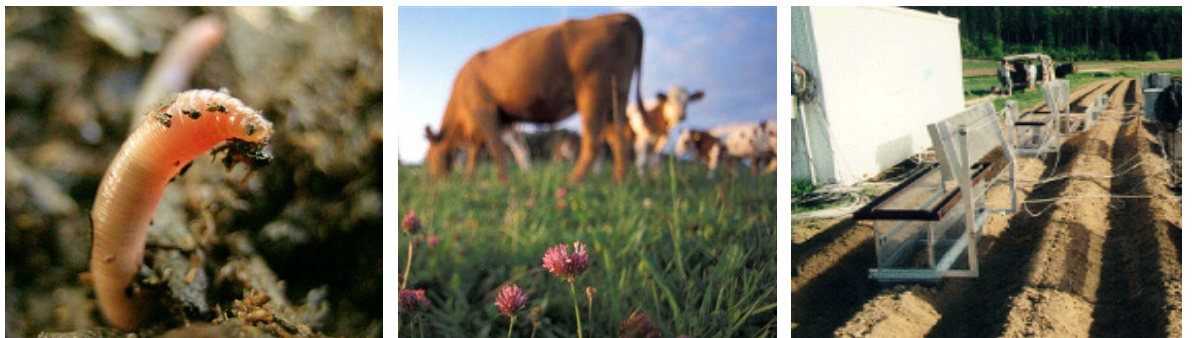


# Quellen und Senken von Treibhausgasen auf landwirtschaftlichen Böden



## Autoren

Andreas Gattinger, Colin Skinner, Andreas Fließbach,  
Paul Mäder

2. Zwischenbericht: Zeitraum 01.11.2012 – 31.10.2013

Frick, im November 2013

## 1. Hintergrund und Zielsetzung

Bei der Emissionsinventarisierung in der Schweiz bestehen grosse Unsicherheiten hinsichtlich der Treibhausgasflüsse in landwirtschaftlichen Böden. Das vorliegende Projekt „Quellen und Senken von Treibhausgasen auf landwirtschaftlichen Böden“, gefördert von BAFU und BLW, zielt darauf ab, diese Flüsse für Ackerland unter verschiedenem Management zu bestimmen. Dadurch wird der Kenntnissstand verbessert, was u.a. eine genauere Berichterstattung der Treibhausgas(THG)-Emissionen der Schweizer Landwirtschaft ermöglicht.

## 2. Auftrag und Leistungsbeschreibung

Das Projekt verfolgt die nachstehenden Ziele:

1. Bestimmung der zeitlichen Dynamik von THG-Flüssen in Böden des DOK-Versuchs über zwei Vegetationsperioden hinweg.
2. Bestimmung des Einflusses von organischer und mineralischer Düngung sowie von unterschiedlichen Bewirtschaftungssystemen auf die Kohlenstoffspeicherung in Böden und auf die THG-Emissionen.
3. Untersuchung des Einflusses der Bewirtschaftung von Futterbauflächen (Schnitt, Düngung, Pflügen) auf die Freisetzung von THG.
4. Abschätzung von möglichen Zielkonflikten zwischen Bodenkohlenstoffspeicherung und der Reduktion von THG-Emissionen.
5. Erste Modellrechnungen zur Hochskalierung der gewonnenen Daten auf regionale und nationale Ebene auf Grundlage der aktuellen Landnutzungsstatistik.

Das Projektvorhaben ist in vier Module gegliedert, gemäss der Projektofferte vom 02.03.2012, in der auch das methodische Vorgehen und der Zeitplan detailliert beschrieben sind.

## 3. Stand der Arbeiten

Im Berichtszeitraum konnten alle geplanten Arbeitsschritte und Forschungsaktivitäten abgeschlossen bzw. begonnen werden. Eine Übersicht der durchgeführten Aktivitäten und der Bezug zu den einzelnen Modulen in der Projektofferte vom 02.03.2012 ist der Anhang-Tabelle 2 zu entnehmen.

Im Folgenden werden nun die wichtigsten Aktivitäten und Ergebnisse während des Berichtszeitraums beschrieben.

## 3.1. Experimentelle Umsetzung und Beprobung von Verfahren und Kulturen im Feld

### 3.1.1. Versuchsplanung

Nach internen Beratungen und Rücksprache mit wissenschaftlichen Projektpartnern wurden für die Projektlaufzeit 2012-2015 folgende Kulturfolgen / Schläge sowie Verfahren für die Untersuchungen ausgewählt:

- Kunstwiese 2 (2012) – Silomais & Gründüngung (2013) – Raps (Subparzelle von Soja) (2014) – Winterweizen 1 (2015) in **Schlag a**
- Winterweizen 2 (2013) – Kunstwiese 1 (2013) in **Schlag b**
- Verfahren; Stufe Normdüngung: M (CONMIN), K2 (CONFYM), O2 (BIOORG) und D2 (BIODYN); seit 03/2013 auch Nulldüngungsvariante NOFERT, um Hintergrundemissionen abzuschätzen. Alle Verfahren beinhalten vier Wiederholungsparzellen (n = 4) mit jeweils zwei Gassammelhauben pro Parzelle.

Erstmals wird seit September 2013 Winterraps in Kleinparzellen im DOK-Versuch angebaut. So wurden im Spätsommer im Rahmen des NFP-68-Projekts „Agricultural management and below ground carbon inputs – sustaining soil quality“ von Jochen Mayer, ART, in den nördlichen Eckbereichen der Parzellen von Schlag a Subparzellen ausgegrenzt und Anfang September mit Raps bestellt. Winterraps gewinnt in der Europäischen als auch in der Schweizer Landwirtschaft zunehmend an Bedeutung, und wird zudem, im Gegensatz zu Soja, intensiv gedüngt. Ausserdem planen H.-M. Krause und A. Gattinger in diesen Rapsparzellen im Zusammenhang ihres NFP-68-Projekts „Structure and function of N<sub>2</sub>O producing and reducing microbial communities as influenced by soil management“ molekularbiologische Analysen der nitrifizierenden und denitrifizierenden Mikroorganismengemeinschaften, gekoppelt mit dem Nachweis von <sup>15</sup>N<sub>2</sub>O und <sup>15</sup>N<sub>2</sub> durchzuführen. Dieses Projekt wird wertvolle Detailinformationen zum Einfluss der Bodenmikroorganismengemeinschaften auf die beobachteten Lachgasflüsse im DOK-Versuch liefern. Deshalb haben wir uns entschlossen, diese Kultur in das Messprogramm aufzunehmen. Diese Rapsparzellen werden seit Rapsaussaat am 2.9.2013 routinemässig untersucht.

### 3.1.2. Treibhausgasmessungen im Schlag a „Kunstwiese 2 – Silomais – Grünbrache“

Die Routinemessungen in Schlag a wurden am 24.8.2012 unter Kunstwiese 2 aufgenommen und werden seitdem in wöchentlichem Rhythmus durchgeführt. In der zweiten Maihälfte 2013 wurde die Kunstwiese umgebrochen und Mais gesät. Dieser wurde am 25.9.2013 geerntet. Nach dem Abmulchen der Stoppeln wurden am 9.10.2013 Chinakohlrüben als abfrierende Grünbrache gesät.



