

2 Evaluierung des Regenwurmbestands zweijähriger Blühflächen

Roswitha Walter

2.1 Zusammenfassung/Abstract

Zwei Jahre nach der Einsaat der Blühflächen wurden acht Standorte in Bayern auf ihren Regenwurmbestand untersucht. Zur Kontrolle diente jeweils der weiterhin als Acker bewirtschaftete Teil des Feldstücks. Die Regenwurmerfassung erfolgte durch eine Austreibung mit 0,2 % Formaldehydlösung kombiniert mit einer Handauslese.

Auf den Blühflächen lag im Mittel der Standorte sowohl die Siedlungsdichte der Regenwürmer mit 216 Individuen/m² als auch ihre Biomasse mit 56 g/m² um das Dreifache signifikant höher als im Acker (74 Individuen/m² und 18g Regenwurmbiomasse/m²). Blühflächen verbessern somit die Lebensbedingungen der Regenwürmer, wobei alle drei ökologischen Lebensformen der Regenwürmer (epigäische, endogäische und anezische) gefördert werden. Das Dominanzspektrum lässt dennoch eine Verschiebung zugunsten der tiefgrabenden und auch streubewohnenden Arten erkennen. Entscheidend für die Steigerung des Regenwurmbestands in den Böden der Blühflächen ist wahrscheinlich die Bodenruhe und permanente Bodenbedeckung mit Vegetation und Streu. Nach zwei Jahren lag die Artenzahl der Regenwürmer auf den Blühflächen mit 4,6 Arten tendenziell höher als im Acker mit 3,6 Arten. Für eine signifikante Steigerung der Artenzahl der Regenwürmer sind längere Zeiträume erforderlich.

Insgesamt steigert der dreifach höhere Regenwurmbestand der zweijährigen Blühflächen die biologische Aktivität im Boden und hat somit einen positiven Einfluss auf die Bodenfruchtbarkeit, den Bodenschutz und den Artenreichtum in Agrarökosystemen.

Evaluation of the community of earthworms in two-year-old sown flower-rich fields

Two years after seeding eight sown flower-rich fields in Bavaria have been investigated in terms of abundance, biomass and species diversity of earthworms. As a control field respective parts of the plot were kept under agricultural use. The mapping of the earthworms was conducted by applying a formaldehyde solution for expelling combined with manual sorting.

Both average density and biomass of the earthworms was significantly higher in the sown flower-rich fields (average 216 individuals/m²) compared to the agricultural control sites (average 74 individuals/m²). During the two years all ecological groups of earthworms (epigeic, endogeic and anecic) improved in the sown flower-rich fields. However the epigeic and anecic species benefited more than the endogeic species. It is assumed that the most important factor for their improvement in the sown flower-rich fields is the lack of cultivation (tillage) and the presence of a permanent vegetation and leaf layer. After two years the average number of earthworm species showed an increasing tendency with 4.6 species in the sown flower-rich fields compared to 3.6 species on the arable field.

It can be concluded that the three-times higher density and biomass of earthworms in the two years old sown flower-rich fields enhances the activity of soil biota and benefits the soil fertility and soil health as well as species-richness in agricultural ecosystems.

2.2 Einleitung und Fragestellung

Regenwürmer beeinflussen als unterirdische Mitarbeiter positiv die Bodenfruchtbarkeit (BIERI & CUENDET 1989, BLOUIN et al. 2013, DUNGER 2008, EHRMANN 2012a, GRAFF 1983). Durch ihre grabende Tätigkeit lockern, durchmischen und belüften sie den Boden. Zudem beschleunigen sie die Nährstoffnachlieferung indem sie organisches Material in den Boden einbringen und dadurch dessen Abbau fördern. Ein guter Regenwurmbestand weist auf einen gesunden, biologisch aktiven Boden hin. Der mittlere Regenwurmbestand bayerischer Äcker (ohne Sandäcker) liegt zwischen 60 und 170 Individuen pro Quadratmeter (WALTER & BURMEISTER 2013).

Mit blütenreichem Saatgut eingesäte Ackerflächen (Blühflächen) sind eine agrarökologische Maßnahme des Bayerischen Kulturlandschaftsprogramms, die über fünf Jahre landwirtschaftlich nicht genutzt werden. Ziel der Blühflächen ist es, in Agrarlandschaften die Biodiversität zu steigern, die Lebensraumsituation zu verbessern und zum Bodenschutz beizutragen. Welchen Einfluss haben Blühflächen auf Regenwürmer, als Vertreter der Bodentiere? Während im Acker Faktoren wie Bodenbearbeitung und Fruchtfolge die Regenwurmbesiedlung beeinflussen, sind Blühflächen durch Bodenruhe und eine ganzjährige Bodenbedeckung gekennzeichnet (s. Abb. 10). Zur Evaluierung von zweijährigen Blühflächen im Vergleich zum Acker wurden Individuendichte (Abundanz), Biomasse und Artenreichtum der Regenwürmer ermittelt.



