

Reduzierte Bodenbearbeitung schont die Regenwürmer

Werner Jossi, Urs Zihlmann, Thomas Anken, Brigitte Dorn und Marcel Van der Heijden

Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, 8046 Zürich

Ruedi Tschachtli, Berufsbildungszentrum Natur und Ernährung BBZN, 6170 Schüpfheim

Auskünfte: Werner Jossi, E-Mail: werner.jossi@art-admin.ch, Tel. +41 44 377 73 91



Lumbricus terrestris: Grosse Regenwurmarten verbinden mit ihren Gängen den Ober- mit dem Unterboden und verbessern mit diesem Gangsystem den Wasser und Lufttransport. (Foto: ART)

Einleitung

Bodenruhe und reichlich Futter

Mehr als vier Tonnen Regenwürmer können in einem tiefgründigen, fruchtbaren Wiesenboden pro Hektare leben (Cuendet 1997). Untersuchungen haben gezeigt, dass vor allem grosse, tiefgrabende Arten durch die Bodenbearbeitung beeinträchtigt werden (Maurer-Troxler *et al.* 2005, Jossi *et al.* 2004). Die Verletzungsgefahr der grossen Würmer ist besonders hoch, wenn die Bodenbearbeitung im Frühjahr oder im Herbst stattfindet, weil sie sich zu diesen Zeitpunkten hauptsächlich im Oberboden aufhalten. Im Winter und während den tro-

ckenen Sommermonaten wandern sie in tiefere Bodenschichten, wo sie vor Kälte oder Trockenheit geschützt sind. Bei landwirtschaftlicher Nutzung kann sich ein wirkungsvoller Regenwurmbestand in der Regel nur in mehrjährigen Wiesen aufbauen, wo sie genügend Futter finden und praktisch keine Bodenbearbeitungseingriffe stattfinden.

Regenwürmer verschlingen grosse Mengen an Nahrung in Form von abgestorbenen Pflanzenteilen. Eine ständige Bodenbedeckung mit Kulturpflanzen sowie Zwischenbegrünungen kann sie nachhaltig mit Futter versorgen. Wirkungsvoll sind Pflanzenreste, die auf der Bodenoberfläche liegen und nicht solche, die untergepflügt werden. Die Pflanzenteile werden von den Regenwürmern als Vorrat in die Röhren gezogen, wo sie verrotten und erst dann von den Würmern gefressen werden. Aus dem Regenwurmkot bilden sich schliesslich nährstoffreiche Bodenkrümel. Bauchhenss (2005) hat nachgewiesen, dass in einem regenwurmaktiven Boden bis zu 60 dt/ha Strohrückstände vom Dreschen bis zur Maisansaat im folgenden Frühjahr von Regenwürmern abgebaut werden.

Um festzustellen, wie sich die Regenwurmpopulationen in Äckern ohne Pflugeinsatz sowie in einem Direktsaatsystem entwickeln, wurden in den zwei Anbausystemversuchen Burgrain (Alberswil LU) und Hausweid (Aadorf TG) mehrjährige Erhebungen durchgeführt (Kasten).

Material und Methoden

Versuchsstandorte

Burgrain: Der von 1991 bis 2008 dauernde Anbausystemversuch befand sich auf dem gemischtwirtschaftlichen Betrieb Burgrain in Alberswil (LU). Der Versuch verfolgte das Ziel, die Auswirkungen eines reduzierten Nährstoff- und Pflanzenschutz Einsatzes auf Ertrag, Wirtschaftlichkeit und Umwelt in drei unterschiedlichen Anbausystemen (IPintensiv, IPextensiv, Bio) zu prüfen (Kasten). Während den drei sechsjährigen Fruchtfolgeperioden wurden in allen Anbausystemen Regenwurmerhebun-

gen durchgeführt. In der zweiten Fruchtfolgeperiode 1997 bis 2002 wurden alle sechs Parzellen jährlich beprobt (Jossi *et al.* 2004). In der dritten Fruchtfolgeperiode 2003 bis 2008 wurden einige Betriebswirtschaftsänderungen vorgenommen: Anstelle von Kartoffeln wurde Raps und anstelle von Sommergerste Wintergerste angebaut. Zudem wurde das Anbausystem *IPextensiv* auf pfluglos umgestellt. Silomais wurde mit Streifenfrässaat nach der zweijährigen Kunstwiese, Raps mit Mulchsaat im dritten Jahr nach Kunstwiese angebaut. Für den Anbau von Winterweizen, Wintergerste und Kunstwiese wurden Grubber und Zinkenrotor eingesetzt (Kasten). Die Anbausysteme Bio und *IPintensiv* wurden unverändert mit Onland-Pflug und Zinkenrotor bearbeitet (Zihlmann *et al.* 2010).

