

Einfluss fermentierter organischer Dünger auf Spurengasemissionen im Ökologischen Pflanzenbau

Impact of fermented organic fertilizers on trace gas emissions in organic agriculture

K. Schauss¹, S. Ratering¹, S. Schnell¹

Keywords: environmental sustainability, nutrient management, trace gas emission

Schlüsselwörter: Umweltverträglichkeit, Nährstoffmanagement, Spurengasemissionen

Abstract:

Agriculture belongs to the major sources of the trace gases nitrous oxide (N₂O) and methane (CH₄). However, little is known about the contribution of the increasing area of organically managed arable soils in organic farming systems to the greenhouse gas emissions.

The objective of our study was the quantification of the in-situ N₂O- and CH₄- emissions in common organic crop cultivation without livestock. In comparison to this control variant, we focused on the manuring effect of fermented herbal organic matter on the emissions (biogas variant). The straw of the crops and the growth of the intercrops were harvested, fermented in a biogas reactor and applied as fertilizer on the field when the nutrient demand of the crops occurred.

The results obtained in 2003/2004 in winter wheat generally revealed a low level of N₂O emissions and indicated reduced losses (458 g N ha⁻¹ yr⁻¹) of the soil in the biogas variant compared to the control variant (770 g N ha⁻¹ yr⁻¹). Measurements of the CH₄ fluxes showed a slightly decreased CH₄ uptake rate in the biogas variant (484 g C ha⁻¹ yr⁻¹) in comparison to the control variant (591 g C ha⁻¹ yr⁻¹).

Einleitung:

Die deutsche Landwirtschaft gehört mit einem Anteil von ca. 60 % an Distickstoffoxid (N₂O)- und Methan(CH₄)- Emissionen zu den Hauptverursachern anthropogener Spurengase in Deutschland. Neben den problematischen Umweltwirkungen (Treibhauseffekt, Ozonzerstörung) sind damit auch Stickstoffverluste aus dem landwirtschaftlichen Produktionssystem verbunden, die im Ökologischen Landbau nicht durch mineralische Dünger ausgeglichen werden können. Das Düngemanagement im viehlosen ökologischen Pflanzenbau ist schwierig, da keine wirtschaftseigenen Düngemittel zur Verfügung stehen, die zum Zeitpunkt des pflanzlichen Nährstoffbedarfs appliziert werden können.

Der Einsatz von Biogasanlagen in der Landwirtschaft ermöglicht es, bislang wertlose Neben- und Abfallprodukte wie Aufwüchse von Stilllegungsflächen und Zwischenfrüchten, Ernte- und Futterreste sowie Stroh gewinnbringend zu verwerten, das vergorene Material als mobilen Düngerpool bedarfs- und termingerecht zu düngen und damit die betrieblichen Stoffkreisläufe zu verbessern.

¹ Institut für Angewandte Mikrobiologie, Justus-Liebig-Universität Giessen, Heinrich-Buff-Ring 26-32, 35392 Giessen, E-Mail: kristina.schauss@agrar.uni-giessen.de

Über Spurengasemissionen von ökologisch bewirtschafteten Ackerflächen, deren Anteil an der Gesamtfläche steigt, ist wenig bekannt. Ziel dieser Studie ist zum einen die Quantifizierung der in-situ N_2O -, CH_4 - und CO_2 -Emissionen in verschiedenen Früchten im organischen Ackerbau ohne Viehhaltung im Jahresverlauf (Kontrollvariante). Zum anderen werden die Einflüsse der Ernte von pflanzlichen Nebenprodukten und der Düngung mit fermentiertem Pflanzenmaterial (Biogasvariante) auf die Spurengasemissionen untersucht und dem üblichen Düngesystem gegenüber gestellt.

