

# Umwelt

## Burgrain: Einfluss unterschiedlicher Anbausysteme auf Regenwurmfauna

Werner Jossi, Anna Valenta, Urs Zihlmann und David Dubois, Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau, Reckenholz (FAL), CH-8046 Zürich

Ruedi Tschachtli, Landwirtschaftliches Bildungs- und Beratungszentrum (LBBZ), CH-6130 Willisau

Lukas Pfiffner, Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL), Ackerstrasse, CH-5070 Frick

Auskünfte: Werner Jossi, e-mail: werner.jossi@fal.admin.ch, Fax +41 (0)1 377 72 01, Tel. +41 (0)1 377 73 91

### ZUSAMMENFASSUNG

Die Anzahl Regenwürmer wird vorwiegend durch kulturbedingte Bewirtschaftungsmassnahmen beeinflusst wie Regenwurmerhebungen von 1997 bis 1999 in einer sechsjährigen Fruchtfolge mit drei unterschiedlich intensiven Anbausystemen ergeben haben. Das Pflügen im Oktober vor Winterweizen und im Mai vor Körnermais wirkte sich besonders negativ auf die tiefgrabenden Arten aus. In der zweijährigen Kunstwiese erholten sich die Populationen wieder: Die Anzahl Regenwürmer erhöhte sich um 34 % und die Biomasse um 66 %. Mengenmässig wurden zwischen den Anbausystemen auf dem Betrieb Burgrain nur geringe Unterschiede festgestellt. Im biologischen Anbauverfahren waren gesichert mehr endogäische Arten vorhanden als im intensiven.

Abb. 1. Nur mit Nachgraben können alle Regenwürmer erfasst werden.



Seit 1991 werden auf dem Gutsbetrieb Burgrain des Landwirtschaftlichen Bildungs- und Beratungszentrums Willisau LU in Zusammenarbeit mit den Eidgenössischen Forschungsanstalten FAL Reckenholz und FAT Tänikon drei Anbausysteme verglichen. In der ackerbau- und in der futterbaubetonten Fruchtfolge werden neben ökonomischen und agronomischen Parametern auch ausgewählte ökologische Aspekte untersucht (Tschachtli *et al.* 1993; Dubois *et al.* 1995).

In den ersten sechs Versuchsjahren (1991-1996) entsprachen die drei verglichenen Anbausysteme einem ortsüblichen, mittelinintensiven Anbau (IS), einer extensiven integrierten Produktion (IP) und einem Low Input System (LI) mit minimalem Einsatz synthetischer Hilfsstoffe. Ab 1997 wurden die Systeme entsprechend der neuen agrarpolitischen Situation leicht angepasst. Die Systeme für die drei beschriebenen Jahre entsprechen seither IP<sub>int</sub>, IP<sub>ext</sub> und BIO in

Umstellung auf Parzellenstufe (siehe Kasten). Die drei Anbausysteme unterscheiden sich vor allem in Menge und Form der Düngung und des Pflanzenschutzes. Einige Unterschiede gibt es bei der Bodenbearbeitung (Tabelle in Abb. 2), Fruchtfolge und Sortenwahl sind hingegen weitgehend gleich (Dubois *et al.* 1999).

Seit Versuchsbeginn 1991 werden in den sechs Parzellen der ackerbaubetonten Fruchtfolge Regenwurmerhebungen durchgeführt. Alle Parzellen sind für den Vergleich der Anbausysteme in je drei etwa 65 Aren grosse Teilparzellen unterteilt. Die Böden sind mittelschwer. Einzig die Parzelle Kastelen unterscheidet sich mit einem geringeren Ton- und Humusgehalt und einem leicht tieferen pH-Wert (Moräneboden) deutlich von den übrigen fünf Parzellen mit Schwemmlandböden (Zihlmann *et al.* 1999).

### Heinzelmännchen des Bodens

Die Bedeutung der Regenwürmer zur Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit ist vielfältig. Sie sind massgebend an den Bodenbildungsprozessen beteiligt und halten wichtige Bodenfunktionen intakt (vgl. zusammenfassende Literaturstudie Bieri und Cuendet 1989). Indem sie abgestorbene Pflanzenteile in den Boden einarbeiten, fördern sie die Humusbildung und beeinflussen die Nährstoffversorgung der Pflanzen. Durch die intensive Durchmischung organischer

und mineralischer Bodenteilen fördern sie die Bildung stabiler Bodenkrümel. Die dauerhaften Wohngänge der tiefgrabenden Regenwurmarten erhöhen die Wasserdurchlässigkeit des Bodens und verbessern den Luftaustausch. Zudem schaffen sie günstige Voraussetzungen für das Wurzelwachstum der Pflanzen.

