

## Charakterisierung von Bioporenwandungen mit *in situ* Endoskopie und chemischer Analyse: Einfluss von Regenwürmern auf Kohlenstoff- und Stickstoffgehalte

Athmann, M.<sup>1</sup>, Fetscher, J.<sup>2</sup>, Zemke, D.<sup>1</sup>, Kautz, T.<sup>1</sup> und Köpke, U.<sup>1</sup>

*Keywords: Drilosphäre, Porenwandstruktur, Regenwürmer, Kohlenstoff, Stickstoff, Unterboden.*

### Abstract

*Biopores have been shown to be enriched with plant available nutrients as compared to the surrounding bulk soil and therefore are considered hot spots for the nutrient acquisition especially in the otherwise nutrient-poor subsoil. As a result of colonization of biopores by earthworms, pore walls are enriched with nutrients. In this study, a first attempt was made to assess the influence of earthworm abundance on both structural pore wall characteristics as assessed with in situ endoscopy and on pore wall C and N contents. Higher earthworm density resulted in higher N contents and significantly higher C contents in biopore walls as compared to the surrounding bulk soil, regardless whether they showed visible earthworm coatings. In the treatment with lower earthworm density, only biopores with visible earthworm coatings had significantly higher N contents as compared to the surrounding bulk soil. The results of this study highlight the special role of earthworms for enriching biopores with nutrients and underline the value of biopores for the nutrient acquisition from the subsoil.*

### Einleitung und Zielsetzung

Das Nährstoffmanagement im organischen Landbau berücksichtigt die Nährstoffakquisition aus der Festphase des Bodens durch Wurzelwachstum und Wurzelaktivität. Von Pflanzenwurzeln und Regenwürmern geschaffene Bioporen bieten Zugangswege in den Unterboden und sind mit günstigen biophysikalischen Bedingungen (z.B. geringerer mechanischer Widerstand, höherer Sauerstoffgehalt, Stewart *et al.* 1999) und im Vergleich zum umgebenden *Bulk*-Boden höheren Nährstoffgehalten (z.B. Graff 1967, Parkin & Berry 1999, Kautz *et al.* 2013, Barej *et al.* 2014) *hot spots* der Nährstoffakquisition, vor allem in den Porenraum rückgelieferter Nährstoffe. Die einzelnen Bioporen eines Standorts können jedoch im Nährstoffgehalt stark variieren (Kautz *et al.* 2014), vermutlich in Abhängigkeit ihrer individuellen Biographie der Besiedlung durch Pflanzenwurzeln und Regenwürmer. In einer eigenen Untersuchung waren die C- und N-Gehalte der Porenwandung nur bei Bioporen mit deutlichen Anzeichen von Regenwurmlösung im Vergleich zum umgebenden *Bulk*-Boden signifikant erhöht (Athmann *et al.* 2014). Die hier vorgestellten Untersuchungen verknüpfen die strukturelle Beschaffenheit und C- und N-Gehalte der Porenwand als Funktion der Regenwurmabundanz.

---

<sup>1</sup> Institut für Organischen Landbau, Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität, Katzenburgweg 3, 53115 Bonn. [mathmann@uni-bonn.de](mailto:mathmann@uni-bonn.de), [www.iol.uni-bonn.de](http://www.iol.uni-bonn.de)

<sup>2</sup> Heydenmühle e.V., Außerhalb Lengfeld 3, 64853 Otzberg

## Material und Methoden

Im Mai 2013 wurden Bioporen in einem Feldversuch zur Untersuchung des Einflusses einer Mulchdüngung ( $115 \text{ dt ha}^{-1}$  TM Luzerne- oder Grünschnittmulch kombiniert mit dem Fladenpräparat des Biologisch-Dynamischen Landbaus vs. Kontrolle) in Otzberg bei Darmstadt auf einer tiefgründigen Braunerde aus Löss beprobt. Nach dem Anbau von Sellerie und Mangold in den Jahren 2008 und 2009 wurde die Mulchdüngung in den Jahren 2010 bis 2013 fortgeführt, die Flächen wurden aber nicht mehr bestellt. Die Bodenbearbeitung erfolgte in beiden Varianten mit einer Fräse.

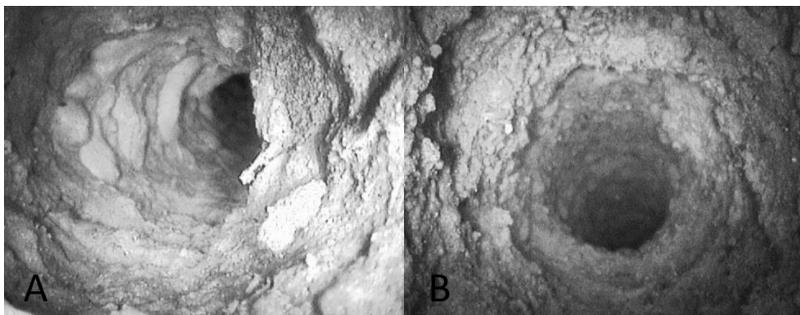
Für die Probenahme wurde ausgehend von einer 1,50 m tiefen Grube der Oberboden auf einer Fläche von 50 x 50 cm bis zu einer Tiefe von 45 cm abgetragen. Auf dieser Fläche wurden die Bioporen mit einem Durchmesser  $> 5 \text{ mm}$  mit einem Spatel und einem Feldstaubsauger freigelegt. Anschließend wurden vier Beprobungsflächen von jeweils 10x25 cm Größe markiert. Alle Bioporen innerhalb dieser Flächen wurden mit einem flexiblen Videoskop (Karl Storz GmbH, Tuttlingen, Außendurchmesser 3,8 mm, beleuchtet mit einem 150W-Kaltlichtprojektor) untersucht. Das Endoskop wurde maximal 1 cm tief eingeführt, um Beschädigungen der Porenwand zu vermeiden.