Abb. 10: Zweijährige Blühfläche und der weiterhin als Acker genutzte Teil eines Feldstücks in Oberbayern bei Erding (April 2012 zur Probenahme der Regenwürmer) mit einer Auswahl von Faktoren, die auf die Regenwurmbesiedlung wirken.

2.3 Methode und Untersuchungsflächen

Auf acht Äckern in Bayern (Lage, s. Abb. 11), von denen ein Teil des Schlags als Blühfläche angelegt wurde, fand zwei Jahre nach der Einsaat der Blühfläche eine Regenwurmerfassung statt. Die 2009 angelegten Flächen in Franken und in Niederbayern (Standorte 04, 23, 24, 11, 12, 19) wurden im Frühjahr 2011 und die 2010 angelegten Flächen in Oberbayern (Standorte 50, 52) im Frühjahr 2012 untersucht.

Die Bodenarten der Untersuchungsstandorte sind in Tabelle 7 aufgeführt, genauso wie die angebauten Kulturen auf der jeweils mit praxisüblicher Bewirtschaftung fortgeführten Ackerfläche im Untersuchungsjahr der Regenwürmer sowie im Vorjahr.

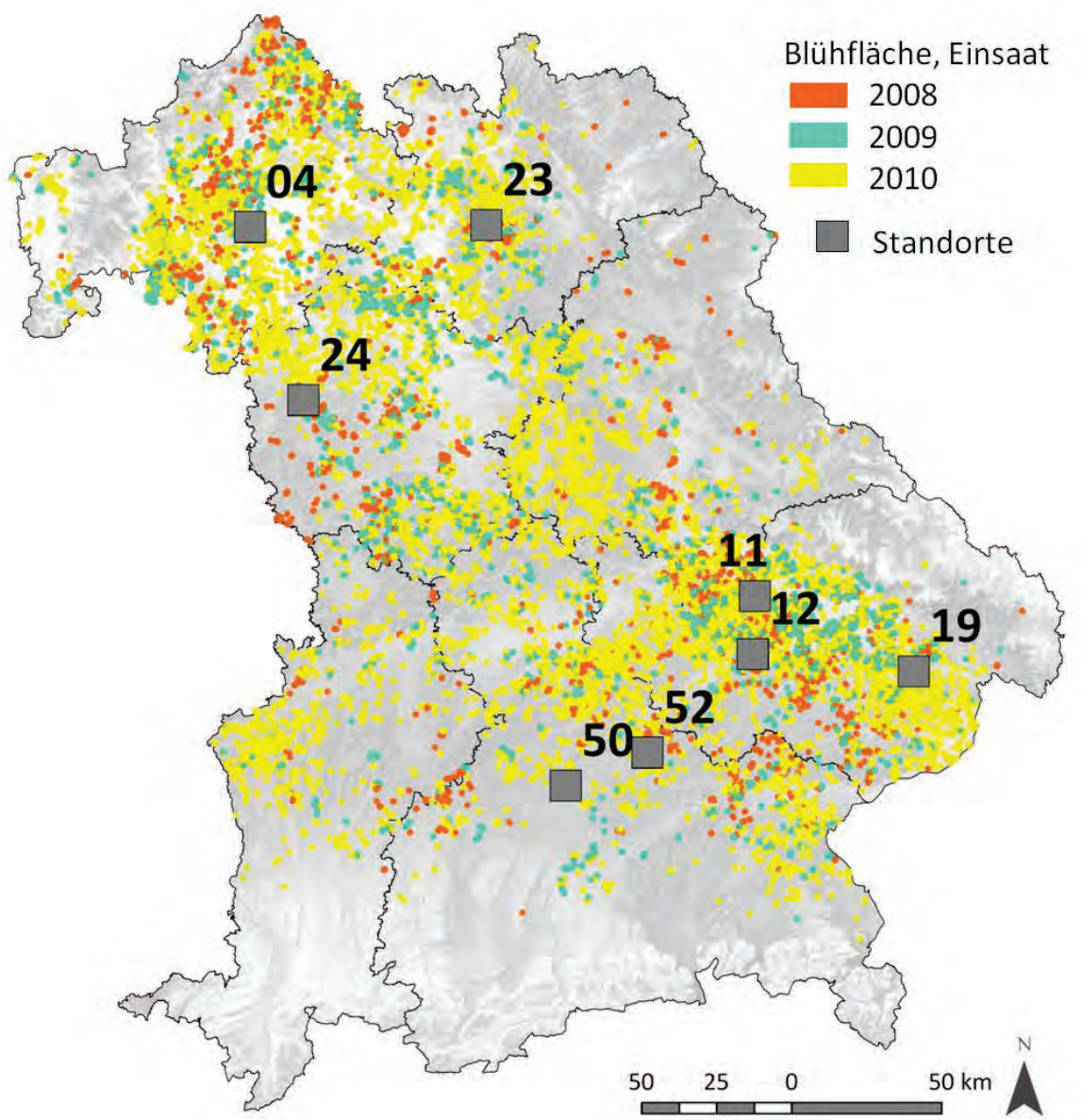


Abb. 11: Lage der Regenwurm-Untersuchungsflächen in Bayern.

