

Tagungsbeitrag zu:  
 Jahrestagung der DBG– Kommission III  
 Titel der Tagung:  
 Böden verstehen – Böden nutzen – Böden  
 fit machen  
 Veranstalter: DBG  
 Termin und Ort der Tagung:  
 3.-9. September 2011, Berlin und Potsdam  
 Berichte der DBG  
 (nicht begutachtete online Publikation)  
<http://www.dbges.de>

## Reaktion von Regenwürmern auf Bodenheterogenität im Laborversuch

Averdiek, A., Fründ, H.-C.<sup>1</sup>, Dreyer, M.

### Zusammenfassung

Es wird über Versuche mit der endogäischen Regenwurmart *A. caliginosa* in 2D-Terrarien berichtet. Die Eigenschaften des Terrarienbodens wurden bereichsweise durch die Zugabe von Hähnchenmist, Rinderdung, Biokompost und Maisstärke verändert. Es wurden Aktivitäts- und Präferenzunterschiede in Abhängigkeit von der Qualität der organischen Substanz in Verbindung zum pH-Wert (pH 4,2 und pH 5,3) ermittelt. In den benachbarten, nicht angereicherten Bodenbereichen erfolgte eine Erhöhung der C- und N-Gehalte sowie partiell auch eine Erhöhung der pH-Werte.

**Schlüsselworte:** Bodentest, Regenwürmer, Regenwurmaktivität, Organische Substanz, Durchmischung, pH.

### 1. Einleitung

Endogäische Regenwürmer intensivieren durch ihr instabiles Gangsystem die Bodendurchmischung stärker als anecische Arten. Dabei kann ein Ausgleich von kleinräumig verschiedenen Bodeneigenschaften angenommen werden. Um herauszufinden, (1.) welche Art von org. Substanz (OS) die endogäischen Regenwürmer in unterschiedlich sauren Böden bevorzugen, (2.) ob der Boden-pH sich auf die Regenwurmaktivität auswirkt und (3.) wie sich die Zugabe von OS auf

benachbarte Bodenbereiche auswirkt, wurden drei verschiedene Dünger (Hähnchenmist, Kompost und Kuhdung) und ein Kohlehydrat (Maisstärke) getestet. Betrachtet wurden die Parameter Boden-pH, Qualität der OS, Grabaktivität in 2 D-Terrarien, C<sub>org</sub> und N<sub>t</sub>.

### 2. Methode

#### Versuchsablauf

Es wurde Boden (sandiger Lehm) einer Kalksteigerungsversuchsfläche verwendet. Zur Messung der Regenwurmaktivität wurden 2D-Terrarien (Evans 1947, Fründ et al. 2009, Wallrabenstein et al. 2010) mit Boden (Tab.1) befüllt und mit jeweils 3 *A. caliginosa* pro Terrarium in vier Wiederholungen über einen Zeitraum von 10 Tagen inkubiert. Zur Messung der Regenwurmpräferenz wurden die Terrarien als Wahltest eingerichtet, d.h. in der rechten Terrarienhälfte befand sich org. angereicherter Boden, in der linken Terrarienseite befand sich der Boden ohne Anreicherung. Die Kontrolle wurde ohne Regenwurmbesatz durchgeführt. Jeweils am Versuchsbeginn und am Versuchsende wurde der pH-Wert, der C- und N-Gehalt bestimmt. Die von den Regenwürmern sichtbar hinterlassenen Aktivitätsspuren (Gang- und Losungsspuren) wurden nach 3 und 10 Tagen protokolliert.

**Tab. 1:** Parameter des Versuchsbodens

Soll-pH (Boden aus Kalksteigerungsversuch)	C [%]	N [%]	C/N	Ist-pH
4,5	0,853 (± 0,010)	0,051 (± 0,000)	17 (± 0,2)	4,2
5,5	0,909 (± 0,006)	0,053 (± 0,003)	17 (± 0,7)	5,3

Angaben sind gemittelt. ± = Standardabweichung.

### 2D-Terrarien

Die verwendeten 2D Terrarien sind bei Fründ et al. 2009 beschrieben (<http://eprints.dbges.de/176/>).