Die zuvor angelegten Beprobungsflächen wurden nun bis zu einer Tiefe von 10 cm markiert, so dass jeweils vier Monolithe mit einer Größe von 25x10x10 cm entstanden. Alle Bioporen innerhalb dieser Beprobungsmonolithe wurden vorsichtig mit kleinen Spachteln und Löffeln geöffnet. Bodenmaterial aus den Porenwandungen wurde mit Mikrolöffeln entnommen. In jedem Monolith wurde außerdem eine Probe des *Bulk*-Bodens genommen. Gesamt-C- und N-Gehalte wurden mittels Elementaranalyse (Euro EA 3000, HEKAtech) bestimmt.

Die statistische Auswertung erfolgte in Form einer ANOVA mit anschließendem Tukey-test ( $\alpha = 0.05$ ).

## Ergebnisse und Diskussion

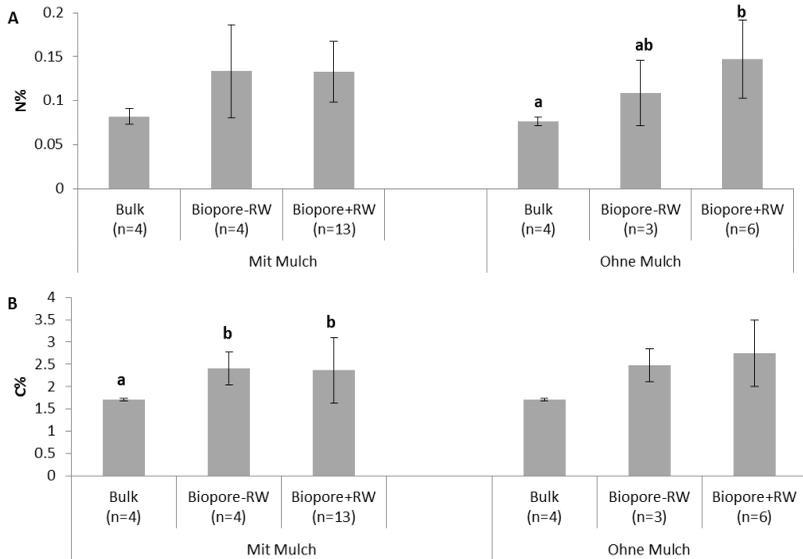
Anhand der Endoskopiebilder wurden die Bioporen in Poren mit Regenwurmlösung an der Porenwand und Poren ohne Lösung an der Wand klassifiziert (Abbildung 1).



**Abbildung 1: Biopore mit Regenwurmlösung ausgekleidet (A) und Biopore nicht klar erkennbar mit Regenwurmlösung ausgekleidet (B).**

In den Beprobungsflächen wurden insgesamt 21 Bioporen (in der Variante mit Mulch) bzw. 13 Bioporen (in der Variante ohne Mulch) beprobt. In 13 bzw. 6 Poren war

Regenwurmlosung zu erkennen (Biopore +RW), in 4 bzw. 3 Poren nicht (Biopore-RW, Abbildung 2). Während in der Variante mit Mulch beide Bioporentypen im Vergleich zum *Bulk*-Boden deutlich höhere N-Gehalte bzw. signifikant höhere C-Gehalte aufwiesen, war in der Variante ohne Mulch der N-Gehalt nur bei den Bioporen mit klar erkennbarer Regenwurmlosung signifikant höher.



**Abbildung 2: N-Gehalte (A) und C-Gehalte (B) im *Bulk*-Boden und in Bioporen in Bezug zur Endoskopieauswertung. Biopore+RW: mit Regenwurmlosung ausgekleidet, Biopore-RW: nicht klar erkennbar mit Regenwurmlosung ausgekleidet. Verschiedene Buchstaben: Werte unterscheiden sich signifikant (Tukey-test,  $\alpha = 0.05$ ). Die Fehlerbalken geben die Standardabweichung an.**