Tab. 7: *Bodenart (nach Bodenschätzungskarte) der untersuchten Standorte und angebaute Kulturen auf der Ackerfläche (Kontrolle) im Untersuchungsjahr der Regenwürmer sowie im Vorjahr.*

	Bodenart	Kultur im	
		Untersuchungsjahr	Vorjahr
Opferbaum 04	Lehm	Zuckerrüben	Silomais
Tuffing 11	Lehm	Winterweizen	Zuckerrüben
Dornwang 12	Lehm, Moor	Wintergerste	Winterweizen
Vilshofen 19	Lehm	Winterweizen	Winterraps
Königsfeld 23	Lehm	Sommergerste	Wintergerste
Poppenbach 24	Lehmiger Sand	Grünroggen als GPS	Wintertriticale
Schleißheim 50	Lehmiger Sand	Winterroggen	Wintertriticale
Berglern 52	Lehm	Grünroggen als GPS	Körnermais

Je Standort wurde die Blühfläche (agrärökologische Maßnahme) und der weiterhin als Acker (Kontrolle) bewirtschaftete Teil des Feldstücks mit jeweils drei Wiederholungen á drei Stichproben beprobt. Je Stichprobe fand zuerst eine Austreibung der Regenwürmer durch eine stark verdünnte 0,2 prozentige Formaldehydlösung statt, die verteilt auf zwei Gaben (insgesamt 40 l/m²) auf eine 0,25 Quadratmeter große Probestelle aufgegossen wurde. Nach jeder Gabe erfolgte ein Aufsammeln der Würmer von mindestens 15 Minuten Dauer. Danach wurde ein Teil der Probestelle (1/16 m²) zirka 30 Zentimeter (Ap-Horizont) ausgegraben und das Bodenmaterial von Hand zerkrümelt und auf Regenwürmer durchsucht. Die Anwendung einer Austreibungsmethode kombiniert mit einer Handauslese ist für eine gute Bestandserfassung der Regenwürmer unerlässlich (EHRMANN & BABEL 1991, FRÜND & JORDAN 2003, PELOSI et al. 2009).

Die Bestimmung der Regenwurmart und ihrer Biomasse fand im Labor statt. Die statistische Auswertung wurde mit dem gepaarten Wilcoxon-Test für die Differenz Blühfläche minus Acker durchgeführt. Die Darstellung erfolgte mit dem Boxplot (siehe WAGNER & VOLZ 2014).



Abb. 12: *Regenwurmerfassung, Probestelle Acker (links), Probestelle Blühfläche (Mitte), Handauslese auf der Probestelle einer Blühfläche (rechts).*

2.4 Ergebnisse

Alle Blühflächen wiesen deutlich höhere Individuendichten der Regenwürmer als ihre jeweiligen Vergleichsäcker auf (Tab. 8). Im Mittel der untersuchten Standorte war mit 216 Individuen pro Quadratmeter die Siedlungsdichte auf den Blühflächen um 142 Individuen pro Quadratmeter beziehungsweise um das Dreifache signifikant zum Acker erhöht (Abb. 13). Eine deutlich höhere Regenwurmbiomasse konnte bei sieben von acht untersuchten Blühflächen im Vergleich zum Acker festgestellt werden. Über alle untersuchten Standorte lag im Mittel die Biomasse der Regenwürmer mit 56 Gramm pro Quadratmeter auf den Blühflächen um 38 Gramm pro Quadratmeter beziehungsweise ebenfalls um zirka das Dreifache signifikant über den Werten der Äcker mit 18 Gramm pro Quadratmeter (Tab. 8, Abb. 13).

Tab. 8: Individuendichte und Biomasse der Regenwürmer für die acht untersuchten Standorte (je Standort jeweils Mittelwerte von 3 Wiederholungen mit Standardabweichung).

