

Emission und Aufnahme von Lachgas und Methan durch Ackerböden in der Fruchtfolgesequenz Kunstwiese – Silomais unter konventioneller und biologischer Bewirtschaftung

Skinner, C.¹, Krauss, M.², Hansen, S.³, Mayer, J.⁴, Mäder, P.⁵ und Gattinger, A.⁶

Keywords: Boden, THG, Ertrag, biologisch, konventionell, DOK

Abstract

Organic farming systems provide multiple environmental benefits. Concerning climate change they have a substantial mitigation potential. Skinner et al. (2014) evaluated with Meta-Analysis the global dataset on comparative field measurements of soil greenhouse gas (GHG) fluxes under organic and non-organic agricultural management that have been published by the end of 2012. They showed that for arable land-use under organic management compared to non-organic 1) the cumulated area-scaled N₂O emissions are about 15 % lower, 2) yield-scaled N₂O emissions are slightly higher and 3) CH₄ uptake is higher. However, this database is thin and further field measurements covering whole crop rotations are needed to close knowledge gaps. Therefore soil GHG fluxes are measured since August 2012 in the DOK long-term experiment. Thereby the findings of the Meta-Analysis serve as hypotheses. The measurement results from a grass-clover - maize crop sequence confirm the hypotheses one and three. However hypothesis two was significantly rejected by the biodynamic system compared to the conventional system with farmyard manure.

Einleitung und Zielsetzung

Die Biologische Landwirtschaft fördert konzeptionell gezielt Bodenerhalt wie – Fruchtbarkeit was unter anderem auch eine Minderung der Treibhausgas (THG) Emissionen aus Landwirtschaftsböden zur Folge hat. Skinner *et al.* (2014) analysierten den Ende 2012 vorhandenen globalen Datensatz aus publizierten und wissenschaftlich begutachteten Studien hierzu. Auswahlkriterium war, das sie auf vergleichenden Feldmessungen von bodenbürtigen THG-Flüssen unter biologischer gegenüber konventioneller Bewirtschaftung basierten. Für die Landnutzungs-kategorie Ackerland waren unter biologischer Bewirtschaftung die kumulierten Emissionen an Lachgas (N₂O) flächenskaliert rund 15 % geringer, ertragsbezogen leicht höher. Wobei ein lediglich 9 % höherer Ertrag des Biolandbaus diese Differenz der ertragskalierten N₂O Emissionen ausgleichen würde. Die Methan (CH₄) Senkleistung war unter biologischer Bewirtschaftung etwas grösser.

¹ Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL), Ackerstrasse 113, 5070, Frick, Schweiz, colin.skinner@fibl.org, www.fibl.org

² Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL), maike.krauss@fibl.org, www.fibl.org

³ Bioforsk Økologisk, Gunnarsveg 6, 6630 Tingvoll, Norwegen, sissel.hansen@bioforsk.no, www.bioforsk.no

⁴ Agroscope, Reckenholzstrasse 191, 8046 Zürich, Schweiz, jochen.mayer@art.admin.ch, www.agroscope.ch

⁵ Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL), paul.maeder@fibl.org, www.fibl.org

⁶ Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL), andreas.gattinger@fibl.org, www.fibl.org

Die Datenlage ist jedoch dünn. Vor allem hat es zu wenige Langzeitmessungen über ganze Fruchtfolgeperioden. Aus der Schweiz gibt es bislang dazu keine Feldmessungen. Mit der zunehmenden Bedeutung biologischer Landwirtschaft wächst auch der Bedarf an differenzierten Informationen, nicht nur für die nationalen Treibhausgasinventare ebenso zugunsten weiterer Optimierung der guten fachlichen Praxis unter anderem mit den Zielen N-Verluste aber auch N-Austräge in die Umwelt zu minimieren.

Der DOK Systemvergleich ist umfassend dokumentiert, die differenzierte Bewirtschaftungsweise seit 1978 hat zu unterschiedlichen chemischen, physikalischen und biologischen (Esperschütz *et al.* 2007) Bodeneigenschaften geführt. Im August 2012 wurden dort vergleichende Feldmessungen der bodenbürtigen Gasflüsse aufgenommen. Im Folgenden werden Ergebnisse aus der Fruchtfolgesequenz Kunstwiese⁷ - Silomais dargestellt.

Methoden

Seit August 2012 werden mit der statischen Hauben-Methode nach Hutchinson und Mosier (1981) im DOK Systemvergleich im Wochenrhythmus und ereignisbezogen die bodenbürtigen Gasflüsse beprobt. Parallel dazu werden Bodenproben gezogen um die Nmin, TOC, DOC und DON Gehalte sowie das wassergefüllte Porenvolumen (WFPS) zu bestimmen. Fünf Verfahren werden untersucht: BIODYN, BIOORG, konventionell mit Mist und Mineraldünger: CONFYM – jeweils Düngungsstufe 2 (1.4 DGVE), konventionell ausschliesslich Mineraldüngung: CONMIN – Normdüngung (angepasst an P und K Bodengehalte), sowie NOFERT. Die Düngungsintensität der biologisch und konventionell bewirtschafteten Parzellen ist systemtypisch (Mäder *et al.* 2002).

