

Ansäuerung und Injektion im Grünland

Höhere Erträge durch emissionsarme Gülleausbringung?

Schon haben Landwirte die ersten Güllegaben auf ihre Flächen gefahren, und in den nächsten Wochen wird ein großer Teil der jährlichen Ausbringung von Gülle und Gärresten erfolgen. Neben den Witterungsbedingungen spielt die Ausbringungstechnik eine wichtige Rolle bei den dabei auftretenden Ammoniakverlusten, welche sich auf die N-Wirkung und Ertragsbildung auswirken und zu den bedeutendsten negativen Umweltbeeinträchtigungen aus der Landwirtschaft zählen. Es ist deshalb wichtig, diese Emissionen für die ökonomische Wirksamkeit und ökologische Unbedenklichkeit der Gülledüngung fest im Blick zu behalten.

Zusätzlich zu etablierten emissionsarmen Ausbringungsmethoden wie der Injektion wurde vor wenigen Jahren in Dänemark mit der Feldansäuerung von Gülle ein neues, vielversprechendes Verfahren zur emissionsarmen und wirtschaftlichen Gülleausbringung entwickelt. Wissenschaftler der Christian-Albrechts-Universität haben zusammen mit Kollegen der Universität Aarhus und der Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein die Injektion und das neue Verfahren im Vergleich zur Schleppschlauchausbringung untersucht.

Neben mineralischen Düngern sind flüssige organische Düngemittel (Gülle) die wichtigsten Nährstoffquellen vor allem von Stickstoff in der pflanzlichen Produktion. Zusätzlich zu dieser direkten Düngewirkung sind sie auch von großer Bedeutung für die Aufrechterhaltung

der Kohlenstoffspeicherung (Humus) im Boden und die damit verbundenen positiven Eigenschaften für die pflanzenbauliche Produktion (Wasserspeicherung, Aggregatstabilität, Nährstoffnachlieferung et cetera). Die Applikation von Gülle kann aber mit zum Teil beträchtlichen gasförmigen N-Verlusten als Ammoniak (NH₃) und Emissionen des Treibhausgases Lachgas (N₂O) verbunden sein. Ammoniakverluste können sich direkt negativ auf die Erträge auswirken und sollten auch aus einem betriebswirtschaftlichen Betrachtungswinkel berücksichtigt werden. Dabei stellen NH₃-Verluste aus organischen Düngern die größte Quelle für atmosphärisches NH₃ in Deutschland und der EU dar, welche mit beträchtlichen negativen Umweltwirkungen wie Bodenversauerung und Eutrophierung, aber auch mit der Bildung von krebsfördernden Feinstäuben verknüpft sind.

Eine geringe N-Effizienz und negative Umweltwirkungen sind zum einen auf ungleichmäßige beziehungsweise überhöhte Ausbringungsmengen von Gülle bei regional ungleichmäßiger Verteilung von tierhaltenden beziehungsweise Biogasbetrieben zurückzuführen. Auch die in der Praxis immer noch suboptimale Gülleausbringungstechnik trägt zu erhöhten Ammoniakverlusten und einer geringen N-Effizienz bei. Einfache Ausbringungstechniken wie Prallteller oder Schleppschlauch sind mit geringen Kosten, aber relativ hohen NH₃-Verlusten verbunden. Emissionsmindernde Verfahren wie Schleppschuh oder Injektion sind zwar mit höheren Kos-

ten und geringerer Schlagkraft verknüpft, erhöhen jedoch auch die N-Verwertungseffizienz (Lorenz und Steffens 2011). Bei fortgeschrittener Bestandesentwicklung sind diese Techniken im Gegensatz zum Schleppschlauch schwer oder gar nicht einzusetzen. Zusätzlich findet

können. Emissionen dieses Treibhausgases haben bei der Bewertung landwirtschaftlicher Produktion eine immer größere Bedeutung. Die notwendige Optimierung der Gülleapplikationstechnik auf landwirtschaftlichen Betrieben ergibt sich auch aus den Vorschlägen zur Novellierung der Düngerverordnung sowie aus den bereits existierenden Regelungen in den Nachbarländern Dänemark und Niederlande, die jeweils den Einsatz von Pralltellern und Schleppschläuchen untersagen.

