

# Lachgasflüsse im Winterweizenanbau – Einfluss von Soja vs. Raps als Vorfrucht bei biologischer gegenüber konventioneller Bewirtschaftung

Florian Egger<sup>1\*</sup>, Colin Skinner<sup>1</sup>, Hans-Martin Krause<sup>1</sup>, Paul Mäder<sup>1</sup> und Andreas Gattinger<sup>1</sup>

## Zusammenfassung

N<sub>2</sub>O Emissionen aus landwirtschaftlichen Böden sind die weltweit grösste Quelle für landwirtschaftliche Treibhausgase. Im Ackerbau sind vor allem die Form und Menge des Stickstoffeintrags und die Bewirtschaftungsmassnahmen die Steuergrössen für N<sub>2</sub>O Emissionen. Diese Studie untersuchte den Einfluss von biologischem und konventionellem Anbau sowie Soja und Raps als Vorfrüchte auf die Lachgasflüsse beim Winterweizenanbau zwischen Ernte der Vorkultur bis Ernte des Winterweizens. Nachweisbare Unterschiede hinsichtlich der Vorfrüchte ergaben sich im zeitlichen Verlauf der Lachgasemissionen. Jedoch resultierten die über den gesamten Untersuchungszeitraum flächenskalierten kumulierten N<sub>2</sub>O Emissionen in keinem wesentlichen Unterschied zwischen den Anbausystemen. Bezogen auf die Zeitspanne zwischen Aussaat und Ernte waren die kumulierten N<sub>2</sub>O Emissionen im biologischen Anbausystem mit Vorfrucht Raps um 30% geringer als im konventionellen System. In dieser Hinsicht ist der Betrachtungszeitraum ein wichtiger Faktor sowohl für die vergleichende Beurteilung der Klimawirkung unterschiedlicher Bewirtschaftungssysteme als auch um Verbesserungspotentiale hinsichtlich einer guten fachlichen Praxis zu erkennen.

*Schlagwörter:* Klimawandel, Ackerbau, Treibhausgas, Biologische Landwirtschaft

## Summary

N<sub>2</sub>O Emissions from agricultural soils are the worldwide biggest source of greenhouse gases derived from the agricultural sector. Form and amount of N inputs and agronomical practices are the main drivers of nitrous oxide (N<sub>2</sub>O) emissions in crop production. This study examined the effect of organic and conventional farming systems and different pre crops on N<sub>2</sub>O emissions during winter wheat cultivation. Measurements covered the whole time-span from harvest of the pre crop until harvest of researched winter wheat. Patterns of nitrous oxide emissions over time showed distinct differences between the pre-crops. However we found no substantial differences between the farming systems in area-scaled over the whole time span cumulated N<sub>2</sub>O emissions. However, just considering the time span from seeding to harvest, cumulated N<sub>2</sub>O emissions in the organic treatment with oilseed rape were 30% lower compared to the conventional system. The observation period is of significant importance for comparative evaluation of different cropping systems concerning their climate impact.

*Keywords:* Climate change, Crop production, Greenhouse gas, Organic farming

## Einleitung

Lachgas (N<sub>2</sub>O) ist ein stark wirksames Treibhausgas (THG) mit einem 298-mal stärkeren Potential als Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) (Pachauri et. al., 2014). Die Landwirtschaft trägt global mit 13.5% an den gesamten Treibhausgasemissionen bei (Barker, 2007), vergleichbar mit den Emissionen aus dem Transportsektor. Innerhalb des landwirtschaftlichen Sektors zählt der Boden mit 40 % Anteil an den Emissionen als grösste Quelle für THG, primär als N<sub>2</sub>O (Smith et al. 2007, Niggli et al 2008). Stickstoffeinträge in den Boden in Form von Dünger, Leguminosen und Ernterückständen spielen dabei eine wichtige Rolle (Skinner et. al, 2014). In dieser Hinsicht setzt die biologische Landwirtschaft auf die Bodenqualität und geschlossene Kreisläufe als Hebel zur Pflanzenernährung, wohingegen in der konventionellen Landwirtschaft der Nährstoffbedarf über synthetische Dünger bereitgestellt wird. Das Ziel dieser Studie war es, den Einfluss von biologischen und konventionellen

Anbausystemen mit unterschiedlichen Vorfrüchten auf die Lachgasemissionen bei Winterweizen zu untersuchen. Wir präsentieren hier die Ergebnisse aus Feldmessungen, die im Zeitraum Oktober 2014 bis Juli 2015 durchgeführt wurden.