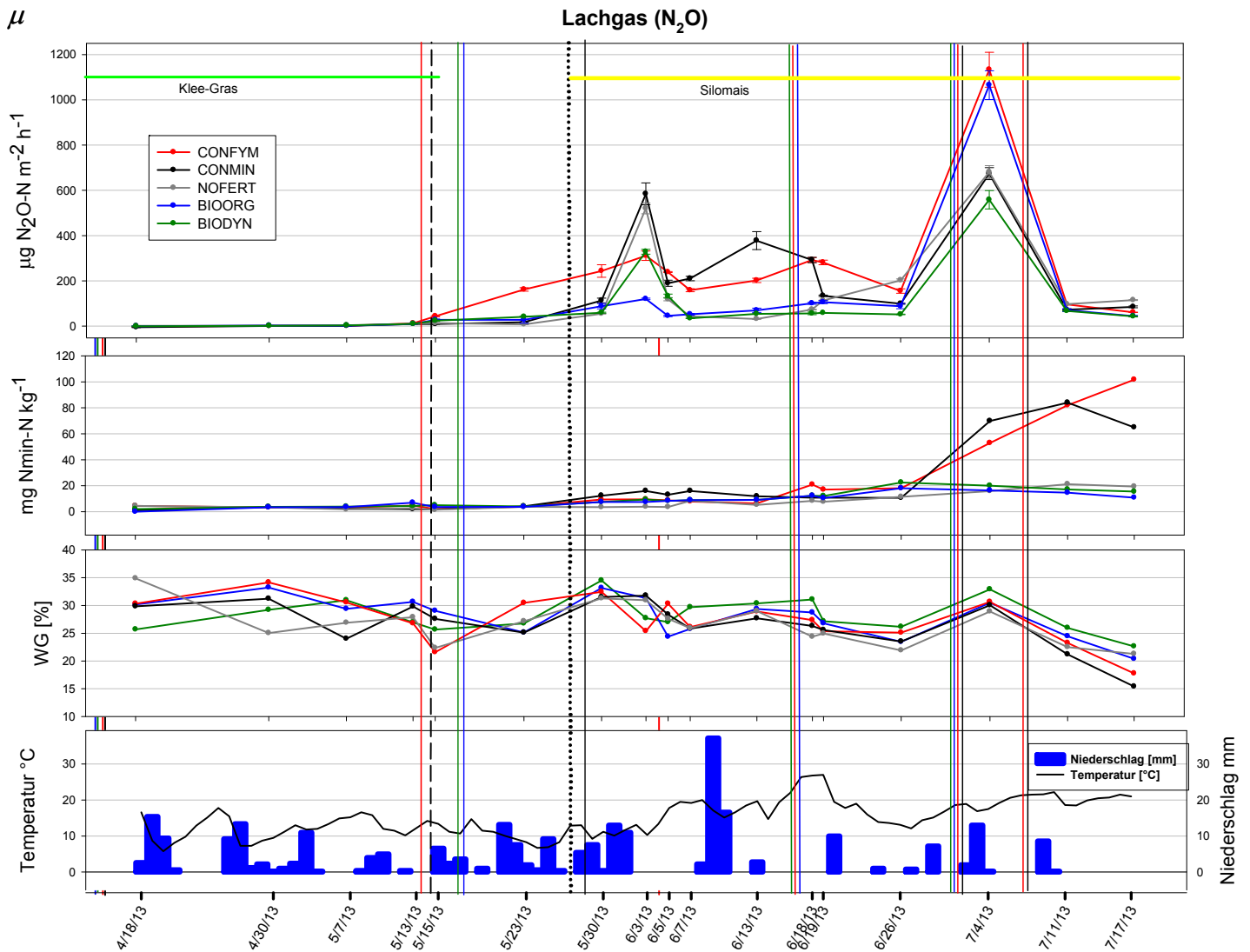
**Abbildung 1: Übersicht verschiedener Aktivitäten bei Kunstwiese und Silomais im Schlag a des DOK-Versuchs.** Letzter Schnitt Kunstwiese 2 – Umbruch Kunstwiese 2 – Hacken (Unkrautregulierung in Bio-Verfahren), Gasprobennahme in reifendem Mais – Maisernte.

Am 30.10.2013, während der 62. Woche seit Messbeginn, wurde Probennahme 073 durchgeführt. Elf dieser Probenahmen waren ereignisbasierte, 62 wöchentliche Routinemessungen.

### **Ereignisbasierte Treibhausgasmessungen in der Übergangsphase Kunstwiese 2 / Silomais**

Der Umbruch der Kunstwiese sowie die folgenden Massnahmen wie Grunddüngung, Aussaat der Folgekultur Silomais sowie derer Düngergaben wurden „ereignisbasiert“ beprobt, was neben den Routinemessungen insgesamt 11 Beprobungen beinhaltete. Die Untersuchungen dieser Übergangsphase von Kunstwiese auf Silomais wurden durch Scott Brainard unterstützt, der als Student der Universität Wageningen ein Praktikum am FiBL absolvierte.

Für diese Umbruchphase und den Aufwuchs der Folgekultur Silomais (18.4. – 17.7.2013) liegt ein vollständig ausgewerteter Datensatz von THG-Flüssen und Bodenparametern vor (Abb. 2, 4 und 5).



**Abbildung 2: Zeitlicher Verlauf der Lachgasflüsse in der Übergangsphase Kunstwiese 2 / Silomais (April bis Juli 2013).** (Von oben nach unten) Lachgasemissionen (Fehlerbalken = Standardfehler), Nmin-Gehalte, gravimetrischer Wassergehalt (WG) sowie Niederschläge und Lufttemperatur im Zeitverlauf für BIODYN, BIOORG, CONFYM, CONMIN und NOFERT. Die vertikalen Linien verweisen auf Kulturmassnahmen; durchgezogene Linien bedeuten Düngergaben (Linienfarbe entsprechend Verfahrenslegende), die gestrichelte Linie markiert den Umbruch in allen Verfahren, die gepunktete die Ansaat des Silomais in allen Verfahren. Betreffend Spezifika und Nomenklatur der Verfahren siehe Abbildung 3.



Biologisch		Konventionell (IP)	
<b>N</b> bio-Dynamisch	<b>O</b> rganisch	<b>K</b> onventionell	<b>M</b> ineralisch
Mistkompost und Gülle	Rottemist und Gülle Gesteinsmehl	Stapelmist und Gülle NPK	Mineraldünger  NPK
Mechanische Unkrautbekämpfung Indirekte Massnahmen Bio-Control	Fungizide (Schadsschwellen)	Herbizide (Schadsschwellen) Insektizide (Schadsschwellen)	
Biodynamische Präparate	Kupfer- sulphat	Wachstumsregulatoren	

