

Tagungsbeitrag zu: Jahrestagung der DBG, Kommission VI. Titel der Tagung: Böden – Lebensgrundlage und Verantwortung, Bodenschadverdichtungen. Veranstalter: DBG. Termin und Ort der Tagung: 7.-12. September 2013, Rostock. Berichte der DBG (nicht begutachtete online Publikation). <http://www.dbges.de>

Verhalten von drei Regenwurmarten in einem oberflächlich verdichteten Bodenvolumen

Müller-Inkmann M¹, Fründ HC¹

Zusammenfassung

In Gefäßversuchen wurde das Verhalten von Regenwürmern bei oberflächlich verdichteten Bodenblöcken mit und ohne Zugabe einer Kohlenstoffquelle (Glucose) untersucht. Um die Regenwurmaktivität zu quantifizieren wurden die Fraßspuren an den Bodenblöcken, die Anzahl der Gangöffnungen, die Mortalität und die Biomasseentwicklung aufgenommen. Zusätzlich wurden die CO₂- und O₂-Konzentrationen erfasst. Das Einmischen von Glucose hatte keinen Effekt oder führte zu einer erheblichen Verringerung der Grabaktivität. Bei Zugabe von Glucose wurden geringere O₂-Konzentrationen bzw. höhere CO₂-Konzentrationen festgestellt als bei Versuchskörpern ohne Glucose-Zugabe. Generell zeigten die Arten deutliche Unterschiede hinsichtlich der Grabaktivität, die auf eine unterschiedliche Anpassung bei ungünstiger Bodengaszusammensetzung hinweisen (in abnehmender Reihenfolge): *Aporrectodea caliginosa*, *Lumbricus terrestris* und *Lumbricus rubellus*. Die Ergebnisse deuten an, dass die Zusammensetzung der Bodenluft zum besseren Verständnis des Verhaltens von Regenwürmern bei verdichteten Bodenbereichen von Bedeutung ist.

Schlüsselworte

Regenwurm, Bodenverdichtung, Bodenluft, Glucose, *Aporrectodea caliginosa*, *Lumbricus rubellus*, *Lumbricus terrestris*

1 Einleitung

Zahlreiche Untersuchungen belegen, dass Regenwürmer verdichtete Bodenbereiche durchdringen können (u.a. Joschko et al. 1989). Allerdings haben Regenwürmer im Feld die Möglichkeit, verdichtete Bodenbereiche zu umgehen (Capowiez et al. 2009). Versuche von Stovold et al. (2004) zeigten, dass Regenwürmer dichte Bodenbereiche meiden, wenn sie die Möglichkeit zum Ausweichen haben. Söchtig (1992) nimmt an, dass endogäische Regenwürmer beim Durchdringen verdichteten Bodens mehr Energie verbrauchen als beim Durchdringen lockerer Böden. Somit meiden Regenwürmer dichte Bodenbereiche vermutlich, da es hinsichtlich ihrer Energiebilanz günstiger ist.

Zahlreiche Autoren (u.a. Scheu und Schaefer 1998) berichten von gesteigerter Biomasse und höheren Reproduktionsraten von Regenwürmern bei der Zugabe von Kohlenstoff (Glucose). Außerdem wird durch die Zugabe von Glucose die mikrobielle Biomasse erhöht (u.a. Joergensen und Scheu 1999), welche in dichten Böden oftmals reduziert ist, wie u.a. Kaiser und Heinemeyer (1990) in einer Fahrspur feststellten. Somit kann durch Glucose das Nahrungsangebot direkt (energiereiche Nahrung) und indirekt durch die Erhöhung der mikrobiellen Biomasse erhöht werden.

Das Ziel dieser Arbeit war es zu prüfen, ob die Grabaktivität von Regenwürmern in verdichteten Boden durch ein erhöhtes Nahrungsangebot gesteigert werden kann. Außerdem soll die Situation von Fahrspuren simuliert werden, bei der Regenwürmer verdichtete Bodenzonen oftmals von unten erschließen müssen. Da sich Regenwürmer verschiedener ökologischer Gruppen unterschiedlich verhalten, wurde die Arbeit mit *Lumbricus terrestris* (LTE), *Aporrectodea caliginosa* (ACA) und *Lumbricus rubellus* (LRU) durchgeführt.