In dem für die hier vorgestellten Untersuchungen beprobten Feldversuch resultierte langjährige Mulchdüngung in signifikant höherer Regenwurmabundanz (Zemke 2013). Dementsprechend wurde in der vorliegenden Untersuchung in der Variante mit Mulch bei 76 % aller untersuchten Poren Regenwurmlosung festgestellt, in der Variante ohne Mulch demgegenüber nur bei 67 % aller Poren. In einer ähnlichen Untersuchung auf einem konventionell bewirtschafteten Ackerstandort auf Löss mit insgesamt deutlich geringeren Abundanzen von *L. terrestris* (Kautz *et al.* 2011) fand sich Regenwurmlosung in 60 % aller Poren, bei insgesamt allerdings deutlich geringeren C- und N-Gehalten (0,06 %, 0,07 % und 0,08 % N und 0,4, 0,6 und 0,7 % C jeweils in *Bulk*-Boden, Poren ohne und Poren mit Regenwürmern, Athmann *et al.* 2014). Bei vergleichbarem Bodentyp haben die längere Bodenruhe sowie die Mulchdüngung auf dem hier untersuchten Standort offenbar zu deutlich höheren Regenwurmabundanzen mit in Folge höheren Nährstoffgehalten in den Porenwänden geführt.

In beiden Varianten war die Streuung der C- und N-Gehalte in beiden Bioporentypen vergleichsweise hoch, und es wurden, ähnlich wie bei Athmann *et al.* (2014), keine signifikanten Unterschiede zwischen den Bioporen mit und denjenigen ohne

sichtbaren Regenwurmeinfluss festgestellt. Neben der heterogenen Verteilung der Regenwurmlosung an der Porenwand ist es möglich, dass bei den vergleichsweise hohen Regenwurmbundanzen am vorliegenden Standort auch Poren, bei denen zum Zeitpunkt der Untersuchung keine sichtbaren Zeichen einer Regenwurmpassage mehr vorhanden waren, noch ältere Spuren der nährstoffreichen Losung an der Wandung aufwiesen. Auch erlauben die Endoskopiebilder keine Rückschlüsse auf eventuelle Nährstoffanreicherung der Porenwandung durch den mikrobiellen Abbau von in die Poren gezogenem Mulchmaterial, dessen Effekte die Nährstoffanreicherung durch Regenwurmlosung möglicherweise überlagern.

Die Nährstoffgehalte der Bioporenwandungen sind relevant für die Nährstoffakquisition aus dem Unterboden: Wurzeln in Bioporen haben fast immer Kontakt zur Porenwand und können demnach von der Nährstoffanreicherung der Bioporenwandungen profitieren (Athmann *et al.* 2013).

## Schlussfolgerungen

Die hier vorgestellten Untersuchungen sind ein erster Ansatz zur Quantifizierung des Einflusses anözischer Regenwürmer auf Nährstoffgehalte in Bioporen. Untersuchungen mit größerem Probenumfang und an weiteren Standorten sind nötig, um zu prüfen, ob die Ergebnisse verallgemeinert werden können. Für eine präzise Darstellung des Beitrags der Regenwurmnutzung zur Anreicherung der Bioporenwandungen mit Nährstoffen sind vergleichende Untersuchungen an ausschließlich von Pflanzenwurzeln bzw. Regenwürmern generierten und genutzten Poren nötig. Die Kombination von Endoskopie und chemischer Analyse ist vielversprechend auch für Folgeuntersuchungen.

## Literatur

- Athmann M, Kautz T, Pude R, Köpke U (2013): Root growth in biopores - evaluation with in situ endoscopy. *Plant Soil* 371 (1), 179-190.
- Athmann M, Huang N, Kautz T, Köpke U (2014): Biopore characterization with in situ endoscopy: Influence of earthworms on carbon and nitrogen contents. *Proceedings of the 4th ISOFAR Scientific Conference 13-15 Oct 2014, Istanbul, Turkey*
- Barej JAM, Pätzold S, Perkons U, Amelung W (2014): Phosphorus fractions in bulk subsoil and its biopore systems. *European Journal of Soil Science* 65: 553-561.
- Graff O (1967): Über die Verlagerung von Nährelementen in den Unterboden durch Regenwurmtätigkeit. *Landwirt. Forsch.* 20, 117-127.
- Kautz T, Landgraf D & Köpke U (2011): Biomass and abundance of the anecic earthworm *Lumbricus terrestris* L. under perennial fodder crops. *Proceedings of the 3rd Scientific Conference of ISOFAR 28 Sept - 1 Oct 2011 Gyeonggi Paldang, Republic of Korea*
- Kautz T, Amelung W, Ewert F *et al.* (2013): Nutrient acquisition from arable subsoils in temperate climates: a review. *Soil Biol. Biochem.* 57: 1003-1022
- Kautz T, Athmann M, Köpke U: Growth of barley (*Hordeum vulgare* L.) roots in biopores with differing carbon and nitrogen contents. *Proceedings of the 4th ISOFAR Scientific Conference 13-15 Oct 2014, Istanbul, Turkey*
- Parkin TB, Berry EC (1999): Microbial nitrogen transformations in earthworm burrows. *Soil Biol Biochem* 31, 1765-1771.
- Stewart JB, Moran CJ, Wood JT (1999): Macropore sheath: quantification of plant root and soil macropore association. *Plant Soil* 211, 59-67.
- Zemke D (2013): Einfluss von Düngung und Bodenbearbeitung auf Regenwurm- und Collembolenaktivität. Bachelorarbeit, Universität Bonn.