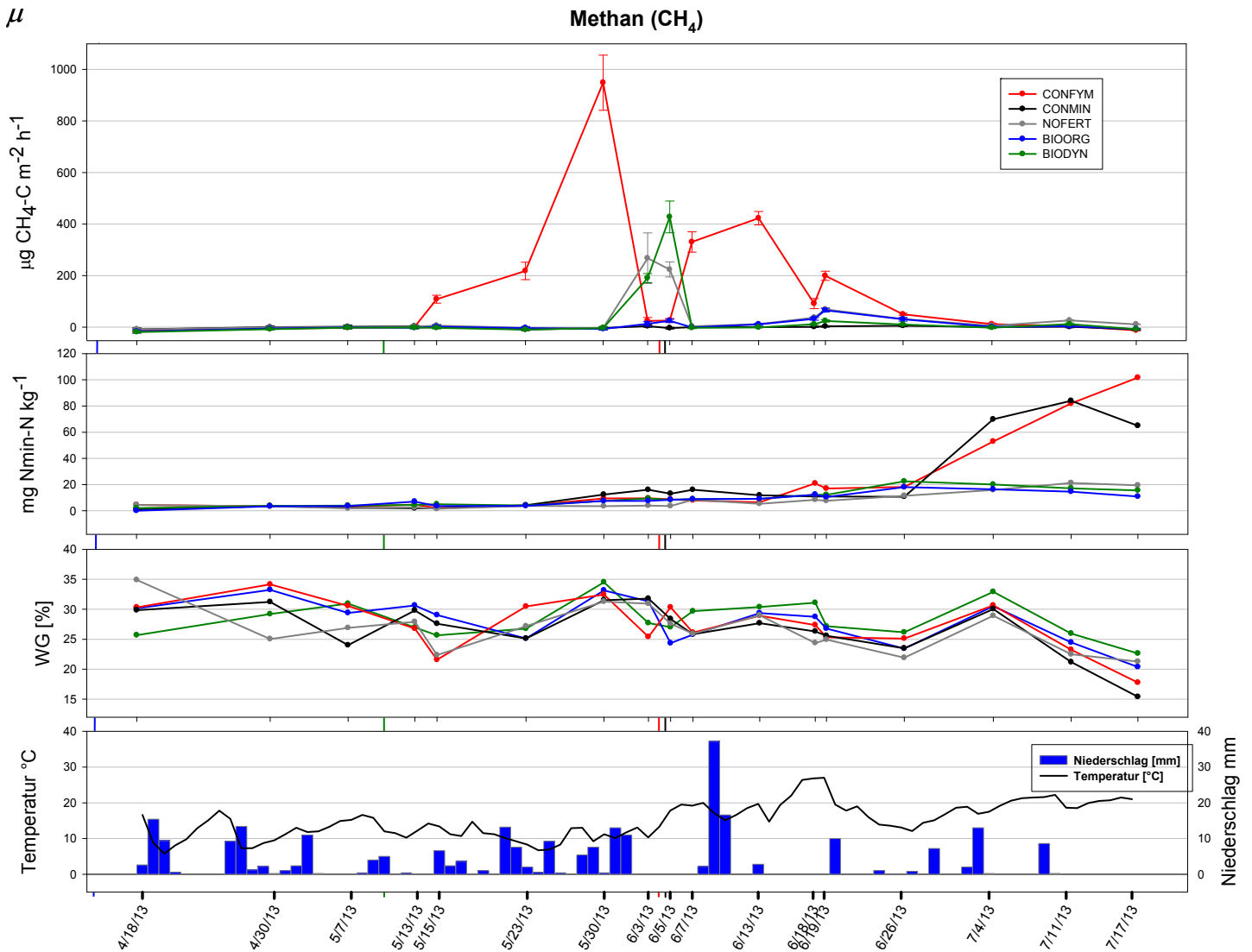
**Abbildung 3: Schematische Darstellung der applizierten Düngerarten, sowie der Methoden zur Unkrautbekämpfung und Wachstumsförderung in den jeweiligen Bewirtschaftungsverfahren des DOK-Versuchs. N = NOFERT, D = BIODYN, O = BIOORG, K = CONFYM, M = CONMIN.**

In der Schlussphase der rund 2½ jährigen Kunstwiese bewegten sich die Lachgas-Emissionen auf einem sehr niedrigen Niveau (durchschnittlich  $3 \mu\text{g N}_2\text{O-N m}^{-2} \text{h}^{-1}$ ). Dies korrespondiert mit dem sehr tiefen mineralischen Stickstoff (N<sub>min</sub>)-Gehalt im Boden, was auf eine weitgehend vollständige N-Aufnahme durch Pflanzen und/oder N-Umsatz durch Bodenmikroorganismen schliessen lässt. Zwei Emissionspeaks wurden festgestellt: der erste nach Umbruch der Kunstwiese und Mais-Saat Ende Mai. Dabei fällt auf, dass das Emissionsniveau von NOFERT gleich hoch war, wie bei CONMIN. Dafür könnte die hohe N-Mineralisierung der kleereichen Kunstwiese-Residuen des NOFERT-Verfahrens die Ursache gewesen sein. Zudem war das Wachstum in den NOFERT Parzellen durch die Elemente P und K limitiert, was zeitweilig zu einem höheren Angebot an N pro gebildete Biomasse Einheit geführt haben könnte. Der zweite Peak ereignete sich anfangs Juli nach der zweiten Gülle-, resp. Kunstdünger-Gabe bei hohen Tagestemperaturen, gefolgt von einem intensiven Sommergewitter. Die wesentlich höheren Emissionen unter BIOORG und CONFYM gegenüber den restlichen Verfahren sind z.T. dadurch zu erklären, dass diese Varianten mit nicht-kompostiertem Stallmist gedüngt worden sind, welcher höhere Gehalte an gesamt und mineralischem N aufweist (Tabelle 1) und somit ein höheres Lachgasbildungspotential darstellt

Die Höhen der Emissionsspitzen, die Streuung (Abb. 2) sowie die kumulierten Emissionen (Abb. 6) liegen in Bereichen, die auch in anderen Untersuchungen (Van Groeningen et al., 2004<sup>i</sup>, Skinner et al., 2014<sup>ii</sup>) genannt werden.

**Tabelle 1: N-Düngergaben zu Silomais.** Nges = Gesamtstickstoff in Hofdüngern und Kunstdüngern; Nmin =  $\text{NH}_4^+$  und  $\text{NO}_3^-$  in Hofdüngern und Kunstdüngern; OS = Organische Substanz in Hofdüngern.

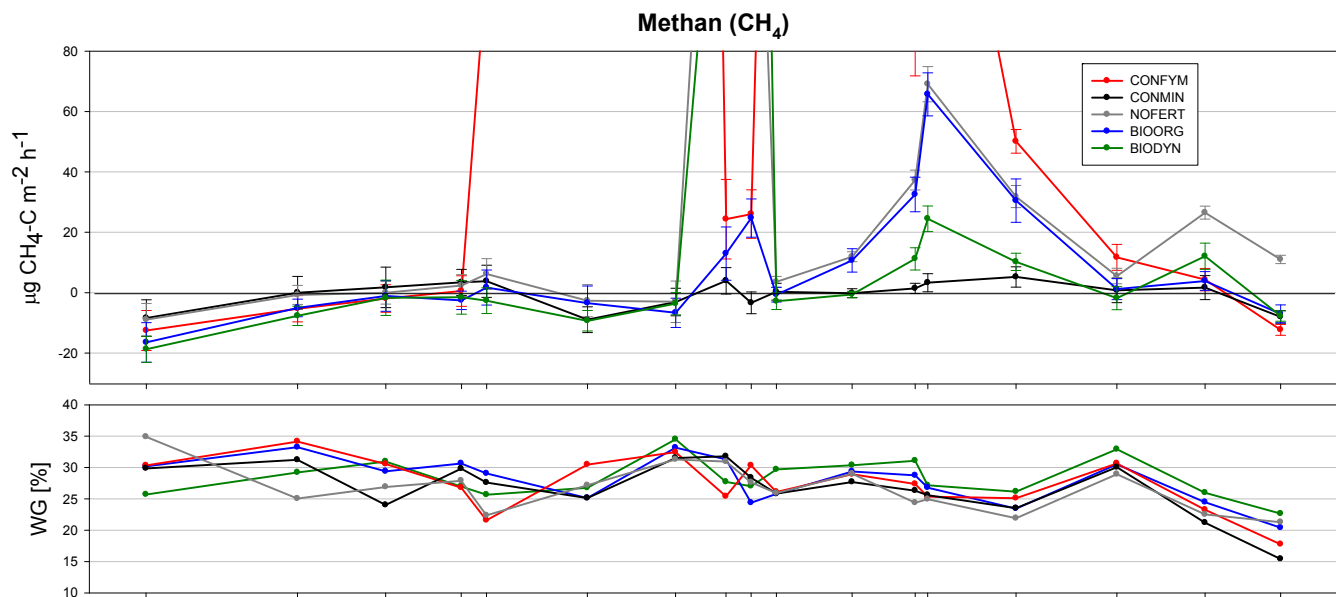
Verfahren	Datum	Düngertyp		Applizierte Mengen		
				Nges (kg ha <sup>-1</sup> )	Nmin (kg ha <sup>-1</sup> )	OS (kg ha <sup>-1</sup> )
<b>BIODYN</b>	16.5.2013	Mistkompost	20 t ha <sup>-1</sup>	98	6	2932
	17.6.2013	Gülle	30 m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	18	12	201
	2.7.2013	Gülle	30 m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	23	12	474
<b>Total</b>				<b>139</b>	<b>30</b>	<b>3607</b>
<b>BIOORG</b>	16.5.2013	Rottemist	20 t ha <sup>-1</sup>	136	9	3670
	17.6.2013	Gülle	30 m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	23	14	240
	2.7.2013	Gülle	30 m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	23	14	246
<b>Total</b>				<b>182</b>	<b>37</b>	<b>4156</b>
<b>CONFYM</b>	13.5.2013	Stapelmist	35 t ha <sup>-1</sup>	167	43	5303
	17.6.2013	Gülle	40 m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	58	49	344
	2.7.2013	Kalk AS 20%	250 kg ha <sup>-1</sup>	50	50	0
	9.7.2013	Kalk AS 20%	300 kg ha <sup>-1</sup>	60	60	0
<b>Total</b>				<b>335</b>	<b>202</b>	<b>5647</b>
<b>CONMIN</b>	27.5.2013	Kalk AS 20%	150 kg ha <sup>-1</sup>	30	30	0
	2.7.2013	Kalk AS 20%	350 kg ha <sup>-1</sup>	70	70	0
	9.7.2013	Kalk AS 20%	350 kg ha <sup>-1</sup>	70	70	0
<b>Total</b>				<b>170</b>	<b>170</b>	<b>0</b>



