

Tagungsbeitrag zu: Jahrestagung der DBG, Kommission I
Titel der Tagung: Böden – Lebensgrundlage und verantwortung
Veranstalter: DBG
Termin und Ort: 07.-12.09.2013, Rostock
Berichte der DBG <http://www.dbges.de>

Eine *in situ* Methode zur Bestimmung von 2-D Mustern des Gasdiffusionskoeffizienten im Boden

Martin Maier^{1,2*}, Helmer Schack-Kirchner¹,
 Bernard Longdoz², Friederike Lang¹

Einleitung

Diffusion stellt den dominierenden Gastransportprozess im Boden dar. Der Gasdiffusionskoeffizient im Boden (D_s) ist ein wichtiger Parameter für die Belüftung des Bodens, und damit auch für alle Gasumsatzprozesse im Boden und das Wurzelwachstum. In vielen Fällen wird von einer gewissen horizontalen Homogenität des Bodens ausgegangen, insbesondere bei Strukturparametern wie dem D_s , der nur indirekt messbar ist. Diese Annahme trifft allerdings selbst in scheinbar homogenen Böden nicht zu, wurde bisher aber nur mit destruktiven Methoden nachgewiesen. Da aber selbst bei einer aufwändigen destruktiven Erfassung der D_s Muster nur ein kleiner Ausschnitt der gesamten räumlichen Verteilung im Boden erfasst werden kann, und die Bodeneigenschaften zwischen den Probenahme-Positionen unbekannt bleiben, bleibt bei diesem Ansatz eine große Unsicherheit hinsichtlich der realen, resultierenden D_s Muster. Unser Ziel war es, eine neue *in situ* Methode zur Bestimmung des scheinbaren Diffusions-Koeffizienten im Boden zu entwickeln und damit ein Bodenprofil auf 2-dimensionalen D_s -Muster hin zu untersuchen.

Material und Methoden

Als Standort wurde die Forstmeteorologische Monitoring-Fläche Hesse bei Sarrebourg (Frankreich) ausgewählt, die zugleich eine ICOS Monitoringfläche ist. Der Boden ist ein

¹Lehrstuhl für Bodenökologie, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, 79085 Freiburg; ²INRA Nancy
martin.maier@bodenkunde.uni-freiburg.de

Stagnic Luvisol und oberflächlich leicht verdichtet (Maier *et al.*, 2012). Das Alter des Buchenbestandes beträgt ca. 30 Jahre. Bodenvegetation ist nicht vorhanden, die Humusform ist L-Mull. Das Klima ist gemäßigt mit 9,2°C Jahresmitteltemperatur und 820 mm -niederschlag.

In Hesse wurde vor 3 Jahren ein „Closed-Loop-System“ für das Monitoring der Bodengaskonzentrationen und Bodengasflüssen installiert (Parent *et al.*, 2013), das für die Entwicklung der Methode modifiziert wurde. Bei der Installation des Closed-Loop-Systems waren ungestörte Bodenproben genommen worden, an welchen der Zusammenhang zwischen Bodenfeuchte und D_s im Labor überprüft worden war. Aus den aktuellen Bodenfeuchte und diesen Funktionen wurden Referenz- D_s -Werte für die neue *in situ* Methode abgeleitet.

