

Treibhausgasemissionen nach Grünlandumbruch und Grünlanderneuerungsmaßnahmen

T. Biegemann, R. Loges, F. Taube

Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Grünland und Futterbau, Hermann Rodewald-Str.9,
24118 Kiel,
tbiegemann@gfo.uni-kiel.de

1 Einleitung und Problemstellung

Die Milchproduktion in Nordeuropa unterliegt weiterhin einer zunehmenden Intensivierung. Verschiedene politische Entscheidung, wie zum Beispiel die Förderung der erneuerbaren Energien, in Verbindung mit begrenzter Flächenverfügbarkeit hat die Biomasseproduktion vom Grünland wieder an Bedeutung gewinnen lassen. Um eine gute Narbenqualität zu gewährleisten sind Grünlanderneuerungsmaßnahmen ein Mittel produktive und hoch qualitative Bestände auf solchen Flächen zu etablieren die vermeintlich unter ihrem Produktionsniveau liegen.

Die Grünlanderneuerung ist zumeist mit einer Bodenbearbeitung verbunden. Kurzfristig negative Umweltauswirkungen durch einen Grünlandumbruch sind bekannt. Allem voran entsteht hierbei die Gefahr von Verlagerungen des zuvor in der organischen Substanz gebundenen Stickstoffes. Neben der N-Auswaschung ins Grundwasser [6] liegt heute der Fokus auf den gasförmigen N-Verlusten [7] Hierbei hat vor allem das Distickstoffmonoxid (N_2O) als eines der bedeutendsten anthropogenen Treibhausgase eine wichtige Bedeutung [3].

Es wird davon ausgegangen dass die Bereitschaft für Grünlanderneuerungen in den nächsten Jahren weiter zunehmen wird und hierdurch zusätzliche ökologische Kosten entstehen könnten. Ziel der vorgestellten Untersuchung ist es die N_2O -Emissionen in Abhängigkeit vom Zeitpunkt eines Grünlandumbruches bzw. Grünlanderneuerung zu quantifizieren.

2 Material und Methoden

Bei der Versuchsfläche handelt es sich um einen 1994 angelegten Klee grasbestand. Die Bodentextur ist als mittel lehmiger Sand (S13) (Sand 57%, Schluff 32 %, 11% Ton und 1,7% C_{org}) mit einem pH-Wert von 5,9 klassifiziert. Die mittlere Jahrestemperatur und Niederschlagsmenge betragen 8,9 °C und 795 mm. Der Versuch wurde 2005 als mehrfaktorieller, vollständig randomisierter Parzellenversuch (n=3) angelegt und seither vier Mal im Jahr schnittgenutzt. Der Faktor Düngung beinhaltet jeweils eine ungedüngte und mit 240 kg N $ha^{-1} Jahr^{-1}$ (80/80/40/40) Rindergülle gedüngten Variante. Zur Quantifizierung der kurzfristigen Effekte nach einem Grünlandumbruch auf die Spurengasemissionen (N_2O) erfolgten in den Jahren 2010 – 2013 jeweils Grünlandumbrüche im Frühjahr (Mai) und im Herbst (September). Der Umbruch erfolgte mittels bodenwendender Bearbeitung (-25 cm). Im Anschluss wurde eine Grünlandneuansaat durchgeführt (GIII). Zusätzlich zur Grünlanderneuerung im Frühjahr folgte dem Grünlandumbruch eine Maisnutzung, so dass sich folgende Varianten ergaben:

- a) 17- Jahre altes Dauergrünland als ungestörte **Kontrolle**
- b) Grünlandumbruch im **September** mit anschließender **Neuansaat**
- c) Grünlandumbruch im **April** mit anschließender **Neuansaat**
- d) Grünlandumbruch im **April** mit anschließender **Maisnutzung**

Für die Erfassung des klimarelevanten Spurengases N_2O wurden wöchentlich Messungen nach dem geschlossenen Messkammerprinzip durchgeführt [2]. Der Untersuchungszeitraum erstreckte sich jeweils 12 Monate nach einem Grünlandumbruch. Als weitere Produktionsparameter wurden unter anderem die Trockenmasse- und Energieerträge der einzelnen Varianten erfasst.

