

Tagungsbeitrag zu: Jahrestagung der DBG, Kommission I
Titel der Tagung: Böden verstehen, Böden nutzen, Böden fit machen
Veranstalter: DBG
Termin und Ort: 03.-09.09.2011, Berlin
Berichte der DBG (nicht begutachtete online Publikation), <http://www.dbges.de>

Ungleichgewichte der CO₂ Verteilung in Bodenaggregaten: Quantifizierung und ökologische Bedeutung

Dominik Schlotter¹, Helmer Schack-Kirchner, Ernst E. Hildebrand

Einleitung

Eine mögliche Ursache für Unterschiede in der chemischen Zusammensetzung von Bodenlösungen, die mit verschiedenen Methoden gewonnen wurden, könnte die kleinräumige Variabilität auf Aggregatebene darstellen. Da in carbonatischen und mäßig sauren silikatischen Böden der Ionengehalt des Bodenwassers maßgeblich durch den CO₂ Partialdruck (pCO₂) beeinflusst wird, ist hier die kleinräumige Verteilung von CO₂ von besonderer Bedeutung. Grundsätzlich ist von einem negativen CO₂ Gradienten vom (oft wassergesättigten) Aggregatinneren zur Makroporenluft auszugehen, wobei dieser durch 'hot spots' der Bodenrespiration lokal modifiziert werden kann. GREENWOOD (1970) zufolge kann der pCO₂ in der Lösungsphase eines aeroben Bodens allerdings niemals um mehr als ~1 kPa über dem pCO₂ in der Gasphase liegen. Anhand eines Diffusionsmodells soll überprüft werden ob dies auch bei Berücksichtigung von belüfteten Poren in teilweise wassergesättigten Aggregaten gilt. Zur Überprüfung der Modellergebnisse wird nach Methoden zur Messung der kleinräumigen CO₂ Verteilung im Boden gesucht. Während O₂ Verteilungen in Bodenaggregaten mit Mikroelektroden gemessen

¹Institut für Bodenkunde und Waldernährungslehre, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, 79085 Freiburg; dominik.schlotter@bodenkunde.uni-freiburg.de

werden können (z.B. ZAUSIG & HORN, 1992), stellt die räumlich hoch aufgelöste Messung von CO₂ im Boden immer noch eine Herausforderung dar.

Methoden

Trimodales Zylinder-Diffusionsmodell:

Diffusion von O₂ und CO₂ in einem zylindrischen Bodenaggregat:

- Porosität = 30% in gesamtem Aggregat.
- belüftete und wassergesättigte Intraaggregatporen:
Verhältnis der diffusiven Leitfähigkeiten von O₂ zu CO₂ -> in Luft = 1.2
-> in Wasser = 0.04
- respiratorischer Koeffizient = 1
- räumlich variable Respirationsrate:
Respiration nahe der Aggregatoberfläche höher als im Zentrum.
- Randbedingung: luftgefüllte Makropore (pO₂ = 21 kPa, pCO₂=0.04 kPa).

H₂O-CaCO₃-CO₂ Gleichgewichtsmodell:

- Annahme eines thermodynamischen Gleichgewichts.
- iterative Bestimmung von pCO₂ - Ca²⁺ Wertepaaren für ein H₂O-CaCO₃-CO₂ System.

Desorptionslösung (BLATTNER ET AL., 2000):

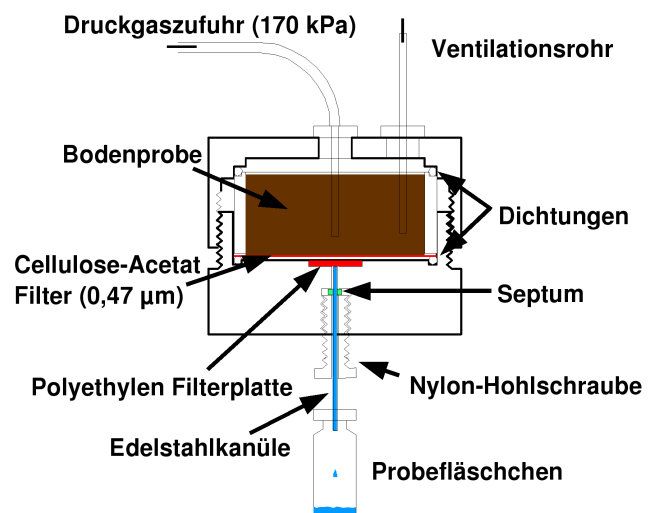


Abbildung 1: Aufbau der Druckkammer zur Gewinnung der Desorptionslösung (verändert nach BLATTNER ET AL., 2000).

