



## Executive Stakeholder Summary

Projektnummer	406840-143137
Titel	Auswirkungen der Bodennutzung auf lachgasproduzierende und -abbauende Bodenmikroorganismen
Projektleiter	Andreas Gattinger, FiBL - Forschungsinstitut für biologischen Landbau
Weitere Projektverantwortliche	Cecile Thonar, FiBL - Forschungsinstitut für biologischen Landbau Paul Mäder, FiBL - Forschungsinstitut für biologischen Landbau

Beitrag zur thematischen Synthese:

<input type="checkbox"/> Boden und Nahrungsmittel- produktion	<input checked="" type="checkbox"/> Boden und Umwelt	<input type="checkbox"/> Raumentwicklung	<input type="checkbox"/> Bodendaten, Methoden und Instrumente	<input type="checkbox"/> Bodenpolitik
---------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------	---------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------	---------------------------------------

Ort, Datum: Frick, 1. September 2016

## Hintergrund

Lachgas (N<sub>2</sub>O) ist ein wichtiges Treibhausgas, das auch zum Abbau von Ozon in der Stratosphäre beiträgt. Rund 60 Prozent der Lachgasemissionen, die durch den Menschen verursacht werden, stammen aus der Landwirtschaft. Dabei spielen Emissionen aus landwirtschaftlich genutzten Böden die wichtigste Rolle.

Die Entwicklung einer klimafreundlichen landwirtschaftlichen Praxis, die dazu beiträgt die Lachgasemissionen aus dem Boden zu verringern, stellt eine wichtige Herausforderung für die Landwirtschaft dar. Notwendig ist dazu ein vertieftes Verständnis der Prozesse und Mechanismen, die die Lachgasemissionen fördern oder vermindern. Bereits gut bekannt ist, wie einzelne Bodenparameter (Belüftungszustand, pH, Kohlenstoff- und Stickstoffverfügbarkeit) die Lachgasemissionen beeinflussen. Hingegen ist noch nicht klar, wie sich komplexe Bodenbewirtschaftungsstrategien auf Lachgasemissionen auswirken. Da die Stickstoffumsetzung zum wesentlichen Teil von der Aktivität von Mikroorganismen abhängt, ist es entscheidend, den Einfluss von Bodenbewirtschaftungsstrategien auf die Aktivität und Struktur von mikrobiellen Gemeinschaften zu verstehen, die an der Umwandlung von Stickstoff beteiligt sind.

Abhängig vom Belüftungszustand des Bodens kann Lachgas durch unterschiedliche Prozesse produziert oder auch reduziert werden. In gut durchlüfteten Böden wird Lachgas durch den Nitrifikationsprozess gebildet, in schlecht durchlüfteten Böden stellt die Denitrifizierung den wichtigsten Prozess für die Lachgasproduktion dar. Im Zuge der Denitrifizierung ist die Bildung von Lachgas unvermeidlich. Durch den Prozess der Lachgasreduktion kann es jedoch auch wieder abgebaut werden.

## Ziel

Ziel des Projekts war es, die Wissenslücken in Bezug auf den Einfluss von Mikroorganismen auf Lachgasemissionen unter verschiedenen Bodenbewirtschaftungsstrategien zu schliessen. Ausgehend von drei Langzeitversuchen wurden drei Bodenbewirtschaftungsstrategien untersucht, die gegenwärtig im Fokus landwirtschaftlicher Forschung stehen: Im Langzeitversuch in Frick stand die *reduzierte Bodenbearbeitung* im Vordergrund, während im DOK-Versuch, der weltweit längste Langzeit-Feldversuch, der Einfluss biologischer und konventioneller *Betriebssysteme* untersucht wurden. Als dritte Bodenbewirtschaftungsstrategie diente die Zugabe von *Pflanzenkohle* in einem neu etablierten Feldversuch an der Agroscope Reckenholz.

## Ergebnisse

Ergebnisse aufgrund der reduzierten Bodenbearbeitung im Inkubationsexperiment unter kontrollierten Bedingungen:

- Der Einfluss der Bodenbearbeitung auf die Lachgasemission ist von der Form des Stickstoffs abhängig, der durch Düngung eingetragen wird.
- Die höchsten Lachgasemissionen aus dem Unterboden wurden bei reduzierter Bodenbearbeitung bei der Düngung mit Ammonium festgestellt.