Hausweid: Der Versuch Hausweid in Aadorf (TG) wurde 1987 angelegt, um langjährige Einflüsse verschiedener reduzierter Bodenbearbeitungsmethoden auf agronomische- und Boden-Parameter zu untersuchen (Anken *et al.* 1997). Insgesamt wurden drei reduzierte Bodenbearbeitungssysteme sowie ein Direktsaatssystem mit einem herkömmlichen Pflugverfahren verglichen (Kasten). Regenwurmerhebungen wurden in den Jahren 2005 und 2008 in den Verfahren Pflug und Direktsaat durchgeführt.

Die Erhebungen wurden jeweils im Oktober, wenn sich die Regenwürmer in der obersten Bodenschicht aufhalten, durchgeführt. Pro Anbausystem wurden im Burgrainversuch sechs und im Hausweidversuch pro Verfahren acht Teilflächen (zwei pro Wiederholung) von 0,25 m² untersucht. Als Fangmethode kam die Handauslese mit anschliessender Formalinaustreibung im Unterboden zur Anwendung. Die Erde wurde mit einem Spaten zirka 20 cm tief ausgehoben und von Hand durchsucht. Anschliessend wurden zehn Liter Formalinlösung (0,1 %) in die ausgehobene Grube gegossen und während 45 Minuten überwacht. Mit dieser Nachbehandlung lassen sich Würmer, die sich in tiefere Bodenschichten verzogen haben, an die Oberfläche treiben. Meistens handelt es sich um grosse Würmer der Art *Lumbricus terrestris*, welche besonders in tiefgründigen Böden mit intakten Regenwurmröhren beim Ausgraben nicht vollständig erfasst werden (Cuendet 1997). In den gepflügten Kulturen waren diese Nachfänge meistens gering (Abb. 2). Die Würmer wurden in einer vierprozentigen Formalinlösung konserviert und im Labor gezählt, gewogen und die Artzugehörigkeit bestimmt (Cuendet 1995).

Bestimmung der Regenwurmart

Auf Grund ihres Verhaltens, ihrer Grösse und Färbung werden die Regenwürmer in vier ökomorphologische Gruppen (Lebensformtypen) eingeteilt: >

Zusammenfassung

Die Regenwürmer verbessern mit ihrer Tätigkeit die Bodenfruchtbarkeit. Die höchsten Regenwurmpopulationen im Landwirtschaftsareal findet man in mehrjährigen Wiesen. Die Auswirkungen der Bodenbearbeitungsart und -intensität auf die Regenwurmpopulation wurden in den zwei langjährigen Anbausystemversuchen Burgrain (Alberswil LU) und Hausweid (Aadorf TG) untersucht. In einer sechsjährigen Fruchtfolge zeigten sich auf Burgrain in den Verfahren IP-Mulchsaat bei Raps und IP-Streifenfrässaat bei Silomais (*IP extensiv*) im Durchschnitt von 2004 bis 2008 keine signifikanten Unterschiede der Regenwurmbiomasse im Vergleich zu den Pflugverfahren im Bio- und IP-Anbau (*IP intensiv*). Deutlichere Unterschiede zwischen der Bearbeitungsintensität und -art wies nach 21 Jahren Versuchsdauer die Fläche Hausweid auf. In der vierjährigen Ackerfruchtfolge ohne Kunstwiese wurden die Regenwurmpopulationen im Direktsaat- und im Pflugverfahren sowie in den angrenzenden Naturwiesenflächen erhoben. In der Naturwiese wurde eine Regenwurmbiomasse von 330 g pro Quadratmeter gemessen. In den Direktsaat-Parzellen war sie rund 50 % und im Pflugverfahren 80 % geringer. Die Artenvielfalt der Regenwürmer war in der Naturwiese und im Direktsaatverfahren durchschnittlich 30 % höher als im Pflugverfahren. Die Ergebnisse bestätigen den positiven Einfluss der Direktsaat auf die Regenwürmer.

Standortbeschreibung und Bewirtschaftungsdaten der Langzeitversuche Burgrain und Hausweid

