

Minderung der Ammoniak-Verluste bei der Verwertung (flüssiger) organischer Dünger

Th. Werner

Kontakt: +49160/2868090
t.werner@jenabios.de

Warum Minderung von Ammoniak-Emissionen bei der Verwertung von Wirtschaftsdüngern?

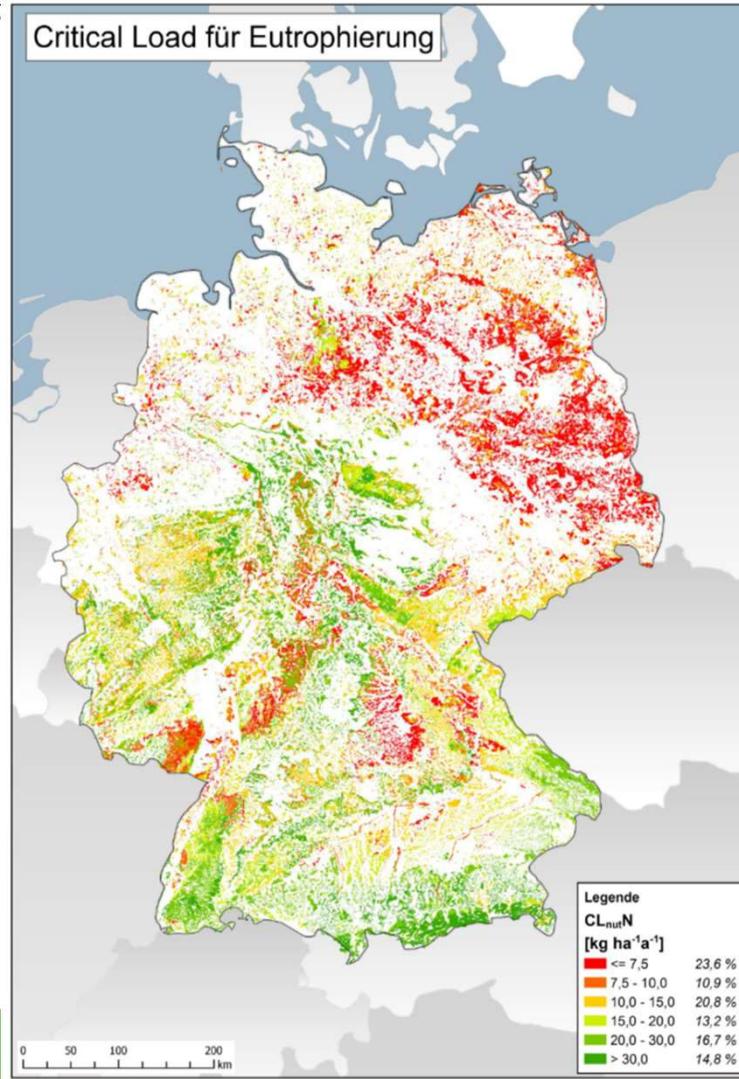
- **Optimierung/Maximierung der N-Düngewirkung bei einer durch DüV-Vorgaben „gedeckelten“ N-Zufuhr.**
Ein möglichst hoher Anteil des ausgebrachten Ammonium-/Gesamt-N soll/muss ertragswirksam werden

Die Anforderung aus Sicht von Pflanzenernährung/Düngung und aus Sicht der Ökonomie besteht im Erreichen der in der DüV festgeschriebenen anzurechnenden Mindest-Düngewirksamkeiten!

Es sind möglichst hohe N-Mineraldüngeräquivalente (N-MDÄ) zu realisieren.

- **Minimierung der negativen Umweltwirkungen, die durch NH₃-Emissionen/Umwandlung in potenziell auswaschungsgefährdetes Nitrat entstehen können.**
 - N-Eintrag in benachbarte (N-arme) Lebensräume (N-Deposition aus der Luft – bei NH₃ vorrangig im engen Umfeld der Emissionsquellen) – Überschreiten der „Critical Loads“
Dies wird mit Sicherheit eine der nächsten „Baustellen“ für die Landwirtschaft.
 - Nitrat-Eintrag in das Grundwasser nach Umsetzung des Ammonium-Ions in Nitrat
 - Emission klimawirksamer Spurengase – Umsetzung von NH₃ in N₂O

Critical Load für eutrophierende Stickstoffeinträge (CL_{nutN}) (die Verwendung dieser Karte für regionale und lokale Bewertungen ist auf Grund der eingeschränkten Genauigkeit national verfügbarer Eingangsdaten begrenzt)



Critical Load: Belastungsgrenze
Von Ökosystemen für Nährstoff-/Säureinträge

Angabe i.d.R. in kg/ha*a

In Ökosystemen, deren Pflanzengemeinschaften an N-Armut angepasst sind, werden die CLs großflächig überschritten!

Quelle: SCHLUTOW, Angela; BOUWER, Y., SCHEUSCHNER, T.; NAGEL, H.-D. (2016: Ermittlung und Bewertung der Einträge von versauernden und eutrophierenden Luftschadstoffen in terrestrische Ökosysteme (PINETI). Teilbericht II: Critical Load, Exceedance und Belastungsbewertung: ÖKO-DATA Strausberg. 92 Seiten

Ziele der NERC-Richtlinie

- **National Emission Reduction Commitment Directive**
 - Nachfolgerichtlinie zur NEC-Richtlinie („**National Emission Ceilings**“)
 - Nicht absolute Vorgaben (NEC: 550 kt bis 2010), sondern prozentuale Minderung
 - Umsetzung und Weiterführung der Verpflichtungen im Luftreinhalteprotokoll der UNECE (CLRTAP)
 - Betrachtete Luftschadstoffe: SO_2 , NO_x , $\text{PM}_{2,5}$, VOC, NH_3

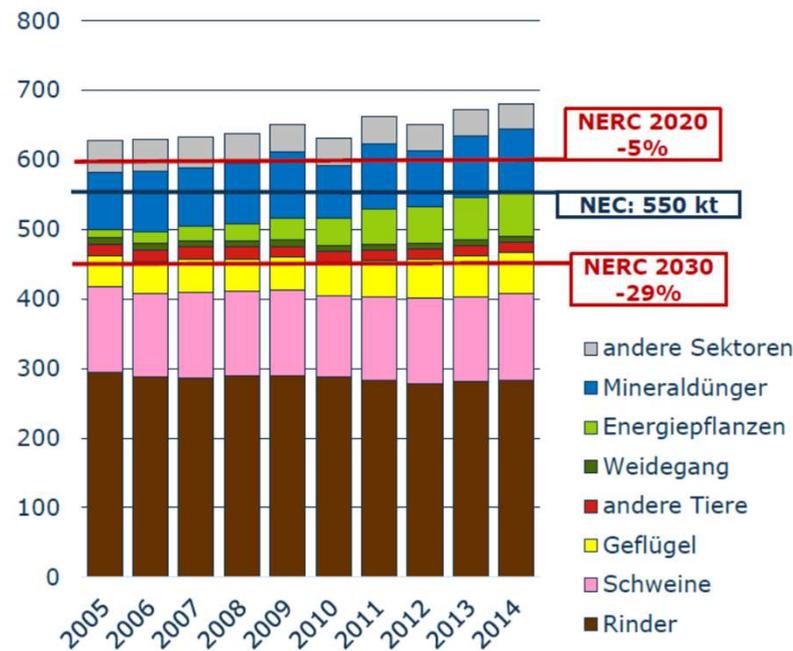
NH_3 : ca. 95% der Emissionen aus der
Landwirtschaft



NH₃-Emissionsminderung als endgültiger „Sargnagel“ der Tierproduktion?