**Abbildung 4: Zeitlicher Verlauf der Methanflüsse in der Übergangsphase Kunstwiese 2 / Silomais (April bis Juli 2013).** (Von oben nach unten) Methanflüsse (Fehlerbalken = Standardfehler), Nmin-Gehalte im Boden, gravimetrischer Wassergehalt (WG) sowie Niederschläge und Lufttemperatur im Zeitverlauf für die Verfahren BIODYN, BIOORG, CONFYM, CONMIN und NOFERT.

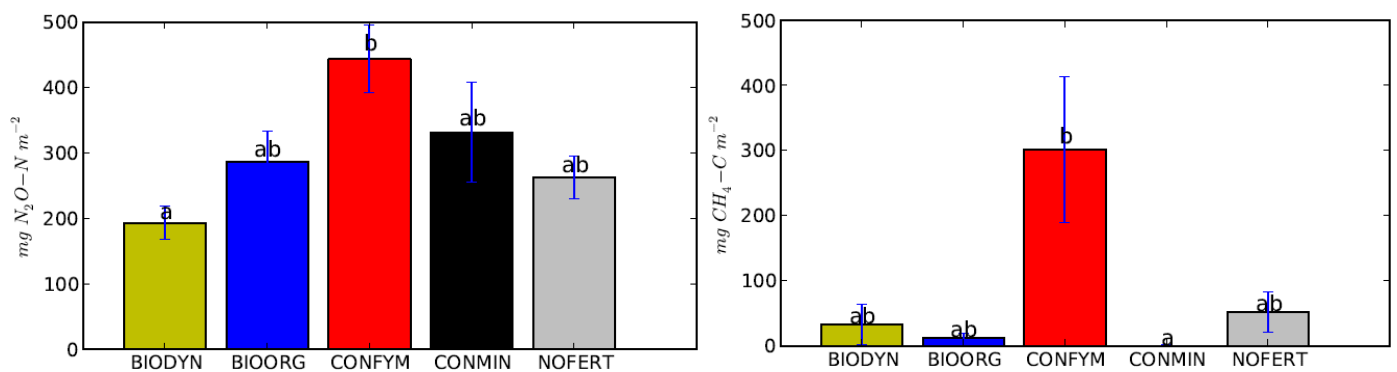
Die erheblichen Methanemissionen unter CONFYM ab dem Umbruch der Kunstwiese bis kurz vor der 2. Düngergabe (Reihenapplikation) fallen auf (Abb. 4). Diese Emissionen werden anfangs Juni nach der Aussaat des Silomais kurz unterbrochen. Die signifikanten Methanemissionen unter CONFYM können durch das hohe Methanbildungspotential nach Ausbringung von frischem Stallmist und durch die vorherrschenden hohen Bodenwassergehalte erklärt werden. Just in diesem Zeitfenster emittieren BIODYN und NOFERT Methan deutlich, wenn auch in geringerer Quantität. Den Ursachen für die Emissionen unter BIODYN und NOFERT, währenddessen unter BIOORG und CONFYM keine Emissionen festzustellen waren, wird nachgegangen.





**Abbildung 5: Zeitlicher Verlauf der Methanflüsse in der Übergangsphase Kunstwiese 2 / Silomais (April bis Juli 2013) in grosser Skalierung und mit hervorgehobener Null-Linie.** Oben Methanflüsse (Fehlerbalken = Standardfehler), unten der gravimetrische Wassergehalt (WG) im Zeitverlauf für die Verfahren BIODYN, BIOORG, CONFYM, CONMIN und NOFERT.

Vor dem Umbruch und erster Düngergabe konnte in allen Verfahren eine Methanaufnahme festgestellt werden (Abb. 5). Die Flussraten bewegen sich im erwarteten Wertebereich (durchschnittlich:  $-5.3 \mu\text{g CH}_4\text{-C m}^{-2} \text{h}^{-1}$ ). Gestört durch Umbruch und Düngergaben für die Maiskultur, konnte in der Phase sinkender Bodenwassergehalte zu Beginn der Reifephase des Silomais in allen Bewirtschaftungsverfahren wieder vorwiegend eine Methanaufnahme festgestellt werden.



**Abbildung 6: Kumulierte Emissionswerte für Lachgas und Methan in der Übergangsphase Kunstwiese 2 / Silomais (April bis Juli 2013).** Die Höhe der Säulen gibt die kumulierten Mengen an emittierten Spurengasen (oben: Lachgas; unten: Methan) in  $\text{mg m}^{-2}$  von April bis Juli 2013 an. Unterschiedliche Buchstaben bedeuten signifikante Unterschiede der kumulierten Werte;  $p = 0.05$  für Lachgas,  $p = 0.10$  für Methan.

Obwohl die kumulierten Werte nur für eine Zeitspanne von einigen Monaten gelten, geben sie für Lachgas erste Hinweise (Abb. 6). So zeigt das CONFYM Verfahren gegenüber BIO-

DYN, signifikant höhere Lachgasemissionen. Dies lässt sich mit den höheren Stickstoffgaben bei CONFYM gegenüber BIODYN erklären. Das höhere Niveau von CONFYM gegenüber CONMIN könnte auf den höheren N- und C-Eintrag über die Düngegaben (Tabelle 1) sowie dem höheren Bodenkohlenstoffgehalt unter CONFYM zurückzuführen sein. Auch weist BIOORG gegenüber BIODYN einen höheren N- und C-Eintrag über die Düngergaben auf. Inwieweit auch die unterschiedliche Form des applizierten Stallmistes, Rottemist bei BIOORG gegenüber Mistkompost bei BIODYN, das Lachgas-Emissionsniveau beeinflusst, ist abzuklären.

Die Auswertungen der relevanten Untersuchungen ausserhalb der o.g. Umbruchphase dauern noch an. Bis Jahresende 2013 soll ein vollständiger Datensatz zu den THG-Flüssen, Bodenparametern, C- und N-Inputs aus Düngern sowie Ernteerträge aus der Fruchtfolge „Kunstwiese 2 – Silomais – Grünbrache“ für Schlag a des DOK-Versuchs vorliegen.

