

Akute und subakute Effekte ausgewählter Pestizide auf Collembolenarten unterschiedlicher Strata

von

Kristina HEUPEL *)

Acute and Subacute Effects of Selected Pesticides on Collembola inhabiting Different Strata

Synopsis: Pesticides are known to have negative effects also on non-target, soil-dwelling organisms such as mites, enchytraeids or collembola. In this study the toxic effects of five different pesticides (Betanal (Phenmedipham), Curaterr (Carbofuran), Croneton (ethiofencarb), Cymbush (Cypermethrin) and Karate (Lambda-cyhalothrin)) were investigated. Their effects on mortality and reproduction of different species of Collembola were tested in laboratory testsystems using standard natural soil following the recently published International Standard (ISO 1999). The investigations were performed with six collembolan species. Five species (*Isotoma viridis*, *Heteromurus nitidus*, *Lepidocyrtus violaceus*, *Folsomia fimetaria*, *Onychiurus fimatus*) were found on a local experimental field and transferred into synchronized laboratory stock cultures. In addition, *Folsomia candida*, a species widely used for evaluating toxic effects of chemicals, was selected for testing. The individual collembolan species displayed different susceptibility to the tested substances though these differences varied between the five pesticides. On the basis of these results, the effects on reproduction of the collembolan *Folsomia candida* were determined. Betanal, Curaterr, Cymbush and Karate caused a reduction of fertility, whereas Croneton showed no significant effect. It is concluded that due to the interspecific variation in sensitivity, effect data based on mono-species laboratory testsystems are not sufficient for ecotoxicological risk assessment.

1. Einleitung:

Collembolen (Springschwänze) sind bodenlebende, primär flügellose Insekten. Sie spielen im Ökosystem Boden eine wichtige Rolle durch ihren Beitrag zum Abbau von Pflanzenstreu und zur Entwicklung der Bodenmikrostruktur (RUSEK 1975, SEASTEDT 1984, VAN AMELSVOORT et al. 1988). Die Auswirkungen anthropogener Schadstoffe auf Collembolen wurden daher vielfach untersucht und diskutiert (THOMPSON & GORE 1972, SUBAGJA

*) Anschrift der Verfasserin: Dipl.-Biol. K. Heupel, Freie Universität Berlin, Fachbereich Biologie, Chemie, Pharmazie, Institut für Biochemie und Ökotoxikologie, Ehrenbergstraße 26 - 28, D-14195 Berlin, BRD. E-mail: kheupel@zedat.fu-berlin.de.

& SNIDER 1981, BADEJO & VAN STRAALLEN 1992, FILSER 1994, ACHAZI & HECK 1995, VAN GESTEL & VAN DIEPEN 1997). Die häufig geforderte Berücksichtigung der Collembolen bei Bewertungs- und Zulassungsverfahren machte schließlich eine Standardisierung der Bio-testmethodik erforderlich (IGLISCH 1985, 1986, JANCKE 1989, RIEPERT & KULA 1996). Basierend auf diesen Vorschlägen veröffentlichte die Internationale Organisation für Standardisierung (ISO) 1999 eine ökotoxikologische Testmethode zur Untersuchung der Auswirkungen von Chemikalien auf die Reproduktion des Collembolen *Folsomia candida* WILLEM (ISO 1999). Ein derartiger Mono-Spezies-Test stellt bei einer so artenreichen Tiergruppe wie den Collembolen natürlich eine starke Vereinfachung dar und birgt somit Gefahren für die Bewertung der ökosystemaren Auswirkungen von Umweltchemikalien. Um die Variabilität der Reaktionen verschiedener, teilweise nahe verwandter Spezies zu verdeutlichen, wurden in der vorliegenden Studie die akuten und subakuten Effekte von fünf beispielhaft ausgewählten Pestiziden (ein Herbizid und vier Insektizide) aus zwei Stoffklassen (Carbamate und synthetische Pyrethroide) auf sechs Collembolenarten verschiedener Lebensformtypen untersucht.