Erst ab einem pH-Wert der Gülle von etwa sieben können in einem größeren Umfang NH₃-Verluste auftreten. Durch eine Absenkung des pH-Wertes im Düngesubstrat können deshalb NH₃-Verluste je nach Absenkungsniveau deutlich vermindert werden. In Dänemark wurde in den vergangenen Jahren ein neues Gülleausbringungssystem entwickelt, das durch eine schlepperbasierte Ansäuerung von Gülle mit Schwefelsäure NH₃-Verluste nach Schleppschlauchausbringung beträchtlich reduzieren soll. Zusätzlich zur Wirkung der Reduzierung der NH₃-Verluste kann hiermit auch eine kostengünstige Schwefeldüngung erreicht werden. Die Ansäuerung erfolgt mit konzentrierter Schwefelsäure. Die Handhabung dieser aggressiven Säure ist bei dem neuentwickelten System einfach und sicher und in Deutschland für die Praxis zugelassen.

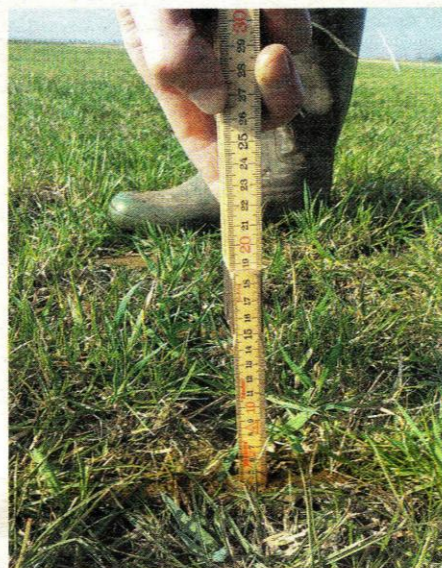


Bild 1: Bei der Scheibeninjektion wird die Gülle in einen 5 bis 10 cm tiefen Schlitz ausgebracht. Foto: Annette Vestergaard

die Injektion von Gülle auf Grünland aufgrund potenzieller Schädigung der Narbe eine geringe Akzeptanz. Es existieren außerdem Hinweise darauf, dass Injektion von Gülle und andere Einarbeitungsverfahren zu erhöhten N₂O-Emissionen führen

Tabelle: Experimente zu unterschiedlichen Applikationstechniken von organischen Düngern im Vergleich zu mineralischer Düngung in Deutschland und Dänemark in den Jahren 2011 und 2012

2011	Deutschland (Kalkmarsch)	
Kultur/Ernten	Ackergras, 2. bis 4. Schnitt	
N-Dünger	Gärrest (6,5 % TS, 3,3 kg/t NH ₄ ⁺ -N, 5 kg/t N _{ges} , pH 7,8), KAS	
Düngestufen/Schnitt (kg N/ha)	Biogasgärrest (als N _{ges}), KAS: 120/60/60 Kontrolle (keine Düngung)	
Applikationstechniken	Gärrest: Schleppschlauch, Injektion KAS: Streuer, Injektion (trock.) + KAS, Injektion KAS-Lösung	
2012	Deutschland (Kalkmarsch)	Dänemark (Sandboden)
Kultur/Ernten	Ackergras, 1. bis 4. Schnitt	Kleegrass, 1. bis 2. Schnitt
N-Dünger	Rindergülle (10 % TS, 2,7 kg/t NH ₄ ⁺ -N, 5 kg/t N _{ges} , pH 7,2), KAS	Rindergülle (7 % TS, 2 kg/t NH ₄ ⁺ -N, 3,3 kg/t N _{ges} , pH 7,1), KAS
Düngestufen/Schnitt (kg N/ha)	Gülle (als NH ₄ ⁺ +N): 80/80/60/60 KAS: 180/120/60; 120/80/40; 90/60/30; 90/60/30 Kontrolle (keine Düngung)	Gülle (als NH ₄ ⁺ +N): 80+40(KAS)/50+30(KAS) KAS: 160/120/80; 100/80/50 Kontrolle (keine Düngung)
Applikationstechniken	Gülle: Injektion (a. 17,5; b. 35 cm), Ansäuerung (c. pH 6; d. pH 6,5), e. Schleppschlauch, KAS: Streuer	

