

**Tagungsbeitrag zu:** Jahrestagung der DBG, Kommission IV

**Titel der Tagung:** Böden – eine endliche Ressource

**Veranstalter:** DBG, September 2009, Bonn

**Berichte der DBG** (nicht begutachtete online Publikation)

<http://www.dbges.de>

## **Verfälschung von Bodenrespirationmessungen durch CO<sub>2</sub>Vorratsänderungen: Ausmaß und Faktoren**

Martin Maier<sup>1</sup>, Ernst E. Hildebrand, Helmer Schack-Kirchner

### **Zusammenfassung**

Die mit Kammermethoden gemessene CO<sub>2</sub> Emissionen entsprechen der aktuellen Bodenrespiration nur unter der Prämisse eines gleichbleibenden CO<sub>2</sub>-Vorrats im Bodenporenvolumen. Inwiefern diese Annahme eines stationären CO<sub>2</sub>-Speichers gerechtfertigt ist wurde am Beispiel eines gut belüfteten kalkhaltigen Bodens mit tief liegendem Grundwasserspiegel untersucht. Während 6 Monaten wurden Profile der CO<sub>2</sub>-Konzentration und der Bodenfeuchte sowie ein umfangreicher meteorologischer Datensatz zeitlich hoch aufgelöst erfasst. Als Faktoren, die zu starken Vorratsänderungen führten, konnten Grundwasserstandsänderungen, starke Turbulenzen und Niederschläge identifiziert werden. Die CO<sub>2</sub>-Vorratsänderungsrate betrug in ca. 20% der Zeit mehr als 15% der modellierten Respiration, in Einzelfällen erreichte sie 50% der erwartbaren Respiration und ist somit nicht vernachlässigbar.

**Schlüsselworte:** CO<sub>2</sub>-Profil, Bodenrespiration, Gasdiffusion

### **Einleitung**

Bei Bodenrespirationmessungen wird angenommen, dass die gemessene CO<sub>2</sub>-Emission des Bodens der aktuellen Respiration entspricht. Das heißt, die Änderung des im Bodenporenvolumen gespeicherten Vorrats an CO<sub>2</sub> wird vernachlässigt. Diese Annahme ist

allerdings nur dann gewährleistet, wenn der Gastransport im Boden auf stationärer Diffusion beruht. Bei instationärer Diffusion z. Bsp. infolge von steigenden Respirationsrate oder veränderter Diffusivität nach einem Regen gilt diese Annahme jedoch nicht. Ebenso ist nicht von einem stationären CO<sub>2</sub>-Vorrat auszugehen, wenn Konvektion als weiterer Transportprozess für Bodengase z. Bsp. durch infiltrierendes Regenwasser, Grundwasserspiegeländerungen oder Turbulenz der bodennahen Luft eine Rolle spielt.

Ziel der Studie ist es, Änderungen des CO<sub>2</sub> Vorrats zu erfassen, zu quantifizieren und auf den Einfluss von Umweltfaktoren hin zu untersuchen.

### **Methoden und Standorte**

Als Standort wurde die Forstmeteorologische Messstelle Hartheim bei Freiburg gewählt. Der Boden wurde als Pararendzina auf holozänem kalkhaltigen Auensediment angesprochen. Der Grundwasserspiegel liegt 7 m unter Flur und wird vom nahe gelegenen Rhein beeinflusst. Die Fläche ist mit einem 46-jährigen, mattwüchsigen, lichten Kieferbestand bestockt.

Das Tiefenprofil der CO<sub>2</sub>-Konzentration wurde mit Vaisala GMP343 Sensoren, das Profil der Bodenfeuchte mit Delta-T ML1 Sonden erfasst. Neben einem Standortsatz an meteorologischen Messgrößen wurde zusätzlich die Schubspannungsgeschwindigkeit (Campbell Scientific CSAT3) und der Grundwasserspiegel aufgezeichnet. Während der Installation der Profilsensoren wurden insgesamt 50 Stechzylinder zur Bestimmung von bodenphysikalischen Größen genommen (Porenvolumen, pF-Kurve, Luftleitfähigkeit, Diffusionskoeffizienten).