- Begasung von 10-20 g feldfrischem Boden in einer Druckkammer mit synthetischer

Luft (170 kPa) für 3 Tage.

- Gewinnung der Bodenlösung über Cellulose Membranfilter nach Öffnen des Auslasses der Druckkammer.

Ergebnisse

Die Geometrie des Aggregates (Abb. 2a) wurde so gewählt, dass bei realistischen Respirationsraten das Aggregat vollständig aerob bleibt (Abb. 2b). Für dieses Aggregat wurde anschließend die Verteilung des CO₂

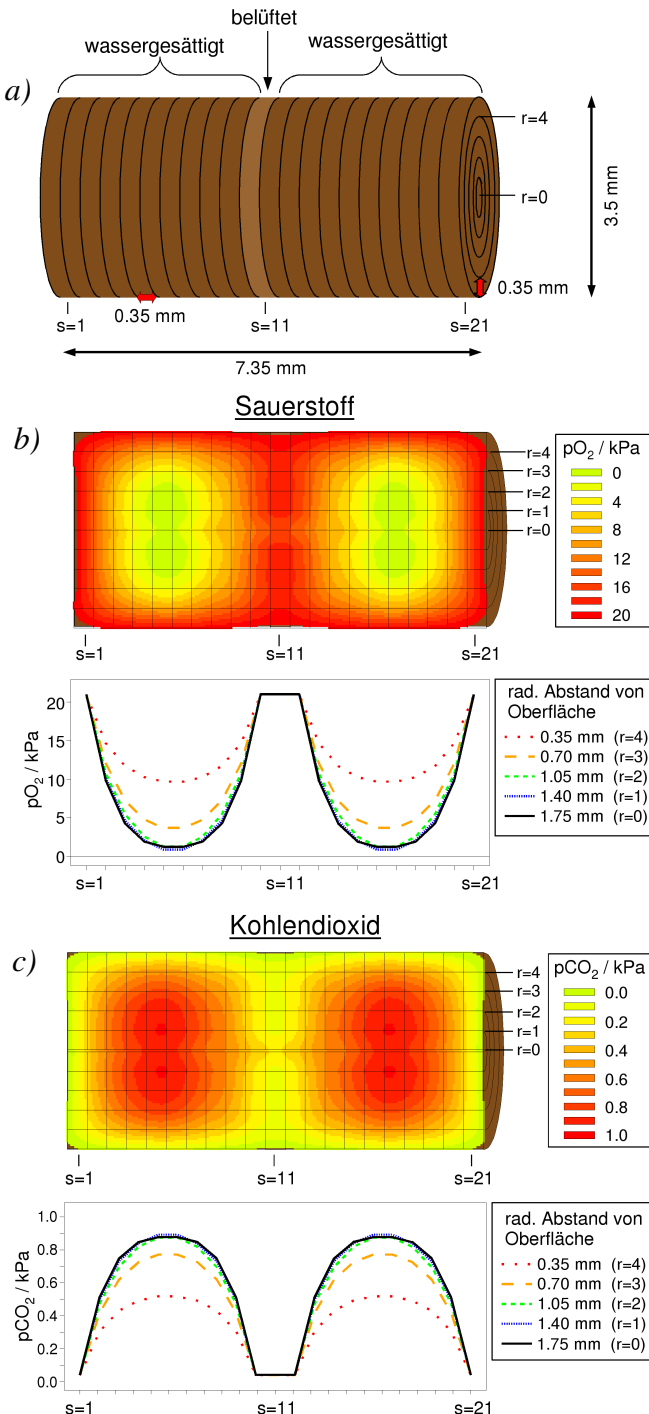


Abbildung 2: Modellierte O₂ (b) und CO₂ Partialdrücke (c) bei aerober Respiration in einem zylindrischen, teilweise wässrigesättigten Bodenaggregat (a).

Partialdrücke (pCO₂) berechnet (Abb. 2c).

Im belüfteten Bereich (mittlere Scheibe) kommt es nur zu einem geringfügigen Anstieg des pCO₂. In den wässrigesättigten Bereichen zeigt sich ein deutlicher Anstieg des pCO₂ um maximal 0.9 kPa.