## Material & Methoden

Der DOK- Langzeitversuch (7°33'E, 47°30'N) bei Basel (CH) vergleicht seit 1978 vier verschiedene Anbausysteme (BIODYM: Bio-Dynamisch, BIOORG: biologisch-Organisch, CONFYM: Konventionell mit Wirtschaftsdünger, CONMIN: Konventionell mit ausschliesslich Mineraldünger) hinsichtlich Bodenprozesse und Erntequalität. Die Anbausysteme unterscheiden sich primär bezüglich der Dünge- und Pflanzenschutzmassnahmen. Die siebenjährige Fruchtfolge, derzeit die sechste, ist für alle Anbausysteme dieselbe: (2 Jahre Klee gras, Silomais & Gründung, Soja, Winterweizen, Kartoffeln, Winterweizen) Für weiterführende Informationen siehe Mäder et. al. (2002; 2006). Für diese Studie wurden drei Anbausysteme, bei zwei verschiedenen Vorfrüchten, herangezogen: CONMIN-S (Soja), CONMIN-R (Raps), CONFYM-S, CONFYM-R, BIOORG-S, BIORG-

<sup>1</sup> FiBL Forschungsinstitut für biologischen Landbau, CH-5070 Frick

\* Ansprechpartner: Florian Egger, [florian.egger@posteo.de](mailto:florian.egger@posteo.de)



R. Beim Boden handelt es sich um eine Parabraunerde auf Loess. In Tabelle 1 sind alle Feldaktivitäten, die während der Messungen getätigt wurden, gelistet.

Die Gasflüsse wurden mit der geschlossenen Haubenmethode nach Hutchinson und Mosier (1981) bestimmt. Insgesamt gab es 51 Messstage, bei einer wöchentlichen Probennahme und erhöhter Beprobungsintensität während der Feldbewirtschaftung. Die Gasproben wurden im Labor mit einem AGILENT 7890 GC analysiert und die Gasflüsse wurden per Regressionsanalyse nach Pedersen et al. (2010) bestimmt.

**Tabelle 1: Zusammenfassung der Feldbewirtschaftung während der Kultivierung von Winterweizen**

Zeitpunkt	Feldaktivitäten	Anbausystem
03.10.2014	Start N <sub>2</sub> O Messung	BIOORG, CONFYM, CONMIN
08.10.2014	Festmistausbringung 10 t ha <sup>-1</sup>	BIOORG
08.10.2014	Grunddüngung Triplesuperphosphat 46% 26kg P ha <sup>-1</sup> und Kalisalz 60% 33kg K ha <sup>-1</sup>	CONFYM
08.10.2014	Grunddüngung Triplesuperphosphat 46% 30kg P ha <sup>-1</sup> und Kalisalz 60% 105kg K ha <sup>-1</sup>	CONMIN
30.10.2014	Saatbeetvorbereitung mit Kreiselegge	BIOORG, CONFYM, CONMIN
30.10.2014	Saat Winterweizen	BIOORG, CONFYM, CONMIN
19.03.2015	Gülleausbringung 36 kg Gesamt N ha <sup>-1</sup>	BIOORG
19.03.2015	Mineraldüngerbringung Kalk AS 25% und AS 25% mit S, 55 kg ha <sup>-1</sup> N	CONFYM
19.03.2015	Mineraldüngerbringung AS 25% 50 kg N ha <sup>-1</sup>	CONMIN
09.04.2015	150 g ha <sup>-1</sup> Herbizid (Concert SX) + 1l ha <sup>-1</sup> Halmverkürzer 180 + 1l ha <sup>-1</sup> CCC	CONFYM und CONMIN
10.04.2015	Gülleausbringung 36 kg Gesamt N ha <sup>-1</sup>	BIOORG
15.04.2015	Mineraldüngerbringung mit Kalk 20%; 30 kg N ha <sup>-1</sup>	CONFYM und CONMIN
22.04.2015	Fungizid Pronto Plus 1.5 l ha <sup>-1</sup>	CONFYM und CONMIN
23.04.2015	Gülleausbringung 36 kg Gesamt N ha <sup>-1</sup>	BIOORG
12.05.2015	Mineraldüngerbringung mit Kalk 20%; 40 kg N ha <sup>-1</sup>	CONFYM und CONMIN
02.07.2015	Ende der N <sub>2</sub> O Messung	BIOORG, CONFYM, CONMIN
14.07.2015	Ernte	BIOORG, CONFYM, CONMIN

## Ergebnisse

Der zeitliche Verlauf der Lachgasemissionen wies bei allen Anbausystemen ein ähnliches Muster auf. Wie schon früheren Studien zeigten, liegen die Ursachen dafür hauptsächlich in der Witterung und der Feldbewirtschaftung (Mutegi et al., 2010; Chirinda et al., 2010). Insgesamt konnten vier Phasen identifiziert werden. In der ersten Phase gab es aufgrund der Bodenbearbeitung und der Einarbeitung der Pflanzenrückstände eine erhöhte Mineralisation und damit verbunden die höchsten N<sub>2</sub>O-Emissionen im ganzen Messverlauf. Die zweite Phase begann nach der Aussaat des Winterweizens und dauerte bis zum ersten Frost. In dieser Phase gab es vor allem in den Parzellen mit Soja als Vorfrucht erhöhte Emissionen. Die dritte Phase war während der Wintermonate, wo ein einzelnes Frost-Tau Ereignis im Februar geringe N<sub>2</sub>O Emissionen verursachte. Die vierte Phase startete mit Beginn der ersten Düngung. Hierbei gab es einen Anstieg in den Soja-Verfahren während die Raps-Verfahren relativ schwach reagierten. Dies änderte sich erst nach der dritten Düngung, wo in allen Raps-Verfahren ein Anstieg der Emissionen zu erkennen war. Dieser Unterschied zwischen Raps und Soja kann auf das unterschiedliche C:N Verhältnis zurückgeführt werden. Soja als proteinreiche Pflanze weist dabei im Vergleich zu Raps ein enges C:N Verhältnis auf. Bei einem weiten C:N Verhältnis wird die Mineralisationsrate verringert und N immobilisiert (Hao et al., 2001) und dadurch kann weniger N<sub>2</sub>O gebildet werden.

