Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft, 76, 535-538, (1995)

N_2O- Freisetzung nach Applikation von Gülle zu Mais und Grünland

393

von

Dosch, P. und R. Gutser

Einleitung und Problemstellung

Die Ausbringung von Gülle ist bekanntlich mit einem hohen Emissionspotential N-haltiger Spurengase verbunden. Neben der Problematik der NH_3-Verluste ist die Bedeutung der N_2O-Freisetzung von zunehmenden Interesse, wobei im wesentlichen mikrobiologische Prozesse der Denitrifikation und Nitrifikation die Höhe der N_2O-Verluste bestimmen.

Geeignete Techniken zur Minderung von NH_3-Verlusten nach Gülleapplikation sind bekannt. Im Ackerbau können mittels Injektion der Gülle die NH_3-Verluste auf unter 5 % des gedüngten NH_4-Stickstoffs reduziert werden (Dosch und Gutser, 1994). Acker- und pflanzenbauliche Probleme der Gülleinjektion auf Grünland geben oftmals der Schleppschuhapplikation den Vorzug, deren NH_3-verlustminimierende Wirkung von Lorenz und Steffens (1994) belegt wurde. Die Umweltverträglichkeit einer Düngungsstrategie läßt sich allerdings nur nach Quantifizierung sämtlich auftretender N-Verluste beurteilen.

In der vorliegenden Arbeit soll der Einfluß verschiedener Gülleapplikationstechniken auf die Höhe der N_2O-Flüsse von der Bodenoberfläche in den ersten Wochen nach dem Düngungsereignis erfaßt werden.

Material und Methoden

In Versuchen zu Mais und Grünland wurden die N_2O-Oberflächenabflüsse sowie CO_2-Freisetzung, Bodenfeuchte und N_{min}-Enwicklung bis etwa 4 Wochen nach dem Düngungsereignis (Milchviehgülle, Kalkammonsalpeter = KAS) ermittelt. Der experimentelle Aufbau zur direkten Messung von N_2O- und CO_2-Oberflächenabflüssen im Feld mittels der „geschlossenen Kammer-Methode" wurde von Hutchinson und Mosier (1981) beschrieben. Folgende Versuchsvarianten wurden geprüft:

Versuch 1: Vergleich verschiedener Gülleapplikationstechniken (Injektion, Schleppschlauch, Schleppschlauch + Abdecken der Gülle mit Boden = Einarbeitung) gegenüber einer mineralischen Stickstoff-Reihendüngung zu Mais

Versuch 2: Injektion von nicht aufbereiteter und Kohlenstoff-reduzierter Gülle (= Dünnseparat; mechanische Aufbereitung mittels Preßschneckenseparator) zu Mais

Versuch 3: Schleppschlauch- und Schleppschuhapplikation von Gülle zu Grünland

Mit Hilfe einer schrittweise aufbauenden, multiplen Regressionsanalyse wurde versucht, mögliche Einflußfaktoren auf die N_2O-Verluste nach Düngung zu Mais zu erfassen.

Ergebnisse und Diskussion

In den ersten Wochen nach der Gülleapplikation können zum Teil erhebliche N_2O-Verluste auftreten (Abbildung 1). Insbesondere die direkte Injektion der Gülle in den Boden bewirkte deutlich höhere N_2O-Oberflächenabflüsse gegenüber den übrigen Gülleapplikationstechniken wie auch der Reihendüngung mit KAS. Selbst ohne nennenswerte Niederschläge und damit einer geringen Bodenfeuchte wurde für die Variante „Injektion" zum 2. Termin die höchste Tagesrate mit 245 g N_2O-N ha^{-1} ermittelt. Höhere N_2O-Verluste der Varianten „Schleppschlauch" und „Einarbeitung" sowie der mineralischen Reihendüngung fanden sich erst nach größeren Niederschlägen, wobei die Verluste nach Schleppschlauchapplikation geringer waren. Offen-

Lehrstuhl für Pflanzenernährung, TU München-Weihenstephan, 85350 Freising

sichtlich vermindern höhere NH_3-Verluste nach Applikation der Gülle ohne Einarbeitung das Potential weiterer gasförmiger N-Verluste in den ersten Wochen nach der Ausbringung.

