

Tagungsbeitrag zu: Jahrestagung der
DBG - Kommission IV
Titel der Tagung: Böden - eine endliche
Ressource
Veranstalter: DBG, September 2009,
Bonn
Berichte der DBG (nicht begutachtete
online Publikation)
<http://www.dbges.de>

N₂O-Freisetzung zweier Ackerflächen mit unterschiedlichen Ertragserwartungen nach Einarbeitung von ¹⁵N-markiertem Senf

R. Ruser¹, U. Sehy², F. Buegger²
und J.C. Munch²

Schlüsselworte: Priming, Zwischenfrucht,
N₂O, Emissionsfaktor

Zusammenfassung

Auf zwei Teilertragsflächen eines Ackers im Tertiären Hügelland Bayerns wurden Versuchsplots eingerichtet, auf denen ¹⁵N-angereicherter Senf ausgebracht wurde, als Kontrolle dienten jeweils zwei Plots ohne Senfapplikation. Die N₂O-Emissionen aus den Hohertragsplots waren höher als aus den Plots im Niedrigertragsbereich. Dies wurde auf die höheren Wassergehalte des Hohertragsbodens zurückgeführt. Durch die Senfapplikation erhöhte sich die annuelle N₂O-Emission um 2,1 (Niedrigertrag) bzw. 1,7 kg N₂O-N ha⁻¹ (Hohertrag) auf 4,0 bzw. 4,7 kg N₂O-N ha⁻¹ a⁻¹. Bezogen auf den zusätzlich über den Senf eingebrachten N (55 kg N ha⁻¹) berechnen sich daraus Emissionsfaktoren von 3,7 bzw. 3,1%.

¹ Institut für Pflanzenernährung, Universität Hohenheim (330), Fruwirthstraße 20, 70599 Stuttgart, Email: ruser@uni-hohenheim.de)

² Helmholtz Zentrum München, Institut für Bodenökologie, Ingolstädter Landstr. 1, 85764 Neuherberg

Im Gegensatz dazu konnte anhand der ¹⁵N-Anreicherung der N₂O-Emission nachgewiesen werden, dass lediglich jeweils 0,16 kg N ha⁻¹ (entsprechend 0,3%) direkt aus dem Senfmaterial stammte. Somit wurde durch die Zugabe von Senf bodeninterner N durch Priming freigesetzt und in N₂O umgewandelt.

Hintergrund

Lachgas (N₂O) trägt zu 8% zum anthropogenen Treibhauseffekt bei und ist am stratosphärischen Ozonabbau beteiligt (IPCC, 2001; Crutzen, 1981). Mehr als die Hälfte der anthropogen verursachten N₂O-Emissionen stammen aus landwirtschaftlich genutzten Böden. Es besteht Einigkeit darüber, dass die Nitrifikation sowie die biologische Denitrifikation die Hauptquellen der N₂O-Bildung in Böden darstellen. Für die Berechnung von Treibhausgasbilanzen schlägt der IPCC (2006) als Standardwert einen Emissionsfaktor von 1,0% bezogen auf den gesamten Jahresinput an N vor. Dabei wird nicht zwischen mineralischem und organischem N-Düngern unterschieden, Ernterückstände werden ebenso mit demselben Faktor bewertet.

Beim Vergleich von mineralischer und organischer N-Düngung auf Fläche der BRD konnten Kaiser & Ruser (2000) tendenziell höhere N₂O-Emissionen nach organischer N-Düngung nachweisen. Die erhöhten Emissionen wurden von Flessa & Beese (1995) auf die starke O₂-Zehrung beim Umsatz der zugeführten leicht verfügbaren organischen C-Verbindungen und damit verbunden auf eine Förderung der Denitrifikation zurückgeführt.

Ziel dieser Untersuchung war es, den Einfluss einer Senfapplikation auf die N₂O-Freisetzung von zwei Ackerteilflächen mit unterschiedlichen Ertragserwartungen und verschiedenen Emissionsniveaus (Sehy et al., 2003) auf Jahresbasis zu erfassen. Mit

Hilfe einer ^{15}N -Anreicherung sollten dabei die Stoffflüsse näher quantifiziert und Emissionsfaktoren abgeleitet werden.