Standort	Individuen/m ²			Biomasse g/m ²		
	Acker	Blühfläche	Differenz Blühfläche – Acker	Acker	Blühfläche	Differenz Blühfläche – Acker
Opferbaum 04	55,1 ± 4,1	291,1 ± 62,8	236	10,5 ± 5,0	71,3 ± 23,5	60,8
Tuffing 11	107,6 ± 33,8	263,6 ± 25,6	156	26,2 ± 10,4	144,0 ± 14,2	117,8
Dornwang 12	25,3 ± 11,9	148,4 ± 46,5	123,1	5,3 ± 2,2	20,5 ± 17,4	15,2
Vilshofen19	92,9 ± 20,1	237,7 ± 23,8	144,8	14,2 ± 4,5	31,2 ± 6,9	17
Königsfeld 23	187,6 ± 50,1	387,6 ± 72,7	200	53,4 ± 11,6	86,8 ± 22,6	33,4
Poppenb. 24	44,9 ± 2,0	128,9 ± 29,3	84	21,7 ± 14,7	22,2 ± 9,4	0,5
Schleißheim 50	54,7 ± 22,7	127,1 ± 47,2	72,4	8,4 ± 3,1	22,3 ± 10,8	13,9
Berglern 52	24,9 ± 7,3	146,7 ± 17,0	121,8	7,0 ± 0,8	50,1 ± 4,3	43,1
Mittelwert	74,1	216,4	142,3	18,3	56	37,7
Median	54,9	193,1	134	12,3	40,6	25,2
Wilcoxon-Test			p < 0,01			p < 0,01

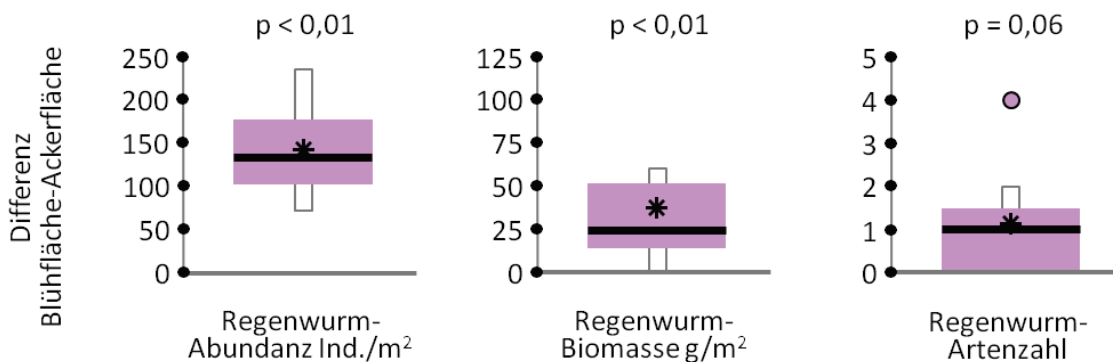


Abb. 13: Box-Whisker-Plots zur Differenz zwischen Blühflächen und Ackerflächen für Individuendichte (Abundanz), Biomasse und Artenzahl der Regenwürmer (n=8, gepaarter Wilcoxon-Test), Skalierung der Y-Achse beachten.

In der Artenzahl waren tendenzielle Unterschiede zwischen Acker und Blühfläche feststellbar ($p = 0,06$, Wilcoxon-Test). Während bei fünf Standorten eine erhöhte Artenzahl auf den Blühflächen gefunden wurde, konnten bei drei Standorten keine Unterschiede nachgewiesen werden. Durchschnittlich traten auf den Äckern 3,6 und auf den Blühflächen 4,6 Regenwurmartarten auf (Tab. 9). Die insgesamt über alle untersuchten Standorte erfasste Artenzahl belief sich auf acht Regenwurmartarten (Tab. 9). Nur eine Art (*Aporrectodea caliginosa*) konnte auf allen acht untersuchten Standorten nachgewiesen werden.




Aufgrund ihrer Lebensweise lassen sich die Regenwürmer in drei ökologische Gruppen (DUNGER 2008) einteilen (epigäische, endogäische, anezische Arten, Tab. 10). Auf den Blühflächen traten positive Entwicklungen bei allen drei ökologischen Lebensformen auf. Signifikant war dies für die endogäische und anezische Lebensform (Tab. 11). Eine Tendenz wurde bei den epigäischen in der Streuschicht lebende Arten festgestellt ($p = 0,06$, Wilcoxon Test), wahrscheinlich eine Folge, dass bei drei von acht untersuchten Standorten keine epigäische Art nachgewiesen werden konnte (Tab. 9).

Der Großteil der Population der Regenwürmer besteht aus nicht geschlechtsreifen Jungtieren (Juvenile, Tab. 11), die nicht eindeutig Arten zuordenbar sind, von denen aber die Gattung *Lumbricus*, die sich zu epigäischen oder anezischen Arten entwickeln, getrennt erfasst werden kann. Die übrigen Juvenilen setzen sich fast ausschließlich aus endogäisch lebenden Mineralschichtbewohnern zusammen. Nur an einem Standort tritt mit *Dendrodrilus rubidus* noch eine epigäische Art auf, die den sonstigen Juvenilen zugeordnet ist.

Tab. 9: Erfasste Regenwurmartarten (adulte, Individuen/m²) der acht untersuchten Standorte (A: Acker, B: Blühfläche).