Vergleich emissionsarmer Gülleapplikationstechnik

In den Jahren 2011 und 2012 wurden von der CAU in Kooperation mit Kollegen der Universität Aarhus, Dänemark sowie mit Unterstützung der Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein Feldversuche auf zwei Grünlandstandorten in einer Kalkmarsch Nordfrieslands sowie auf einem Sandboden in Dänemark angelegt (siehe Tabelle). ➔

Im Jahr 2011 wurden schwerpunktmäßig Ertragswirkung und Emissionen nach Injektion (siehe Bild 1) im Vergleich zur Ausbringung mit dem Schleppschlauch untersucht: Bei einer einheitlichen N-Düngung auf optimalem Düngungs-niveau (320 kg N_{ges}/ha) wurden Biogasgärreste zum zweiten bis vierten Aufwuchs ausgebracht und mit der Düngung von KAS (mit und ohne Anwendung der Injektionstechnik) verglichen.

Im Jahr 2012 erfolgte der Vergleich zwischen Injektion, Schleppschlauchausbringung und Ansäuerung (siehe Bild 2). In dem Vergleichsversuch wurde zu allen vier Aufwüchsen mit Rindergülle gedüngt: mit Injektion in zwei Injektionsabständen (17,5 cm und 35 cm), mit Ansäuerung auf zwei pH-Stufen (6,5 und 6), Schleppschlauchausbringung (gesamt 320 kg Ammonium-N) sowie KAS-Düngung in drei N-Stufen (gesamt N: 160, 320, 480 kg N/ha). Die mögliche zusätzliche Wirkung der S-Düngung durch Ansäuerung wurde in den anderen Varianten mit einer einmaligen S-Düngung (50 kg S/ha) zum ersten Aufwuchs kompensiert. Dieser Versuch wurde leicht modifiziert auch auf einem grenznahen Sandstandort in Dänemark durchgeführt (siehe Tabelle). Jedes Versuchsglied wurde in vierfacher Wiederholung geprüft. Als Ergebnisse wurden Erträge, N-Aufnahme, NH₃-Verluste und N₂O-Emissionen ermittelt.

wurde, wurden leicht, aber nicht signifikant reduzierte TM-Erträge im Vergleich zu gestreutem KAS beobachtet (siehe Abbildung 2). Zwischen den beiden organischen Varianten traten sowohl bei den TM-Erträgen wie bei der N-Aufnahme keine signifikanten Unterschiede auf. Auch die Injektion des Gärrestes führte zu einer Reduktion der TM-Erträge, welche aber durch die verringerten NH₃-Emissionen kompensiert wurde. Es bestand deshalb ein Trend zu leicht

erhöhter N-Aufnahme nach Gärrestinjektion.

Im Jahr 2012 wurden sowohl durch Injektion als auch durch Ansäuerung die NH₃-Verluste signifikant um mindestens 40 % reduziert. Die höchste Reduktion konnte durch eine Absenkung auf pH 6 erreicht werden (-70 bis 90 %). Eine Vergrößerung der Abstände bei der Injektion führte ebenfalls zu einer ähnlichen Verringerung der Emissionen im Vergleich zur

Schleppschlauchvariante (siehe Abbildung 3a). Die bei Weitem höchsten Verluste wurden bei der Ausbringung mit Schleppschlauch ermittelt. Auf dem Marschstandort war kein Effekt der Gülleausbringungstechnik auf den Jahres-TM-Ertrag oder den TM-Ertrag einzelner Aufwüchse statistisch absicherbar (siehe Abbildung 3b). Tendenziell wies die Schleppschlauchausbringung die geringsten TM-Erträge auf. Auf dem dänischen Standort hingegen war

