

Regenwurmpopulationen in ackerbaulich genutzten Flächen und deren Randbereichen. I. Östliches Harzvorland

Christine Hemmann¹⁾ und Günter Leithold²⁾

Abstract

This paper studied earthworm populations in fields under practical cultivation in the Eastern Harzforeland (Germany). The examined sites differed insignificantly in their climatic and soil conditions.

The examination was a comparison between a field and a narrow edge or meadow. A combination of Oktett method and handsorting was used.

The following results were obtained:

In five different habitats seven earthworm species were discovered. The most frequently found were *A. rosea*, *A. caliginosa*, and *A. chlorotica*. There were clear differences in species between the habitats of each site. Generally the edge or the meadow contained one (Zoeberitz) or two (Zscherben) more species than the field. The composition of species differed between 1990 and 1992. In the dry Autumn of 1991 there were less species found at both sites. The occurrence of earthworm species depends on the weather. Moisture influencing similarity of abundance and biomass were recorded in three out of four habitats. Starting on a high level in Autumn 1990 the abundance as well as biomass decreased until Autumn 1991 and increased the following year. The number from 1990 were never reached again during the examination. One year of normal precipitation was not enough to return the population to the beginning level.

Great differences in the number of earthworms between the compared habitats suggest that the edges and meadows are a potential immigration source into a field which is poor on earthworms. Structures of distribution near the edge refer to a migration from a high populated edge into an almost empty field.

1) Duksung Women's University, 419 Ssangmun-dong, Tobong-ku, Seoul, 132-714 Korea

2) Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Institut für Acker und Pflanzenbau, Ludwig-Wucherer-Str. 2, 06015 Halle, Germany

1. Einleitung

Die gegenwärtige Nutzungs- und Belastungsintensität der landwirtschaftlichen Primärproduktion ist zunehmender Kritik ausgesetzt. Neue Strategien in der Landwirtschaft, zu denen der ökologische und integrierte Landbau zählen, nutzen wieder verstärkt das Selbstregulierungsvermögen der Böden. Das setzt voraus, daß zunächst das Bodenleben eine Förderung über die Zufuhr organischer Substanz erfährt.

Die Eingliederung des Bodenlebens in den Forschungskomplex Bodenfruchtbarkeit ist stärker denn je erforderlich, zum einen, da die o.g. neuen Formen der Landbewirtschaftung langfristig auf die Wirkungen von Lumbriciden für die Bodenfruchtbarkeit angewiesen sind, und zum anderen, da die Regenwürmer ebenfalls als Gradmesser für die Umweltverträglichkeit einer Landbewirtschaftungsmethode fungieren (SCHMIDT, 1992).

Der vorliegende Artikel beschreibt Regenwurmpopulationen des Östlichen Harzvorlandes (Deutschland). Die Standorte sind nach den nächstgelegenen Ortschaften benannt. Der Terminus "Standort" umfaßt jeweils zwei miteinander verglichene Flächen. Diese Flächen, auch als "Habitate" bezeichnet, waren jeweils ein Acker (Feld) und ein angrenzender Rain bzw. eine angrenzende Wiese.

2. Standort und Bewirtschaftung

Klima

Die hier untersuchten Standorte liegen im mitteldeutschen Trockengebiet. Der Jahresniederschlag des Standortes Zscherben, ca. 3 km westlich von Halle-Zentrum, beträgt 474 mm (Mittel 1951 – 1989) (Abb. 1). In Zöberitz, ca. 7 km östlich von Halle-Zentrum, ist der Jahresniederschlag 465 mm (Mittel 1965 – 1989) (Abb. 2). Die Jahresdurchschnittstemperatur im Großraum liegt bei 8.9°C. Das Jahr 1991 war ab Juli durch eine lange Sommertrockenheit gekennzeichnet. Insgesamt fielen 164 mm (Zscherben) bzw. 104 mm (Zöberitz) weniger Niederschlag als im langjährigen Mittel. 1992 regnete es überdurchschnittlich viel. Gegenüber den langjährigen Mitteln stieg der Jahresniederschlag um 76 mm (Zscherben) bzw. 131 mm (Zöberitz).

Boden

Das Östliche Harzvorland nimmt den südlichen Teil des Schwarzerdegebietes von Sachsen-Anhalt ein. Die Bildung der Schwarzerden begann in der nacheiszeitlichen Wärmezeit. Kalkreiches Ausgangsmaterial (Löß), semiarides Klima und steppenartige Vegetation waren die entscheidenden Voraussetzungen (ALTERMANN und MAUTSCHKE, 1972).

Die Variabilität der Schwarzerden im Raum Halle ist aufgrund von wechselnden Lößmächtigkeiten und unterschiedlicher Substratzusammensetzung des Lösses groß (ALTERMANN und SCHRÖDER, 1992).

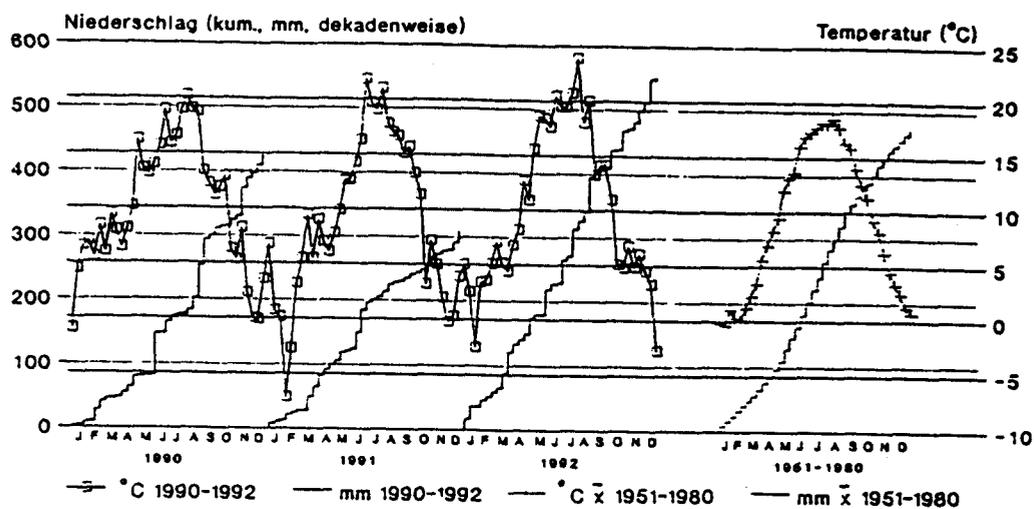


Abb. 1: Klimadiagramm von Zscherben (Daten der agrarmeteorologischen Forschungs- und Beratungsstelle Halle-Kröllwitz)

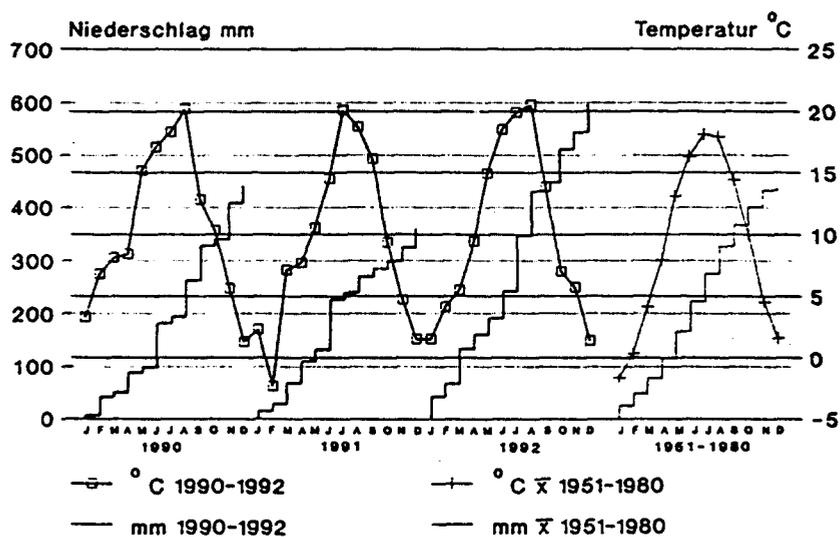


Abb. 2: Klimadiagramm von Zöberitz (Daten des agrarmeteorologischen Versuchsfeldes Zöberitz)

Zscherben und Zöberitz liegen im Sandlößgürtel. Beide Standorte (Acker und Vergleichsfläche) zählen zum Bodentyp 'Typischer Tschernosem Mitteldeutschlands', FAO-Nomenklatur 'Haplic Phaeozem' (vgl. HEMMANN, 1994).