Burgrain (Alberswil LU) 1991 – 2008			Hausweid (Aadorf TG) 1987 – 2008	
Sechs Parzellen mit je drei Anbausystemen, je 65 Aren			Parzellenversuch (12 m × 19 m), 4 Wiederholungen	
Boden:				
5 Parzellen Schwemmlandböden: schwach humos bis humos, tiefgründig, sandiger Lehm bis Lehm 1 Parzelle Moräneboden: schw. humos, tiefgründig, sand. Lehm			mässig tiefgründig, steiniger Moräneboden: sandiger Lehm, schwach humos	
Klima:				
Höhe über Meer	520 m		550 m	
Mittlere Jahresniederschläge	1100 mm		1180 mm	
Fruchtfolgen:				
sechsjährig	1991 – 2002	2003 – 2008	vierjährig	1987 – 2008
1. Jahr	Kartoffeln	Silomais	1. Jahr	Winterweizen
2. Jahr	Winterweizen	Winterweizen	2. Jahr	Silomais
3. Jahr	Körnermais	Raps	3. Jahr	Winterweizen
4. Jahr	Sommergerste	Wintergerste	4. Jahr	Raps
5. Jahr	Kunstwiese	Kunstwiese		
6. Jahr	Kunstwiese	Kunstwiese		
Düngung:				
siehe unten			nur Mineraldünger	
Bodenbearbeitung: 2003 – 2008			1987 – 2008	
IPintensiv	Onland-Pflug, 1 x Zinkenrotor		1. Pflug, 1 x Zinkenrotor	
IPextensiv	Grubber, 1 x Zinkenrotor, Silomais Streifenfrässaat Raps Mulchsaat		2. Parapflug, 1 x Zinkenrotor	
Bio	Onland-Pflug, 1 x Zinkenrotor		3. Schichtengrubber, 1x Zinkenrotor	
1991 – 2002 in allen Systemen Pflug und Zinkenrotor			4. Frässaat	
			5. Direktsaat	
Charakterisierung der drei Anbausysteme Burgrain				
IPintensiv	ortsübliche Bewirtschaftungsintensität, ÖLN erfüllt, hoher Pflanzenschutz- und Düngereinsatz (Hof- und N-Mineraldünger)			
IPextensiv	ÖLN erfüllt, reduzierter Pflanzenschutz- und Düngereinsatz (Hof- und N-Mineraldünger, Extensio-Produktion bei Getreide und Raps)			
Bio	biologischer Anbau auf Parzellenstufe, Verzicht auf Mineraldünger und chemisch-synthetische Pflanzenschutzmittel			

Epigäische Arten: Kleine, rot pigmentierte Arten. Sie leben in der Streuschicht des Bodens und ernähren sich von verrottenden Pflanzenresten. Diese Arten sind zahlreich im Kompost anzutreffen. Im Ackerland sind sie in der Regel schwach vertreten und können sich allenfalls in Mulchschichten oder in mehrjährigen Wiesen etablieren.

Endogäische Arten: Unpigmentierte, rosa bis graublau gefärbte Regenwürmer. Sie leben im Wurzelbereich des Oberbodens. Durch die Aufnahme organischer Bodensubstanz bauen sie diese weiter ab und vermischen sie mit der umgebenden Erde. Sie bauen meist horizontale Gänge, die nicht dauerhaft sind.

Anözische Lumbricus-Arten: Grosse, rotbraun pigmentierte Regenwürmer. Sie legen senkrechte, dauerhafte Gänge an, die tief in den Unterboden reichen. Als Nahrungsvorrat ziehen sie Pflanzenreste von der Bodenoberfläche in die Gänge. Sie deponieren ihren Kot meistens im Boden. Sie bleiben das ganze Jahr über aktiv, in Trockenperioden und bei starker Kälte ziehen sie sich in tiefere Bodenzonen zurück. Kleine, juvenile Tiere (Jugendstadien) verhalten sich epigäisch, das heisst, sie leben in der Spreuschicht. Die häufigste dazugehörige Art ist der Tauwurm (*Lumbricus terrestris*). Dank seiner wichtigen Funktion, wurde er von Pro Natura zum Tier des Jahres 2011 gewählt.

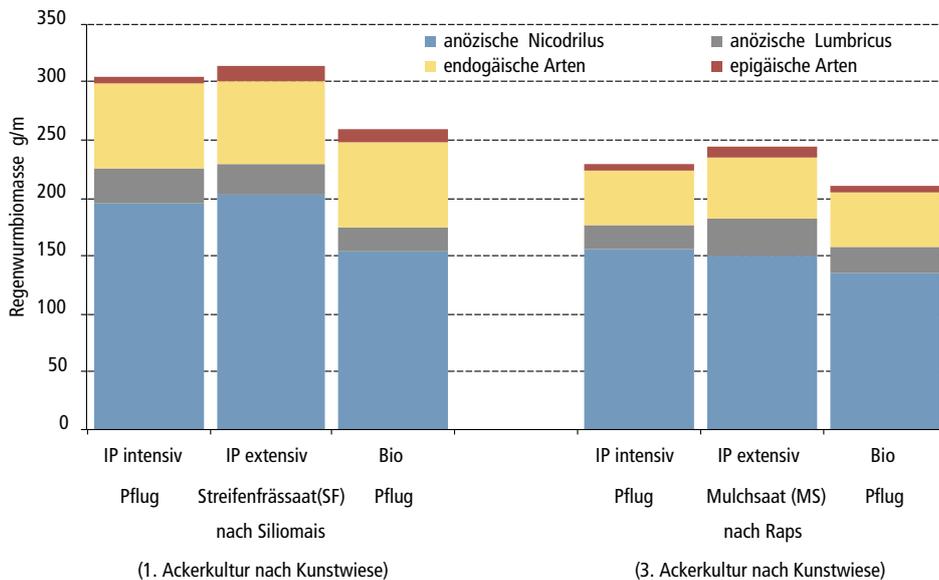


Abb. 1 | Biomasse (g/m²) der Regenwurm-Artengruppen in den Kulturen Silomais und Raps. Mittelwerte der drei Anbausysteme Burgrain von 2004 bis 2008 mit verschiedener Bodenbearbeitung. Die Unterschiede der Gesamtbiosmassen zwischen den Systemen sind nicht gesichert (Tukey HSD-Test, P < 5 %).