Abbildung 1: Kumulierte gasförmige N-Emissionen nach Düngung von Ackergras mit KAS und Gärresten unter Verwendung unterschiedlicher Applikationstechniken im Jahr 2011: a) NH₃-Verluste, b) N₂O-Verluste; Buchstaben indizieren signifikante Unterschiede (p<0,05); einfaktorielle Anova, Student-Newman-Keuls-Test

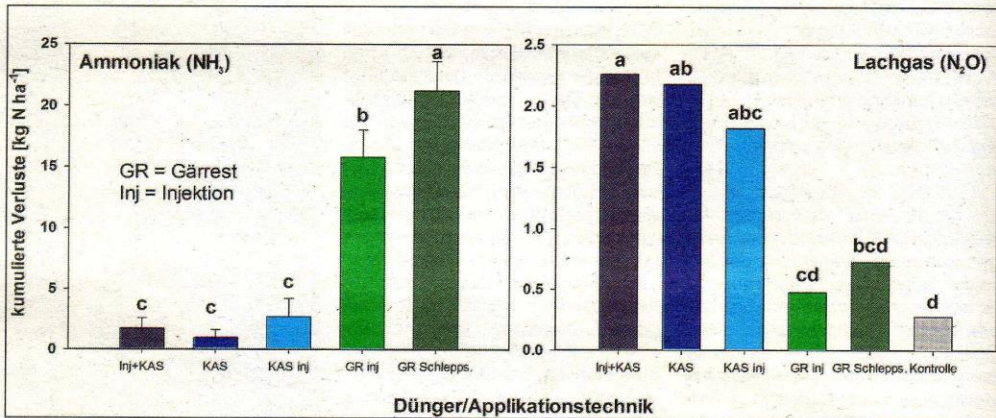
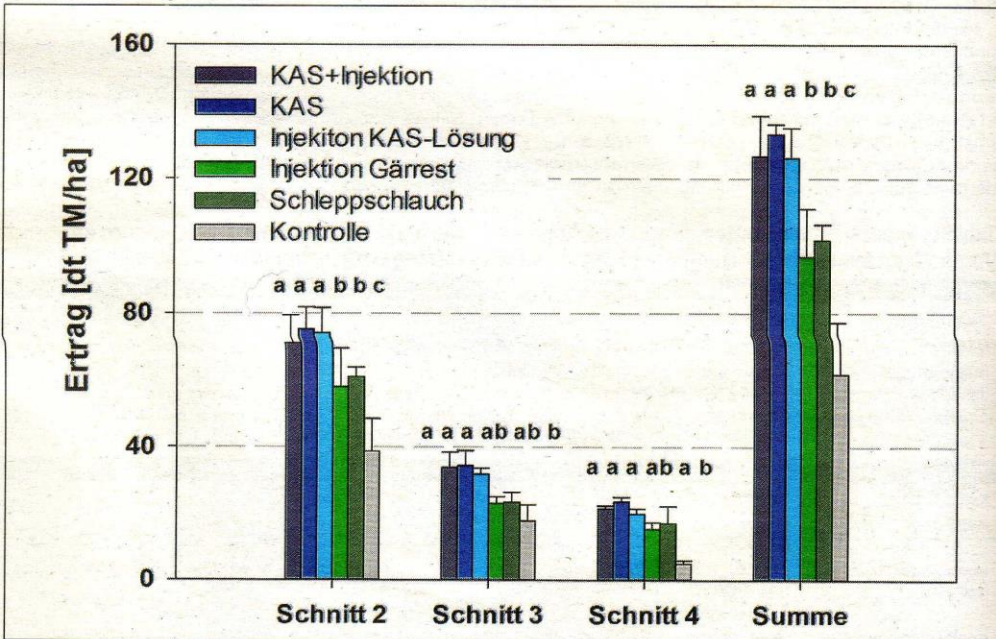


Abbildung 2: TM-Erträge im Jahr 2011 nach Düngung mit KAS und Gärresten unter Verwendung unterschiedlicher Applikationstechniken, Buchstaben indizieren signifikante Unterschiede (p<0,05); einfaktorielle Anova, Student-Newman-Keuls-Test