2. Material und Methoden:

A. Versuchstiere:

Die Akuttests wurden mit folgenden Collembolenarten durchgeführt:

Folsomia candida WILLEM, 1902 (euedaphisch)

Folsomia fimetaria LINNÉ, 1758 (euedaphisch)

Onychiurus fimatus GISIN, 1952 (euedaphisch)

Isotoma anglicana LUBBOCK, 1862 (epedaphisch)

Heteromurus nitidus TEMPLETON, 1835 (epedaphisch)

Lepidocyrtus violaceus LUBBOCK, 1873 (epedaphisch).

Folsomia candida stammte aus einer bestehenden Laborzucht. Alle anderen Collembolenarten wurden auf einer Freilandversuchsfläche (Dauerbrache in Blumberg bei Berlin) gefangen und in synchronisierte Laborzuchten überführt. Alle Arten wurden auf Gips-Aktivkohle-Substrat (GOTO 1960a) bei 19° C gehalten. Die euedaphischen Arten wurden mit Trockenhefe, die epedaphischen Arten mit Grünalgen gefüttert.

B. Pestizide:

Die für die Versuche verwendeten Handelsprodukte sind Tabelle 1 zu entnehmen.

C. Umrechnung der empfohlenen Aufwandmengen:

Die Umrechnung der gebräuchlichen Angabe von Aufwandmengen für die einzelnen Pestizide von l/ha oder g/ha auf das Bodengewicht erfolgte unter Annahme folgender Parameter:

- Bodendichte = 1,5 g/cm³
- die gesamte Substanzmenge erreicht den Boden und dringt gleichmäßig in die oberen 5 cm ein (FA. ZENECA, pers. Mitt.).

D. Akuttests:

Für die Akuttests wurde ein Standardboden (LUF A 2.2, Landwirtschaftliche Untersuchungs- und Forschungsanstalt Speyer) mit bekannten physikalischen und chemischen Eigenschaften verwendet (lehmgiger Sand, C_{org} 2,19 %, pH 5,8). Die Insektizidlösung wurde mittels eines Handrühr-

Tab. 1: Verwendete Pestizide.

Name	aktiver Wirkstoff (ai)	Stoffklasse	empfohlene Aufwandmenge
Betanal	157 g/l	Carbamat (Herbizid)	1 - 6 l/ha $\hat{=}$
	Phenmedipham		0,27 - 1,6 mg ai/kg TM
Curaterr	500 g/l	Carbamat (Insektizid, Akarizid, Nematizid)	0,5 - 4 kg ai/ha $\hat{=}$
	Carbofuran		0,86 - 6,9 mg ai/kg TM
Croneton	500 g/l	Carbamat (Insektizid)	0,5 - 1 l/ha $\hat{=}$
	Ethiofencarb		0,43 - 0,87 mg ai/kg TM
Cymbush	100 g/l	synth. Pyrethroid (Insektizid)	0,5 l/ha $\hat{=}$
	Cypermethrin		0,09 mg ai/kg TM
Karate	50 g/kg	synth. Pyrethroid (Insektizid)	150 g/ha $\hat{=}$
	λ -Cyhalothrin		0,013 mg ai/kg TM

TM = Trockenmasse Boden; ai = active ingredient

gerätes in den Boden eingemischt. Dabei wurde der Boden auf 60 % seiner maximalen Wasserhaltekapazität angefeuchtet.

15 g des so behandelten Bodens wurden jeweils in eine fest verschließbare 250 ml-Glasflasche eingefüllt. In jede Flasche wurden 10 gleich alte, geschlechtsreife Collembolen eingesetzt. Pro Konzentrationsstufe wurden 5 Parallelen angesetzt. Die Testansätze wurden im Tageslichtbrutschrank bei 20° C 7 Tage inkubiert. Danach wurde der Inhalt der Flaschen aufgeschwemmt. Die an der Oberfläche schwimmenden Tiere wurden gezählt und auf ihre Lokomotionsfähigkeit hin untersucht. Nicht wieder gefundene oder lokomotionsunfähige Tiere wurden als „geschädigt“ gewertet.