2 Material und Methodik

2.1 Versuchsaufbau

Für sämtliche Versuche wurde ein von Müller-Inkmann et al. (2013) eingeführter Versuchskörper verwendet (Abb. 1). Dabei wird Boden schichtweise in ein zylindrisches Gefäß eingebaut, so dass ein Kern (core) umgeben von saurem Boden (repel-

¹ Hochschule Osnabrück, Fakultät Agrarwissenschaften und Landschaftsarchitektur, Fachbereich Bodenbiologie, Postfach 1940, 49009 Osnabrück, m.mueller-inkmann@hs-osnabrueck.de

lent soil) entsteht. Auf den Kern wird ein Bodenblock (soil block) aufgesetzt und erneut mit saurem Boden umgeben.

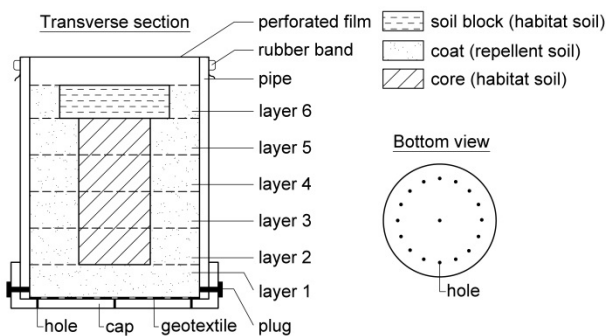


Abb. 1: Versuchskörper im Querschnitt nach Müller-Inkman et al. 2013 (Höhe: 33 cm, Außendurchmesser: 25 cm, Durchmesser des Bodenblocks: 15 cm).

2.2 Boden und Regenwürmer

Der „habitat soil“ (52,5 % Sand, 43,2 % Schluff, 4,3 % Ton, pH (CaCl₂) 7,3) stammt von einer ackerbaulich genutzten Fläche. Als „repellent soil“ (pH (CaCl₂) 3,1) wurde Löss aus einem Fichtenforst verwendet. Alle Böden wurden auf 2 mm gesiebt und getrocknet (105 °C).

Als Versuchstiere dienten der endogäische ACA (Handauslese, Grünlandstandort), der epi-/endogäische LRU (Handauslese, Wildacker) und der anecische LTE (IG Pro Wurm, Einbeck). Alle Regenwürmer wurden entsprechend Fründ et al. (2009) im „habitat soil“ unter Versuchsbedingungen > 10 Tage gehältert.

2.3 Versuchsablauf

Nach dem trockenen Einbau des Bodenmaterials bis zur Schicht 5 (layer 5), wurden die Versuchskörper kapillar aufgewässert. Nach der Wassersättigung wurden jeweils zwei künstliche Poren senkrecht in den Kern gestochen und in jede Pore ein Regenwurm eingesetzt (zwei Regenwürmer pro Versuchskörper). Anschließend wurde ein verdichteter Bodenblock aus „habitat soil“ (1,7 g cm⁻³, mit oder ohne Zugabe von 0,6 Masseprozent Glucose vor dem Verdichten) aufgesetzt und mit saurem Boden ummantelt. Die Oberfläche des „repellent soil“ der letzten Schicht (layer 6) wurde mit einem Löffel verschmiert.

Nach diesem Vorgehen wurden pro Regenwurmart jeweils fünf Versuchskörper mit und ohne Glucose in den Bodenblöcken erstellt (Abb. 2)

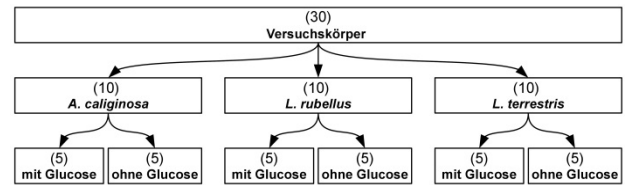


Abb. 2: Schematischer Überblick aller Versuche (Anzahl Versuchskörper).

