

Tagungsbeitrag zu: Gemeinsame Sitzung  
Kommission III DBG und Fachgruppe 4  
Bundesverband Boden  
Titel der Tagung: Boden und Standort-  
qualität – Bioindikation mit Regenwür-  
mern  
Veranstalter: DBG, BVB, Fachhochschule  
Osnabrück  
Termin und Ort: 25.-26. Februar 2010,  
Osnabrück  
Berichte der DBG (nicht begutachtete  
online Publikation)  
<http://www.dbges.de>

## Prüfung der Bodenqualität mit Regenwürmern im Labor

Wallrabenstein, H.; Fründ, H.-C.<sup>1</sup>; Leißner, S.; Blohm, R.

### Zusammenfassung

Vorstellung eines Testsystems mit Regenwürmern zur Prüfung der Bodenqualität mit Hilfe von Beobachtungsküvetten. Der Wassergehalt des Bodens während des Versuches lag bei ca. Feldkapazität. Die Aktivität der Regenwürmer (*Aporrectodea caliginosa*) wurde durch die Gangflächen in den Beobachtungsküvetten bestimmt. Das Testverfahren wird anhand von Versuchen hinsichtlich der Wirkungen des pH-Wertes, der Schwermetallbelastungen und Düngungsvarianten des Bodens vorgestellt.

Schlüsselworte: Bodenqualität, Testentwicklung, Regenwurm, *A. caliginosa*

### Einleitung

Es wurde die Möglichkeit überprüft, Regenwürmer als Testorganismen zu verwenden, um die Bodenqualität festzustellen. Als Versuchsgefäße dienten Küvetten, auch Evans-Box oder 2D Terrarien genannt. Die Küvetten und das Test-Design wurden mit 42 Böden in 124 Versuchen entwickelt und validiert..

Es lag die Prämisse zugrunde, dass Regenwürmer auf Umwelteinflüsse in kürzester Zeit reagieren. Regenwürmer neh-

men ungünstige pH-Werte und Giftstoffe wahr und reagieren entsprechend. Das zeigt sich durch verringerte Aktivität, Einkringeln oder Vermeidungsverhalten. Kohlehydrate, die schnell verfügbar sind, wie z.B. Glukose, werden bevorzugt aufgesucht. Die Gangfläche der Regenwürmer wurde als Bewertungskriterium verwendet.

### Methode

Der Test kann in zwei Test-Varianten durchgeführt werden, dem Mono-Test und dem Wahl-Test (Abb.1). Bei dem Mono-Test befindet sich ein Substrat in einer Küvette, beim Wahl-Test werden zwei Substrate in eine Küvette gefüllt. In beiden Fällen wird vierfach wiederholt.

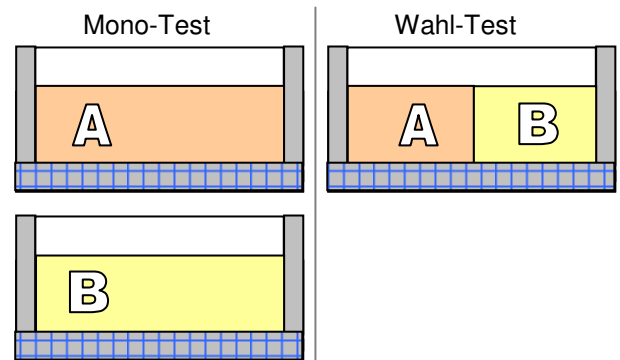


Abb. 1 Schematische Darstellung zum Mono- und Wahl-Test

In einer ersten Konstruktion wurden Küvetten aus einem Teakholzrahmen mit 4 mm Floatglasscheiben und Innenmaß 1,5 x 20 x 27 cm verwendet. Diese wurden von oben lagenweise mit dem auf 5 mm gesiebten und auf 70 % WK<sub>max</sub> befeuchteten Boden befüllt (Füllhöhe 15 cm) (Leißner et al. 2008). Dabei erwies sich die Einstellung der Substratfeuchte als ein kritischer Punkt. Die Regenwürmer reagierten deutlich auf leichte Unterschiede im Wassergehalt, so dass Feuchteunterschiede unterschiedliche chemische Bodeneigenschaften im Wahlversuch überdecken konnten (Fründ et al. 2009). Darüber hinaus erwies sich die große benötigte Bodenmenge (1 kg), der Zeitbedarf für die Küvettenbefüllung (ca. 30 Min.) und eine Schichtenbildung durch die lagenweise Befüllung als ungünstig. Deshalb wurde ein neues Testdesign mit optimierter Bodenfeuchte und reduzierter Bo-