Material und Methoden

Die Untersuchungen wurden auf Flächen der Versuchsstation des Forschungsverbands Agrarökosysteme München (FAM) im Tertiären Hügelland in Scheyern durchgeführt. Auf den von Sehy et al. (2003) im Detail beschriebenen Hoch- und Niedrigertragsteilflächen wurden nach der Maisernte jeweils zwei Plots eingerichtet (je 4x4 m). Auf allen Plots wurde der Boden bis 15 cm Tiefe entnommen, Maiserntereste entfernt, <5 mm gesiebt und wieder im Feld rückverfüllt. Während des Rückverfüllens des Bodens konnte die ursprüngliche Lagerungsdichte des ungestörten Bodens ($1,33 \text{ g cm}^{-3}$) mit letztlich $1,2 \text{ g cm}^{-3}$ nicht erreicht werden.

In je einem Plot pro Ertragsteilfläche wurde ^{15}N -markierter Senf (<2mm, 18 atom% ^{15}N) bei einer Aufwandmenge von 55 kg N ha^{-1} (1,62% N, C/N = 18) in den Boden homogen eingearbeitet. Danach wurde Anfang November auf allen Versuchsteilflächen Winterweizen angesät. Je Plots wurden vier Basisringe für Haubenmessungen zur Bestimmung der Spurengasflüsse installiert (Flessa et al., 1995). Die Probenahme wurde einmal wöchentlich durchgeführt und durch Ereignis-bezogene Beprobungen ergänzt.

Bodentyp der Hohertragsfläche war eine Pseudogley-Braunerde mit 1,7% C_{org} im Ap-Horizont. Sie befand sich in einer ehemaligen Erosionsrinne. Bodentyp der Niedrigertragsfläche war eine Braunerde mit 1,4% C_{org} und auf einer Hangkuppe gelegen. Beide Teilflächen wurden während des Versuchszeitraums einheitlich bewirtschaftet.

Ergebnisse und Diskussion

Der in Abbildung 1 dargestellte zeitliche Verlauf der N_2O -Freisetzung aus den beiden Teilertragsflächen zeigte die für diesen Standort bereits öfter nachgewiesene hohe Variabilität mit stark erhöhten Emissionsraten nach N-Düngungsmaßnahmen, Niederschlägen und während Taus von gefrorenem Boden (Sehy et al., 2003, Ruser et al., 2001; Flessa et al., 1995). Im Gegensatz zu früheren Untersuchungen handelte es sich bei den vorliegenden Untersuchungen um einen außergewöhnlich milden Winter, sodass die Tauemissionen nur von untergeordneter Bedeutung für die Jahresemissionen waren.

Verglichen mit Emissionsmessungen auf ungestörten, den Plots direkt benachbarten Flächen war die N_2O -Freisetzung vor allem im ersten halben Jahr nach Etablierung der Plots geringer, dieser Unterschied war nach 1,5 Versuchsjahren nicht mehr signifikant und wurde auf die geringere Lagerungsdichte der Plots und damit auf die bessere Belüftung aufgrund des höheren Porenvolumens zurückgeführt (nicht dargestellt).

Die annuelle N_2O -Freisetzung der Kontrollplots ohne Senfapplikation war auf der Hohertragssteilfläche mit $2,9 \text{ kg N}_2\text{O-N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ höher als auf der Niedrigertragsfläche mit $2,0 \text{ kg N}_2\text{O-N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ (Abbildung 2). Dies wurde vor allem auf die höheren Wassergehalte des Oberbodens der Hohertragssteilfläche infolge lateralen Wasserzuflusses zurückgeführt. So betrug das wassergefüllte Porenvolumen des Oberbodens im Jahresmittel 59% in der Hohertrags- und 52% in der Niedrigertragsvariante. Die größere Bodenfeuchte im Hohertragsbereich verminderte gegenüber der Niedrigertragsvariante die O_2 -Diffusion in den Boden und begünstigte

somit die N_2O -Bildung während der Denitrifikation.

