

Tagungsbeitrag zu: Jahrestagung der DBG, Kommission III
Titel der Tagung: Horizonte des Bodens-
Veranstalter: DBG
Termin und Ort: 2.–7. September 2017, Göttingen
Berichte der DBG <http://www.dbges.de>

Was steuert die Methankonsumption im Waldboden: Physik oder Biologie? Ergebnisse einer Studie der kleinräumlichen Variabilität von Treibhausgasflüssen

Martin Maier¹, Sinikka Paulus¹, Clara Nicolai¹, Kenton Stutz¹

Einleitung

Die Oxidation von Methan (CH₄) im Boden stellt eine wichtige Senke für atmosphärisches CH₄ dar. Die dafür verantwortlichen Mikroben sind trotz langjähriger Forschung weiterhin noch nicht auf Artniveau identifiziert. Dennoch stellen sich im bodenökologischen Kontext auch viele weitere Fragen, da die CH₄ Oxidation einerseits ein biologisch gesteuerter Prozess ist, andererseits auch als transportlimitierter Prozess nicht ohne die zugrundeliegende Physik verstanden werden kann.

Der Einfluss der zeitlichen Steuergrößen, Bodenfeuchte und Temperatur, ist hinlänglich bekannt, wenn auch der quantitative Zusammenhang noch immer vor Ort bestimmt werden muss. Über den Einfluss von weiteren Standorteigenschaften auf die CH₄ Konsumption sind zwar grobe generelle Zusammenhänge bekannt, wie zum Beispiel eine generell reduzierte mikrobielle Aktivität und damit auch CH₄ Konsumption auf extrem sauren oder basischen Standorten, jedoch sind die Unterschiede zwischen weniger extremen Standorten immens und lassen sich nicht ohne weiteres erklären. Jedoch ist ein genereller positiver Zusammenhang zwischen CH₄-Konsumption und Bodenbelüftung (gemessen als Diffusionskoeffizient) bekannt, der auf eine Transportlimitierung der CH₄-Konsumption hinweist.

¹Lehrstuhl für Bodenökologie, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, 79085 Freiburg; martin.maier@bodenkunde.uni-freiburg.de

Was die kleinräumige Variabilität antreibt, bleibt aber weiter ungewiss.

Ziel unserer Untersuchung war es, den Zusammenhang zwischen der kleinräumigen Variabilität der CH₄ Konsumption mit anderen Gasflüssen (CO₂, N₂O) und Bodeneigenschaften auf der Plot Skala zu untersuchen, um so ein vertieftes Prozessverständnis entwickeln zu können.

Material und Methoden

Zur Untersuchung der Steuergrößen der CH₄ Oxidation wurde eine Studie der kleinräumigen Variabilität der Spurengasflüsse CO₂, CH₄ (&N₂O) durchgeführt. Als Standort wurde die Forstmeteorologische Messstation Hartheim bei Freiburg ausgewählt. Der Boden ist ein Haplic Regosol (calcaric) (FAO 2006) in der ehemaligen Aue des Rheins. Eine schluffdominierte Deckschicht liegt hier über stratifizierten Lagen aus Sanden und Kiesen; die Mächtigkeit der Schluffdeckschicht ist unterschiedlich stark ausgeprägt, und an manchen Stellen reicht die Kiesschicht bis zur Oberfläche (Maier *et al.*, 2010). Die Fläche ist mit einem ca. 50 jährigen lichten Kieferbestand bestockt, eine strukturreiche Strauch- und Krautschicht ist vorhanden. Die Humusform ist Mull mit einer 1-4 cm starken F-Schicht. Das Klima ist gemäßigt warm mit 10,3°C Jahresmitteltemperatur und mit 640 mm -niederschlag.

Die Gasflüsse wurden auf einer 60mX50m Plot in einem Kiefernwald in einer ehemaligen Aue nahe Freiburg gemessen. Die Fläche weist starke Unterschiede in der Bodentextur und-struktur auf, die sich auch in der Bodenvegetation widerspiegelt, was zu einer Kategorisierung der Fläche in Vegetationseinheiten und Boden/Textureinheiten verwendet wurde (Abb.1).

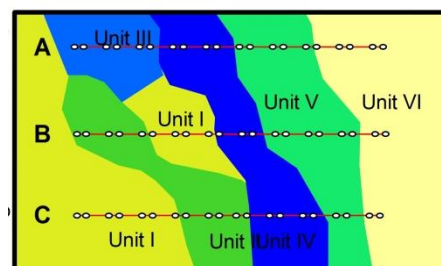


Abbildung 1: Messplot. Die von den 3 Transekten (rote Linien, Messpunkte als Punkte dargestellt) erfasste Fläche wurde entsprechend ihrer Vegetation /Boden in homogene Kategorien eingeteilt (Unit I-VI)

Gasflüsse und Boden- und Humuseigenschaften wurden entlang von 3 Transekten an insgesamt 60 Positionen während einer Woche gemessen (Abb.1). Zur Messung der Gasflüsse wurde ein non-steady-state Kammer-system verwendet (Abb.2). Die Messung der CH₄ und CO₂ Konzentrationen wurden mit einem Greenhouse Gas Analyser von Los Gatos (US) gemessenen, N₂O wurde mit eine Innova Gasmonitor 1416 von Lumasense (Ballerup, Dänemark) mit vorgeschaltetem Taupunktcontroller gemessen.

