

## 3.2 FREILANDUNTERSUCHUNGEN

### 3.2.1 Vorversuch zur Expositionsdauer der Netzbeutel im Freiland

#### VERSUCH ZUR EXPOSITIONSDAUER

<i>Versuchseinheit:</i>	Netzbeutel
<i>Substrat:</i>	100 g Streu (TG) / Beutel
<i>Kontamination:</i>	keine
<i>Parallelen:</i>	5
<i>Dauer:</i>	2 – 6 Wochen
<i>Ort:</i>	Dauerbrache
<i>Endpunkt:</i>	Zahl der eingewanderten Collembolen
<i>Extraktion:</i>	Kempson-Extraktor (Temperaturgradient)

Abbildung 44 zeigt die mittlere Anzahl der in die Netzbeutel eingewanderten Collembolen in Abhängigkeit von der Expositionszeit.

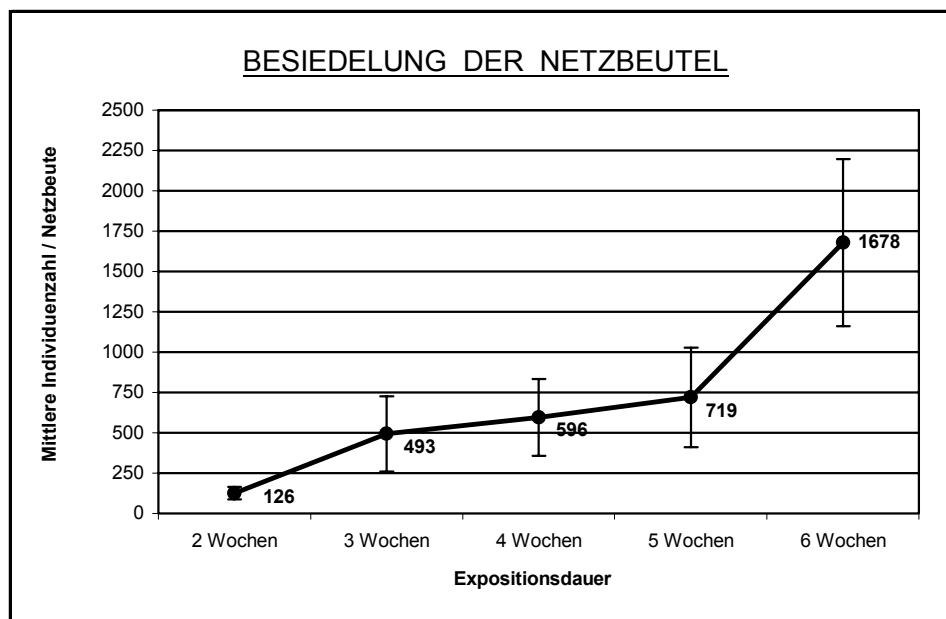


Abb. 44: Besiedelung der Netzbeutel durch Collembolen in Abhängigkeit von der Expositionsdauer (n = 5). Fehlerbalken = Standardabweichung.

Aufgrund dieser Ergebnisse wurde für den ersten Freilandversuch die mittlere der hier getesteten Expositionsdauern von 4 Wochen gewählt. Eine längere Expositionszeit wäre aufgrund der steigenden Besiedelungsdichte bei 30 Beuteln mit einem nicht mehr zu bewältigenden Arbeitsaufwand (bei Lebendauszählung) verbunden gewesen.

