

Tagungsbeitrag zu:

Jahrestagung der DBG, Kommission I

Titel der Tagung:

Böden – Lebensgrundlage und Verantwortung

Veranstalter: DBG**Termin und Ort der Tagung:** 7. – 12. September 2013, RostockBerichte der DBG (nicht begutachtete online Publikation); <http://www.dbges.de>

Untersuchung der Wurzel-Boden Grenzfläche im Unterboden mit Hilfe der Röntgenstrahl Computertomographie und Endoskopie

Sebastian Pagenkemper¹, M. Athmann², Daniel Uteau³, Timo Kautz², Stephan Peth³, Rainer Horn¹

Zusammenfassung

Transportprozesse von Luft, Wasser und gelösten Stoffen haben erheblichen Einfluss in Hinblick auf die Erzeugung von Kulturpflanzen. Diese Transportprozesse wiederum, stehen in Abhängigkeit zu der Struktur des Bodens. Besonders für den Unterboden stellen Bioporen eine Möglichkeit als Wurzel-Boden Grenzfläche dar, die erheblich durch die Aktivität von Flora und Fauna beeinflusst wird. Mit X-ray CT, Bildauswertung und Endoskopie wurden mit Regenwürmern besetzte Bodensäulen untersucht. Es wurde der Frage nachgegangen, welchen Einfluss die Aktivität von Wurzeln und Regenwürmern auf die Wurzel-Boden Grenzfläche hat und inwiefern Eigenschaften und Charakteristik von Bioporen verändert werden. Es hat sich gezeigt, dass die vorhandenen Strukturen eines etablierten Biopore-Netzwerkes in hohem Maße wiederverwendet und somit in ihrer Struktur verändert wurden.

Schlüsselworte: Strukturdynamik, Bioturbation, Bildauswertung

¹ Institut für Pflanzenernährung und Bodenkunde, Kiel

² Institut für Organischen Landbau, Bonn

³ Ökologische Agrarwissenschaften Fachgebiet Bodenkunde, Witzenhausen

Einleitung

Insbesondere in konventionell bewirtschafteten Ackerbausystemen unterliegt der Oberboden dynamischen Strukturveränderungen, während der Unterboden in einem weitgehend strukturstabilen Zustand verbleibt. Durch verschiedene Vorfrüchte sowie die Aktivität der Bodenfauna können sich im Unterboden bioporenreiche Bedingungen etablieren, die großen Einfluss auf Transportprozesse haben. Im Hinblick auf die Erzeugung von Kulturpflanzen können Bioporen positiv zum Wasser-, Sauerstoff- und Nährstoffhaushalt beitragen, da sie die Infiltration, Belüftung sowie die mikrobielle Aktivität beeinflussen und somit eine hochreaktive Schnittstelle zwischen Atmosphäre und Bodenmatrix darstellen.

Es ist bekannt, dass die Bodenstruktur (Porennetzwerke) durch Regenwürmer und Pflanzenwurzeln hinsichtlich der Transportprozesse von Luft, Wasser und gelösten Stoffen beeinflusst wird. Daher hat sich die Frage gestellt, wie die Eigenschaften und Charakteristika von Porennetzwerken durch Regenwürmer verändert werden. In einem Mikrokosmos-Experiment wurde der Einfluss der Bodenfauna auf die Struktur- und Dynamik des Unterbodens untersucht. Die Monolithen wurden mit der Röntgenstrahl-Computertomographie (X-ray CT) und quantitativen Bildanalyse untersucht und ausgewertet. Zusätzlich wurden die Proben mit der Endoskopie analysiert, um die X-ray CT Daten durch visuelle Ergebnisse zu validieren. Die Ergebnisse zu morphologischen und topologischen Eigenschaften der Porennetzwerke (Porosität, reaktive Oberflächen, Breite, Länge und geometrische Tortuosität von Fließpfaden) können nützliche Parameter für die Modellierung von Pflanzen-Boden-Atmosphäre Interaktionen sein.