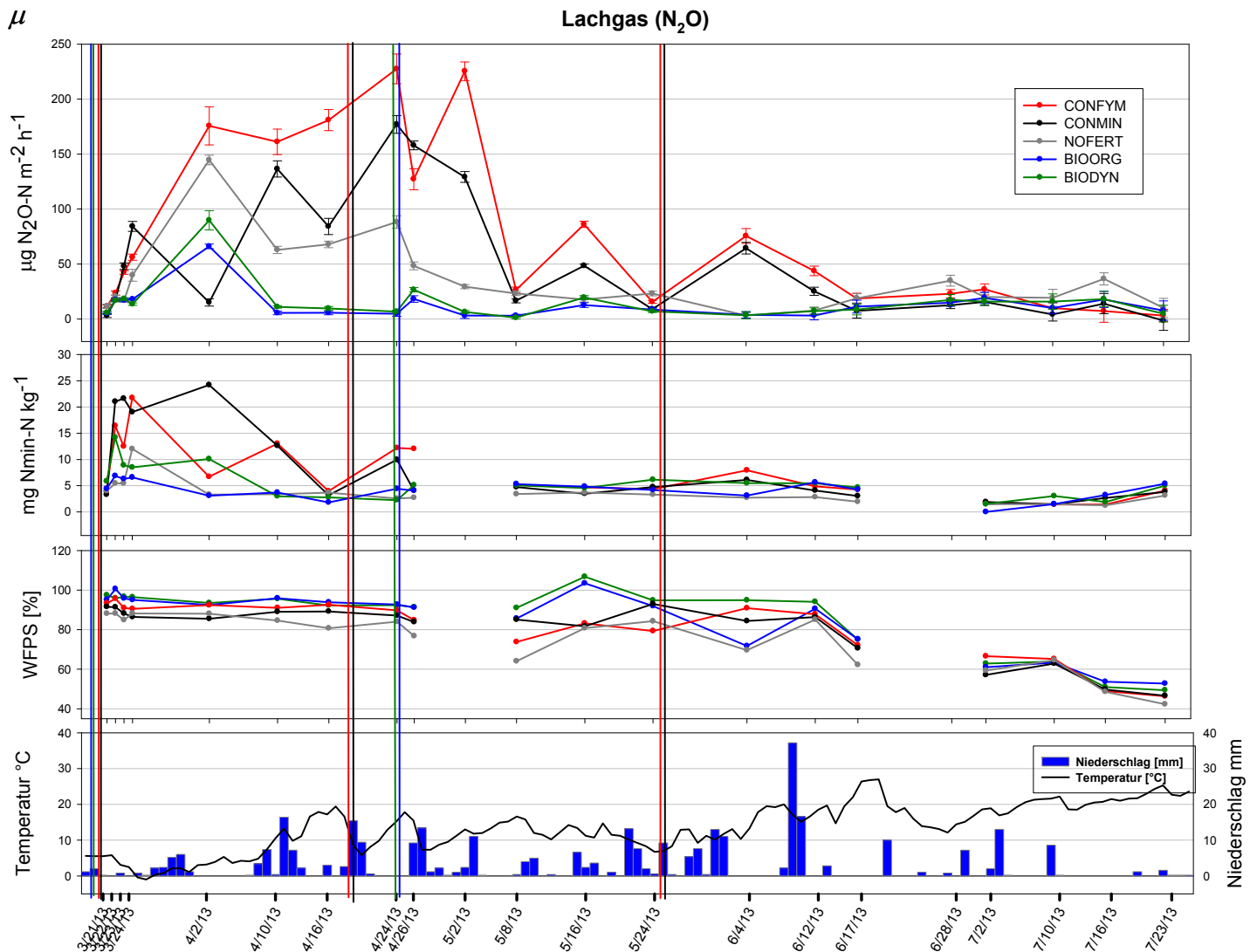
### 3.1.3. Treibhausgasmessungen im Schlag b „Winterweizen 2 (2013) – Kunstwiese 1 2013“

Mit Beginn der Vegetationsperiode, gleichzeitig mit der ersten Düngergabe wurde die Beprobung des Winterweizens am 21.3.2013 begonnen. Am 25.7.2013 wurde der Winterweizen geerntet. Nach Umbruch und Eggen wurde die Folgekultur Kunstwiese 1 am 15.8. angesät. Der Winterweizen wurde bis und mit 23.7.2013 insgesamt 21 Mal in 18 Wochen beprobt. Die Arbeiten wurden durch Amanda Buol im Rahmen ihrer Masterarbeit an der Universität Basel unterstützt. Am 25.10.2013 erfolgte die 32. Gasbeprobung in Schlag b. Es ist beabsichtigt die Messkampagne in Schlag b in Kürze einzustellen und nur noch in den Kulturen von Schlag a weiterzuführen.



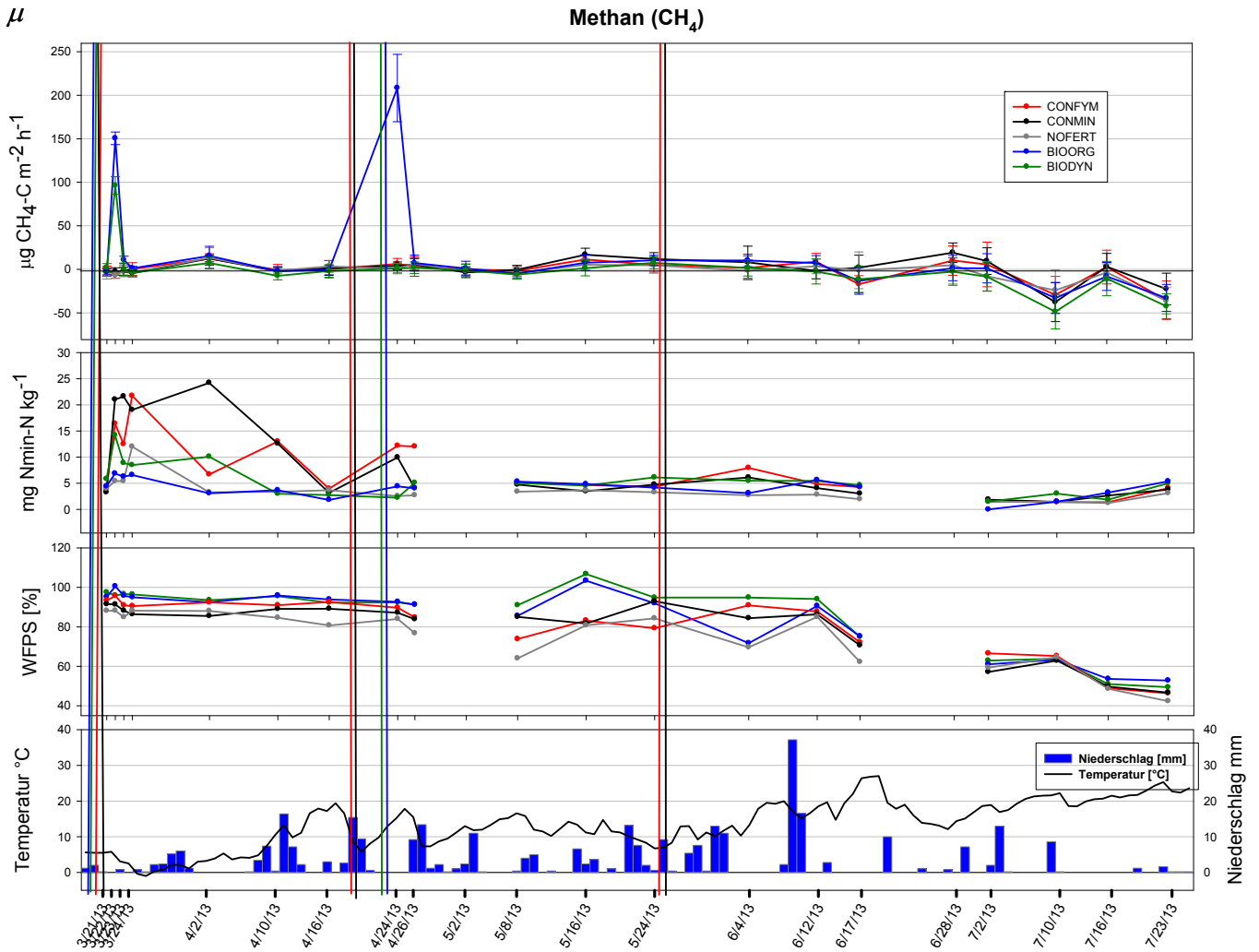
**Abbildung 7: Übersicht verschiedener Aktivitäten bei Winterweizen im Schlag b des DOK-Versuchs. Gülleapplikation – Gasbeprobung – Ernte Winterweizen.**

Für Schlag b liegt für die Phase vom 21.3. (Beginn Vegetationsperiode) bis 25.7.2013 (Ernte Winterweizen) ein vollständig ausgewerteter Datensatz von THG-Flüssen vor (Abb. 8, 9 und 10), jedoch mit zwei Ausnahmen in den Bodenparametern.



