH₃ - Ort der Emission



Daten für 2019: Rösemann et al (2021)



(Daten: Rösemann et al. 2023)

Ziel NH₃-Minderung:

- Reduzierung der Luftbewegung über der direkten Gülleoberfläche
- Möglichst geringe Lagertemperatur
- Geringe Gülleoberfläche im Verhältnis zum Güllevolumen
 - Rasches Überführen von Gülle aus dem Stall in ein separates, abgedecktes Lager
 - Lagerung der Gülle in Hoch- oder Tiefbehältern
 - Befüllung unterhalb der Gülleoberfläche, kein zu häufiges Aufrühren
 - Gute fachliche Praxis: Abdeckung des Güllelagers

Lager - Abdeckungen

Ziel NH₃-Minderung:

Referenz: offene Lagerung ohne Abdeckung



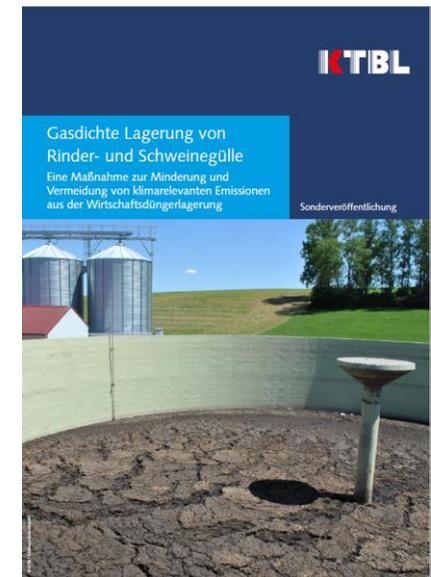
Technik	Emissionsminderung [%]	Anmerkungen
Natürliche Schwimmdecke	30-80	<ul style="list-style-type: none">• geringe Wirksamkeit in Betrieben mit häufiger Gülleausbringung
Feste Abdeckung (Zelt, Betonabdeckung)	85-95	<ul style="list-style-type: none">• geringer Wartungsaufwand kein Regenwassereintrag• längste Nutzungsdauer
Schwimmfolie	80-90	<ul style="list-style-type: none">• geringer Wartungsaufwand
Granulate	80-90	<ul style="list-style-type: none">• Nur bei Schweinegülle ohne Schwimmdecke einsetzbar• Ausgleich von Materialverlusten erforderlich
Schwimmkörper	>90	<ul style="list-style-type: none">• Nur bei Schweinegülle ohne Schwimmdecke einsetzbar• besondere Sorgfalt beim Homogenisieren und Gülleentnahme erforderlich

Ziel CH₄-Minderung:

- Bildung durch Umsetzung von org. Substanz (anaerob)
- Freisetzung über aufsteigende Bläschen

- **Gasdichte Abdeckungen** in Verbindung mit Nutzung/Verbrennung des entstehenden Methans
- Herausforderungen:
 - Sicherheit (Explosionsschutz bei wiederholtem Befüllen des Behälters)
 - Dynamik der Gasbildung
 - Gaserfassung und Speicherung
 - Kapazität und Anforderung der Gasbehandlung

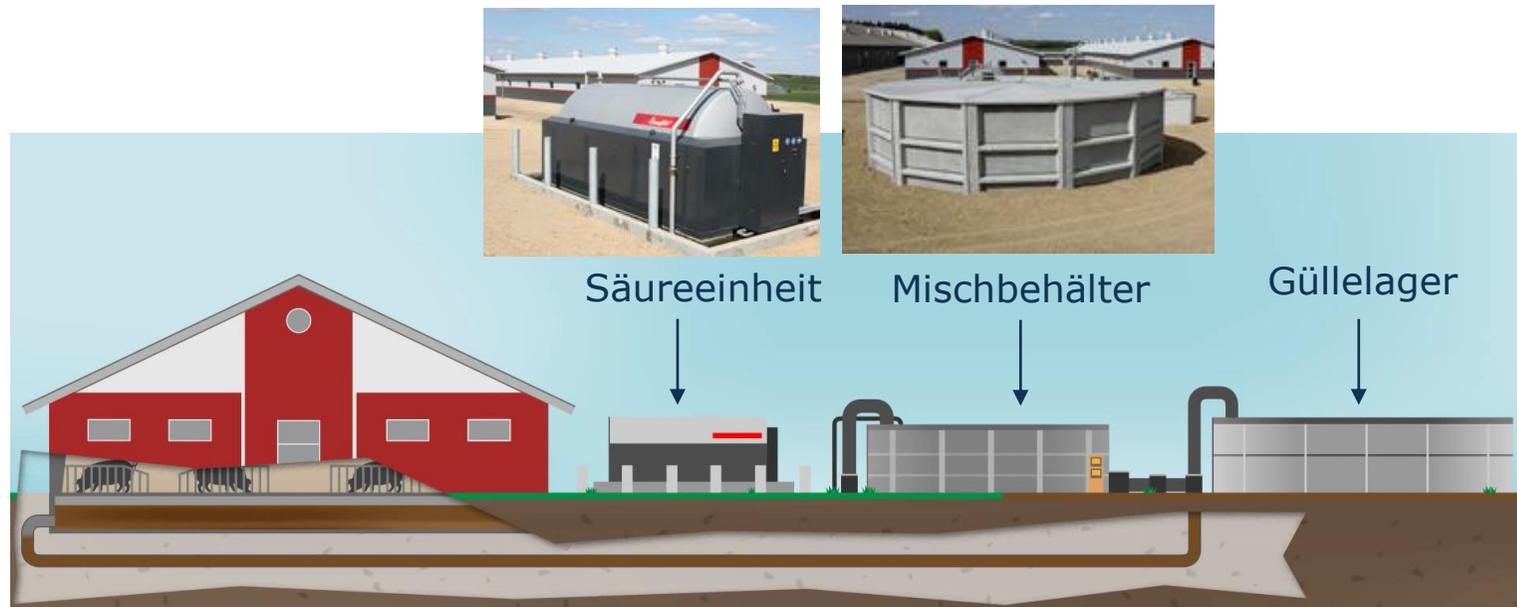
➔ Derzeit nur in Verbindung mit Biogaserzeugung technisch und ökonomisch sinnvoll