NH₃-Emissionsinventar

Mit revidierten EMEP 2016-Emissionsfaktoren für Mineraldünger:



Gesamtemission:

- 680 kt mit Gärresten aus Energiepflanzen
- 615 kt ohne Gärreste aus Energiepflanzen

➔ „Lücke“ zu NEC: ca. 65 kt

Minderungsbedarf NERC

- bis 2020 (-5%): - 85 kt
- bis 2030 (-29%): - 235 kt

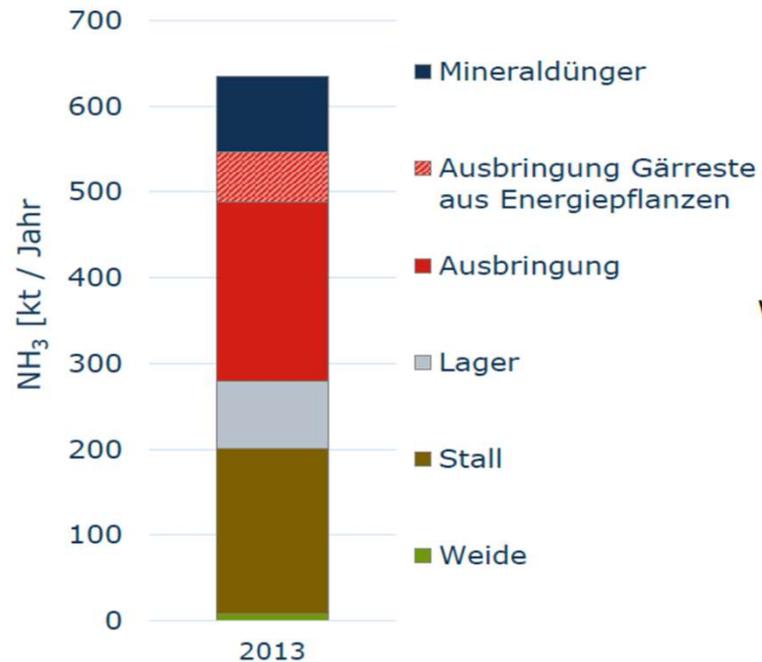
Seit 2005 zunehmende Quellen:

- Geflügelhaltung
- Gärreste aus Energiepflanzen

NH₃-Emissionen aus der Landwirtschaft

Verteilung nach Ort der Emission

Mit EMEP 2013 Mineraldünger EF



Wichtigste NH₃-Quellen in der Landwirtschaft:

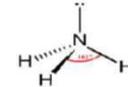
- Wirtschaftsdüngerausbringung (inkl. Gärreste): **42%**
- Stallanlagen: **30%**
- Mineraldünger **14%**
- Lagerung: **12%**

CO₂-Äquivalente verschiedener klimawirksamer Spurengase

Gase	CO ₂ -Äquivalent ^{*)}	Erklärung
klimarelevant		
Kohlendioxid (CO ₂)	1	1 g CO ₂ = 1 g CO ₂
Methan (CH ₄)	25	1 g CH ₄ = 25 g CO ₂
Lachgas (N ₂ O)	298	1 g N ₂ O = 298 g CO ₂
indirekt klimarelevant (weil ~ 1% des NH ₃ zu N ₂ O reagieren kann)		
Ammoniak (NH ₃)	2,98	1 g NH ₃ = 2,98 g CO ₂
nicht klimarelevant		
Stickstoff (N ₂)	-	-
*) nach IPCC, 4. Assessment report climate change, 2007 Klimabeeinflussung (GWP) in einem Zeitraum von 100 Jahren		

Quelle: HERBST, F.; GANS, W. (2014): Minderung der Freisetzung von klimarelevanten Gasen beim Einsatz von Gärrückständen aus nR-Biogasanlagen durch Zusatzstoffe und Applikationsmethoden. Schlussbericht 150 Seiten. Martin Luther Univ. Halle-Wittenberg

Theoretisch wissen wir alles über eine optimale Verwertung organischer Düngemittel und zwar schon lange.....



Jauche möglichst nur bei trübem Wetter ausfahren! Je gleichmäßiger sie verteilt wird, desto besser wirkt sie. Jaucheverteiler und Jauchedrillschare sind dem üblichen Prellblech überlegen.

Die Ausgabe dafür macht sich in kurzer Zeit bezahlt. Die Jauche soll niemals auf festem Boden (Stoppeln, gefrorenes Land) ausgebracht werden. Nur auf aufgebrochenem oder aufgeegtem Acker kann sie schnell in die Erde eindringen. Vorteilhaft ist, wenn sie möglichst bald nach dem Ausbringen eingeschält oder flach eingepflügt werden kann. Für eine Jauchedüngung (8000—10 000 l/ha) sind besonders dankbar: Runkelrüben, Kohl-

Zitate aus: Maier-Bode: Buch des Bauer, 1959



Einflussfaktoren auf die Höhe der Ammoniak-Verluste – akkumulierte Darstellung

Boden

pH-Wert
Oberflächenstruktur
Infiltrationsvermögen für Flüssigkeiten
Bodenfeuchte
Sorptionsmögl. für NH_4 am Kationen-Austauscher

Applikation

Ausbringungsverfahren
Zeit bis zur Einarbeitung

Witterung während und nach der Ausbringung

Temperatur
Niederschlag nach der Ausbringung
Wind
Strahlungsverhältnisse

Organischer Dünger

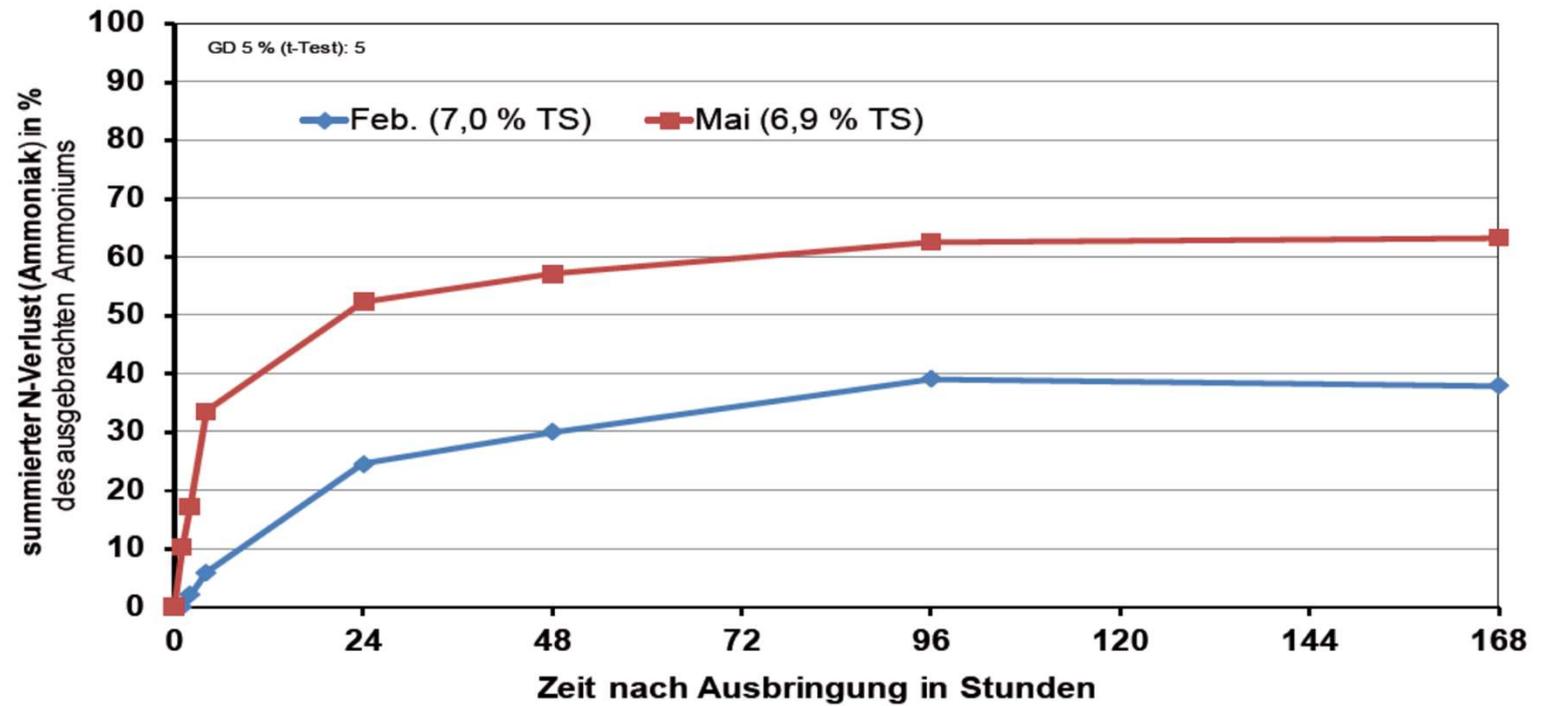
Düngerform und Tierart
TS-Gehalt/Infiltrationsvermögen/Fließverhalten
Vorbehandlung des OD (Separation;
Ansäuern, Zusatz Nitrifikationshemmer)
Aufwandmenge