Die Oberfläche der Versuchskörper wurde täglich auf Regenwurmspuren untersucht. Nach einer Versuchsdauer von 14 Tagen, bei kapillarer Wassersättigung und 15 °C, wurden die Regenwurmspuren auf den Bodenblöcken auf transparente Folie übertragen, eingescannt und quantifiziert (Software: ImageJ). Darüber hinaus wurden der Zustand und die Lebendmasse (ohne Darmentleerung) der Regenwürmer dokumentiert. Nachdem die Ergebnisse der Versuche mit LTE vorlagen, wurden Messungen in der Bodenluft bei ACA und LRU durchgeführt.

2.4 Messung der Bodenluft

Die Messung der Bodenluft erfolgte stets im Kern unmittelbar unter dem Bodenblock in einer künstlichen Pore. Dabei wurden die CO₂-Gehalte mit einem nach dem Prinzip des Non-Dispersive Infrared (NDIR) arbeitenden Sensors diffusiv ermittelt (Modell C2, Euro-Gas Management Services Ltd, UK). Zur Bestimmung der O₂-Gehalte wurde ein optischer Sensor verwendet (OXB50, PyroScience GmbH, Aachen). Bei LRU wurde ausschließlich der CO₂-Gehalt am Versuchsende mittels mobilen Gaschromatographen (Varian CP-4900) ermittelt.

3 Ergebnisse

3.1 Regenwurmmortalität

Sämtliche LTE starben während des Versuchs. Bei LRU überlebten jeweils zwei Tiere eines Versuchskörpers mit und ohne Glucose (Ausreißer Tab. 1) – alle anderen LRU starben. In beiden Fällen mit überlebenden LRU konnten Gänge an der Oberfläche beobachtet werden und bei Glucose-Zugabe war eine höhere Spurenfläche vorhanden (4,24 cm²) als an Bodenblöcken ohne Glucose (1,59 cm²). Im Gegensatz zu LRU und LTE überlebten 75 % aller ACA. Der Masseverlust von ACA schwankte stark (5,1-38,8 %) und es konnte kein Un-

terschied zwischen den Varianten mit und ohne Glucose festgestellt werden. Die überlebenden ACA reagierten nach dem Austreiben oftmals nicht auf Berührungssreize, erholten sich aber im Wasserbad innerhalb von ca. 2 Minuten.

3.2 Regenwurmaktivität

Die Zugabe von Glucose hatte bei LTE keinen Effekt auf die Ausprägung der Spurenflächen und bei LRU deutet sich eine geringere Spurenfläche bei Zugabe von Glucose an. Im Gegensatz dazu zeigte ACA eine signifikante Verringerung der Spurenfläche, wenn Glucose zugegeben wurde (Mann-Whitney-U-Test, $\alpha=0,05$). Generell weisen die Arten extreme Unterschiede hinsichtlich der Grabaktivität auf (in abnehmender Reihenfolge): ACA > LTE > LRU (Tab. 1).

Tab. 1: Arithmetischer Mittelwert (und Standardabweichung) der Spurenflächen in cm² aller Versuchsvarianten (n=5, *um Ausreißer bereinigt).

Art	Mit Glucose	Ohne Glucose
ACA	600,77 (177,30)	1165,86 (385,48)
LTE	11,50 (5,40)	11,10 (6,10)
LRU*	0,06 (0,02) ⁿ⁼⁴	0,11 (0,04) ⁿ⁼⁴

Die Regenwurmspuren an den Bodenblöcken können in drei Formen unterschieden werden (Abb. 3): Oberflächige Fraßspuren, Marginale Fraßspuren und Gangöffnungen die den Bodenblock nicht vollständig durchdrungen haben.

Alle oberflächlich zu beobachtenden Gänge wurden entlang der Grenzfläche von Bodenblock und „repellent soil“ beobachtet. Dabei waren die Gänge stets mit Losung ausgekleidet, die wie der „habitat soil“ gefärbt war.

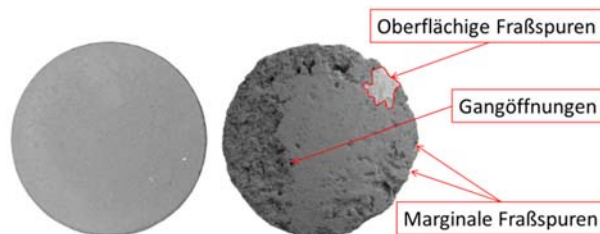


Abb. 3: Unterseite eines Bodenblocks zu Versuchsbeginn (links) und nach 14 Tagen (rechts). Versuch mit ACA.