### Organische Zusätze

Der Hähnchenmist entstammte einem konventionell wirtschaftenden, landwirtschaftlichen Betrieb und enthielt Strohanteile. Das Kompostsubstrat entstammt der Firma RETERRA und ist als Aktiv-

<sup>1</sup> Hochschule Osnabrück, Fakultät A & L,  
[hc.fruend@hs-osnabrueck.de](mailto:hc.fruend@hs-osnabrueck.de)

kompost deklariert. Der Kuhdung wurde käuflich in Form von Pellets bei der Firma Thomas Phillips erworben. Die Maisstärke stammt aus dem Lebensmittelhandel (Marke RUF). Weitere Eigenschaften sind Tabelle 2 zu entnehmen. Alle Substrate wurden luftgetrocknet und vermahlen in den Boden eingemischt. Die zugegebene Menge entsprach jeweils einer Zufuhr von 1 g C zu 100 g Boden.

**Tab. 2:** Eigenschaften der org. Zusätze

organische Zusätze	C [%]	N [%]	C/N	pH
Hähnchenmist	40,841 (± 0,036)	3,938 (± 0,035)	11	8,2 (± 0,0)
Kompost	20,260 (± 0,404)	1,290 (± 0,023)	16	7,9 (± 0,0)
Kuhdung	36,257 (± 0,581)	3,032 (± 0,007)	12	5,9 (± 0,0)
Maisstärke	46,365 (± 0,764)	0,102 (± 0,004)	464	4,7 (± 0,0)

Angaben sind gemittelt. ± = Standardabweichung.

### Versuchstiere

Für den Test wurden erwachsene Regenwürmer der Art *Aporrectodea caliginosa* (endogäischer Lebensformtyp) mit einem durchschnittlichen Gewicht inkl. Darminhalt von 0,91 g (± 0,09 g) verwendet.

### Analytik

**pH-Werte:** Nach DIN ISO 10390: 2005 in 0,01 molare CaCl<sub>2</sub>-Lösung im Verhältnis: 20 g Feststoff : 200 ml CaCl<sub>2</sub> (Bundesgütetegemeinschaft Kompost e.V., 1998). **C-Bestimmung** (C<sub>i</sub>): In Anlehnung an DIN ISO 10694 durch trockene Verbrennung (Eltra CS 500). **N-Bestimmung** N<sub>(t)</sub>: In Anlehnung an DIN ISO 13878:1998 durch trockene Verbrennung (LECO FP 428).

## 3. Ergebnisse

### 3.1 Präferenzen von Regenwürmern gegenüber nährstoffhaltigen Produkten in Verbindung zum Boden-pH

Nach der Inkubationszeit ergab die statistische Auswertung (paarweiser t-Test), dass *A. caliginosa* zum Anlegen seiner Gänge und zur Losungsabgabe den mit Maisstärke versetzten Boden in der pH-Stufe 4,2 gegenüber dem nicht angereicherten Boden in der benachbarten Terrarienseite signifikant bevorzugte. Kuhdung wurde im pH-Bereich 5.3 signifikant bevorzugt durchgraben. Kompost wurde

in beiden pH-Stufen signifikant in Gang- und Losungsfläche bevorzugt. Für Hähnchenmist wurde eine signifikante Minderung der Losungsabgabe in beiden pH-Stufen gegenüber der nicht angereicherten Terrarienhälfte ermittelt (Tab. 4).

### 3.2 Auswirkung organischer Substanz auf die Regenwurmaktivität in Unterschiedlichen pH-Milieus

In der pH-Stufe 4.2 war die Regenwurmaktivität in der organisch angereicherten Terrarienseite um **23 %** intensiver als in der Terrarienhälfte ohne Anreicherung. In der pH-Stufe 5.3 war die Aktivität in der angereicherten Terrarienseite um **70 %** höher, als in der nicht angereicherten Seite (Tab. 4).