Methoden:

Die Feldstudie wird seit September 2002 auf dem Versuchsgut für Ökologischen Landbau der Universität Giessen auf erodierten Parabraunerden mit lehmiger Textur durchgeführt (für detailliertere Beschreibungen der Flächen, Fruchtfolge, Düngevarianten und Fermentierung siehe STINNER et al., 2005). Die Beprobung erfolgt pro Düngevariante in drei Flächenwiederholungen unter Verwendung transparenter Flusskammern alle zwei (Oktober bis April) bzw. alle vier Wochen (Mai bis September) in Sommer- und Winterweizen bzw. in den Zwischenfrüchten. Mittels Gaschromatographie werden die Gasproben quantitativ analysiert und in Emissionsraten umgerechnet.

In der Kontrollvariante verbleiben das Stroh der Vorfrüchte sowie der Zwischenfruchtaufwuchs auf dem Feld, werden gemulcht und vor der Hauptfruchtsaat in den Boden eingearbeitet. In der Biogasvariante hingegen werden Vorfruchtstroh und Zwischenfruchtaufwuchs vom Feld abgefahren und in der Biogasanlage fermentiert. Das vergorene Pflanzenmaterial fällt als fester und flüssiger Gärrest an. Der feste Gärrest wird zur Winterflugfurche vor Kartoffeln und Sommerweizen gedüngt, der flüssige im Frühjahr vor allem zum Winterweizen appliziert.

Ergebnisse und Diskussion:

Hier werden beispielhaft die Emissionsraten von N_2O , CH_4 und CO_2 der Saison 2003/2004, gemessen in Winterweizen (*Triticum aestivum* L.) und vorheriger Zwischenfrucht (*Raphanus sativus* L. var. *oleiformis*, und *Vicia sativa* L.) gezeigt (Abb. 1). In der Biogasvariante wurden durch Düngung des flüssigen Gärrests am 27. Februar, 25. März und 7. April 75, 35 und 4 $\text{kg N}_t \text{ha}^{-1}$ appliziert.

Die N_2O -Emissionsraten in der Zwischenfrucht (14. Aug. - 9. Okt.) zeigten keine Unterschiede zwischen den beiden Düngevarianten. In den Winterweizenmessungen (ab 23. Okt.) hingegen zeichnete sich deutlich ein Trend niedrigerer N_2O -Emissionen in der Biogasvariante ab. An fünf Terminen waren diese Unterschiede signifikant verschieden. Zwei Tage nach Düngung (29. Feb.) wurde mehr N_2O in der Biogasvariante emittiert (nicht signifikant). Insgesamt bewegten sich die durchschnittlichen N_2O -Verluste mit $9,1 \mu\text{g N m}^{-2} \text{h}^{-1}$ (Kontrollvariante) bzw. $5,5 \mu\text{g N m}^{-2} \text{h}^{-1}$ (Biogasvariante) auf relativ niedrigem Niveau verglichen mit den Vorjahresemissionen (Daten nicht gezeigt) und anderen Studien (z.B. FLESSA et al., 2002, KAISER und RUSER, 2000). Die geringeren Emissionen in der Biogasvariante wurden vermutlich durch das Abfahren der Erntereste und Zwischenfrüchte bedingt, wodurch weniger organisch gebundener Stickstoff zur Mineralisierung auf der Ackerfläche verblieb. Folglich stand weniger Substrat für N_2O -Bildung über Nitrifikation und Denitrifikation in der Biogasvariante zur Verfügung.

Wie erwartet fungierte der Boden sowohl in der Kontroll- auch als in der Biogasvariante während der gesamten Messperiode als CH_4 -Senke (CONRAD, 1996). Häufig nahm der Boden in der Kontrollvariante ($\bar{\varnothing} 6,6 \mu\text{g C m}^{-2} \text{h}^{-1}$) etwas mehr Methan als in der Biogasvariante ($\bar{\varnothing} 5,4 \mu\text{g C m}^{-2} \text{h}^{-1}$) auf (jedoch nicht signifikant), was