<sup>1</sup> Fachhochschule Osnabrück, Fakultät Agrarwissenschaften und Landschaftsarchitektur, Postfach 1940, 49009 Osnabrück; [HC.Fruend@fh-osnabrueck.de](mailto:HC.Fruend@fh-osnabrueck.de)

denmenge entwickelt (System „Vliesbewässerung“.) In diesem System bestehen die Küvetten aus 4 mm starken Glas-scheiben im DIN A4-Format (21 x 29,7 cm), die durch Kiefernholzleisten auf einen Abstand von 0,5 cm gebracht werden. Ein Vliesstreifen begrenzt die Küvette nach unten. Durch das Vlies erfolgt die kapillare Aufsättigung des Substrats in einem Wasserbad. Es dauert 3-4 Tage, bis sich ein Gleichgewicht im Bodensubstrat einstellt. In Abb. 2 sind der Aufbau der Küvette und der Wasserstand bei der Aufwässerung dargestellt.

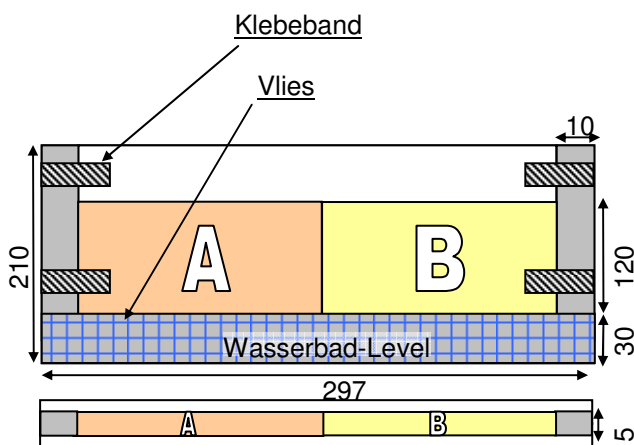


Abb. 2 Aufbau einer Küvette in der Seitenansicht und Draufsicht (Einheiten in mm)

Der Boden wird luftgetrocknet und auf 2 mm gesiebt eingefüllt. Das Substrat in den Küvetten wird durch Aufstoßen und leichte Kompression von oben auf eine Lagerungsdichte von 1-1,2 g/cm<sup>3</sup> (Sandböden) gebracht. Nach der Aufwässerung wird die Küvette mit drei Regenwürmern befüllt (*A.caliginosa* adult, 0,3...0,5 g). Die Versuchsdauer wurde nach Vorversuchen auf drei Tage reduziert.

Durch das neue Versuchsdesign wurde der Zeitbedarf für das Befüllen der Küvette auf ca. 10 Minuten und die benötigte Bodenmenge auf ca. 200 g reduziert.

### Versuchstiere

Es wurden Versuche mit *Eisenia fetida* und *Aporrectodea caliginosa* durchgeführt. *E. fetida* stammte aus einer standardisierten Zucht unseres Labors. *A. caliginosa* wurde von zwei sandig-lehmigen Grünlandstandorten gesammelt und bis zu 3 Monate bei 15°C gehältert.

### Auswertung

Nach drei Tagen wurden die Regenwurmspuren auf beiden Seiten jeder Küvette von Hand auf transparente Folien als Umriss abgezeichnet. Gänge und Regenwurmlösung wurden durch verschiedene Farben unterschieden. Die Folien wurden mit einer Auflösung von 75 dpi gescannt und die Bilddateien durch ein im Projekt entwickeltes Computerprogramm bearbeitet. Das Programm füllt die Umrisse aus, berechnet die Gangflächen in mm<sup>2</sup> und speichert die Ergebnisse in einer Datenbank. Die statistische Prüfung von Unterschieden geschah im Wahltest mit dem paarweisen t-Test, im Mono-Test mit der einfaktoriellen Varianzanalyse.

