

Klimagasemission im Futterbau: Vergleich von leguminosenbasierten und intensiv stickstoffgedüngten Grünlandbeständen

Schmeer, M.¹, Loges, R., Dittert, K.² und Taube, F.

Keywords: Lachgasemissionen, CO₂-Bilanzierung, Leguminosen-Grasbestände

Abstract

Aim of the presented study was the comparison of the specific emissions of CO₂ equivalents of a legume based and a mineral N fertilised grassland considering the N₂O emissions caused by N fertilisation and soil compaction. The field trial was set up on the experimental station "Hohenschulen" in Northern Germany with the factors soil compaction, N fertilisation and experimental year. The N₂O emissions were affected by an interaction of soil compaction and N fertilisation, especially under moist spring conditions. The specific CO₂-equivalent emission per unit energy yield was 67 % higher for the mineral N-fertilised grassland compared to the legume based grassland.

Einleitung und Zielsetzung

In den letzten Jahrzehnten ist eine Intensivierung der Landwirtschaft zu verzeichnen, die auch den Bereich der Grundfutterproduktion betrifft. Innerhalb dieser Entwicklung führt der vermehrte Einsatz großer und schwerer Maschinen zu einem Anstieg der Bodenbelastung. Dabei sind Grünland- und Futterbauflächen im Hinblick auf die Frequenz der Überfahrten häufig stärker betroffen als Ackerflächen. Bodenverdichtung hat in der Regel eine Reduzierung des Porensystems zur Folge und begünstigt Denitrifikationsvorgänge, die zu einem Anstieg der Emissionen von Lachgas führen können (Sitaula *et al.* 2000, Yamulki & Jarvis 2002). Ebenso begünstigt das hohe N-Düngungsniveau auf intensiv genutzten Grünlandstandorten N₂O-Emissionen (Breitenbeck & Blackmer 1980, Velthof *et al.* 1997).

Ziel des Projektes ist ein dreijähriger Vergleich von einem leguminosen-stickstoffbasierten und einem hoch mit mineralischem N- gedüngten Grünlandbestand auf einem norddeutschen Grünlandstandort hinsichtlich Produktivität und Klimagasemission.

Methoden

Der Versuch wurde auf dem Versuchsgut Hohenschulen der CAU Kiel (östliches Hügelland, Schleswig-Holstein, Bodenart: sL mit durchschnittlich 49 BP; Jahresmitteltemperatur 8,3°C, Jahresniederschlag 777 mm) im August 2004 angelegt. Zu Versuchsbeginn wurde für alle Versuchsvarianten ein einheitlicher vielfältiger Ausgangsbestand bestehend aus: Gräsern (Dt. Weidelgras, Wiesenschwingel, Wiesenrispe, Wiesenlieschgras, Knaulgras und Rotschwingel), Leguminosen (Weißklee, Weideluzerne, Hornklee) und Kräutern (Zichorie) angelegt. Die Bestände wurden dreimalig über Schnitt genutzt; es kam in keinem der Bestände zur Anwendung von Pflanzenschutzmitteln. Der Versuch wurde im Split-Plot-

¹ Institut für Grünland und Futterbau/ Ökologischer Landbau, Herrmann-Rodewald-Straße 9, 24118, Kiel, Deutschland, mschmeer@email.uni-kiel.de, www.grassland-organicfarming.uni-kiel.de

² Institut für Pflanzenernährung und Bodenkunde, Herrmann-Rodewald-Straße 2, 24118, Kiel, Deutschland, kdittert@plantnutrition.uni-kiel.de, www.plantnutrition.uni-kiel.de

Design angelegt und mit folgenden Faktoren durchgeführt:

1. N-Versorgung seit 2005: 1.1 Leguminosen-N-Bindung, 1.2 360 kg N/ha als KAS
2. Verdichtung: 2.1 ohne, 2.2 einmalig (Anf. April), 2.3 zweimalig (Anf. April und Juli)
3. Versuchsjahr der erstmaligen Verdichtung (2006, 2007 bzw. 2008).