Die Tätigkeit der Regenwürmer wird auf vielfältige Weise durch den Ackerbau beeinflusst. Besonders intensive Bodenbearbeitung, Bodenverdichtung oder die Anwendung regenwurmtoxischer Pestizide können die Populationen stark mindern (Ammon 1984; Pfiffner *et al.* 1993). Andererseits fördern eine dauerhafte Bodenbedeckung, Stallmist- und Kompostgaben sowie minimale Bodenbearbeitung die Regenwurmbestände (Pfiffner *et al.* 1993; Edwards 1983; Sturmy 1988). Die langfristigen Auswirkungen lassen sich nur in mehrjährigen Versuchen messen. Der Betrieb Burgrain mit den drei Bewirtschaftungssystemen ist hierzu besonders gut geeignet.

### Erhebungen 1997 bis 1999

In vergleichbaren Referenzflächen der Teilparzellen IP<sub>int</sub>, IP<sub>ext</sub> und BIO wurden die Würmer auf sechs 0,25 m<sup>2</sup> grossen, mit einem Rahmen begrenzten Flächen, ausgetrieben. Als Extraktionsmittel wurde eine 0,33 prozentige Senfpulver-Suspension verwendet (Högger 1993). Die Einwirkungszeit betrug etwa 20 Minuten. Anschliessend wurde die Kontrollfläche 25 cm tief ausgehoben und die ausgegrabene Erde von Hand durchsucht. Mit dieser Methode kann die gesamte Regenwurmpopulation ohne Anwendung toxischer Substanzen erfasst werden (Abb.1). Die eingesammelten Regenwürmer wurden in einer vierprozentigen Formalinlösung konserviert und später im Labor ge-

### Betrieb, Fruchtfolge und Anbausysteme auf Burgrain

#### Grunddaten zum Gutsbetrieb

Milchviehhaltung (Weidebetrieb), Schweinezucht und Pouletmast.	
Höhe über Meer	520 m
Jahresniederschläge	1100 mm
Landwirtschaftliche Nutzfläche	40,5 ha
Ackerfläche (inkl. Kunstwiesen)	23,0 ha
Dünger-Grossvieheinheiten (DGVE)	2,2 pro ha

#### Ackerbaubetonte Fruchtfolge

1. Jahr:	Kartoffeln (Nachbegrünung mit Senf)
2. Jahr:	Winterweizen (überwinterndes Zwischenfutter)
3. Jahr:	Körnermais
4. Jahr:	Sommergerste
5. Jahr:	Kunstwiese
6. Jahr:	Kunstwiese

#### Hauptunterschiede der drei Anbausysteme pro Parzelle

**IP<sub>int</sub>** (Intensive IP) Ortsüblicher, mittelintensiver Anbau mit dem Ziel hoher Naturalerträge bei empfohlener Düngungs- und Pflanzenschutzintensität. Erfüllt Vorgabe des ökologischen Leistungsnachweises.

**IP<sub>ext</sub>** (Extensive IP) Die Bewirtschaftung orientiert sich stark an ökologischen Anliegen des integrierten Acker- und Futterbaus (SVIAL-Empfehlungen 1992, Stufe «Ziel»). Mit gezieltem Einsatz von Hofdüngern und Hilfsstoffen wird ein optimaler Ertrag angestrebt. (Extensoproduktion im Getreidebau).

**BIO** (BIO (Low Input)) BIO in Umstellung (seit 1997). Verzicht auf Mineraldünger und chemisch-synthetische Pflanzenschutzmittel. In Kartoffeln wird begrenzt Kupfer als Fungizid eingesetzt.

zählt, gewogen und die Artenzugehörigkeit bestimmt. Da im Formalin eine starke Entwässerung bis zu etwa 30 % stattfindet, wurde die gewogene Biomasse auf das ursprüngliche Gewicht korrigiert (Cuendet 1995). Die Erhebungen wurden jeweils von Ende September bis Mitte Oktober nach der Ernte der Hauptkultur durchgeführt. Entsprechend beziehen sich die Angaben in den Abbildungen und Tabellen auf die jeweils vorangegangene Kultur.