	Epigäisch						Endogäisch								Anezisch		Artenzahl	
	<i>Lumbricus castaneus</i>		<i>Lumbricus rubellus</i>		<i>Dendrodrilus rubidus</i>		<i>Aporrectodea caliginosa</i>		<i>Aporrectodea rosea</i>		<i>Allolobophora chlorotica</i>		<i>Octolasion lacteum</i>		<i>Lumbricus terrestris</i>			
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
Opferbaum 04							10,7	82,2	0	5,3	10,7	24	1,8	0	0,4	6,2	4	4
Tuffing 11							3,6	17,3	0	6,7					0,9	25,9	2	3
Dornwang 12			5,3	12	1,8	10,2	7,1	11,6			1,8	4,4	0	7,1			4	5
Vilshofen19	0	0,4	0	2,2			17,8	36,4	5,3	3,6	5,3	0	0	9,7	0	1,8	3	6
Königsfeld 23	5,8	40,4					1,8	41,3	0	15,1			0	1,8	0,4	1,3	3	5
Poppenbach 24							15,1	33,3	4,4	4,9	1,3	13,3			0,9	1,3	4	4
Schleißheim 50	0	0,9					0,9	6,2	19,1	52,9	0,9	0			0,4	1,8	4	4
Berglern 52	0	5,8	1,3	3,1			0,4	8,0	1,8	3,6			1,8	1,8	0,4	16,4	5	6

Tab. 10: Lebensformen der Regenwürmer (nach Dunger 2008).

		
Streubewohner Epigäische Arten	Mineralschichtbewohner Endogäische Arten	Tiefgräber Anezische Art
<ul style="list-style-type: none"> • Leben oberflächennah in der Streu und Humusaufgabe von voreretzter Streu • Bilden keine oder temporärer Röhren • Vorkommensschwerpunkte liegen im Grünland und Wald 	<ul style="list-style-type: none"> • Leben im Mineralboden bis ca. 60 cm Tiefe • Graben ständig neue netzartig verlaufende Röhren • tragen zur Feindurchmischung von organischer Substanz mit dem Mineralboden bei 	<ul style="list-style-type: none"> • Legen nahezu senkrechte bis tief in den Unterboden reichende stabile Röhren an, die Jahre lang erhalten bleiben können. • Sammeln Pflanzenreste an der Bodenoberfläche ein, die sie in ihre Röhren ziehen.

Tab. 11: Individuen und Biomasse für die ökologischen Lebensformen der Regenwürmer (Mittelwerte der acht untersuchten Standorte).

		Individuen/m ²				Biomasse (g/m ²)			
		Acker	Blühfläche	Differenz Blühfläche – Acker	Wilcoxon -Test	Acker	Blühfläche	Differenz Blühfläche – Acker	Wilcoxon -Test
juvenile	<i>Lumbricus spec.</i>	6,7	40,1	33,4	< 0,05	12,5	23,9	11,4	< 0,05
	sonstige	51,2	111,3	60,1	< 0,01				
adulte	epigäische Arten	1,8	9,4	7,6	= 0,06	0,6	1,8	1,2	= 0,0625
	endogäische Arten	13,9	48,8	34,9	< 0,01	3,9	13,4	9,5	< 0,01
	anezische Arten	0,4	6,7	6,3	< 0,05	1,4	16,9	15,5	< 0,05

Die Juvenilen der Gattung *Lumbricus* wurden auf den zweijährigen Blühflächen mit 40 Individuen pro Quadratmeter in einer sechsfach höheren Siedlungsdichte im Vergleich zum Acker mit durchschnittlich 6,7 Individuen pro Quadratmeter erfasst (Tab. 11). Für die sonstigen Juvenilen, also fast ausschließlich endogäisch lebenden Arten, kam es auf den Blühflächen mit 111 Individuen pro Quadratmeter im Mittel nur zu einer Verdoppelung der Individuenzahl. Deswegen verschob sich das Dominanzspektrum auf den Blühflächen zugunsten der *Lumbricus*-Arten (Abb. 14). Dies zeigte sich auch in einem durchschnittlich höheren Biomasseanteil der anezischen Art *Lumbricus terrestris* von 22,5 Prozent auf den Blühflächen im Vergleich zu neun Prozent auf den Äckern. Daraus kann gefolgert werden, dass der Einfluss der Blühflächen für die streubewohnenden und tiefgrabenden *Lumbricus*-Arten stärker ist, als für die endogäisch lebenden Mineralschichtbewohner.