Die Bodenverdichtungen wurden durch eine Überfahrt mit einem Gespann aus Schlepper und gefülltem Güllefass mit einem Gesamtgewicht von 22 t (Kontaktflächendruck 228 kPa) zu Vegetationsbeginn erreicht. Als Parameter wurden die Trockenmassejahreserträge (TM-Ertrag), die Zusammensetzung des Bestandes aus den funktionellen Gruppen und Futterqualitätsparameter (XP, NEL) erhoben. Die Emissionsmessungen wurden mittels „Close-Chamber“-Methode nach Hutchinson & Mosier (1981) durchgeführt. Die Gasproben wurden wöchentlich und nach Verdichtungs- und Düngungsereignissen über zwei Wochen täglich entnommen. Die kumulativen Emissionen wurden über lineare Interpolation zwischen gemessenen Werten errechnet. Die betriebsbedingten CO₂-Freisetzungen, die durch Bewirtschaftungs- und Erntemaßnahmen sowie Düngemittelherstellung hervorgerufen wurden, wurden für beide, sich in Bezug auf die N-Versorgung unterscheidenden, Bestände entsprechend der Richtlinien der IPCC (2007) berechnet. Messungen zu Veränderungen des C-Pool des Bodens sind noch nicht abgeschlossen, somit erfolgte bislang auch keine komplette CO₂-Bilanzierung. Für die Bilanzierung der Lachgasemissionen bei standorttypischer Nutzung wurde ein Befahren, und damit Bodenverdichtung, von 50% der Fläche angenommen, die durchaus für intensiv genutzte Bestände realistisch ist. Rechnet man die Lachgasemissionen in CO₂-Äquivalente um (Umrechnungsfaktor 300), summiert sie mit der CO₂-Freisetzung durch die Produktion und bezieht diese auf den Energieertrag, so erhält man spezifische CO₂-Äquivalente [kg CO₂/GJ NEL]. Für die statistische Auswertung wurden mit der Prozedur PROC MIXED von SAS 9.1 die Faktoren Verdichtung, N-Düngung und Versuchsjahr sowie deren Wechselwirkungen auf Signifikanz getestet. Der Mittelwertvergleich wurde mittels PDIFF durchgeführt, eine Signifikanz wurde bei p<0,05 erklärt. Die p-Werte wurden mit der Bonferroni-Holm Methode adjustiert.

Ergebnisse und Diskussion

Die Leguminosen-N-basierten Bestände erzielten im dreijährigen Durchschnitt statistisch vergleichbare TM-Erträge wie die mit 360 kg N/ha mineralisch gedüngten Grünlandbestände (Abbildung 1). In Bezug auf die botanische Zusammensetzung präsentierten sich die nicht zusätzlich mit N gedüngten Bestände als dominiert von Luzerne, während sich die gedüngten zu reinen Grasbeständen entwickelten (ohne Abbildung). In Bezug auf die N-Erträge und Futternettoenergiekonzentration blieb die N-Düngung ohne Einfluss (beides grafisch nicht dargestellt).

Die Bodenverdichtung führte in beiden Düngungsregimen zu einer signifikanten Abnahme der TM-Jahreserträge im Bereich von 10-15%. Dabei ist die größte Reduktion des Ertrags im ersten Schnitt zu verzeichnen, während die Folgeaufwüchse zum Teil kompensierend wirken konnten (nicht dargestellt).

Die Lachgasemissionen der Bestände unterlagen in ihrer Ausprägung signifikanten Wechselwirkungen der Faktoren Versuchsjahr, Bodenverdichtung und N-Düngung. Die Wechselwirkung zwischen Düngung und Verdichtung wird besonders bei der kumulativen Darstellung der jährlichen Lachgasemissionen (Abbildung 2) deutlich. In allen Jahren führt in den ungedüngten Varianten die Bodenbelastung zu keinem Anstieg der Lachgasemissionen.

Findet die verdichtende Maßnahme jedoch auf einer hoch gedüngten Parzelle statt, ist in den Jahren 2006 und 2008 ein Anstieg der Emissionen zu registrieren. In den beiden genannten Jahren fand die Bodenverdichtung zu feuchten Bodenverhältnissen statt. Im Jahr 2007 liegen die mittleren Lachgasemissionen über denen der beiden anderen Jahre. Da die Bodenverdichtung 2007 jedoch bei trockenen Verhältnissen stattgefunden hat, bleibt sie ohne Effekt auf die Emissionen. Stärker als in den beiden anderen Versuchsjahren führt die mineralische Düngung vor allem in der nicht verdichteten Variante zu hohen Emissionen.

Der Energieertrag in GJ NEL/ha unterscheidet sich in den beiden Varianten statistisch nicht, dagegen übersteigt die bewirtschaftungsbedingte CO₂-Freisetzung der gedüngten Variante, verursacht durch die Herstellung der N-Düngemittel, jene der ungedüngten um 55 %. Die durch Einbeziehen der Lachgasemissionen errechneten spezifischen CO₂-Emissionen je geernteter Energieeinheit übersteigen in der gedüngten Variante jene der ungedüngten um 67 % (Abbildung 3).

