

**B E R I C H T E D E R N A T U R F O R S C H E N D E N  
G E S E L L S C H A F T D E R O B E R L A U S I T Z**

**Band 16**

---

**Ber. Naturforsch. Ges. Oberlausitz 16: 81–98 (2008)**

---

ISSN 0941-0627

Manuskriptannahme am 16. 3. 2008  
Erschienen am 8. 8. 2008

Vortrag zur 17. Jahrestagung der Naturforschenden Gesellschaft der Oberlausitz am 17. März 2007 in Görlitz

**Langzeit-Reaktionen der Bodenfauna auf den Einfluss umweltschonender  
Landbewirtschaftung der Flur Glaubitz (Sachsen)  
– geprüft am Beispiel der edaphischen Collembola –**

Von WOLFRAM D U N G E R , K A R I N H O H B E R G , H A N S - J Ü R G E N S C H U L Z  
und B E T T I N A Z I M D A R S

Mit 6 Abbildungen und 2 Tabellen

**Zusammenfassung**

Auf einer 1985 im Landkreis Riesa-Großenhain, Flur Glaubitz (Sachsen) angelegten Langzeitversuchsfläche zur Erprobung einer umweltschonenden Landbewirtschaftung wurden von 1991–2001 auch einige Gruppen der Bodentierwelt (Lumbriciden, Mikroarthropoden) untersucht. In den Jahren 1998–2001 prüften die Autoren intensiv den Einfluss landwirtschaftlicher Maßnahmen (Kulturart, Herbizid-Behandlung, Pflug-Anwendung) auf die edaphischen Collembolen-Gemeinschaften. Diese zeigten eine für mitteleuropäische Agrarlandschaften typische Artengarnitur mit hoher Diversität (55 Arten) und mittlerer bis hoher Siedlungsdichte. Bewirtschaftete Flächen wurden mit geringerer Abundanz und Diversität besiedelt als eine Dauerbrache. Die angebauten Pflanzenarten hatten einen hochsignifikanten, jedoch saisonal gebundenen Einfluss: Unter Wintergerste (Beprobung im Winter) ergaben sich hohe Abundanz und Diversität der Collembolen, unter Winterweizen (Beprobung Frühjahr/Sommer) ein hoher Anteil von Juvenilen. Unter pflugloser Bewirtschaftung erhielten sich signifikant höhere, den Verhältnissen unter Brache nahekommende Artenzahlen, was sich aber nicht auf die Abundanz und den Juvenilenanteil auswirkte. Nach Herbizideinsatz (vorwiegend Fenikan) sanken Abundanz und Artenzahl signifikant. Der Literatur zufolge sind Direktwirkungen jedoch unwahrscheinlich, dagegen liegt eine Abhängigkeit von der vorhanden Unkrautmasse nahe.

Vom Trend abweichende artspezifische Reaktionen sind zu beobachten. Insgesamt haben sich die Collembolen als geeignete, sensible Bioindikatoren zur Beurteilung der biologischen Qualität einer „schonenden Landbewirtschaftung“ erwiesen.

## Abstract

### Long-term reactions of the soil fauna on environmentally-friendly management in Glaubitz (Saxony) – studied on edaphic Collembola (springtails)

In the Glaubitz area of the district Riesa-Großenhain (Saxony) a long-term experiment studying a natural environment guarding agriculture was started in 1985. Between 1991 and 2001 some groups of soil invertebrates (earthworms, microarthropods) were also studied. From 1998 to 2001, the authors tested intensely the influence of agricultural activities (crop, herbicides, ploughing) on edaphic collembolan communities. Their species combination was typical for Central European agricultural landscapes and showed a high diversity (55 species) and a medium to high population density. Cultivated plots showed lower collembolan abundance and diversity than fallow plots. The crop had a highly significant but seasonally determined influence: under winter barley (sampled in winter) we found high abundance and diversity and under winterwheat (sampled in spring and summer) a high percentage of juveniles. Plots cultivated without ploughing showed significantly higher species diversities (almost reaching those of fallow plots) but showed no such effect on abundance and proportion of juveniles. After application of herbicides (mostly FENIKAN) abundances and species diversity dropped significantly. Following the ecotoxicological literature, direct effects of herbicides are improbable, but a dependence on the biomass of weeds may be assumed instead.

Species-specific reactions differing from the general pattern can be observed. In summary, Collembola have again proven to be sensitive bioindicators for the judgement of the biological quality of a "gentle" agriculture.

**Keywords:** Soil and crop management / conservation of environment / ploughing / herbicide application / soil fauna / collembola (springtails)

## 1 Einleitung

Das Interesse der modernen Landwirtschaft gilt seit langem dem Einfluss einer langjährig umweltschonenden Landbewirtschaftung auf agrarökonomische und -ökologische Faktoren wie Krankheiten, Schädlinge oder Schadpflanzen sowie auf die Entwicklung des agrarökologischen Umfeldes. Zur langfristigen Prüfung dieser Fragen legte das damalige Institut für Pflanzenschutzforschung Kleinmachnow 1985 auf der Flur Glaubitz (Raum Großenhain – Riesa) einen Langzeitversuch an, der später von der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft weitergeführt wurde (ab 1992). Unter erweiterter Fragestellung (Fruchtfolge, Bodenbearbeitung, Herbizidanwendung und umweltgerechte Landwirtschaft) wurde dieser Langzeitversuch von der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft 1999 übernommen und bis 2001 fortgeführt (SÄCHS. LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT 2002).

Bodenzoologische Fragestellungen haben im Zeitraum der Versuchsplanung (bis 1984) keine Rolle gespielt, so dass es schwierig wurde, solche Untersuchungen mit ihren spezifischen Voraussetzungen später zu integrieren. Erst 1995 erteilte die Biologische Bundesanstalt zur Prüfung der Einwirkung der angewandten Landbewirtschaftung auf die Bodenorganismen Forschungsaufträge zum Studium der Collembolen an eigene Mitarbeiter (SÜB 1996, SÜB & v. VOß 1999). Teilweise zeitgleich ergingen Verträge über die TU Dresden zur Untersuchung der Mesofauna (GRIEGEL 1998) sowie – in Verkennung des Sinnes bodenzoologischer Prüfung – auch zum Studium der Mollusken (SCHNIEBS & POHL 1999). Parallel wurde das Umweltlabor ITEC (KÜHLE 1998, 1999) mit der Bearbeitung der Regenwurmfafauna beauftragt. Im Zeitraum 1998 bis 2001 übernahm dann die Abteilung Bodenzoologie des Staatlichen Museums für Naturkunde Görlitz die Aufgabe, die Reaktion der Bodenmesofauna auf die Versuchsfaktoren am Beispiel der Collembolen zu erfassen und statistisch gesichert darzulegen. Die vorliegende

Publikation widmet sich vor allem den bodenbiologischen Ergebnissen dieser Studie (DUNGER et al. 2002).

## 2 Standort und Versuchsanlage

Standort. Die langfristig landwirtschaftlich genutzten Flächen des Standortes Glaubitz (Raum Großhain-Riesa; Sachsen) liegen auf diluvialen Sanden. Kennzeichnende Standortdaten sind nach PALLUT (1996): Höhe 75 m über NN, langjähriges Mittel des Niederschlages 574 mm, der Jahrestemperatur 8,8 °C. Bestimmend ist ein trockenes, warmes Klima der unteren Lagen mit kontinentaler Beeinflussung. Die Bodenart ist ein sandiger Lehm, der in trockenen Sommern oberflächlich stark verhärtet. Als Bodenform dominiert Sandlehm-Braunstaugley, als Bodentyp Braunerde/ Pseudogley (S: 48 %, U: 38 %, T: 14 %). Der Gehalt an organischer Substanz liegt im Mittel bei 2,9–5,8 %, der pH-Wert bei 5,0–8.

Versuchsanlage. Der Langzeitversuch Glaubitz war als zweifaktorielle Spaltanlage mit nichtrandomisierten Blöcken in vier Wiederholungen angelegt. Die innerhalb der Blöcke randomisierten Prüfglieder waren eine Marktfruchtfolge (Winterraps – Winterweizen – Wintergerste – Winterroggen – Brache [seit 1997 Klee]) und eine Futterfruchtfolge (Mais – Wintertriticale – [Winterweizen] – Klee gras [Erbsen] – Winterweizen – Kartoffeln – Winterweizen – Winterraps – Wintergerste). Zusätzlich wurde eine Dauerbrache unterhalten.

Versuchsanlage und Versuchsdurchführung sind im Detail im Bericht der SÄCHSISCHEN LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT (2002) dargelegt.

## 3 Voruntersuchungen an verschiedenen Bodentiergruppen 1993 bis Frühjahr 1998

### Oligochaeten

KÜHLE (1998, 1999) untersuchte die Besiedlung der Versuchsfläche durch Oligochaeten (Lumbriciden und Enchytraeiden) im Herbst 1997 und Frühjahr 1998 unter Wintergerste auf den Parzellen des Versuchsblockes 18 mit allen Stufen der Herbizidgabe, jeweils pfluglos und gepflügt, weiter die Parzellen des Versuchsblockes 11 unter Wintergerste sowie die Dauerbrache mit und ohne Einsaat. Die Enchytraeidenfauna erwies sich (jahreszeitlich bedingt) als nur schwach repräsentiert, so dass auch im Hinblick auf den hohen methodischen Aufwand (Lebendbestimmung jedes einzelnen Tieres!) diese Gruppe nicht weiter Berücksichtigung fand.