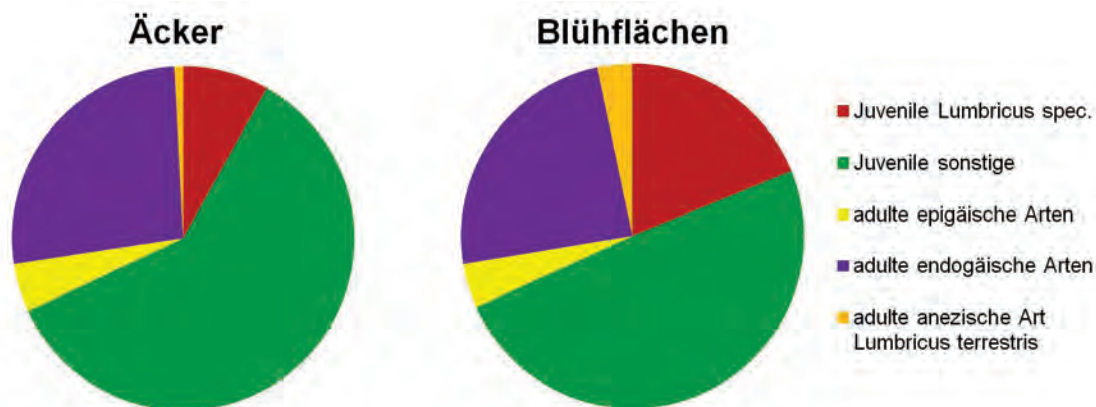


Abb. 14: Dominanzanteil (%) der juvenilen und adulten Regenwürmer an der Individuendichte (Mittelwerte der acht untersuchten Standorte).

2.5 Diskussion

Das Ziel der Blühflächen, zur Verbesserung der Lebensraumsituation von Bodentieren beizutragen, wurde durch die Steigerung der Individuendichte und Biomasse der Regenwürmer auf den Blühflächen um das Dreifache im Vergleich zum Acker eindeutig erreicht. Bemerkenswert dabei ist auch, dass dieser Effekt bei allen drei ökologischen Lebensformen schon nach zwei Jahren Standzeit beobachtet werden konnte.

Entscheidend für die Steigerung des Regenwurmbestands in den Böden der Blühflächen ist weniger der Pflanzenartenreichtum der Blühfläche (GORMSEN et al. 2004), als vielmehr die Bodenruhe und permanente Bodenbedeckung mit Vegetation und Streu. Dies bestätigen die deutlichen Zunahmen der Regenwurmdichten von stillgelegten Äckern und Ackerbrachen (ANDRIUCA et al. 2012, BESSEL & SCHRADER 1998, PIZL 1992, SCHEU 1992, WESTERNACHER-DOTZLER 1992) sowie von Äckern mit einer konservierenden Bodenbearbeitung und entsprechender Mulchauflage (BAUCHHENB 1988, EMMERLING 2001, JOHNSON-MAYNARD et al. 2007, JOSCHKO et al. 2009, JOSSI et al. 2011, KRÜCK et al. 2001, MAURER-TROXLER et al. 2006). Ebenfalls höhere Individuendichten der Regenwürmer werden durch drei bis sechs Meter breite, eingesäte Grasstreifen oder Feldraine im Vergleich zum Acker erreicht (EHRMANN 1996, HOF & BRIGHT 2010). Den Effekt der höheren Siedlungsdichten kann man noch mehrere Meter in die angrenzenden Äcker hinein beobachten (HOF & BRIGHT 2010, SMITH et al. 2008). Eine permanente Bodenbedeckung bietet den Regenwürmern wahrscheinlich besseren Schutz vor Kälteperioden im Winter oder längeren Trockenperioden im Sommer. So waren die Populationsschwankungen bei Regenwürmern durch trockene Sommer in einer Dauerbrache geringer als im Acker (EHRMANN 2012b). Im Rahmen eines Klimawandels mit langanhaltenden Trockenperioden können somit ungenutzte Begleitstrukturen wie Feldraine und Blühflächen auch zur Erhaltung eines aktiven Bodenlebens in Agrarökosystemen beitragen (EHRMANN 2012b).

Da die Entwicklungszeit der Regenwürmer bis zur Geschlechtsreife, abhängig von der Regenwurmart und Witterung (Unterbrechung bei ungünstigen Bedingungen), mehrere Monate bis über ein Jahr dauern kann (DUNGER 2008, GRAFF 1983), sollten Blühflächen stets für mehrere Jahre angelegt werden, um die positiven Effekte einer höheren Siedlungsdichte der Regenwürmer und die damit verbundene gesteigerte biologische Aktivität im Boden zu erreichen. Dies belegen auch Untersuchungen zu Dauerbrachen, die sich deutlich günstiger auf den Regenwurmbesatz auswirken als einjährige Rotationsbrachen

(EHRMANN 1996, WESTERNACHER-DOTZLER 1992). PIZL (1992) fand erst im dritten Jahr und BESSEL & SCHRADER (1998) sogar erst im fünften Jahr einen deutlichen Populationsanstieg der Regenwürmer auf stillgelegten Äckern. Dabei spielen vermutlich die Größe der Ausgangspopulationen als auch die Witterung eine wesentliche Rolle.