Lagerung - Additive

Ansäuerung (Schwefelsäure): Stall und Lager

- In Dänemark bereits weit verbreitet, meist durch Ansäuerung bereits im Stall -> Absenkung des pH-Wertes auf $< \text{pH } 6$
- Anmischbehälter außerhalb des Stalls, in dem der pH-Wert der Gülle abgesenkt wird
- Rückführung und Spülen der Güllekanäle mit der angesäuerten Gülle



Lagerung - Additive

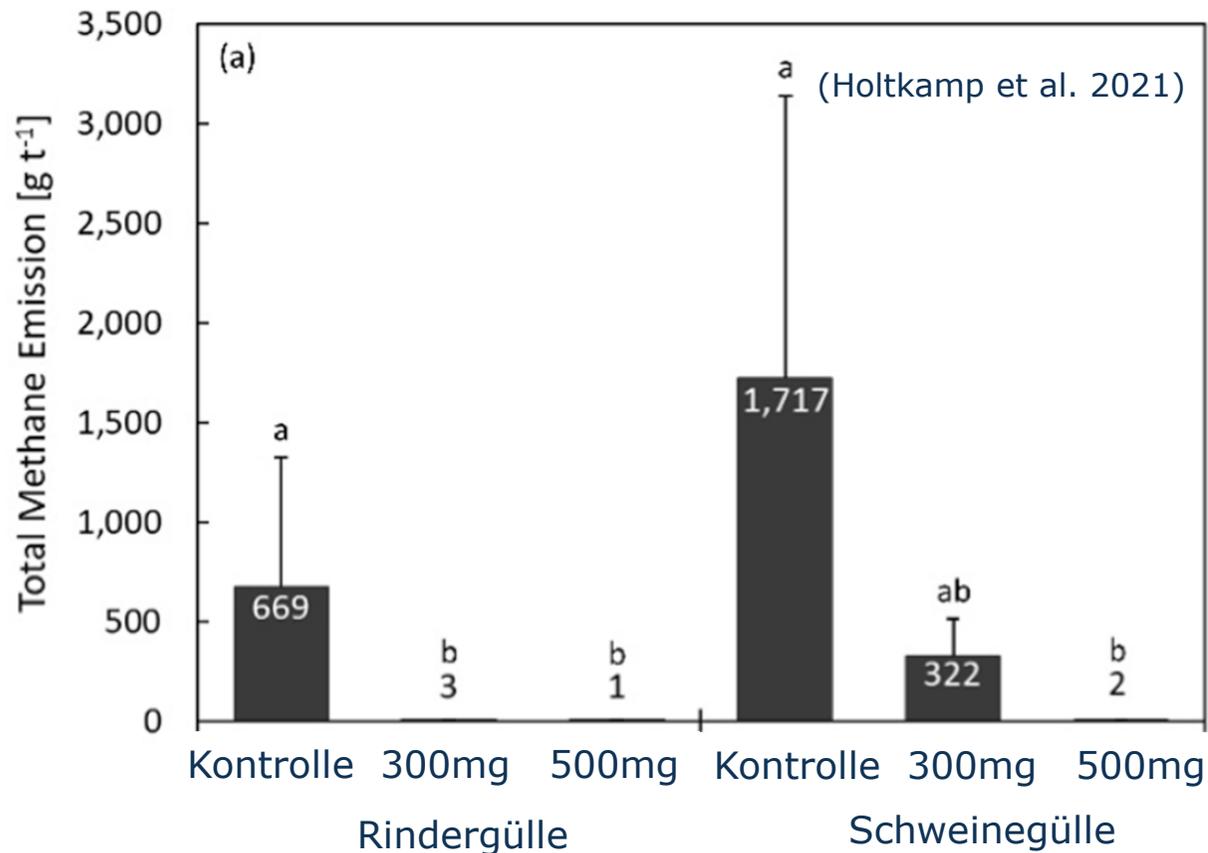
Ansäuerung (Schwefelsäure):