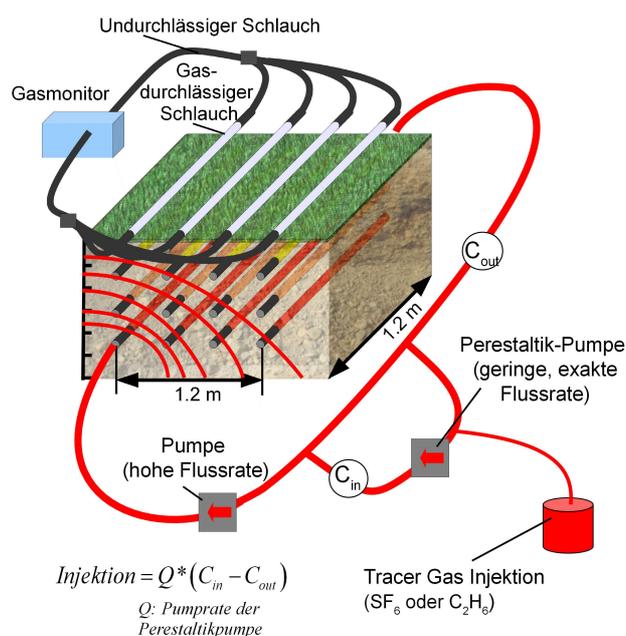


Abbildung 1: Experimentelles Set-Up. Tracer-Gas wird durch eine Einspeiseschleife kontrolliert langsam an einer Position des Closed-Loop-Systems eingespeist und breitet sich im Boden aus. Die resultierende Gleichgewichtskonzentrationsverteilung wird in den anderen Gassammelschläuchen erfasst.

In einem ähnlichen Ansatz wie von van Bochove *et al.* (1998) wurde Tracer-Gas (SF₆) an einer Position im Boden kontinuierlich eingespeist, so dass sich eine (Quasi-) Gleichgewichtskonzentrationsverteilung des Tracer-Gases im Boden ergibt (Abb.1). Durch die Erfassung der räumlichen Verteilung von Tracer-Gas an den Messpositionen des Closed-Loop-Systems lässt sich die räumliche D_s

Verteilung ableiten. Um eine realitätsstreue Abbildung des Gastransports und der Geometrie des Aufbaus zu ermöglichen, wurde hierfür ein Programm zur Modellierung mit Finiten Elementen verwendet (COMSOL Multiphysics). Durch Variation der Parameter, also des D_S der verschiedenen Kompartimente, wurde ein Modell des Versuchsaufbaus so angepasst, dass der Influx an Tracergas und die resultierende Konzentrationsverteilung dem gemessenen Influx und der gemessenen Konzentrationsverteilung entsprechen.

Es wurden 2 verschiedene Ansätze verfolgt:

1. Ansatz (1D) Die Gassammelschläuche einer jeweiligen Tiefe sind miteinander verbunden. Das Set-Up wird als ein einzelnes Profil verwendet. Hierbei wird das Tracer-gas in der tiefsten Position in 40cm eingespeist und in 20, 10, 5 und 0 cm Tiefe gemessen.

2. Ansatz („2D“) Jeder einzelne Gassammelschlauch wird unabhängig gemessen. Durch die sukzessive Nutzung der Gassammelschläuche in 40 cm Tiefe für die Einspeisung des Tracer-Gases lässt sich die 2-dimensionale Verteilung des Diffusionskoeffizienten zwischen den Messpunkten ableiten.

Ergebnisse und Diskussion

1D Ansatz

Bei der Einspeisung von SF_6 in 40 cm Tiefe wurde erwartungsgemäß eine klare Zunahme der SF_6 und der CO_2 Konzentration mit der Tiefe festgestellt (Abb. 2). Während das SF_6 Konzentrationsprofil keine starke Tagesgänge aufwies, waren CO_2 Tagesgänge im Profil klar