Die Fauna der Lumbriciden (Regenwürmer) zeigte dagegen mit 8 nachgewiesenen Arten und einer Herbstbiomasse von 109,9 g m<sup>-2</sup> in der Brache und noch immer 99,0 g m<sup>-2</sup> in der Variante „pfluglos, ohne Herbizide“ eine hohe produktionsbiologische Potenz. Mit einer absoluten Dominanz des Tauwurmes *Lumbricus terrestris* als Tiefgräber (anecische Lebensform mit Nahrungsaufnahme an der Bodenoberfläche und Anlegen sehr tiefer Gänge) einerseits und dem gleichzeitigen Fehlen von Streubewohnern (epigäische Lebensformen) scheint die Artenzusammensetzung sehr charakteristisch. Das bedeutet auch, dass die Tauwürmer die Nahrungskonkurrenz gegen die Streubewohner gewonnen haben und sich keine organische Streudecke am Standort erhält.

Einheitliche Reaktionen der Lumbriciden auf die Prüffaktoren des Versuches lassen sich aus den Erhebungen noch nicht ableiten. So zeigten sich z. B. in der Kombination von „Pfluganwendung“ und „Herbizidgabe“ optimale Ergebnisse bei „pfluglos, ohne Herbizide“, wogegen bei Anwendung von 25 % sowie 50 % Herbizidgabe die gepflügten Teilparzellen vier- bis sechsmal höhere Biomassen als die ungepflügten aufwiesen. Bei 100 % Herbizidanwendung kehrte sich dieses Verhältnis jedoch wieder um. Bei „situationsbezogener Herbizidgabe“ lagen die pfluglosen Parzellen im Herbst hinsichtlich der Lumbriciden-Biomasse doppelt so hoch, im Frühjahr aber um die Hälfte niedriger als die gepflügten. Eine biologische Erklärung kann teilweise darin liegen, dass nicht die Herbizidgabe, sondern der resultierende Bestand an Unkräutern der entscheidende Wirkfaktor ist. Auch ist aus Vergleichen zwischen Labortests und Feldversuchen bekannt (KULA 1994), dass die aktuelle Witterung einen Einfluss auf die Reaktion der Lumbriciden ausübt.

Um verlässliche Aussagen zu erhalten, ist eine statistische Sicherung der Erhebungen notwendig. Dies ist aber eine Anforderung, die für Lumbriciden im vorliegenden Fall schwer zu

realisieren war, denn die erforderliche Probendichte konnte ohne raumzerstörende Einflüsse in der Blockanlage kaum gewonnen werden. Diese Erkenntnis war ausschlaggebend für die Entscheidung, andere Bioindikatoren zu suchen.

#### Mollusken

Die TU Dresden löste einen weiteren Forschungsauftrag aus, um das Studium von Mollusken als Bioindikatoren für die Versuchsflächen Glaubitz einzusetzen. Das Ergebnis (SCHNIEBS & POHL 1999) zeigte jedoch eindeutig, dass die von der aktuellen Feuchtigkeit abhängige Aktivität von Schnecken, insbesondere Nacktschnecken, unter den gegebenen Verhältnissen keine nutzbare Indikatoraussage ergab.

#### Collembolen und Bodenmilben

In den Jahren 1993–95 untersuchten SÜß & v. VOß (1999) die Auswirkung von Herbizidbehandlung mit Fenikan mit und ohne Pfluganwendung auf Kleinarthropoden. Untersucht wurden Bodenproben (an 11 Entnahmetagen) auf Collembolen (Gesamtzahl, untergliedert nach 4 Familien) und Bodenmilben (Gesamtzahl und Verteilung auf 14 Arten der Gamasiden) in Parzellen mit Wintergerste in der Marktfruchtfolge. Nach Anwendung von Fenikan (Herbst) in gepflügten Parzellen verringerte sich die Individuendichte der Collembolen um 26–38 %, die der Bodenmilben um 52 %. Die Siedlungsdichte der Kleinarthropoden war in unbehandelten, nicht gepflügten Parzellen dreimal so hoch. Als Ursachen diskutieren die Autorinnen toxische Effekte, mechanische Störung und Habitatveränderungen.

Im November 1997 und April 1998 entnahm GRIEGEL (1998) im Auftrag der TU Dresden auf Parzelle 18 (Wintergerste) jeweils 4 Parallelproben in Quadraten mit und ohne Pfluganwendung bzw. Fenikanbehandlung. Er wertete die Collembolen nach Artbestimmung und die Oribatiden und Gamasiden als Gesamtgruppen aus. Die Herbst-Siedlungsdichten waren generell wesentlich höher als die Dichten im Frühjahr. Im Gegensatz zu den Collembolen deutete sich bei beiden Milbengruppen eine Empfindlichkeit gegenüber der Pflugbehandlung an. Die Collembolenpopulation konnte zwar als typisch für Ackerflächen erkannt werden, eine Antwort auf die Einwirkung der Prüffaktoren (Unkrautbekämpfung und Bodenwendung) ließ sich jedoch aus dem zu geringen Material nicht sichern. Als mögliches Fazit weist GRIEGEL (1998) unter Verweis auf ähnliche Resultate in der Literatur (KAMPMANN 1993) darauf hin, dass die Applikation von Fenikan bei allen drei Gruppen keine Auswirkung hinsichtlich Individuendichte und Artenzahl zur Folge hatte. Wohl aber vermutet er bei einzelnen Arten eine höhere Empfindlichkeit, so bei *Parisotoma notabilis*, von welcher Reaktionen auf Insektizide (FILSER & NAGEL 1993) und Schwermetalle (LÜBBEN & GLOCKEMANN 1993) bereits publiziert waren.

### **4 Intensivuntersuchungen an Collembolen (Herbst 1998 bis Herbst 2001)**

#### **4.1 Ziel und Voraussetzungen**

Die Abteilung Bodenzologie des Staatlichen Museums für Naturkunde Görlitz übernahm im Herbst 1998 die Aufgabe, statistisch prüfbares Datenmaterial zum Verhalten der Bodenfauna gegenüber den Einwirkungen der unten genannten Prüffaktoren zu erheben. Voruntersuchungen und Stand der Fachkenntnis ließen erwarten, dass eine Tiergruppe mit hoher Individuendichte und Artenzahl sowie mit ausgeprägter Differenzierung des ökologischen Verhaltens optimale Ergebnisse ermöglicht. Dies trifft auf die Collembolen zu (PRASSE 1978, DUNGER 1982, FILSER 1995), deren Wahl auch der taxonomischen Spezialisierung der Abteilung Bodenzologie des Museums entsprach. Das ökologische Faktorengefälle als Grundlage der räumlichen Verteilung der Collembolen (FROMM et al. 1993) konnte innerhalb der Blockanlage als gleichverteilt angesehen werden. Die stets zu beachtende Aggregation der Collembolenpopulationen kann nur durch eine für die statistische Sicherung ausreichende Dichte der Probennahme und eine mehrjährige Beobachtungsdauer ausgeglichen werden (DUNGER & FIEDLER 1997).

#### 4.2 Methodik

An 19 Terminen vom 27. 10. 1998 bis zum 6. 9. 2001 erfolgten 718 Probenentnahmen mit einem Bodenstecher zu je 50 cm<sup>2</sup>, ausgewertet in 2 Tiefen (0–5 und 5–10 cm). Geprüft wurden:

- A: die Futterfruchtfolge [jeweils 9 Termine mit 8 Wiederholungen] unter den Kulturarten Wintergerste und Winterweizen [zusammen 1152 Werte im statistischen Test],
- B: die Dauerparzelle 14 [an 9 Terminen mit 2 Wiederholungen] unter Sommerweizen, Winterraps und Wintergerste sowie
- C: die Dauerbrache [14 Termine mit 5 Wiederholungen].

Alle Proben (zu A und B) wurden getrennt nach 100 % oder 0 % Herbizideinsatz sowie mit oder ohne Pflugbehandlung in den Tiefenstufen 0–5 und 5–10 cm ausgewertet.

Der Einsatz von 100% Herbizid bedeutet die Anwendung von 3 l/ha Fenikan.

Die Bodenbearbeitung erfolgte durch Aufwerfen einer Pflugfurche von 25 cm Tiefe vor der Saatbettbereitung (= wendend) oder ohne Pflugfurche (= nicht wendend). Zur Aussaat kam in beiden Varianten eine rotierende Fräse mit Wirkung bis 10 cm Tiefe zum Einsatz.

Die statistischen Auswertungen beschränkten sich auf die Futterfruchtfolge (A). Die univariate Varianzanalyse berücksichtigte folgende gleichzeitig zu testende Faktoren und deren Wechselwirkungen:

- \* Kulturart (Wintergerste gegen Winterweizen)
- \* Herbizid (0 % gegen 100 %)
- \* Pflug (wendend gegen nichtwendend)
- \* Tiefe (0–5 cm gegen 5–10 cm)
- \* Jahr (1998/99 gegen 1999/2000 gegen 2000/01)
- \* Termin (vor Herbizidgabe gegen [5 Monate] nach Herbizidgabe)

Die Erfassung der Collembolen wurde auf die Auslese von Bodenproben im Labor, d. h. auf die vorrangig (eu-)edaphischen Arten dieser Insektengruppe beschränkt, da keine dauerhafte organische Bodenaufgabe als Siedlungsbereich epedaphischer Collembolen vorhanden war.

Die Gelände- und Laborarbeit übernahmen Hans-Jürgen Schulz und Bettina Zimdars, die Determination der Collembolen H.-J. Schulz, die Auswertung der Ergebnisse sowie die statistische Bearbeitung der Datensätze Karin Hohberg und die zusammenfassende Bewertung sowie den Abgleich mit der internationalen Kenntnis (Literatur und laufende Forschungsergebnisse) Wolfram Dunger.