### 3.3 Veränderte Bodeneigenschaften durch Regenwurmbesatz

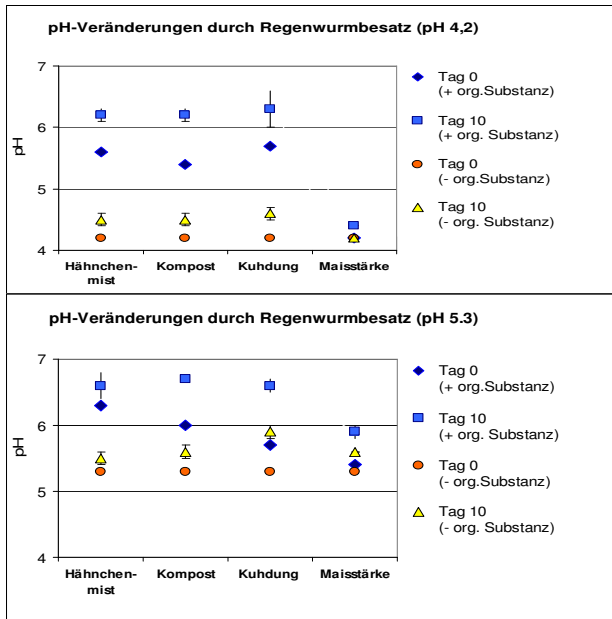
#### pH-Wert

Die Anwesenheit von Regenwürmern (RW) bewirkte gegenüber der Kontrolle ohne Regenwurmbesatz in dem nicht mit OS angereicherten Boden in beiden pH-Stufen einen signifikanten pH-Anstieg. Dieser betrug bei der pH-Stufe 5,3 im Mittel 0,26 pH-Einheiten (0,15...0,54). Bei der pH-Stufe 4,2 und den Zusatzstoffen Hähnchenmist, Kompost und Kuhdung war der pH in der nicht angereicherten Hälfte um ca. 0,3 pH-Einheiten höher während er bei Stärke unverändert blieb. Ähnliche pH-Veränderungen zeigten sich von Start bis Ende der Inkubation in den Terrarien mit Regenwürmern (Abb. 1).

#### Kohlenstoffgehalt

Die Veränderung der Kohlenstoffgehalte im Boden der Terrarien mit und ohne Regenwürmer ist in Tab. 3 dargestellt. In den Kontrollansätzen ohne Regenwürmer nahmen die C-Gehalte in beiden Terrarienseiten ab (Mineralisierung). Bei Anwesenheit von Regenwürmern kam es dagegen in den nicht mit OS versetzten Terrarienseiten, zu einer Zunahme der C-Gehalte, welches auf eine Durchmischung hinweist. Zur Prüfung des Regenwurmeinflusses auf die C-Mineralisierung wurde die Veränderung des Boden-C-Gehalts im gesamten Terrarium

betrachtet. Wie Abb. 2 zeigt, ergibt sich ein uneinheitliches Bild.



**Abb. 1:** pH-Veränderung durch Regenwurmbesatz in den Terrarienseiten mit und ohne org. Anreicherung am Tag 0 und nach 10 Tagen Inkubation. Mittelwerte und Standardabw. von 4 Wiederholungen.

**Tab. 3:** C-Konzentrationsänderungen in den Terrarienseiten mit und ohne org. Anreicherung so-wie mit und ohne Regenwurmbesatz nach 10 Tagen Inkubation. Mittelwerte von 4 Wiederholungen. RW = Regenwurmbesatz, OS = organische Substanz

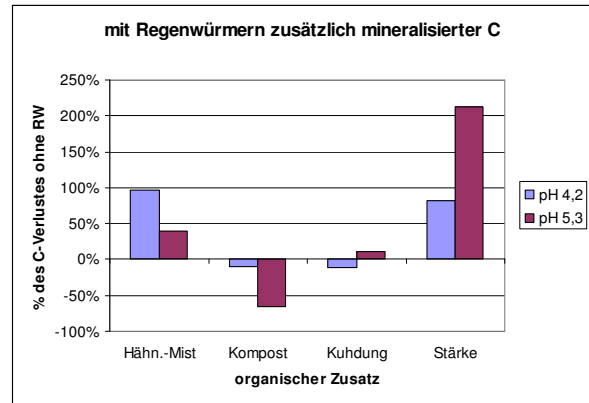
org. Zusatz (OS)	C-Differenz zu Start			
	mit RW		ohne RW	
	Seite +OS	Seite -OS	Seite +OS	Seite -OS
<b>pH 4,2</b>				
Hähnchenmist	-25%	4%	-10%	-4%
Kompost	-13%	9%	-9%	-2%
Kuhdung	-19%	15%	-13%	-3%
Stärke	-17%	9%	-7%	0%
Mittel	-18%	9%	-10%	-2%
<b>pH 5,3</b>				
Hähnchenmist	-24%	9%	-12%	-4%
Kompost	-12%	8%	-21%	-3%
Kuhdung	-23%	14%	-14%	-3%

Die C-Mineralisation wurde bei Stärke und Hähnchenmist (leicht verfügbare C-Quellen) durch die Anwesenheit von Regenwürmern gesteigert, nicht jedoch bei Kompost und Kuhdung.