### Bestimmung der Regenwurm-Arten

Die Artbestimmung wurde nach Bouché (1972) und Cuendet (1995) durchgeführt. Die zehn gefundenen Arten sind in Tabelle 1 aufgeführt. Die Arten der Regenwürmer können aufgrund ihres Verhaltens, ihrer Grösse und Färbung in drei ökologische Gruppen eingeteilt werden:

**Epigäische Arten:** Kleine, rot pigmentierte Arten. Sie leben in

der Streuschicht des Bodens und ernähren sich von Pflanzenresten. Diese Arten sind im Ackerland in der Regel schwach vertreten.

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

**Anözische Arten:** Grosse, rotbraun oder braunschwarz pigmentierte Regenwürmer. Sie legen vertikale Wohnröhren an, die tief in den Unterboden reichen. Als Nahrungsvorrat ziehen sie Pflanzenreste von der Bodenoberfläche in ihre Gänge. Die ausgewachsenen Tiere produzieren viel Kot, welcher im oder an der Oberfläche des Bodens ausgestossen wird (Wurmhaufen).

## Biomasse und Anzahl Regenwürmer

Die Biomasse widerspiegelt die effektive, agrarökologisch relevante Wirkung der Regenwürmer auf den Boden (Durchmischung, Lockerung). Die Anzahl Regenwürmer eignet sich zur Beurteilung der Populationsdynamik (z. B. der Reproduktionsrate).

**Jahreseinfluss:** Obwohl die Erhebungstermine in den drei Kontrolljahren gleich waren, wurden 1998 durchwegs gesicherte höhere Werte als 1997 und 1999 festgestellt. Möglicherweise besteht ein Zusammenhang mit der Jahreswitterung. Bodenfeuchtigkeit, Temperatur und Nahrungsangebot können die Wachstums- und Reproduktionsrate der Regenwürmer beeinflussen (Daniel 1990). Die Schwankungen von Jahr zu Jahr betragen bei der mittleren Biomasse bis gegen 30 %.

**Kultureinfluss:** Generell ist während der drei ersten Kulturen (Kartoffeln, Winterweizen, Körnermais) eine Abnahme der Regenwurmbiomasse zu beobachten. In der zweijährigen Klee-graswiese erholte sich die Population dann wieder (Abb. 2).

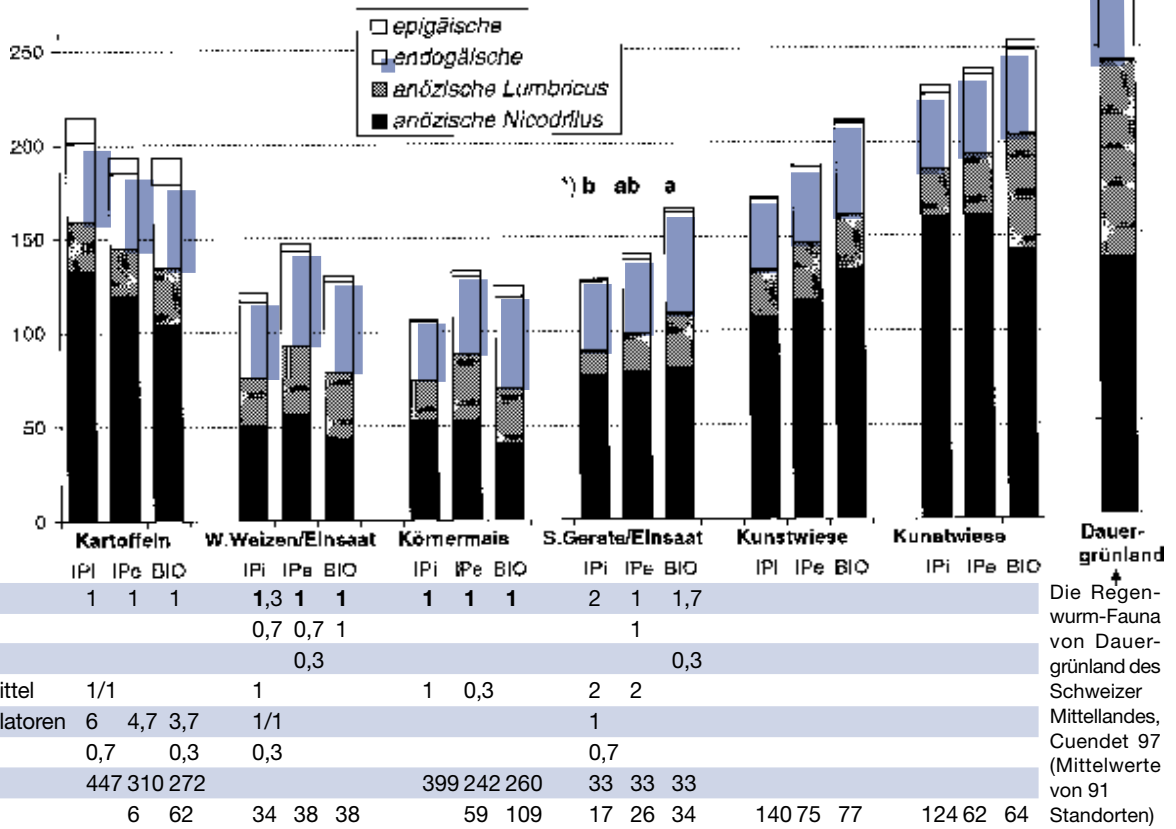
Die Abnahme der Regenwurmbiomasse fällt zusammen mit der Durchführung intensiver Bodenbearbeitung im Herbst oder Frühjahr, wenn sich die Würmer im Oberboden aufhalten und grössere Arten durch den Pflugeinsatz zum Teil verletzt und getötet werden (Piffner und Luka 1999).