3 Ergebnisse und Diskussion

Der Umbruch von Dauergrünland führte in allen Fällen, unabhängig vom Zeitpunkt, zu erhöhten N_2O -N-Emissionen im Vergleich zur Kontrolle ($p < 0.05$). Höchste Flussraten (max. $1641.19 \mu g N_2O-N m^{-2} h^{-1}$) wurden in den ersten 6 Monaten nach einem Grünlandumbruch im September gemessen. Maximale N_2O -Flüsse wurden insbesondere dann ermittelt, wenn Frost oder Frost-Tau-Ereignisse auftraten. Im Zusammenhang mit erhöhten Gehalten von anorganischem Bodenstickstoff und leicht verfügbaren organischen C-Verbindungen besteht die Gefahr von Frost-Tau-Zyklus bedingten N_2O -N-Emissionen [4] wenn der Grünlandumbruch spät im Jahr durchgeführt wird. Nach einem Grünlandumbruch im Frühjahr wurden N_2O -Flussraten von max. $492.17 \mu g N_2O-N m^{-2} h^{-1}$ gemessen (Abb. 1). Obgleich nach einem Grünlandumbruch im Frühjahr deutlich höhere Bodenstickstoffgehalte ermittelt wurden, lagen die Flussraten damit deutlich niedriger als im Herbst. Verantwortlich hierfür können die niedrigen Bodenwassergehalte [1] und die größere Konkurrenz zwischen Pflanzenaufnahme und Bodenmikroorganismen um den verfügbaren Bodenstickstoff [5] genannt werden. Im Vergleich der beiden Umbruchsysteme im Frühjahr lagen die ermittelten Flüsse bei einer Nachnutzung mit Mais etwas höher als bei einer Grünlandneusaat. In beiden Systemen fiel auf, dass es über einen längeren Zeitraum, zu unkontinuierlich höheren N_2O -N-Flüssen kam als nach einem Grünlandumbruch im September.