Anözische *Nicodrilus*-Arten: Grosse, braunschwarz pigmentierte Würmer, die ebenfalls in vertikalen Wohnröhren leben. Sie ernähren sich von oberirdischen Pflanzenteilen. Die ausgewachsenen Tiere produzieren viel Kot, welcher an der Oberfläche des Bodens ausgestossen wird (Wurmhaufen). Trockene Sommerperioden überdauern sie – als Kugel zusammengerollt – in tieferen Bodenschichten. Die Juvenilen verhalten sich endogäisch, das heisst, sie leben im Oberboden.

Für die Beurteilung wird in der Regel die Regenwurm-Biomasse (z. B. g pro m²) bevorzugt, weil sie die ökologische Wirkung der Regenwürmer auf den Boden besser widerspiegelt als die Individuenzahl.

Resultate

Gefährdet Maishacken Regenwürmer?

In der dritten Fruchtfolgeperiode war die Regenwurmpopulation im Versuch Burgrain nach der zweijährigen Kunstwiese im nachfolgenden Silomais mit einer Biomasse von rund 300 g pro m² sehr hoch (Cuendet 1997). Der Mittelwert lag beim System *IPintensiv* mit Pfluganbau nur 3 % tiefer als bei *IPextensiv* mit Streifenfrässaat. Bei *IPextensiv* wurden etwas mehr epigäische Arten festgestellt. Die geringen Unterschiede zwischen den beiden IP-Anbausystemen waren bei keiner Artengruppe gesichert (Tab 1). Trotz Pflugeinsatz im Mai waren die Wurmbestände bei *IPintensiv* besonders in den Jahren

2004 und 2005 sehr hoch. Beim ebenfalls gepflügten Bio-Anbausystem lag die Regenwurmpopulation hingegen im Durchschnitt aller fünf Jahre 17 % tiefer als bei *IPextensiv*. Besonders die tiefgrabenden anözischen *Nicodrilus*-Arten traten bei Bio gesichert schwächer auf. Möglicherweise schädigte das zweimalige Hacken mit einem Sternhackgerät im Mai/Juni diese grossen Regenwurmartarten (Abb. 1, Tab. 1).

Raps günstig für Regenwürmer

Ähnlich wie nach Silomais waren die Ergebnisse nach Raps. Im Mittel der fünfjährigen Untersuchung lag die Regenwurm-Biomasse in den Pflugverfahren bei *IPintensiv* 7 % und bei Bio 14 % tiefer als bei *IPextensiv* mit Mulchsaat (Abb. 1, Tab. 1). Mit Ausnahme der anözischen *Nicodrilus*-Arten wiesen bei *IPextensiv* alle Artengruppen leicht höhere Werte auf. Die Unterschiede waren aber nur bei den epigäischen Regenwurmartarten gesichert. Letztere profitierten vermutlich vom Mulchmaterial auf der Bodenoberfläche. Allgemein kann Raps als regenwurmschonende Kultur betrachtet werden, da die Bodenbearbeitung Ende August/Anfang September erfolgt, wenn sich die Würmer meist noch in tieferen Bodenschichten aufhalten. Dank dem raschen Raps-Wachstum und der fast einjährigen Vegetationszeit steht den Würmern eine lange, ungestörte Phase mit steter Futtersversorgung zur Verfügung. >

Tab. 1 | Biomasse (g/m²) und Anzahl Regenwürmer pro m² der Regenwurm-Artengruppen der Kulturen Silomais und Raps. Mittelwerte der drei Anbausysteme Burgrain von 2004 bis 2008 mit den Bodenbearbeitungsverfahren Pflug/Zinkenrotor und Streifenfrässaat Mais/Mulchsaat Raps. Signifikante Unterschiede zwischen den Systemen sind mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet (Tukey HSD-Test, P < 5 %).