Bewirtschaftung

Der Acker in Zscherben gehörte seit 1980 zu einer extensiven Fruchtfolge (Außenrotation), in der weder Hackfrüchte angebaut noch organische Dünger ausgebracht wurden. (Tab. 1). Die ROS-Versorgung¹⁾ mit 42% war unzureichend. Es handelte sich um eine Mais-Getreide-Rotation. Das Stroh verblieb auf dem Feld und wurde breitgehäckselt. Abb. 3 zeigt den Anbau der Jahre 1990-1992 zusammen mit den Terminen der Regenwurmprobenahmen. 1991 war der Maisbestand nur schwach entwickelt und stark mit *Agropyron repens* verunkrautet. Die Hauptbearbeitungsrichtung verlief parallel zur Wiese. Beim Pflügen entstand eine 25 cm tiefe Ausackerfurche.

Die Vergleichsfläche Wiese schloß sich in nördlicher Richtung an den Acker an. Der Grasbestand wurde im Untersuchungszeitraum nicht gemäht.

Die Fläche ist als ruderales Glatthafer-Wiesen-Fragment zu bezeichnen und zählt zur Assoziation Arrhenatheretum elatioris Br.-B1. ex Scherr. 25 (OBERDORFER, 1983).

Als weiteres naturnahes Ökosystem wurde einmalig ein Wäldchen beprobt, das sich auf der anderen Ackerseite befindet. Im Baumbestand dominieren Arten der Genera *Quercus* L. (Eiche), *Aceraceae* JUSS. (Ahorngewächse), *Fagus* L. (Buche), *Populus* L. (Pappel).

Das Feld in Zöberitz wurde intensiv bewirtschaftet und enthielt mehrere Gemüsekulturen in der Fruchtfolge (Tab. 1). Abb. 4 zeigt die angebauten Pflanzenarten im Untersuchungszeitraum. Der Acker ist über die gesamte Fläche dräniert und kann beregnet werden. Von der Beregnung ausgeschlossen war das Getreide (1990, 1991). Gepflügt wurde parallel zum Ackerrain (Ausackerfurche). ROS-Abdeckung: 70%.

Als Vergleichsfläche diente ein anliegender Ackerrain. Hier waren die Hydranten zur Feldberegnung stationiert. Da diese z.T. undicht waren, entstand in ihrem Umkreis (ca. 10 cm) eine Fläche mit erhöhter Bodenfeuchte. Der Rain gehört zu den Ackerwinden-Kriechquecken-Rasen, Assoziation *Convolvulo arvensis* - *Agropyretum repentis* Felf. 43 (OBERDORFER, 1983).

1) Reproduktionswirksame organische Substanz: Charakterisiert die Humusversorgung (vgl. AUTORENKOLLEK-TIV, 1981); hier: schlagbezogene ROS-Bilanz, errechnet auf der Grundlage von Fruchtarten und organischer Düngung, vgl. Tab. 1.

Standort	Jahr	Fruchtart	Brutto-	Humus-	Netto-	Stroh-	Stall-	Gülle	Gesamt	Bilanz	Abdek-
			bedarf	mehrer	bedarf	düng.	dung	t/ha	zufuhr	t/ROS	ha
			tROS/ ha	tROS/ ha	tROS/ ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ROS ha	t/ROS ha	
Zscher-	86	WW	-2,0		-2,0	3,0			1,7	-0,4	82,5
ben	87	WW	-2,0		-2,0	3,0			1,7	-0,4	82,5
	88	M	-2,0		-2,0	3,0			0,0	-3,9	0,0
	89	WW	-2,0		-2,0	3,0			1,7	-0,4	82,5
	90	WG	-2,0		-2,0	3,0			1,7	-0,4	82,5
	91	M	-3,9		-3,9				0,0	-3,9	0,0
Fruchtfolge			-2,6	0,0	-2,6	2,0	0,0	0,0	1,1	-1,5	41,8
Zöberitz	82	WWeid		3,0	3,0				3,0	3,0	
	83	WW	-2,0		-2,0				0,0	-2,0	0,0
	84	Kart+GB	-4,2		-4,2		30,0		6,0	1,8	142,9
	85	WW	-2,0		-2,0				0,0	-2,0	0,0
	86	SG	-2,0		-2,0				0,0	-2,0	0,0
	87	G-erbsen		0,7	0,7				0,7	0,7	
	88	WW	-2,0		-2,0				0,0	-2,0	0,0
	89	ZR	-5,2		-5,2		45,0		9,0	3,8	173,1
	90	SG	-2,0		-2,0				0,0	-2,0	0,0
	91	WW	-2,0	-2,0				0,0	-2,0	0,0	
	92	Sellerie	-5,2		-5,2				0,0	-5,2	0,0
Fruchtfolge			-2,4	0,3	-2,1	0,0	6,8	0,0	1,7	-0,7	70,3

Tab. 1: Fruchtfolge und ROS-Bilanzen der untersuchten Acker

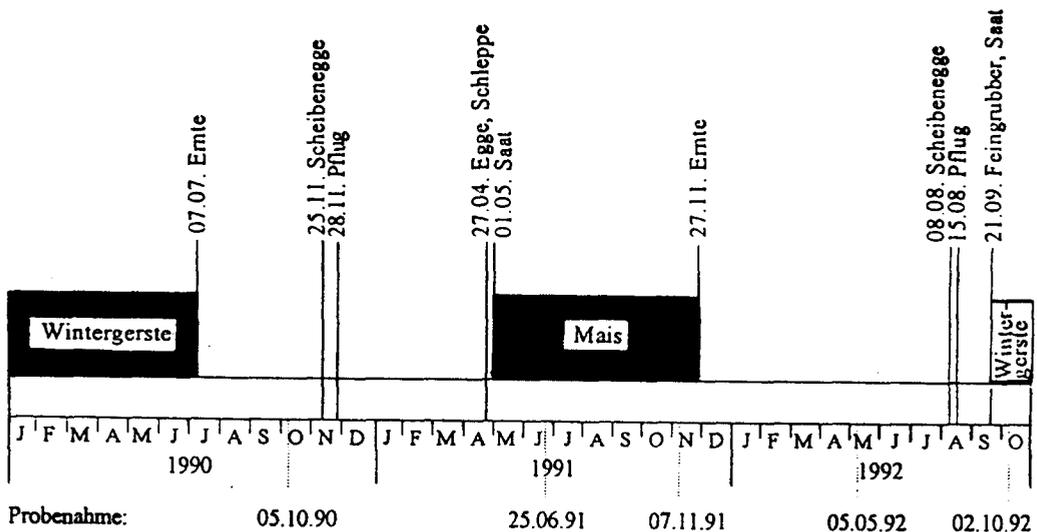


Abb.3: Angebaute Kulturen, Bewirtschaftungsmaßnahmen und Termine der Regenwurmprobenahmen des Ackers Zscherben