- Deutliche Minderung der **NH₃**-Emissionen
 - Im Stall: 64 % (VERA)
 - Im Lager: ca. 75% (Kupper et al. 2020)
- Minderung der **CH₄**-Emissionen: 60-90%
- Auch Emissionen bei der Ausbringung vermindert
- Zu beachtende Aspekte:
 - Korrosionsschutz (Beton)
 - JGS-Anlagenprivilegierung
 - Arbeitssicherheit
 - Ausgleichskalkung
 - Schwefeldüngung  Düngung über Bedarf?
Konsequenzen für Qualität Grünland und Ackerfutter?

Kalkstickstoff (Calciumcyanamid):

- Deutliche Minderung der CH₄-Bildung bei geringer Aufwandmenge
- 80-99% (Holtkamp et al 2021)
- 89% (HBLFA 2021)

Emissionen während 26 Wochen Lagerung (Labor)



Lagerung - Additive

Kalkstickstoff (Calciumcyanamid):

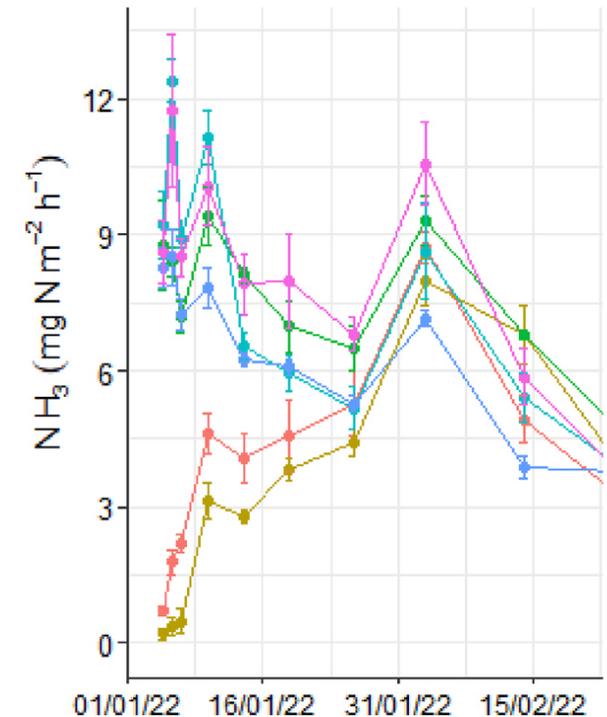
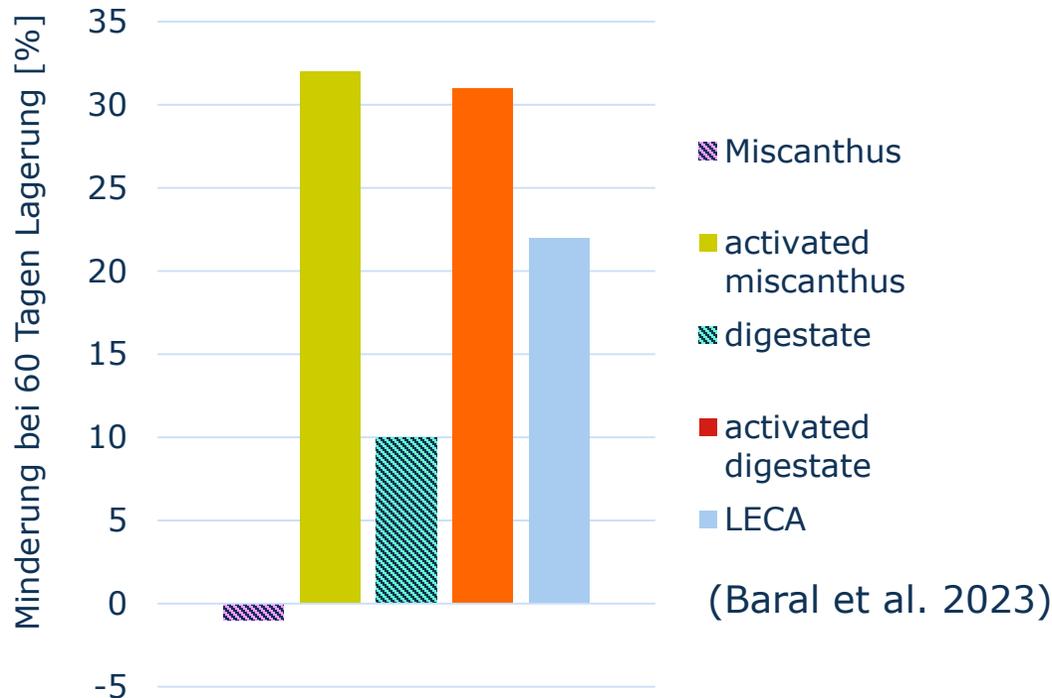
- Keine nachweisbare Wirkung auf Gesamt NH_3 -Emissionen
- Reduzierung der Schwimmdeckenbildung
- Nur geringe Erhöhung des N-Gehaltes