Anbausystem	Bodenbearbeitung	anözische <i>Nicodrilus</i>		anözische <i>Lumbricus</i>		endogäische Arten		epigäische Arten		Total	
Silomais		Biomasse g/m²									
IP intensiv	Pflug, Zinkenrotor	194,9	ab	30,3	a	73,4	a	6,4	a	305,1	a
IP extensiv	Streifenfrässaat	203,2	a	26,4	a	70,5	a	13,1	a	313,2	a
Bio	Pflug, Zinkenrotor	153,8	b	20,0	a	74,6	a	11,3	a	259,8	a
		Anzahl pro m²									
IP intensiv	Pflug, Zinkenrotor	182,6	a	14,4	a	225,3	a	14,7	b	437,0	a
IP extensiv	Streifenfrässaat	165,8	ab	13,6	a	227,6	a	26,2	a	433,1	a
Bio	Pflug, Zinkenrotor	118,4	b	9,6	a	239,1	a	19,0	ab	386,1	a
Raps		Biomasse g/m²									
IP intensiv	Pflug, Zinkenrotor	155,0	a	22,4	a	46,7	a	4,5	b	228,6	a
IP extensiv	Mulchsaat	149,3	a	32,2	a	53,1	a	10,1	a	244,7	a
Bio	Pflug, Zinkenrotor	134,4	a	24,0	a	45,7	a	6,5	ab	210,7	a
		Anzahl pro m²									
IP intensiv	Pflug, Zinkenrotor	104,9	a	7,7	a	181,2	a	11,5	a	305,3	a
IP extensiv	Mulchsaat	112,1	a	10,8	a	196,3	a	21,5	a	340,7	a
Bio	Pflug, Zinkenrotor	114,0	a	8,7	a	179,1	a	20,8	a	322,5	a

Durchschnittlich wurde bei Raps eine um 22% tiefere Regenwurmbiomasse gemessen als beim Silomais (Abb. 1). Die Reduktion ist mit der Stellung von Raps in der Fruchtfolge nach Silomais und Winterweizen zu erklären. Die Bodenbearbeitung für die Vorkultur Winterweizen dürfte die Regenwürmer vermindert haben. In der Fruchtfolgeperiode 1997 bis 2002 waren die Regenwürmer durch die Bearbeitung im Oktober für Winterweizen am stärksten geschädigt worden und erholten sich erst in der zweijährigen Kunstwiese wieder (Jossi et al. 2004).

Gesamthaft stellten auf Burgrain die anözischen *Nicodrilus*-Arten mit rund 63 % den Hauptanteil der Regenwurmbiomasse, gefolgt von den endogäischen Arten mit 23 %, *L. terrestris* mit 10 % und den epigäischen Arten mit 4 %. Anzahlmässig dominierten die endogäischen Arten mit rund 55 %.

Mulchschicht fördert Regenwürmer

Im Versuch Hausweid wurde bereits im 18. Anbaujahr 2005 nach Raps eine Regenwurmerhebung durchgeführt. Sie wurde durch Graben und Handauslese ohne

Austreibung mit Formalin durchgeführt. Die Art *L. terrestris* könnte deshalb bei dieser Untersuchung etwas unterbewertet worden sein (Tab 2, Abb. 2). Die Gesamtbiomasse war in den Direktsaatparzellen rund 27 % höher als in den gepflügten. Vor allem traten die anözischen *Nicodrilus*- und die epigäischen Arten häufiger bei Direktsaat auf, während die im Oberboden lebenden endogäischen Regenwürmer im Pflugverfahren beinahe doppelt so zahlreich vorkamen. Ungewöhnlich war auch der vergleichsweise hohe Anteil epigäischer Arten in beiden Verfahren (Tab 2). Die epigäischen Arten leben in der Mulchschicht an der Erdoberfläche und sind in Ackerböden sonst eher untervertreten. Vermutlich war das Erhebungsjahr klimatisch günstig und die Versorgung mit Pflanzenmaterial im Raps für die Regenwurmentwicklung optimal. Anzahlmässig war die Population bei Direktsaat nur 10 % höher als beim Pflugverfahren.

Bei der Regenwurmerhebung 2008, 21 Jahre nach Versuchsbeginn, wurden zusätzlich die zwischen den Ackerparzellen liegenden Naturwiesenstreifen untersucht. Mit 60 g pro m² war die Biomasse im Pflugverfahren

Tab. 2 | Biomasse (g/m²) 2005 und 2008 und Anzahl Regenwürmer 2008 pro m² der Regenwurm-Artengruppen im Versuch Hausweid. Mittelwerte der Bodenbearbeitungsverfahren Pflug/Zinkenrotor und Direktsaat im Vergleich zur Naturwiese 2008. Signifikante Unterschiede s. Tab. 1.