Bei Kartoffeln, welche in der Rotation nach Umbruch der Kunstwiese folgen, haben sich die Regenwürmer gut gehalten. Die Populationsabnahme gegenüber der Kunstwiese betrug bezüglich der Biomasse im Durchschnitt nur etwa 15 %. Das Pflü-

gen der Kunstwiese Ende Winter und die frühe Kartoffelernte im August haben die Regenwurmpopulation vermutlich wenig beeinträchtigt, weil sich die Würmer zu diesen Jahreszeiten meistens noch in tieferen Bodenschichten befanden. Beim Winterweizen (Pflügen im Oktober) sank die Population jedoch deutlich ab und konnte sich auch beim Körnermais (Pflügen im Mai) nicht erholen. Eine leichte Zunahme kann im Mittel der drei Jahre in der Klee-gras-Ansaat nach Sommergerste festgestellt werden (Pflügen Ende Winter, Wieseneinsaat im Sommer).

Beachtlich ist die gute Regeneration der Regenwurmpopulation in der zweijährigen Kunstwiese. Im Durchschnitt der sechs Parzellen hat sich die Gesamtbiomasse in den zwei Kunstwie-sen-jahren um 66 % erhöht. Sie erreichte im Vergleich zum Mit-

Abb. 2. Biomasse (g/m<sup>2</sup>) der Regenwurmbestände in der ackerbaubetonten Fruchtfolge auf Burgrain (Mittelwerte der Anbausysteme pro Kultur 1997 bis 1999 im Vergleich mit Dauergrünland).



\* Tukeys HSD Test P<0,05, n=6 (keine Angaben: Unterschiede nicht gesichert); \*\* Anzahl Einsätze und organische Düngergaben (Mittelwerte 1997-1999). Fett=Pflugeinsätze im Herbst und Frühjahr während grösster Regenwurmak-tivität. IPI: Intensive IP. IPe: Extensive IP.

telwert in Dauergrünland des schweizerischen Mittellandes (319 g/m<sup>2</sup> nach Cuendet 1997) ein gutes Niveau von durchschnittlich 241 g/m<sup>2</sup> (Abb. 2).

Populationsveränderungen aufgrund der Kulturen und der damit verbundenen Bewirtschaftungsmassnahmen manifestieren sich auf Burgrain vor allem bei den grossen, anözischen Regenwürmern, wie z. B. *Nicodrilus*-Arten (Abb. 2 + 3). Letztere wurden besonders beim Weizenanbau dezimiert beziehungsweise durch Klee graswiese gefördert.

**Einfluss der Bodenbeschaffenheit (Parzellen):** Beim Vergleich der Ergebnisse verschiedener Parzellen fiel einzig die Parzelle Kastelen mit dem eher trockenen, sandigen Moräneboden auf. Sie wies in den drei Kontrolljahren tiefere Werte auf als die übrigen fünf Parzellen mit den feuchten, lehmigen Schwemmlandböden. Parzellenbezogene Unterschiede können jedoch erst nach Ablauf der sechsjährigen Fruchtfolge gesichert ermittelt werden.