**Ergebnisse:
Deutliche Unterschiede**

Die Versuchsergebnisse unterscheiden sich zum Teil deutlich zwischen den beiden Versuchsjahren. Aufgrund sehr trockener Bodenverhältnisse im Versuchsjahr 2011 führte die Injektion von Gärresten nur bei einer von drei Applikationen zur Reduktion der NH₃-Emissionen um mehr als 50 % gegenüber Schleppschlauchapplikation. Kumuliert über alle Applikationen wurden die NH₃-Emissionen um etwa 25 % reduziert (siehe Abbildung 1a). Bei der Düngung mit KAS wurden nur geringe NH₃-Verluste festgestellt. Die Injektion der Gärreste hatte entgegen der Erwartungen keine Erhöhung der N₂O-Emissionen zur Folge (siehe Abbildung 1b). Im Vergleich zur KAS-Düngung mit Streuer und den anderen KAS-Varianten wiesen die organischen Varianten aufgrund der auf Gesamt-N-Gehalten basierenden Aufwandmengen signifikant geringere Erträge auf. Wenn die KAS-Düngung mit Injektion verknüpft

der positive Ertragseffekt einzelner emissionsparender Techniken signifikant (siehe Abbildung 3b). Die Ansäuerung hatte hier bei pH 6 einen signifikant höheren Ertrag im Vergleich zum Schleppschlauch zur Folge. Trotz des insgesamt hohen Düngeneiveaus war eine Reduktion der NH_3 -Verluste also ertragsförderlich.

In beiden Versuchsjahren war die N-Wirkung der N-Dünger, bezogen auf die ausgebrachten Ammoniummengen, auf dem Marschstandort relativ gering. Diese reduzierte N-Wirkung kann nur

zum Teil durch NH_3 -Emissionen erklärt werden. Auf dem Marschstandort ist hier eventuell eine starke Bindung von Ammonium an dem tonreichen Bodenmaterial von Bedeutung. Anders als in vielen anderen Studien führte die Injektion von Gärresten beziehungsweise Rindergülle nicht zu einer Erhöhung der N_2O -Emissionen, zwi-

schen den verschiedenen organischen Düngungsvarianten wurde in beiden Jahren kein signifikanter Unterschied detektiert. Bei den angesäuerten Varianten wurden allerdings tendenziell leicht erhöhte N_2O -Emissionen ermittelt (nicht gezeigt). Die Messungen sind für das Jahr 2012 aber noch nicht vollständig ausgewertet. Deutlich hö-

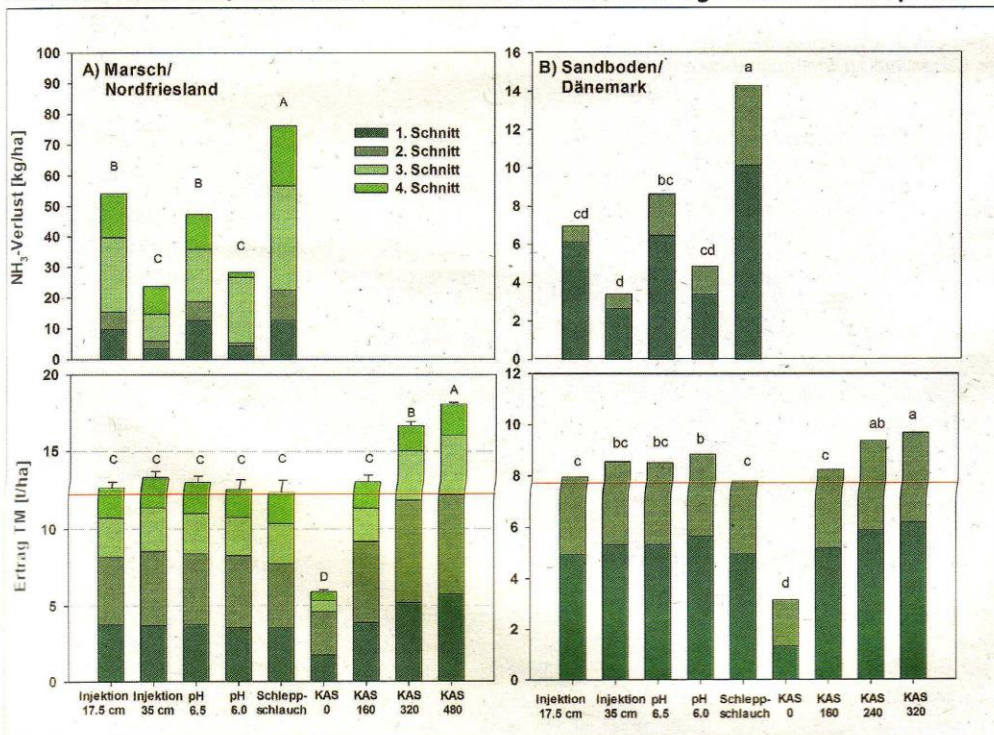
her lagen die Emissionen bei mineralischer Düngung, wobei dieser Effekt aber nicht statistisch abgesichert werden konnte.