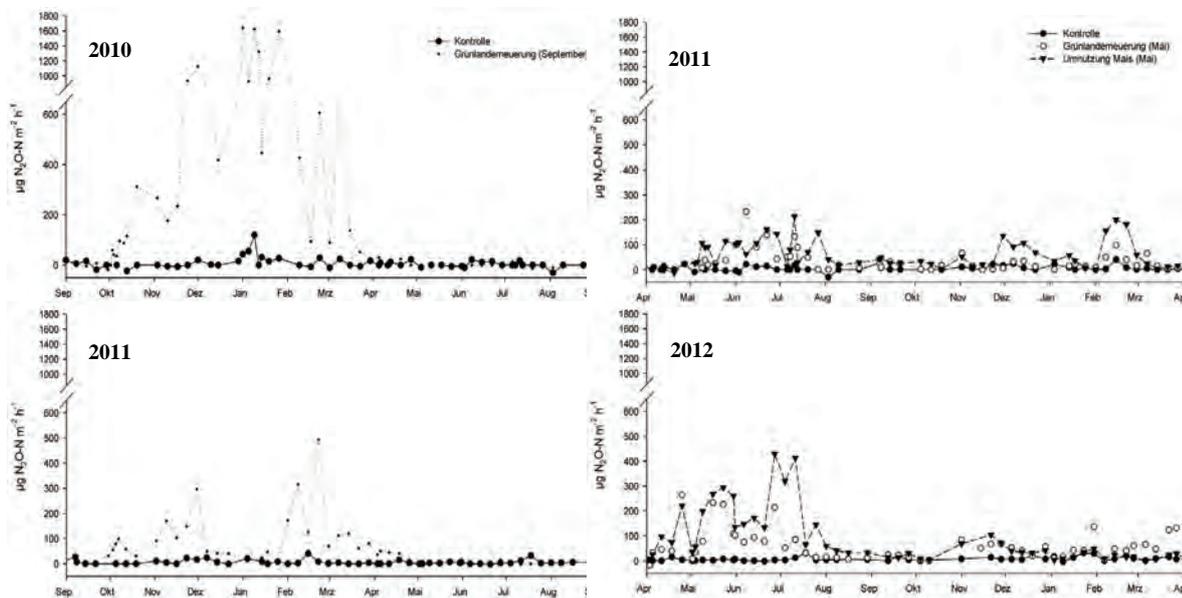


Abb. 1: Wöchentliche N_2O -N-Flüsse ($\mu g N_2O-N m^{-2} h^{-1}$) 12 Monate nach einer Grünlanderneuerungsmaßnahme im Mai und September 2010/11 und 2011/12, sowie nach einem Grünlandumbruch mit anschließender Maisnutzung im Mai 2011/12.

Die kumulierten N_2O -N-Verluste über 12 Monate lagen am niedrigsten in der Kontrolle. Im Vergleich der beiden Grünlanderneuerungen zeigte im Mittel der Grünlandumbruch im September höhere Emissionen als nach einer Maßnahme im Mai (Tab. 1). Ein Grünlandumbruch mit anschließender Maisnutzung führte zu höheren N-Verlusten als eine Grünlanderneuerung im Frühjahr ($p < 0.05$).

Die Stickstoffdüngung führte im Mittel zu höheren N_2O -Verlusten als die ungedüngten Kontrollen. Insbesondere bei einer Grünlanderneuerung im Frühjahr zeigten sich höhere Emissionen, wenn die Bestände einen zusätzlichen N-Eintrag über die Gülledüngung erhielten ($p < 0.05$). Eine erstmalige N-Applikation der Bestände im Frühjahr nach einer Grünlanderneuerung im September zeigte keinen signifikanten Effekt (Tab. 1). Im Falle der Grünlanderneuerung und Maisnutzung nach einem Umbruch im Frühjahr, führte die Düngung von 240 kg N ha^{-1} zu keinem signifikanten Mehrertrag.

Tab. 1: Kumulierte N_2O -N-Emissionen (kg N ha^{-1}) 12 Monate nach einer Grünlanderneuerungsmaßnahme (Mai + September) sowie nach einem Grünlandumbruch mit anschließender Maisnutzung. Großbuchstaben zeigen signifikante Unterschiede innerhalb der Behandlungen. Kleinbuchstaben zeigen signifikante Unterschiede zwischen den Düngungsstufen innerhalb einer Behandlung ($p < 0.05$).

Düngung	Versuchsjahr	N_2O Emission, kg N ha^{-1}			
		Kontrolle	Grünland-erneuerung (Mai)	Grünland-erneuerung (September)	Grünland-umnutzung (Mai)
0	1. (2010/2011)	0.44Aa	1.96Ba	21.31Ca	4.06Ba
+N	1. (2010/2011)	1.40Aa	3.67Bb	23.89Ca	5.70Ca
Ø	1. (2010/2011)	0.92A	2.81B	22.6D	4.88C
0	2. (2011/2012)	0.58Aa	3.90Ba	6.24ABCa	6.32Ba
+N	2. (2011/2012)	0.98Aa	5.39Bb	4.89ABCa	8.24Ca
Ø	2. (2011/2012)	0.78A	4.64B	5.56ABC	7.28C

Bei den ertragsbezogenen Emissionen wies die Kontrolle die niedrigsten THG-Kosten auf ($\text{g N}_2\text{O-N GJ NEL}$). Höchste produktbezogene Kosten entstanden bei einer Grünlanderneuerung im September. Trotz der geringeren Ertragsleistung bei den im Frühjahr erneuerten Grünlandbeständen wiesen diese geringere Emissionen je GJ NEL^{-1} auf ($p < 0.1$). Aufgrund der günstigen Vorfruchtwirkung und der hohen Ertragsleistung konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen der Maisnutzung und den Grünlanderneuerungsmaßnahmen im Frühjahr abgesichert werden (Abb.2).