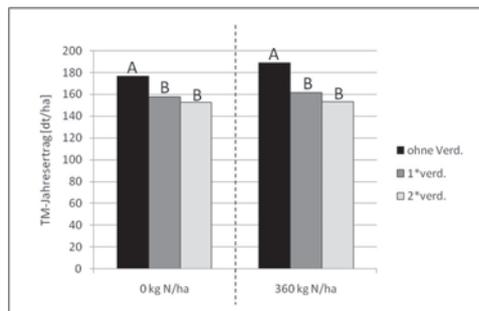


Abbildung 1: Einfluss von Verdichtung und N-Düngung auf die Trockenmassejahreserträge [dt/ha]; Großbuchstaben geben signifikante Unterschiede zwischen Verdichtungsstufen innerhalb einer Düngestufe an.

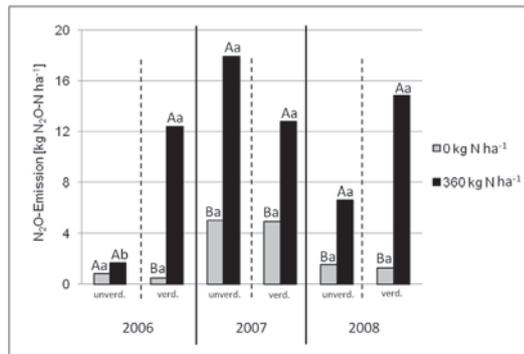


Abbildung 2: Kumulative Lachgasemissionen der drei Versuchsjahre in kg N₂O N/ha in Abhängigkeit von Verdichtung und N-Düngung; Großbuchstaben geben signifikante Unterschiede zwischen N-Stufen innerhalb eines Jahres und einer Verdichtungsstufe an; Kleinbuchstaben geben signifikante Unterschiede zwischen Verdichtungsstufen innerhalb eines Jahres und einer N-Stufe an; std. error of means = 1,11.

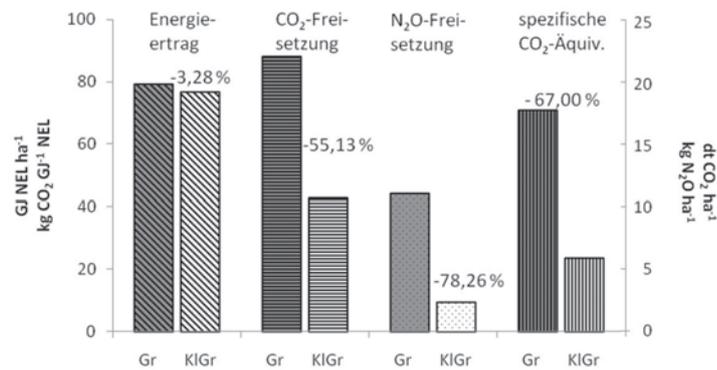


Abbildung 3: Energieertrag [GJ NEL/ha], betriebsbedingte CO₂-Freisetzung [dt/ha], N₂O-Freisetzung [kg N₂O/ha] und spezifische CO₂-Äquivalente [kg CO₂/GJ NEL] von unterschiedlich gedüngtem Grünland (Gr = 360 kg N/ha, KIGr = 0 kg N/ha)

Schlussfolgerungen

Mit leguminosenreichen, mit geringer Stickstoffintensität bewirtschafteten Beständen können zu intensiv gedüngten Grasbeständen vergleichbare Trockenmasseerträge erzielt werden. Vor dem Hintergrund der Klimarelevanz stellen voll produktive Leguminosen-Gras-Mischungen mit verringerten spezifischen Freisetzungsraten an CO₂-Äquivalenten eine gute Alternative zu hochgedüngten Grasbeständen dar.

Literatur

- Breitenbeck G. A., Blackmer A. M., Bremner J. M. (1980): Effects of Different Nitrogen Fertilizers on Emission of Nitrous Oxide from Soil, *Geophys. Res. Lett* 7: 85-88.
- Hutchinson G. L., Mosier A. R. (1981): Improved Soil Cover Method for Field Measurement of Nitrous Oxide Fluxes, *Soil Science Society of America*, 45: 311-316.
- IPCC (2007): 'Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007', Metz B., Davidson O.R., Bosch P.R., Dave R., Meyer L.A. (eds) Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Sitaula B.K., Hansen S., Sitaula J.I.B, Bakken L.R. (2000): Effects of soil compaction on N₂O emission in agricultural soil. *Chemosphere - Global Change Science* 2 367-371.
- Velthof G. L. Oenema O. P., Postma R., van Beusichem M. L (1997): Effects of type and amount of applied nitrogen fertilizer on nitrous oxide fluxes from intensively managed grassland, *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 46: 257-267.
- Yamulki S. Jarvis S. C. (2002): Short-term effects of tillage and compaction on nitrous oxide, nitric oxide, nitrogen dioxide, methane and carbon dioxide fluxes from grassland, *Biol Fertil Soils* 36: 224-231.