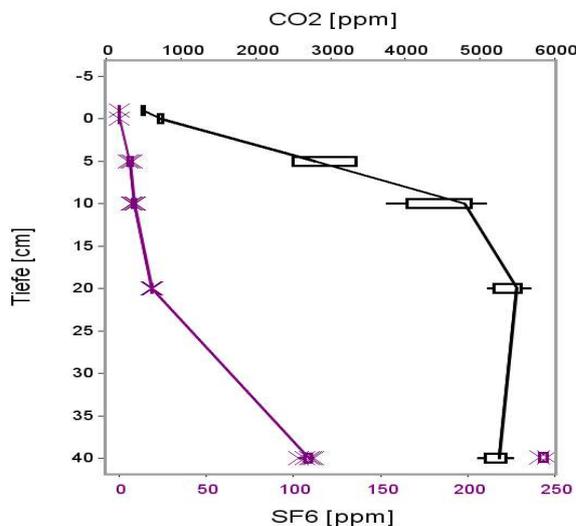


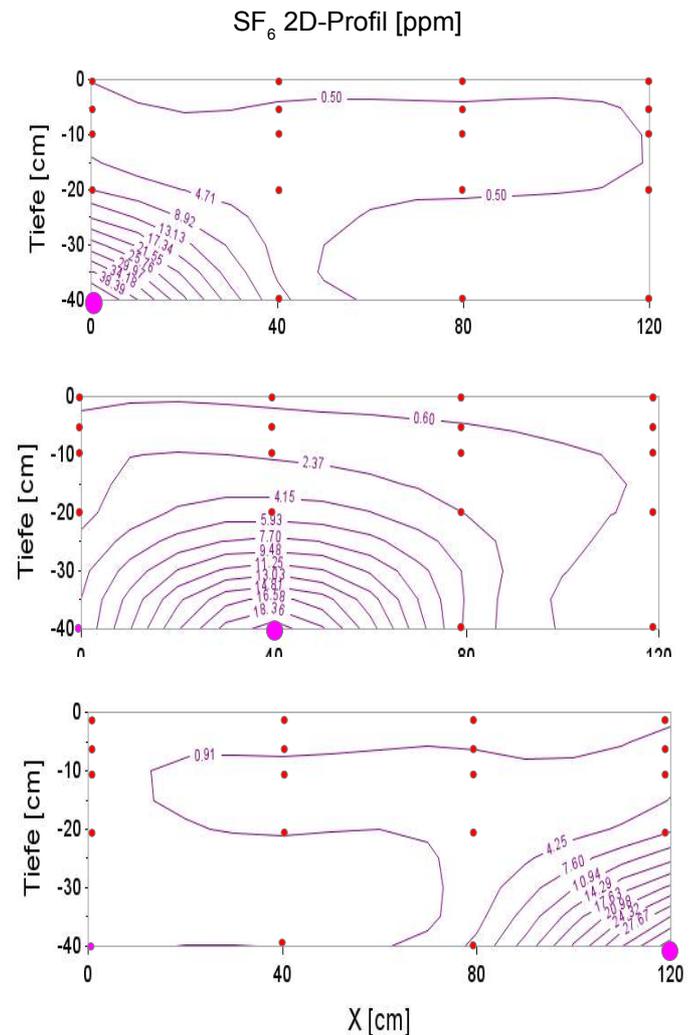
Abbildung 2: SF_6 und CO_2 Vertikalprofil. Die in den Boxplots enthaltene Variabilität der SF_6 und CO_2 Konzentration spiegelt die die Variation im Tagesgang wieder.

sichtbar.

Da die CO_2 Tagesgänge somit nicht durch die Variation des D_S zu erklären sind, spiegeln sie direkt die Tagesgänge der Bodenrespiration wieder.

2D Ansatz

Jeder einzelne Gassammelschlauch wird unabhängig gemessen, wobei sich eine unerwartet starke horizontale Variabilität der CO_2 Konzentrationen ergab (nicht dargestellt).



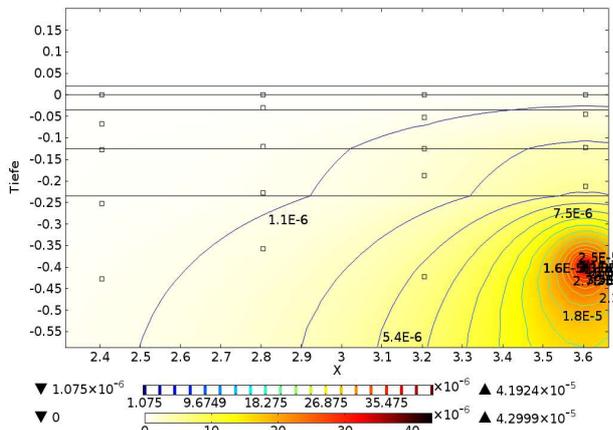


Abbildung 4: Modellierter SF_6 Konzentrationsverteilung. D_s Werte der jeweiligen Schichten wurden so angepasst, dass die modellierten SF_6 Werte mit den gemessenen übereinstimmen.