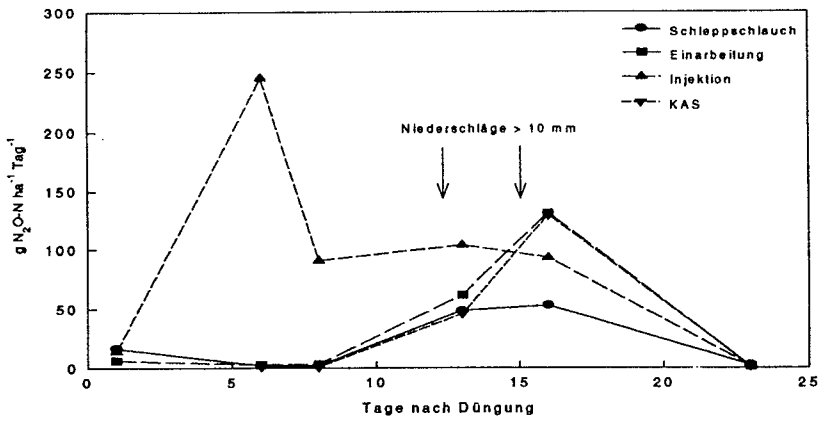

Abb. 1: N_2O-Verluste nach unterschiedlicher Gülleapplikation und mineralischer Reihendüngung zu Mais

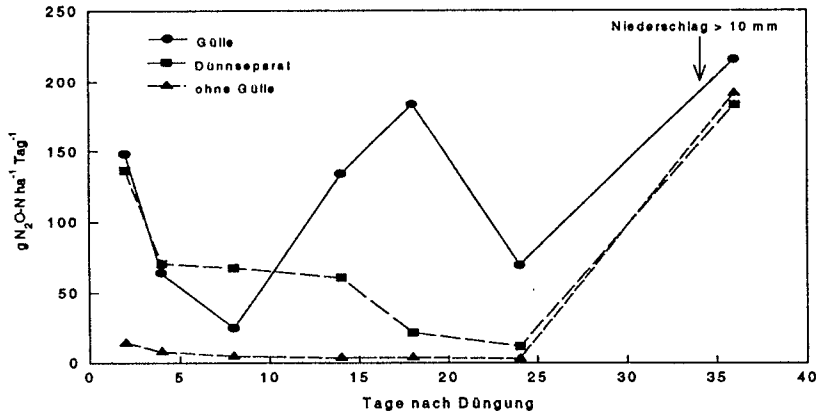

Abb. 2: N_2O-Verluste nach Injektion von Gülle und Dünnseparat zu Mais

In Versuchen mit Acetyleninhibierung konnte gezeigt werden, daß die Injektion von Gülle zu deutlich höheren Denitrifikationsverlusten führt, jedoch die Verwendung von Kohlenstoff-reduzierter Gülle diese Verluste verringern kann (Dosch und Gutser, 1994). Abbildung 2 stellt die N_2O-Oberflächenabflüsse ohne Acetyleninhibierung nach Injektion von Gülle und Dünnseparat bis etwa 5 Wochen nach der Ausbringung dar. Während in der ersten Woche nach der Düngung beide Güllevarianten in etwa ähnliche Verlustraten aufwiesen, bewirkte die Gülle nach etwa 14 Tagen höhere N_2O-Verluste, die zum 18. und 24. Tag gegenüber dem Dünnseparat signifikant absicherbar sind. Die täglichen N-Abgaben aus der ungedüngten Kontrollvariante lagen mit Ausnahme des letzten Termins durchwegs unter 20 g N_2O-N ha^{-1}.
Um den Einfluß verschiedener Bodeneigenschaften, wie CO_2-Freisetzung, Feuchte-, NO_2^-- und NO_3^--Gehalt auf die N_2O-Flüsse von der Bodenoberfläche festzustellen, wurde für jeden Versuch getrennt eine multiple