### 3.2.2 Abundanzen 1999 und 2000

#### ABUNDANZEN

<i>Versuchseinheit:</i>	Bodenproben 15×15×8 cm
<i>Parallelen:</i>	10
<i>Ort:</i>	Dauerbrache
<i>Endpunkt:</i>	Abundanzen der einzelnen Collembolenarten
<i>Extraktion:</i>	Kempson-Extraktor (Temperaturgradient)

Parallel zum Beginn der beiden Freilandversuche wurden auf dem jeweiligen Abschnitt der Brache je 10 Bodenproben entnommen, die zur Bestimmung der Zusammensetzung der vorhandenen Collembolenpopulation dienten. Die Ergebnisse wurden zusammen mit den Ergebnissen der eigentlichen Versuche in den Tabellen 28 (S. 132) und 29 a) (S. 133) zusammengestellt. Eine grafische Darstellung der Artenzusammensetzung liefert Abbildung 45 (S. 134). Die Zugehörigkeit der gefundenen Gattungen zu den drei Lebensformtypen ist Tabelle 2 auf S. 14 zu entnehmen.

Die 1999 entnommenen Bodenproben enthielten insgesamt 18 Collembolenarten, im Jahr 2000 waren es 19 Arten (Tab. 28). Dabei wurde die Art *Neanura muscorum* nur 1999 gefunden, während die Arten *Isotoma olivacea* und *Entomobrya lanuginosa* nur in den Proben von 2000 vorkamen. 1999 waren die am häufigsten in den Bodenproben gefundenen Arten der eudominante *Lepidocyrtus lanuginosus* sowie *Isotoma notabilis* (dominant). Diese beiden Arten stellten über 60% der gefundenen Individuen. Die im Jahr 2000 entnommenen Proben enthielten keine eudominante Art, *L. lanuginosus* war mit einer erheblich geringeren Häufigkeit nur dominant, ebenso *I. notabilis* und die Symphypleonen (Kugelspringer) *Sminthurides pumilis* und *Sminthurinus aureus*. 75% der gefundenen Tiere gehörten einer dieser vier Arten an.

Bei den meisten Arten verhielten sich die Frequenzen ähnlich wie die Dominanzen, d. h. seltene Arten wurden nur in wenigen Proben gefunden. Eine Ausnahme stellte *Orchesella villosa* dar, die größte der auf der Brache gefundenen Collembolenarten. Obwohl nur subrezedent, war sie 1999 und 2000 in den meisten Proben mit einigen Exemplaren vertreten. Auch *Lepidocyrtus violaceus*, die seltenste der vier Arten der Gattung *Lepidocyrtus*, und *Pseudosinella alba* wurden in 70 – 90% der Proben gefunden.

Tab. 28: Artenzusammensetzung, Dominanz und Frequenz der Collembolen in den Bodenproben 1999 und 2000 sowie in den Netzbeutelversuchen 1999 und den Streudosenversuchen 2000. Römische Zahlen: Dominanzklassen, kursiv: Frequenzklassen (Erläuterungen in Abschnitt 2.4.11, S. 47).