Als Arbeitshypothesen dienen die Ergebnisse der Meta-Analyse: Unter biologischer Bewirtschaftung sind im Vergleich zu einer konventionellen die Lachgasemissionen flächenskaliert niedriger, ertragskaliert jedoch höher aufgrund des Minderertrags des biologischen Landbaus. Die Methan Senkleistung biologisch bewirtschafteter Böden ist höher.

Ergebnisse und Diskussion

Tabelle 1: Kumulierte Lachgas- und Methanflüsse unter Kunstwiese (24.8.2012 – 8.5.2013) - flächenskaliert

	Ø über alle Systeme *	BIODYN #	BIOORG #	CONFYM #	CONMIN #	NOFERT #
N ₂ O ha ⁻¹	332 ±121 g N ₂ O-N ha ⁻¹	60.5 ±12.8% b	81.6 ±16.8% ab	100 ±16.1% a	59.9 ±11.8% b	19.9 ±4.2% c
CH ₄ ha ⁻¹	-234 ±117 g CH ₄ ha ⁻¹	-317.1 ±99.6% a	-165.2 ±93.6% ab	-100 ±75.4% ab	-103 ±91% ab	-46.9 ±48.7 b

*: Mittelwerte über alle Systeme ±Streuung; #: Die Angaben je Anbausystem sind Prozentwerte ±Streuung bezogen auf den jeweiligen absoluten Wert für CONFYM, unterschiedliche Buchstaben verweisen auf signifikante Unterschiede (p=0.05).

⁷ Kunstwiese (helvetisch) = Klee gras

Unter der Kunstwiese waren die Lachgasflüsse niedrig und führten lediglich bei der Gegenüberstellung von BIODYN zu CONFYM zu einem signifikanten Unterschied zwischen den biologischen und konventionellen Anbausystemen (Tabelle 1). Im Verlauf des Septembers 2012 sanken die Flussraten von anfänglich 20 – 90 $\mu\text{g N}_2\text{O-N m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ auf unter 20 $\mu\text{g N}_2\text{O-N m}^{-2} \text{ h}^{-1}$. Nach den ersten Frostnächten im Dezember 2012 und bei Bodentemperaturen unter 5°C verblieben die Flussraten kontinuierlich bis gegen Ende Mai 2013 unter 10 $\mu\text{g N}_2\text{O-N m}^{-2} \text{ h}^{-1}$. Diese Flussraten waren zusammen mit den jeweiligen Verhältnissen von WFPS, Bodentemperatur und N_{\min} Bodengehalten kongruent zu den von Conen *et al.* (2000) definierten Vorhersagekriterien für Lachgas-Flussraten. Die CH_4 Flussraten waren unter der Kunstwiese ebenfalls niedrig. Sie pendelten zwischen -15 und +5 $\mu\text{g CH}_4\text{-C m}^{-2} \text{ h}^{-1}$. Kumuliert resultierte für alle Systeme eine Methan-Aufnahme. Diese war für die biologischen Systeme höher, die Unterschiede waren bei $p=0.05$ jedoch nicht signifikant.

Der letzte Grasschnitt, die systemtypische Grunddüngung mit Mist, der Umbruch der Kunstwiese und nicht zuletzt die Saatbeet Vorbereitung für den Silomais liessen das Emissionsniveau für N_2O anhaltend auf $200 \pm 100 \mu\text{g N}_2\text{O-N m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ ansteigen.

Tabelle 2: Kumulierte Lachgasemissionen für a) die Umbruchphase (7.5.2013 – 30.5.2013), b) Emissionen aus Umbruchsphase auf 1 Jahr hochgerechnet und c) für die Gesamtdauer der Silomais Kultur

	BIODYN	BIOORG	CONFYM	CONMIN	NOFERT
a) $\text{kg N}_2\text{O-N ha}^{-1}$ (SE) für 23 Tage	0.16 (0.07)	0.17 (0.03)	0.56 (0.25)	0.15 (0.03)	0.09 (0.02)
b) $\text{kg N}_2\text{O-N ha}^{-1}$ (SE) für 365 Tage	2.61 (1.12)	2.67 (0.45)	8.93 (4.14)	2.33 (0.53)	1.40 (0.31)
c) $\text{kg N}_2\text{O-N ha}^{-1}$ (SE) für 117 Tage	2.15 (0.66)	3.13 (1.05)	4.35 (1.35)	3.73 (1.58)	4.04 (1.03)

Die vormalige Kunstwiese soll den folgenden Kulturen als Nährstoffquelle dienen. So bestehen sind die erhöhten N_2O Emissionen während der Brache nach dem Umbruch bis zur Ansaat des Silomais, gut 3 Wochen, als erheblichen N-Verluste zu werten. Auf ein Jahr hochgerechnet entsprechen diese Emissionen in etwa den kumulierten Lachgasemissionen für die gesamte Dauer der Silomais-Kultur. Eine Bewirtschaftungsstrategie, welche zwischen Umbruch und Saat möglichst wenige Tage verstreichen lässt, könnte zielführend sein. Dies bedingt jedoch situative Beurteilungen, denn ein Absetzen des gepflügten Ackers ist aus pflanzenbaulicher Sicht erwünscht, ebenso eine gewisse Wartezeit, damit sich potenziell keim- bzw. wachstumshemmende Verbindungen abbauen können.