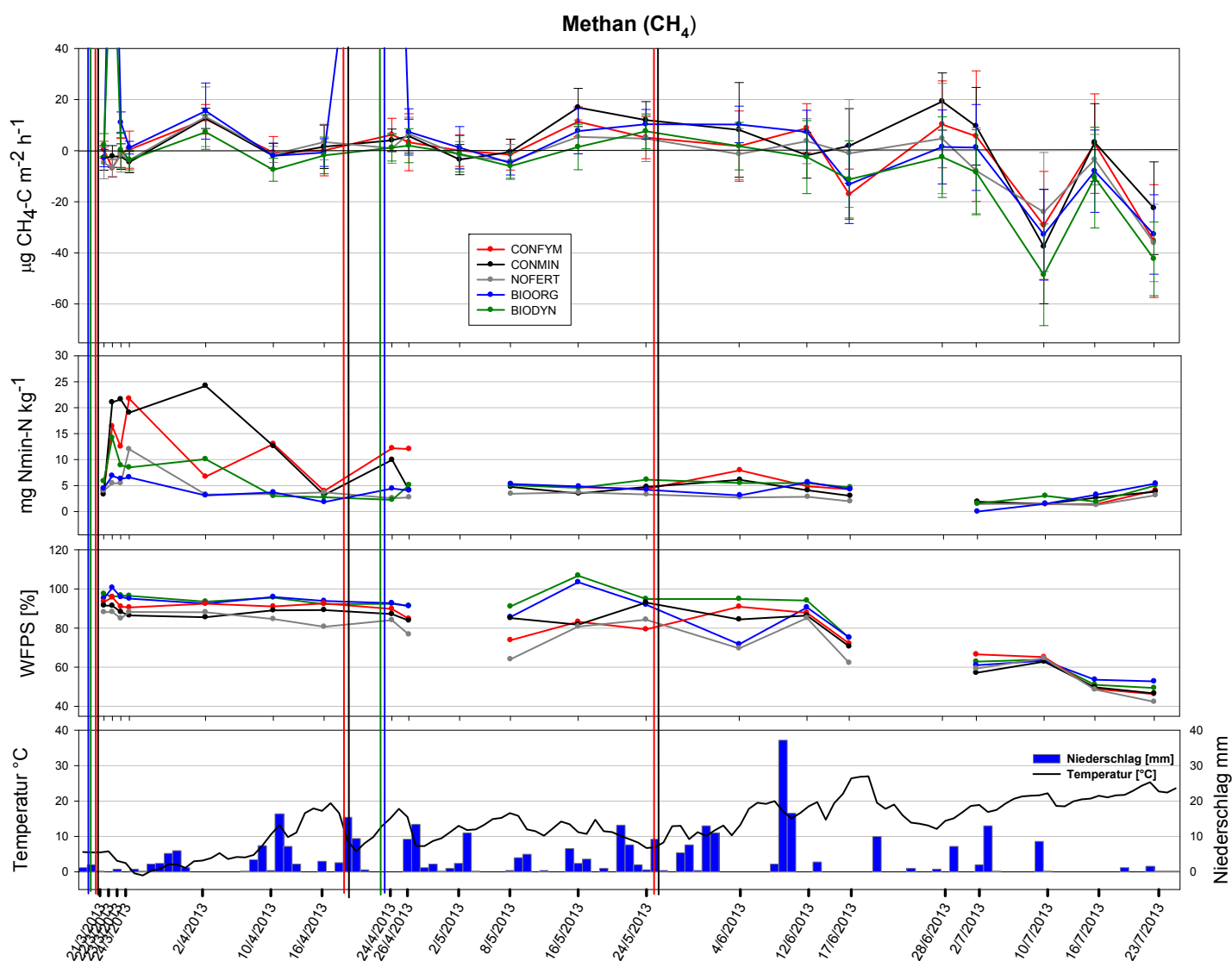
**Abbildung 8: Zeitlicher Verlauf der Lachgasflüsse unter Winterweizen (März bis Juli 2013).** (Von oben nach unten) Lachgasflüsse (Fehlerbalken = Standardfehler), Nmin -Gehalte im Boden, WFPS (Water Filled Pore Space) sowie Niederschläge & Lufttemperatur im Zeitverlauf für die Verfahren BIODYN, BIOORG, CONFYM, CONMIN und NOFERT. Die vertikalen Linien (Farbgebung entsprechend Verfahrenslegende) markieren Düngerapplikationen.

Die konventionellen Verfahren (CONMIN, CONFYM) weisen durchwegs höhere Lachgas-Emissionsraten auf als die Bioverfahren (BIOORG, BIODYN). Dieser Unterschied in den Emissionsraten lässt sich mit der höheren Düngung in den konventionellen Verfahren erklären. Die bis Mitte Mai über den Werten der biologischen Verfahren liegenden Emissionen bei NOFERT können mit dem geringeren N-Entzug erklärt werden. Die Gründe sind die gleichen wie unter Mais: Im Verfahren NOFERT limitieren der P und K Mangel das Wachstum der Kulturen. Die geringere Biomasse hat somit auch einen geringeren N-Entzug zur Folge, während der Lössboden substantielle Mengen an N aus dem organischen Pool nachliefert.



**Abbildung 9: Zeitlicher Verlauf der Methangasflüsse unter Winterweizen 2 (März bis Juli 2013).** (Von oben nach unten) Methanflüsse (Fehlerbalken = Standardfehler), Nmin-Gehalte im Boden, WFPS (Water Filled Pore Space) sowie Niederschläge & Lufttemperatur im Zeitverlauf für die Verfahren BIODYN, BIOORG, CONFYM, CONMIN und NOFERT. Die vertikalen Linien (Farbgebung entsprechend Verfahrenslegende) markieren Düngerapplikationen.

Die Güllegaben in BIOORG und BIODYN zu Beginn der Vegetationsperiode bei hoher Wassersättigung im Boden und die damit verbundenen hohen gelösten Kohlenstoff- und Nmin-Gehalte verursachten den ersten Methan Emissionspeak. Weshalb auf die zweite Güllegabe lediglich in BIOORG ein Emissionspeak folgte, wird noch untersucht. Während der Reifephase des Winterweizens im Sommer – der Nmin Vorrat im Boden war aufgebraucht - setzte parallel mit sinkendem WFPS-Anteil wieder Methanoxidation ein.



**Abbildung 10: Zeitlicher Verlauf der Methangasflüsse unter Winterweizen 2 (März bis Juli 2013) in grosser Skalierung und mit hervorgehobener Null-Linie.** (Von oben nach unten) Methanflüsse (Fehlerbalken = Standardfehler), Nmin-Gehalte im Boden, WFPS (Water Filled Pore Space) sowie Niederschläge & Lufttemperatur im Zeitverlauf für die Verfahren BIODYN, BIOORG, CONFYM, CONMIN und NOFERT. Die vertikalen Linien (Farbegebung entsprechend Verfahrenslegende) markieren Düngerapplikationen.

Die Auswertungen der relevanten Untersuchungen ausserhalb der o.g. Beobachtungsphase dauern noch an. Bis Jahresende 2013 soll ein vollständiger Datensatz zu den THG-Flüssen, Bodenparametern, C- und N-Inputs aus Düngern sowie Ernteerträge für Winterweizen 1 in Schlag b des DOK-Versuchs vorliegen.

