

Langfristige Effekte einer Grünlanderneuerungsmaßnahme auf den Bodenkohlenstoffgehalt und die N₂O-Emissionen

Biegemann, T.¹, Loges, R.¹ und Taube, F.¹

Keywords: Grünland, Grünlanderneuerung, Kohlenstoff, Distickstoffmonoxid

Abstract

An increased demand for renewable raw materials for food and energy production has led to an increased intensification of agricultural production in northern Europe. Grassland, as well as arable production, has been affected by this development. Extensive grassland swards are often renovated with the aim of improving herbage yield and quality. The renovation of grassland leads to a reduction of CO₂-C-fixation rates and increased soil mineralization processes. As a result levels of carbon losses and nitrous oxide (N₂O) emissions increased in the short-term. Few studies have been carried out on the development of soil carbon and nitrous oxide emissions in medium or long-term (>1 year). In order to identify carbon sequestration and N₂O-emissions from grassland of different sward ages (2, 5 and 18 years after grassland re-establishment) a two-year field experiment was conducted on a sandy loam (53 % sand, 19 % silt, 18 % clay, 1.8 % C_{org} and 5.9 pH) in 2010/2011 (2011/2012). The experiment was set up in a split-plot design with three replications (n=3) including a control (no fertilizer) and a fertilized treatment (240 kg N ha⁻¹ year⁻¹ as cattle slurry). The N₂O-emissions were measured using the closed chamber method on a weekly basis. The soil carbon content was measured twice a year from soil cores.

Results showed a lower soil carbon content (0-30 cm) in the two year old sward (63.74 t C ha⁻¹) compared to the 5 year old (72.84 t C ha⁻¹) and 18 year old sward (77.16 t C ha⁻¹) (p≤0.05). No significant relationship could be found between the cumulative N₂O-emissions per year and sward age. On average the 18 years old fertilized grassland showed the highest N₂O-Emission compared to all other treatments in both experimental years (2.56 kg N₂O-N ha⁻¹ in 2010/11 and 1.17 kg N₂O-N ha⁻¹ in 2011/12).

Grassland renovation leads to a decay of soil carbon. In our experiment this effect was compensated within five years of grassland re-establishment (p≤0.05). On average the N₂O-emissions were low in younger swards compared to old grassland (n.s.).

Einleitung und Zielsetzung

Der steigende Verbrauch an nachwachsenden Rohstoffen für die Nahrungsmittelproduktion und die Energieerzeugung erhöht den Bedarf an Anbauflächen und dadurch auch die Nutzungsintensität pro Flächeneinheit. Neben dem klassischen Acker- bzw. Ackerfutterbau sind auch Grünlandbestände von dieser Entwicklung betroffen. Um die Produktivität und Qualität von Grünlandbeständen zu steigern, werden alte, zum Teil extensiv geführte Grünlandbestände umgebrochen und neu angesät. Grünlanderneuerungsmaßnahmen führen bis zur Re-Etablierung des Bestandes zu einer Unterbrechung der CO₂-C-Fixierungsleistung und gleichzeitig zu gesteigerten Mineralisationsraten im Boden [1, 2]. Dadurch sind vor allem kurzfristig erhöhte Kohlenstoff- und

¹ Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung Hermann-Rodewald-Straße 9, 24118, Kiel, Deutschland, tbiegemann@gfo.uni-kiel.de, www.grassland-organicfarming.uni-kiel.de

Stickstoffverluste im Boden zu erwarten, wobei vor allem den gasförmigen Verlusten von Kohlenstoffdioxid (CO₂) und Distickstoffmonoxid (N₂O) eine übergeordnete klimapolitische Bedeutung zukommt. Inwieweit sich der Bodenkohlenstoffgehalt langfristig nach einer Grünlanderneuerungsmaßnahme verhält und ob das Narbenalter für die N₂O-Emissionen von gedüngtem und ungedüngtem Grünland eine Rolle spielt, ist bisher kaum untersucht. Um diesen Fragestellungen nachzugehen, wurden von 2010 bis 2012 auf dem Versuchsgut Lindhof (54,2°N 9,5°O) der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel auf einem vorhandenen Feldversuch Untersuchungen durchgeführt.