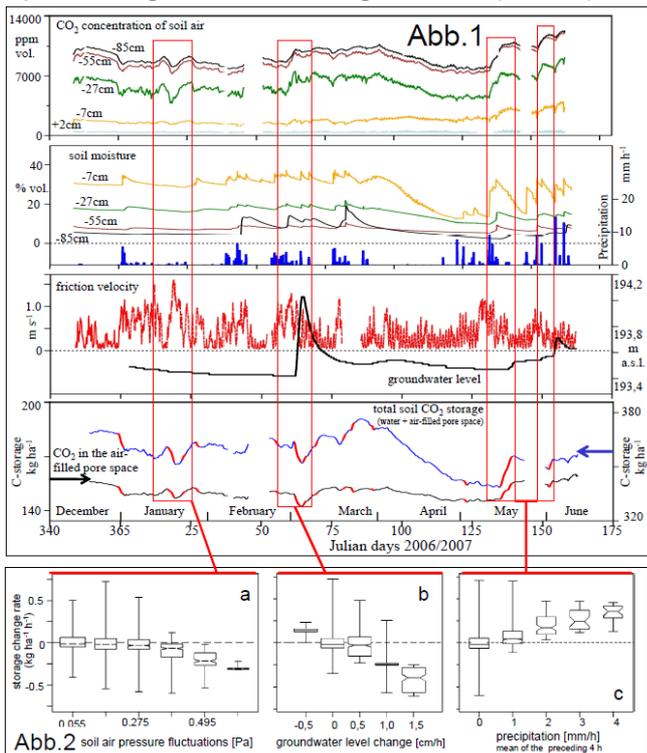
Zur Berechnung des CO<sub>2</sub> Vorrats wurde der Boden in diskrete Schichten bis zum Grundwasserspiegel eingeteilt und die Messwerte unter Berücksichtigung der stark ausgeprägten Horizontgrenzen interpoliert. Neben dem Vorrat in der Porenluft wurde der Vorrat in der Bodenlösung unter der Annahme eines Bodenluft-Bodenlösung-Gleichgewichts entsprechend dem Henry-Gesetz berücksichtigt. Durch das CO<sub>2</sub>-CaCO<sub>3</sub>-H<sub>2</sub>O Lösungsgleichgewicht kommt der Bodenlösung besondere Bedeutung zu, da - auf das Volumen bezogen - die Konzentration von CO<sub>2</sub> in 1m<sup>3</sup> kalkhaltigem Wasser höher ist als im angrenzenden

<sup>1</sup>Institut für Bodenkunde und Waldernährungslehre, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, 79085 Freiburg; [martin.maier@bodenkunde.uni-freiburg.de](mailto:martin.maier@bodenkunde.uni-freiburg.de)

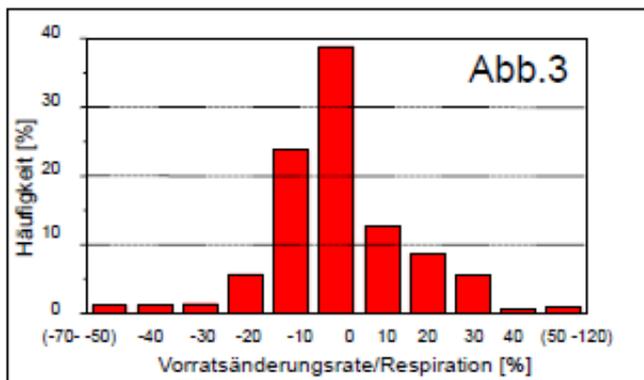
Luftvolumen von 1 m<sup>3</sup>.

## Ergebnisse und Diskussion

Der CO<sub>2</sub>-Vorrat in den Bodenschichten variiert zwischen 323.85 und 367.57 kg C ha<sup>-1</sup>; die Änderungsrate beträgt zwischen -0.57 und 0,74 kg C ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>. Ein genereller Zusammenhang der Vorratsveränderung mit der bodennahen Turbulenz (Abb.2a), den Grundwasserpegeländerungen (Abb.2b) und infolge von Niederschlägen (Abb.2c) konnte gefunden werden. Als Musterbeispiele sind solche Episoden grafisch hervorgehoben (Abb.1).



Ein Vergleich der Vorratsänderungsrate mit der modellierten Bodenrespirationsrate (Q<sub>10</sub>-Modell, Schindler et al. 2006) ergibt, dass in mehr als ¾ der Fälle die Vorratsänderung weniger als (+/-)15% der Respirationsrate beträgt (Abb.3). In Einzelfällen allerdings kann die Änderungsrate -70 bis 115% der Bodenrespiration betragen und so zu erheblichen Fehlern bei der Schätzung der Respiration basierend auf Kammermessungen führen.



Eine Möglichkeit diese Fehlerquelle auszuschließen wäre die Erfassung der CO<sub>2</sub>-Vorratsdynamik und somit die Integration des Bodenvorrats bei Messkampagnen mit Kammermessungen analog zur Korrektur von Eddy-Kovarianz-Flussmessungen, bei denen im Wald CO<sub>2</sub>-Vorratsänderungen unterhalb der Baumkronen berücksichtigt werden (Hirsch et al., 2004).

Eine weitere Möglichkeit besteht darin, standortspezifische Situationen zu identifizieren, während welcher die Vorratsänderungen nicht mehr vernachlässigbar sind. Durch das Festlegen von Grenzwerte für Umweltfaktoren (Turbulenz, Grundwasser, Regen) könnten so Messreihen systematisch bereinigt werden.

## Schlussfolgerungen und Ausblick

Es gilt zu prüfen, inwiefern sich Bodenrespirationsmodelle durch die Integration des Vorrats-Terms verbessern lassen. Denkbar wäre, dass das „Rauschen“ von Respirationsmodellen reduziert werden könnte. Aber auch eine Beeinflussung des ganzen Modells oder eine Zunahme des „Rauschens“ wäre möglich.

## Literatur

- Schindler, D., Tuerk, M. & Mayer, H. (2006) *CO<sub>2</sub> fluxes of a Scots pine forest growing in the warm an dry southern upper Rhine plain, SW-Germany*. Euro. J. Forset research, 125, 201-212.
- Hirsch, A., Trumbore, S. & Goulden, M. (2004). *The surface CO<sub>2</sub> gradient and pore-space storage flux in a high-porosity litter layer*. *Tellus*, 56B, 312–321.