- Zu beachtende Aspekte:
 - Erhöhte Vorkehrungen gegen NH_3 -Emissionen
 - Keine JGS-Anlagenprivilegierung (nicht auf Positivliste AWSV)
 - Laufendes Beschränkungsverfahren bei EU-ECHA (Düngemittel)
 - Bedenken hinsichtlich der humantoxikologischen und endokrinen Wirkung
 - ➔ Arbeitssicherheit
 - ➔ Abbauverhalten in Gülle und Boden

Lagerung - Additive

Biokohle

- Kein klarer Nachweis bei Einmischen in die Gülle
- Physikalische Wirkung, wenn **auf** die Gülle gegeben
- Bei Vorbehandlung mit Säure in den ersten Wochen stärkere Wirkung



Gesteinsmehle:

- Calciumsulfat: 20 kg/m³ (HBLFA 2022)
NH₃-Minderung 10%
- Vulkangesteinsmehle: 50 kg/m³ (Swoboda et al. 2021)
keine NH₃-Minderung nachweisbar

Effektive Mikroorganismen:

- Wirkung nur in Einzeluntersuchungen beobachtet

➔ Unklare Datenlage. Effekte (wenn beobachtet) meist gering

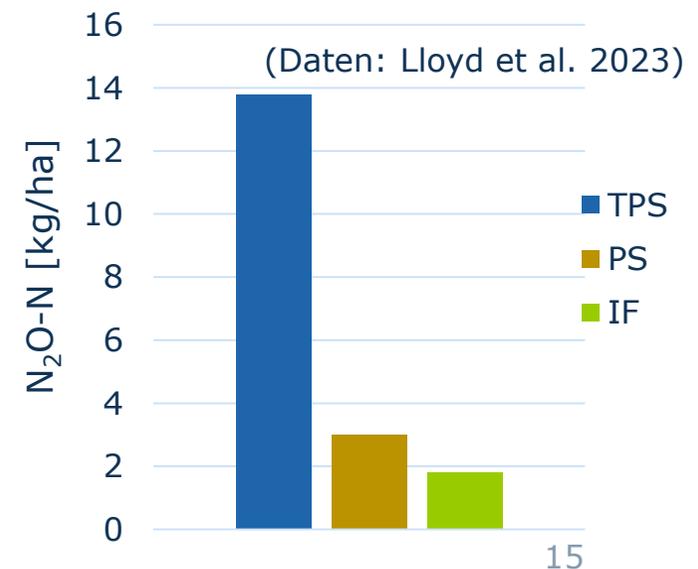
Plasma-Behandlung von Gülle (N₂applied)

- In Plasma-Reaktor (Strom): $N_2 \rightarrow NO_x$
- Eingeleitet in Gülle wird NO_2^- und NO_3^- gebildet
 - Anreicherung der Gülle mit Nährstoffen
 - Ansäuerung und Hygienisierung
- ➔ Minderung der NH_3 -Emissionen und CH_4 -Bildung
- ➔ Jeweils ca. 80-90% (Rollett et al. 2023 für Ausbringung)

– N₂O bei Lagerung und Ausbringung?

- ➔ Lagerung: keine Ergebnisse bekannt
- ➔ Ausbringung: 5-fach höhere Emissionen, als bei unbehandelter Schweinegülle

220 kg N_{min}/ha; 83 Tage nach Düngung



Gülleausbringung

Emissionsmindernde Ausbringetechniken

- Reduzierung:
 - der Oberfläche des ausgebrachten Düngers
 - der Zeit, die dieser der Luft ausgesetzt ist
 - des Luftaustausches über dem Dünger

Unbestelltes Ackerland

Referenz: Einarbeitung innerhalb 4 h

Technik	Emissionsminderung [%] (Rind/Schwein)	Anmerkungen
Einarbeitung innerhalb 1h	60/55	<ul style="list-style-type: none">• Nach Ausbringung mit Schleppschlauch• Erhöhte Anforderungen an Arbeitsorganisation
Güllegrubber	80	<ul style="list-style-type: none">• Arbeitsbreiten 3-8 m