KAS wies in diesen Versuchen – im ersten Versuchsjahr signifikant – höhere N_2O -Emissionen, bezogen auf die applizierten Dünger-N-Mengen, auf als die organischen Varianten.



Bild 2: Parzellenversuche zur Ausbringungstechnik von Rindergülle in einer Kalkmarsch Nordfrieslands im Jahr 2011, links Ansäuerungssystem, rechts Injektion. Foto: Thorkild Birkmose

Abbildung 3: Absolute NH_3 -Verluste und TM-Erträge im Jahr 2012 in Abhängigkeit von der Ausbringungstechnik, a) Deutschland, Nordfriesland, Kalkmarsch, b) Dänemark, Südjütland, Sandboden, Zahlen unter KAS=kg N/ha, n=4, einfaktorielles Anova, Student-Newman-Keuls-Test, Buchstaben indizieren unterschiedliche Signifikanzniveaus, $p < 0,05$



FAZIT

Die Verfahren Injektion und Gülleansäuerung reduzierten NH_3 -Emissionen beträchtlich, ohne die Erträge zu vermindern beziehungsweise mit signifikantem Ertragszuwachs auf dem Sandstandort. Die Reduktion der NH_3 -Emissionen durch Injektion war unter trockenen Bodenbedingungen in der Marsch nur gering. Sowohl bei Injektion als auch bei Ansäuerung wurde keine Erhöhung der N_2O -Emissionen im Vergleich zur einfachen Schleppschlauchausbringung festgestellt. Die mehrmalige Injektion von Gülle auf derselben Parzelle innerhalb eines Versuchsjahres war in beiden Versuchsjahren nicht negativ ertragswirksam. Bei der Injektion wurden an anderen Standorten allerdings nach mehrjähriger Anwendung Probleme mit der Narbengesundheit festgestellt. Dieser Nachteil entfällt bei der Ansäuerung. Hier könnte allerdings eine reduzierende Wirkung auf den Kleeanteil in der Narbe die Folge sein. Da die Ansäuerung letztlich eine Gülleausbringung mit dem Schleppschlauch darstellt, ist dieses emissionsmindernde Verfahren im Vergleich zur Injektion durch einen geringeren Energieaufwand und eine höhere Ausbringungsgeschwindigkeit gekennzeichnet. Bei der Ansäuerung kann die S-Düngung durch angesäuerte Gülle als vorteilhaft angesehen werden, welche auf Grünland häufig nicht routinemäßig durchgeführt wird oder durch zusätzliche Ausbringung mit höheren Kosten verbunden sein kann. Bei Gärresten mit hohen pH-Werten besteht noch die Frage des notwendigen Säureaufwandes, der eventuell höher als bei Rinder- oder Schweinegülle liegen kann, und der davon abhängigen Wirtschaftlichkeit des Verfahrens. Es handelt sich bei den vorgestellten Daten um erste Versuchsergebnisse, welche durch weitere mehrjährige Untersuchungen konsolidiert werden sollen.

Dr. Andreas Pacholski
Christian-Albrechts-Universität
Institut für Pflanzenbau und
Pflanzenzüchtung
Tel.: 04 31-880-43 99
pacholski@pflanzenbau.uni-kiel.de

Prof. Dr. Antje Herrmann
aherrmann@gfo.uni-kiel.de