- Die höchsten Emissionen im Oberboden wurden – unabhängig von der Bodenbearbeitung – nach nitrathaltiger Düngung registriert.
- Erhöhtes Vorkommen (Abundanz) von nitrifizierenden Mikroorganismen unter reduzierter Bodenbearbeitung.
- Erhöhte Abundanz von Lachgas reduzierenden Mikroorganismen nach organischer Düngung.

Ergebnisse aufgrund des Einsatzes von Pflanzenkohle im Feldexperiment:

- Die Zugabe von Pflanzenkohle führte im Freiland über eine Vegetationsperiode zu einer Verminderung der Lachgasemissionen um 55 Prozent im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle.
- In dem mit Kalk behandelten Kontrollfeld zeigte sich eine hohe Varianz. Der Kalkungseffekt des Pflanzenkohle-Verfahrens konnte dabei als mögliche Ursache nicht völlig ausgeschlossen werden.
- Die erhöhte Abundanz von typischen Lachgas reduzierenden Mikroorganismen (mit *nosZ* Gen) nach der Düngung im Pflanzenkohleverfahren deutet daraufhin, dass eine erhöhte Lachgasreduktion nach dem Einsatz von Pflanzenkohle als Ursache für verminderte Lachgasemission anzusehen ist.
- Nach der Düngung mit Pflanzenkohle setzt zwischen den Verfahren eine Ausdifferenzierung der mikrobiellen Gemeinschaft von spezialisierten Lachgas-reduzierer (mit *nosZ-II* Gen) ein, die bis zum Ende der Vegetationsperiode wirksam bleibt.

Vergleich der Betriebssysteme im Inkubationsexperiment unter kontrollierten Bedingungen:

- Im biologisch bewirtschafteten Boden wurden leicht erhöhte Denitrifikationsaktivitäten und Lachgasemissionen ermittelt.
- Die Abundanzen denitrifizierender und Lachgas reduzierender Mikroorganismen blieben über die gesamte Inkubationsdauer stabil.
- Im konventionell bewirtschafteten Boden war eine erhöhte Aktivität (mRNA) von typischen Lachgas reduzierenden Mikroorganismen festzustellen. Dies führte dort zum niedrigsten  $N_2O/(N_2O+N_2)$  Verhältnis.
- Mangels Kalkung fand in der unbehandelten Kontrolle kaum Lachgasreduktion statt. Dies deutet darauf hin, dass die Lachgasreduktion aufgrund niedrigem pH- Wert (< pH 6) eingeschränkt ist.

Ergebnisse aus dem Feldexperiment

- Das landwirtschaftliche Bodenbewirtschaftungssystem verändert die Struktur der mikrobiellen Gemeinschaft von typischen und spezialisierten Lachgas reduzierenden Mikroorganismen.

## **Bedeutung für die Forschung**

### Pflanzenkohle

Pflanzenkohle verfügt über ein deutliches Potenzial zur Verminderung von Lachgasemission aus Böden. Bevor aber Pflanzenkohle zu diesem Zweck in der landwirtschaftlichen Praxis empfohlen werden kann, sind verschiedene Fragen zu klären. So wurde der Feldversuch im Jahr vor dem Experiment angelegt und es ist unklar ob der Effekt der reduzierten Lachgasemissionen über die Jahre stabil bleibt. Verschiedene Forschungsergebnisse geben Hinweise darauf, dass Pflanzenkohle wie ein Katalysator für heterotrophe Prozesse wirkt. Dies bedeutet, dass die Denitrifizierung und damit der gasförmig Stickstoffverlust aus dem Boden zunehmen kann. Wie sich dies auf Nitratauswaschung und die Nährstoffeffizienz des Agrarökosystems auswirkt, ist bislang unklar. Zudem gibt es starke Hinweise dafür, dass die verminderten Lachgasemissionen durch im Boden zurückgehaltenes Lachgas erklärt werden können. Die längere Verweildauer im Boden wiederum führt zu einer verstärkten Reduktion des Lachgases und zu einer erhöhten Aktivität von Lachgas reduzierenden Mikroorganismen.