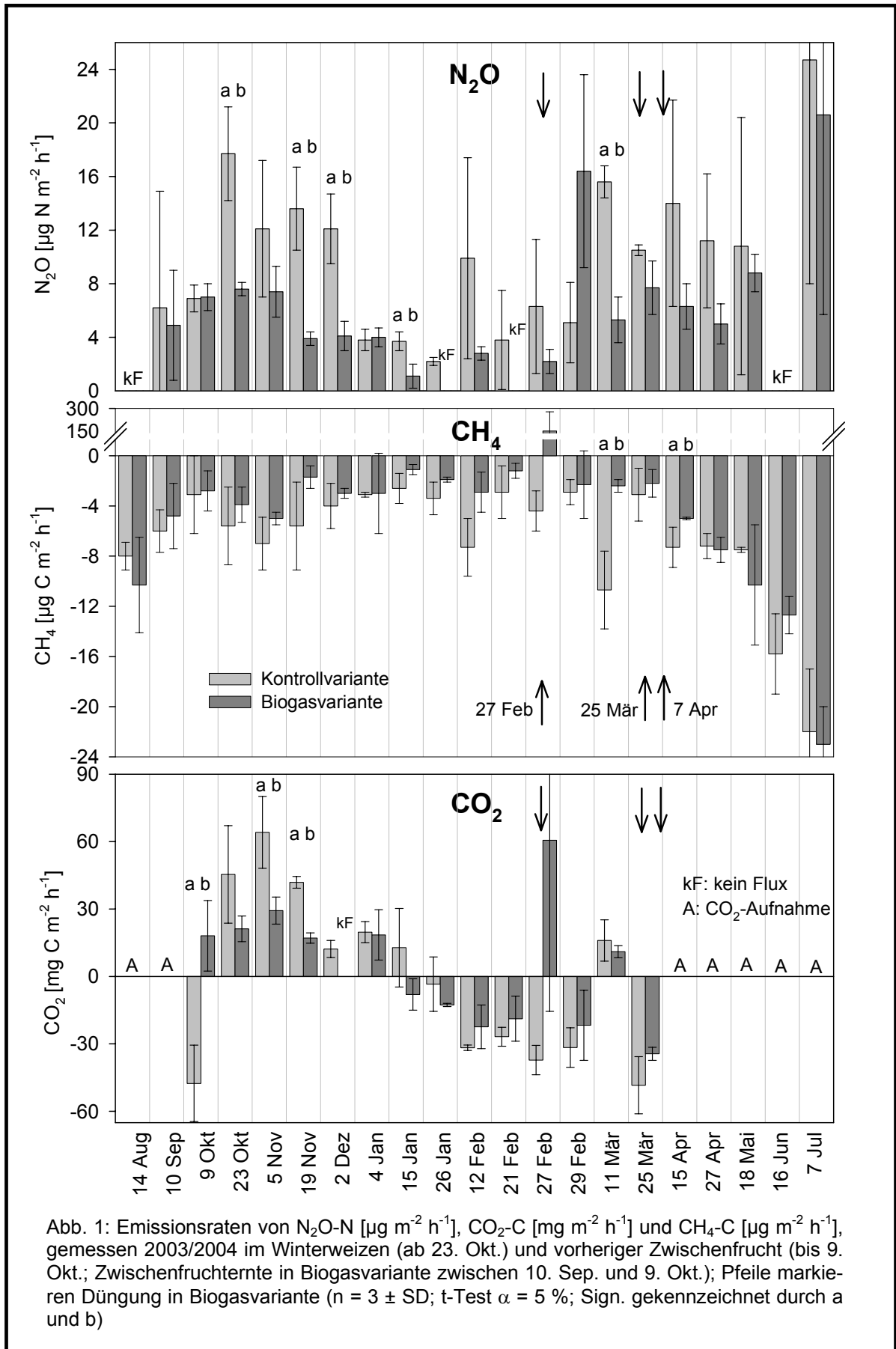


Abb. 1: Emissionsraten von N_2O-N [$\mu g m^{-2} h^{-1}$], CO_2-C [$mg m^{-2} h^{-1}$] und CH_4-C [$\mu g m^{-2} h^{-1}$], gemessen 2003/2004 im Winterweizen (ab 23. Okt.) und vorheriger Zwischenfrucht (bis 9. Okt.; Zwischenfruchternte in Biogasvariante zwischen 10. Sep. und 9. Okt.); Pfeile markieren Düngung in Biogasvariante ($n = 3 \pm SD$; t-Test $\alpha = 5\%$; Sign. gekennzeichnet durch a und b)