Material und Methoden

Bodenmonolithen (20 cm Durchmesser, 70 cm Höhe) wurden aus dem Unterboden (aus 45 bis 115 cm Tiefe) einer

Versuchsparzelle (Versuchsgut Klein Altendorf bei Bonn; Parabraunerde aus Löss) mit *Cichorium intybus* L. als Vorfrucht entnommen. Die Boden-Mikrokosmen wurden für einen Monat wie folgt behandelt: a) Weizenansaat und Besatz mit Regenwürmern (A+) sowie b) nur Weizenansaat (B+). Die Vergleichszustände der Bodenmonolithe vor der Kultivierung werden als A und B bezeichnet. Röntgenstrahl Computertomographie (X-ray CT) und 3D-Bildauswertung wurden vor und nach der Kultivierung durchgeführt. Nach der Kultivierung wurden die Monolithen mit Endoskopie untersucht (Abb. 1).

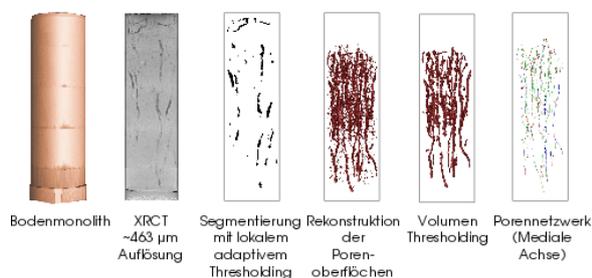


Abb. 1: Arbeitsschritte X-ray CT und Bildauswertung von links nach rechts: Bodenmonolith, Tomogramm, Segmentierung, Oberflächenrekonstruktion, Volumen-Thresholding, Porennetzwerk. Verändert nach PAGENKEMPER ET AL. (2013).

Ergebnisse und Diskussion

Kultivierung und Regenwurmbesatz haben sichtbare strukturelle Änderungen hervorgerufen (Abb. 2).

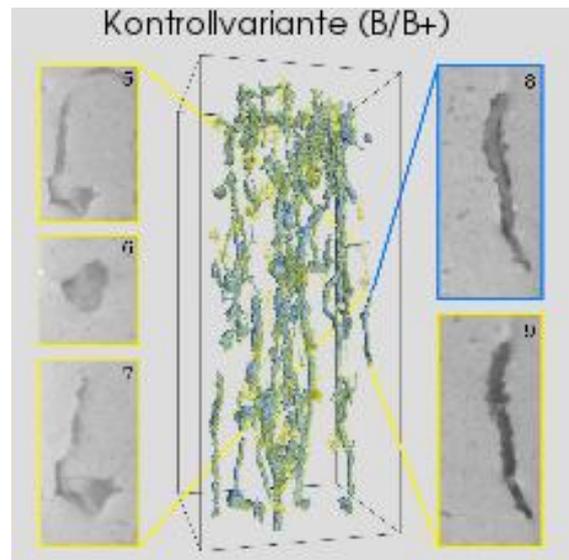
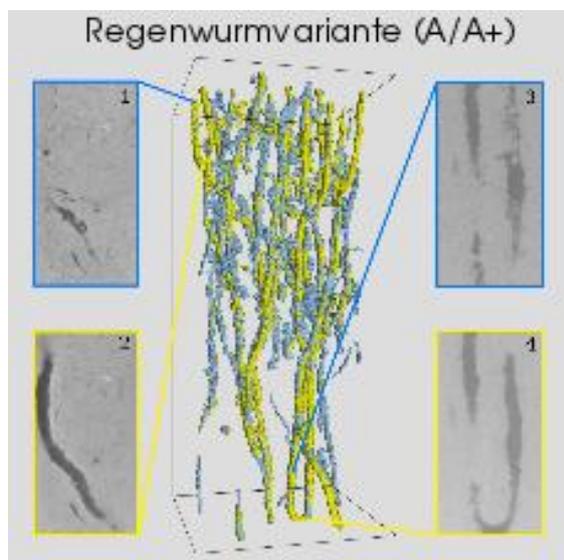