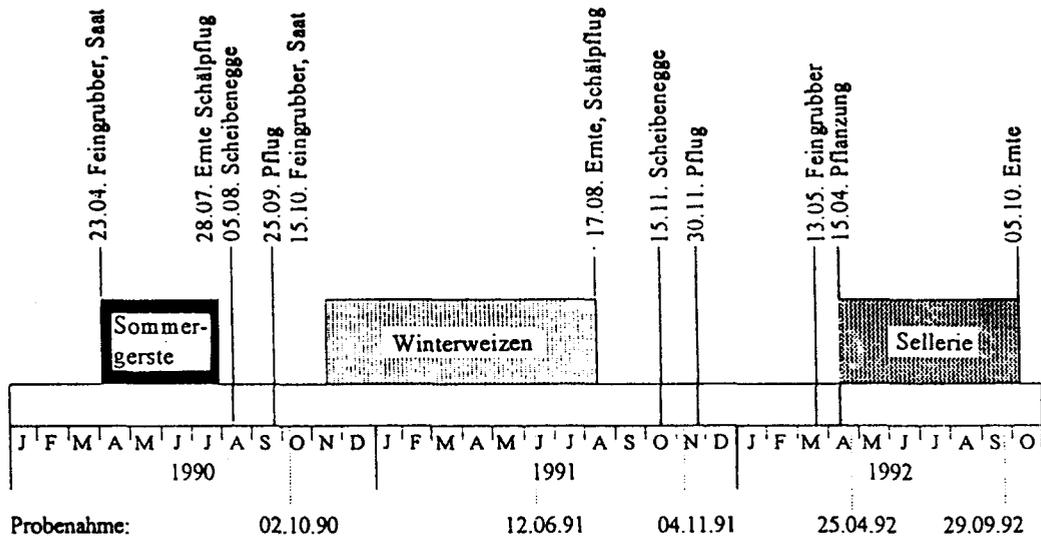


Abb. 4: Angebaute Kulturen, Bewirtschaftungsmaßnahmen und Termine der Regenwurmprobenahmen des Ackers Zöberitz

3. Methoden

Regenwurmfang

Zwei Standardmethoden zur quantitativen Regenwurmbestimmung, die Oktettmethode (THIELEMANN, 1986) und die Handauslese, wurden genutzt. Über deren Vor- und Nachteile sowie deren Anwendbarkeit auf einzelne Arten liegen in der Literatur hinreichend Beschreibungen vor (WILCKE, 1955; SATCHELL, 1989; THIELEMANN, 1989; EHRMANN und BABEL, 1991; SCHINNER et al., 1993).

Zuerst wurden die Regenwürmer mit Reizimpulsen durch Strom ausgetrieben. Nach Voruntersuchungen konnte die Laufzeit der Geräte auf 30 Minuten festgelegt werden. Eine Steigerung der Spannung im Fünf-Minuten-Rhythmus sollte eine möglichst gleichmäßige Stromwirkung auf große und kleine Individuen sowie Tiere in unterschiedlicher Lage im elektrischen Feld erzeugen. Erschienen die Tiere an der Oberfläche, wurden jene innerhalb und unter dem Begrenzungsring vorsichtig eingesammelt. Anschließend begann die Handauslese.

Dazu wurde die Untersuchungsfläche entlang des Ringes mit dem Spaten abgestochen und ausgehoben. Das Verlesen per Hand erfolgte auf einer Plastikfolie.

Die Genauigkeit beider Methoden ist von der Bodenfeuchte abhängig. Bei Trockenheit leidet der

Boden den elektrischen Strom weniger gut; die Elektroden lassen sich nur schwer einstechen. Die Oktettmethode fand Anwendung, wenn die Elektroden eine Mindesttiefe von 20 cm erreichten (Elektrodenlänge 60 cm).

Auch die Handauslese ist feuchteabhängig. Nachgegraben wurde bis zu 35 cm Bodentiefe. Ein ausgetrockneter oder verfestigter Boden erschwerte die Arbeit; dann bildete spätestens die Pflugsohle die Untersuchungsgrenze in die Tiefe.

Die Effizienz der Oktettmethode betrug 0 bis 71% im Vergleich zur Handauslese. Für die Handauslese konnte eine Effizienz von 75 bis 97% der "absoluten" Zahl an Regenwürmern ermittelt werden. Letztere wurde durch dreimalige Handauslese nährungsweise bestimmt. Die Spanne von 75 bis 97% liegt der Untersuchung als möglicher Fehlerbereich zugrunde.

Die Probefläche war durch die Oktettmethode, deren Ring 0.125m² einschließt, festgelegt.

Pro Termin wurde mit jeweils 8 Wiederholungen auf Acker und Rain/Wiese gearbeitet.

Da die Würmer sehr ungleichmäßig im Boden verteilt sind (SATCHELL, 1958; LEE, 1985; DICKEY and KLADIVKO, 1989) resultierten aus den 8 Wiederholungen hohe Standardabweichungen, die keine Mittelwertbildung erlaubten. Alle Werte für Individuendichte und Biomasse entsprachen der Summe der 8 Parallelen. Sie wurden als "ein untersuchter Quadratmeter" behandelt.

Die Anordnungen der Probeflächen waren regional unterschiedlich. Das untersuchte Areal der Äcker und der Wiese schloß eine Fläche von je 15 x 20 m ein. In dem Ackerrain war der Abstand zwischen den einzelnen Wiederholungen geringer. Die Vergleichsflächen befanden sich annähernd auf gleicher Höhe.

Insgesamt kamen 5 Untersuchungstermine zustande. Diese lagen jährlich im Frühjahr und Herbst, den Hauptaktivitätszeiten der Lumbriciden (SATCHELL, 1967).

Die Determination der Art erfolgte bis auf Ausnahmen am lebenden Tier. Anwendung fand die Bestimmungsliteratur von GRAFF (1953a), ZICSI (1965), DUNGER und FIEDLER (1989) und SIMS and GERARD (1985); Nomenklatur nach EASTON (1983). Nach äußeren Geschlechtsmerkmalen werden nur adulte Tiere bis zur Art bestimmt.

Die Biomasse der Lumbriciden wurde nach Spülen in klarem Wasser und anschließendem kurzen Trocknen auf Filterpapier festgestellt. Die Wägung erfolgte mit Darminhalt der Würmer.

Artenidentität I_A (Gemeinschaftskoeffizient, Jaccardsche Zahl): ist ein Maß zum qualitativen Vergleich zweier Gemeinschaften nach Arten.

Berechnung nach JACCARD: $I_A = g(a + b - g) \times 100$ (BICK, 1989)

g = Zahl der in beiden Gemeinschaften gemeinsamen Arten;

a = Zahl der Arten in Gemeinschaft 1;

b=Zahl der Arten in Gemeinschaft 2.

Individuendominanz D_n (%): kennzeichnet den Dominanzgrad einer Art in einer Gemeinschaft auf der Basis absoluter Individuenzahlen.

Berechnung: $D_n = a/S \times 100$ (BICK, 1989)

a=Zahl der Organismen der Art A in der Gemeinschaft;

S=Summe aller Individuen aller Arten in der Gemeinschaft.

Die Dominanz wird hier nach ENGELMANN (1978, zit. in MÜHLENBERG, 1989) klassifiziert:

Hauptarten:	eudominant	32,0–100 %
	dominant	10,0–31,9 %
	subdominant	3,2–9,9 %
Begleitarten:	rezedent	1,0–3,1 %
	subrezedent	0,32–0,99 %
	sporadisch	unter 0,32 %

In diese Rechnung gingen nur die bis zur Art bestimmten adulten Tiere ein.

Statistische Analyse

Diese sollte im wesentlichen zur Klärung der nachstehenden Fragen dienen: a) Existieren Unterschiede im Artenspektrum der benachbarten Habitate Acker und Rain/Wiese? und b) ist das Auftreten der Species stärker vom Ort (Fläche, Habitat) oder vom Termin der Probenahme abhängig?

Zur statistischen Sicherung der Vergleichsuntersuchungen fand die dreidimensionale Kontingenztafelanalyse (ADAM et al., 1977; DÖRFEL und PRIESEMUTH, 1984) Anwendung.

Alle Signifikanzen beinhalten eine Irrtumswahrscheinlichkeit von $\alpha=5\%$

4. Ergebnisse

Bei ökologischen Untersuchungen unterschiedlicher Standorte ist das Vorkommen von Arten, unabhängig von ihrer Abundanz, von großer Bedeutung.