E. Reproduktionstests:

Die Durchführung der Reproduktionstests orientierte sich an der ISO-Norm 11267 (ISO 1999). Die Reproduktionstests wurden nur mit *Folsomia candida* durchgeführt, da die Art parthenogenetisch ist und somit eine Geschlechtsbestimmung entfällt (GOTO 1960b). Es wurden ausschließlich Pestizidkonzentrationen getestet, die im Akuttest keine Auswirkungen auf die Mortalität von *Folsomia candida* gezeit hatten.

Die Anmischung des Bodensubstrates entsprach der unter D. beschriebenen Vorgehensweise mit folgenden Abweichungen:

30 g Boden / Versuchsgefäß

Versuchsdauer = 28 Tage.

Danach wurde der Inhalt der Flaschen aufgeschwemmt. Die an der Oberfläche schwimmenden Tiere wurden fotografiert und als Diapositiv projiziert. Die Adulten und ihre Nachkommen wurden mit einem Koloniezählstift getrennt ausgezählt.

Tests, bei denen weniger als 80 % der eingesetzten Adulten wieder gefunden wurden, wurden nicht gewertet. Die Auswertung erfolgte statistisch mit Hilfe einer One-Way-ANOVA und des Dunnett-Tests (Test gegen die Kontrolle). Die Irrtumswahrscheinlichkeit betrug 5 %.

3. Ergebnisse:

A. Akuttests:

Die fünf untersuchten Pestizide zeigten eine konzentrationsabhängige Toxizität ge-