Methoden

Bei der ursprünglichen Versuchsfläche handelt es sich um einen 17 Jahre alten, nach Biolandrichtlinien extensiv geführten Klee grasbestand. Die Bodentextur der Versuchsfläche ist als stark sandiger Lehm (Ls4) (Sand 53 %, Schluff 29 %, Ton 18 % und 1,8% 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 im randomisierten Split-Plot-Design (n=3) angelegt und seither viermal im Jahr schnittgenutzt und mit 240 kg N ha⁻¹ Jahr⁻¹ (80/80/40/40) in Form von Rindergülle gedüngt. In den Jahren 2004/2005 sowie 2008/2009 wurden Parzellen jeweils im September gepflügt und anschließend mit einer Klee grassaatmischung neu angesät. Für die beiden Versuchsjahre (April 2010 bis April 2011 bzw. April 2011 bis April 2012) ergaben sich hierdurch folgende Versuchsfaktoren:

- a) Narbenalter nach Grünlanderneuerung bzw. „Neuansaat“: 2 Jahre, 5 Jahre und „17 bzw. 18 Jahre“.
- b) Düngung: Kontrolle (0 kg N ha⁻¹) und 240 kg N ha⁻¹ Jahr⁻¹ als Rindergülle.

Zur Ermittlung der Boden-C-Gehalte wurden jährlich zwei Bodenproben entnommen und die Lagerungsdichte auf jeder Parzelle erfasst. Jede Bodenprobe für die C-Untersuchung setzte sich aus drei Bohrkernen zusammen und wurde als Mischprobe behandelt, auf 30°C bis zur Gewichtskonstante getrocknet und anschließend auf 2 mm gesiebt. C- und N-Konzentrationen wurden mit einem C/N-Analysator, Modell „Varian C/N“ (Elementar Analysensysteme, Hanau, Deutschland), untersucht.

Für die Erfassung des klimarelevanten Spurengases N₂O wurde wöchentlich eine Messung nach dem geschlossenen Messkammerprinzip durchgeführt [3]. Für die jeweilige Messung wurde ein vor Versuchsbeginn in den Boden eingelassener Ring (ø=60cm) für jeweils 40 min mit einer aus PVC gefertigten gasdichten Kammer (h=35cm) verschlossen. Die drei während dieser Zeit entnommenen Gasproben wurden anschließend mit einem ECD-Gaschromatograph, Model „Agilent 7890a“ (Agilent Technologies, Böblingen, Deutschland), auf ihre N₂O-Konzentrationen untersucht. Der Konzentrationsänderung innerhalb der Kammer wurde mittels linearer Regression bestimmt und die kumulierten Jahresflüsse durch lineare Interpolation berechnet.

Ergebnisse und Diskussion

Die Untersuchung der Kohlenstoff-Gehalte in den oberen 30 cm des Bodenhorizontes ergab einen signifikanten Zusammenhang zwischen dem Grünlandnarbenalter (p≤0.05) und der Düngung (p≤0.05). Das 18 Jahre alte Grünland wies im Mittel 13,42 t C ha⁻¹ (p≤0.05) mehr C als das 2 Jahre alte Grünland auf (Abbildung 1). Der C-Gehalt

der gedüngten Parzellen lag im Mittel aller Altersstufen $6,9 \text{ t C ha}^{-1}$ ($p \leq 0.05$) höher als die der ungedüngten Parzellen.

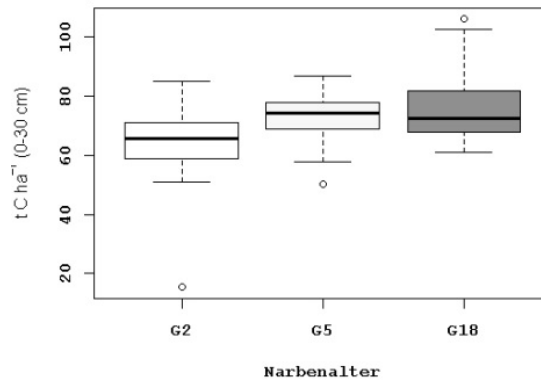


Abbildung 2: Bodenkohlenstoffgehalte (-30 cm) nach 2 (G2) bzw. 5 Jahren (G5) nach einer Grünlanderneuerungsmaßnahme im Vergleich zur 18 Jahre (G18) alten Kontrolle.