© S.Wulf

Gülleausbringung

Grünland und bestelltes Ackerland

Referenz: Ausbringung mit Prall-/Schwenkverteiler



Technik		Emissionsminderung [%] Rind/Schwein	Anmerkungen
Schleppschauch	Acker > 30 cm	30/50	• Wirksamkeit nur, wenn Gülleband auf den Boden abgelegt wird. Auf Grünland Wirksamkeit daher häufig eingeschränkt. • Geringe Hangtauglichkeit
	Grünland > 10 cm	10/30	
Schleppschuh		40/60	• Vermeidet Verschmutzung des Pflanzenbestandes. Gülleband wird im Grasbestand auf den Boden abgelegt. • Geringe Hangtauglichkeit
Scheibenschlitz		60/80	• Keine Verschmutzung des Pflanzenbestandes • Narbenschäden auf schweren Böden möglich • Erhöhter Zugkraftbedarf
Ansäuerung		60	• Umgang mit Säuren • Berücksichtigung der S-Düngung • Erhöhung des Kalkbedarfs

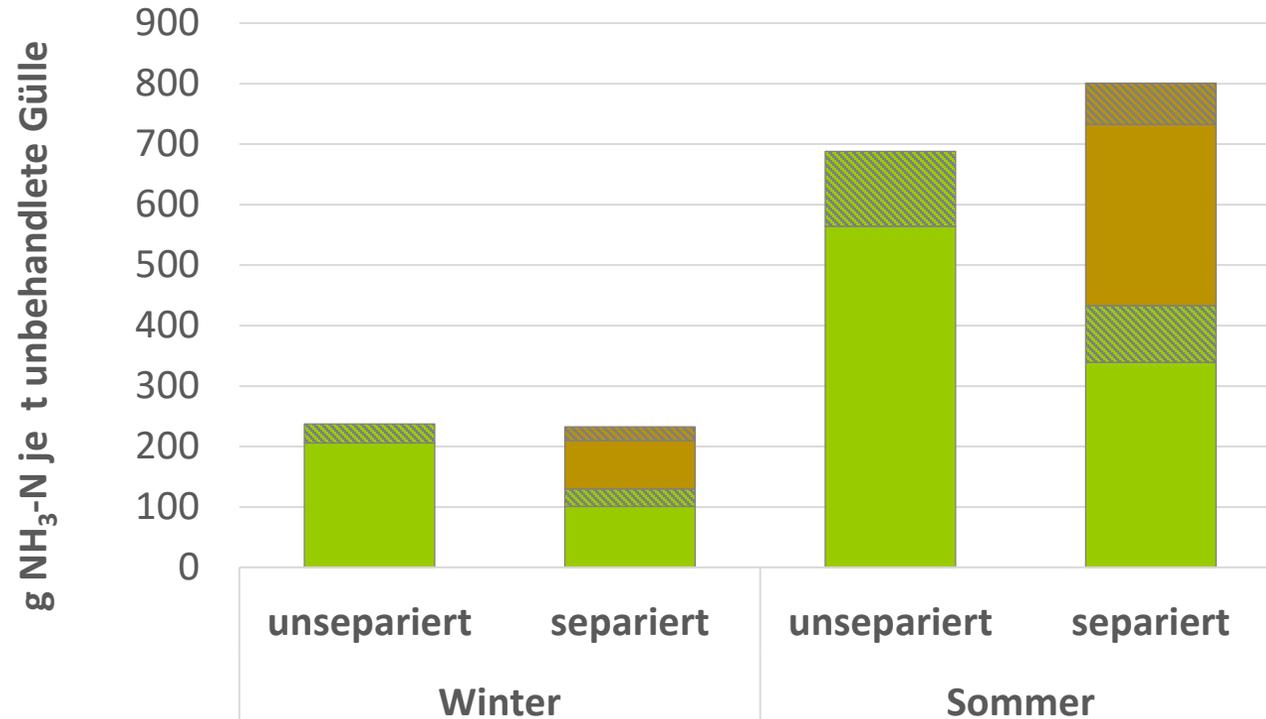
Separierung

Ziele:

- Gewinnung einer fließfähigeren Flüssigphase
 - Leichtere Handhabung bei emissionsarmen Ausbringtechniken (Schleppschuh, Schlitztechnik)
 - Bessere Infiltration
 - Geringere Emissionen
 - Verbesserung der Nährstoffwirkung
 - Geringere Verschmutzung Pflanzenbestand
- Möglicher Export von Nährstoffen aus Überschussregionen
 - Setzt häufig eine weiterführende Aufbereitung voraus

Separierung

Ammoniakemissionen



(Foto: KTBL)

- Lagerung fest
- Ausbringung fest
- Lagerung flüssig
- Ausbringung flüssig

(Daten: Dinuccio et al. 2012)

- Dünnphase: geringere NH₃-Emissionen und bessere N-Effizienz
- Festphase: höhere NH₃-Verluste bei Lagerung und Ausbringung