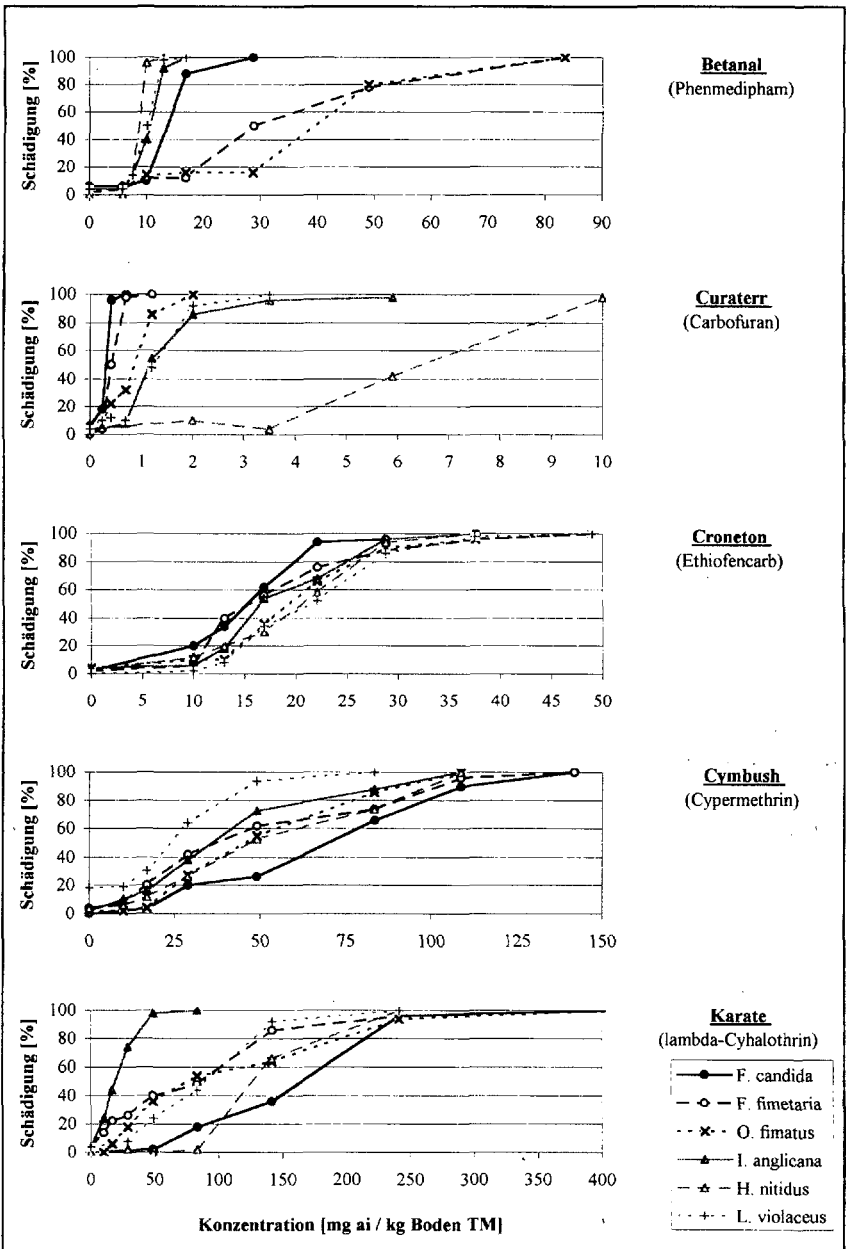


Abb. 1: Akute Toxizität der fünf Pestizide (in Klammern die aktiven Wirkstoffe) auf die untersuchten Collembolenarten *Folsomia candida*, *Folsomia fimetaria*, *Onychiurus fimatus*, *Isotoma anglicana*, *Heteromurus nitidus*, *Lepidocyrtus violaceus*. Dargestellt sind die Mittelwerte aus 5 Parallelen mit jeweils 10 Tieren. „Schädigung“ = tote oder lokomotionsunfähige Tiere. Konzentration = mg aktiver Wirkstoff / kg Trockenmasse Boden.

genüber den sechs untersuchten Collembolenarten (Abb. 1). Dabei waren die einzelnen Substanzen in sehr unterschiedlichen Konzentrationsbereichen wirksam. Während die beiden synthetischen Pyrethroide Cymbush und Karate erst weit oberhalb der empfohlenen Aufwandmengen einen Einfluss auf die Mortalität der Tiere hatten, wirkte das Carbamat Curaterr bereits deutlich unterhalb seiner Aufwandmenge letal auf die untersuchten Arten.

Die einzelnen Collembolenarten unterschieden sich in allen Tests deutlich in ihrer Empfindlichkeit. Die Rangfolge der Arten bezüglich dieser Sensitivität variierte jedoch für die einzelnen Biozide. So reagierte *Heteromurus nitidus* auf Betanal empfindlicher als alle anderen Arten, erwies sich gegenüber Curaterr jedoch als robusteste Art. Selbst auffällige Reaktionen einzelner Arten bei Behandlung mit bestimmten Pestiziden ließen sich nicht auf andere Substanzen, auch nicht aus der gleichen Stoffklasse, übertragen. Die unterschiedlichen Empfindlichkeiten waren auch nicht den jeweiligen Lebensformtypen (euedaphisch-epedaphisch) zuzuordnen. Selbst nah verwandte Arten wie *Folsomia fimetaria* und *Folsomia candida* reagierten uneinheitlich. Entsprechende Unterschiede bestanden ebenso hinsichtlich der beobachteten Wirkungsstärke der einzelnen Pestizide, abzulesen an der Steilheit der Dosis-Wirkungskurven.

B. Reproduktionstests:

Die untersuchten Pestizide beeinflussten die Reproduktion von *Folsomia candida* unterschiedlich stark (Abb. 2). Während die Carbamate Betanal und Curaterr zu einem Rückgang der Reproduktion um den Faktor 10 bzw. 14 führten, wurde die Anzahl der Nachkommen unter dem Einfluss der synthetischen Pyrethroide Cymbush und Karate gegenüber der Kontrolle nur um etwa die Hälfte verringert. Das Insektizid Croneton zeigte als einzige untersuchte Substanz keine Auswirkungen auf die Reproduktion von *Folsomia candida*.