### Ergebnisse

#### Vergleich *A. caliginosa* / *E. fetida*

Mit dem Anfangs-Design (1,5 cm Scheibenabstand) wurde die Grabaktivität von *A. caliginosa* und *E. fetida* verglichen. Als Versuchsboden wurde ein stark sandiger Lehm einer Rendzina unter Ackernutzung verwendet (pH 6,3; C<sub>org</sub> 1,6 %; C<sub>mik</sub> 296 µg g<sup>-1</sup>; KAK<sub>pot</sub> 6,3 cmol<sup>+</sup> kg<sup>-1</sup>). Die Versuchsvarianten waren: a) 4 adulte *A. caliginosa*, b) 4 adulte *E. fetida*, c) 9 adulte *E. fetida* (Biomasse entsprechend Variante a)). Jeder Versuch wurde in 4 Wiederholungen ange-setzt.

Aus Tab. 1 wird ersichtlich, dass *E. fetida* das Bodensubstrat in den Küvettenversuchen anscheinend kaum nutzte, denn die Gangfläche nahm im Zeitverlauf nicht wesentlich zu. Auch die Verdopplung der Individuenzahl blieb weitgehend ohne Effekt.

Tab. 1 Gangfläche und Losungsfläche von *E. fetida* und *A. caliginosa* in Beobachtungsküvetten mit Mineralboden (cm<sup>2</sup> je Vorder- und Rückseite der Küvette)

Variante	Nach 7 Tagen		Nach 14 Tagen	
	Gang	Losung	Gang	Losung
4 <i>E.fet.</i>	16,5 ± 5,4	5,9 ± 3,2	18,5 ± 12,2	15,8 ± 5,7
9 <i>E. fet.</i>	17,7 ± 2,8	5,0 ± 2,3		
4 <i>A. cal.</i>	27,0 ± 17,9	63,4 ± 24,7	48,6 ± 24,9	98,3 ± 40,6

Der Versuch zeigt, dass für die Beurteilung der Grabaktivität im Mineralboden *A. caliginosa* nicht durch den leichter handhabbaren

und käuflich zu erwerbenden Kompostwurm *E. fetida* ersetzt werden kann.

### Gekalkte Waldböden

Im System Vliesbewässerung wurden Böden aus einem Waldkalkungsversuch getestet. Die Kalkungsvarianten sind mit ihren Bodenparametern in Tab. 2 aufgeführt. Abb. 3 stellt die Ergebnisse des Mono-Tests und Wahl-Tests dar. In der nicht gekalkten Variante fand im Mono-Test sowie im Wahl-Test praktisch keine Regenwurmaktivität statt. Im Mono-Test wurden die *A. caliginosa* in der nicht gekalkten Variante inaktiv und haben sich oberflächlich aufgehalten. Die Steigerung des pH von 3,9 zu pH 4,4 bewirkte eine Zunahme der Gangfläche.

Tab. 2 Bodenparameter der Waldkalkungsvarianten

Waldstandortvarianten	Wald nicht gekalkt (Null)	Wald mit Braunkohlensche (Br)	Wald gekalkt (K)	Wald gekalkt und eingearbeitet (KGR)
pH CaCl <sub>2</sub>	3,0	4,0	4,4	3,9
Textur	Ut4	Lu	Ut4	Ut4
C <sub>org</sub> %	11,1	8,5	11,9	11,7
C/N	20	18	19	19
KAK pot. mol+ / kg TM	22	19,7	20,7	21,8

### Schwermetall belastete Böden

Es wurden Schwermetall belastete Böden aus dem Überschwemmungsbereich der Hase bei Osnabrück und der Wupper untersucht (System Vliesbewässerung). Textur, pH-Werte und die Konzentrationen von Zink und Kupfer in den getesteten Bodensubstraten sind Tab. 3 zu entnehmen. Die Testergebnisse sind in Abb. 3 dokumentiert. Zwischen den Böden Ref. und Hase ergab sich ein signifikanter Unterschied in der Gangfläche, der im Wahltest noch stärker ausfiel als im Mono-Test.

Bei den Böden aus der Wupperrau traten dagegen keine signifikanten Unterschiede zwischen den Proben unterschiedlicher

Schwermetallbelastung auf. Der Unterschied zwischen den Proben WR1 und WR3 fiel im Wahltest geringer aus als im Mono-Test.