### Quantifizierung funktioneller Gene

Die Analyse funktioneller Gene auf mRNA-Ebene ist deutlich aussagekräftiger als DNA-Analysen beziehungsweise sie weist eine engere Korrelation mit Prozessraten auf. Die Analyse von mRNA gestaltet sich in Feldversuchen allerdings sehr schwierig. Trotz mehrerer Versuche ist es nicht gelungen, aus den Feldexperimenten belastbare mRNA-Daten in hoher zeitlicher Auflösung zu generieren. Ein Grund dafür ist die hohe räumliche und zeitliche Variabilität dieses Parameters. Zudem erfordert die Quantifizierung von mRNA eine sensible und fehleranfällige Methodik. Um die mikrobielle Aktivität einzelner funktioneller Gruppen im Feld verlässlich messen zu können, wäre die Entwicklung einer robusteren Methodik wünschenswert.

### Einfluss mikrobieller Gemeinschaften auf Lachgasemissionen

Unabhängig von der Bodenbewirtschaftung zeigte sich, dass die funktionelle Gemeinschaft der Lachgas reduzierenden Mikroorganismen hinsichtlich der Aktivität oder der Abundanz am besten mit den gemessenen Lachgasemissionen korrelierte. Diese Beobachtung verdeutlicht die wichtige Rolle dieser funktionellen Gemeinschaft bei der Verminderung von Lachgasemissionen aus dem Boden. Die gezielte Stimulation dieser Gruppe von Mikroorganismen scheint eine vielversprechendste Strategie zu sein, um Lachgasemissionen zu verringern. Sie sollte Gegenstand künftiger Forschungsaktivitäten sein.

## **Bedeutung für die Praxis**

Die Ergebnisse des Projekts «Lachgas» zeigen, dass es für eine landwirtschaftliche Praxis die zum Ziel hat, die Lachgasemissionen zu verringern, wichtig ist den pH-Wert des Bodens zu überwachen, da bei einem pH von unter 6 die Funktionsweise der Lachgasreduktion deutlich

eingeschränkt wird. Aus Sicht eines nachhaltigen Boden- und Klimaschutzes wäre es sinnvoll Massnahmen, wie Kalkung in Betracht zu ziehen, sollte der Boden zu sauer sein, um ihn in seiner vollen ökologischen Funktion im Stickstoffkreislauf und in der Klimaregulation nutzen zu können.

## **Empfehlungen**

Die Langzeitmessungen von Lachgasemissionen in den drei durchgeführten Feldversuchen zeigen, dass das Ausbringen von Pflanzenkohle über das grösste Potenzial verfügt, um die Lachgasemissionen aus landwirtschaftlich genutzten Böden zu verringern. Ein grosser Vorteil dieser Bewirtschaftungsmassnahme liegt darin, dass sie sich mit anderen Bewirtschaftungsstrategien kombinieren lässt und auch eine leichte Erhöhung des pH-Werts im Boden hervorruft. Diese Massnahme als klimafreundliche landwirtschaftliche Praxis in Bezug auf Lachgasemissionen zu empfehlen, erscheint allerdings verfrüht, solange die oben genannten Fragen noch nicht ausreichend geklärt sind.

Im Vergleich zu Pflanzenkohle scheinen unterschiedliche Bodenbewirtschaftungssysteme die Lachgasemissionen nur in geringem Masse zu beeinflussen. Zwar liess sich unter simulierten Bedingungen in biologisch bewirtschafteten Böden ein leicht erhöhtes Denitrifikationspotenzial feststellen. Da das Düngungsniveau bei Biolandbau deutlich tiefer liegt, ist jedoch nicht zu erwarten, dass sich dies signifikant auf die Lachgasflüsse im Feld auswirkt. Da der Hauptfokus dieses Experiments auf dem Prozessverständnis der Denitrifikation und der Lachgasreduktion lag, wurden Bedingungen gewählt, die im Feld nur sehr kurzfristig auftreten können. Eine kürzlich veröffentlichte Metastudie zeigte, dass biologisch bewirtschaftete Böden auf die Fläche skaliert weniger Lachgas emittieren als konventionelle bewirtschaftete Böden.