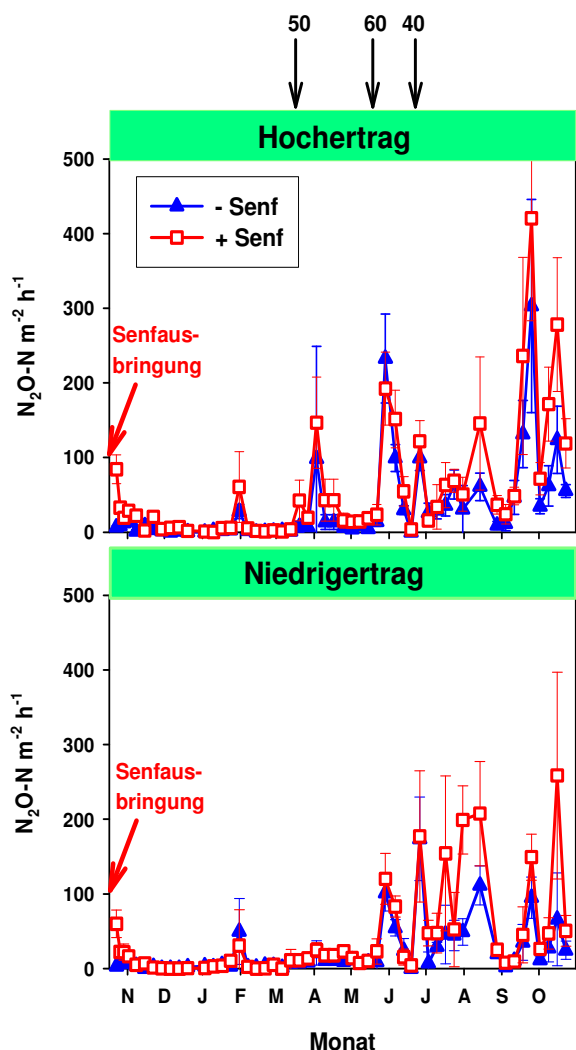


Abb. 1: Einfluss der Senfausbringung und der Teilertragsfläche auf die mittlere N_2O -Freisetzung ($n=4$, \pm Standardabweichung). N-Düngungen sind durch Pfeile gekennzeichnet (Mengen in $kg N ha^{-1}$)

Auf beiden Teilertragsflächen wurde die N_2O -Freisetzung durch die Senfapplikation signifikant erhöht. Sie erhöhte sich etwa um Faktor 2 (Abb. 2). Diese Senf-induzierten N_2O -Emissionen wurden, wie in den Richtlinien zur Treibhausgasbilanzierung vom IPCC (2006) vorgeschlagen auf den über den Senf zusätzlich eingebrachten N bezogen. Dabei ergaben sich Emissionsfaktoren von 3,7 und 3,1% (nicht dargestellt). Die hohen Emissionsfaktoren sind charakteristisch für den Standort Scheyern der sich im bundesweiten Vergleich als einer der ‚Hochemissions-

standorte‘ erwiesen hat (Kaiser & Ruser, 2000). Ebenso wie der von Flessa et al. (2002) für den Standort Scheyern berechnete Emissionsfaktor lagen die in dieser Untersuchung für die Senf-induzierte Emission ermittelten Faktoren deutlich über dem Vorgabewert des IPCC (2006) welcher lediglich 1% des N-Inputs berücksichtigt.

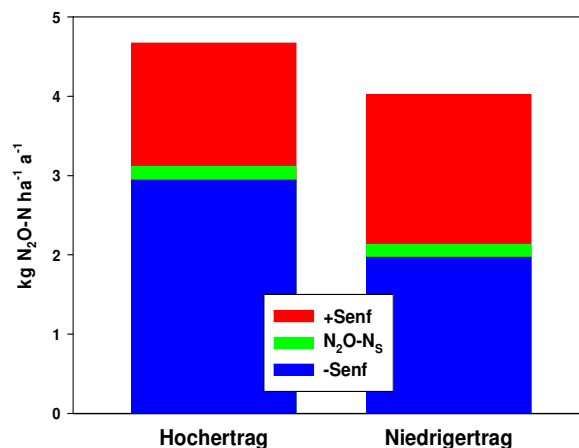


Abb. 2: Kumulative, annuelle N_2O -Emission der Kontrollplots ohne Senf, der Plots mit Senfausbringung sowie direkt Senf-bürtige N_2O -Emission (N_2O-N_S) in Abhängigkeit der Teilertragsfläche. Die blauen Teilbalken repräsentieren den Anteil der N_2O -Emission aus Priming.