In den zwei Untersuchungsstandorten waren 7 Lumbricidenarten vertreten: *Allolobophora chlorotica chlorotica* (Savigny, 1826), *Allolobophora cupulifera* Tetry, 1937, *Aporrectodea longa longa* (Ude, 1985), *Aporrectodea rosea rosea* (Savigny, 1826), *Lumbricus terrestris* Linnaeus, 1758, *Octolasion cyaneum* (Savigny, 1826) und *Octolasion lacteum* (Örley, 1881).

Zscherben

Im Acker Zscherben konnten sich kleine bis mittlere Populationen von 15 bis 53 Individuen/m² mit Biomassen zwischen 2 und 16 g/m² aufbauen (Abb. 5). In dieser Getreide–Mais–Rotation fielen

bis 1991 regelmäßig Getreiderückstände an. Von denen ernährten sich die Regenwürmer während der langen Teilbrache von Juli 1990 bis Mai 1991. Der nachfolgend angebaute Mais bedeckte den Boden nur spärlich (vgl. Abb. 3). Bis zum Herbst 1991 erreichten Individuendichte und Biomasse ein Minimum. Das Einzeltiergewicht von *A. caliginosa* betrug zu diesem Zeitpunkt nur 275 mg. Der Anstieg der Individuenzahlen bis zum Mai 1992 basierte z.T. auf der Bodenruhe, da die Maisstoppel nicht umgebrochen wurde. Zu diesem Zeitpunkt überstieg die Abundanz um 7 Individuen/m² geringfügig die Abundanz vom Oktober 1990. Auch stieg die Biomasse der *A. caliginosa*-Individuen auf 735 mg. Beginnend im August 1992 wurde der Acker dreimal bis zur Probenahme im Herbst bearbeitet. Bis Oktober sanken die Individuenzahlen erneut.

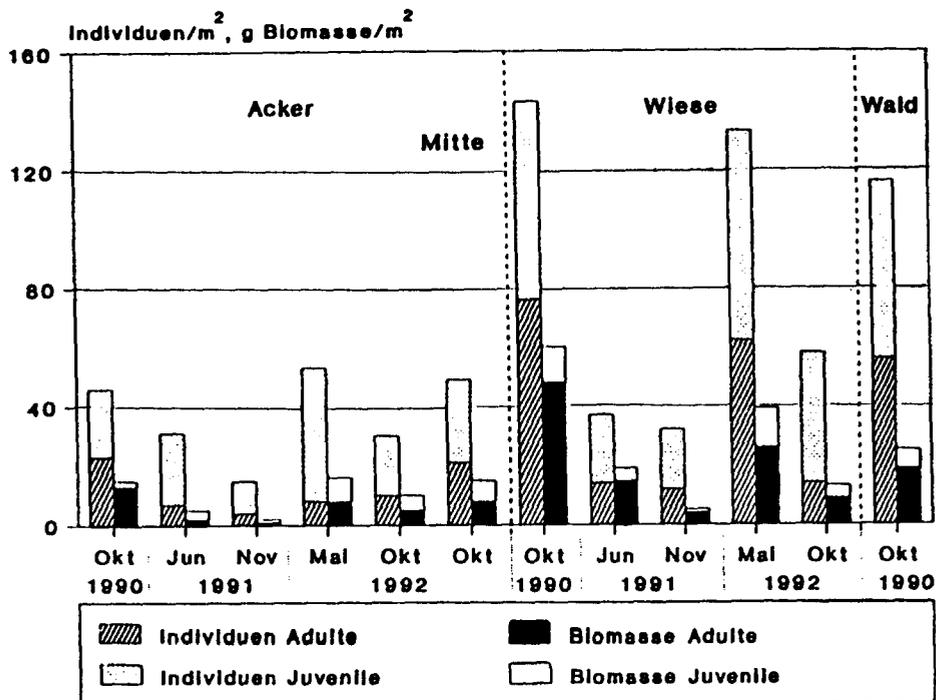


Abb. 5: Abundanz und Biomasse der Lumbriciden des Standortes Zscherben

Die Erhebungen am Feldrand repräsentieren den Acker hinreichend. Das belegte eine zusätzliche Probenahme im Mai 1992 in der Ackermitte. Hier wurden 49 Individuen/m² mit einer Biomasse von 15g/m² gefunden. In der Wiese Zscherben verläuft die populationsentwicklung parallel der des Ackers. In den klimatisch günstigen Jahren wurde ein ca. 3-facher Besatz gegenüber dem Acker erreicht. Die Individuenzahlen der Wiese sanken 1991 wesentlich stärker als die des Ackers.

Im Laubmischwald lag die Abundanz mit 116 Individuen/m² auf einem mittleren Niveau, bei geringer Biomasse von 25 g/m².

Die Hauptarten des Standortes waren *A. caliginosa* und *A. rosea* (Abb. 6). Keine der beiden Species

war zu allen Terminen eudominant oder dominant. In der Wiese traten *O. lacteum* und *A. chlorotica* hinzu. Exemplare von *L. terrestris* konnten in beiden Habitaten gefunden werden. Die errechnete Artenidentität beider Gemeinschaften betrug 60%.

In dem angrenzenden Wäldchen wurde die weder im Acker noch in der Streuobstwiese vorkommende Art *O. cyaneum* gefunden. Ob es sich hier um ein Relikt gegenüber der Agrarlandschaft handelt, konnte aus der geringen Zahl an Untersuchungen nicht abgeleitet werden.

Das Vorkommen der Species ist signifikant abhängig von den einzelnen Untersuchungsterminen und vom jeweiligen Habitat. Anhand der statistischen Prüfwerte überwiegt der Einfluß der Termine auf das Artenspektrum. Die Gesamtindividuenzahl ist vom Termin und vom Ort abhängig. Bei weiterer Aufschlüsselung der Abhängigkeit der Arten vom Termin auf die untersuchten Habitate reduzieren sich die signifikanten Unterschiede auf die Wiese.

Zöberitz

An dieser Stelle nicht näher beschriebene Voruntersuchungen verwiesen auf große Differenzen im Lumbricidenbesatz des Ackers. Die Probenahme im Feld wurde hier der zur Feldmitte hin erwarteten Abnahme der Abundanzen angepaßt. Das Ergebnis wird in Abb. 7 gezeigt. Je zwei Wiederholungen lagen parallel in einer genau bestimmten Entfernung vom Rain. Bei 8 Wiederholungen resultieren daraus vier Besatzzahlen (Summe aus 2 Wiederholungen). Mit größerer Distanz vom Rain nahm der Regenwurmbesatz ab. Während im Oktober 1990 zwei Lumbriciden/0,25m² in einer Entfernung von 18m gefunden wurden, erreichte die Individuendichte im Herbst 1991