#### 4.3 Ergebnisse

##### Artengarnitur des Gesamtgeländes Glaubitz

Insgesamt wurden vom Museum Görlitz knapp 15000 Collembolen-Individuen untersucht, die zu 49 Arten gehören (Tab. 1). Mit den in den Voruntersuchungen durch GRIEGEL (1998) zusätzlich gefundenen Arten liegen 55 Collembolenarten aus Glaubitz vor. Dominanzen über 10% erreichen nur drei euedaphische Arten: *Mesaphorura macrochaeta*, *Parisotoma notabilis* und *Protaphorura armata*. Eine Artendichte von etwa 50 Collembolenarten kann als durchschnittlich gute Vielfalt einer landwirtschaftlich genutzten Fläche in Mitteleuropa gelten. Um zu prüfen, ob die Erfassung des Artenbestandes ausreichte, wurden Artenarealkurven der Proben unter Wintergerste, Winterweizen und Brache ermittelt. Ihr asymptotischer Verlauf weist auf eine hinlängliche Erfassung hin (Abb. 1).

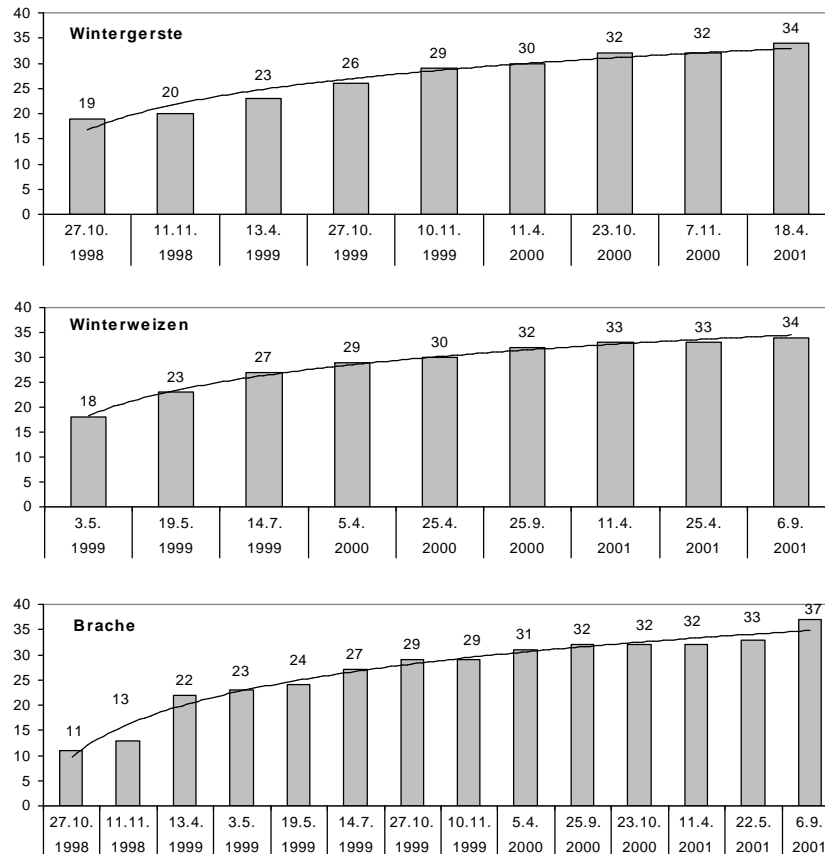


Abb. 1 Kumulative Artensättigung der Collembolen mit fortschreitendem Probennahme-Umfang im Versuchsgelände Glaubitz.  
 Winterweizen und Wintergerste pro Termin 32 Einstiche á 100 cm<sup>3</sup>; Brache 5 Einstiche á 100 cm<sup>3</sup>

#### Prüfvarianten der Hauptuntersuchung

Die 16 häufigsten Collembolenarten in der Hauptuntersuchung (unter Wintergerste und Winterweizen) wurden nach ihrer Gesamtdominanz von > 0,5 % (Tab. 1) und ihrer Gesamtkonstanz von mindestens 10 % ausgewählt. Ihr (quantitatives) Verhalten gegenüber den Prüffaktoren Kulturart, Herbizideinwirkung und Pflügen sowie den Varianten Bodentiefe, Jahr und Probetermin wird im folgenden dargestellt.

#### Einfluss der Prüffaktoren auf Collembolen

In Tab. 2 sind als Ergebnis der statistischen Prüfung (ANOVA) aller erfassten Daten die sicherbaren Direktreaktionen der Collembolen (Irrtumswahrscheinlichkeit < 0,01) sowie die gesicherten Wechselwirkungen zwischen den Faktoren dargestellt.

Tab. 1 Im Versuchsgelände Glaubitz 1998–2001 nachgewiesene Collembolenarten und ihre durchschnittlichen Dominanzwerte in den Varianten Wintergerste (WG), Winterweizen, (WW) und Brache (BR). Dominanzstufen: eu = > 40,0 %, d = 12,5–39,9 %, sd = 4,0–12,4 %, r = 1,3–3,9 %, sr = 1,2–0,5 %, + = 0,4–0,05 %, \* = < 0,05%. G = nur von GRIEGEL (1998) unter Wintergerste gefunden

	WG	WW	BR
<b>Arthropleona</b>			
<b>Hypogastruridae</b>			
<i>Ceratophysella mosquensis</i> (Becker, 1905)	*		
<i>Ceratophysella succinea</i> (Gisin, 1949)	sd	r	*
<i>Willemia anophthalma</i> Börner, 1901	G		
<i>Willemia intermedia</i> Mills, 1934	r	r	*
<i>Xenylla boermeri</i> Axelson, 1905			+
<i>Xenylla grisea</i> Axelson, 1900			+
<b>Onychiuridae</b>			
<i>Deharvengiurus denisi</i> (Stach, 1934)	*		
<i>Doutnacia xerophila</i> Rusek, 1974	G		
<i>Mesaphorura hylophila</i> Rusek, 1982	r	r	sr
<i>Mesaphorura italica</i> (Rusek, 1971)	G		
<i>Mesaphorura krausbaueri</i> Börner, 1901	G		
<i>Mesaphorura macrochaeta</i> Rusek, 1976	d	d	eu
<i>Mesaphorura tenuisensillata</i> Rusek, 1974	*		*
<i>Neotullbergia ramicuspis</i> (Gisin, 1953)			*
<i>Onychiurus ambulans</i> Gisin, 1952	*	+	
<i>Protaphorura armata</i> (Tullberg, 1869)	sd	d	sd
<i>Protaphorura meridiata</i> (Gisin, 1952)	*		
<i>Protaphorura pannonica</i> (Haybach, 1960)	*	+	+
<i>Protaphorura quadriocellata</i> (Gisin, 1947)	*		
<i>Stenaphorurella quadrispina</i> (Börner, 1901)	*		sd
<b>Neanuridae</b>			
<i>Anurida</i> spec. juv.		*	
<i>Friesea mirabilis</i> (Tullberg, 1871)	*	*	
<i>Micranurida pygmaea</i> Börner, 1901	+		+
<b>Isotomidae</b>			
<i>Cryptopygus thermophilus</i> (Axelson, 1900)	G		
<i>Desoria tigrina</i> (Nicolet, 1842)	*	+	+
<i>Folsomia fimetaria</i> (Linné, 1758)	sd	sd	r
<i>Folsomia penicula</i> Bagnall, 1939		*	
<i>Isotoma anglicana</i> Lubbock, 1862	r	sd	r
<i>Isotoma viridis</i> Bourlet, 1839	G		
<i>Isotomiella minor</i> (Schäffer, 1896)	sd	sd	d
<i>Isotomodes productus</i> (Axelson, 1906)	+	r	+
<i>Isotomurus palustris</i> (Müller, 1776)	*	+	r
<i>Parisotoma notabilis</i> (Schäffer, 1896)	d	sd	d
<i>Proisotoma minima</i> (Absolon, 1901)		*	*
<i>Proisotoma minuta</i> (Tullberg, 1871)	r	r	*
<i>Pseudisotoma sensibilis</i> (Tullberg, 1876)		*	+
<b>Entomobryidae</b>			
<i>Entomobrya multifasciata</i> (Tullberg, 1871)	*	+	*
<i>Heteromurus nitidus</i> (Templeton, 1835)	r	sd	sr
<i>Lepidocyrtus cyaneus</i> Tullberg, 1871	r	r	sr
<i>Lepidocyrtus lanuginosus</i> (Gmelin, 1788)		*	+
<i>Lepidocyrtus paradoxus</i> Uzel, 1891		*	*

	WG	WW	BR
<i>Orchesella villosa</i> (Geoffroy, 1764)			*
<i>Pseudosinella alba</i> (Packard, 1873)	r	r	sr
<i>Pseudosinella decipiens</i> Denis, 1924	+	+	+
<b>Tomoceridae</b>			
<i>Tomocerus flavescens</i> (Tullberg, 1871)			*
<b>Oncopoduridae</b>			
<i>Oncopodura crassicornis</i> Shoebbotham, 1911	G		
<b>Symphyleona</b>			
<i>Arrhopalites caecus</i> (Tullberg, 1871)	*	*	
<i>Bourletiella viridescens</i> Stach, 1920	sr	sr	+
<i>Dicyrtoma fusca</i> (Lubbock, 1873)			*
<i>Megalothorax minimus</i> Willem, 1900	sr	sr	sr
<i>Sminthurides schoetti</i> Axelson, 1903			*
<i>Sminthurinus aureus</i> (Lubbock, 1862)	+	+	+
<i>Sminthurinus elegans</i> (Fitch, 1863)			*
<i>Sminthurus nigromaculatus</i> Tullberg, 1871			sr
<i>Sphaeridia pumilis</i> (Krausbauer, 1898)	+	+	sr

Gegenüber dem Faktor Kultur (kultivierte Pflanzenart) reagiert die Gesamtabundanz (Abb. 2) und die Anzahl der Arten (Abb. 3) unter Wintergerste höchst signifikant positiv gegenüber Winterweizen, mit Wechselwirkungen gegenüber den Faktoren Herbizideinsatz, Pflugverwendung und Termin/Jahr. Diese Aussagen werden vor allem von den Arten *Mesaphorura macrochaeta* und *Parisotoma notabilis* getragen, d. h. vorrangig von den Arten mit sehr hoher Populationsdichte. Der Anteil der Juvenilen (Vermehrungsrate) ist dagegen unter Winterweizen signifikant höher als unter Wintergerste (Abb. 4), wozu Wechselwirkungen mit den Faktoren Jahr und Herbizideinsatz auftreten.

