

Regenwurmbestand in Fruchtfolgen mit ökologischer Bewirtschaftung

Roswitha Walter¹ & Julia Daschner²

¹Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft,
Institut für Ökologischen Landbau, Bodenkultur und Ressourcenschutz

²Hochschule Weihenstephan-Triesdorf,
Fakultät Land- und Ernährungswirtschaft

Zusammenfassung

In einem ökologisch bewirtschafteten Langzeit-Feldversuch bei Freising in Oberbayern wurde nach 14 Jahren Laufzeit im Jahr 2012 die Individuendichte und Biomasse der Regenwürmer erhoben. Untersucht wurden sechs Fruchtfolgen, welche je zur Hälfte viehhaltende Systeme mit organischer Düngung und einer Abfuhr der oberirdischen Masse des Kleegrases sowie viehlose Systeme mit Mulchnutzung von Klee gras charakterisieren. Innerhalb der Fruchtfolgen führten die unterschiedlichen ackerbaulichen Bewirtschaftungsmaßnahmen zu Schwankungen in der Individuendichte der Regenwürmer. Der Anbau von Klee gras erwies sich, aufgrund der Reproduktion der Regenwürmer, als fördernde Vorfurcht. Eine Untersaat von Klee gras regte frühzeitiger als eine Blanksaat die Entwicklung der Regenwürmer und somit die biologische Aktivität im Boden an. Dagegen wirkte Kartoffelanbau aufgrund einer hohen Bodenbearbeitungsintensität eher hemmend auf die Entwicklung der Regenwürmer. Durch Mulchen von Klee gras kann der Regenwurmbestand gefördert werden. Zwischen den sechs Fruchtfolgen wurden im Mittel der beiden beprobten Kulturen Leguminose und Winterweizen keine gesicherten Unterschiede in der Individuenzahl und Biomasse der Regenwürmer festgestellt. Regenwurm fördernde und hemmende Bewirtschaftungsmaßnahmen scheinen sich in diesen Fruchtfolgen größtenteils auszugleichen.

Abstract

After 14 years, the abundance and biomass of earthworms in organic farming was investigated in a long-term field experiment near Freising in Bavaria, Germany. In 2012, earthworm samples were taken from winter wheat and from legumes in each of the three livestock farming crop rotations with organic fertilisation and in each of the three stockless crop rotations with mulching of grass-clover. The different cultivation activities influenced the abundance of earthworms during a crop rotation. The cultivation of grass-clover ley benefited the earthworm populations. The undersowing of grass-clover ley was more beneficial than the sowing of grass-clover after harvesting the winter wheat. This induced earlier reproduction in the earthworms and therefore the biological activity in the soil. In contrast, the cultivation of potatoes inhibited the reproduction of earthworms due to more intensive tillage of the root crop. The mulching of grass-clover ley increased earthworm abundance and biomass. There were no significant differences in the mean earthworm abundance and biomass between the six crop rotations. This indicates, that agricultural managements which benefit or inhibit earthworms achieve in a balance.

Einleitung und Fragestellung

Unter den Bodentieren sind Regenwürmer die wichtigste aktiv das Bodengefüge verändernde Tiergruppe (DUNGER 2008). Ihre Grabtätigkeit trägt zur Lockerung und Belüftung des Bodens sowie zur Durchmischung von Bodensubstanzen bei. Als Zersetzer zerkleinern sie organisches Material und beschleunigen dadurch dessen Abbau und somit die Nährstoffnachlieferung (BIERI & CUENDET 1989, BLOUIN et al. 2013). Durch ihre vielseitigen Leistungen fördern Regenwürmer die Bodenfruchtbarkeit und sind Zeiger eines biologisch aktiven Bodens. Neben den Standortfaktoren und der Witterung beeinflusst die Bewirtschaftung den Regenwurmbestand im Ackerboden (EHRMANN 2012). Welche Wirkung verschiedene ökologisch bewirtschaftete Fruchtfolgen mit und ohne Kartoffel, mit unterschiedlichen Leguminosenarten und Düngungsformen auf die Besiedlung von Regenwürmern haben, war Ziel der Untersuchung. Über die Erfassung der Regenwürmer im Anbaujahr der Leguminose und des Winterweizens soll sowohl der durchschnittliche Regenwurmbestand je Fruchtfolgesystem, als auch ein möglicher Einfluss der Vorkultur und der damit verbundenen Bewirtschaftungsmaßnahmen, betrachtet werden.