Bezogen auf den gesamten Messzeitraum wurden keine wesentlichen Unterschiede in den flächenskaliert kumulierten Lachgasemissionen je Anbausystem und Vorfrucht

gefunden. Den höchsten kumulierten Fluss wies CONMIN-S (1.75±0.14 kg N ha<sup>-1</sup> und 272 d<sup>-1</sup>) auf und der geringste kumulierte Fluss wurde im System CONMIN-R (1.56±29 kg N ha<sup>-1</sup> und 272 d<sup>-1</sup>) gefunden.

## Diskussion

Was die Beurteilung der kumulierten Lachgasflüsse im Zeitverlauf betrifft wird deutlich, dass der Betrachtungszeitraum einen wesentlichen Einfluss auf das Ergebnis hat. So wurden in allen Verfahren 40%-50% der kumulierten Lachgas-Emissionen während der Saatbeetvorbereitung vor

der Winterweizenaussaat gemessen. Insgesamt wurden in allen Verfahren 70%-80% der Emissionen innerhalb der ersten 50 Tage (Beginn Saatbeetvorbereitung bis erster Frost) der Winterweizenkultivierung gemessen. Hinsichtlich der Vermeidung von Nährstoffverlusten und einer optimierten fachlichen Praxis bedarf diese Kultivierungsphase einer erhöhten Aufmerksamkeit. Eine reduzierte Betrachtung von allein der Zeitspanne zwischen Aussaat bis Ernte würde einen Unterschied in den flächenskaliert kumulierten Lachgasemissionen zwischen den Anbausystemen hervorbringen. So waren in diesem Betrachtungszeitraum die kumulierten Emissionen in den beiden biologischen Verfahren um 30% (BIOORG-R) und 9% (BIOORG-S) geringer verglichen mit dem Verfahren mit den höchsten Emissionen (CONMIN-S).

## Literatur

- Barker T, Bashmakov I, Bernstein L, Bogner JE, Bosch PR, Dave R, et al. Technical Summary. In: Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. 2007.
- Chirinda N, Carter M, Albert K, Ambus P, Olesen J, Porter J, et al. Emissions of nitrous oxide from arable organic and conventional cropping systems on two soil types Agriculture, Ecosystems & Environment 2010; 136: 199-208.
- Hao X, Chang C, Carefoot JM, Janzen HH, Ellert BH. Nitrous oxide emissions from an irrigated soil as affected by fertilizer and straw management. Nutrient Cycling in Agroecosystems 2001; 60: 1-8.
- Hutchinson GL, Mosier AR. Improved Soil Cover Method for Field Measurement of Nitrous Oxide Fluxes. Soil Sci. Soc. Am. J. 1981; 45: 311-316.

- Mäder P, Fließbach A, Dubois D, Gunst L, Fried P, Niggli U. Soil Fertility and Biodiversity in Organic Farming. *Science* 2002; 296: 1694-1697.
- Mäder P, Fließbach A, Dubois D, Gunst L, Jossi W, Widmer F, et al. The DOK experiment (Switzerland). In: Raupp J, Pekrun C, Oltmanns M, Köpke U, editors. Long-term field experiments in organic farming. Verlag Dr. Köster, Berlin, 2006, pp. 41-58.
- Mutegi J, Munkholm LJ, Petersen BrM, Hansen EMI, Petersen SrO. Nitrous Oxide Emissions and Controls as Influenced by Tillage and Crop Residue Management Systems 6, 2010, pp. 67-67.
- Niggli U, Schmid H, Fließbach A. Organic farming and climate change 2008.
- Pachauri RK, Allen M, Barros V, Broome J, Cramer W, Christ R, et al. Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. 2014.
- Pedersen AR, Petersen SO, Schelde K. A comprehensive approach to soil-atmosphere trace-gas flux estimation with static chambers. *European Journal of Soil Science* 2010; 61: 888-902.
- Skinner C, Gattinger A, Muller A, Mäder P, Fließbach A, Stolze M, et al. Greenhouse gas fluxes from agricultural soils under organic and non-organic management — A global meta-analysis. *Science of The Total Environment* 2014; 468–469: 553-563.
- Smith P, Falloon P, Franko U, Körschens M, Lal R, Paustian K, et al. Greenhouse Gas Mitigation Potential in Agricultural Soils In: Canadell JG, Pataki DE, Pitelka LF, editors. *Terrestrial Ecosystems in a Changing World*. Springer Berlin Heidelberg, 2007, pp. 227-235.