Bodenbearbeitung	anözische <i>Nicodrilus</i>		anözische <i>Lumbricus</i>		endogäische Arten		epigäische Arten		Total	
2005										
Biomasse g/m²										
Pflug, Zinkenrotor	47,1	b	11,9	a	44,3	a	19,6		122,9	b
Direktsaat	84,5	a	18,5	a	27,9	a	37,7		168,6	a
2008										
Biomasse g/m²										
Pflug, Zinkenrotor	14,2	c	7,6	b	36,4	b	1,2	a	59,4	c
Direktsaat	89,1	b	35,1	b	23,0	b	7,1	a	154,3	b
Naturwiese	137,7	a	122,7	a	57,6	a	11,6	a	329,7	a
Anzahl pro m²										
Pflug, Zinkenrotor	15,5	b	4,5	b	99,0	a	2,5	b	121,5	b
Direktsaat	73,0	a	15,0	b	49,0	b	18,0	ab	155,0	b
Naturwiese	83,5	a	29,5	a	109,5	a	30,0	a	252,5	a

ren 61 % kleiner als bei Direktsaat. Bei der Anzahl Regenwürmer betrug die Reduktion 21 %. Wie am Standort Burgrain wurden durch das Pflügen vor allem die anözischen Arten reduziert, um durchschnittlich 82 %. Auch den epigäischen Arten fehlte vermutlich in den gepflügten Parzellen die nötige Mulchschicht als Nahrungsquelle (Abb. 2, Tab. 2). Wie in der Erhebung 2005 traten jedoch die endogäischen Arten beim Pflugverfahren doppelt so häufig auf wie bei Direktsaat. Mehrere Autoren haben festgestellt, dass die Bodenbearbeitung die kleineren Regenwürmer weniger beeinträchtigt als die grossen Tiefgräber (Maurer-Troxler *et al.* 2005, Jossi *et al.* 2004). Erstaunlich ist, dass die im Ober-

boden lebenden endogäischen Regenwürmer durch den Pflugeinsatz scheinbar gefördert worden sind. Über die Ursachen kann nur spekuliert werden, möglicherweise führte die um 10 % höhere Pflanzendichte im Pflugverfahren zu besseren Lebensbedingungen für die Wurmart. Zudem war der Grobporenanteil im gepflügten Oberboden deutlich höher als in den Direktsaatparzellen (Anken *et al.* 1997).

Pflug reduziert auch die Artenvielfalt

Im Vergleich zur angrenzenden Naturwiese (= 100 %) erreichte die Gesamtbiomasse bei Direktsaat etwa 50 %, beim Pflugeinsatz noch 20 %, wobei der Tauwurm (*Lum-* ➤

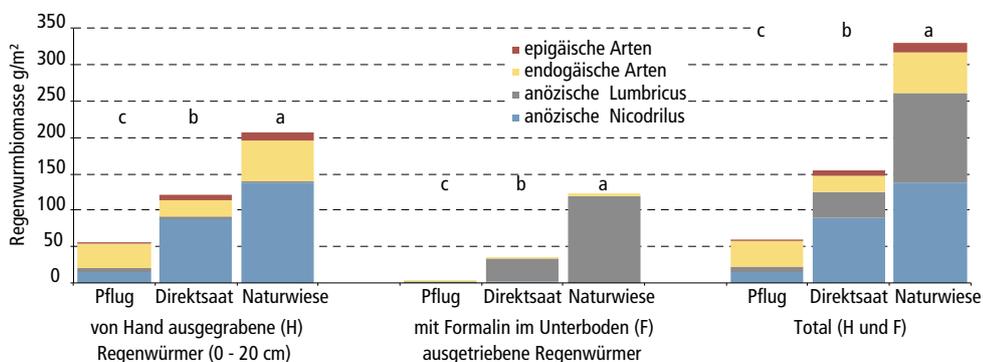


Abb. 2 | Biomasse (g/m²) der Regenwurm-Artengruppen im Versuch Hausweid 2008. Mittelwerte in den Bodenbearbeitungsverfahren Pflug und Direktsaat im Vergleich mit der 21-jährigen Naturwiese. Signifikante Unterschiede zwischen den Bewirtschaftungssystemen sind mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet (Tukey HSD-Test, P < 5 %). Ergebnisse dargestellt für die Handauslese (H) und das anschließende Austreiben mit Formalin im Unterboden (F) sowie dem Total der beiden Fangmethoden.

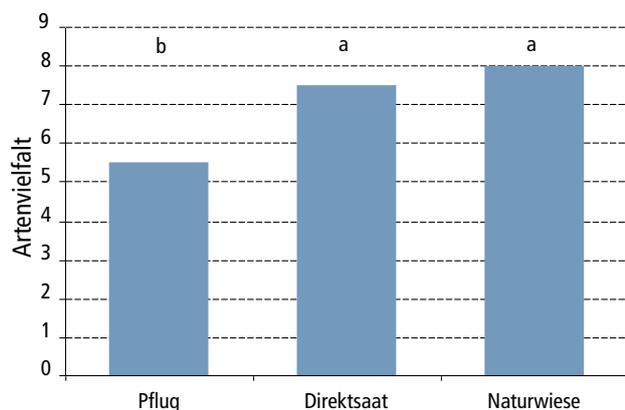


Abb. 3 | Anzahl Regenwurmartens im Versuch Hausweid 2008. Mittelwerte in den Bodenbearbeitungsverfahren Pflug, Direktsaat und in der 21-jährigen Naturwiese. Signifikante Unterschiede zwischen den Bewirtschaftungssystemen sind mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet (T-Test, $P < 5\%$). Die Artenliste ist beim Autor erhältlich.