Auf den Faktor Herbizideinsatz reagiert die Gesamtabundanz und die Anzahl der Arten signifikant negativ (Abb. 2 und 3). Dieses Ergebnis wird vorrangig durch das Verhalten der Arten *Ceratophysella succinea*, *Lepidocyrtus cyaneus*, *Megalothorax minimus* und *Pseudosinella alba* bestimmt, also vorrangig von nicht streng euedaphischen bis epedaphischen Arten.

Gegenüber dem Faktor Pflugeinsatz zeigt nur die Anzahl der Arten eine (negative) Wirkung; Reaktionen der Gesamtabundanz und des Juvenilen-Anteils lassen sich nicht sichern. Von den einzelnen Arten reagierten am deutlichsten vorrangig euedaphische Arten: *Isotomiella minor*, *Proisotoma notabilis* und *Pseudosinella alba* (höhere Zahlen ohne Pflügen) sowie *Willemia intermedia* (höhere Zahlen mit Pflügen).



Tab. 2 Statistische Prüfung (ANOVA) von Collembolen-Abundanz, -Artenzahl und -Juvenilenanteil sowie von ausgewählten Arten auf den Einfluss der Faktoren „Kultur“, „Herbizid“ bzw. „Pflug“ im Versuchsgelände Glaubitz 1998–2001. Nur Irrtumswahrscheinlichkeiten  $p < 0,01$  werden genannt. F = Prüfgröße, Var > = Variante mit höheren Werten.

Faktor	Meßgröße	Einfluss des Faktors			
		Var >	F	p	Signifikanz
Kultur	Gesamt-Abundanz	Gerste	55,558	0,000	***
	Anzahl Arten	Gerste	65,078	0,000	***
	Anteil Juveniler	Weizen	12,250	0,000	***
	<i>C. succinea</i>	Gerste	15,166	0,000	***
	<i>M. macrochaeta</i>	Gerste	59,880	0,000	***
	<i>P. notabilis</i>	Gerste	53,925	0,000	***
	<i>P. minuta</i>	Gerste	7,1000	0,008	**
Herbizid	Gesamt-Abundanz	0%	11,682	0,001	**
	Anzahl Arten	0%	10,148	0,001	**
	<i>C. succinea</i>	0%	7,042	0,008	**
	<i>L. cyaneus</i>	0%	9,158	0,003	**
	<i>M. minimus</i>	0%	7,523	0,006	**
	<i>P. alba</i>	0%	9,544	0,002	**
	Pflug	Anzahl Arten	ungepflügt	15,748	0,000
<i>I. minor</i>		ungepflügt	11,661	0,001	**
<i>P. notabilis</i>		ungepflügt	9,948	0,002	**
<i>W. intermedia</i>		gepflügt	7,644	0,006	**
		gepflügt			

#### Prüfung der ortskonkreten Entwicklung auf einer Dauerparzelle

Um eine Information zur Reaktion der Collembolen-Populationen auf ein- und derselben Parzelle im Zeitablauf zu gewinnen, wurde die Parzelle D14 von Mai 1999 bis April 2001 in den Varianten gepflügt/ungepflügt sowie 0 % und 100 % Herbizidaufwendung laufend beprobt. Einen interessanten Trend zeigt das Verhalten der Collembolen während des Überganges von Sommerweizen über Raps zu Wintergerste in den gepflügten Böden. Die Abundanzen lagen unter Sommerweizen niedrig, unter Raps intermediär und unter Wintergerste am höchsten; bei durchgehend hohen Artenzahlen (Abb. 5). Herausragend hohe Abundanzen wurden im gepflügten Teil in der oberen Profilschicht, im ungepflügten Teil dagegen in den unteren Bodenschichten (5–10 cm) gefunden.

#### Dauerbrache

In der parallel über die gesamte Zeit geprüften Dauerbrache ergaben sich die höchsten Werte der Abundanzen und der Artenzahlen der Collembolen (Abb. 1, Abb. 6). Im Vergleich zu den Parzellen des Hauptversuchs ohne Herbizid, aber gepflügt, liegen die Gesamtabundanzen der Collembolen in der Brache stets höher (Abb. 6 A). Auf der Basis der dominanten Arten trifft dies vollkommen für *M. macrochaeta* und *P. notabilis* zu (Abb. 6 B), eingeschränkt auch für *I. minor*, während *P. armata* etwa gleiche Häufigkeiten in der Brache und den Parzellen des Hauptversuches aufweist. Eindeutig durch die Bodenbearbeitung gefördert wird dagegen typischerweise *F. fimetaria*, die in der Brache fast nicht vertreten ist (Abb. 6 C).

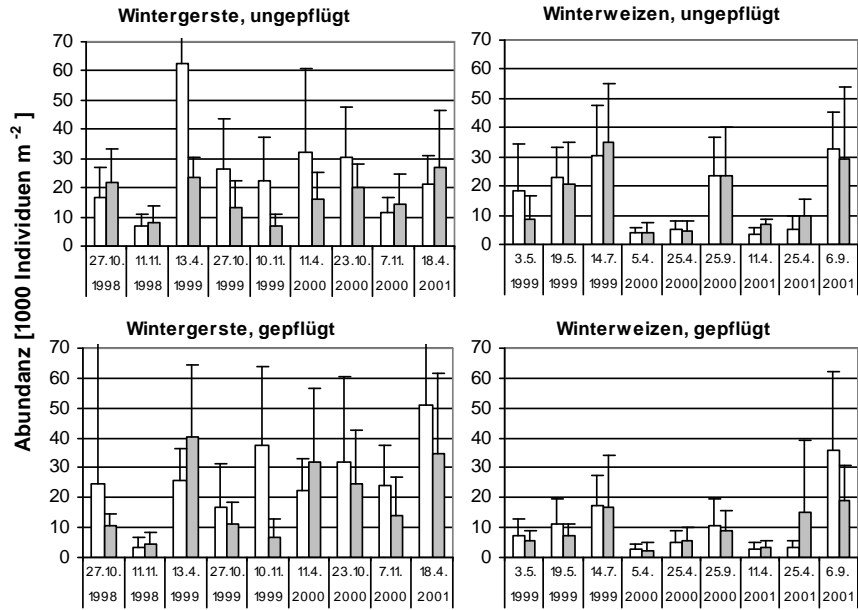


Abb. 2 Abundanzen von Collembolen im Versuchsgelände von Glaubitz Mai 1999 bis September 2001 in Abhängigkeit von der angebauten Fruchtart (Wintergerste, Winterweizen), vom Pflugeinsatz (un gepflügt und gepflügt) und von der Herbizidgabe (weiße Säulen 0 %, schwarze Säulen 100 % Fenikan). Angaben in Mittelwerten (N = 8) ± 1 SD auf der Basis von Bodenproben (je 100 cm<sup>3</sup>) in 0–10 cm Tiefe.

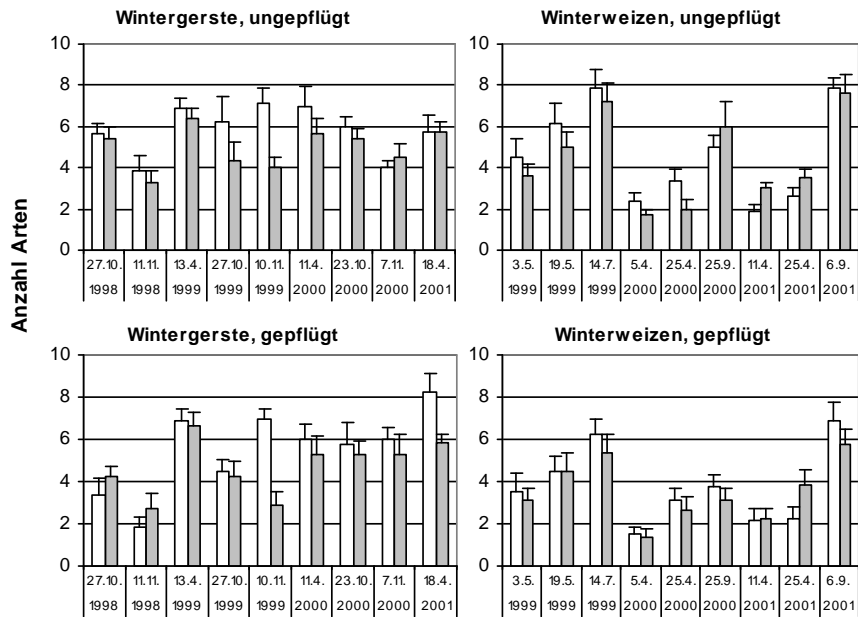


Abb. 3 Artenzahlen von Collembolen im Versuchsgelände Glaubitz von Mai 1999 bis September 2001 in Abhängigkeit von der angebauten Fruchtart (Wintergerste, Winterweizen), vom Pflugeinsatz (un gepflügt und gepflügt) und von der Herbizidgabe (weiße Säulen 0 %, schwarze Säulen 100 % Fenikan). Angaben wie in Abb. 2.