Obwohl alle drei ökologischen Lebensformen der Regenwürmer durch Blühflächen gefördert werden, lässt das Dominanzspektrum eine Verschiebung zugunsten der *Lumbricus*-Arten erkennen. Dies äußert sich vor allem in einem erhöhten Anteil ihrer Juvenilen, also in einer guten Fortpflanzungsrate. Somit werden die tiefgrabenden und auch streubewohnenden Lebensformen durch Blühflächen stärker gefördert, als die im Mineralboden lebenden endogäische Arten. Der permanente Vegetationsbestand der Blühflächen schafft mit seiner Streuauflage günstige Lebens- und Nahrungsbedingungen für die oberflächennah in der Streuschicht lebenden Regenwurmarten und liefert eine gute Nahrungsquelle für den tiefgrabenden Tauwurm *Lumbricus terrestris*, der seine Nahrung an der Bodenoberfläche einsammelt und in seine Röhre zieht. So kann der Tauwurm in Äckern auch durch eine Umstellung auf eine pfluglose, konservierende Bodenbearbeitung mit einer Mulchauflage an der Oberfläche deutlich gefördert werden (JOSSI et al. 2011, KRÜCK et al. 2001, WALTER & BURMEISTER 2011). Zudem profitiert der Tauwurm von der Bodenruhe der Blühflächen, da seine vertikalen, mit Kot und Schleim austapezierten Röhren erhalten bleiben. Daraufhin deutet auch die hohe Individuendichte der Art im Grünland in Bayern mit durchschnittlich 11-19 adulten Individuen pro Quadratmeter (WALTER & BURMEISTER 2011). In den Böden der Blühflächen hat sich die Siedlungsdichte adulter Individuen des Tauwurms innerhalb von zwei Jahren vervielfacht, dennoch erreicht sie im Mittel mit knapp sieben adulten Individuen pro Quadratmeter noch nicht den Wert von Dauergrünland.

Auch für einen Anstieg des Artenreichtums ist ein längerer Zeitraum erforderlich. So stieg in zweijährigen Blühflächen nur tendenziell der Artenreichtum der Regenwürmer an. Da Regenwürmer im Jahr lediglich durchschnittlich fünf bis zehn Meter zurücklegen (EHRMANN 1996), erfolgt eine Ausbreitung und Neubesiedlung von Flächen nur langsam. Die tendenzielle Zunahme der Artenzahl der Regenwürmer um eine Art auf den Blühflächen ist zumindest teilweise eine Folge, dass von einigen Arten die Siedlungsdichte deutlich zunahm und dadurch die für einen Nachweis erforderliche Schwelle überschritten wurde.

Die mehrfach höhere Siedlungsdichte und Biomasse der Regenwürmer in den Blühflächen wirkt sich dennoch, durch die vielseitigen Leistungen der Regenwürmer wie Durchmischung, Lockerung und Belüftung des Bodens, nicht nur positiv auf die Bodenfruchtbarkeit und den Bodenschutz aus, sondern auch auf den Artenreichtum von Agrarökosystemen. Die Grabaktivität der Regenwürmer verbessert die Infiltration und mindert den Oberflächenabfluss und die Erosion (JOSCHKO et al. 1992, KRÜCK et al. 2001). Sie schafft gleichzeitig günstige Lebensraumbedingungen für viele nichtgrabende Bodenorganismen, die auf Bodenhohlräume angewiesen sind. Zudem ist der nährstoffreiche Regenwurmkot Nahrungsquelle für viele Bodenorganismen, wie zum Beispiel für Mikroorganismen und Springschwänze (DUNGER 2008). Für zahlreiche Tierarten wie Laufkäfer (v.a. *Carabus* Arten), Säugetiere (Igel, Wildschweine, Dachse, etc.) und Vögel (Drosseln, Krähen, Kiebitze, Rotmilane, Weißstörche etc.) dienen Regenwürmer selbst als Beute (BAUER et al. 2005, DUNGER 2008, GRAF 1983).

Insgesamt stellen somit mehrjährige Blühflächen eine wertvolle agrarökologische Maßnahme dar, die positive Effekte auf die Bodenfruchtbarkeit, den Bodenschutz und den Artenreichtum haben.