Versuchskonzept

Im Jahr 1998 wurden in Viehhausen bei Freising sechs ökologisch bewirtschaftete Fruchtfolgen in einer randomisierten Blockanlage mit je drei Wiederholungen angelegt. Drei viehhaltende Systeme mit organischer Düngung und einer Abfuhr der oberirdischen Masse des Kleeegrases stehen drei viehlosen Systemen mit Mulchnutzung des Kleeegrases gegenüber (s. Tab. 1). In jedem Fruchtfolgesystem wird jedes Fruchtfolglied in jedem Jahr angebaut. Der Versuchsstandort liegt im Tertiärhügelland auf einem sandigen Lehm, 490 m über NN mit einer durchschnittlichen, jährlichen Niederschlagssumme von 750 bis 800 mm.

Tab. 1: Übersicht der Fruchtfolgen (FF)

Fruchtfolgen	Organische Düngung	Saat Leg.	
FF1	KG–KG _{-p} K _p -WW ^{Zwfr} _p -RW _p	Rindergülle: 20-30 cbm je zu K, WW, RW, +Stroh, 1x Zwfr. Weißklee	viehhaltend
FF2	KG _{-p} K _p -WW	Rindergülle: 20-30 cbm je zu K, WW, -Stroh	
FF3	KG _{-p} K _p -WW	Stallmist: 300 dt/ha zu K, -Stroh	
FF4	KG _{-p} K _p -WW	4x mulchen KG, -Stroh	viehlos
FF5	KG _p -WW ^{Zwfr} _p -GS _p	4x mulchen KG, 1x Zwfr. Weißklee, +Stroh	
FF6	SJ _p -WW ^{Zwfr} _p -GS ^{Zwfr} _p	1 x Zwfr. Weißklee, 1 x Zwfr. KG, +Stroh	

KG: Klee gras, K: Kartoffel, WW: Winterweizen, RW: Winterroggen, GS: Sommergerste, SJ: Sojabohne, Leg.: Leguminose als Hauptfrucht, ^{Zwfr}: Zwischenfrucht, _p: Bodenbearbeitung mit Pflug

Methode zur Erfassung der Regenwürmer

Die Erfassung der Regenwürmer erfolgte 14 Jahre nach der Anlage des Dauerversuches am 28. und 29. März 2012 in jeder Fruchtfolge jeweils im Anbaujahr der Leguminose und des Winterweizens. Insgesamt wurden auf 39 Parzellen je zwei Stichproben genommen. Zuerst fand eine Austreibung der Regenwürmer durch eine 0,2 %ige Formaldehydlösung statt (20 l auf 0,5m², Suchzeit: 30min). Anschließend wurde ein Teil der Probestelle (0,1m²) pflugsohlentief ausgegraben und das Bodenmaterial von Hand durchsucht. Die Anwendung einer

Austreibungsmethode kombiniert mit einer Handauslese ist für eine gute Bestandserfassung der Regenwürmer unerlässlich (EHRMANN 1996, FRÜND & JORDAN 2003, PELOSI et al. 2009).

Die statistische Auswertung erfolgte über einen multiplen Mittelwertvergleich mit dem Student-Newman-Keuls-Test ($\alpha=0,05$).