bricus terrestris) am stärksten reduziert wurde (Abb. 2). Im Pflugverfahren wurde zudem die Artenvielfalt der Regenwürmer gegenüber der Naturwiese und dem Direktsaatverfahren um durchschnittlich 30 % reduziert (Abb. 3). Im Durchschnitt aller Erhebungen im 2008 setzte sich die Regenwurm-Biomasse am Standort Hausweid aus 41 % anözischen *Nicodrilus*-, 24 % anözischen *Lumbricus*-, 31 % endogäischen und 4 % epigäischen Arten zusammen.

Diskussion

Direktsaat schont Regenwürmer

Ohne die ganzflächige Lockerung bei der Direktsaat sind die Böden tragfähiger und besser vor Erosion geschützt und es können – dank weniger Durchfahrten – bedeutende Mengen an Treibstoff eingespart werden (Anken *et al.* 1997). Im Versuch Hausweid wurden dabei keine wesentlichen Ertragseinbußen im Vergleich zum Pflugverfahren festgestellt (Anken *et al.* 2004). Insgesamt profitiert auch das Bodenleben von dieser konservierenden Bewirtschaftungsart. Wie in einer Naturwiese wird das Durchmischen, Durchlüften sowie die Drainage der obersten Bodenschichten zu einem grossen Teil von den Regenwürmern übernommen. Allerdings kann das Befahren mit schweren Lasten bei zu feuchtem Boden Verdichtungen verursachen und die Aktivitäten der Regenwürmer dadurch wiederum einschränken. Kramer (2008) hatte in künstlich verdichteten Böden eine Reduktion der Regenwurmpopulation nachgewiesen, besonders wenn die Böden in nassem Zustand befahren wurden.

In mehreren Untersuchungen konnte nachgewiesen werden, dass sich die Regenwurmpopulation in Kunstwiesen relativ rasch regenerieren kann. Im Anbausystemversuch Burgrain (Periode 1997 bis 2002) vermehrten sich die anözischen *Nicodrilus*-Arten während der zweijährigen Kunstwiese um durchschnittlich 80 % (Jossi *et al.* 2004). Auch die Direktsaat schont die Regenwürmer, was mit der Erhebung im Versuch Hausweid bestätigt werden konnte. In diesem Versuch mit einer Fruchtfolge ohne Kunstwiese hat sich jedoch gezeigt, dass die Bedingungen für Regenwürmer auch bei Direktsaat nur halb so gut sind wie in der angrenzenden Naturwiese. Je nach Kultur und Bewirtschaftungsart benötigen die Regenwürmer unter Direktsaatbedingungen mehr Zeit für die Regeneration als in einer Kunstwiese. Maurer-Troxler *et al.* (2005) konnte bei Direktsaat sieben Jahre nach den letzten Bodeneingriffen einen deutlichen Anstieg der anözischen Regenwurmartens auf eine wiesenähnliche Population feststellen. Die Regenwurm fördernde Wirkung der Direktsaat war besonders hoch in der Fruchtfolge ohne Kartoffeln.

Schlussfolgerungen

Die Regenwürmer werden durch viele Faktoren mehr oder weniger stark beeinflusst. Neben der Bodenbearbeitung spielen auch Düngung und Bodenbeschaffenheit (Jäggi *et al.* 2002) eine Rolle. Naturnahe Bewirtschaftung wie Bio (Pfiffner & Luka 2007) oder IP Extensivanbau (Jossi *et al.* 2004) wirken regenwurmschonend. Pflanzenbehandlungsmittel können die Population schwächen. Immerhin sind in den letzten Jahren regenwurmtoxische Pestizide weitgehend vom Markt genommen worden (Jossi *et al.* 2004). Ausschlaggebend für eine nachhaltige Förderung der Regenwurmpopulation bei ackerbaulicher Bewirtschaftung sind möglichst wenig Bodenbearbeitungsgriffe vor allem während den regenwurmaktiven Zeiten im Frühjahr und im Herbst, die Vermeidung von Bodenverdichtungen, sowie ein möglichst dauernder Pflanzenbewuchs und der Anbau von mehrjährigen Wiesen in der Fruchtfolge. ■