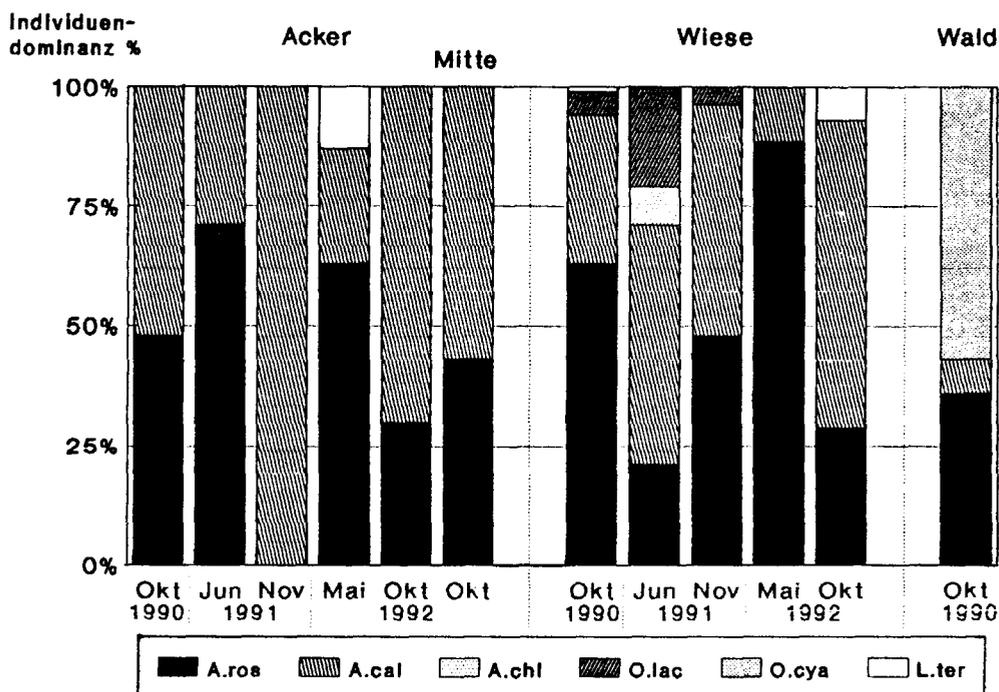


Abb. 6: Individuendominanzen des Standortes Zscherben

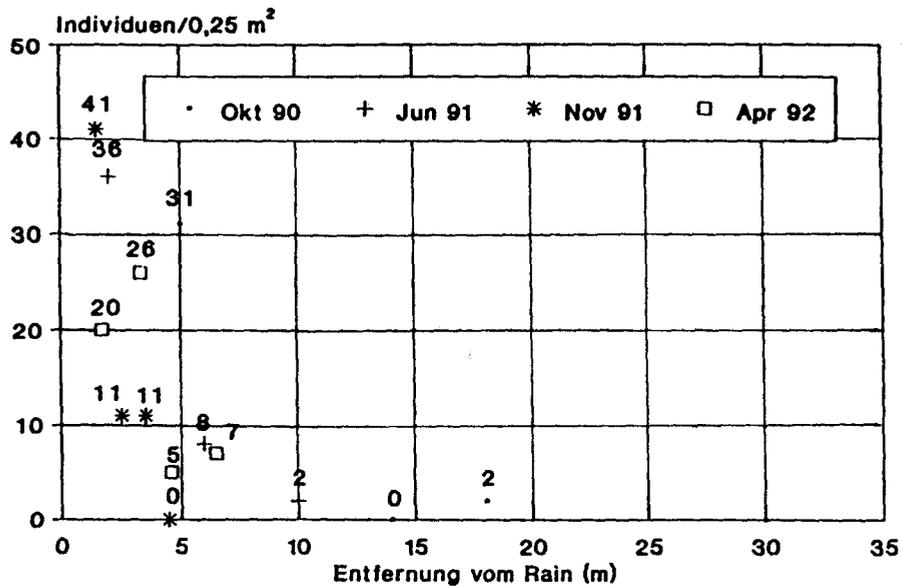


Abb. 7: Entfernung der Lumbriciden vom Rain (Standort Zöberitz)

den Null-Wert bereits bei 4,80m. Weitere detaillierte Probenahmen zur Schließung der Lücken aus Abb. 7 wären wünschenswert. Die Abundanzen des Ackers repräsentierten hier nicht den gesamten Schlag. Die Zahlen in Abb. 8 beziehen sich nur auf die Entfernung von 0 bis 18 m vom Ackerrain; in größerem Abstand war das Feld frei von Regenwürmern.

Standorttypische Ursachen für den geringen Regenwurmbesatz konnten nicht ermittelt werden. Im Rain zählte der Lumbricidenbesatz während fünf Probenahmen zwischen 151 und 667 Individuen/m². Beginnend auf sehr hohem Niveau wurde der tiefste Wert zur Herbsttrockenheit 1991 erreicht. Der schon in Zscherben beobachtete Witterungseinfluß spiegelte sich auch hier deutlich wieder. Die Biomasse schwankte zwischen 26 und 191 g/m².

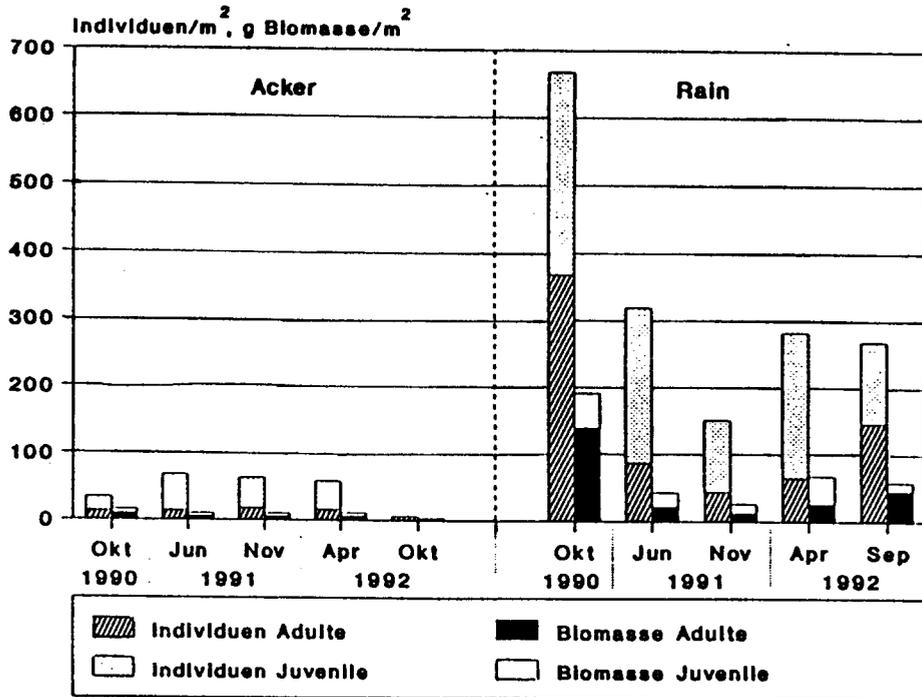


Abb. 8: Abundanz und Biomasse der Lumbriciden des Standortes Zöberitz

Das gefundene Artenspektrum umfaßte maximal 5 Species zu einem Untersuchungstermin, so zum ersten im Oktober 1990 (Acker) und zum vierten im April 1992 (Rain) (Abb. 9). Im Jahre 1991 bestand die Artengarnitur beider Vergleichsflächen fast ausschließlich aus *A. chlorotica*. Von den insgesamt 7 Arten des Standortes kamen 6 gemeinsam in beiden Flächen vor. Dies führt zu einem hohen Gemeinschaftskoeffizienten von 85%.

Die Abhängigkeit der Arten von den Terminen als auch vom Ort ist statistisch gesichert. Es überwiegt, ähnlich wie in Zscherben, der Einfluß der Termine, der im Rain signifikant ist. Die statistischen Angaben belegen, daß die Individuen stärker in Abhängigkeit von der Witterung als in Abhängigkeit vom Lebensraum auftreten.

5. Diskussion

Die Lumbricidendichte und deren artliche Zusammensetzung in einer Landschaft ist von vielfältigen Faktoren abhängig, zu ihnen zählen die Niederschlags- und Temperaturverhältnisse (WESTERNACHER-DOTZLER, 1988) als auch der Pflanzenbewuchs und dessen Verteilung (DICKEY and KLADIVKO, 1989). Bodeneigenschaften bedingen sich ebenfalls untereinander und