4. Diskussion:

Die Ergebnisse der Akuttests zeigen eine deutliche interspezifische Variation der Sensitivität der untersuchten Collembolenarten. Die Untersuchung zeigt überdies, dass von einer besonders „sensiblen“ oder „robusten“ Art nicht gesprochen werden kann, da die artspezifische Sensitivität auch substanzabhängig ist. Diese Resultate reihen sich in die anderer Autoren ein, die ebenfalls auf z. T. erheblich unterschiedliche Empfindlichkeiten verschiedener Collembolenarten gegenüber Pflanzenschutzmitteln hinweisen (IGLISCH 1986, MOLA et al. 1987, CHERNOVA et al. 1995, SÜSS 1997). Selbst innerhalb der Art *Folsomia candida* konnten bei Biotests nach der ISO-Norm unterschiedliche Testergebnisse beobachtet werden, wobei diese Variationen auf die Verwendung verschiedener Klone der parthenogenetischen Art zurückgeführt wurden (CROUAU et al. 1999). Ausgehend von diesen Befunden ist eine Beurteilung der Toxizität von Chemikalien nur auf Grund der ISO-Testvorschrift, die die Wirkung auf eine einzige Art zu Grunde legt, als sehr problematisch anzusehen. Durch die Erfassung weiterer, ökologisch relevanter Arten und die Berücksichtigung