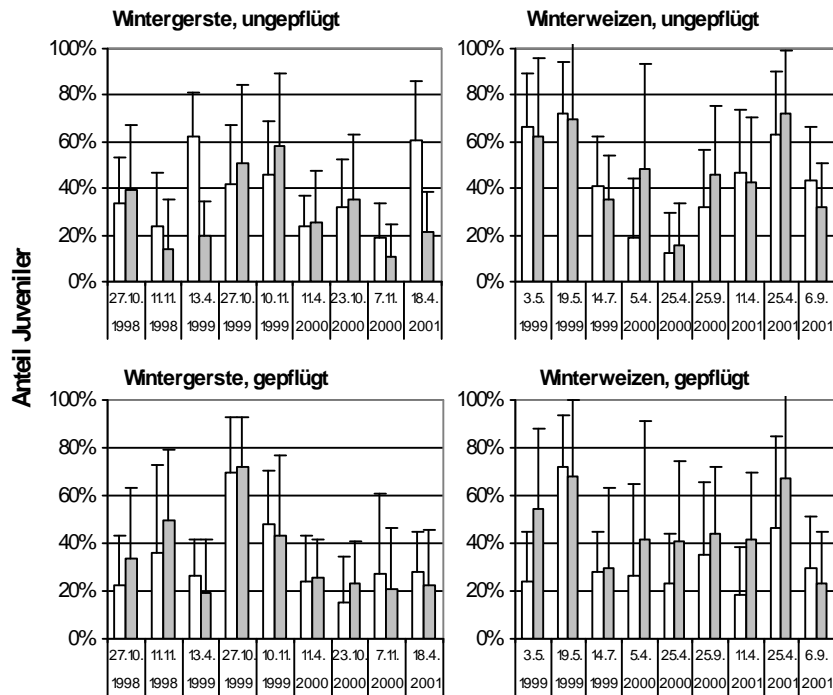


Abb. 4 Anteil juveniler Collembolen in Prozent der Gesamtabundanz im Versuchsgelände Glaubitz von Mai 1999 bis September 2001 in Abhängigkeit von der angebauten Fruchtart (Wintergerste, Winterweizen), vom Pflugeinsatz (ungepflügt und gepflügt) und von der Herbizidgabe (weiße Säulen 0 %, schwarze Säulen 100 % Fenikan). Angaben wie in Abb. 2.

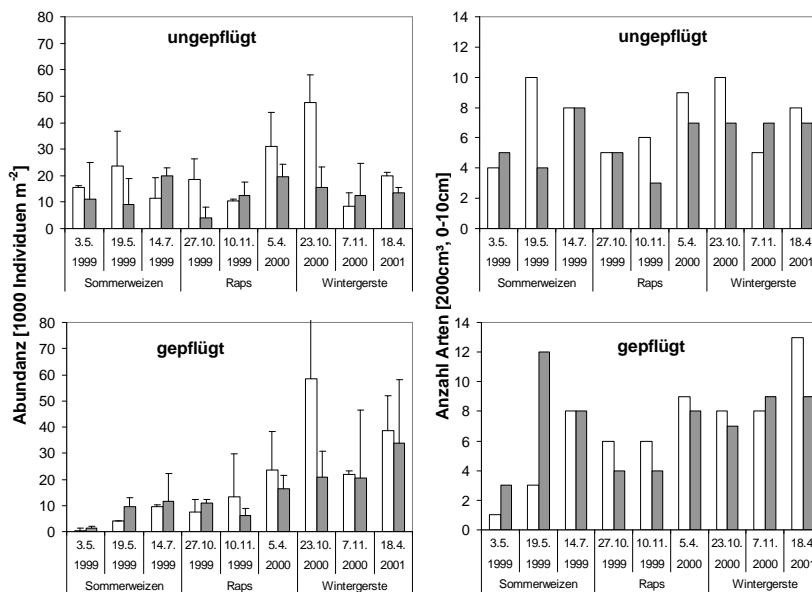


Abb. 5 Abundanzen und Artenzahlen der Collembolen in der Dauerparzelle D 14 des Versuchsgeländes Glaubitz von Mai 1999 bis April 2001 in Abhängigkeit von der angebauten Fruchtart (Sommerweizen, Raps, Wintergerste), vom Pflugeinsatz (gepflügt und ungepflügt) und von der Herbizidgabe (weiße Säulen 0 %, schwarze Säulen 100 % Fenikan). Abundanzen als Mittelwerte ( $N = 2$ )  $\pm$  1 SD auf der Basis von Bodenproben (je 100 cm<sup>3</sup>) in 0–10 cm Tiefe, Anzahl Arten als Summe aus je 2 Einzelproben (je 100 cm<sup>2</sup>) in 0–10 cm Tiefe.

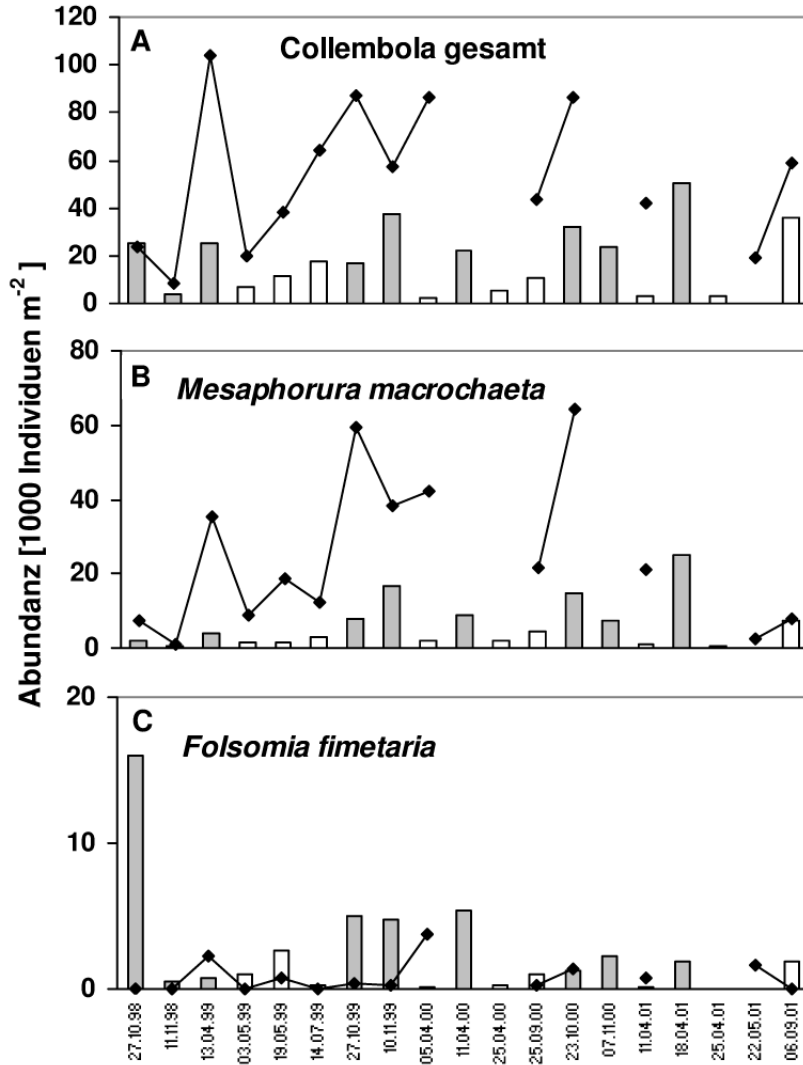


Abb. 6 Vergleich der Gesamtabundanzen (A) und von zwei ausgewählten Arten der Collembolen (B, C) im Verlauf von drei Jahren im Feldversuch (gepflügt, ohne Herbizideinsatz [Säulendarstellung]) und in der Dauerbrache [Kurvendarstellung] der Versuchsanlage Glaubitz. Werte unter Wintergerste schwarze, unter Winterweizen weiße Säulen. Angaben in Mittelwerten aus 8 Proben (Feld) bzw. 5 Proben (Brache) je Datum zu je 100 cm<sup>3</sup> in 0–10 cm Tiefe. Beachte: unterschiedliche Skalierungen!

## 5 Diskussion

### 5.1 Standortkennzeichnung durch die Collembolenfauna

Eine Übersicht über die Collembolenfauna in zentraleuropäischen Äckern (FROMM 1998) zeigt eine durchschnittliche Abundanz von 5000 bis 30000 Individuen m<sup>-2</sup>. Die Artenzahlen liegen zwischen 21 und 47, in Nordeuropa auch darunter (LAGERLÖF & ANDRÉN 1991), bei höheren Anteilen von Dauergrünland auch darüber. In diesem Rahmen ist die Collembolenfauna des Versuchsgeländes Glaubitz mit 55 Arten und mittleren 13000 (Sommerhalbjahr unter

Winterweizen) bis 53000 (Brache) Individuen m<sup>2</sup> als durchschnittlich bis gut entwickelt einzustufen. Geringere Artenzahlen und Dichteangaben aus kurzzeitigen Voruntersuchungen (SÜB 1996, GRIEGEL 1998) sind nicht repräsentativ.