**Einfluss der Anbausysteme:** Im Mittel der drei Jahre wurde in den extensiveren Systemen eine leicht höhere Regenwurmbiomasse als bei IP<sub>int</sub> festgestellt (Tab. 1). Die Anzahl der Individuen war bei IP<sub>ext</sub> um 11 % und bei BIO um 20 % gesichert höher als bei IP<sub>int</sub>. In den einzelnen Parzellen und Jahren waren diese Unterschiede jedoch selten statistisch gesichert. Die anözischen Arten stellten den Hauptteil an der Gesamtbiomasse. Anzahlmässig dominierten hingegen die kleineren endogäischen Arten.

Zwischen den Anbausystemen, die sich ja bezüglich Kulturenabfolge und Bodenbeschaffenheit nicht unterscheiden, wurden im Mittel der drei Jahre nur bei Sommergerste (Abb. 2) gesi-

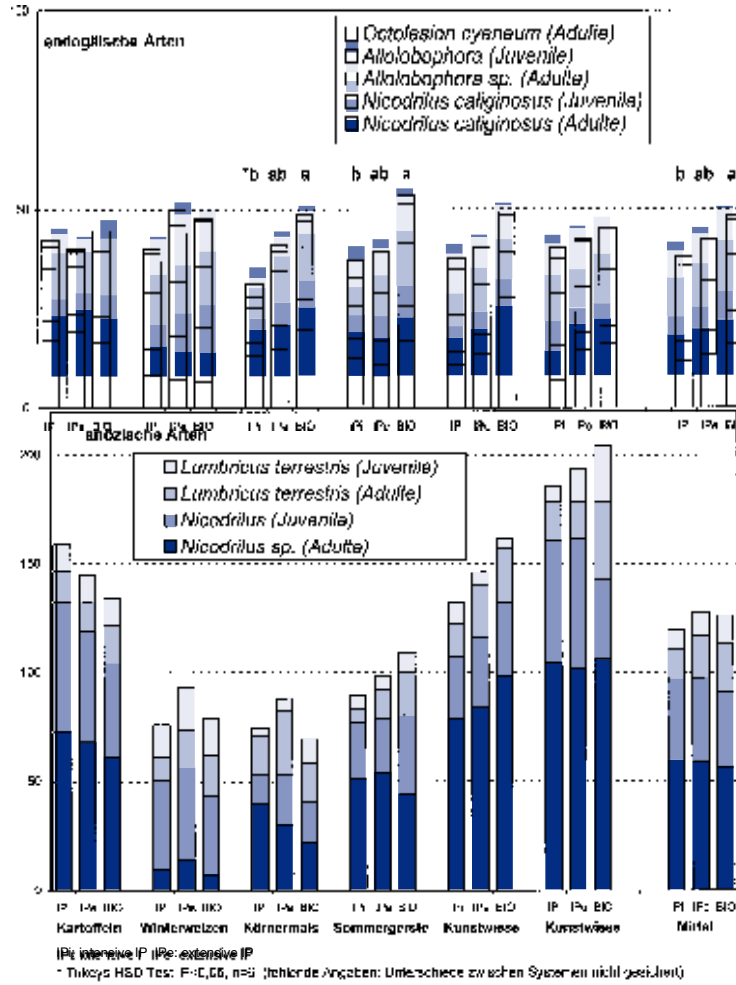


Abb. 3. Biomasse (g/m<sup>2</sup>) der verschiedenen Regenwurmartens auf Burgrain (Mittelwerte der Anbausysteme pro Kultur 1997 bis 1999).