auf eine etwas bessere Stickstoffversorgung der Methan-oxidierenden Bodenbakterien in der Kontrollvariante hindeuten könnte. Die N_{\min} -Gehalte des Bodens waren zudem in der Kontrollvariante etwas höher (nicht signifikant) als in der Biogasvariante (STINNER et al., 2005). Der einzige CH_4 -Efflux wurde am 27. Feb. direkt nach der Düngung beobachtet, der durch Ausgasung des im Dünger gelösten CH_4 bedingt war.

Die Messungen im Winterweizen (ab 23. Okt.) ergaben bis Mitte Januar z.T. signifikant niedrigere CO_2 -Emissionen in der Biogasvariante im Vergleich zur Kontrolle. Der Grund hierfür dürfte in der geringeren pflanzlichen Biomasse liegen, die der Mineralisation in der Biogasvariante zur Verfügung stand. Nachfolgend wurde (mit Ausnahme des 11. März) in beiden Varianten CO_2 -Aufnahme beobachtet, die durch die photosynthetisch aktiven Pflanzen unter den lichtdurchlässigen Kammern bedingt war. Der CO_2 -Efflux am 27. Feb. in der Biogasvariante erklärt sich durch Ausgasen von gelöstem CO_2 im vergorenen Dünger, der an diesem Tag appliziert wurde.

In diesem Beitrag werden ausschließlich die auf dem Feld gemessenen Emissionen verglichen. Die zusätzlichen Emissionen durch Abfahren und Wiederaufbringen des Pflanzenmaterials sowie die Vergärung an sich bleiben hier unberücksichtigt, sie müssen jedoch bei einer vollständigen Systembilanzierung eingerechnet werden. Ebenso muss die Höhe der Erträge (hier $54,0 \text{ dt ha}^{-1}$ in der Biogasvariante und $45,7 \text{ dt ha}^{-1}$ in der Kontrollvariante (STINNER et al., 2005) in die Gesamtbetrachtung einfließen.

Schlussfolgerungen:

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass das Abräumen von Stroh und Zwischenfruchtaufwuchs zur Vergärung und das Applizieren des fermentierten Düngers die durchschnittlichen in-situ N_2O -Emissionen in Winterweizen und vorheriger Zwischenfrucht im viehlosen ökologischen Pflanzenbau auf ca. 60 % vermindern konnte im Vergleich zum üblichen Mulchen und Einarbeiten der Erntereste und Zwischenfruchtaufwüchse in der Kontrollvariante. Allerdings wurde in der Biogasvariante ungefähr 18 % weniger CH_4 vom Boden aufgenommen. In einer gesamten Systembilanzierung der Emissionswerte in CO_2 -Äquivalenten müssen die Ertragsunterschiede der Systeme sowie in der Biogasvariante der Transportaufwand einerseits und die Erzeugung regenerativer Energie andererseits berücksichtigt werden.

Literatur:

Conrad R (1996) Soil microbial processes involved in production and consumption of atmospheric trace gases. In: Gwynfryn Jones J (ed) *Advances in Microbial Ecology*. New York, Kluwer Academic/Plenum Publishers, pp 207-250

Flessa H, Ruser R, Dörsch P, Kamp T, Jimenez M A, Munch J C, Beese F (2002) Integrated evaluation of greenhouse gas emissions (CO_2 , CH_4 , N_2O) from two farming systems in southern Germany. *Agric Ecosyst Environ* 91: 175-189

Kaiser E-A, Ruser R (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

Stinner W, Möller K, Leithold G (2005) Biogaserzeugung im viehlosen Betrieb: Effekte auf Stickstoffmanagement, Erträge und Qualität. In: Tagungsband der 8. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau vom 1.-4. März 2005 in Kassel