3.3 Entwicklung der Bodenluft

Die CO₂ und O₂-Gehalte der Varianten mit und ohne Glucose (bei ACA) verliefen zunächst nahezu identisch (Abb. 4): Der CO₂-Gehalt stieg an und der O₂-Gehalt sank stark ab. Dabei fiel der O₂-Gehalt etwa doppelt so stark, wie der CO₂-Gehalt anstieg.

Ab dem fünften Tag kam es zu einer verstärkten Erhöhung der CO₂-Gehalte und Verringerung der O₂-Gehalte bei Glucose-Zugabe, die ab dem sechsten Tag signifikant unterschiedlich zur Variante ohne Glucosezugabe blieb. Dabei stagnierten die O₂-Gehalte auf einem Plateau und die CO₂-Gehalte stiegen kontinuierlich geringfügig an.

Die CO₂-Gehalte bei LRU zu Versuchsende sind mit 8,27 % ±2,02 % (mit Glucose) und 6,80 % ±1,36 % (ohne Glucose) auf ähnlichem Niveau wie die Gehalte bei ACA. Bei den Versuchskörpern mit überlebenden LRU war der CO₂-Gehalt ca. zweimal geringer als bei den Versuchskörpern mit toten LRU. Für LTE liegen keine Messdaten zur Belüftungssituation vor.

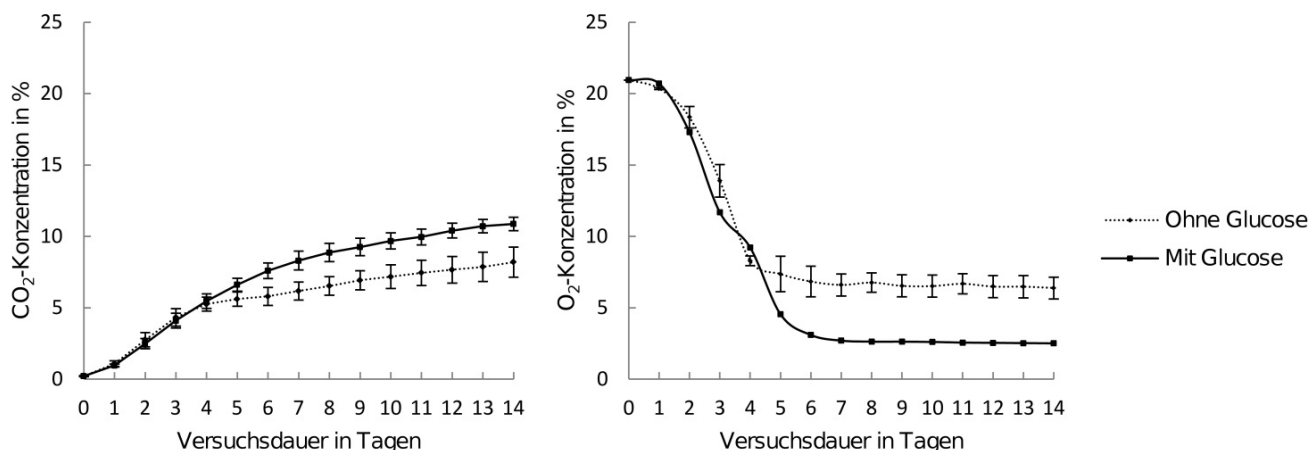


Abb. 4: Verlauf der CO₂- und der O₂-Konzentration. Dargestellt für Bodenblöcke mit und ohne Glucose des Versuchs mit ACA (links: n=5, rechts: n=4 ohne Glucose und n=1 mit Glucose aufgrund von Messfehlern).