Ergebnis und Diskussion

Zwischen den sechs Fruchtfolgen wurden im Mittel der jeweils zwei beprobten Kulturen Leguminose und Winterweizen keine statistisch gesicherten Unterschiede in der Individuenanzahl und Biomasse der Regenwürmer festgestellt (Abb. 1). Tendenziell lag in den beiden Fruchtfolgen FF4 und FF5, in denen der Klee gras aufwuchs als Mulch im Feld verblieb, sowohl die Individuenanzahl der Regenwürmer im Mittel um 15 bis 25 % als auch ihre Biomasse um 10 bis 40% höher als bei viehhaltender ökologischer Bewirtschaftung mit Abfuhr des Klee gras und einer Düngung durch Rindergülle oder Stallmist (Abb. 1). Das Mulchen von Klee gras bietet den Regenwürmern anscheinend bessere Lebensbedingungen. Die geringste Regenwurmanzahl wies die Fruchtfolge FF6 mit Sojabohne statt Klee gras auf. So hatte die Anbaufläche vor der Sojabohnensaat im Frühjahr eine signifikant geringere Individuendichte als das in Untersaat angebaute Klee gras der FF2 und FF4 (Tab. 2). Die dennoch im Mittel ähnlich hohe Regenwurmbiomasse in der FF6 wie in den FF1 bis FF3 ist vermutlich auf den zweimaligen Zwischenfruchtanbau in der dreigliedrigen Fruchtfolge FF6 zurückzuführen, der den Regenwürmern ein gutes Nahrungsangebot liefert.

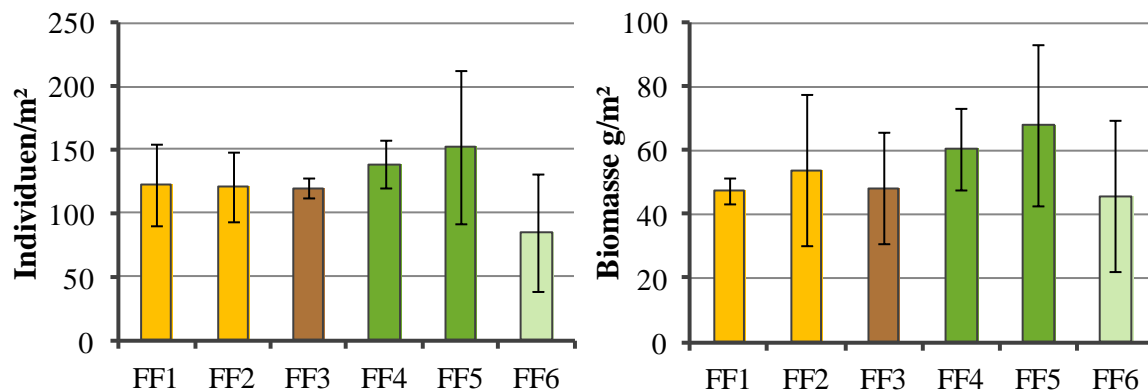


Abb. 1: Durchschnittliche Individuendichte und Biomasse der Regenwürmer in den Fruchtfolgen (FF), jeweils Mittelwert von Leguminose und Winterweizen ($n=3$). In der FF1 sind die Daten beider Klee grasjahre im Mittelwert berücksichtigt

Innerhalb der Fruchtfolgen variierte der Regenwurmbestand zwischen den einzelnen Ackerkulturen. So war die Individuendichte in den Fruchtfolgen FF1 bis FF4 jeweils im Klee gras höher als im Winterweizen (Tab. 2). Die hohe Zahl juveniler, noch nicht geschlechtsreifer Tiere im Klee grasmenge (Tab. 3) unterstreicht den positiven Einfluss dieser Kultur auf die Reproduktion der Regenwürmer (ELLMER et al. 1995). Ähnliches trifft auch für den Anbau von Luzerne gras zu (EHRMANN 1996). Dagegen bietet die Kartoffel ungünstigere Entwicklungsbedingungen für Regenwürmer. So wurde nach der Vorfrucht Kartoffel im Winterweizen der FF1 bis FF4 eine deutlich geringere Individuendichte, insbesondere der juvenilen Tiere erfasst (Tab. 2 und 3). Verantwortlich hierfür ist wahrscheinlich die höhere Bodenbearbeitungsintensität zu Kartoffel mit Fräsen und einer voll wendenden Bodenbearbeitung vor und nach ihrem Anbau. Daraufhin deuten auch zahlreiche Studien, die eine empfindliche Reaktion der Regenwürmer auf eine Bodenbearbeitung mit dem Pflug belegen (CAPELLE et al. 2012, JOHNSON-MAYNARD et al. 2007, JOSSI et al. 2011 MAURER-TROXLER et al. 2006). Vermutlich spielt zudem der Zeitpunkt des Pflügens eine

wichtige Rolle. Ungünstig ist vor allem ein Pflügen zur Hauptaktivitätszeit der Regenwürmer im Frühjahr und Herbst bei feuchten Bodenbedingungen (JOSSE et al. 2011).