2.6 Literatur

- ANDRIUCA, V., GIRLA, D., IORDACHE, M. (2012): Comparative earthworm research in various ecosystems with different anthropic impact. – *Research Journal on Agricultural Science*, 44(3), 149-153.
- BAUCHHENß, J. (1988): Funktion der Bodentiere auf Flächen mit extensiver Bodenbearbeitung. – *Schule und Beratung Heft 1-2*, S. III-10 bis III-12.
- BAUER, H.-G., BEZZEL, E., FIEDLER, W. (2005): *Das Kompendium der Vögel Mitteleuropas, Passeriformes – Sperlingsvögel*. – Aula-Verlag, Wiebelsheim, 622 S.
- 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.
- BESSEL, H., SCHRADER, S. (1998): Regenwurmzönosen auf Ackerbrachen in Abhängigkeit von der Brachdauer. – *Zeitschrift für Ökologie und Naturschutz* 7, 169-180.
- BIERI, M., CUENDET, G. (1989): Die Regenwürmer, eine wichtige Komponente von Ökosystemen. Schweiz. – *Landwirtschaftliche Forschung, Recherche agronomique en Suisse* 28(2), 81-96.
- DUNGER, W. (2008): *Tiere im Boden*. Westarp Wissenschaften, Hohenwarsleben, 280 S.
- EHRMANN, O., BABEL, U. (1991): Quantitative Regenwurmerfassung – ein Methodenvergleich. – *Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft* 66(I), 475-478.
- EHRMANN, O. (1996): Regenwürmer in einigen südwestdeutschen Agrarlandschaften: Vorkommen, Entwicklung bei Nutzungsänderungen und Auswirkungen auf das Bodengefüge. – *Hohenheimer Bodenkundliche Hefte*, Heft 35, 135 S.
- EHRMANN, O. (2012a): Der unterirdische Mitarbeiterstamm. Bedeutung von Regenwürmern für den Ackerbau. – *Landwirtschaft ohne Pflug* 11, 25-34.
- EHRMANN, O. (2012b): Auswirkungen des Klimawandels auf die Regenwürmer Baden-Württembergs. Hrsg. LUBW. – www.fachdokumente.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/91063/ID_Umweltbeobachtung_U13-M315-N08, 64 S. (aufgerufen am 4.12.2013).
- EMMERLING, C. (2001): Response of earthworm communities to different types of soil tillage. – *Applied Soil Ecology* 17, 91-96.
- 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.
- GORMSEN, D., HEDLUND, K., KORTHALS, G. W., MORTIMER, S. R., PIZL, V., SMILAUEROVA, M., SUGG, E. (2004): Management of plant communities on set-aside land and its effects on earthworm communities. – *European Journal of Soil Biology* 40, 123-128.
- GRAFF, O. (1983): *Unsere Regenwürmer – Lexikon für Freunde der Bodenbiologie*. – Verlag M. & H. Schaper, Hannover, 112 S.
- HOF, A.R., BRIGHT, P.W. (2010): The impact of grassy field margins on macroinvertebrate abundance in adjacent arable fields. – *Agriculture, Ecosystems and Environment* 139, 280-283.

- 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 and Tillage Research* 94, 338-245.
- JOSCHKO, M., SÖCHTIG W., LARINK, O. (1992): Functional relationship between earthworm burrows and soil water movement in column experiments. – *Soil Biology and Biochemistry* 24(12), 1545-1547.
- JOSCHKO, M., GEBBERS, R., BARKUSKY, D., ROGASIK, J., HÖHN, W., HIEROLD, W., FOX, C.A., TIMMER, J. (2009): Location-dependency of earthworm response to reduced tillage on sandy soil. – *Soil and Tillage Research* 102, 55-66.
- JOSSI, W., ZIHLMANN, U., ANKEN, T., DORN, B., VAN DER HEIJDEN, M. (2011): Reduzierte Bodenbearbeitung schont die Regenwürmer. – *Agrarforschung Schweiz* 2(10), 432-439.
- KRÜCK, S., NITZSCHE, O., SCHMIDT, W. (2001): Verbesserte Regenverdaulichkeit durch Regenwurmaktivität – Regenwürmer vermindern Erosionsgefahr. – *Landwirtschaft ohne Pflug*-1, 18-21.
- MAURER-TROXLER C., CHERVET, A., RAMSEIER, L., STRUNEY, W.G. (2006): Zur Bodenbiologie nach 10 Jahren Direktsaat und Pflug ähnlich wie auf Dauergrünland. – *Landwirtschaft ohne Pflug* 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.
- PIZL, V. (1992): Succession of earthworm populations in abandoned fields. – *Soil Biology and Biochemistry*, 24(12), 1623-1628.
- SCHEU, S. (1992): Changes in the lumbricid coenosis during secondary succession from a wheat field to a beechwood on limestone. – *Soil Biology and Biochemistry*, 24(12), 1641-1646.
- SMITH, J., POTTS, S., EGGLETON, P. (2008): The value of sown grass margins for enhancing soil macrofaunal biodiversity in arable systems. – *Agriculture, Ecosystems and Environment* 127, 119-125.
- WAGNER, C., VOLZ, H. (2014): Das Projekt „Faunistische Evaluierung von Blühflächen“. – *Schriftenreihe der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft* 1/2014, 17-32.
- WALTER, R., BURMEISTER, J. (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., BURMEISTER, J. (2013): Regenwürmer in bayerischen Ackerböden. – *Merkblatt der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL, Hrsg.)*.
- WESTERNACHER-DOTZLER, E. (1992): Earthworms in arable land taken out of cultivation. – *Soil Biology and Biochemistry* 24(12), 1673-1675.