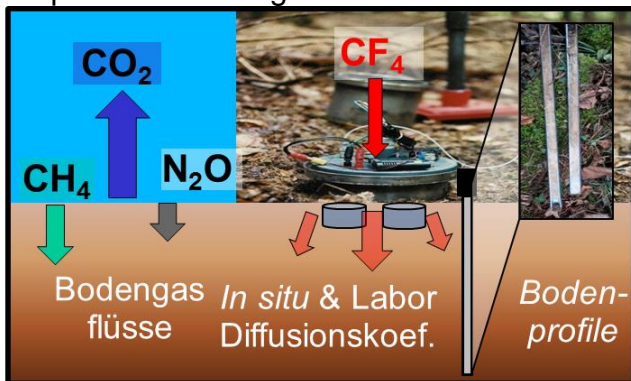


Abbildung 2: Erfasste Gasflüsse und Messparameter an jeder Messstelle.

Der Diffusionskoeffizient an der Messstelle wurde *in situ* mit einer Mc Intyre Methode (Schack-Kirchner et al. 2001) mittels dem Tracergas CF₄ gemessen (ebenfalls mit dem Innova 1416 gemessen). Zusätzlich wurden je Messstelle zwei Stechzylinder genommen zur Bestimmung des Diffusionskoeffizienten, der Bodenfeuchte und weiterer bodenphysikalischer Parameter im Labor. Das Bodenprofil wurde an den Messstellen mit einem Pürkhauer Bohrstock erfasst.

Die zeitlich variablen Gasflüsse wurden anhand einer wiederholt gemessenen Referenzkammer normiert, das heißt die gemessenen Flüsse an einem Messpunkt wurden mit der beobachteten Veränderung an der Referenzkammer korrigiert (Abb.3). Die normierten Gasflüsse wurden auf ihre Zusammenhänge mit der erfassten Vegetation, Textur, bodenphysikalischen Parametern mittels GLM und RandomForest untersucht.

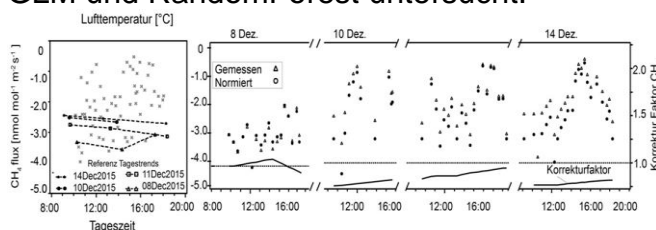


Abbildung 3: zeitlicher Verlauf der CH₄ Konsumption und den abgeleiteten Korrekturfaktoren an der Referenzkammer.

Die Messungen fanden vom 8. Dez. -14. Dez. 2016, bei stabilen kühlem Wetter ohne Niederschlag statt.

Resultate & Diskussion

Der Boden war eine Quelle für CO₂ und eine Senke für CH₄ (Abb.3.) und N₂O. Zwischen verschiedenen Vegetations-Straten wurden signifikante Unterschiede im CH₄ und CO₂ Flux gefunden. (Abb.4).

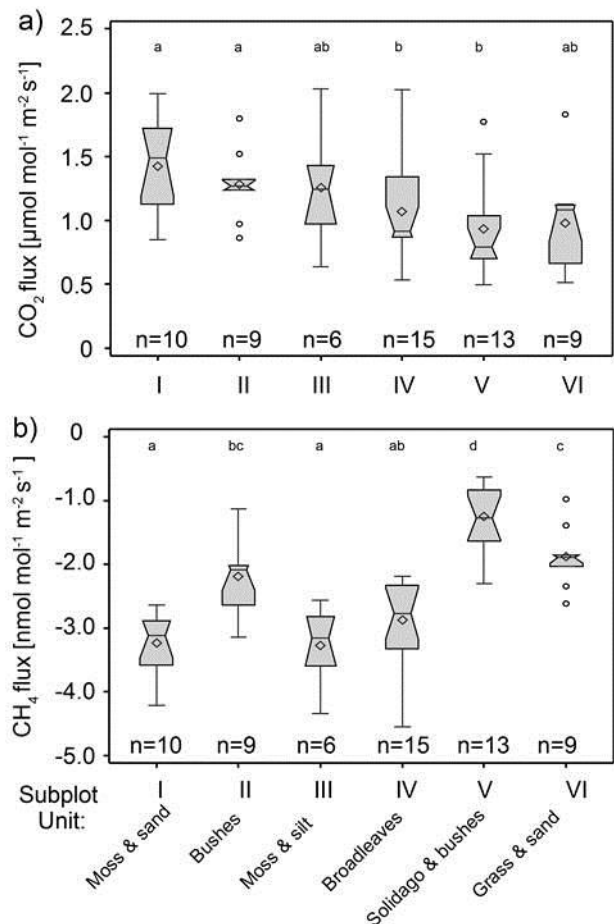


Abbildung 4: Boxplots der CH₄ und CO₂ Bodengasflüsse in den verschiedenen Vegetationsstraten.