Bei Klee gras als Vorfrucht wies der Winterweizen in FF5 sogar eine höhere Individuendichte als das zuvor angebaute Klee gras auf. Durch das im Herbst in FF5 eingearbeitete Klee gras (incl. der Mulchauflage) wird eine größere Menge organische Substanz in den Boden eingebracht. Von dieser Nahrungsquelle profitieren die Regenwürmer wahrscheinlich noch im darauffolgenden Frühjahr, so dass die im Klee gras angeregte Reproduktion der Regenwürmer in der Folgekultur anhält. Mit 190 Individuen/m² konnte im Winterweizen der FF5 eine ca. zweifach höhere Individuendichte als in den anderen Fruchtfolgen mit Kartoffel oder Sojabohne als Vorfrucht festgestellt werden (Tab. 2). Offensichtlich beeinflusst die Art der Vorfrucht, ob Klee gras oder Kartoffel, mit den damit verbundenen Bewirtschaftungsmaßnahmen (z.B. Bodenbearbeitungsintensität, Menge der eingearbeiteten organischen Substanz) die Anzahl der Regenwürmer zu Beginn der Folgekultur.

Tab. 2: Individuendichte und Biomasse der Regenwürmer jeweils in der Leguminose und im Winterweizen der sechs Fruchtfolgen (Mittelwerte, n=3, signifikante Unterschiede zwischen den Fruchtfolgen sind mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet, SNK-Test, $\alpha = 0,05$)

		FF1 ¹	FF2	FF3	FF4	FF5	FF6
Individuen/m²	Leguminose	105 ^{ab}	175 ^a	161 ^{ab}	170 ^a	115 ^{ab}	84 ^b
	Winterweizen	88	68	79	107	190	87
Biomasse g/m²	Leguminose	38,5	52,8	37,4	47,1	60,6	29,8
	Winterweizen	50,9	54,8	59,0	73,5	75,4	61,5

¹ In der FF1 sind in der Leguminose jeweils die Werte des ersten Klee gras Anbaujahres aufgeführt.

Obwohl im Winterweizen in den FF1 bis FF4 eine deutlich geringere Individuendichte als im Klee gras erfasst wurde, lag die Biomasse der Regenwürmer höher (Tab. 2). Dafür ist unter anderem die meist höhere Anzahl adulter Tiere im Winterweizen im Vergleich zum Klee gras verantwortlich (Tab. 3). Möglicherweise trägt die Vermehrung der Regenwürmer im Klee gras dazu bei, dass zwei Jahre später im Winterweizen eine höhere Anzahl adulter Individuen vorhanden ist, denen die organische Düngung genügend Nahrung liefert.

In Untersaat angebautes Klee gras (FF2 bis FF4) wies eine höhere Siedlungsdichte v.a. von Jungtieren auf, als das zeitlich verzögert mit einer Blanksaat ausgebrachte Klee gras (FF1, FF5). Signifikant waren die Unterschiede von FF1 zu FF2 und FF3 für die juvenilen Tiere der endogäischen Arten, die im Wurzelbereich des Oberbodens (Mineralboden) leben (Tab. 3). Wahrscheinlich ist es die Kombination aus einer längeren Bodenruhe und der frühzeitigen Bodenbedeckung mit Klee im Winterweizen, die sich bei einer Untersaat positiv auf die Lebensbedingungen der Regenwürmer auswirken (SCHMIDT et al. 2003). So erreichte das in Untersaat ausgebrachte Klee gras der Fruchtfolgesysteme FF2 bis FF4 bereits nach 11 Monaten eine ähnlich hohe Individuendichte der Regenwürmer wie das Klee gras der FF1 im zweiten Jahr, ca. eineinhalb Jahre nach der Blanksaat (Tab. 3 und Tab. 4). Desweiteren fördert eine Klee grasuntersaat, aufgrund der längeren Bodenruhe in Kombination mit Mulchen des Klee gras aufwuchses, in FF4 die epigäischen, streubewohnenden Arten (Tab. 3).