In ihrer Artenzusammensetzung sind diese durch langjährige Agrarkultur geprägten Collembolen-Gemeinschaften sehr einheitlich durch die Dominanz von *Mesaphorura*-Arten (meist *macrochaeta*), *Parisotoma notabilis*, *Protaphorura armata*, *Isotomiella minor*, *Folsomia fimetaria* und weniger anderer Arten gekennzeichnet (FROMM 1998, MARTENS et al. 2000). Insofern ist die Collembolen-Gemeinschaft des Versuchsgeländes Glaubitz als durchaus typisch zu bezeichnen. Die dominanten euedaphischen Arten haben auch den höchsten indikatorischen Wert für die hier geprüften Faktoren. Eine Reduktion der Auswertung auf nur wenige epedaphische Collembolenarten, wie sie FRAMPTON (1997) als vorteilhaft zum Erkennen der Indikation von Pestizid-Anwendungen empfiehlt, hätte unter den Bedingungen von Glaubitz kein Ergebnis erbracht.

### 5.2 Einfluss von Wintergerste und Winterweizen in der Futterbaufruchtfolge

Die Art der angebauten Pflanzen hat nur insoweit einen direkten Einfluss auf die Bodenfauna, als Zeitdauer und Intensität der Bodenbedeckung, Quantität und Inhaltsstoffe der welkenden Pflanzenteile und Aktivität der Rhizosphäre von dieser abhängen (DUNGER 1983, KNAUER 1994). Da beide letztgenannten Faktoren nachwirken, kommt auch der Vorfrucht Bedeutung zu.

Oft wird die Bodenfauna aber einschneidender durch die spezifischen ackerbaulichen Maßnahmen wie Zeit und Art der Saatbettbereitung, Düngung, Pflege und Gabe von Pflanzenschutzmitteln und besonders Art und Zeitpunkt der Ernte berührt. Da dies für die beiden Fruchtarten sowohl in den einzelnen Jahren als auch hinsichtlich der Applikation verschiedener, an die Verunkrautungssituation angepasster Wirkstoffe, variabler Düngergaben und des Zwischenfruchtbaues entsprechend der Grundfrage des Dauerversuches variierte (SÄCHS. LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT 2002), lässt sich das Versuchsdesign einer Anbau-Art nicht ausreichend auf einen konkreten Wirkfaktor konzentrieren. Auch statistisch gesicherte Aussagen zum „Gesamtverhalten“ der Collembolen gegenüber konkreten Pflanzenarten beinhalten ein schwer entwirrbares Gemisch von Wirkfaktoren.

### 5.3 Einfluss der Bodenbearbeitung

Die Bodenbiologie sieht in der mechanischen Veränderung des Bodengefüges grundsätzlich eine Störung der Lebensprozesse (HENDRIX et al. 1986). Von ungepflügten Feldflächen werden häufig um mehr als 100 % erhöhte Abundanzen der Bodenmesofauna, z. B. der Collembolen, beschrieben (EDWARDS 1977, BERTOLANI et al. 1989). Der Einfluss einer Bodenbearbeitung auf Bodenorganismen kann jedoch nicht generalisierend als positiver oder negativer Faktor beurteilt werden. Je nach Jahreszeit der Bearbeitung, Tiefe des Schälens, Intensität des Rotors und des Einbringens verfügbarer organischer Substanz werden sehr unterschiedliche Wirkungen erzielt (FRIEBE et al. 1991, FRIEBE 1993, LARINK 1998). Bedeutsam ist hierbei weiterhin, dass die Schlussfolgerungen nicht aus kurzen Prüfungen, sondern aus Untersuchungen von mehr als 10 Jahren gezogen wurden, wie auch andere Autoren betonen (TARASHCHUK & MALIYENKO 1992, STINNER et al. 1988, SABATINI et al. 1997).

Im Rahmen eines mit dem hier durchgeführten Langzeitversuch relativ gut vergleichbaren INTEX-Projektes fanden MARTENS et al. (2000), dass die Bearbeitungsvariante „mit Pflug“ im Mittel die dreifache Collembolendichte im Vergleich zur pfluglosen Variante aufwies. Auch fanden sie den Bodenkörper bis 20 cm Tiefe bei Pflügen gleichmäßiger besiedelt als ohne Pflügen, wobei die Siedlungsdichte mit zunehmender Tiefe sehr schnell abnahm. Derartige Befunde geben allerdings vorrangig Auskunft über die Verteilung der organischen Substanz im Boden, in deren Folge sich das Siedlungsverhalten der Collembolen ändert. Entsprechende Erhebungen liegen für den Standort Glaubitz leider nicht vor.

#### 5.4 Einfluss der Anwendung von Pflanzenschutzmitteln

Agrochemikalien beeinflussen die Bodenfauna entweder durch Direktkontakt oder aber indirekt über Veränderungen im Habitat (KROGH 1994, DUNGER 1995). Vom Standpunkt der Ökotoxikologie wird ein gegebenes Risiko unzulässig vereinfachend beurteilt, solange die chemische Spezifik der angewandten Umweltchemikalien im Boden und in der Nahrungskette nicht nach Kenntnissen, die aus der Beobachtung vollständiger Lebenszyklen betroffener Organismen gewonnen worden sind, berücksichtigt wird (ERNST 1999).

Für Collembolen sind ökotoxikologische Untersuchungen an mehr als 30 Arten vorgenommen worden, die vorwiegend Bewohner der Agrarlandschaft sind (ACHAZI et al. 2000).

Das in Glaubitz verwendete Herbizid Fenikan besteht aus den Wirkstoffen Diflufenican und Isoproturon. Für beide liegen Informationen über Direktwirkungen auf Collembolen vor. Für Diflufenican haben KROGH & JENSEN (1998) Ergebnisse von Laborversuchen und Freilandtests an Collembolen publiziert. Sie applizierten das Herbizid in anwendungsüblicher Konzentration und in bis zu 100-fachen Überdosen und beobachteten hierbei keine negative Antwort, weder hinsichtlich der Abundanz der Adulten oder der Juvenilen noch hinsichtlich einer Reduzierung der Reproduktion. Sie halten es für unwahrscheinlich, dass Diflufenican aktuell oder über Langzeitwirkung die Mikroarthropoden schädigt. Für die Wirkung von Isoproturon steht uns nur eine persönliche Vorabinformation von J.-F. Ponge (Paris) zur Verfügung. Er verwendete Madit D, ein Herbizid, das zu 50 % Isoproturon enthält, für Laborprüfungen mit Collembolen in praxisüblicher Dosierung. In hiermit kontaminierten Böden ließen die Versuchstiere keinerlei negative Reaktion erkennen. Gegenüber mit Isoproturon imprägnierten Teststreifen zeigte die Collembolen allerdings ein Vermeidungsverhalten. J.-F. Ponge erwartet keine durch Isoproturon verursachten Veränderungen der Collembolen-Population und ein rasches Abklingen eventueller Abwehr-Reaktionen.

Dies hängt letztlich von dem Rückstandsverhalten der beiden Bestandteile von Fenikan ab. Nach Untersuchungen von REESE-STÄHLER et al. (1996, 1999) war ein halbes Jahr nach Applikation nur noch etwa 2 % des Diflufenican, aber noch ein Drittel des Isoproturon im Boden nachweisbar. Hiervon waren wiederum nur 1 % der Gesamtgehalte an Diflufenican und 10 % von Isoproturon wasserextrahierbar und somit potenziell pflanzenverfügbar bzw. für Bodentiere wirksam.

Alle diese Ermittlungen gehen darauf hinaus, dass im Gegensatz zu den ursprünglichen Annahmen in den Vorversuchen (SÜß & v. VOß 1999) Direktwirkungen von Fenikan nicht oder nur anfänglich minimal zu erwarten sind, und dass Langzeitwirkungen, insbesondere durch Addieren jährlich erneuter Gaben, (fast) ausgeschlossen werden können. Das gilt mit hoher Wahrscheinlichkeit auch für eine mögliche Weitergabe über das Nahrungsnetz.

Als indirekter Einfluss auf Collembolen ist (fast ausschließlich) die mit der Anwendung beabsichtigte Herbizidwirkung des Fenikans (und möglicherweise anderer angewandeter Herbizide) zu berücksichtigen, d. h. die Reduktion von Unkräutern. Aus biologischen Gründen ist zu erwarten, dass das Ausbleiben einer Verunkrautung der Prüfparzellen für die Collembolen zweierlei Nachteile bedeutet. Einerseits erbringen Unkräuter nutzbare Nettoprimärproduktion, die über Wurzelaktivität, Anregung der mikrobiellen Umsetzung und letztlich Anfall absterbender organischer Substanz (vorübergehende Bildung einer mehr oder weniger deutlichen Streudecke) Verbesserungen der Lebensbedingungen der Collembolen bewirken. Andererseits bedeutet das Fehlen von Kräutern zwischen den Getreidehalmen eine Minderung der Bodendeckung und damit eine Verschiebung des Mikroklimas an der Bodenoberfläche zu warm-trockenen Verhältnissen.

Für die hier angedeuteten komplexen Änderungen des Nahrungsnetzes in Agrarökosystemen unter Einwirkung von Herbiziden (MOMMERTZ et al. 1995; DEBELJAK et al. 2007) gibt es sehr unterschiedliche Erfahrungshorizonte, so etwa die Veränderung der mikrobiellen Aktivität (BIRCH et al. 2007; NEUHAUS 1996, 1999; MALKOMES 1996, 1999) oder die Wirkung einer rein manuellen Unkrautbeseitigung ohne Einsatz von Herbiziden (PRASSE 1978).