Ausführliche Auflistung von Einflussfaktoren auf NH₃-Verluste im Zusammenhang mit Wirtschaftsdünger-Anwendungen

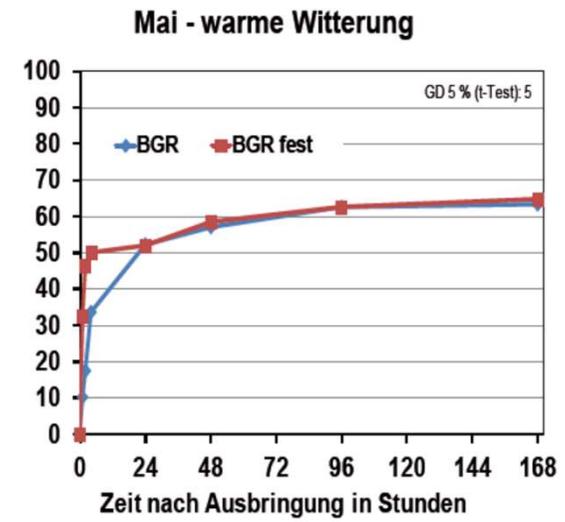
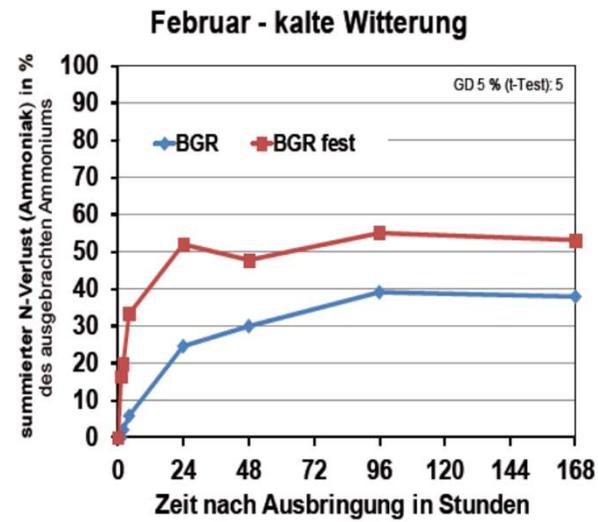
Bodeneigenschaften	Düngung	Umweltbedingungen	Bewirtschaftungsweise
<ul style="list-style-type: none"> - Infiltration - Gehalt an org. Substanz - Bodenart / Bodentyp - Pufferkapazität - De / Nitrifikation - pH-Wert - Vegetationsrückstände - Rauigkeitshöhe - C/N-Verhältnis - O₂-Gehalt - Pflanzenbedeckung / Zwischenfrucht - Kationenaustauschkapazität 	<ul style="list-style-type: none"> - Düngerart - Düngerform - Fermentationsgrad - Inhaltsstoffe der Gülle - Güllezusammensetzung - NH₄-Gehalt - Stickstoffform - Ausbringungszeit - Fließgeschwindigkeit der Gülle - Ausbringungsmenge - Trockenmassengehalt 	<ul style="list-style-type: none"> - Globalstrahlung - Niederschlag - Lufttemperatur - Windgeschwindigkeitsprofil - pot. Evaporation - Wasserdampfdruck 	<ul style="list-style-type: none"> - Applikationstechnik - Einarbeitung / Injektion - Applikationsmethode - Zeit nach Ausbringung - Ausbringungsart - Additive: NI Wasser (Verdünnung)

Quelle: PIETZNER, B. (2017): Einfluss der verschiedenen organischen und mineralischen Düngerapplikationen auf die Ausbildung der Ammoniak- und Lachgasemissionen. Diss. Martin Luther Univ. Halle-Wittenberg. 120 Seiten

Ammoniak-Verluste aus flüssigem Gärrest in Abhängigkeit vom Ausbringungstermin (nach OFFENBERGER et al., 2016)

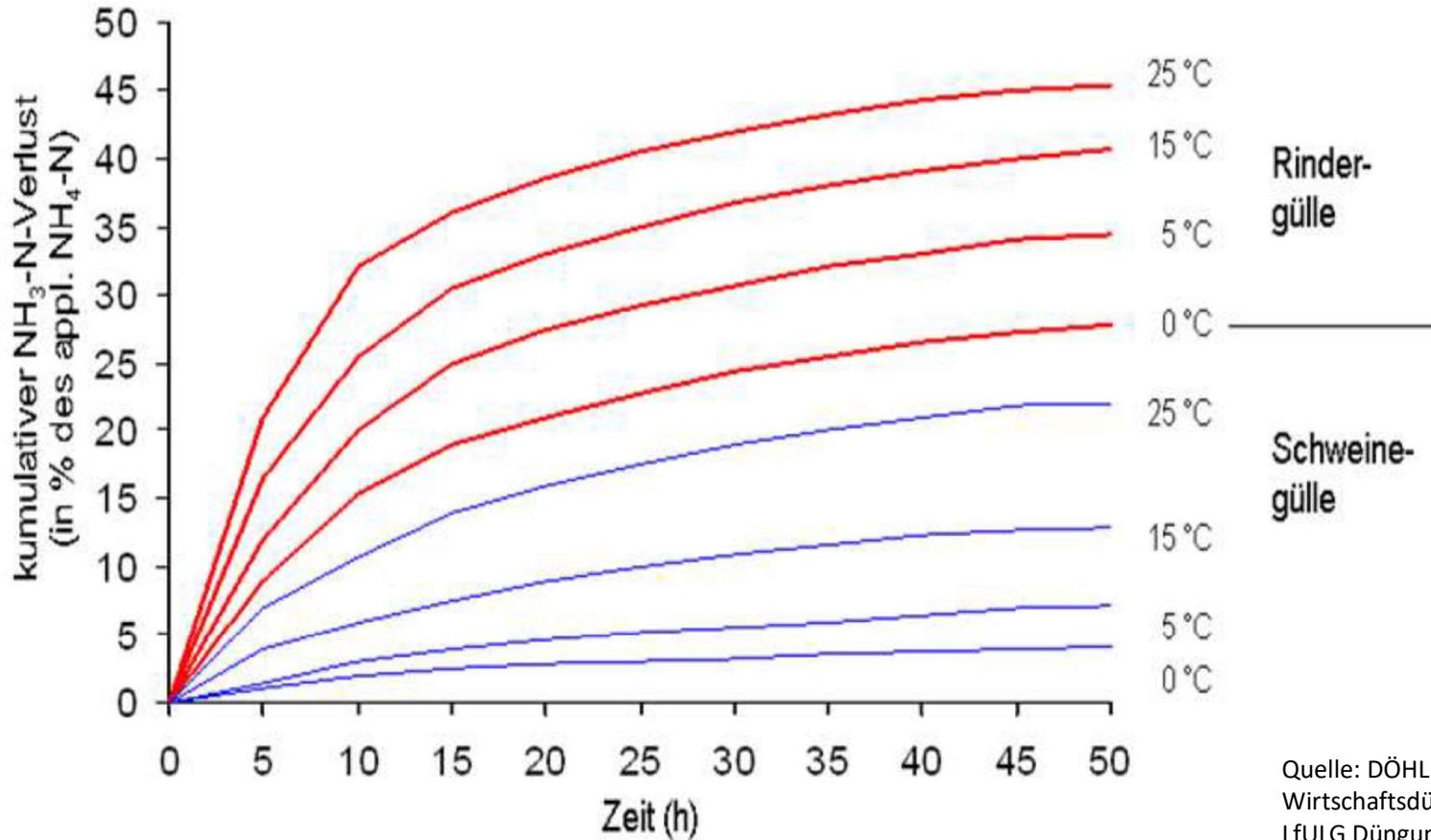


Vergleich der NH₃-Verluste aus flüssigem und festem Gärrest bei unterschiedlichen Ausbringungs-Terminen nach oberflächlicher Aufbringung (OFFENBERGER et al., 2017)