Tab. 1. Regenwurmartens in den Anbausystemen auf Burgrain (Mittelwerte 1997-1999)

Regenwurmartens	Biomasse g pro m <sup>2</sup>			Anzahl Individuen pro m <sup>2</sup>					
	IP <sub>int</sub> *	IP <sub>ext</sub> *	BIO*	IP <sub>int</sub> *	IP <sub>ext</sub> *	BIO*			
<b>Epigäische</b>									
Adulte	<i>Lumbricus rubellus rubellus</i>			0,9	0,8	0,9	1,0	1,0	1,3
	<i>Lumbricus castaneus</i>			0,5	0,3	0,0	0,1	0,1	0,0
Juvenile	<i>Lumbricus</i> sp.			3,5	2,9	4,5	9,0	9,7	13,3
<b>Endogäische</b>									
Adulte	<i>Nicodrilus caliginosus calig.</i>			11,5 b	13,2 ab	15,9 a	29,5 b	37,1 ab	44,2 a
Juvenile	<i>Nicodrilus caliginosus calig.</i>			5,2 b	6,3 b	8,3 a	39,3 b	48,8 ab	59,2 a
Adulte	<i>Allolobophora rosea</i>			3,6	2,9	3,3	11,6	9,7	11,6
	<i>Allolobophora chlorotica chlorotica</i>			0,3	0,9	1,6	0,9 b	3,4 a	3,5 a
	<i>Allolobophora icterica</i>			7,3	8,6	9,4	8,7	10,6	11,4
	<i>Octolasion cyaneum</i>			2,5 a	1,7 ab	0,8 b	1,6 a	1,0 ab	0,5 b
Juvenile	<i>Allolobophora</i> sp.			7,6	8,5	8,9	31,5	34,7	34,7
<b>Anözische</b>									
Adulte	<i>Nicodrilus longus longus</i>			46,6	47,5	41,4	20,7	20,3	18,0
	<i>Nicodrilus nocturnus</i>			12,8	11,1	15,1	6,6	6,1	8,4
Juvenile	anözische <i>Nicodrilus</i>			37,3	38,9	34,1	58,9	60,2	56,3
Adulte	<i>Lumbricus terrestris</i>			13,9 b	19,1 ab	22,2 a	4,1 b	5,4 ab	6,2 a
Juvenile	<i>Lumbricus terrestris</i>			8,6	10,7	13,2	6,7	9,4	8,9
<b>Gesamtmittel 1997-1999</b>				<b>163</b>	<b>174</b>	<b>180</b>	<b>232 b</b>	<b>258 ab</b>	<b>279 a</b>
<b>Verhältnis zu IP<sub>int</sub> = 100 %</b>					<b>107 %</b>	<b>111 %</b>		<b>111 %</b>	<b>120 %</b>

\*P < 0,05 Tukeys HSD Test (keine Angaben: Unterschiede nicht gesichert)



Abb. 4. Vor allem grosse Regenwürmer werden durch den Pflugeinsatz reduziert.



cherte Unterschiede im Regenwurm-Vorkommen festgestellt. Gesicherte Populationsunterschiede waren vor allem bei den endogäischen Arten gut erkennbar (Abb. 3). Besonders bei den Kulturen Winterweizen, Körnermais, Sommergerste und im ersten Kunstwiesenjahr sieht es aus, als würde diese Artengruppe durch die mit dem Anbausystem verbundene Bewirtschaftung beeinträchtigt ( $IP_{int}$ ) oder gefördert ( $IP_{ext}$  und BIO). Diese Unterschiede sind bei der Anzahl Individuen noch stärker. Die Ergebnisse wurden besonders durch die Art *Nicodrilus caliginosus*, sowohl Adulte wie Juvenile, beeinflusst (Tab. 1). Gegenteilig verhielt sich die endogäische Art *Octolasion cyaneum*. Sie war in  $IP_{int}$  stärker vertreten als in BIO, hat aber durch das spärliche Auftreten die Daten wenig beeinflusst. Im Mittel der endogäischen Gruppe war die Regenwurmbiomasse bei  $IP_{int}$  gesichert tiefer als bei BIO. Bei der Anzahl endogäischer Regenwürmer waren die ansteigenden Mittelwerte ( $IP_{int} < IP_{ext} < BIO$ ) der drei Anbausysteme gegenseitig gesichert verschieden.

Im Durchschnitt der drei Erhebungsjahre und sechs Parzellen zeigte auch die anözische Art *Lumbricus terrestris* bei  $IP_{int}$  gesichert tiefere Werte an als bei

BIO. Gesamthaft wiesen die anözischen Arten jedoch in keiner Kultur gesicherte System-Differenzen auf, wie beispielsweise im DOK-Versuch (Pffiffner *et al.* 1993). In den Kulturen Sommergerste und Kunstwiese sind jedoch leichte Zunahmen von  $IP_{int}$  zu  $IP_{ext}$  zu BIO erkennbar (Abb. 3). Für diese Zunahmen war hauptsächlich die Art *Lumbricus terrestris* verantwortlich. Sie wurde jedoch durch die dominierende Art *Nicodrilus longus* etwas verdrängt. Der Anteil von *Lumbricus terrestris* an den anözischen Arten betrug bei der Biomasse durchschnittlich 23,5 % und bei der Anzahl Individuen 14 %.