Abb. 2: Oben: Variante mit Regenwurmbesatz (A+) in blau (vor Kultivierung) und gelb (nach K.). Bild 1+2 sowie 3+4 (vor/nach) zeigen Poren, die durch Regenwürmer freigelegt wurden. Unten: Variante ohne Besatz (blau=vor, gelb=nach K.). Bild 5-7 zeigen einen Regenwurm in Diapause. Bild 8+9 zeigen eine freigemachte Pore. PAGENKEMPER ET AL. (2013, submitted).

Die Variante mit Regenwürmern (A+) hat, im Vergleich zur Variante ohne Regenwürmer (B+), eine stärkere Modifizierung des vorhandenen Bioporen-Netzwerks gezeigt. Zusätzlich wurden die Porenwandungen der bereits vorhandenen Bioporen durch Regenwurmauskleidungen verändert.

Die Bioporencharakteristik in A+ wurde durch den Regenwurmbesatz verändert, was in einer verringerten Bioporosität, Oberfläche und Pfadlänge des Bioporen-Netzwerks resultierte (Tabelle 1). Im Gegensatz dazu, zeigte Variante B+ nur geringe Veränderungen, die anscheinend durch Regenwürmer hervorgerufen wurden, die noch aus dem Feld stammten (siehe auch Abb. 2-unten, Bild 5–7).

Tabelle 1: Quantitative Parameter des Bioporen-Netzwerks (Oberfläche, Bioporosität, O/BP-Verhältnis & Pfadlänge) für die Varianten vor (A, B) und nach Kultivierung und Regenwurmbesatz (A+), bzw. nur Kultivierung (B+). PAGENKEMPER ET AL. (2013, SUBMITTED).

	A	A+	B	B+
Oberfläche [cm ²]	2218	1541	1865	1771
Bioporosität [cm ³]	1,83	1,54	1,26	1,77
O/BP [cm ² /cm ³]	9,9	8,1	12,0	12,3
Pfadlänge [cm]	1657	1167	2864	2585

In Abb. 3–links sind die 3D-Rekonstruktionen einer ausgewählten Biopore vor (blau) und nach Kultivierung mit Weizen und Regenwurmbesatz (gelb) dargestellt. Abb. 3–mitte zeigt einen Längsschnitt (LS) und einen Querschnitt (QS) der ausgewählten Pore vor und nach der Behandlung.