Blaue Linien flüssiger Gärrest
Rote Linien fester Gärrest

Einfluss der Temperatur nach der Gülleausbringung auf die NH₃-Verluste

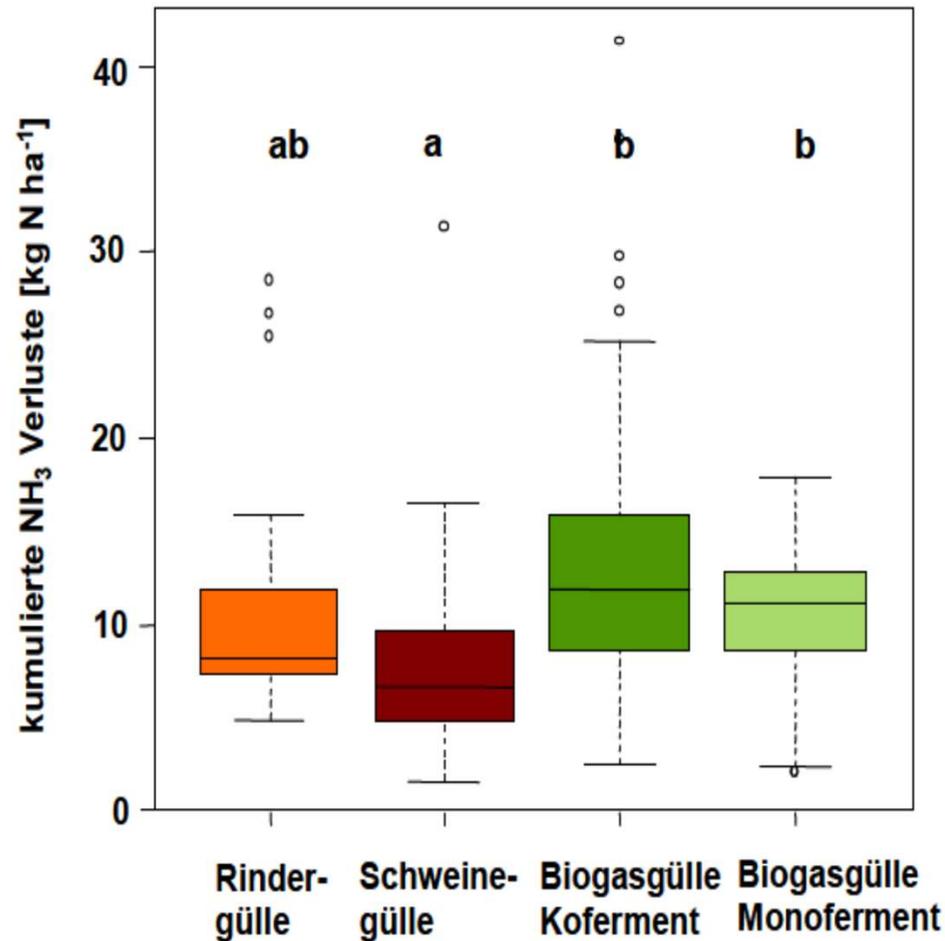


Quelle: DÖHLER, H. (2012): Ammoniakverluste bei der Wirtschaftsdünger-Ausbringung und Wege zu deren Reduzierung. LfULG Düngungstagung "Effizienter und umweltgerechter Nährstoff-Einsatz 2012, 71 Seiten

Ammoniakfreisetzung von oberflächlich ausgebrachtem Rind- und Schweineflüssigmist bei unterschiedlichen Temperaturen

Gibt es Differenzen in den NH₃-Emissionen aus flüssigen Wirtschaftsdüngern in Abhängigkeit von der Tierart?

Unterscheiden sich die NH₃-Emissionen aus Rohgülle und Gärresten?

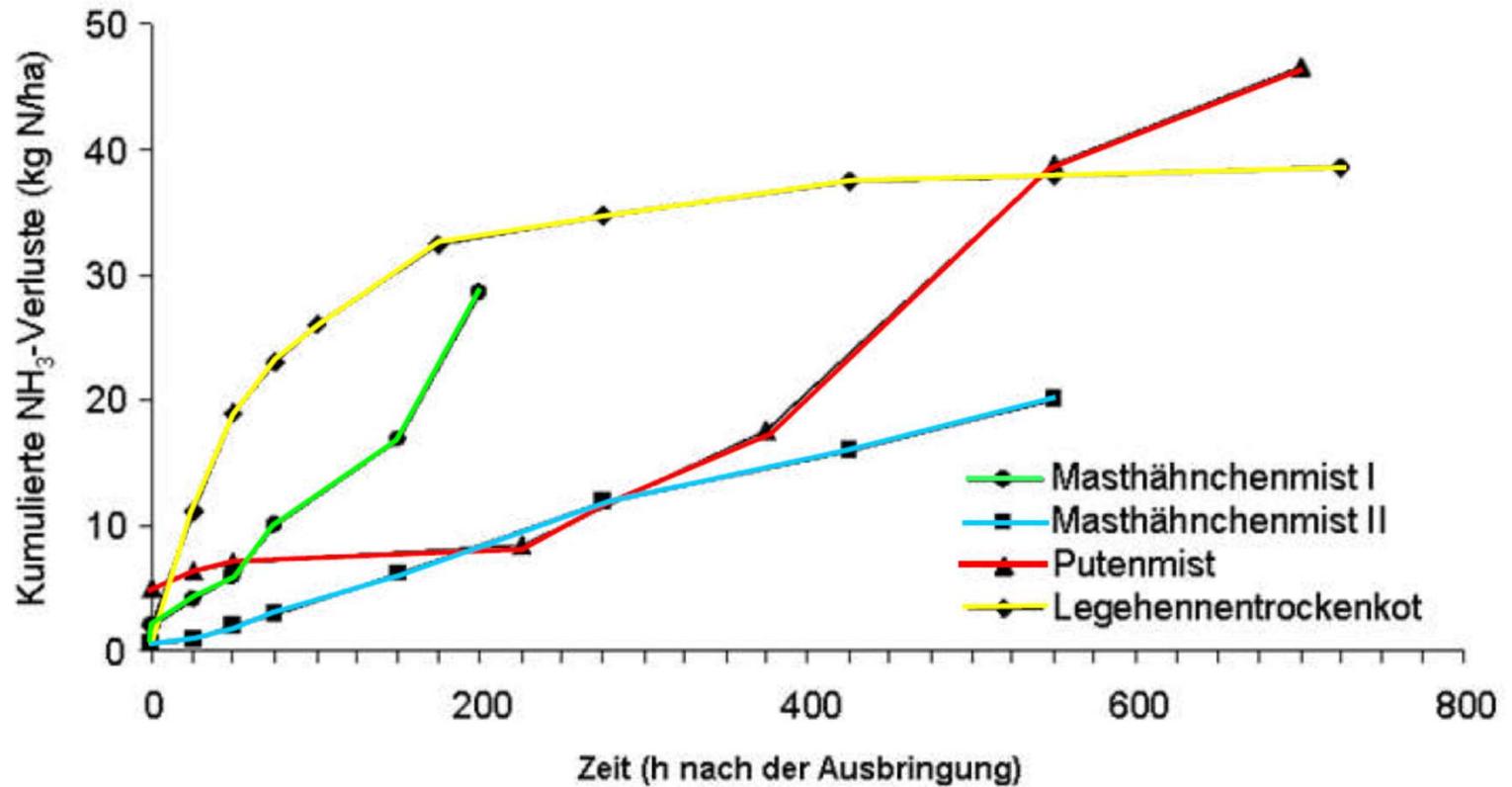


Unterschiede:

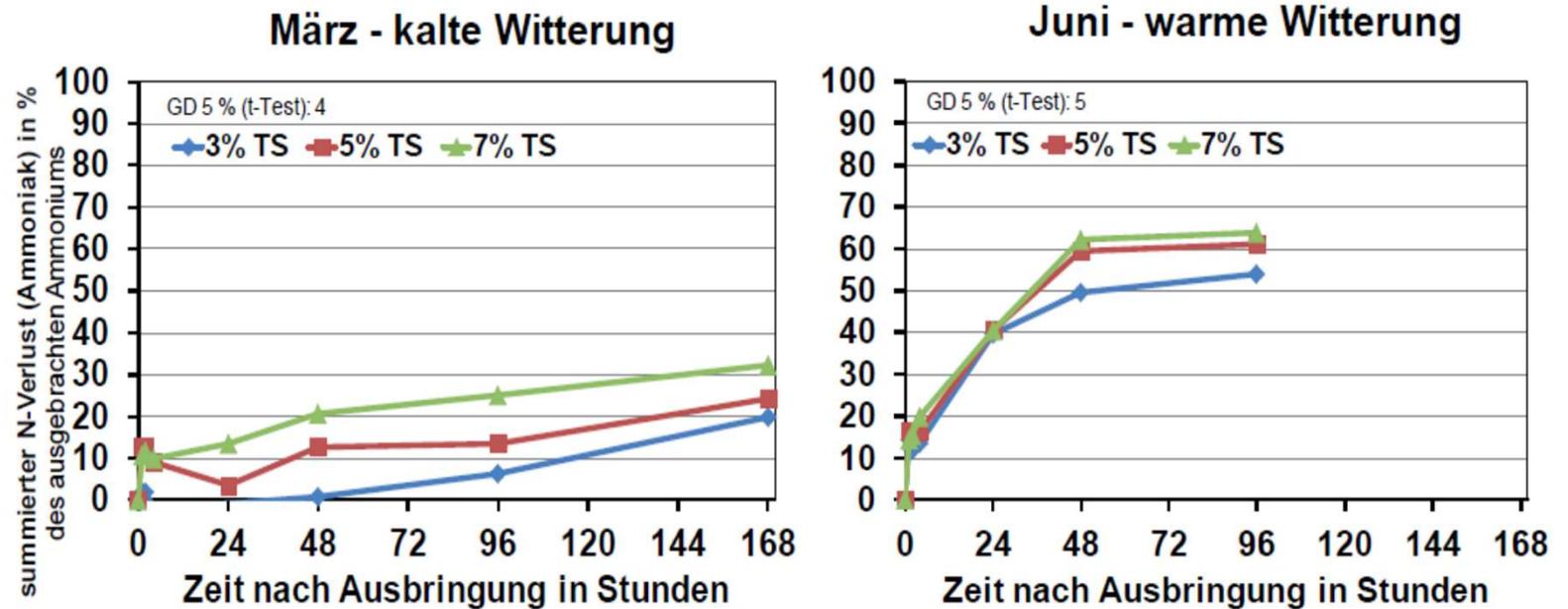
- Rindergüllen emittieren mehr NH₃ als Schweinegülle
- Gärreste emittieren in ähnlicher Weise wie Rohgülle. Es gibt keinen grundsätzlichen Unterschied. Solche ergeben sich erst nach Zugabe von Cofermenten (z.B. Hühnerfrischkot).

Quelle: PACHOLSKI, A.; GERICKE, D.; KAGE, H. (2007): NH₃-Verluste nach Ausbringung von Gärresten aus Biogasanlagen. Mitt. Dtsch. Bodenkundl. Gesellschaft 110, S. 381-382

Unterschiede in den NH_3 -Emissionen aus Wirtschaftsdüngern nach Tierart und Nutzungsrichtung einschließlich „individueller“ Unterschiede (CHAMBERS et al. zit. bei DÖHLER, 2012)



Einfluss des TS-Gehaltes flüssiger organischer Dünger auf die NH₃-Verluste nach oberflächlicher Ausbringung



Quelle: OFFENBERGER, K.; MIKOLAJEWSKI, S.; SITTE, W.; SPERGER, C.; WENDLAND M. (2017): Ammoniakverluste nach der Aufbringung von flüssigen Organischen Düngern. VDLUFA-Schriftenreihe 74, S. 192-199

Minderung der NH₃-Emissionen in Abhängigkeit vom Ausbringungsverfahren (Bezugsbasis breitflächige Ausbringung)

Applikationstechnik	Webb et al. (2009) ¹	NIR (2010) ²
Sofortige Einarbeitung innerhalb einer Stunde auf unbewachsener Fläche	Pflug: 89-98 Scheibenegge: 25-75 Egge: 25-30	Rindergülle: 80 Schweinegülle: 82
Einarbeitung auf unbewachsener Fläche mit Güllegrubber		Rindergülle: 90 Schweinegülle: 88
Ausbringung mit Schleppschlauch, Acker	Rindergülle: 22 Schweinegülle: 29	³ Rindergülle: 30 ³ Schweinegülle: 48
Ausbringung mit Schleppschlauch, Grünland	Rindergülle: 34 Rindergülle: 48	Rindergülle: 10 Schweinegülle: 30
Ausbringung mit Schleppschuh, Acker mit Aufwuchs	Rindergülle: 45 Schweinegülle: 78	Rindergülle: 28 Schweinegülle: 52
Ausbringung mit Schleppschuh, Grünland	Rindergülle: 60 Schweinegülle: 66	Rindergülle: 40 Schweinegülle: 60
Güleschlitztechnik, Injektion (open slot injection), Acker	Rindergülle: 79 Schweinegülle: 97	Rindergülle: 52 Schweinegülle: 76
Güleschlitztechnik, Injektion (open slot injection), Grünland	Rindergülle: 21	Rindergülle: 60 Schweinegülle: 80
Injektion (closed slot injection), Acker	Rindergülle: 82-86	
Injektion (closed slot injection), Grünland	Rindergülle: 81 Schweinegülle: 89	

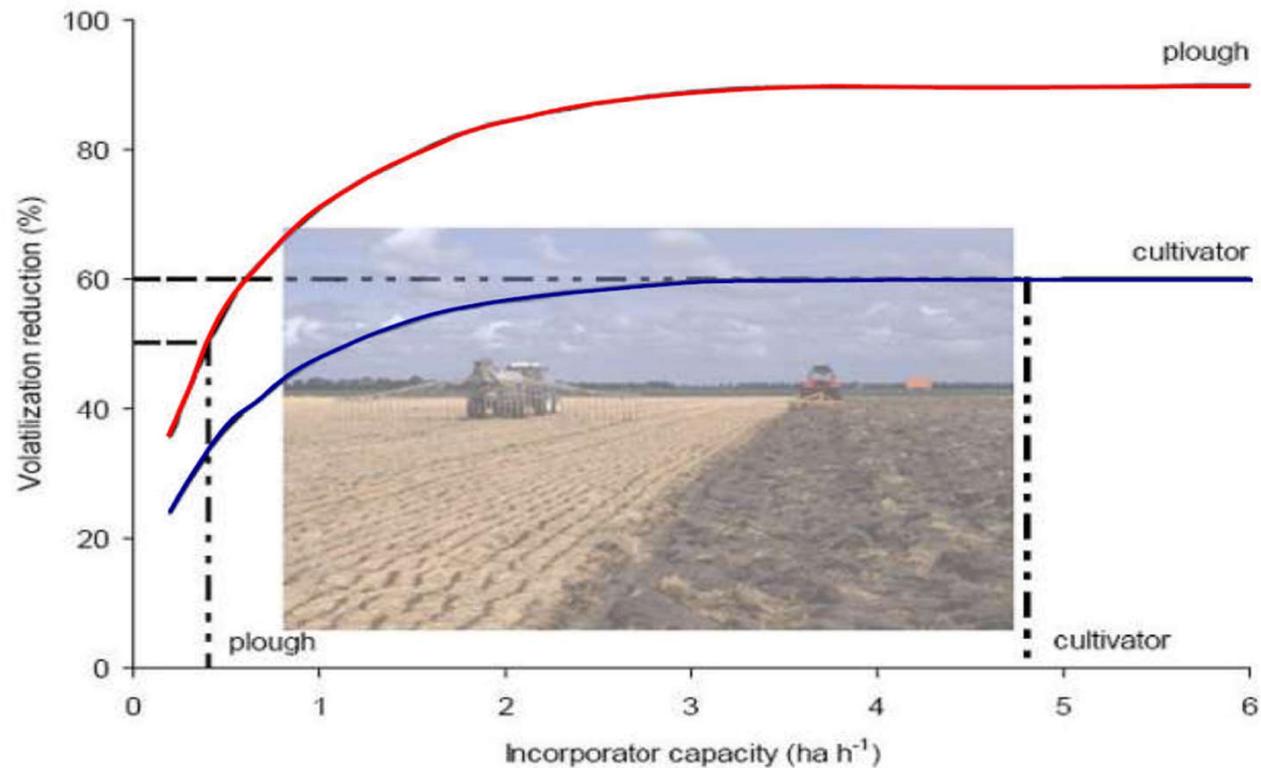
Quelle: FLESSA, A.; GREEF, M.; DITTERT, K.; RUSER, R.; Osterburg, B.; PODDEY, E.; WULF, S.; PACHOLSKI, A. (2014): Minderung von Stickstoff-Emissionen aus der Landwirtschaft. Empfehlungen für die Praxis und aktuelle Fragen an die Wissenschaft. Senat Bundesforschung u. BMEL: Themenheft 1 (2014), 32 Seiten