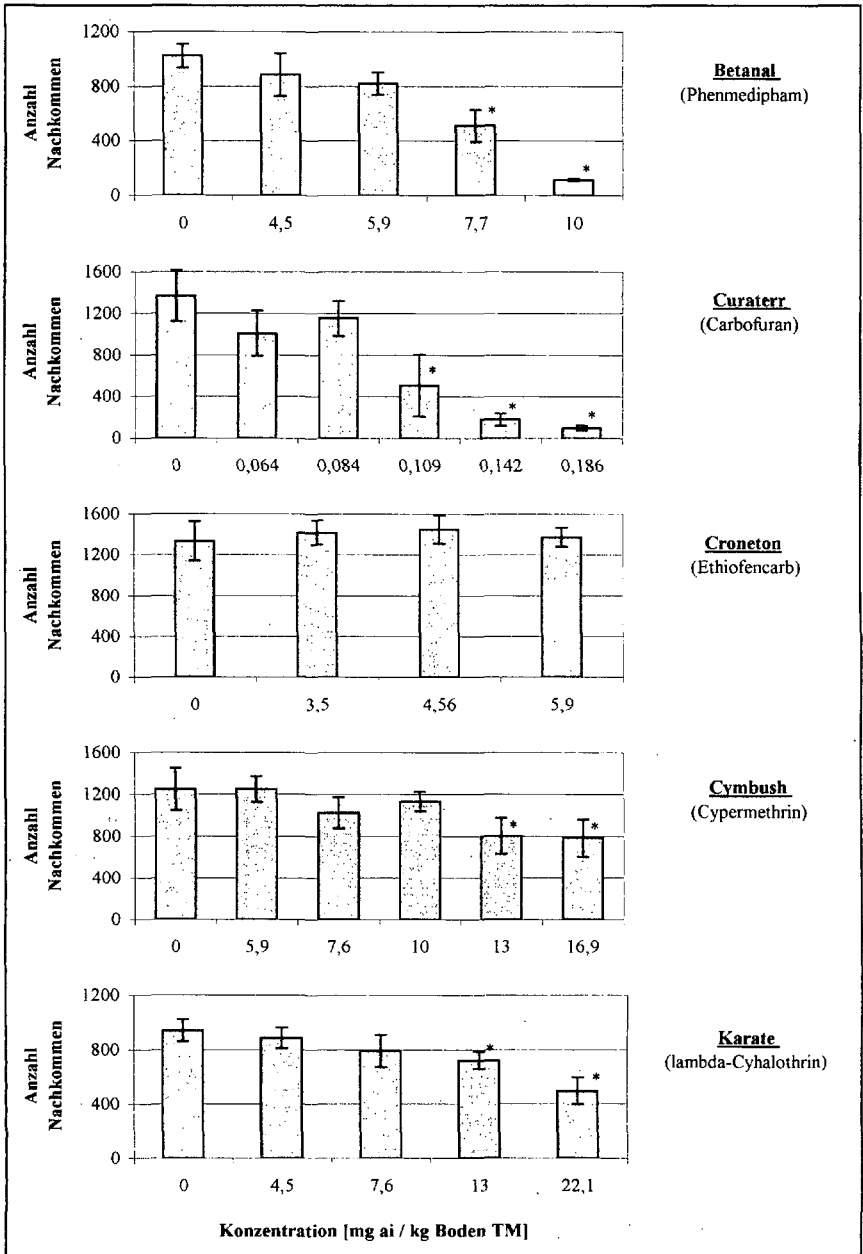


Abb. 2: Wirkung der fünf Pestizide (in Klammern die aktiven Wirkstoffe) auf die Reproduktion von *Folsomia candida*. Dargestellt ist die mittlere Anzahl der Nachkommen von je 10 Adulten in 5 Parallelen. Tests, bei denen weniger als 80 % der eingesetzten Adulten wieder gefunden wurden, wurden nicht gewertet. Konzentration = mg aktiver Wirkstoff / kg Trockenmasse Boden. * = signifikante Abweichung von der Kontrolle (Dunnnett-Test, $p < 0,05$).

sichtigung ihrer Biologie könnte eine entsprechend modifizierte Testvorschrift variierenden Sensitivitätsunterschieden innerhalb der Gruppe eher gerecht werden und somit die Reaktionsspannbreite der Arten in die Bewertung einbeziehen. Unter Anwendung ökotoxikologischer Extrapolationsmethoden bei der Ableitung von Grenzwerten wird die ökosystemare Relevanz der Testaussage durch die Berücksichtigung auch empfindlicher Arten weiter gesteigert (VAN STRAALEN & DENNEMANN 1989, ALDENBERG & SLOB 1993, Übersicht in KRATZ et al. 1998). Ausschließlich auf Basis der ISO-Norm gewonnene Ergebnisse sind auch aus weiteren Gründen für die Formulierung von Richtlinien, Grenzwerten oder Zulassungsbedingungen problematisch. Zum einen lassen die in Laborversuchen festgestellten Wirkungen der untersuchten Substanzen aufgrund der artifiziellen Versuchsbedingungen nur eingeschränkt Rückschlüsse auf Effekte im Freiland zu. Bereits die dargestellte Umrechnung der empfohlenen Aufwandmengen, die für die Durchführung von Laboruntersuchungen notwendig ist, kann nur als Anhaltspunkt verstanden werden, da die verwendeten Prämissen (Bodendichte, Eindringtiefe) je nach Bodenart und Anwendungsbereich breiten Schwankungen unterworfen sein können.

Zum anderen zeigt die vorliegende Untersuchung im Vergleich mit anderen Versuchsdesigns (z. B. FILSER 1991), dass die Applikation der Substanzen durch Aufspritzen auf das Bodensubstrat im Vergleich zum Einmischen in den Boden zu erheblichen Unterschieden in der Toxizität gegenüber einer Art führen kann. Das Einmischen der Substanz in den Boden, wie es auch die ISO-Norm vorsieht, ist im Hinblick auf das für viele Pflanzenschutzmittel übliche Verfahren des Aufspritzens nicht nur höchst unrealistisch, es kann auch, abhängig von den Adsorptionseigenschaften des Bodens, zu einer Fehleinschätzung der Toxizität führen (Süss 1997).

Entsprechende Modifikationen des Testverfahrens sowie eine Plausibilitätsprüfung der gewonnenen Daten im Vergleich mit Freiland- oder Halbfreilanduntersuchungen könnten somit einen weiteren Schritt zu einer biologisch sinnvollen und praxisorientierten Bewertung von Schadstoffwirkungen auf Bodenorganismen darstellen.