### 3.4. Bodenuntersuchungen

Begleitend zu den seit 24.8.2012 regelmässig stattfindenden Messungen der THG-Flüsse im Feld werden gleichzeitig der gravimetrische Bodenwasser- und mineralische Stickstoffgehalt ( $\text{NH}_4^+$  und  $\text{NO}_3^-$ ) in 0-20 cm Bodentiefe, in unmittelbarer Nähe der Gassammelhauben erfasst. Detaillierte Beprobung der Bodenhorizonte 0-20 und 20-50 cm fanden in Schlag b im

Mai 2012 und März 2013; in Schlag a im März und Juli / August (Schlussbeprobung) 2013 statt. Dabei wurden die folgenden Untersuchungsparameter erhoben:

- Bodenlagerungsdichte zur Errechnung von Kohlenstoff- und Stickstoffvorräten und wassergefülltem Porenvolumen.
- Gesamtkohlenstoff- und Gesamtstickstoffgehalte zur Errechnung der Kohlenstoff- und Stickstoffvorräte zu Projektbeginn und zur späteren Ermittlung von möglichen Sequestrierungsraten.
- Ferner wurde Bodenmaterial aus der o.g. Beprobung für die folgenden noch ausstehenden Untersuchungen vorbereitet und konserviert: 1) Bodenkohlenstoffgehalte in den unterschiedlichen Dichtefractionen, 2) gelöster organischer Kohlenstoff und Stickstoff, 3) mikrobiell gebundener Kohlenstoff und Stickstoff.

### **3.5. Optimierungen von GC-Messsystem und R-Skripten**

In dem Berichtszeitraum wurden ausserdem Optimierungen am Messsystem und bei der Auswertung durchgeführt.

#### **Systemstabilität und Messqualität**

Die Basislinie der einzelnen Detektoren (TCD, FID, ECD) werden kontinuierlich auf ihre Konstanz hin überwacht. Dies geschieht einerseits durch laufende Präzisionskontrollen an Hand von Prüfgasmessungen (Varianzkoeffizient), sowie durch Driftkontrollen während den Messungen, indem routinemässig nach 48 Gasmessungen von Feldproben jeweils Messungen mit Prüfgasen und Blindproben erfolgen. Bei einem Labor-Ringtest, der vom Thünen-Institut Braunschweig durchgeführt wurde, wurde bestätigt, dass der FiBL GC zwar eine sehr hohe Messpräzision aufweist, jedoch durch die Spezifikation des Autosamplers ein Teil der vorigen Probe verschleppt wird. Der Autosampler besteht aus einem fahrbaren Arm, der mittels einer gewöhnlichen 5 ml gasdichten Spritze (Firma SGE) die Probe aus dem Vial entnimmt und in den GC einspritzt. Durch die offene Kanüle kann nicht nur Aussenluft während dieser Zeit eindringen, auch bleibt immer ein Rest der Probe zurück. Ein Labortest hat ergeben, dass Gasproben hoher Konzentration Proben mit niedriger Konzentration zu ca. 15% verschmutzen, anders herum nur zu etwa 4%. Die Messsequenz wurde wie folgt optimiert: In der Messsequenz folgen jeweils die vier aufeinander befüllten Vials einer Gashaube und zwar von der geringsten Konzentration (1. Probennahme) zur höchsten Konzentration (4. Probennahme). Vor dem Übergang zu den Proben der nächsten Gashaube wird eine Spülung der Autosampler-Spritze mit Helium zwischengeschaltet.

Somit umfasst aktuell eine typische Mess-Sequenz aus der wöchentlichen THG-Beprobung der Untersuchungspartellen aus dem DOK-Versuch insgesamt 160 Gassammelgefässe (40 Hauben à 4 Gasproben pro Haube zur Ermittlung des Zusammenhangs zwischen Gaskonzentration und Zeit), sowie 6 Blindproben, mit Kalibriergas bestimmter Konzentration. Diese werden nun im Labor, kurz vor der GC-Analyse befüllt. Dazu kommen am Anfang und Ende der Sequenz je drei Standardproben in drei unterschiedlichen Konzentrationsstufen je Eichgas, total 18. Die Standardproben werden aus entsprechend befüllten Bags gezogen. Die Konzentrationsmessung der 184 Proben (Gassammelgefässe, Blindproben & Standards) nimmt bei 4 min pro Messung insgesamt knapp 15h in Anspruch, so dass zeitnah die Messergebnisse erhalten werden können.



### **Datenauswertung; Implementierung des Flussskriptes „AIC“ von Roland Fuß (2012)<sup>iii</sup>:**

Im Berichtszeitraum wurde die automatische Auswertung basierend auf R-Skript weiter optimiert und das Auswertungsskript von Roland Fuss, Thünen-Institut, Braunschweig, implementiert.

Die ChemStation Software des GC-Systems integriert die gemessenen Peak-Flächen automatisch und gibt pro Gasprobe neben einem Chromatogramm eine Excel-Tabelle mit den Rohdaten aus. Die Peak-Flächen und -Zeiten, sowie die Probenkennung werden mit Hilfe von R-Skripten extrahiert und weiter bearbeitet. Hierbei wird mit Hilfe der Kalibriergasergebnisse zunächst eine Kalibrationskurve pro Treibhausgas erstellt und anschliessend die Rohdaten der Feldproben kalibriert und als Gaskonzentration in ppm abgespeichert.

Das Fluss-Skript „AIC“ berechnet Flüsse aus Gaskonzentrationsmessungen entlang einer Zeitachse. Eine lineare Regression wird angewendet, wenn nur drei Datenpunkte vorhanden sind. Bei mehr als drei Datenpunkten wird standardmässig eine robuste Regression mit einem „Huber-M Schätzer“ angewandt.

Jedoch wird der nicht linearen Hutchinson-Mosier-Funktion, wie im R-Package „HMR“ (Pedersen et. al., 2010)<sup>iv</sup> implementiert der Vorzug gegeben, wenn eine gute Übereinstimmung zwischen Datenpunkten und Funktionskurve erreicht wird:

- Wenn das AIC (Akaike's An Information Criterion)<sup>v</sup> der HMR-Funktion kleiner ist als das AIC der linearen Regression,
- der p-Wert des Flusses berechnet nach HMR kleiner ist als derjenige der linearen Regression,
- und der mit HMR berechnete Fluss nicht mehr als vier Mal grösser oder kleiner ist als derjenige welcher auf einer robusten Regression basiert.

Das Skript gibt die Resultate aller Regressionsmethoden wider. Schlussendlich erfolgt noch ein Boxplot basierter Ausreisser-Test über die Standardfehler der Flüsse. Diese potentiellen Ausreisser bedürfen einer sorgfältigen Einzelprüfung.

## **4. Meetings, Vorträge und Publikationen**

Im Berichtszeitraum wurden folgende Publikationen erstellt:

Skinner, C., Gattinger, A., Muller, 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. *Science of the Total Environment*, 468-469: 553–563.

*(Diese Publikation entstand aus Aktivitäten eines vorangegangenen Projekts und fasst gleichzeitig den bisherigen Wissenstand zu Treibhausgasemissionen aus Böden unter biologischer und konventioneller Bewirtschaftung zusammen.)*

Gattinger, A., Skinner, C. (2013) Bodenbürtige Treibhausgasemissionen werden gemessen. *Schweizer Bauer*, S. 40, 15.06.2013.

Im Berichtszeitraum wurden folgende Vorträge gehalten und Poster präsentiert:

Skinner, C. (2013): Quellen und Senken von Treibhausgasen in landwirtschaftlichen Böden der Schweiz (unter konventioneller und biologischer Bewirtschaftung). *Boden-Projekte*

im Nationalen Treibhausgasinventar – workshop, BAFU. BAFU, Bern-Ittingen.  
19.2.2013.