¹ Die Angaben aus der Referenz Webb et al. (2009) beziehen sich auf durchschnittliche Emissionsminderungen

² Bewertung der Verfahren im Rahmen der nationalen Emissionsberichterstattung

³ Bei Schleppschlauchanwendung im stehenden Bestand

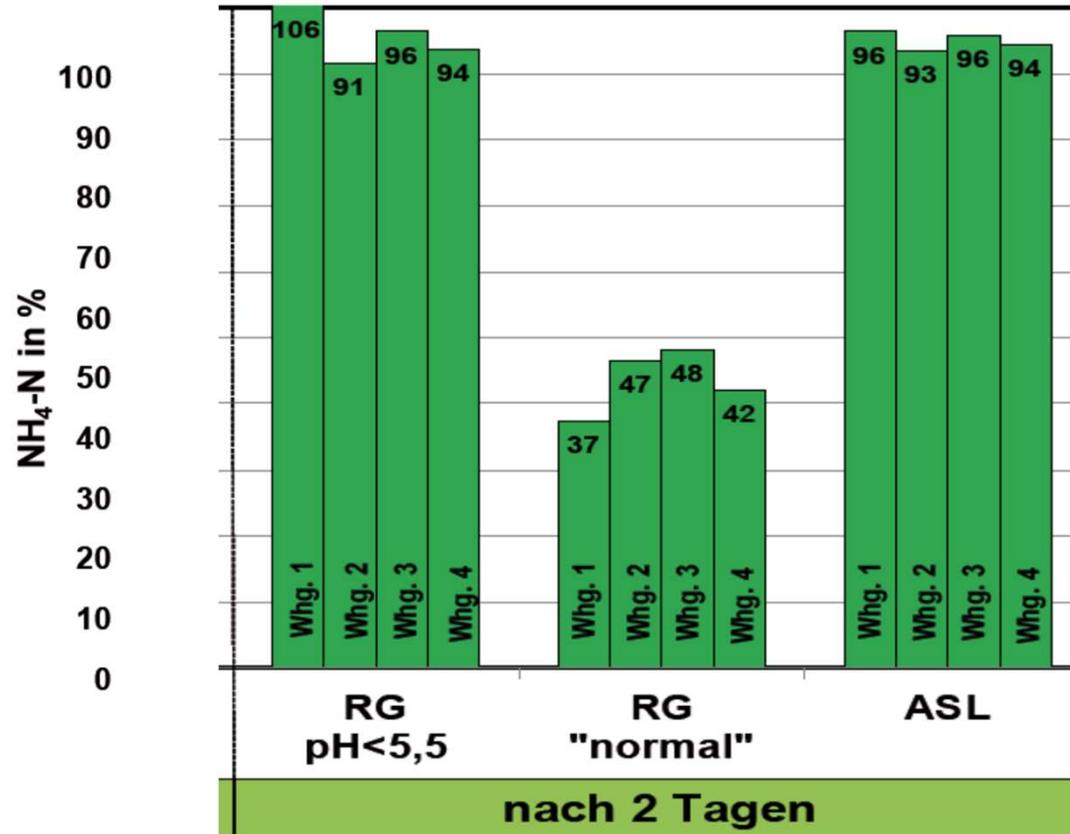
NH₃-Verluste in Abhängigkeit von der Einarbeitungszeit nach der Gülle- Applikation(nach DÖHLER, 2012)



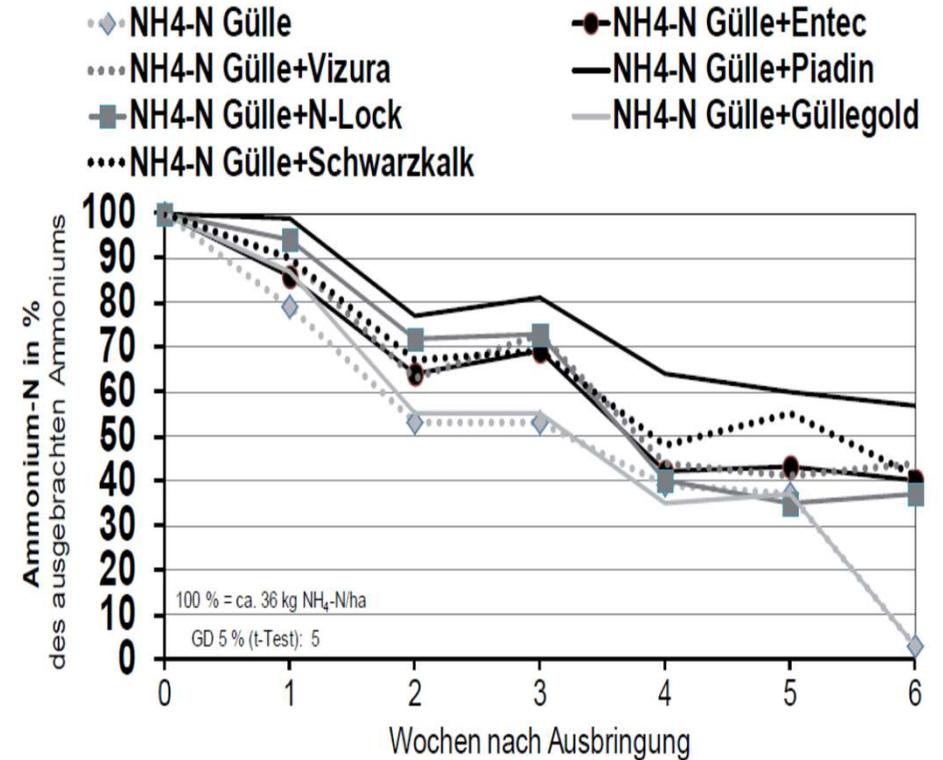
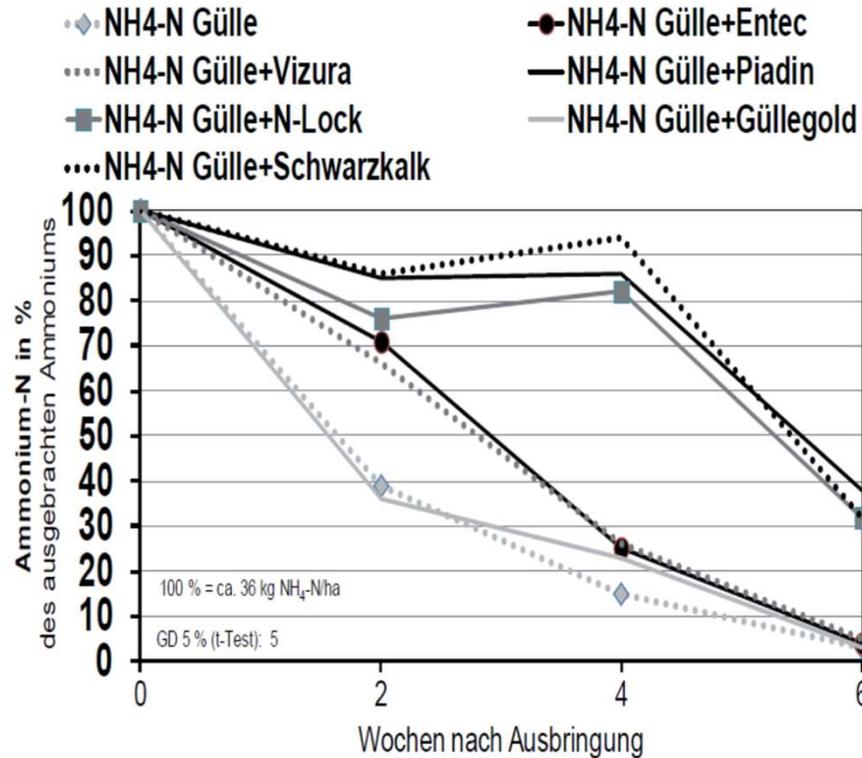
NH₃-Volatilisation in Abhängigkeit von der Einarbeitungskapazität von Bodenbearbeitungsgeräten (Pflug: 0,4 ha h⁻¹; Federzinkenegge: 4,8 ha h⁻¹) mit einer potenziellen NH₃-Volatilizationsreduktionskapazität von 90 % (Pflug) bzw. 60 % (Federzinkenegge) (Modellkalkulationen) (Huijsmans & de Mol, 1999; Bildquelle: ALFAM, 2002)