Die pCO₂ Werte, die mittels des H₂O-CaCO₃-CO₂ Gleichgewichtsmodells aus den Ca²⁺ Konzentrationen in Desorptionslösungen eines carbonatischen Bodens berechnet wurden, liegen größtenteils weniger als 1 kPa über dem pCO₂ in der Begasungsluft (Makroporenluft) (Abb. 3). Allerdings wurden auch Ca²⁺ Konzentrationen gemessen (max. 3.7 kPa), die auf deutlich höhere pCO₂ schließen lassen.

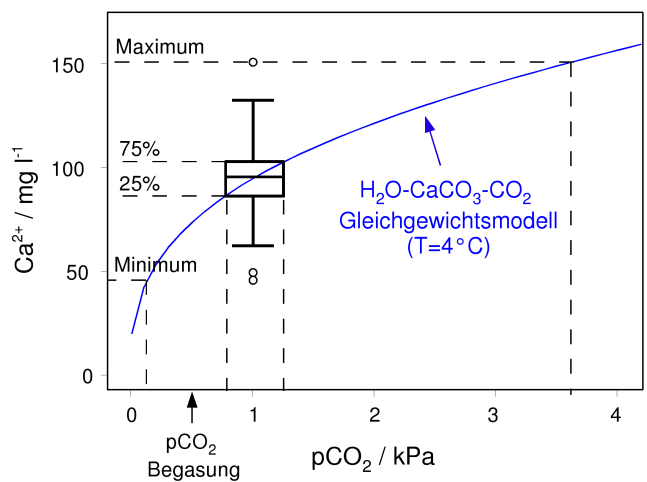


Abbildung 3: Ca²⁺ Konzentrationen in der Desorptionslösung aus einer Rendzina (Boxplot). Zusätzlich eingezeichnet:

- pCO₂ - Ca²⁺ Beziehung für H₂O-CaCO₃-CO₂ Gleichgewichtssystem (Kurve).
- CO₂ Partialdrücke, die gemessenen Ca²⁺ Konzentrationen entsprechen (x-Achse: pCO₂ = 0.1-3.6 kPa).
- CO₂ Partialdruck, mit dem Bodenprobe 3 Tage begast wurde (pCO₂ = 0.5 kPa).

Diskussion / Ausblick

Die Ergebnisse des trimodalen Zylinder-Diffusionsmodells lassen darauf schließen, dass auch in nur teilweise wässrigesättigten, aeroben Aggregaten der maximale pCO₂ den pCO₂ in der umgebenden, luftgefüllten Makropore um höchstens ~1 kPa übersteigen dürfte. Das heißt, dass in gut belüfteten Böden für den Intraaggregatporenraum ein relativ enger Bereich des pCO₂ zwischen 1 und 1.5 kPa erwartet werden kann. Der diffusive Transport in den belüfteten Intraaggregatporen hat demnach keinen wesentlichen Einfluss auf den

maximalen, durch aerobe Respiration erzeugten $p\text{CO}_2$. Dies lässt sich mit den wesentlich höheren diffusiven Leitfähigkeiten von CO_2 und O_2 in Luft im Vergleich zu Wasser erklären.

Die über das $\text{H}_2\text{O}-\text{CaCO}_3-\text{CO}_2$ Gleichgewichtsmodell abgeschätzten $p\text{CO}_2$ Werte für den Intraaggregatporenraum eines carbonatischen Bodens liegen größtenteils in dem vom Modell vorhergesagten Bereich. Die höheren $p\text{CO}_2$ Werte könnten eventuell durch anaerobe Respiration verursacht worden sein. Zur besseren Überprüfung der Modellergebnisse wird weiterhin nach einer Methode zur punktförmigen Messung des $p\text{CO}_2$ in Bodenaggregaten gesucht.

Literatur

Blattner, M., Augustin, S., Schack-Kirchner, H., Hildebrand, E. E. (2000): The desorption solution – an alternative approach to measure water soluble ions in soils. *J. Plant Nutr. Soil Sci.*, 163, 583-587.

Greenwood, D. J. (1970): Distribution of carbon dioxide in the aqueous phase of aerobic soils. *Journal of Soil Science*, 21 (2), 314-329.

Zausig J., Horn R. (1992): Soil water relations and aeration status of single soil aggregates, taken from a gleyic vertisol. *Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde*, 155, 237-245.