## 5.5 Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Im Langzeitversuch auf dem Versuchsfeld Glaubitz wurden die Collembolen als repräsentative Gruppe der Kleinarthropoden über einen Zeitraum von 8 Jahren, also sehr lange untersucht, allerdings erst in den letzten drei Jahren (Herbst 1998 bis Herbst 2002) in ausreichender Intensität. Es hat sich gezeigt, dass die Collembolenfauna aller Parzellen der Futterfruchtfolge trotz z. T. 15-jähriger Behandlung mit verschiedenen Herbiziden ungeschädigt und in für Agroökosysteme typischer Ausbildung aktiv ist. Dies gilt sowohl für die Besiedlungsdichte als auch für den Artenbestand, der vergleichsweise sogar als hoch eingestuft werden kann.

Für die Regenwurmfauna, die allerdings nur an zwei Terminen untersucht wurde (KÜHLE 1998, 1999), gilt dies mit Einschränkung. Zwar liegen die gefundenen Biomassen nicht nur in der Brache, sondern auch in den Versuchspartellen vergleichsweise hoch. Doch ist dies nur auf die Aktivität des Tauwurms zurückzuführen, während einige auch für Agroökosysteme typische Arten (bisher) nicht nachgewiesen werden konnten. Hierfür macht KÜHLE (1998) mit Recht die unpassenden Jahreszeiten (Vorwinter) verantwortlich, in denen die Untersuchungen erfolgen mussten. Eine generelle Schädigung der Lumbricidenfauna ist hieraus nicht abzuleiten.

Für das Erkennen von Einflüssen der angebauten Feldfruchtarten auf die Collembolenfauna war die Versuchsanlage wenig geeignet, da die Probenahme notwendigerweise Feldfruchtart und Jahreszeit koppelte (Wintergerste stets im Winterhalbjahr; Winter- bzw. Sommerweizen im Sommerhalbjahr). Höhere Abundanzen der Collembolen unter Wintergerste sind eher der Jahreszeit zuzurechnen als den Auswirkungen der Wintergerste als Fruchtart.

Die Art der Bodenbearbeitung hatte, wie zu erwarten, keinen signifikant negativen Einfluss auf die Collembolenfauna, soweit es nur die mechanische Störung betrifft. Die höchsten Artenzahlen wurden ohne wendende Bodenbearbeitung beobachtet, eine Intervall-Anwendung einer Pflugfurche kann jedoch auch langfristig als unbedenklich angesehen werden. Für den Pflugeinsatz ist aus bodenbiologischer Sicht entscheidend, dass er rechtzeitig im Jahr erfolgt, weil insbesondere endogäische Regenwurmartens bei Frosttemperaturen in den aufgeworfenen Schollen erfrieren. Auch ist der Verlust durch Vögel während des Pflügens zu bedenken. Für Kleinarthropoden ist es wichtig, dass die angefallenen Vorräte an organischem Material (Stroh u. a.) nicht zu tief (nicht unter 20–30 cm) eingepflügt werden, weil sich dort nur spezialisierte euedaphische Arten am Abbau beteiligen können. Im Übrigen ist für die Siedlungsdichte dieser Gruppe der Bodentiere der Gesamtanfall und die Qualität der organischen Substanz entscheidender als die Anwendung oder Vermeidung des Pflügens. Lohnend wäre deshalb eine Nachbearbeitung der erhaltenen Ergebnisse mit einer genaueren Kenntnis der Verlagerungen der toten organischen Substanz im Zuge der verschiedenen Bodenbearbeitungen auf den untersuchten Parzellen. Bei weiteren derartigen Prüfungen sollte diese Komponente bereits im Versuchsansatz als zu qualifizierender Prüffaktor geplant werden. Dies gilt ausdrücklich auch für alle Düngungsmaßnahmen.

Zum Einfluss der Herbizidanwendung konnte in Übereinstimmung mit Literaturrecherchen keine direkte Schädigung der geprüften Gruppen der Bodenfauna erkannt werden. Dennoch vorhandene statistisch gesicherte Veränderungen lassen sich mit hoher Wahrscheinlichkeit auf die jeweilige Ausbildung der Unkrautflora bzw. den Anfall abgestorbener organischer Substanz und die Aktivität der Bodenmikroflora zurückführen. Die Reaktion der Collembolen auf diese Veränderungen konnte kaum erfasst werden, da die Versuchsplanung diese Fragen nicht berücksichtigte.

### Fazit

Die hier vorgelegten Untersuchungen haben über einen knapp ausreichenden Zeitraum nachgewiesen, dass die Bodenfauna in der Lage ist, sich auf das angewendete Regime der Landbewirtschaftung einzustellen, ohne ihre Funktion der Aktivierung der Umsetzungsprozesse einzubüßen.

Diese sehr summarische Feststellung lässt viele Detailfragen offen, die mit einer besseren Vorbereitung, einer gründlicheren Erhebung der Wirkfaktoren und einer längeren Beobachtungsdauer hätten geklärt werden können. Die Autoren bekunden nachdrücklich ihr Bedauern, dass die in Deutschland wohl einmalige Versuchsanlage Glaubitz bereits wieder geschlossen ist und tiefergehende Einsichten in bodenbiologische Prozesse wiederum aus ökonomischen Gründen unzugänglich bleiben.

## 6 Dank

Für wertvolle Mitarbeit danken die Autoren Frau Marlis Römer im Museum für Naturkunde Görlitz sowie Frau Pietzonka und Herrn Hauswald für hilfreiche Zusammenarbeit im Versuchsbereich Glaubitz. Weiter gilt den Herren Dr. Jürgen C. Kühle und Dr. Arndt Bennewitz besonderer Dank für die fachliche Diskussion zum Manuskript. Herrn Direktor Prof. Dr. W. Xylander danken wir für die organisatorische Förderung der Arbeit.

## 7 Literatur

- ACHAZI, R. K., J. RÖMBKE & F. RIEPERT (2000): Collembolen als Testorganismen. – In: H. HEIDEN, S. R. ERB, W. DOTT & A. EISENTRÄGER (Hrsg.): Toxikologische Beurteilung von Böden. Leistungsfähigkeit biologischer Testverfahren. – Spektrum, Heidelberg- Berlin: 83–102
- BERTOLANI, R., M. A. SABATINI & L. MOLA (1989): Effects of change in tillage practices in Collembola populations. – In: DALLAI, R. (ed.), 3<sup>rd</sup> Int. Seminar on Apterygota, Siena: 291–297
- BIRCH, A. N. E., B. S. GRIFFITHS, S. CAUL, J. THOMPSON, L. H. HECKMANN, P. H. KROGH & J. CORTET (2007): The role of laboratory, glasshouse and field scale experiments in understanding the reactions between genetically modified crops and soil ecosystems: a review of the ECOGEN project. – *Pedobiologia* **51**: 251260
- DEBELJAK, M., J. CORTET, D. DEMSAR, P. H. KROGH & S. DŽEROSKI (2007): Hierarchical classification of environmental factors and agricultural practices affecting soil fauna under cropping systems using Bt maize. – *Pedobiologia* **51**: 229–238
- DUNGER, W. (1982): Die Tiere als Leitformen für anthropogene Umweltveränderungen. – *Decheniana – Beihefte* (Bonn) **26**:151–157
- (1983): Tiere im Boden. – Neue Brehm-Bücherei Wittenberg-Lutherstadt, 280 S.
- (1995): Zur Reaktion von Bodentieren auf Fremdstoffbelastungen. – *Beiträge zur Ökologie*, Jena **1**: 67–81
- & H.-J. Fiedler (1997): Methoden der Bodenbiologie. – Fischer, Jena, 2. Aufl., 539 S.
- , H.-J. SCHULZ, K. HOHBERG & B. ZIMDARS (2002): 4. Einfluss einer langjährig umweltschonenden Landwirtschaft auf ausgewählte bodenfaunistische Bioindikatoren. – In: SÄCHS. LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT (Hrsg.): Projekt Glaubitz. – Schriftenreihe Sächs. Landesanstalt f. Landwirtschaft **10**: 54–66, Anl. 68–78
- EDWARDS, C. A. (1977): Investigations into the influence of agriculture practice on soil invertebrates. – *Ann. Appl. Biol.* **87**: 515–520
- ERNST, W. H. O. (1999): Ökotoxikologie und Ökosysteme. – In: OEHLMANN, J. & B. MARKERT (Hrsg.), Ökotoxikologie. – Ökosystemare Ansätze und Methoden – ecomed Landsberg: 74–81
- FILSER, J. (1995): Collembola as indicators for long-term effects of intensiv management. – *Acta Zoologica Fennica* **196**: 326–328
- & F. NAGEL (1993): Untersuchungen zur Vergleichbarkeit von Insektizidwirkungen auf Collembolen unter Labor- und Freilandbedingungen. – *Verh. Ges. für Ökologie* **22**: 397–402
- FRAMPTON, G. F. (1997): The potential of Collembola as indicators of pesticide usage: evidence and methods from the UK arable ecosystem. – *Pedobiologia* **41**: 179–184