Effekt des Einarbeitens: Einbringen verlustgefährdeter Mineraldünger (z.B. ASL) in den Boden reduziert ebenfalls die NH_3 -Verluste!

Wiederfindung des appl. $\text{NH}_4\text{-N}$

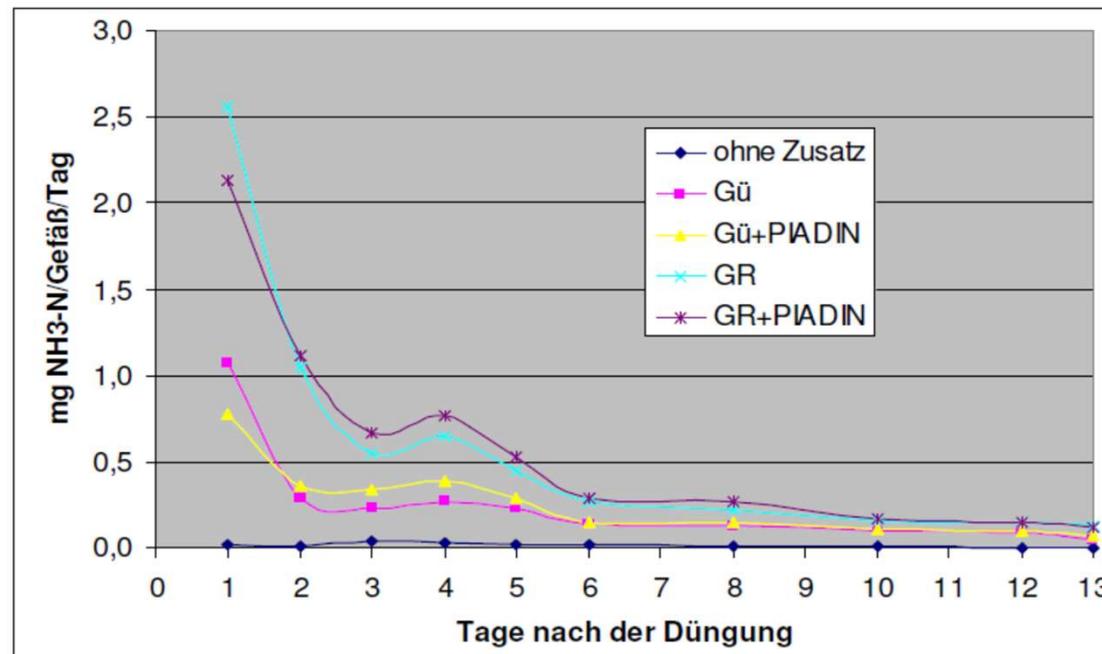


Zeitverlauf der Nitrifikationswirkung unterschiedlicher NI auf die „Lebensdauer“ des mit Rindergülle bzw. Gärrest Rind ausgebrachten NH₄-N



Quelle: OFFENBERGER, K.; MIKOLAJEWSKI, S.; SITTE, W.; SPERGER, C.; WENDLAND, M. (2017): Wirkung von Nitrifikationshemmstoffen und sonstigen Güllezusatzstoffen in organischen Düngern. VDLUFA-Schriftenreihe, S. 183-191

Beeinflusst der Zusatz von eines Nitrifikationshemmers (PIADIN) die Ammoniak-Emissionen?