Separierung

THG-Emissionen

- Dünnpfase: geringere CH₄-Emissionen
- Festphase: CH₄ und N₂O-Emissionen bei der Lagerung
 - ➔ Es liegen zu wenig Studien für gesicherte Aussage vor

Zwischenfazit

- Separierung (und weiterführende Aufbereitung)

Sinnvoll, wenn:

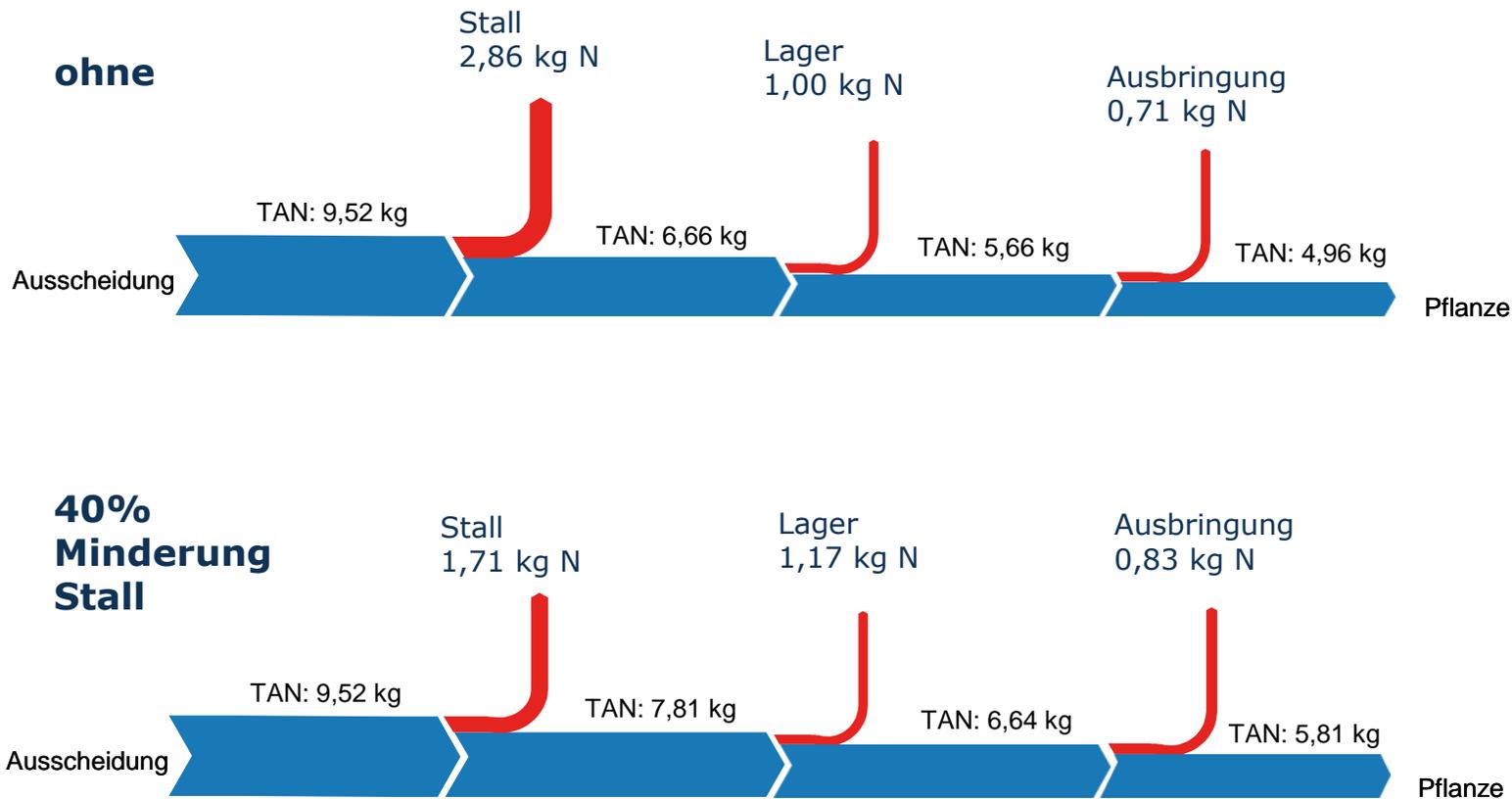
- Innerbetriebliches Ziel: Entkopplung von N und P
- Export von Nährstoffen notwendig
- Emissionsarme Verwertungsoptionen für die Festphase bestehen

Emissionsminderung im N-Fluss

Maßnahme im Stall
Schwein

Lager: keine Abdeckung

Ausbringung: Schleppschlauch (Bestand)