4 Diskussion

Aufgrund der ungünstigen Bodengaszusammensetzung und der damit einhergehenden extrem hohen Mortalität bei LRU und LTE, wurde ein möglicher positiver Effekt der Glucose-Zugabe überlagert. Bei ACA führte die Zugabe von Glucose sogar zu geringerer Aktivität. Sehr wahrscheinlich bewirkte die Glucose eine starke Erhöhung der mikrobiellen Aktivität, wodurch die Respiration im Versuchskörper erheblich gesteigert wurde. Zusätzlich war der Gasaustausch behindert (verdichteter Bodenblock und Verschmierungen des Bodens der Schicht 6). In der Folge wurde die Bodengaszusammensetzung innerhalb weniger Tage derart ungünstig, dass die Regenwürmer erstickten. Daher konnte nicht geklärt werden, ob ein erhöhtes Nahrungsangebot in verdichteten Böden die Grabaktivität von Regenwürmern fördert. Dennoch konnte bei LRU eine ca. dreimal höhere Spurenfläche bei Glucose-Zugabe beobachtet werden, wenn die Regenwürmer belüftende Gänge schufen bzw. die Bodenoberfläche erreichten. Somit sind weiterführende Versuche bei guter Belüftung nötig.

Außerdem weisen die Ergebnisse auf eine unterschiedliche Anpassung der ökologischen Gruppen bei schlechter Bodenbelüftung hin. Im Gegensatz zu LTE und LRU tolerierte ACA die extrem schlechte Belüftung. Allerdings wurde in dieser Arbeit die für ACA letale Bodengaszusammensetzung teilweise erreicht (25 % Mortalität).

Darüber hinaus waren die Regenwürmer in der Lage den sauren Boden zu umgehen, indem Sie die Gänge mit Losung tapezierten nachdem sie den „habitat soil“ aufgenommen hatten. Dieses Verhalten ist von großer Bedeutung, wenn saure Böden besiedelt werden sollen und zeigt die enorme Anpassungsfähigkeit von Regenwürmern. Weiterführende Versuche in Waldböden sollen die Fähigkeit sauren Böden zu umgehen im Feldversuch prüfen.

Letztlich konnte gezeigt werden, dass die Zusammensetzung der Bodenluft von Bedeutung zu sein scheint, wenn verdichtete Böden durch Regenwürmer restrukturiert werden sollen.

Danksagung

Wir danken Dr. Gerhard Dumbeck (RWE Power AG) für das Zurverfügungstellen des Versuchsbodens. Die Arbeit wurde gefördert durch das Niedersächsische Ministerium für Wissenschaft und Kultur (Landesmittel des Niedersächsischen Vorab).

Literatur

- Capowiez Y, Cadoux S, Bouchand P, Roger-Estrade J, Richard G, Biozard H (2009) Experimental evidence for the role of earthworms in compacted soil regeneration based on field observation and results from a semi-field experiment. *Soil Biol Biochem* 41:711-717
- Fründ HC, Butt K, Capowiez Y, Eisenhauer N, Emmerling C, Ernst G, Potthoff M, Schädler M, Schrader S (2010) Using earthworms as model organisms in the laboratory: Recommendations for experimental implementations. *Pedobiol* 53:119-125
- Joergensen RG, Scheu S (1999) Response of soil microorganisms to the addition of carbon, nitrogen and phosphorus in a forest Rendzina. *Soil Biol Biochem* 31:859-866
- Joschko M, Diestel H, Larink O (1989) Assessment of earthworm burrowing efficiency in compacted soil with a combination of morphological and soil physical measurements. *Biol Fertil Soils* 8:191-196
- Kaiser EA, Heinemeyer O (1990) Bestimmung von mikrobieller Biomasse in mechanisch belastetem Boden. *Mitt dtsh bodenkd Ges* 62:59-62
- Müller-Inkmann M, Fründ HC, Hemker O (2013) An experimental setup to assess earthworm behaviour in compacted soil. *Biol Fertil Soils* 49:363-366
- Scheu S, Schaefer M (1998) Bottom-Up Control of the Soil Macrofauna Community in a Beechwood on Limestone: Manipulation of Food Resources. *Ecol* 79:1573-1585
- Söchtig W (1992) Wechselwirkungen zwischen der Lumbricidenfauna und unterschiedlicher mechanischer Bodenverdichtung einer Löß-Parabraunerde in Freiland- und Laboruntersuchungen. Dissertation, Technische Universität Braunschweig
- Stovold RJ, Whalley WR, Harris PJ, White RP (2004) Spatial variation in soil compaction, and the burrowing activity of the earthworm *Aporrectodea caliginosa*. *Biol Fertil Soils* 39:360-365