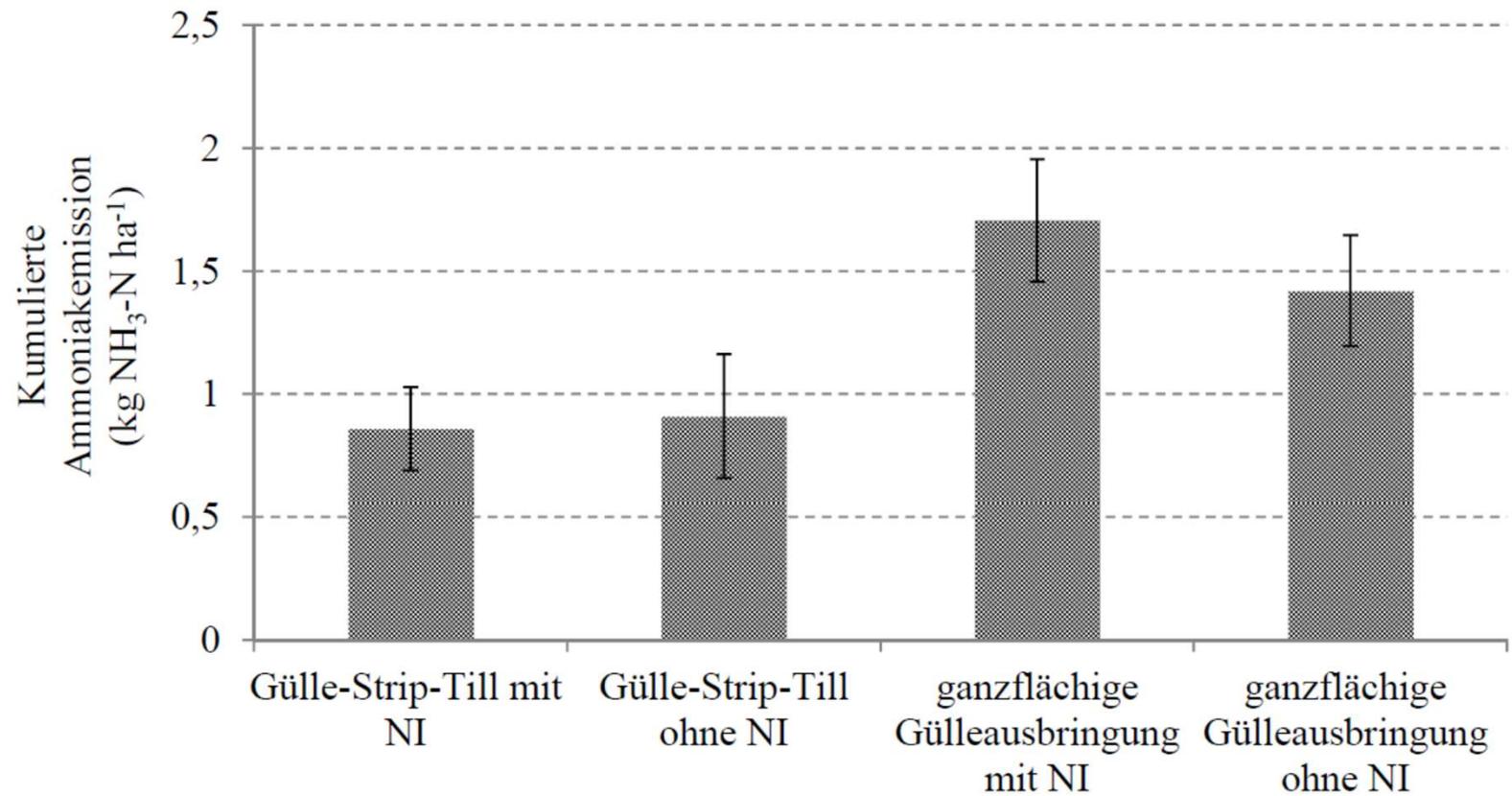


Gü-Gülle
GR-Gärrest

Da durch Nitrifikations-Hemmer die Ammonium-Phase länger erhalten bleibt, steigt bei oberflächlicher Ausbringung bzw. langer Verweilzeit bis zur Einarbeitung das Risiko für NH_3 -Verluste. Bei sofortiger Einarbeitung von Gülle/Gärrest ist dieser Effekt mitunter tendenziell zu beobachten (s.o.).

Verzögert/gehemmt wird durch Zugabe eines NI lediglich die Umsetzung von Ammonium in auswaschungsgefährdetes Nitrat!

NH₃-Verluste in Abhängigkeit vom Ausbringungsverfahren und Nitrifikationshemmer-Anwendung (PIETZNER, 2017)





Zusatzstoff	Versuch	CH ₄	NH ₃	N ₂ O	CO ₂
Milchsäure	L1	keine W.	senkend	erhöhend	erhöhend
	G1	senkend	senkend	erhöhend	erhöhend
	G2	keine W.	senkend	erhöhend	keine W.
Nitrifikations- inhibitor PIADIN	G1	senkend	erhöhend	erhöhend	keine W.
	G2	keine W.	erhöhend	senkend	keine W.
	L4	erhöhend	erhöhend	senkend	senkend
	G3	senkend	erhöhend	senkend	keine W.
	G4	keine W.	erhöhend	keine W.	keine W.
	B3	senkend	keine W.	senkend	senkend
	F1	-	erhöhend	-	-
	F2	keine W.	keine W.	keine W.	keine W.
	F3	senkend	-	senkend	erhöhend
Weizenstroh	L1	keine W.	senkend	keine W.	erhöhend
	L3	keine W.	senkend	senkend	erhöhend
	L6	keine W.	-	erhöhend	erhöhend
	L7	keine W.	senkend	erhöhend	erhöhend
	L9	erhöhend	senkend	senkend	erhöhend
	F6	erhöhend	-	erhöhend	erhöhend
Rübenblatt	L3	erhöhend	senkend	erhöhend	erhöhend
Silosickersaft	L3	erhöhend	erhöhend	erhöhend	erhöhend
Ureasehemmer	G4	keine W.	keine W.	keine W.	-
Holzspäne	L6	keine W.	-	erhöhend	erhöhend
Holzkohle	L6	keine W.	-	keine W.	keine W.
NH ₄ -gestrippt. Gärrest	G3	senkend	senkend	senkend	keine W.
	N2	-	senkend	-	-

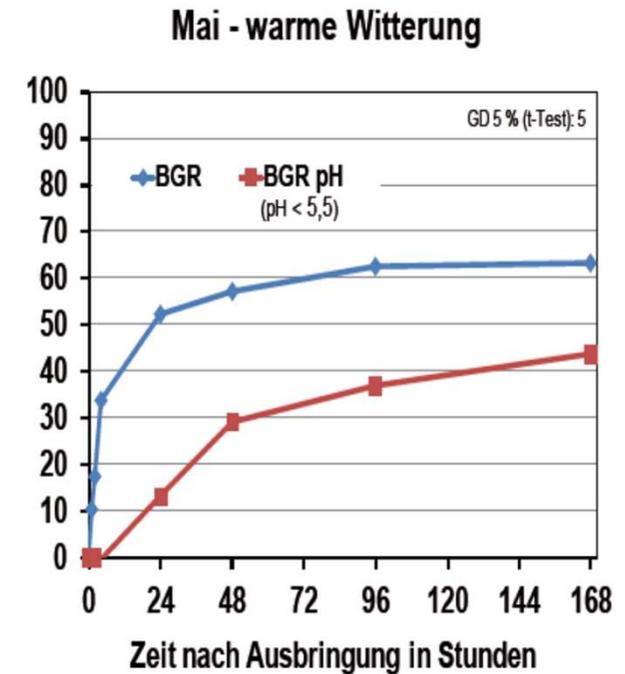
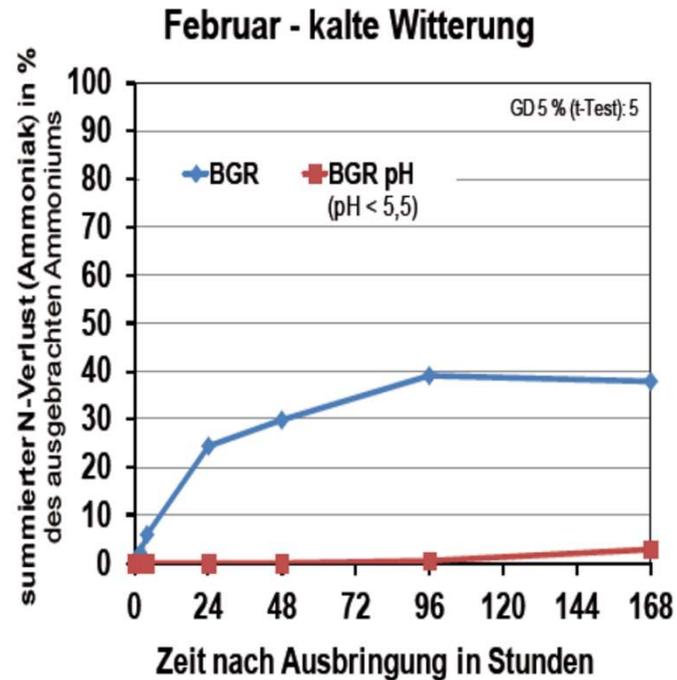
Ansäuern von Gülle – Warum?

Fachberatung Wasserrahmenrichtlinie und Landwirtschaft

Ansäuerung von Gülle und Gärresten

Die Effizienz und Wirtschaftlichkeit des Einsatzes von Gülle und Gärresten werden in Zukunft eine wesentliche Rolle bei der Düngung einnehmen. Mehr als 50 % können über NH_3 -Emissionen in den ersten 24 h verloren gehen. Dies entspricht 10 bis 30 % des als Dünger eingesetzten Stickstoffs. Diese Ausgasungsverluste können über eine Anpassung des pH-Wertes minimiert werden. Bei der Ansäuerung wird der pH-Wert durch mineralische oder organische Säuren abgesenkt. Durch eine pH-Wertabsenkung der Gülle wird das Ammoniak, das sonst ausgasen würde, in der stabilen Form (also Ammonium) gehalten. Die Ausgasungsverluste werden minimiert und das Mineraldüngeräquivalent (MDÄ) steigt an.

Reduzierung der NH₃-Verluste durch Ansäuerung von Gärresten im Feldversuch Nach oberflächlicher Applikation



BGR - Biogasgärrest

Quelle: OFFENBERGER, K.; MIKOLAJEWSKI, S.; SITTE, W.; AIGNER, K.; WENDLAND, M. (2016): Ammoniak-Verluste nach der Ausbringung von organischen Düngern. VDLUFA-Schriftenreihe 73, S. 112-119

Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!

.... mit der Bitte um Anfragen