5. Zusammenfassung:

Die Wirkungen von fünf Pestiziden (3 Carbamate, 2 synthetische Pyrethroide) auf je drei euedaphische und epedaphische Collembolenarten wurden in Laborexperimenten in Anlehnung an die ISO-Norm 11267 untersucht. Die akuttoxischen Wirkungen auf die Mortalität der Tiere erwiesen sich als substanz- und artspezifisch. Eine Rangfolge der Empfindlichkeit konnte für die untersuchten sechs Collembolenarten nicht festgestellt werden. Selbst nah verwandte Arten reagierten teilweise deutlich unterschiedlich. Eine Zuordnung der Sensitivitätsunterschiede zu den beiden Lebensformtypen war ebenfalls nicht möglich.

Zudem wurden subakute Effekte der Pestizide am Beispiel der Wirkung auf die Reproduktion von *Folsomia candida* betrachtet. Dabei führten alle verwendeten Substanzen bis auf das Carbamat-Insektizid Croneton zu einer signifikanten Verringerung der Nachkommenzahl.

Die Bedeutung der artspezifischen Variation der Sensitivität bei der Bewertung von Schadstoffwirkungen mit Hilfe des ISO-Testverfahrens wird diskutiert.

Dank: Das Projekt wurde durchgeführt mit Unterstützung der Studienstiftung des Deutschen Volkes sowie der Firma Zeneca Agro. Die Freilandversuchsfläche in Blumberg bei Berlin wurde mir von der Humboldt-Universität Berlin zur Verfügung gestellt. Bei Herrn Univ.-Prof. Dr. Rudolf K. Achazi möchte ich mich für die freundliche Betreuung und bereitwillige Unterstützung bei der Planung und Durchführung der Arbeit bedanken.

Frau Dipl.-Biol. Anneke Beylich danke ich für die konstruktive Durchsicht des Manuskripts.

Mein besonderer Dank gilt dem Ehepaar Dr. Irene und Dr. Heinrich Schatz, Leopold-Franzens-Universität Innsbruck, für die Organisation der AG Bodenmesofauna im März 2000, in deren Rahmen ich wesentliche Teile der Arbeit vorstellen durfte.

6. Literatur:

- ACHAZI, R. & M. HECK (1995): Einfluß von anthropogenen Schadstoffen (PAK und PCB) auf terrestrische Invertebraten urbaner Ökosysteme. – In: KIRCHNER, M. and H. BAUER (Hrsg.): Statusseminar Förderschwerpunkt „Ökotoxikologie“ des BMBF, Proceedings. GSF-Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit (GmbH) München, p. 111 - 126.
- ALDENBERG, T. & W. SLOB (1993): Confidence Limits for Hazardous Concentrations Based on Logistically Distributed NOEC Toxicity Data. – *Ecotoxicol. Environ. Saf.* **25**: 48 - 63.
- BADEJO, M.A. & N.M. VAN STRAALLEN (1992): Effects of atrazine on growth and reproduction of *Orchesella cincta* (Collembola). – *Pedobiologia* **36**: 221 - 230.
- CHERNOVA, N.M., I.P. BALABINA & O.N. PONOMAREVA (1995): Changes in population growth of springtail (Collembola) under the influence of herbicides. – *Pol. Pismo Entomol.* **64**: 91 - 98.
- CROUAU, Y., P. CHENON & C. GISCLARD (1999): The use of *Folsomia candida* (Collembola, Isotomidae) for the bioassay of xenobiotic substances and soil pollutants. – *Appl. Soil Ecol.* **12**: 103 - 111.
- FILSER, J. (1991): Dynamik der Collembolengesellschaften als Indikatoren für bewirtschaftungsbedingte Bodenbelastungen – Hopfenböden als Beispiel. – Dissertation, Fakultät für Biologie der Ludwig-Maximilians-Universität München, 136 pp.
- (1994): The effect of the systemic fungicide Aktuan on Collembola under field conditions. – *Acta Zool. Fenn.* **195**: 32 - 34.
- GOTO, H.E. (1960a): Simple techniques for the rearing of Collembola and a note on the use of a fungistatic substance in the cultures. – *Ent. Mon. Mag.* **96**: 138 - 140.
- (1960b): Facultative parthenogenesis in Collembola. – *Nature* **188**: 958 - 959.
- IGLISCH, I. (1985): Bodenorganismen für die Bewertung von Chemikalien. – *Z. f. Angew. Zoologie* **72**: 395 - 431.
- (1986): Hinweise zur Entwicklung von Testverfahren zum Nachweis subakuter Wirkungen von Chemikalien. – *Z. f. Angew. Zoologie* **73**: 199 - 218.
- ISO (1999): Soil quality – Inhibition of reproduction of Collembola (*Folsomia candida*) by soil pollutants. – International Standard 11267, International Organization for Standardisation, Genève.
- JANCKE, G. (1989): Modellversuche zur subakuten und subletalen Wirkung von Herbiziden auf Collembolen im Hinblick auf ein Testsystem für Umweltchemikalien. – *Zool. Beitr. N.F.* **32**: 261 - 299.
- KRATZ, W., S. PIEPER & A. BOSE (1998): Ökotoxikologische Bewertung von BaP und PCB 52 für den Bereich der Vorsorge am Beispiel von Rieselfeldböden. – *Bodenschutz* **198**: 21 - 25.
- MOLA, L., M.A. SABATINI, B. FRATELLO & R. BERTOLANI (1987): Effects of atrazine on two species