Regression erstellt. Tabelle 1 zeigt, daß unter Berücksichtigung der CO_2-Entwicklung wie auch des NO_2^--Gehaltes die N_2O-Freisetzung zu 82 % erklärt wird. Dagegen nehmen in Versuch 1 die in der Regressionsanalyse berücksichtigten Bodenparameter unter Einbeziehung aller Ausbringungstechniken (Injektion, Schleppschlauch, Einarbeitung) und der mineralischen Reihendüngung nur geringen Einfluß auf die Höhe der N_2O-Oberflächenabflüsse (Tabelle 2). Ohne Berücksichtigung der Variante „Injektion" bestehen signifikante Beziehungen zum Wassergehalt des Bodens wie auch zur CO_2-Freisetzung. Die Konzentration der Gülle auf ein geringes Bodenvolumen hat komplexe Wechselwirkungen im Boden zur Folge. Insbesondere der Umsatz von Gülle-N und Gülle-C wie auch die Wirkung auf den im Boden bereits vorliegenden mineralischen Stickstoff unterscheidet sich nach Injektion grundsätzlich von den in Versuch 1 geprüften Applikationstechniken „Einarbeitung" und „Schleppschlauch".

Tab. 1: Einfluß verschiedener Bodenvariablen auf die N_2O-Oberflächenabflüsse nach Injektion von Gülle

Multiples Bestimmtheitsmaß (n = 21)			
CO_2	NO_2^-	NO_3^-	H_2O
0,59 ***	0,82 ***	0,87 *	0,89

Tab. 2: Einfluß verschiedener Bodenvariablen auf die N_2O-Oberflächenabflüsse nach mineralischer Düngung und unterschiedlichen Gülleapplikationstechniken

	Multiples Bestimmtheitsmaß (n = 24 bzw. 18)			
	NO_2^-	H_2O	CO_2	NO_3^-
mit Injektion	0,31	0,49	-	-
ohne Injektion	-	0,63 **	0,74 *	-

Aufgrund der gegebenen Versuchsanstellung ist eine eindeutige Zuordnung der N_2O-Verluste zu den mikrobiologischen Prozessen der Denitrifikation und Nitrifikation nicht möglich. Die multiple Regressionsanalyse gibt jedoch einen Hinweis auf mögliche Abhängigkeiten. Entsprechend der vorliegenden Studie fanden Sawyer et al. (1990) neben erhöhten Feuchtegehalten auch höhere NO_2^--Gehalte in der Injektionszone. Nitrit kann vor allem unter O_2-Mangel von Ammonium oxidierenden Bakterien als Elektronenakzeptor verwendet werden, wobei als Endprodukt N_2O entsteht (Poth und Focht, 1985). Ein niedriger O_2-Partialdruck resultiert aus der notwendigen Nitritoxidation wie auch dem raschen Abbau des zugeführten Kohlenstoffs und erklärt damit die Bedeutung der CO_2-Freisetzung auf die Höhe der N_2O-Oberflächenabflüsse (Tabelle 1). Daraus wäre zu folgern, daß im Falle der Injektion ein noch zu quantifizierender Anteil der N_2O-Verluste aus der Nitrifikation bzw. von Nitrifikanten freigesetzt werden kann. Je weniger Kohlenstoff über die Gülle (z.B. Dünnseparat) zugeführt wird, desto schneller wird dieser abgebaut und folglich das Gefahrenpotential gasförmiger N-Verluste begrenzt. Bezüglich der anderen Versuchsvarianten dürfte, wie Tabelle 2 zu entnehmen ist, anaeroben Bodenprozessen gegenüber der Nitrifikation prinzipiell der Vorzug gegeben werden (Tortoso und Hutchinson, 1990).
Die Ablage des Güllebandes erfolgt beim Schleppschlauchverteiler auf der Pflanzen- und Bodenoberfläche, die des Schleppschuhverteilers unter die Pflanzen und im obersten Krumenbereich, so daß letzterer einen Anstieg der N_2O-Verluste bewirken könnte (injektionsähnliche Umsatzbedingungen).
Im Vergleich zu Ackerland bewegten sich die N_2O-Verluste auf Grünland insgesamt auf niedrigerem Niveau (Abbildung 3). Aus der ungedüngten Kontrollparzelle wurden über den gesamten Versuchszeitraum Tagesraten von 2 - 6 g N_2O-N ha^{-1} ermittelt. Die Applikation von Gülle führte kurzfristig zu höheren Verlusten, ein signifikanter Unterschied zwischen beiden Aplikationstechniken war jedoch nicht gegeben. Bei Versuchsende

betrugen die Verluste nach Schleppschlauch- und Schleppschuhapplikation 0,3 bzw. 0,2 kg N_2O-N ha^{-1}; at dem ungedüngten Kontrollglied wurden 0,1 kg N_2O-N ha^{-1} emittiert.