### Stickstoffgehalt

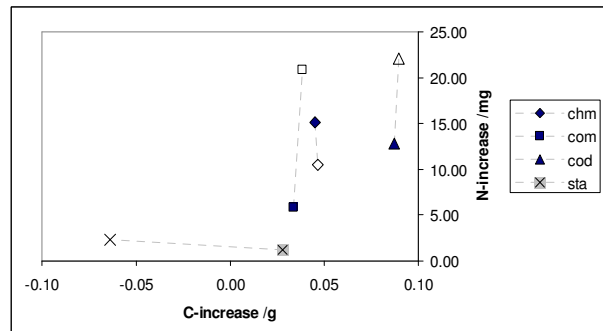
Die N-Veränderungen der Düngervarianten variierten stark. Während im Boden ohne Wurmbesatz die N-Verluste überwogen (max. 15,3%, pH 4.2, Kompost ohne Regenwürmer), herrschte im Boden

mit Wurmbesatz die N-Anreicherung vor (max. 22,6%, pH 5.3, ohne OS, mit Regenwürmern).



**Abb. 2:** Einfluss des Regenwurmbesatzes auf die Änderung des Boden-C-Gehalts in Terrarien mit verschiedenen organischen Zusätzen.

Die N-Anreicherung trat besonders bei der Maisstärke innerhalb beider pH-Stufen und bei Kompost (pH 4.2) auf. Die Terrarienseiten ohne OS erfuhren einen durchschnittlichen N-Anstieg um 24% (Berechnung ohne Maisstärke, Abb.3). Die N-Entwicklung der Terrarienseiten mit OS lagen zwischen -6,83 % bis +21,1 %. Mit  $p = 0.112$  ist kein signifikanter Zusammenhang zwischen der Anwesenheit von Regenwürmern und dem N-Gehalt über beide pH-Bereiche gegeben.



**Abb. 3:** Veränderung der C-Gehalte gegen Veränderung der N-Gehalte in den Terrarienseiten ohne org. Zusatz nach 10 Tagen Inkubation mit 3 A. caliginosa bei Boden-pH 4.2 (gefüllte Symbole) und Boden-pH 5.3 (ungefüllte Symbole). Mit chm: Hähnchenmist, com: Kompost, cod: Kuhdung, sta: Maisstärke.

### 4. Diskussion

Die Aktivität der Regenwürmer und ihre Präferenzen gegenüber OS sind sowohl abhängig vom Bodenmilieu als auch von der Qualität der organischen Substanz. Die Grabaktivität der Regenwürmer ist im pH-Bereich 4.2 geringer als in der pH-Stufe 5.3 (s. 3.2). Dieser Effekt wurde bereits in Wallrabenstein et al 2010 be-

**Tab. 4:** Sichtbare Bereiche der Gänge und Losung von 3 *A. caliginosa* an den Glasscheiben der Terrarienseiten mit und ohne org. Anreicherung in Böden der pH-Stufen 4,2 und 5,3 nach 10 Tagen mit 4 verschiedenen org. Zusätzen. Mittelwerte und Standardabweichungen von 4 Wiederholungen.