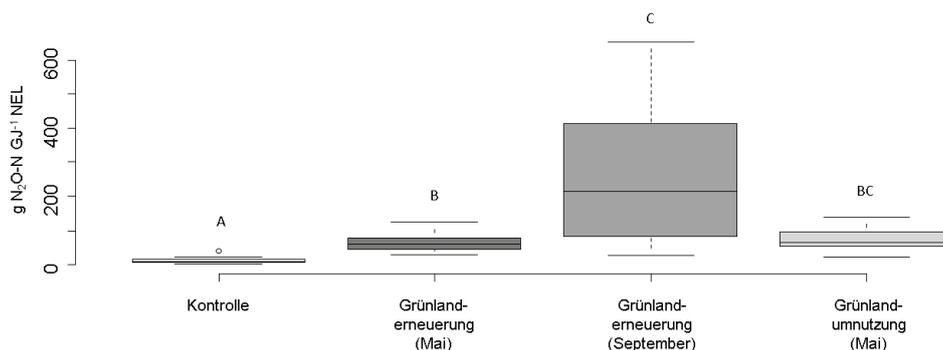


Abb. 2.: Ertragsbezogene N_2O -N-Verluste ($\text{g N}_2\text{O-N GJ}^{-1} \text{ NEL}$) im Initialjahr nach einer Grünlanderneuerung bzw. Grünlandumnutzung. Großbuchstaben zeigen signifikante Unterschiede zwischen den Behandlungen ($p < 0.1$).

4 Schlussfolgerungen

Bei einem Grünlandumbruch bzw. bei Grünlanderneuerungsmaßnahmen entstehen unabhängig vom Zeitpunkt zusätzliche Stickstoffverluste durch das Treibhausgas Distickstoffmonoxid (N_2O). Durch

eine Verlegung der Umbruchmaßnahmen ins Frühjahr kann neben der Stickstoffauswaschung auch das Risiko von N₂O-Emissionen reduziert werden. Die ertragsbezogenen Emissionen waren bei dem ungestörten Dauergrünland am geringsten. Im Vergleich der Umbruchsysteme wies der Grünlandumbruch im Frühjahr, unabhängig von der untersuchten Nachnutzung (Grünlanderneuerung oder Mais), das günstigste Verhältnis zwischen Energieertrag und N₂O-Emissionen auf. Nach einer Grünlanderneuerung im Frühjahr sollte von einer weiteren Stickstoffdüngung abgesehen werden da diese nicht ertragswirksam wäre und zusätzliche THG-Kosten entstehen würden.

5 Literatur

- [1] DOBBIE, K. E. and SMITH, K. A. (2003): "Nitrous oxide emission factors for agricultural soils in Great Britain: the impact of soil water-filled pore space and other controlling variables." *Global Change Biology* 9(2): 204-218.
- [2] HUTCHINSON, G. L. and MOSIER, A. R. (1981): "Improved Soil Cover Method for Field Measurement of Nitrous-Oxide Fluxes." *Soil Science Society of America Journal* 45(2): 311-316.
- [3] IPCC (1996): "IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories."
- [4] KOPONEN, H. T. and MARTIKAINEN, P. J. (2004): "Soil water content and freezing temperature affect freeze-thaw related N₂O production in organic soil." *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 69(3): 213-219.
- [5] RYDEN, J. C. (1981): "N₂O Exchange between a Grassland Soil and the Atmosphere." *Nature* 292(5820): 235-237.
- [6] SEIDEL, K., KAYSER, M., MÜLLER, J. and ISSELSTEIN, J. (2009): "The effect of grassland renovation on soil mineral nitrogen and on nitrate leaching during winter." *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 172(4): 512-519.
- [7] VELTHOF, G. L., HOVING, I. E., DOLFING, J., SMIT, A., KUIKMAN, P. J. and OENEMA, O. (2010): "Method and timing of grassland renovation affects herbage yield, nitrate leaching, and nitrous oxide emission in intensively managed grasslands." *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 86(3): 401-412.