Tab. 3 pH-Werte, Textur und Belastungsstatus von Schwermetall belasteten Auenböden (Ref = Referenzboden FH Versuchsbetrieb)

Boden	Ref	Hase	WR1*	WR2*	WR3*
Textur	Sl	Sl	Sand	Lehm/Schluff	Lehm/Schluff
pH CaCl <sub>2</sub>	6,2	5,3	6,2	5,5	6,5
Zn mg kg <sup>-1</sup>	31	339	800	400	150
Cu mg kg <sup>-1</sup>	72	411	370	210	20

\*) Analysen der Arbeitsgruppe Rinklebe, Universität Wuppertal: Abnehmende Gewässernähe von WR1 zu WR3

### Böden aus Dauerdüngungsversuchen

Zur Prüfung der Frage, ob *A. caliginosa* im Küvettentest mit Vliesbewässerung unterschiedliche Qualitäten der organischen Substanz anzeigt, wurden Böden aus zwei Dauerdüngungsversuchen untersucht: Dikopshof (Uni Bonn) und Bad Lauchstädt (Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung). Die untersuchten Versuchsvarianten sowie Anhaltswerte für die Bodeneigenschaften gehen aus Tab. 4 hervor.

Tab. 4 Untersuchte Versuchsvarianten der Böden aus Dauerdüngungsversuchen, pH-Werte der Bodensubstrate sowie Anhaltswerte für den C<sub>org</sub>-Gehalt. Der C<sub>org</sub>-Gehalt wurde für Dikopshof aus dem Glüverlust geschätzt, für Bad Lauchstädt wurden Daten aus Marhan & Scheu (2005) übernommen.

Variante	Null	Mist	NPK	NPK +Mist
Dikopshof (sandiger Lehm)				
pH	6,1	6,1	6,7	6,7
C <sub>org</sub> %	1,8	2,0	2,0	2,5
Bad Lauchstädt (stark toniger Schluff)				
pH	6,0	5,8	5,5	5,9
C <sub>org</sub> %	1,6	2,3	1,8	2,4

Die in den Versuchen ermittelten Aktivitätsspuren der drei eingesetzten Regenwürmer sind in Tab. 5 zusammengestellt. Die Unterschiede zwischen den Versuchsvarianten an einem Standort waren in keinem Fall signifikant. Es fällt auf, dass die Spurenfläche bei den Böden vom Dikopshof generell größer ist als bei den Böden vom Dauerversuch Bad Lauchstädt.