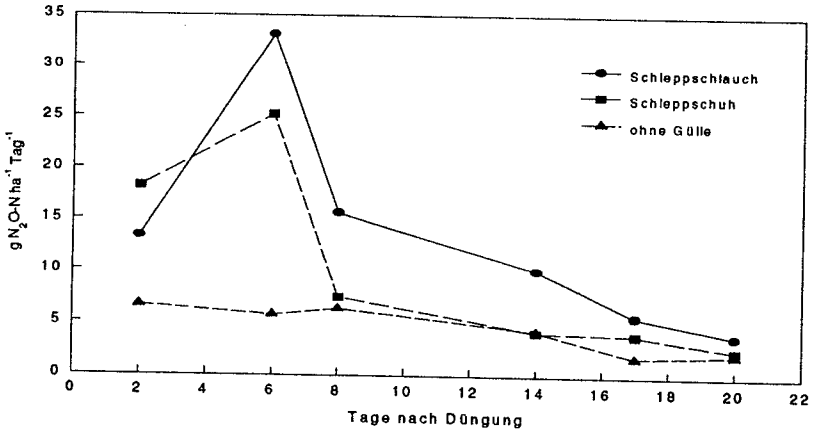

Abb. 3: N_2O-Verluste nach Schleppschlauch- bzw. Schleppschlauchapplikation auf Grünland

Schlußfolgerung

Die Applikationstechnik beeinflußt sehr wesentlich die Höhe der N_2O-Freisetzung unmittelbar nach dem Düngungsereignis. Insbesondere die Injektion bewirkt spezielle Wechselwirkungen im Boden mit Auswirkungen auf den Umsatz von Gülle-C und Gülle-N. Zur abschließenden Beurteilung dieser Applikationstechnik ist jedoch eine Bewertung der ökologischen Relevanz von NH_3 und N_2O erforderlich.

Weiterhin gilt zu berücksichtigen, daß in dieser Arbeit nur der kurzfristige Effekt nach einem Düngungsereignis miteinbezogen wurde. Die Anreicherung der Böden mit Stickstoff nach langjähriger Anwendung von Gülle dürfte ebenfalls Einfluß nehmen auf das Gefahrenpotential gasförmiger N-Verluste (Gutser und Claassen, 1994). Ihr läßt sich entgegenwirken durch eine hohe Ausnutzung des mit der Gülle zugeführten NH_4-Stickstoffs im Anwendungsjahr wie auch einer mengenmäßigen Begrenzung der Güllezufuhr.

Literatur

Dosch, P. und Gutser, R. (1994): Reducing N losses (NH_3, N_2O, N_2) and immobilization from slurry through optimized application techniques. Proceedings VIII. Int. Symp. CIEC „Fertilizers and Environment" Salamanca in „Developments in Plant and Soil Sciences Series, Kluwer Acad. Publ., Dordrecht, Netherlands, in press

Gutser, R. und Claassen, N. (1994): Langzeitversuche zum N-Umsatz von Wirtschaftsdüngern und kommunalen Komposten. Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch., 73, 47-50

Hutchinson, G. L. und Mosier, A. R. (1981): Improved soil cover method for field measurement of nitrous oxide fluxes. Soil Sci. Soc. Am. J., 45, 311-316

Lorenz, F. und Steffens, G. (1994): Gülleausbringung auf Grünland mit verschiedenen Verteilverfahren - Wirkung auf Ammoniakverluste, Grasertrag und -qualität. Landw. Forsch., Kongreßband 1994, VDLUFA-Schriftenreihe 38, 195-198

Poth, M. und Focht, D. D. (1985): ^{15}N kinetic analysis of N_2O production by Nitrosomonas eropaea: an examination of nitrifier denitrification. Appl. Environ. Microbiol., 49, 1134-1141

Sawyer, J. E., Schmitt, M. A. und Hoeft, R. G. (1990). Inorganic nitrogen distribution and soil chemical transformations associated with injected liquid beef manure. Agron. J., 82, 963-969

Tortoso, A. C. und Hutchinson, G. L. (1990): Contributions of autotrophic and heterotrophic nitrifiers to soil NO and N_2O emissions. Appl. Environ. Microbiol., 56, 1799-1805