Tab. 3: Juvenile und adulte Individuen/m² gruppiert nach ökologischen Lebensformen für Leguminose und Winterweizen (Mittelwerte, n=3, signifikante Unterschiede zwischen den Fruchtfolgen sind mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet, SNK-Test, $\alpha = 0,05$)

		Individuen/m ²	FF1 ¹	FF2	FF3	FF4	FF5	FF6
Leguminose	juvenile	Lumbricus spec.	57,7	47	28,3	54	28,7	17,3
		endogäische Arten	34 ^b	112,7 ^a	119 ^a	85,3 ^{ab}	70,3 ^{ab}	48,7 ^{ab}
	adulte	epigäische Arten	2,7 ^{ab}	3 ^{ab}	2,7 ^{ab}	13,3 ^a	0,7 ^b	3,3 ^{ab}
		endogäische Arten	4,7	1,3	2,3	7	7,7	11,7
		anezische Art	6	10,7	8,7	10,3	8,7	3
Winterweizen	juvenile	Lumbricus spec.	22,3	21	31	40	58,7	10
		endogäische Arten	41,7	22,7	25	43,7	105,7	50
	adulte	epigäische Arten	0,3	0,3	0,3	3	0,3	0,3
		endogäische Arten	12,7	12,9	12,3	7,4	13,6	13,3
		anezische Art	10,7	10,7	10,7	13,3	11,3	13,0

¹In der FF1 sind in der Leguminose jeweils die Werte des ersten Klee-gras-Anbaujahres aufgeführt. Epigäische Arten: Streubewohner; endogäische Arten: Mineralschichtbewohner, Flachgräber; anezische Art: Tiefgräber; hier Tauwurm, *Lumbricus terrestris*.

Tab. 4: Regenwurmbestand im ersten und zweiten Klee-gras (KG) Jahr in der Fruchtfolge FF1

	Individuen/m ²		Biomasse g/m ²	
	1.KG Anbaujahr	2. KG Anbaujahr	1.KG Anbaujahr	2. KG Anbaujahr
juvenile Tiere	92	152	15,8	28,2
adulte Tiere	13	24	22,7	23,9
Summe	105	176	38,5	52,1

Die Artenvielfalt war in allen Fruchtfolgesystemen mit sechs bis sieben Regenwurmartens überdurchschnittlich für bayerische Äcker (WALTER & BURMEISTER 2013). Nachgewiesen wurden Arten aus allen drei ökologischen Lebensformen (Tab. 3). Vor allem der tiefgrabende Tauwurm (anezische Art s. Tab. 3) erreichte in allen Fruchtfolgesystemen überdurchschnittliche Dichten für ackerbaulich genutzte Böden in Bayern (WALTER & BURMEISTER 2011).

Schlussfolgerungen

Regenwürmer werden durch viele ackerbauliche Bewirtschaftungsmaßnahmen (z.B. Fruchtfolge, Bodenbearbeitungsintensität, Düngung) beeinflusst, die zu Schwankungen in ihrer Besiedlungsdichte innerhalb einer Fruchtfolge führen. Im ökologischen Landbau kann durch den Anbau von Klee-grasgemenge der Regenwurmbestand gezielt gefördert werden. Klee-gras besitzt somit eine gute Vorfruchtwirkung, wobei aus bodenökologischer Sicht eine Untersaat einer Blanksaat vorzuziehen ist. Diese bietet eine längere Bodenruhe und regt frühzeitiger die Entwicklung der Regenwürmer und somit die biologische Aktivität im Boden an. Dagegen wirkt ein Kartoffelanbau, vermutlich aufgrund der hohen Bodenbearbeitungsintensität eher hemmend auf ihre Entwicklung. Durch eine Mulchnutzung

von Klee gras kann der Regenwurm bestand gesteigert werden. Wird Klee gras durch eine gro ßkörnige Leguminose ersetzt, sollte unbedingt Klee gras gemenge regelmäßig als Zwischenfrucht angebaut werden. Regenwurm fördernde und hemmende Bewirtschaftungsmaßnahmen scheinen sich in den hier untersuchten Fruchtfolgen größtenteils auszugleichen.

Danksagung

Wir möchten uns bei allen Kolleginnen und Kollegen der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft, die den Feldversuch koordiniert und betreut haben, bedanken.