Innerhalb ähnlicher Vegetations-Straten nahm die CH₄ Konsumptionsrate mit steigendem Diffusionskoeffizient erwartungsgemäß zu, was die Hypothese der physikalischen Transportlimitierung von CH₄ Flüssen bestätigt. Bei gleicher Diffusivität zeigten sich im Schluff-dominierten Bereich höhere CH₄ Oxi-dationsraten als im sandigen Bereich (Abb.5). Wir schließen daraus, dass Schluff ein größeres Habitat-Potential für methanotrophe Mikroorganismen darstellt, was sich wahrscheinlich durch die größere Porenoberfläche aufgrund der komplexeren Porenstruktur im Vergleich zu sandiger Textur erklärt. Auch die CO₂ Produktion war positiv mit steigenden Diffusionskoeffizient korreliert

(Abb.5), was wir als Effekt der Wurzeln und des organischen Kohlenstoffs betrachten, die einerseits zur Bodenrespiration und andererseits zur Strukturbildung und damit Belüftung beitragen.

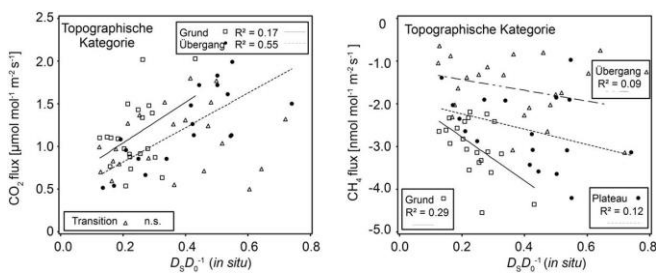


Abbildung 5: Der CO₂ Flux (links) und die CH₄ Konsumption (rechts) nehmen mit dem Diffusionskoeffizienten (D_s/D_0) innerhalb der Straten zu.

Die CH₄ Oxidationsrate war zudem innerhalb der homogenen Straten mit dem CO₂ Flux korreliert (Abb.6). Die Berechnung der Aktivität der Methanotrophen (basierend auf der Diffusivität und dem CH₄-Flux nach von Fischer et al 2009) zeigte dass auch die Aktivität mit dem CO₂ Flux zunahm. Die Zunahme war an den schluffigen Messstellen stärker als an den sandigen Stellen, und lässt möglicherweise auf einen kausalen Zusammenhang zwischen der räumlichen Korrelation schließen.

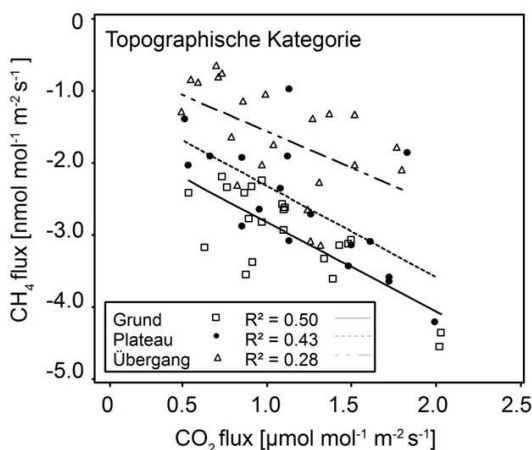


Abbildung 6: Zusammenhang des CO₂ Flux mit der CH₄ Konsumption an den Messstellen, eingeteilt in homogene Strata.

Schlussfolgerungen und Ausblick

Der Zusammenhang zwischen dem CH₄ und CO₂ Flux wirft die Frage auf, ob die Rhizosphäre und der abbaubarer Kohlenstoff als CO₂ Quelle ein bevorzugtes Habitat darstellen oder indirekt eine verstärkte CH₄ Konsumtion ermöglichen. Weitere Details finden sich bei Maier et al.(2017).

Literatur

- Maier M. Schack-Kirchner H, Hildebrand E., Holst J.: Pore-space CO₂ dynamics in a deep, well-aerated soil. *European Journal of Soil Science* 2010, 61, 877-887
- Maier, M., Paulus, P., Nicolai, C., Stutz, K.P., Nauer, P.A. (2017): Drivers of Plot-Scale Variability of CH₄ Consumption in a Well-Aerated Pine Forest Soil. *Forests* 8(6), 193
- Von Fischer, J.C.; Butters, G.; Duchateau, P.C.; Thelwell, R.J.; Siller, R. In situ measures of methanotroph activity in upland soils: A reaction-diffusion model and field observation of water stress. *J. Geophys. Res.* 2009, 114.
- Schack-Kirchner H., T. Gaertig., K. v. Wilpert,.,H, Hildebrand E: A modified McIntyre and Phillip approach to measure top-soil gas diffusivity in-situ. *J.Plant Nutr. Soil Sci.*; 164: 253-258

Danksagung

Die Autoren danken der DFG für die Förderung der vorgestellten Forschungsarbeiten im Rahmen des Projektes: (MA 5826/2-1)