- of Collembola (Onychiuridae) in laboratory tests. – *Pedobiologia* **30**: 145 - 149.
- RIEPERT, F. & C. KULA (1996): Development of laboratory methods for testing effects of chemicals and pesticides on Collembola and earthworms. – *Mitt. Biol. Bundesanst. Land- Forstwirtsch., Berlin-Dahlem*, 320 pp.
- RUSEK, J. (1975): Die bodenbildende Funktion von Collembolen und Acarina. – *Pedobiologia* **15**: 299 - 308.
- SEASTEDT, T.R. (1984): The role of microarthropods in decomposition and mineralization processes. – *Ann. Rev. of Entomol.* **29**: 25 - 46.
- SUBAGJA, J. & R.J. SNIDER (1981): The side effects of the herbicides atrazine and paraquat upon *Folsomia candida* and *Tullbergia granulata* (Insecta, Collembola). – *Pedobiologia* **22**: 141 - 152.
- SÜSS, A. (1997): Vergleichende Untersuchungen zu den Auswirkungen von topikal applizierten Insektiziden auf *Onychiurus fimatus* Gisin (Collembola: Onychiuridae), *Isotoma tigrina* (Nicolet) und *Folsomia candida* (Willem) (Collembola: Isotomidae). – *Mitt. Biol. Bundesanst. Land- Forstwirtsch., Berlin-Dahlem* **333**: 19 - 37.
- THOMPSON, A.R. & F.L. GORE (1972): Toxicity of Twenty-Nine Insecticides to *Folsomia candida*: Laboratory Studies. – *J. Econ. Entomol.* **65**: 1255 - 1260.
- VAN AMELSVOORT, P.A.M., M. VAN DONGEN & P.A. VAN DER WERFF (1988): The impact of Collembola on humification and mineralization of soil organic matter. – *Pedobiologia* **31**: 103 - 111.
- VAN GESTEL, C.A.M. & A.M.F. VAN DIEPEN (1997): The Influence of Soil Moisture Content on the Bioavailability and Toxicity of Cadmium for *Folsomia candida* Willem (Collembola: Isotomidae). – *Ecotoxicol. Environ. Saf.* **36**: 123 - 132.
- VAN STRAALEN, N.M. & C.A.J. DENNEMAN (1989): Ecotoxicological Evaluation of Soil Quality Criteria. – *Ecotoxicol. Environ. Saf.* **18**: 241 - 251.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Berichte des naturwissenschaftlichen-medizinischen Verein Innsbruck](#)

Jahr/Year: 2000

Band/Volume: [87](#)

Autor(en)/Author(s): Heupel Kristina

Artikel/Article: [Akute und subakute Effekte ausgewählter Pestizide auf Collembolenarten unterschiedlicher Strata. 355-363](#)