Gänge nach 10 Tagen [cm <sup>2</sup> ]	Hähnchenmist	STABW	Kompost	STABW	Kuhdung	STABW	Maisstärke	STABW	Mittelwert
<b>4,2 Boden</b>	35,6	4,3	13	3,8	26,1	15,3	25,7	3,1	25,1
<b>4,2 Boden + OS</b>	33,4	5,2	49,5	13,6	31,6	14,3	33,2	4,8	36,9
t-Test P	0,626	-	<b>0,009</b>	-	0,607	-	<b>0,037</b>	-	-
<b>5,3 Boden</b>	35,6	4,5	19,8	7,3	21,5	2,2	23,6	6,9	25,1
<b>5,3 Boden + OS</b>	50,7	11,3	69,3	6,7	60,5	14,7	33,1	6,5	53,4
t-Test P	0,144	-	<b>0,004</b>	-	<b>0,016</b>	-	0,144	-	-
Losung nach 10 Tagen [cm <sup>2</sup> ]	Hähnchenmist	STABW	Kompost	STABW	Kuhdung	STABW	Maisstärke	STABW	Mittelwert
<b>4,2 Boden</b>	85,2	10,2	35,8	17,4	50,4	18,1	29,2	12,0	50,2
<b>4,2 Boden + OS</b>	44,6	8,7	77,5	12,6	37,3	19,0	64,4	14,1	56,0
t-Test P	<b>0,014</b>	-	<b>0,001</b>	-	0,314	-	<b>0,000</b>	-	-
<b>5,3 Boden</b>	80,5	13,0	26,5	9,4	62,0	20,8	30,6	9,3	50,0
<b>5,3 Boden + OS</b>	36,2	6,4	120,6	14,8	93,7	23,2	47,1	17,6	74,4
t-Test P	<b>0,018</b>	-	<b>0,004</b>	-	0,062	-	0,298	-	-

Zahlen in Fettschrift = signifikant, STABW = Standardabweichung

schrieben. Zu vermuten ist eine durch freie Al-Ionen hervorgerufene Aluminiumtoxizität. Der hohe pH-Wert des Hähnchenmists (pH 8,2) kann zur Bildung von ebenfalls toxisch wirkendem Ammoniak geführt haben, mit der Konsequenz, dass sich die Regenwürmer bevorzugt im nicht angereicherten Bodenbereich aufhalten.

Die ansteigenden pH-Werte und C-Gehalte innerhalb der nicht angereicherten Terrarienseiten zeigen, dass der durchmischende Effekt der Regenwurmaktivität über den mit OS angereicherten Bereich hinaus wirkt. Obwohl aus den Gang- und Losungsspuren eine höhere Aktivität der Regenwürmer in der pH-Stufe 5,3 abgelesen wurde, sind die auf Durchmischung zurückzuführenden bodenchemischen Veränderungen in den Terrarienhälften bei pH-Stufe 4,2 nicht schwächer als bei pH-Stufe 5,3.

Sowohl der Stickstoffverlust, wie auch seine Anreicherung zeugen von den komplexen Vorgängen der N-Umsetzung. Eine Tendenz zum N-Verlust in den Böden ohne Regenwurmbesatz deutet sich an.

## 5. Literatur

Bundesgütegemeinschaft Kompost e.V. (1998): Methodenbuch zur Analyse von Kompost. Hrsg. Bundes-

gütegemeinschaft Kompost e.V., Köln. Verlag Abfall Now e.V., Stuttgart

Evans, A.C. (1947): A method of studying the burrowing activities of earthworms. Ann. Mag. Nat. Hist. 14, 643-650.

Fründ, H.-C., Wallrabenstein, H., Leißner, S., Schacht, H., Blohm, R. (2009): Ein Test mit endogäischen Regenwürmern zur Prüfung der Bodenqualität In: Böden - eine endliche Ressource, 05.-13.09.2009, Bonn.

<http://eprints.dbges.de/176/>

DIN ISO 10390:2005: Bodenbeschaffenheit - Bestimmung des pH-Wertes. Beuth Verlag, Berlin

DIN ISO 10694 (1995): Bodenbeschaffenheit - Bestimmung von organischem Kohlenstoff und Gesamtkohlenstoff nach trockener Verbrennung (Elementaranalyse), Beuth Verlag, Berlin.

DIN ISO 13878 (1998): Bodenbeschaffenheit - Bestimmung des Gesamt-N durch trockene Verbrennung (Elementaranalyse). Beuth Verlag, Berlin

Wallrabenstein, H., Fründ, H.-C., Leißner, S., Blohm, R. (2010): Bioindikation mit Regenwürmern. In: Boden und Standortqualität 25.-26.02.2010, Osnabrück. <http://eprints.dbges.de/500/>