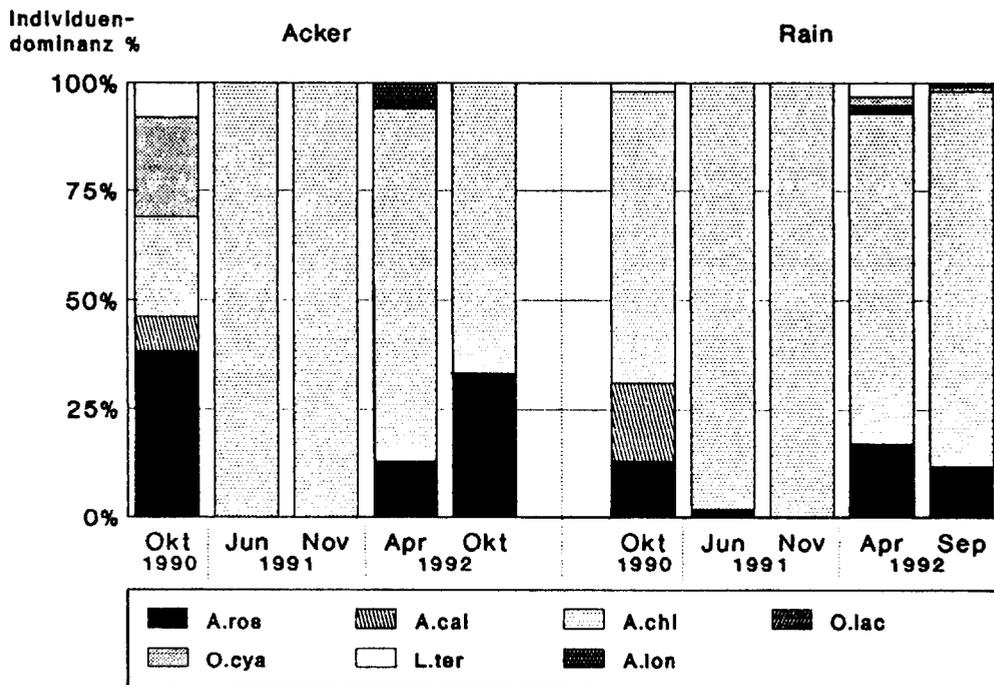


Abb. 9: Individuendominanzen des Standortes Zöberitz

beeinflussen Regenwurmgemeinschaften. So ist die Wasserspeicherfähigkeit, Durchlüftung und Leitfähigkeit (Durchlässigkeit) eines Bodens von der jeweiligen Bodenart, der effektiven Lagerungsdichte und dem Humusgehalt abhängig (KUNTZE et al., 1988). Die natürlichen Bedingungen der zwei beschriebenen Standorte streuen (vgl. HEMMANN, 1994).

In agrarischen Ökosystemen wird das Vorkommen von Regenwürmern wesentlich von der Art der Bewirtschaftung bestimmt (PETERS, 1984).

Die standörtliche Variabilität hinsichtlich Klima, Bewuchs, Boden und Bewirtschaftung ist so groß daß kein Vergleich der Abundanzen zwischen den einzelnen Standorten möglich ist. Erster Ansatzpunkt für Parallelen auf der Basis quantitativer Prüfmerkmale besteht in der Gegenüberstellung von Acker und der angrenzenden Vergleichsfläche Ackerrain/Wiese. Auf dieser Grundlage sind größere Bodenunterschiede und klimatische Differenzen ausgeschaltet. Es variieren der Bewuchs und die Bewirtschaftung.

Witterungsverlauf

In beiden beprobten Standorten ist ein eindeutiger Trend der Individuendichten erkennbar: ein hohes Ausgangsniveau 1990, gefolgt von einem Rückgang bis zum Minimum im Herbst 1991 und an-

schließendem Anstieg der Individuenzahlen vom Frühjahr 1992 bis zum Herbst, der jedoch nicht wieder zum "Ausgangsbesatz" führte.

Über mehrere Kilometer übergreifend, bei den vorher schon angesprochenen regionalen Unterschieden, wirkt allein die Witterung. Sie reguliert im gegebenen Untersuchungsmaterial relativ einheitlich die Abundanzschwankungen (nicht die Höhe der absoluten Abundanzen) in klimatisch differenten Gebieten.

GRAFF (1953b) erkannte, daß Lumbricidenpopulationen sowie deren Abundanzen vorrangig über die aktuellen Witterungsverhältnisse und deren Rückkopplung auf Bodenfeuchte und Bodentemperatur beeinflusst werden. VAN RHEE und NATHANS (1973) beobachteten, daß in ungestörten holländischen Obstanlagen innerhalb von 11 Jahren je dreimal Populationsdichten von mehr als 600 und weniger als 200 Individuen/m² auftraten und identifizierten die Niederschläge als eine der Hauptursachen für diese Unterschiede. WESTERNACHER – DOTZLER (1988) fand parallele, witterungsabhängige Populationsschwankungen.

Auch die Artenzahl ist von klimatischen Faktoren bestimmt. Sie bleibt an den Standorten Zscherben und Zöberitz im Herbst 1991 auf nur wenige Species beschränkt. Als Hauptarten unter Trockenbedingungen dominieren *A. rosea* und *A. caliginosa*.

Anhand der Populationsverläufe im Untersuchungszeitraum wird ersichtlich, daß zur Erholung der Population, im Anschluß an die Trockenheit des Jahres 1991, das überdurchschnittlich feuchte Jahr 1992 allein nicht ausreichte. DUNGER und FIEDLER (1989) merken an, daß sich die Veränderungen in der Populationsstruktur nach einem trocken-heißen Jahr erst nach zwei bis drei Jahren ausgleichen und leiten daraus die Notwendigkeit langfristiger Untersuchungen ab, um mit hoher Wahrscheinlichkeit typische Populationsstrukturen zu erfassen.

Bewirtschaftungseinflüsse

Die Abschätzung des Einflusses einzelner ackerbaulicher Maßnahmen ist in der vorliegenden Arbeit von untergeordneter Bedeutung. Bei nur zwei Untersuchungen pro Jahr kann die unmittelbare Wirkung einer Einzelmaßnahme nicht erkannt werden.

Dagegen läßt sich der Einfluß, der von Kulturarten, Bodenbearbeitungen sowie Düngungen auf die Abundanz und das Artenspektrum von Regenwürmern ausgeht, abschätzen oder mit Hilfe der umfangreichen Literatur diskutieren. Weitere Interpretationsmöglichkeiten ergeben sich aus der Gegenüberstellung zweier unterschiedlich bewirtschafteter Habitats (Acker und Wiese).

Nach WERNER and DINDAL (1989) sind die Hauptdeterminanten von Regenwurmpopulationen in Agrarökosystemen die Menge und Qualität der organischen Substanz, einschließlich ihres Platzes im Bodenprofil, und der Einfluß von Störungen (Bodenbearbeitungen). Für die Höhe der jeweiligen Individuenzahlen und Biomassen eines Standortes kommt der organischen Substanz eine große Bedeutung zu. Deren Gehalt wird über Ernte- und Wurzelrückstände sowie über die Ausbringung von Wirtschaftsdüngern geregelt.

Während der Acker in Zscherben weder Stallmist noch Gülle erhielt, erfolgten zwei Stallmistgaben auf dem Acker Zöberitz. Die letzte Stallmistdüngung von 450 dt/ha wurde 1989, ein Jahr vor Beginn der Untersuchungen, verabreicht. Trotz der bekannten nachhaltigen Wirkung von Stallmist als Nahrungsgrundlage für Lumbriciden (PETERS, 1984), sind hier die Vegetations- und Wurzelrückstände als vorrangige Nahrungsquelle zu bewerten.

Daß die Umsetzungen der organischen Substanz mit der Entwicklung von Regenwurmpopulationen verbunden sind, läßt der Acker Zscherben vermuten. Als Nahrungsgrundlage standen den Regenwürmern ausschließlich Getreide- und Maisrückstände zur Verfügung. Nach BOSTRÖM and LOFS-HOLMIN (1986) sind unter diesen Bedingungen Feinwurzeln sowie Rückstände $< 2\text{mm}$, die nach der Ernte der Körnerfrüchte auf dem Feld verbleiben, eine bedeutendere Nahrungsquelle als Stroh. Das Stroh, mit hohem Gehalt an leicht abbaubaren Kohlenstoffverbindungen, stimuliert die Mikroflora des Bodens (AUTORENKOLLEKTIV, 1987). Die angerotteten Strohrefeste sind mit zeitlicher Verzögerung von ca. einem Jahr von den Lumbriciden verzehrt. Die Maiswurzeln des Jahres 1991 hinterlassen wenig organische Substanz (3,5t/ha).

Der Trend der ermittelten Individuendichten im Acker Zscherben folgt deutlich den Umsetzungen der organischen Substanz. Trotzdem ist zu berücksichtigen, daß sowohl die Umsetzungen der organischen Substanz als auch die Populationsentwicklung der Lumbriciden vom Witterungsverlauf überdeckt werden. Diese wirken einheitlich in Acker und Wiese.