Die Biomasse der epigäischen Arten weist nach Kartoffeln den höchsten Wert auf (Abb. 2). Er wurde durch den hohen Anteil juveniler *Lumbricus*-Arten bestimmt, welche vermutlich aus der vorangegangenen Kunstwiese herkommen. Zu diesen Arten werden auch die kleineren Exemplare von *Lumbricus terrestris* gezählt. Diese verhalten sich in den ersten Entwicklungsstadien nicht anözisch sondern epigäisch. Zudem können sie im jungen Stadium bei der Bestimmung nicht von den anderen *Lumbricus*-Arten *L. rubellus* und *L. castaneus* unterschieden werden (Tab. 1).

## Ursachen der Systemunterschiede

Auf welche Faktoren können die leicht höheren Regenwurmdichten in den extensiven Anbausystemen bei einzelnen Arten zurückgeführt werden? Die folgenden Unterschiede in der Bodenbearbeitung zwischen den Systemen könnten einen Einfluss gehabt haben: Die Systemverfahren  $IP_{ext}$  und BIO werden seit 1997 Onland gepflügt. Bei  $IP_{int}$  wird das Saatbett in der Regel feiner und intensiver bearbeitet als in den übrigen Anbauverfahren. Für die Ansaat der Sommergerste wurde bei  $IP_{ext}$  der Grubber anstelle des Pfluges eingesetzt (Regenwurmschonung, Sturny 1988). Die Einsaat des Zwischenfutters nach Winterweizen ( $IP_{ext}$ ) und Kunstwiese nach Sommergerste (BIO) erfolgten in einzelnen Jahren durch Direktsaat. Zudem wurden in BIO und  $IP_{ext}$  mechanische Unkrautregulierungen durchgeführt.

Der den Regenwürmern zuträgliche Stapelmist wurde in allen drei Systemen, die höchste Menge gar bei  $IP_{int}$ , ausgebracht. Beim Körnermais wurde der Mist im Anbauverfahren BIO stets nur oberflächlich eingearbeitet. Eine leichte Beeinträchtigung der Regenwürmer könnten auch die höheren Güllegaben bei  $IP_{int}$  in den Kleegraswiesen verursacht haben. In den Ackerkulturen wurde Gülle überwiegend bei  $IP_{ext}$  und BIO verabreicht und hat dort die Regenwurmbestände kaum positiv beeinflusst (Tabelle in Abb. 2).

Neben der mineralischen Düngung in  $IP_{int}$  und  $IP_{ext}$  verbleiben noch Pflanzenschutzmassnahmen oder deren indirekte Auswirkungen als mögliche Gründe. In Burgrain werden jedoch seit 1994 keine stark regenwurmtoxischen Pflanzenschutzmittel mehr ausgebracht. Insektizide Granulate wurden auch beim intensiven Anbauverfahren

ren nie eingesetzt. Hingegen könnte der Verzicht auf Herbizide bei BIO in den Ackerkulturen bewirkt haben, dass den Regenwürmern durch die teils stärkere Verunkrautung ein grösseres Nahrungsangebot zur Verfügung stand (Jäggi *et al.* 1995; Daniel 1990).