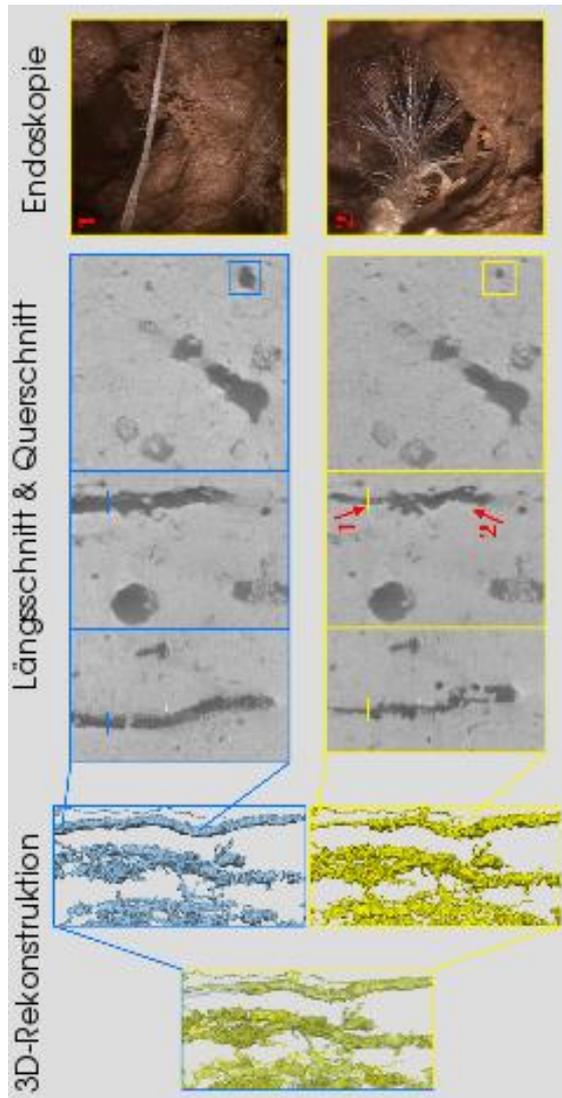


Abb. 3: Links: 3-D Rekonstruktionen vor (blau, A) und nach Kultivierung und Besatz (gelb, A+). Mitte: Längs- und Querschnitt der dargestellten Pore. Rechts: Endoskopie-Aufnahmen. PAGENKEMPER ET AL. (2013, SUBMITTED).

Der Querschnitt ist durch eine Linie im Längsschnitt markiert. In Abb. 3–rechts sind die dazugehörigen Endoskopie Bilder abgebildet. Es wird ein Blick von oben (1-gelb) und von unten (2-gelb) in die ausgewählte Biopore verdeutlicht (markiert durch rote Pfeile im LS). Es zeigte sich eine erkennbare Verengung

des Durchmessers der abgebildeten Pore die durch das Hinterlassen von Wurmlösung entstanden ist und ein Hinweis für die geringere Bioporosität (Tabelle 1) sein kann.

Schlussfolgerung

Strukturdynamik, die durch Wurzeln und Regenwürmer hervorgerufen wurde, konnte erfolgreich mit X-ray CT und Endoskopie visualisiert und quantifiziert werden. Veränderungen der Bioporen-Netzwerk Architektur sowie Eigenschaften der Porenwandung wurden erfolgreich untersucht. Es hat sich gezeigt, dass Regenwürmer einen erheblichen Einfluss auf Porencharakteristika haben. Dadurch können beispielsweise Transportprozesse von Gas und Wasser, aber auch Austauschprozesse an den Oberflächen beeinflusst werden, die als Schlüsselfaktoren für Prozesse an der Wurzel-Boden Grenzfläche gelten. Solche Veränderungen an bestehenden Bioporen wurden häufiger beobachtet, als das Bohren von neuen Poren.

Danksagung

Diese Arbeit wurde durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG-FOR 1320) unterstützt. Details des Feldversuches sind für die Öffentlichkeit potenziell zugänglich unter: www.for1320.uni-bonn.de.

Literatur

PAGENKEMPER, S.K., UTEAU, D., PETH, S., HORN, R., 2013. EFFECTS OF ROOT-INDUCED BIOPORE ARCHITECTURES ON PHYSICAL PROCESSES INVESTIGATED WITH INDUSTRIAL X-RAY COMPUTED TOMOGRAPHY. IN: ANDERSON, S.H., HOPMANS, J.W. (EDS.). SOIL-WATER-ROOT PROCESSES: ADVANCES IN TOMOGRAPHY AND IMAGING. SSSAJ SPECIAL PUBLICATION 61. U.S. WISCONSIN MADISON, PP.67–94.

PAGENKEMPER, S.K., ATHMANN, M., UTEAU, D., KAUTZ, T., PETH, S., HORN, R., 2013. USE OF X-RAY COMPUTED TOMOGRAPHY AND ENDOSCOPY TO INVESTIGATE EARTHWORM IMPACTS ON BIOPOROSITY IN LABORATORY SOIL MONOLITHS. SOIL TILL. RES. SUBMITTED.