Gesamtemission

Ohne Maßnahme Stall:
4,56 kg NH₃-N

mit Maßnahme Stall:
3,71 kg NH₃-N

Differenz (Minderung):
0,85 kg NH₃-N

Minderung Stall:
1,14 kg NH₃-N

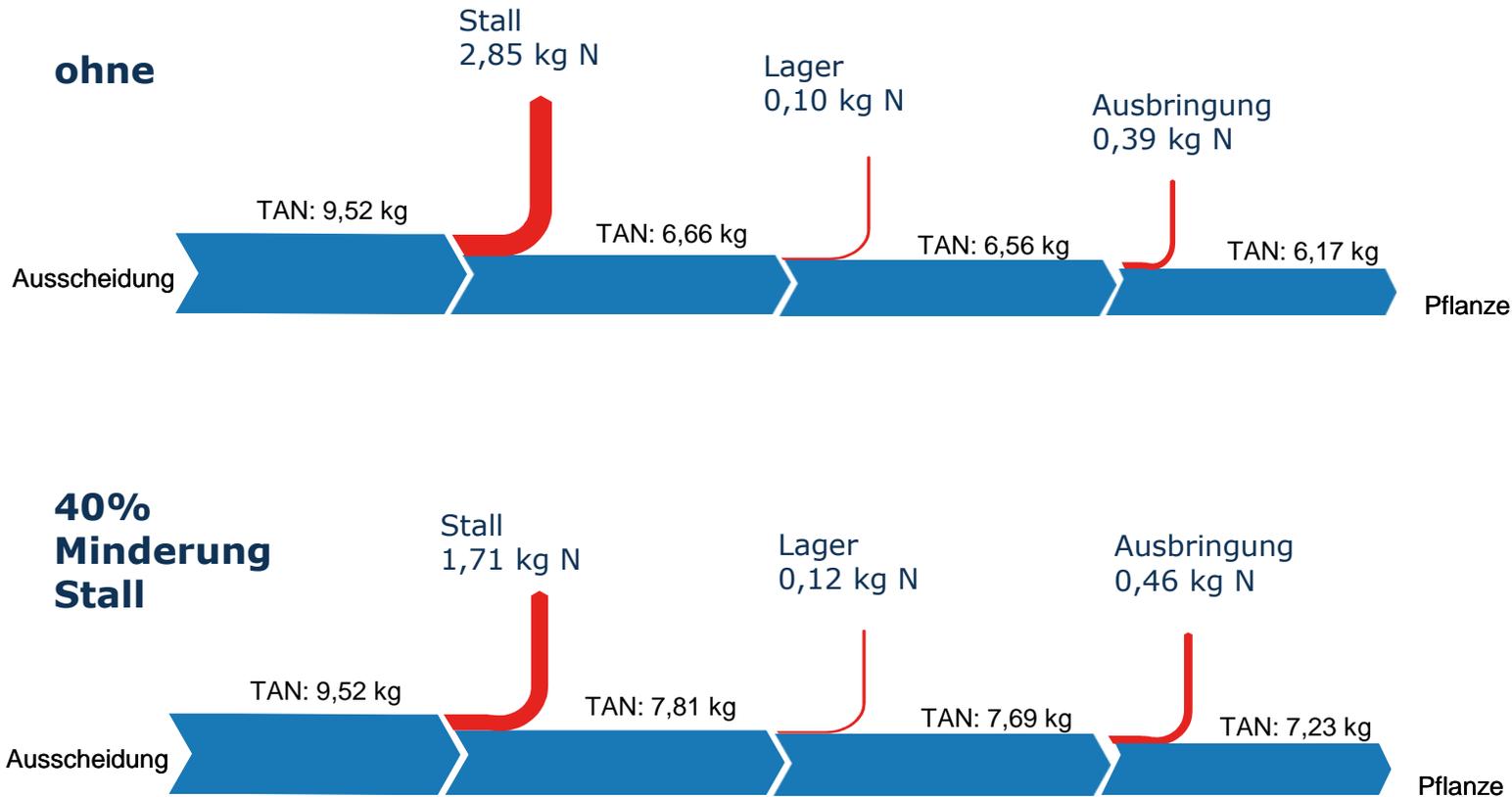
Verlust an Minderungswirkung Stall: 26%

Emissionsminderung im N-Fluss

Maßnahme im Stall
Schwein

Lager: feste Abdeckung

Ausbringung: Injektion (Bestand)