In der Niederrheinischen Tiefebene fand PETERS (1984) in Vergleichsuntersuchungen sowohl die geringeren Abundanzen als auch Biomassen unter den Bewirtschaftungsbedingungen, unter denen den Regenwürmern ausschließlich Getreide- und Wurzelrückstände als Nahrung zur Verfügung standen.

Eine Verarmung der Fruchtfolgen an Kulturen infolge eines zu starken Marktfruchtbaues zehrt an den Vorräten der organischen Bodensubstanz und somit an der Nahrungsgrundlage der Lumbriciden.

Allgemein sind die untersuchten Wiesen den Äckern neben der Artenzahl auch in der Regenwurmabundanz und der Biomasse überlegen. Grünland stellt bessere Bedingungen für Lumbriciden. Zu diesen zählen ganzjährig anfallende Pflanzen- und Wurzelrückstände, keine wendende Bodenbearbeitung, ausgeglichene Feuchtigkeitsverhältnisse.

Ackerraine, wie jener in Zöberitz, bieten ähnlich günstige Bedingungen für Lumbriciden wie die Wiesen. Sie stellen Refugien in der Agrarlandschaft dar. FINCK (1952) sprach in diesem Zusammenhang von Reliktfauna der Ackerböden.

Oberflächenwanderungen der Regenwürmer

Das Besiedlungsmuster des Ackers in Zöberitz mit abnehmenden Individuendichten bei zunehmender Entfernung vom Rain kann das Ergebnis von Migrationen sein.

Solche Oberflächenwanderungen beobachteten MATHER and CHRISTENSEN (1988, 1992).

Demnach legte ein adulter *L. terrestris* in einer Nacht bis zu 19m zurück.

Populationen besitzen die Grundeigenschaft, sich auszubreiten und auch suboptimale Habitats zu besiedeln, sobald die artspezifische Dichte in den Vorzugshabitats erreicht ist (SCHUBERT, 1984). Zur Migration eher bestimmt sind die r-Strategen, die das neue Habitat schnell entdecken und sich schnell vermehren können (WILSON und BOSSERT, 1973). Nach Inbesitznahme wird verstärkt eine K-Auslese stattfinden, die zu höherer Leistungsfähigkeit innerhalb der Population führt (SATCHELL, 1980). Daß einzig Mineralbodenformen sich im Acker Zöberitz ausbreiteten, widerspricht zunächst der strengen Gliederung in Strategen, zeigt aber auch, "daß Lebewesen nicht immer nur an einer einzigen Strategie festhalten" (KLÖTZLI, 1980, S. 190).

Die bestimmende Art des Standortes Zöberitz ist *A. chlorotica*, gefolgt von *A. rosea*, die nach der Gruppierung von SATCHELL(1980) beide zu den K-Strategen zählen. Endogäische Species besitzen ein geringes Migrationsvermögen (BOUCHÉ, 1993).

Beim Vergleich der Abb. 7 und 8 läßt sich eine gewisse Parallelität zwischen der mit Regenwürmern besiedelten Strecke vom Rain und der Höhe der im Rain gefundenen Individuenzahlen erkennen: Im Herbst 1990 erreichte der Rain einen Spitzenbesatz von 667 Tieren/m². Zu diesem Zeitpunkt konnten Regenwürmer bis zu einer Entfernung von 18m nachgewiesen werden, wogegen im Herbst 1991 bei einem Besatz von 168 Individuen/m² im Rain die Nullgrenze im Feld schon bei 4,50m erreicht wurde.

Bei einem hohen Besatz im Rain ist der Populationsdruck stärker und folglich mit einer weiteren Ausbreitung verbunden.

Trotzdem kann die unterschiedliche Ausbreitung der Populationen auch in der Witterung begründet sein. Im klimatisch normalen Jahr 1990 können die Lumbriciden die Niederschläge verstärkt zur Oberflächenwanderung nutzen.

Eine geeignete Versuchsanlage zur Überprüfung von Migrationen ist eine Abschottung zwischen einem dicht und einem nicht bzw. nur schwach besiedeltem Habitat.

Aufgrund höherer Regenwurmabundanzen können Refugien eine Einwanderungsquelle in den Acker darstellen und ein Ausgangspunkt von Wiederbesiedlungen sein. Doch ist es notwendig, gleichzeitig im Acker Bedingungen zum Überleben der Regenwürmer zu schaffen (Nahrung).

Auf die Bedeutung von Wiederbesiedlungen verwies bereits 1877 Viktor HENSEN (S. 363): "Practisch verwerthbar sind jene Erfahrungen vielleicht bei der Urbarmachung und Bepflanzung von öde liegenden Ländereien. Eine Verpflanzung des Regenwurms in solche Gegenden und Zufuhr des Düngers in solcher Form, dass die Würmer sich davon nähren können, würde zum mindesten nicht schaden, vielleicht sehr nützen."

6. Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit charakterisiert den Bestand an Lumbriciden in den Böden von Praxis schlaggen zweier Standorte des Östlichen Harzvorlandes. Die Standorte unterscheiden sich geringfügig

hinsichtlich ihrer klimatischen Bedingungen.

Die Untersuchungen sind angelegt als Vergleich von Acker und einem angrenzenden Rain bzw. Wiese. Gearbeitet wurde in Kombination von Elektromethode und Handauslese.

Folgende Ergebnisse konnten erzielt werden:

In insgesamt 5 beprobten Habitaten wurden 7 Lumbricidenarten gefunden. Die häufigsten Species sind *A. rosea*, *A. caliginosa* und *A. chlorotica*. Es bestehen deutliche Unterschiede in der Artengarnitur der verglichenen Habitate eines Standortes. Der angrenzende Rain bzw. die Wiese ist dem Acker in der Artenzahl um ein (Zöberitz) bzw. zwei Species (Zscherben) überlegen. Die Artenzusammensetzung der untersuchten Flächen unterschied sich z.T. erheblich zwischen 1990 bis 1992. Im trockenen Herbst 1991 waren auf beiden Standorten weniger Arten nachzuweisen. Das Auftreten der Species ist somit witterungsabhängig. Hinsichtlich der Abundanzen und Biomassen konnte in drei von vier untersuchten Habitaten ein paralleler, feuchtigkeitsabhängiger Trend der Populationsentwicklung beobachtet werden: Beginnend auf hohem Niveau nimmt die Individuendichte und Biomasse von Herbst 1990 bis Herbst 1991 ab und baut sich bis Herbst 1992 wieder auf, wobei der Ausgangsbesatz des Jahres 1990 nicht erreicht wurde.

Zur Regenerierung einer durch Trockenheit stark dezimierten Regenwurmgemeinschaft reicht ein niederschlagsnormales Jahr nicht aus.

Große Differenzen bezüglich der Individuenzahlen zwischen den verglichenen Habitaten gestatten es, die Raine und Wiesen als Refugien und damit als potentielle Einwanderungsquellen in einen an Lumbriciden verarmten Acker zu diskutieren. Strukturen der Verteilung der Regenwürmer im Acker in Nähe des Raines verweisen auf eine Nachwanderung aus dem dichtbesiedelten Rain in ein nahezu regenwurmfrees Feld (Standort Zöberitz)