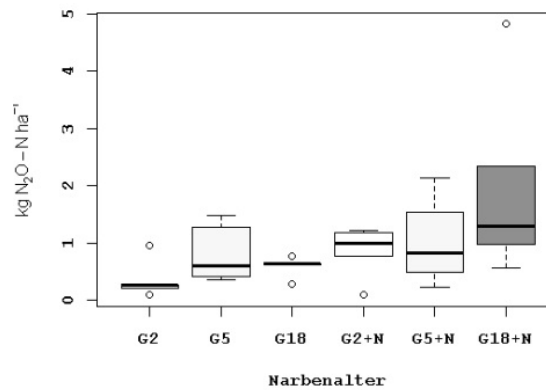


Abbildung 3: Kumulierte N_2O -Emissionen im Mittel der beiden Versuchsjahre (April 2010 bis April 2011 und April 2011 bis April 2012) vom Grünland mit unterschiedlichen Altersstufen nach einer Neuansaat: (G2)= 2 Jahre alt, G(5)= 5 Jahre und G(18)= 18 Jahre alte Kontrolle. +N= Stickstoffdüngung mit $240 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ Jahr}^{-1}$ Rindergülle.

Zwischen dem Narbenalter und den kumulierten N_2O -Emissionen konnte hingegen kein signifikanter Zusammenhang festgestellt werden. In den beiden Versuchsjahren lagen die Emissionen mit 2,56 kg N_2O -N (2010/2011) und 1,17 kg N_2O -N (2011/2012) am höchsten auf dem gedüngten 18 Jahre alten Grünland, wobei mehr als 60 % der annuellen Emissionen zwischen November und März gemessen wurden. Mit 0,24 kg N_2O -N (2010/2011) bzw. 0,43 kg N_2O -N (2011/2012) lagen diese am niedrigsten auf dem 2 Jahre alten ungedüngten Grünland (Abbildung 2). Das gedüngte Grünland wies im Mittel über alle Altersstufen mit 0,67 kg N_2O -N ha^{-1} Jahr^{-1} signifikant höhere Emissionen auf als die ungedüngte Variante ($p \leq 0.05$).

Eine Grünlanderneuerungsmaßnahme kann kurzfristig zu einer Abnahme der Kohlenstoffgehalte im Oberboden (-30 cm) führen. Mittelfristig wurde bei dem vorgestellten Versuch diese Abnahme allerdings durch einen erneuten Aufbau von organischer Bodensubstanz kompensiert, so dass nach fünf Jahren kein signifikanter Unterschied zur Kontrolle (G18) festgestellt werden konnte. Bezüglich der N_2O -Emissionen konnte zwei Jahre nach der Grünlanderneuerung keine gesteigerte Lachgasfreisetzung im Vergleich zu dem 5 und 18 Jahre alten Grünland nachgewiesen werden. Ergebnisse anderer Studien stützen die Schlussfolgerung, dass sich die gesteigerten N_2O -Emissionen auf die ersten 4 bis 6 Monate nach einer Grünlanderneuerungsmaßnahme beschränken [2].

Die organische Düngung führt, wie schon vielfach von anderen Autoren berichtet, zu gesteigerten N_2O -Emissionen [4, 5]. Obgleich die kumulierten N_2O -Emissionen auf dem hier untersuchten 18 Jahre alten gedüngten Grünland im Vergleich zu den anderen Altersstufen am höchsten waren, konnte keine Wechselwirkung zwischen Düngung und Narbenalter bewiesen werden.

Diese Studie wurde gefördert durch das EU INTERREG IVA Programm.

Literatur

- Bouwman, A.F., Direct emission of nitrous oxide from agricultural soils. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 1996. 46: p. 53-70.
- Hutchinson, G.L. and A.R. Mosier, Improved Soil Cover Method for Field Measurement of Nitrous-Oxide Fluxes. *Soil Science Society of America Journal*, 1981. 45(2): p. 311-316.
- Velthof, G.L., et al., Method and timing of grassland renovation affects herbage yield, nitrate leaching, and nitrous oxide emission in intensively managed grasslands. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 2010. 86(3): p. 401-412.
- Velthof, G.L., P.J. Kuikman, and O. Oenema, Nitrous oxide emission from animal manures applied to soil under controlled conditions. *Biology and Fertility of Soils*, 2003. 37(4): p. 221-230.
- Willems, A.B., et al., Carbon dioxide emissions from spring ploughing of grassland in Ireland. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 2011. 144(1): p. 347-351.