Riassunto

La lavorazione ridotta del suolo protegge i lombrichi

I lombrichi migliorano la fertilità del suolo attraverso la loro attività. Nell'area agricola, le popolazioni più numerose si concentrano nelle praterie permanenti. Nell'ambito di due prove pluriennali sul sistema di coltivazione condotti a Burgrain (Alberswil LU) e Haudweid (Aadorf TG), si sono studiati gli effetti del tipo e dell'intensità della lavorazione del suolo sulla popolazione di lombrichi. A Burgrain, in una rotazione delle colture sessennale, i metodi di semina su pacciamatura PI per colza e il metodo PI con semina di mais da silo su banda fresata (PI *estensiva*), non hanno mostrato, sulla media dal 2004 al 2008, nessuna differenza significativa nella biomassa di lombrichi rispetto al metodo di aratura nella coltivazione biologica e PI (PI *intensiva*). Sulla superficie di Hausweid si sono registrate dopo 21 anni differenze più marcate tra intensità e tipo di lavorazione. Nella rotazione delle colture quadriennale senza prati artificiali le popolazioni di lombrichi sono state rilevate in relazione ai metodi di semina diretta e con aratura, nonché nei prati naturali limitrofi. In questi ultimi è stata misurata una biomassa da lombrichi di 330 g per m². Nelle particelle a semina diretta e in quelle arate si sono registrati valori inferiori rispettivamente del 50 per cento circa e dell'80 per cento. La diversità delle specie di lombrichi nei prati naturali e nei terreni a semina diretta è risultata in media del 30 per cento superiore rispetto a quella dei terreni arati. I risultati confermano l'effetto positivo della semina diretta sui lombrichi.

Literatur

- Anken T., Heusser J., Weisskopf P., Zihlmann U., Forrer H.R., Högger H.R., Scherrer C., Mozafar A. & Sturny W., 1997. Bodenbearbeitungssysteme, Direktsaat stellt höchste Anforderungen. FAT-Bericht Nr. 501, Tänikon, 14 S.
- Anken T., Weisskopf P., Zihlmann U., Forrer H.R., Jansa J. & Perhacova K., 2004. Long-term tillage system effects under moist cool conditions in Switzerland. *Soil & Tillage Research* 78, 171–183.
- Bauchhenss J., 2005. Bodenleben und Bodenfruchtbarkeit – Bestandaufnahme zum Wissensstand in Deutschland. *FLN Heft* 10/2005, 15–29.
- Cuendet G., 1995. Identification des lombriciens de Suisse. Vauderens, 19 S.
- Cuendet G., 1997. Die Regenwurmfauna von Dauergrünland des Schweizer Mittellandes. *Buwal Schriftenreihe Umwelt* Nr. 291, 1–92.
- Jäggi W., Weisskopf P., Oberholzer H.R. & Zihlmann U., 2002. Die Regenwürmer zweier Ackerböden. *Agrarforschung* 9 (10), 446–451.

Summary

Reduced tillage protects earthworms

Earthworm activity improves soil fertility. In arable crop rotations highest earthworm populations are usually found in leys. The impact of tillage system and tillage intensity on earthworm populations was studied in the two long term trials at Burgrain (Alberswil LU) and at Hausweid (Aadorf TG). At Burgrain having a crop rotation lasting six years and including a ley, no significant difference of earthworm biomass was found between ploughed plots and plots with in the sampling period 2004–2008 in the tillage system using minimum tillage (mulch drilling for oilseed rape and sowing with a rotary band cultivator/rotary band seeding for silage maize) (IP *extensive*) compared to ploughing in both, the organic as well as the integrated production (IP *intensive*). In contrast, at Hausweid having a four years crop rotation at Hausweid without ley, earthworm populations differed significantly depending on tillage system and tillage intensity after 21 years of the trial. Earthworm biomass reached 330 g per m² in the permanent grassland adjacent to the trial whereas it was reduced by 50 % in the no-till and even by 80 % in the ploughed plots. Additionally, average earthworm species diversity in permanent grassland and no-till was 30 % higher than in ploughed tillage system. These findings confirm the positive impact of no-till on the increase of earthworm populations and species diversity.

Key words: Earthworm, no-till, farming system, tillage system.

- Jossi W., Valenta A. & Tschachtli R., 2004. Das Auf und Ab der Regenwurmfauna. *Schriftenreihe der FAL* 52, Zürich, 53–58.
- Kramer S., Weisskopf P. & Oberholzer H.R., 2008. Status of earthworm populations after different copaction impacts and varying subsequent soli management practices. 5th International Soil Conference ISTRO Czech Branch – Brno 2008, 249–256.
- Maurer-Troxler C., Chervet A., Ramseier L. & Sturny W., 2005. Bodenbiologie nach zehn Jahren Direktsaat und Pflug. *Agrarforschung* 12 (10), 460–465.
- Pfiffner L. & Luka H., 2007. Earthworm populations in two low-input cereal farming systems. *Applied Soil Ecology* 37, 184–191.
- Zihlmann U. & Tschachtli R., 2010. Integrierter und biologischer Anbau im Vergleich. *ART-Bericht* Nr. 722, Zürich, 16 S.