Die Anpassung der Parameter (D_s) an die Messdaten mit COMSOL (Abb. 4) ergab deutlich höhere D_s Werte für den Bereich zwischen 10 und 20 cm Tiefe, also den Bereich unmittelbar unterhalb der oberflächlichen Verdichtung (siehe Maier et al., 2012).

Für den mittleren Profilausschnitt ergaben sich so deutlich höhere D_s Werte (Abb. 5), was wiederum die „Ausbauchung (Abb. 3) gut erklären würde. Zudem würden sich somit auch sehr gut die deutlich geringeren CO_2 Konzentration im mittleren Profilabschnitt erklären lassen (nicht dargestellt), die somit primär nicht auf eine geringere biologische Aktivität (Respiration= CO_2 Produktion), sondern auf eine bessere Belüftung zurückzuführen wären. Eine solche starke horizontale Variabilität des D_s ließe sich z.Bsp. durch Gänge von Bodenwühlern erklären, wie sie auch in Hesse vorkommen und an der Oberfläche für sichtbar sind.

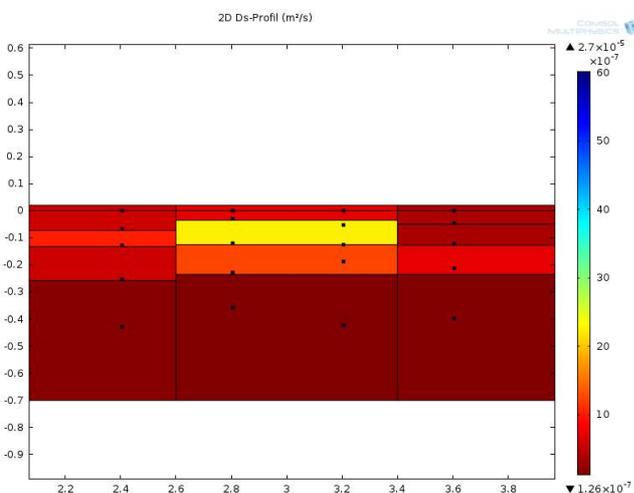


Abbildung 5: 2 dimensionales D_s Profil. Der mittlere Bereich zwischen 5 und 20 cm Tiefe zeigt deutlich höhere D_s Werte.

Jedoch liegen die *in situ* gemessenen D_s Werte im Schnitt deutlich unter den im Labor gemessenen bzw. den aus Labormessungen abgeleiteten Werten. Dies könnte an Kondenswasser liegen, das sich in den Gassammschläuche ansammelt und so die effektive Kontaktfläche verringert.

Schlussfolgerungen

Der vorgestellte neue Ansatz eignet sich dazu D_s *in situ* zu messen, und auch um die horizontale Variabilität innerhalb eines Boden (Gasprofils) zu erfassen, die – wie in diesem Fall – sehr stark sein kann. Allerdings ist es notwendig eine bessere Routine zu etablieren, z. Bsp mit durch Messungen mit mehreren verschiedenen Tracer-Gasen gleichzeitig, um die Messung zu beschleunigen.

Literatur

MAIER, M., SCHACK-KIRCHNER, H., AUBINET, M., GOFFIN, S., LONGDOZ, B., PARENT, F. (2012): Turbulence Effect on Gas Transport in Three Contrasting Forest Soils. *Soil Science Society of America Journal*, 76 (5), 1518-1528

PARENT, F., PLAIN, C., EPRON, D., MAIER, M., LONGDOZ, B. (2013): A new method for continuously measuring the delta_13C of soil CO_2 concentrations at different depths by laser spectrometry. *European Journal of Soil Science*, doi: 10.1111/ejss.12047

VAN BOCHOVE, E, BERTRAND, N., CARON, J, 1998. In situ estimation of the gaseous nitrous oxide diffusion coefficient in a sandy loam soil. *Soil Sci. Soc. Am. J.* **62**, 1178–1184.