Skinner, C. (2013): Quellen und Senken von Treibhausgasen in landwirtschaftlichen Böden unter konventioneller und biologischer Bewirtschaftung – eine globale Meta-Analyse. DBG Jahrestagung. Rostock, 7.9.2013.

Für 2013 sind folgende noch anstehend:

Skinner, C., Gattinger, A., Muller, A., Mäder, P., Fließbach, A., Stolze, M., Ruser, R., Niggli, U.: Greenhouse gas fluxes from agricultural soils under organic and non-organic management – a global meta-analysis. 11<sup>th</sup> Swiss Geoscience Meeting. Lausanne, 15.11.2013.

Skinner, C., Gattinger, A., Muller, A., Mäder, P., Fließbach, A., Stolze, M., Ruser, R., Niggli, U.: Greenhouse gas fluxes from agricultural soils under organic and non-organic management – a global meta-analysis. 9<sup>th</sup> Annual Symposium of the PhD-program in Sustainable Agriculture (ASPSA 2013). Tänikon, 28.11.2013. (Poster)

Im Berichtszeitraum wurde an folgenden Tagungen und Kolloquien teilgenommen:

DOK-Kolloquium. Agroscope Reckenholz-Tänikon (ART), Zürich-Reckenholz, 21.2.2013.

Wissenschaftliche Tagung zu Klimawirkungen und Nachhaltigkeit von Pilotbetrieben. Thünen-Institut (TI), Braunschweig, 27.2.2013.

Treffen wissenschaftliche Begleitgruppe des Projekts "Quellen u. Senken von THG in landw. Böden". DOK & FiBL, 25.6.2013.

Im Berichtszeitraum wurden für folgende Exkursionen oder Besuche von DOK & FiBL Führungen durch den DOK, Präsentationen der Dissertation und Demonstrationen von Probenahme im Feld geleistet:

Bioforsk Økologisk / Bioforsk Organic Food and Farming Division (Norwegen). Führung DOK und Präsentation Dissertation. DOK, 15.4.2013.

BAFU, Sektion Boden. Kurzpräsentation Dissertation und Demo Probenahme im Fricker Versuch. FiBL, 23.4.2013.

Botanisches Institut Uni Basel (Studentische Gruppe mit A. Wiemken) „Die Nachhaltigkeit von Anbausystemen: DOK-Systemvergleichsversuch, Treibhausgasmessungen im Feld“. Kurzpräsentation Dissertation und Demo Probenahme. DOK, 4.5.2013.

ETH Agrarwissenschaften (A. Oberson Dräyer); Exkursion DOK & FiBL. Kurzpräsentation Dissertation und Demo Probenahme. DOK, 17.5.2013.

Flurbegehung DOK-Versuch. Kurzpräsentation erster Ergebnisse und Demo Probenahme. DOK, 26.6.2013.

INRA Nord – (Frankreich) „Systemvergleichsversuche im Kontext mit Klima“. Kurzpräsentation Dissertation und Demo Probenahme. FiBL & DOK, 12.7.2013.



**Abbildung 11:** DOK-Flurbegehung, Juni 2013.

## 5. Ausblick

Dadurch, dass alle Aktivitäten bislang planmässig voranschreiten, können wir alle weitere Arbeiten gemäss des o.g. Auftrags und Leistungsbeschriebs und der Projektangebote vom 02.03.2012 fortsetzen.

Im vorliegenden Projekt, basierend auf dem Systemvergleich zwischen biologischer und konventioneller Bewirtschaftung, wurden bzw. werden in folgenden landwirtschaftlichen Kulturen THG-Flüsse, die relevanten Bodenparameter sowie weitere Details zu den angebauten Kulturpflanzen erhoben:

- Kunstwiese inkl. Umbruch (2012/2013), Kunstwiese nach Neuansaat nach Winterweizen (2013)
- Silomais (2013)
- Chinakohlrüben (nach Mais) als abfrierender Gründünger 2013/2014
- Winterraps (2013/2014)
- Soja (2014)
- Winterweizen (Feb.-Juli 2013), Winterweizen (2014/2015)

Für Frühjahr 2014 ist die Fertigstellung des folgenden wissenschaftlichen Manuskripts geplant: Greenhouse gas fluxes as influenced by the farming system in a grass-clover/maize cropping sequence.

Die nächste Sitzung der wissenschaftlichen Begleitgruppe ist für Februar 2014 anvisiert. Dabei wird der aktuelle Erkenntnisstand zum vorliegenden Projekt kritisch diskutiert sowie das weitere Vorgehen beschlossen.

## 6. Anhang

**Tabelle 2: Übersicht der verschiedenen Projektaktivitäten gemäss Projektofferte v. 02.03.2012**

Aktivitäten	Zeitraum	Stand der Arbeiten
Experimental planning incl. field preparations for greenhouse gas measurements	April 2012	1) Das GC-System Agilent-Gerstel zur Messung der Konzentrationen von N <sub>2</sub> O, CH <sub>4</sub> und CO <sub>2</sub> wurde erfolgreich in Betrieb genommen. 2) Die experimentelle Planung wurde in Absprache mit den wissenschaftlichen Projektpartnern durchgeführt und abgeschlossen.
Presentation of results incl. experimental planning and discussions	Juni 2013	Treffen mit der wissenschaftlichen Begleitgruppe am 25.6.2013 abgehalten.
Presentation of results incl. experimental planning and discussions	Februar 2014	Treffen mit der wissenschaftlichen Begleitgruppe für Februar 2014 anvisiert.
Weekly greenhouse gas measurements (Modules 1-3) incl. soil water dynamics	April 2012-Sommer 2015	Beginn der wöchentlichen THG-Beprobungen sowie Bodenwasser und Nmin-Gehalte im Boden am 24.8.2012.
Carbon and nitrogen dynamics in soil including carbon sequestration (Modules 1-3)	April 2012-Sommer 2015	Gemäss Planung
Trade-offs between soil carbon sequestration and greenhouse gas emissions (Module 4)	Dezember 2014-Januar 2015	Noch nicht relevant.
Interim reports	Dezember 2012, Oktober 2013 und 2014	Gemäss Planung
1 manuscript for publication in an agricultural journal	Januar 2015– Februar 2015	Noch nicht relevant.
2 manuscripts for publication in a scientific journal (peer-reviewed)	Februar 2015 – September 2015	Noch nicht relevant.
End report	September 2015	Noch nicht relevant.

<sup>i</sup> Van Groenigen, J. W., Kasper, G. J., Velthof, G. L., Van den Pol-van Dasselaar, A., and Kuikman, P. J. (2004). Nitrous oxide emissions from silage maize fields under different mineral nitrogen fertilizer and slurry applications. *Plant and Soil*, 263(1):101–111.

<sup>ii</sup> Skinner, C., Gattinger, A., Muller, A., Mäder, P., Fließbach, A., Stolze, M., Ruser, R., and Niggli, U. (2014). Greenhouse gas fluxes from agricultural soils under organic and non-organic management — A global meta-analysis. *Science of the Total Environment*, 468-469:553–563.

<sup>iii</sup> Roland Fuß, Institute of Agricultural Climate Research, Johann Heinrich von Thünen Institute, Braunschweig, Germany; roland.fuss@vti.bund.de

<sup>iv</sup> Pedersen, A. R., Petersen, S. O. & Schelde, K.: A comprehensive approach to soil-atmosphere trace-gas flux estimation with static chambers. *European Journal of Soil Science* 61, 888-902.

<sup>v</sup> Generic function calculating Akaike's 'An Information Criterion' for one or several fitted model objects for which a log-likelihood value can be obtained, according to the formula  $-2 \cdot \log\text{-likelihood} + k \cdot npar$ , where  $npar$  represents the number of parameters in the fitted model, and  $k = 2$  for the usual AIC, or  $k = \log(n)$  ( $n$  being the number of observations) for the so-called BIC or SBC (Schwarz's Bayesian criterion).