Gesamtemission

Ohne Maßnahme Stall:
3,35 kg NH₃-N

mit Maßnahme Stall:
2,29 kg NH₃-N

Differenz (Minderung):
1,05 kg NH₃-N

Minderung Stall:
1,14 kg NH₃-N

Verlust an Minderungswirkung Stall: 7%

Emissionsminderung im N-Fluss

Maßnahme im Stall: Schwein

<u>Ohne</u> Emissionsminderung Lager und Ausbringung	<u>Mit</u> Emissionsminderung Lager und Ausbringung	<u>Anteil</u> von Lager und Ausbringung an Emissionsminderung
<u>Gesamtemission</u>	<u>Gesamtemission</u>	<u>Differenz</u>
Ohne Maßnahme Stall: 4,56 kg NH ₃ -N	Ohne Maßnahme Stall: 3,35 kg NH ₃ -N	Ohne Maßnahme Stall: 1,21 kg NH₃-N
mit Maßnahme Stall: 3,71 kg NH ₃ -N	mit Maßnahme Stall: 2,29 kg NH ₃ -N	mit Maßnahme Stall: 1,42 kg NH₃-N
Differenz (Minderung): 0,85 kg NH₃-N	Differenz (Minderung): 1,05 kg NH₃-N	
<u>Minderung Stall:</u> 1,14 kg NH₃-N	<u>Minderung Stall:</u> 1,14 kg NH₃-N	
26%	7%	
Verlust an Minderungswirkung Stall		Maßnahmen im WD- Management sehr wirksam und i.d.R. kostengünstig

Zusammenfassung

- Maßnahmen bei Lagerung und Ausbringung
 - Etablierte Techniken vorhanden
 - Sind sehr effizient zur Minderung der NH_3 -Emissionen
- Maßnahmen im Stall
 - Sollten immer mit emissionsmindernder Lagerung und Ausbringung verbunden sein
- Emissionsmindernde Additive:
 - Nachgewiesene Effektivität:
 - Schwefelsäure: NH_3 und CH_4
 - Calciumcyanamid: CH_4
 - Einschränkungen für die Anwendung vorhanden
- CH_4 -Minderung ansonsten nur durch rasches Einbringen in Biogasanlagen
- Separierung keine emissionsmindernde Maßnahme per se
 - Kann aber für Nährstoffmanagement sinnvoll sein
 - Möglichst rasche emissionsarme Verwertung der Festphase (z.B. Biogas)

- Baral, K.R.; McIlroy, J.; Lyons, G.; Johnston, C. (2023): The effect of biochar and acid activated biochar on ammonia emissions during manure storage. *Environmental pollution (Barking, Essex : 1987)* 317, pp. 1–6, <https://www.doi.org/10.1016/j.envpol.2022.120815>
- Dinuccio, E.; Gioelli, F.; Balsari, P.; Dorno, N. (2012): Ammonia losses from the storage and application of raw and chemo-mechanically separated slurry. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 153, S. 16–23, Zugriff am 05.04.2013, <https://www.doi.org/10.1016/j.agee.2012.02.015>
- HBLFA (2021): Ergebnisbericht zur Gülleuntersuchung des Additives: „Eminex“. (Kalkstickstoff-Granulat-Calciumcyanamid/Aufbereitungshilfsmittel für Gülle und Biogasgärreste zur Methanreduktion), Raumberg-Gumpenstein
- HBLFA (2022): EmiSladd Güllezusätze und deren Emissionsminderungspotential. Abschlussbericht für das Produkt: MOOSECK SOHLE 6-7, Irdning-Donnersbachtal
- Holtkamp, F.; Clemens, J.; Trimborn, M. (2023): Calcium cyanamide reduces methane and other trace gases during long-term storage of dairy cattle and fattening pig slurry. *Waste management (New York, N.Y.)* 161, pp. 61–71, <https://www.doi.org/10.1016/j.wasman.2023.02.018>
- Kupper, T.; Häni, C.; Neftel, A.; Kincaid, C.; Bühler, M.; Amon, B.; Vanderzaag, A. (2020): Ammonia and greenhouse gas emissions from slurry storage - A review. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 300, <https://www.doi.org/10.1016/j.agee.2020.106963>

- Lloyd, I.; Grayson, R.P.; Galdos, M.V., Morrison, R.; Chapman, P.J. (2023): Greenhouse gas fluxes from winter wheat fertilised with treated and untreated pig slurry. Tagungsband Ramiran-Tagung, 12.-14.09.2023 Cambridge, UK. S. 38
- Rolett, A.J.; Williams, J.R.; Priest, H. (2023): Ammonia emissions and nitrogen use efficiency of untreated and plasma treated digestate. Tagungsband Ramiran-Tagung, 12.-14.09.2023 Cambridge, UK. S. 37
- Rösemann, C.; Haenel, H.-D.; Vos, C.; Dämmgen, U.; Döring, U.; Wulf, S.; Eurich-Menden, B.; Freibauer, A.; Döhler, H.; Schreiner, C.; Osterburg, B.; Fuß, R. (2021): Calculations of gaseous and particulate emissions from German agriculture 1990 - 2019. Report on methods and data (RMD) Submission 2021. Thünen Report 84, Braunschweig, Johann Heinrich von Thünen-Institut
- Swoboda, P.; Hamer, M.; Stotter, M.; Döring, T.F.; Trimborn, M. (2021): Effects of Rock Powder Additions to Cattle Slurry on Ammonia and Greenhouse Gas Emissions. Atmosphere 12(12), S. 1–15, <https://www.doi.org/10.3390/atmos12121652>