Literatur

BIERI, M., CUENDET, G. (1989): Die Regenwürmer, eine wichtige Komponente von Ökosystemen. Schweiz. Landw. Fo. Recherche agronom. en Suisse 28(2), 81-96.

BLOUIN, M., HODSON, M.E., DELGADO, E.A., BAKER, G., BRUSSAARD, L., BUTT, K.R., DAI, J., DENDOOVEN, L., PERES, G., TONDOH, J.E., CLUZEAU, D., BRUN, J.-J. (2013): A review of earthworm impact on soil function and ecosystem services. – European Journal of Soil Science 64, 161-182.

CAPELLE, CH., SCHRADER, S., BRUNOTTE, J. (2012): Wie Bodentiere auf unterschiedliche Bearbeitungsverfahren reagieren. LOP 1/2: 17-22.

DUNGER, W. (2008): Tiere im Boden. Westarp Wissenschaften, Hohenwarsleben, 280 S.

EHRMANN, O. (1996): Regenwürmer in einigen südwestdeutschen Agrarlandschaften: Vorkommen, Entwicklung bei Nutzungsänderungen und Auswirkungen auf das Bodengefüge. Hohenheimer Bodenkundliche Hefte, Heft 35, Universität Hohenheim, 135S.

EHRMANN, O. (2012): Der unterirdische Mitarbeiterstamm. Bedeutung von Regenwürmern für den Ackerbau. – Landwirtschaft ohne Pflug 11, 25-34.

ELLMER, F., KRÜCK, S., JOSCHKO, M (1995): Humushaushalt und Regenwurmaktivität auf einem verschieden intensiv genutzten lehmigen Sandboden. Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft, 76, 1301-1304.

FRÜND, H.-C., JORDAN, B. (2003): Regenwurmerfassung mit Senf oder Formalin? Versuche zur Eignung verschiedener Senfzubereitungen für die Austreibung von Regenwürmern. - Osnabrücker Naturwissenschaftliche Mitteilungen 29, 97-102.

JOHNSON-MAYNARD, J.L., UMIKER, K.J., GUY, S.O. (2007): Earthworm dynamics and soil physical properties in the first three years of no-till management. Soil & Tillage Research 94, 338-245.

JOSSI, W., ZIHLMANN, U., ANKEN, T. DORN, B., VAN DER HEIJDEN, M. (2011): Reduzierte Bodenbearbeitung schont die Regenwürmer. Agrarforschung Schweiz 2(10): 432-439.

MAURER-TROXLER C., CHERVET, A., RAMSEIER, L., STRUNEY, W.G. (2006): Zur Bodenbiologie nach 10 Jahren Direktsaat und Pflug ähnlich wie auf Dauergrünland. LOP 6, 14-19.

PELOSI, C., BERTRAND, M., CAPOWIEZ, Y., BOIZARD, H., ROGER-ESTRADE, J. (2009): Earthworm collection from agricultural fields: Comparisons of selected expellants in presence/absence of hand-sorting. - European Journal of Soil Biology 45, 176-183.

SCHMIDT, O., CLEMENTS, R.O., DONALDSON, G. (2003): Why do cereal-legume intercrops support large earthworm populations? – *Applied Soil Ecology* 22, 181-190.

WALTER, R. & J. BURMEISTER (2011): 25 Jahre Regenwurmerfassung auf landwirtschaftlich genutzten Boden-Dauerbeobachtungsflächen in Bayern. In: Bayerisches Landesamt für Umwelt (Hrsg.): Den Boden fest im Blick - 25 Jahre Bodendauerbeobachtung in Bayern, 10-22.

WALTER, R. & J. BURMEISTER (2013): Regenwürmer in bayerischen Ackerböden. Merkblatt der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL, Hrsg).

Zitiervorschlag: Walter R & Daschner J (2014): Regenwurmbestand in Fruchtfolgen mit ökologischer Bewirtschaftung. In: Wiesinger K, Cais K & Obermaier S (Hrsg.): Angewandte Forschung und Beratung für den ökologischen Landbau in Bayern. Ökolandbautag 2014, Tagungsband. –Schriftenreihe der LfL 2/2014, 151-157