- FRIEBE, B. (1993): Auswirkungen verschiedener Bodenbearbeitungsverfahren auf die Bodentiere und ihre Abbauleistungen. – In: EHRNSBERGER, R. (Hrsg.): Bodenfauna und Naturschutz. – Informationen zur Naturschutz und Landschaftspflege in Nordwestdeutschland **6**: 171–187
- , V. B. BRÄUTIGAM, W. GRUBER, W. HENKE & F. TERBRÜGGE (1991): Auswirkungen reduzierter Bodenbearbeitung auf biologische und physikalische Parameter von Ackerböden. – Verh. Ges. Ökol. **20**: 29–39
- FROMM, H. (1998): Räumliche und zeitliche Variabilität der Collembolenfauna und ihre Bedeutung für C- und N-Umsatz in einer Agrarlandschaft. – FAM-Bericht Aachen **26**: 190 S.
- , K. WINTER, J. FILSER, R. HANTSCHERL & F. BEESE (1993): The influence of soil type and cultivation system on the spatial distributions of the soil fauna and microorganisms and their interactions. – Geoderma **60**: 109–18
- GRIEGEL, A. (1998): Bericht zum Projekt „Bodenzoologische Untersuchungen der Versuchsflächen Glaubitz und Methau in Bezug auf Pestizideinsatz und verschiedene Bodenbearbeitungen“. Erfassung der Bodenarthropoden und Bestimmung der wichtigsten Collembolen. – Berlin, 8 S.
- HENDRIX, P. F., R. W. PARMELEE, D. C. CROSSLEY, E. P. ODUM & P. M. GROFFMAN (1986): Detritus food webs in conventional and no-tillage agroecosystems. – Bioscience **36**: 374–380
- KAMPMANN, T. (1993): Untersuchungen zur Auswirkung unterschiedlicher ackerbaulicher Produktionssysteme (Dünger, Pflanzenschutzmittel) auf Bodenmilben. – Inf. Naturschutz Landschaftspflege **6**: 249–260
- KNAUER, N. (1994): Bewertung verschieden intensiver Produktionsverfahren des Pflanzenbaues aus ökologischer Sicht. – Berichte über Landwirtschaft N.F. **209**: Sonderheft Dynamik und Regulation von Biozönosen in Agrarökosystemen.: 196–211
- KROGH, P. H. (1994): Microarthropods as bioindicators – a study of disturbed populations. – PhD-thesis, University of Aarhus. 96 pp.
- & J. JENSEN (1998): Effects of assessment of diflufenican for microarthropods. – National Environmental Research Institut, Dpt. Terrestrial Ecology, Silkeborg: 11 pp.
- KÜHLE, J. C. (1998): Bericht zum Projekt „Bodenzoologische Untersuchungen der Versuchsfläche Glaubitz in Bezug auf Herbizideinsatz und verschiedene Bodenbearbeitung“. Projektteil: Lumbriciden und Enchytraeiden. – Kubschütz, 15 S., 7 Tab., 8 Diagramme
- (1999): Zwischenbericht zum Projekt „Bodenzoologische Untersuchungen der Versuchsfläche Glaubitz in Bezug auf Herbizideinsatz und verschiedene Bodenbearbeitungen.“ Projektteil: Lumbriciden. – Kubschütz, 3 S., 5 Tab.
- KULA, H. (1994): Auswirkungen von Pflanzenschutzmitteln auf Regenwürmer (Oligochaeta: Lumbricida). Zur Problematik der Bewertung letaler und subletaler Effekte in Labor- und Feldversuchen. – Diss. Univ. Braunschweig, 151 S.
- LAGERLÖF, J. & O. ANDRÉN (1991): Abundance and activity of Collembola, Protura and Diplura (Insects, Apterygota) in four cropping systems. – Pedobiologia **35**: 337–350
- LARINK, O. (1998): Bodenbearbeitung und Bodenleben. – In: Kuratorium TBL, Darmstadt (Hsg.), Bodenbearbeitung und Bodenschutz. Schlussfolgerungen für gute fachliche Praxis. – Münster-Hiltrup: 80–90
- LÜBBEN, B. & B. GLOCKEMANN (1993): Untersuchungen zum Einfluss von Klärschlamm und Schwermetallen auf Collembolen und Gamasiden im Ackerboden. – Inf. Naturschutz Landschaftspflege **6**: 261–279
- MALKOMES, H.-P. (1996): Langzeitversuch „Integrierte Unkrautbekämpfung“, Teilthema 7: Auswirkung von Fenikan und Bodenbearbeitungsmaßnahmen auf mikrobielle Aktivitäten. – Mitt. a. d. Biol. Bundesanstalt **321**: 232 pp.
- (1999): Ökotoxische Auswirkung der Applikation von Fenikan (Diflufenican + Isoproturon) in Wintergerste bei unterschiedlicher Bodenbearbeitung. Teil 2: Wirkung auf mikrobielle Aktivitäten im Boden. – Nachrichtenblatt Deutsch. Pflanzenschutzdienst **51**: 185–189
- MARTENS, H., K. CHRISTIANSEN & M. SCHAEFER (2000): Tausendfüßer und Springschwänze: Abundanz und Einfluss auf den Streuabbau in Ackersystemen. – In: STEINMANN, H. H. & B. GEROWITT (Hrsg.): Ackerbau in der Kulturlandschaft – Funktionen und Leistungen: 109–134
- MOMMERTZ, S., A. LANG, H. MEBES, A. P. ALOJÄRVI & J. FILSER (1995): Struktur und Funktion von Nahrungsnetzen in unterschiedlich genutzten Agrarökosystemen – eine Projektvorstellung. – Mitteil. der Dt. Bodenkundl. Gesellschaft **76**: 677–680

- NEUHAUS, W. (1996): Langzeitversuch „Integrierte Unkrautbekämpfung“ (Teilthema 6). Auswirkung von FENIKAN und Bodenbearbeitung auf terrestrische Algen. – Mitteilungen a. d. Biol. Bundesanstalt **321**: 231
- (1999): Ökotoxische Auswirkungen der Applikation von Fenikan (Diflufenican + Isoproturon) in Wintergerste bei unterschiedlicher Bodenbearbeitung. Teil 3: Wirkung auf die Abundanz von Bodenalgen. – Nachrichtenblatt Dt. Pflanzenschutzdienst **51**: 197–204
- PALLUT, B. (1996): Langzeitversuch „Integrierte Unkrautbekämpfung“ am Versuchsgelände Glaubitz der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft. Teilthema 1: Vorstellung der Gesamtplanung. – Mitteilungen a. d. Biol. Bundesanstalt **321**: 225–226
- PRASSE, J. (1978): Die Struktur von Mikroarthropodenzönosen in Agro-Ökosystemen und ihre Beeinflussung durch Herbizide. – Pedobiologia **18**: 381–383
- REESE-STÄHLER, G., D. KLEMENTZ & W. PESTEMER (1996): Langzeitversuch „Integrierte Unkrautbekämpfung“. Teilthema 4: Rückstandsverhalten von Fenikan unter dem Einfluss verschiedener Bodenbearbeitungsmaßnahmen – Vergleich gemessener und simulierter Rückstandsgehalte von Diflufenican und Isoproturon. – Mitteilungen a. d. Biol. Bundesanstalt **321**: 229
- , W. PESTEMER & B. PALLUT (1999): Ökotoxische Auswirkungen der Applikation von Fenikan (Diflufenican+Isoproturon) in Wintergerste bei unterschiedlicher Bodenbearbeitung. Teil 1: Allgemeine Angaben zur Versuchsdurchführung und das Rückstandsverhalten von Diflufenican und Isoproturon unter dem Einfluss verschiedener Bodenbearbeitungsmaßnahmen. – Nachrichtenblatt Deutsch. Pflanzenschutzdienst **51**: 176–184
- SABATINI, M. A., L. REBECCHI, C. CAPPI, R. BERTOLANI & B. FRATELLO (1997): Long-term effects of three different continuous tillage practices on Collembola populations. – Pedobiologia **41**: 185–193
- SÄCHSISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT (2002): Projekt Glaubitz: Einfluss einer langjährig umweltschonenden Landbewirtschaftung auf Krankheiten, Schadpflanzen und ausgewählte bodenfaunistische Indikatoren. – Schriftenreihe Sächs. Landesanstalt Landwirtschaft **10/ 2002**, 75 pp. + 78 Anlagen
- SCHNIEBS, K. & A. POHL (1999): Zwischenbericht nach zwei Probenahmen zum Projekt „Bodenzoologische Untersuchungen der Versuchsfläche Glaubitz in Bezug auf Pestizideinsatz und verschiedener Bodenbearbeitung“. Mollusca. – Dresden, 4 S.
- STINNER, B. R., D. A. MCCARTNEY & D. M. JR. VAN DOREN (1988): Soil and foliage arthropod communities in conventional, reduced and non-tillage corn (*Zea mays* L.) systems: a comparison after 20 years of continuous cropping. – Soil & Tillage Research **11**: 147–158
- SÜB, A. (1996): Langzeitversuch „Integrierte Unkrautbekämpfung“ Teilthema 5: Auswirkungen von Fenikan und Bodenbearbeitungsmaßnahmen auf die Bodenmesofauna. – Mitteilungen a. d. Biol. Bundesanstalt **321**: 230
- & J. VON VOß (1999): Ökotoxische Auswirkungen der Applikation von Fenikan (Diflufenican+Isoproturon) in Wintergerste bei unterschiedlicher Bodenbearbeitung. Teil 4: Auswirkungen auf Collembolen und Bodenmilben. – Nachrichtenblatt Deutsch. Pflanzenschutzdienst **51**, 3: 69–73
- TARASHCHUK, M. V. & A. M. MALIYENKO (1992): Effect of type of soil tillage on the collembolan population. – Eurasian Soil Sci. **24**: 84–93

Anschriften der Autoren:

Prof. Dr. Wolfram Dunger  
Hofeweg 15  
D-02829 Schöpstal/Ebersbach  
E-Mail: [dunger.ebersbach@gmx.de](mailto:dunger.ebersbach@gmx.de)

Dr. Karin Hohberg, Dr. Hans-Jürgen Schulz, Dipl.-Biol. Bettina Zimdars  
Staatliches Museum für Naturkunde Görlitz  
Abt. Bodenzoologie  
Postfach 300 154  
D-02806 Görlitz