Literatur

- ADAM, J., J.H. SCHARF und H. ENKE (1977): Methoden der statistischen Analyse in Medizin und Biologie. 2. Aufl., VEB Verlag Volk und Gesundheit, Berlin.
- ALTERMANN, M. und J. MAUTSCHKE (1972): Zur Kenntnis und Verbreitung der Böden der Umgebung von Halle. Arch. Acker- u. Pflanzenb. Bodenk. 10, (12), 871–886.
- ALTERMANN, M. und SCHRÖDER (1992): Zur Kenntnis der Schwarzerden aus Löß in Sachsen—Anhalt. Kühn—Arch. 86, (1), 9–20.
- AUTORENKOLLEKTIV (1981): Regeln und Richtwerte zur Erhöhung der Bodenfruchtbarkeit. FBZ Müncheberg, Landwirtschaftsausstellung der DDR, Markleeberg, agrabuch.
- AUTORENKOLLEKTIV (1987): Empfehlungen zur besseren Versorgung aller Ackerböden mit organischer Substanz. Akademie der Landwirtschaftswissenschaften der Deutschen Demokratischen Republik, 48 S..
- BICK, H. (1989): Ökologie. 1. Aufl., Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, 326 S..
- BOSTRÖM, U. and A. LOFS—HOLMIN (1986): Growth of earthworms (*Allolobophora caliginosa*) fed shoots and roots of barley, meadow fescue and lucerne. Studies in relation to particle size, protein, crude fiber content and toxicity. Pedobiologia 29, 1–12.
- BOUCHÉ, M. B. (1983): The establishment of earthworm communities. In SATCHELL, J. E. (ed): Earthworm ecology. From Darwin to Vermiculture. Chapman and Hall, London, New York, 431–448.
- BOUCHÉ, M. B. and R. H. GARDNER (1984): Earthworm functions. VIII.— Population estimation techniques. Rec. Ecol. Biol. sol. 21, (1), 37–63.
- DICKEY, J. B. and E. J. KLADIVKO (1989): Sample unit sizes and shapes for quantitative sampling of earthworm populations in crop lands. Soil. biochem. 2, (1), 105–111.
- DÖRFEL, H. und B. PRIESEMUTH (1984): Die Beurteilung des Einflusses qualitativer Prüffaktoren (Infektionstermin, Sorten) auf den Befall mit Hilfe der Kontingenztafelanalyse. Arch. Phytopathol. u. Pflanzenschutz 20, (6), 503–511.
- DUNGER, W. und H. J. FIEDLER (1989): Methoden der Bodenbiologie. VEB Gustav Fischer Verlag Jena, 1. Aufl., 432 S..
- EASTON, E. G. (1983): A guide to the valid names of Lumbricidae (Oligochaeta). 475–487. In SATCHELL, J. E. (ed): Earthworm Ecology. From Darwin to Vermiculture. Chapman and Hall, London, New York, 475–485.
- EHRMANN, O. und U. BABEL (1991): Quantitative Regenwurmerfassung ein Methodenvergleich. Mitt. Dt. Bodenk. Ges. 66, (1), 475–478.
- FINCK, A. (1952): Ökologische und bodenkundliche Studien über die Leistung der Regenwürmer für die Bodenfruchtbarkeit. Z. Pflanzenern. Düng. Bodenk. 58(103) (2), 120–145.
- GRAFF, O. (1953a): Die Regenwürmer Deutschlands. Ein Bilderatlas für Bauern, Gärtner,

- Forstwirte und Bodenkundler. Schriftenreihe der Forschungsanstalt für Landwirtschaft Braunschweig – Völkenrode 7, Scharper – Verlag Hannover, 81 S..
- GRAFF, O. (1953b): Bodenzoologische Untersuchungen mit besonderer Berücksichtigung der terricolen Oligochaeten. Z. Pflernähr. Düng. Bodenk. 61 (106), 72–77.
- HEMMANN, CH. (1994): Untersuchungen zum Bestand an Lumbriciden in ackerbaulich genutzten Böden und deren Randbereichen. Diss. Martin–Luther–Universität Halle–Wittenberg, 106 S..
- HENSEN, V. (1877): Die Thätigkeit des Regenwurms (*Lumbricus terrestris* L.) für die Fruchtbarkeit des Erdbodens. Zeitschrift für Wissenschaftliche Zoologie (Leipzig) 28, 354–364.
- KLÖTZLI, F. (1980): Unsere Umwelt und wir. Eine Einführung in die Ökologie. Hallwag Verlag Vern und Stuttgart, 320 S..
- KUNTZE, H., G. ROESCHMANN und G. SCHWERDTFEGGER (1988): Bodenkunde. Ulmer Stuttgart, 4. Aufl., 568 S.
- LEE, K. (1985): Earthworms. Their Ecology and Relationships with Soils and Land Use. Academic Press Australia, 1st ed., 411 S..
- MATHER, J. G. and o. CHRISTENSEN (1988): Surface movements of earthworms in agricultural land. *Pedobiologia* 32, 399–405.
- MATHER, J. G. and O. CHRISTENSEN (1992): Surface migration of earthworms in grassland. *Pedobiologia* 36, 51–57.
- MÜHLENBERG, M. (1989): Freilandökologie. Quelle & Meyer Verlag, Heidelberg, Wiesbaden, 2. Aufl., 430 S..
- OBERDORFER, E. (1983): Süddeutsche Pflanzengesellschaften, Teil III. VEB Gustav Fischer Verlag Jena, 455 S..
- PETERS, D. (1984): Faunistische und ökologische Untersuchung der Lumbriciden, Diplopoden und Chilopoden auf verschiedenen bewirtschafteten Flächen der Niederrheinischen Tiefebene. Diss., Bonn, 185 S..
- SATCHELL, J. E. (1958): Earthworm biology and soil fertility. *Soils and Fertilizers (Harpenden/Netherlands)* 21, (4), 209–219.
- SATCHELL, J. E. (1967): Lumbricidae. In: BURGESS, A. and F. RAW (eds): *Soil Biology*. Academic Press London, 259–322.
- SATCHELL, J. E. (1969): Methods of sampling earthworm populations. *Pedobiologia* 9, 20–25.
- SATCHELL, J. E. (1980): r worms and K worms: A basis for classifying lumbricid earthworm strategies. In: DINDAL, D. L. (ed): *Soil biology as Related to Land Use Practices*. Washington, 848–864.
- SCHINNER, F., R. ÖHLINGER, E. KANDLER und R. MARGESIN (Herausg.) (1993): *Bodenbiologische Arbeitsmethoden*. Springer – Verlag, Berlin, Heidelberg, 2. Aufl., 389 S..

- SCHMIDT, O. (1992): Bioindikatorischer Wert und Verwendung von Regenwürmern (Oligochaeta, Lumbricidae) zur Prüfung von Pflanzenschutzmitteln. Diplomarbeit, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, 102 S..
- SIMS, R. W. and B. M. GERARD (1985): Earthworms. Keys and notes for the identification and study of the species. Synopses of the British fauna (New Series) No. 31, The Linnean Society of London and The Estuarine and Brackish-Water Sciences Association, 171 p..
- SCHUBERT, R. (1984): Lehrbuch der Ökologie. VEB Gustav Fischer Verlag Jena, 595 S..
- THIELEMANN, U. (1986): Elektrischer Regenwurmfang mit der Oktett-Methode. *Pedobiologia* 29, 296-302.
- THIELEMANN, U. (1989): Untersuchungen zur Lumbricidenfauna mit neu entwickelten Methoden in erosionsgefährdeten Gebieten des Kraichgaus. Diss. Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg, 133 S..
- VAN RHEE, J. A. and S. NATHANS (1973): Ecological aspects of earthworm populations in relation to weather conditions. *Rev. Ecol. Biol. Sol.* 10, (4), 523-533.
- WERNER, M. R. and D. L. DINDAL (1989): Earthworm community dynamics in conventional low input agroecosystems. *Rev. Ecol. Biol. Sol.* 26, (4), 427-437.
- WESTERNACHER-DOTZLER, E. (1988): Abundanz von Regenwürmern (Lumbricidae, Oligochaeta) unter verschiedenen Kulturpflanzen. Diss. Universität Gießen, Gießener Bodenkundliche Abhandlungen 4, 149 S..
- WILCKE, D. (1955): Kritische Bemerkungen und Vorschläge zur quantitativen Analyse des Regenwurmbesatzes bei zoologischen Bodenuntersuchungen. *Z. Pflanzenern. Düng. Bodenk.* 68, (113), 44-49.
- WILSON, E. O. und W. H. Bossert (1973): Einführung in die Populationsbiologie. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 168 S..
- ZICSI, A. (1965): Die Lumbriciden Oberösterreichs und Österreichs unter Zugrundlegung der Sammlung Karl Wesselys mit besonderer Berücksichtigung des Linzer Raumes. *Naturkundliches Jahrbuch der Stadt Linz* 1965, 125-201.