Nach der Saat des Silomais reduzierten sich die anfänglich erhöhten N_2O Flussraten. Ein kleinerer Peak folgte auf die erste, der grösste mit bis zu rund $1200 \mu\text{g N}_2\text{O-N m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ auf die zweite Güllegabe. Nach der Maisernte stiegen die Emissionsraten nochmals an. Unter Mais waren die flächenskalierten N_2O -Emissionen ähnlich den Düngergaben in den biologischen Anbausystemen im Schnitt rund einen Drittel niedriger als in den konventionellen. Ertragsbezogen wurde unter BIODYN weniger N_2O emittiert als unter CONFYM. Dies widerspricht den hypothetischen Erwartungen, insbesondere als die Erträge im biodynamischen System 27 % niedriger waren.

Tabelle 3: Lachgasemissionen unter Silomais (7.5.2013 - 24.9.2013) flächen- und ertragskaliert, Düngergabe und Erträge

	Ø über alle Systeme *	BIODYN #	BIOORG #	CONFYM #	CONMIN #	NOFERT #
N ₂ O ha ⁻¹	3.81 ± 0.7 kg N ₂ O-N ha ⁻¹	48.8 ±12.4%	68 ±21.6%	100 ±24.3%	78.9 ±32.1%	84.2 ±20.9%
		a	ab	b	ab	ab
Dünger- gabe **	kg N _{tot} ha ⁻¹ (%)	143 (42.7%)	182 (54.3%)	335 (100%)	170 (50.8%)	0 (0%)
N ₂ O t ⁻¹ Ertrag	286 ± 81g N ₂ O-N t ⁻¹ DM	67.7 ±20.1%	95.1 ±18.6%	100 ±21%	83.3 ±33.6%	179.5 ±23.3%
		a	a	ab	a	b
Ertrag	14.41 t DM ha ⁻¹	72.9 ±5.9%	71 ±1.8%	100 ±8.9%	96.7 ±5.7%	46.5 ±2.8%
		a	a	b	b	c

*: Mittelwerte über alle Systeme ±Streuung; #: Die Angaben je Anbausystem sind Prozentwerte ±Streuung bezogen auf den jeweiligen absoluten Wert für CONFYM, unterschiedliche Buchstaben verweisen auf signifikante Unterschiede (p=0.05); **: Applizierte Düngermenge je System in kg N_{tot} ha⁻¹ (für CONMIN beinhaltet es nur N_{min}); in Klammern: applizierte Menge prozentual bezogen auf CONFYM.

Über die ganze Fruchtfolgesequenz Kunstwiese - Silomais betrachtet emittierten die biologischen Systeme flächenbezogen 39 % weniger Lachgas als die konventionellen. Ebenso waren die Emissionen ertragsbezogen niedriger. 12 % bei einem insgesamt 8 % niedrigeren Ernteertrag. Der Raufutterertrag von BIOORG entsprach dem von CONFYM und lag höher als für CONMIN.

73 % Silomais Ertrag mit 43 % N-input für BIODYN verglichen mit CONFYM, ein Raufutterertrag für BIOORG entsprechend CONFYM und höher als für CONMIN; beide Beobachtungen weisen darauf, dass Optimierungen im Bereich der Nährstoffeffizienz bedeutende THG Minderungspotentiale beinhalten können. Für ein differenziertes systemisches Verständnis der C und N Prozesse im Boden sind Kenntnisse über die effektiven Stoffflüsse Voraussetzung.

Literatur

- Conen F., Dobbie K. E., Smith K. A. (2000): Predicting N₂O emissions from agricultural land through related soil parameters. *Global Change Biology* 6: 417-426
- Skinner C., Gattinger A., Müller A., Mäder P., Fließbach A., Stolze M., Ruser R., Niggli U. (2014): Greenhouse gas fluxes from agricultural soils under organic and non-organic management – A global meta-analysis. *STOTEN* 468-469: 553-563.
- Esperschütz J., Gattinger A., Mäder P., Schloter M., Fließbach A. (2007): Response of soil microbial biomass and community structures to conventional and organic farming systems under identical crop rotations. *FEMS Microbiol Ecol* 61: 26–37.
- Hutchinson G.L., Mosier A.R. (1981): Improved soil cover method for field measurement of nitrous oxide fluxes. *Soil Sci Soc Am J* 45:311–316.
- Mäder, P., Fließbach, A., Dubois, D., Gunst, L., Fried, P., Niggli, U. (2002): Soil fertility and biodiversity in organic farming. *Science* 296: 1694-1697.