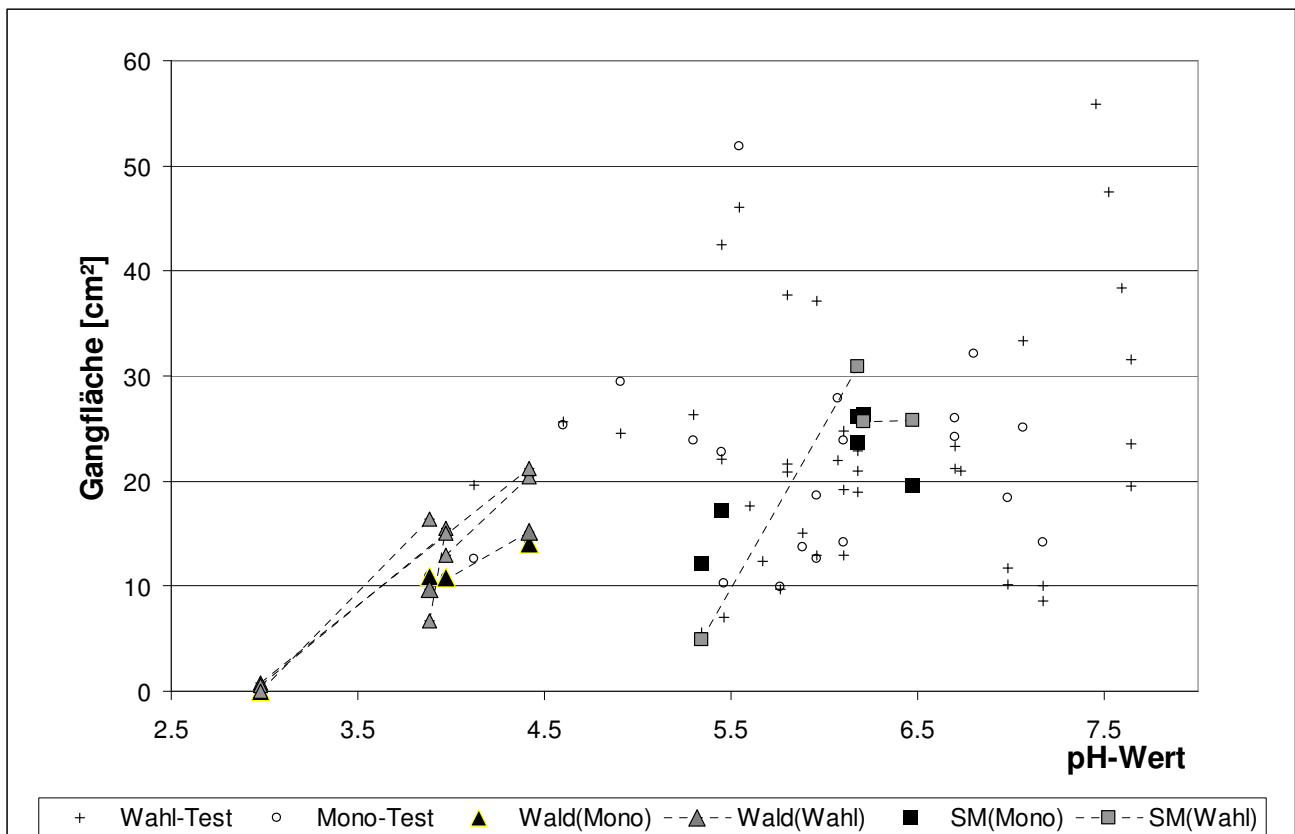


Abb. 3 Gangflächen nach 3 Tagen in Küvettentests mit verschiedenen Bodensubstraten, geordnet nach pH-Wert (CaCl<sub>2</sub>). Die Wald- und SM-Testsubstrate sind über ihre pH-Werte in Tab. 2 und 3 identifizierbar. Die Gangfläche bezieht sich jeweils auf die halbe Scheibenfläche der Küvette (ca. 326 cm<sup>2</sup>)

Tab. 5 Gangfläche von 3 *A. caliginosa* nach 3 Tagen in Bodensubstrat von Dauerdüngungsversuchen (Küvettentest System Vliesbewässerung; cm<sup>2</sup> je halbe Küvettenfläche)

Variante	Null	Mist	NPK	NPK +Mist
Dikopshof (sandiger Lehm)				
Mono-T.	23,8	27,9	26,0	24,2
Wahl-T.			21,2	23,3
Wahl-T.	24,8	21,9		
Bad Lauchstädt (stark toniger Schluff)				
Mono-T.	12,6	9,9	10,3	13,7
Wahl-T.			7,0	15,1
Wahl-T.	13,0	9,7		

### Schlussfolgerungen

Das Test-Design zeigt vor allem pH-Effekte an. Die Qualität der organischen Substanz wird innerhalb der dreitägigen Versuchszeit nicht angezeigt, obwohl Marhan & Scheu (2005) unterschiedliche Gewichtszunahme junger Regenwürmer in Böden der Varianten des Versuchs Bad Lauchstädt nachwies. Unterschiede in der Nahrungsqualität der Böden werden wahrscheinlich erst bei längerer Versuchszeit erkennbar.

### Literatur

Fründ HC, Wallrabenstein H, Leißner S, Blohm R, 2009: Developing a soil quality test with 2D terraria and *Aporrectodea caliginosa*. Tagungsbeitrag zu: „Experimenting with Earthworms“, Kommission III der DBG, 20.-21.03.2009, Trier, Berichte der DBG, <http://www.dbges.de>

Leißner S, Fründ HC, Schacht H, Blohm R, 2008: Standardisierung und Validierung eines Bodenqualitätstests auf Basis der Bodennutzung durch Regenwürmer. Tagungsbeitrag zu: Bodenbiologische Indikatoren für eine nachhaltige Bodennutzung Kommission III „Bodenbiologie und Bodenökologie“ der DBG, 28.-29. 02 2008 Osnabrück, <http://www.dbges.de>

Marhan S, Scheu S (2005) The influence of mineral and organic fertilisers on the growth of the endogeic earthworm *Octolasion tyraeum* (Savigny). *Pedobiologia* 49: 239-249

Wir danken N. Asche (Wald und Holz, NRW), J. Rinklebe und C. Schilli (Bergische Universität Wuppertal), H. Hüging (Versuchsgut Dikopshof der Universität Bonn), I. Merbach (Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung GmbH) für ihre Unterstützung und dem Ministerium für Wissenschaft und Kultur Niedersachsen für die Finanzierung (Programm AGIP).