## Literatur

- Ammon H.U., 1984. Worm toxicity tests using *Tubifex tubifex*. Les Colloques de l'INRA 31, 303-317.
- Bieri M. und Cuendet G., 1989. Die Regenwürmer, eine wichtige Komponente von Ökosystemen. *Schweiz. Landw. Forschung* 28 (2) 81-96.
- Bouché J.M., 1972. Lombriciens de France, écologie et systématique. Annales de Zoologie-Écologie animale INRA Publ. 72-2, 1-671.
- Cuendet G., 1995. Identification des lombriciens de Suisse, G. Cuendet, Vauderens, 1-19.
- Cuendet G., 1997. Die Regenwurm-Fauna von Dauergrünland des Schweizer Mittellandes. BUWAL, *Schriftenreihe Umwelt Nr.* 291, 1-92.
- Daniel, O., 1990. Life cycle and population dynamics of the earthworm *Lumbricus terrestris* L.. Diss. ETH Zürich, Nr. 9211, 1-77.
- Dubois D., Fried P.M., Malitius O. und Tschachtli R., 1995. Burgrain: Direktvergleich dreier Anbausysteme. *Agrarforschung* 2 (10), 457-460.
- Dubois D., Zihlmann U., Fried P.M., Tschachtli R. und Malitius O., 1999. Burgrain: Erträge und Wirtschaftlichkeit dreier Anbausysteme. *Agrarforschung* 6 (5), 169-172.
- Edwards C.A., 1983. Earthworm ecology in cultivated soils. In: Earthworm Ecology. Ed. J.E. Satchell, Chapman and Hall, London, pp 123-137.
- Högger Ch., 1993. Mustard flour instead of formalin for the extraction of earthworms in the field. Bulletin BGS 17, 5-8.
- Jäggi W., Oberholzer H.R. und Waldburger M., 1995. Vier Maisanbauverfahren: Auswirkungen auf das Bodenleben. *Agrarforschung* 2 (9), 361-364.
- Pfiffner L., Mäder P., Besson J.-M. und Niggli U., 1993. DOK-Versuch: Vergleichende Langzeit-Untersuchungen in den drei Anbausystemen biologisch-Dynamisch, Organisch-biologisch und Konventionell. *Schweiz. Landw. Forschung* 32 (4), 547-563.
- Pfiffner L. und Luka H., 1999. Faunistische Erfolgskontrolle von unterschiedlichen Anbausystemen und naturnahen Flächen im Feldbau - Bedeutung des ökologischen Landbaus. *Mitteilung Biol. Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem*, H. 368, 57-67
- Sturny W.G., 1988. Konservierende Bodenbearbeitung und neue Sätechnik - Wechselwirkungen auf Boden und Pflanzen. *Landwirtschaft Schweiz* 1 (3), 141-152.
- SVIAL, 1992. Empfehlungen für den integrierten Acker- und Futterbau. Landwirtschaftliche Lehrmittelzentrale Zollikofen, 1-54.
- Tschachtli R., Dubois D., Fried P.M. und Malitius O., 1993. Projekt naturnahe Landwirtschaft Burgrain: Versuchsanlage und erste Resultate. *Landwirtschaft Schweiz* 6 (19), 597-604.
- Zihlmann U., Weisskopf P., Dubois D. und Tschachtli R., 1999. Burgrain: Bodenstruktur in unterschiedlichen Anbausystemen. *Agrarforschung* 6 (5), 165-168.

## RÉSUMÉ

### L'influence de trois systèmes de production sur les populations de vers de terre à Burgrain (Suisse)

Le nombre de vers de terre varie principalement selon les mesures culturales spécifiques. Ceci est le résultat de l'étude des populations de vers de terre menée dans une rotation de six cultures avec trois systèmes de production à Burgrain de 1997 à 1999. En particulier, l'emploi de la charrue en octobre avant le blé d'automne et en mai avant le maïs a décimé les vers de terre anéciques (période d'activité principale des vers). Mais les populations se sont régénérées pendant les deux années de prairies artificielles. En nombre, elles ont augmenté de 34 % et en biomasse de 66 %. Entre les systèmes de production, nous n'avons constaté que peu de différences. Une analyse des communautés a révélé des différences statistiquement significatives concernant un plus grand nombre de vers endogés dans les systèmes de culture biologique que dans les systèmes intégrés.

## SUMMARY

### The influence of three different farming systems on the earthworm populations at Burgrain (Switzerland)

Between 1997 - 1999, earthworm populations were investigated in a six years' crop rotation with three different farming systems at Burgrain. The biomass was mainly influenced by the crop specific cultivation method. Especially negative for anecic groups of species were ploughing in autumn before winter wheat and ploughing in spring before maize (periods of main lumbricid activity). During the following two years of meadows, the earthworm populations recovered again. The number of earthworms increased by 34 % and the biomass increased by 66 %. Among the farming systems, only small differences were found. However a detailed analysis of the communities of earthworm showed that significantly more earthworms of endogenic species were present in organic farming systems than in the intensive farming systems.

**Key words:** earthworms, arable farming systems, cultivation practice, crop rotation