Mit Hilfe der Bestimmung der ^{15}N -Anreicherung des emittierten N_2O in den Plots mit ^{15}N -angereichertem Senf konnte zudem der Anteil von N an der N_2O -Emission bestimmt werden, der tatsächlich aus dem Senf stammte (Abb. 2). Dieser Senf-bürtige Anteil war überraschend gering, er betrug lediglich 0,16 bzw. 0,17 $kg N_2O-N ha^{-1} a^{-1}$ (Niedrig- bzw. Hohertrag). Dies entsprach einem Emissionsfaktor von lediglich 0,28 bzw. 0,32%.

Die großen Diskrepanzen zwischen den Senf-bürtigen und -induzierten N_2O -Emission traten vor allem nach der Ernte des Winterweizens auf. Es kann davon ausgegangen werden, dass der höhere Emissionsfaktor für die Senf-induzierte Emission eindeutig auf Priming-Effekte zu-

rückzuführen war. Eine inhomogene Verteilung des Senfmaterials hätte ebenfalls Grund für diese Diskrepanz sein können, sie kann aber aufgrund des langen Zeitraums zwischen Senfausbringung und Auftreten der maßgeblichen Diskrepanzen (9 Monate nach Ausbringung mit 2 Bodenbearbeitungen) ausgeschlossen werden (nicht dargestellt).

Schlussfolgerungen

Die Diskrepanz zwischen den Emissionsfaktoren für die Senf-bürtige und Senf-induzierte N₂O-Emission zeigt, dass derzeit in der Abschätzung der Emission mittels Emissionsfaktoren noch große Unsicherheiten bestehen. Dies dürfte vor allem für organische N-Quellen wie beispielsweise Zwischenfrüchte gelten. Die nach den IPCC-Richtlinien berechneten Emissionsfaktoren waren jeweils um Faktor 3 höher als der Vorgabewert von 1%. Deshalb besteht hier dringend Handlungsbedarf hinsichtlich der sicheren Bewertung der Klimawirkung von organischen N-Quellen.

Literatur

- Crutzen, P.J. 1981. Atmospheric chemical processes of the oxides of nitrogen including nitrous oxide. In: Delwiche C.C. (ed.): Denitrification, Nitrification and Atmospheric N₂O. John Wiley & Sons, Chichester, 17-44.
- Flessa, H., R. Ruser, P. Dörsch, T. Kamp, M.A. Jimenez, J.C. Munch, and F. Beese. 2002. Integrated evaluation of greenhouse gas emissions (CO₂, CH₄, N₂O) from two farming systems in southern Germany. *Agric., Ecosyst. Environ.*, 91:175-189
- Flessa, H., P. Dörsch, and F. Beese. 1995. Seasonal variation of N₂O and CH₄ fluxes in differently managed arable soils in southern Germany. *J. Geophys. Res.* 100, 23115-23124
- Flessa, H., and F. Beese. 1995. Effects of sugar beet residues on soil redox potential and nitrous oxide emissions. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 59:1044-1051
- IPCC. 2006. Agriculture, forestry and other land use. Volume 4 in: S. Egglestone et al. (eds.) 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, IGES Hayama, Kanagawa, Japan
- IPCC. 2001. Climate Change 2001. The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the IPCC. J.T. Houghton et al. (eds.). Cambridge, University Press
- Kaiser, E.A., and R. Ruser. 2000. Nitrous oxide emissions from arable soils in Germany – An evaluation of six long-term field experiments. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 163, 249-260
- Ruser, R., H. Flessa, R. Schilling, F. Beese, and J.C. Munch. 2001. Effects of crop-specific field management and N fertilization on N₂O emissions from a fine-loamy soil. *Nutr. Cycl. Agroecosyst.*, 59:177-191
- Sehy, U., R. Ruser, and J.C. Munch. 2003. Nitrous oxide fluxes from maize fields: relationship to yield, site-specific fertilization, and soil conditions. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 99: 97-111