Artname	DOMINANZ						FREQUENZ								
	Bodenproben 1999			Bodenproben 2000			Netzbeutelversuch 1999			Bodenproben 2000			Streudosenversuch 2000		
	Kontrolle	Betanal	Cymbush	Kontrolle	Betanal	Cymbush	Kontrolle	Betanal	Cymbush	Kontrolle	Betanal	Cymbush	Kontrolle	Betanal 1. Konz.	Betanal 2. Konz.
<i>Hypogastrura vernalis</i>	0,86% V	0,17% V	0,08% V	0,15% V	0,07% V	0,53% V	0,15% V	0,07% V	0,15% V	0,07% V	0,53% V	0,15% V	0,07% V	0,15% V	0,53% V
<i>Neanura muscorum</i>	0,07% V	0,04% V	0,05% V	0,03% V	0,03% V	0,08% V	0,03% V	0,03% V	0,03% V	0,03% V	0,08% V	0,03% V	0,03% V	0,03% V	0,08% V
<i>Onychiurus armatus</i>	0,78% V	0,03% V	0,02% V	0,03% V	0,06% V	0,12% V	0,03% V	0,06% V	0,03% V	0,06% V	0,12% V	0,03% V	0,06% V	0,03% V	0,12% V
<i>Mesaphorura sp.</i>	3,93% III	0,1% V	0,01% V	0,03% V	0,01% V	0,08% V	0,03% V	0,01% V	0,03% V	0,01% V	0,08% V	0,03% V	0,01% V	0,03% V	0,08% V
<i>Folsomia fimetaria</i>	0,3% V	2,96% IV	3,31% III	8,33% III	1,99% IV	12,1% II	3,31% III	1,99% IV	3,31% III	1,99% IV	12,1% II	3,31% III	1,99% IV	3,31% III	12,1% II
<i>Isotoma notabilis</i>	19,04% II	0,73% V	0,26% V	1,28% IV	1,04% IV	1,25% IV	0,73% V	1,04% IV	0,26% V	1,04% IV	1,25% IV	0,73% V	1,04% IV	0,26% V	1,25% IV
<i>Isotoma anglicana</i>	8,33% III	1,29% IV	0,05% V	0,01% V	0,28% V	1,28% IV	0,01% V	0,28% V	0,05% V	0,28% V	1,28% IV	0,01% V	0,28% V	0,05% V	1,28% IV
<i>Isotoma olivacea</i>															
<i>Entomobrya lanuginosa</i>															
<i>Entomobrya multifasciata</i>	0,12% V	1,04% IV	0,53% V	2,6% IV	3,67% III	3,62% III	2,6% IV	3,67% III	0,53% V	3,67% III	3,62% III	2,6% IV	3,67% III	3,62% III	3,67% III
<i>Orchesella villosa</i>	0,53% V	0,61% V	1,15% IV	4,52% III	6,11% III	3,34% III	4,52% III	6,11% III	1,15% IV	6,11% III	3,34% III	4,52% III	6,11% III	3,34% III	6,11% III
<i>Heteromurus nitidus</i>	0,43% V	0,01% V	0,02% V	1,94% IV	2,15% IV	2,03% IV	1,94% IV	2,15% IV	0,02% V	2,15% IV	2,03% IV	1,94% IV	2,15% IV	2,03% IV	2,15% IV
<i>Lepidocyrtus cyaneus</i>	3,25% III	6,01% III	4,06% III	5,27% III	7,95% III	6,23% III	5,27% III	7,95% III	4,06% III	7,95% III	6,23% III	5,27% III	7,95% III	6,23% III	7,95% III
<i>Lepidocyrtus ignorum</i>	7,67% III	9,73% III	14,9% II	22,94% II	18,03% II	17,42% II	22,94% II	18,03% II	14,9% II	18,03% II	17,42% II	22,94% II	18,03% II	17,42% II	18,03% II
<i>Lepidocyrtus violaceus</i>	2,08% IV	1,68% IV	4,06% III	1,08% IV	1,05% IV	0,92% V	1,08% IV	1,05% IV	4,06% III	1,05% IV	0,92% V	1,08% IV	1,05% IV	0,92% V	1,05% IV
<i>Lepidocyrtus lanuginosus</i>	44,87% I	55,54% I	67,51% I	35,33% I	33,57% I	31,73% II	35,33% I	33,57% I	67,51% I	33,57% I	31,73% II	35,33% I	33,57% I	31,73% II	33,57% I
<i>Pseudosinella alba</i>	0,66% V			0,02% V	0,04% V	0,02% V	0,02% V	0,04% V		0,04% V	0,02% V	0,02% V	0,04% V	0,02% V	0,04% V
<i>Sminthurides pumilis</i>	5,48% III	2,64% IV	0,48% V	3,72% III	3,97% III	5,09% III	3,72% III	3,97% III	0,48% V	3,97% III	5,09% III	3,72% III	3,97% III	5,09% III	3,97% III
<i>Sminthurinus aureus</i>	1,25% IV	17,42% II	4,31% III	12,39% II	16,06% II	14,82% II	12,39% II	16,06% II	4,31% III	16,06% II	14,82% II	12,39% II	16,06% II	14,82% II	16,06% II
<i>Sminthurus viridis</i>	0,35% V		0,03% V	0,03% V	0,03% V	0,05% V	0,03% V	0,03% V	0,03% V	0,03% V	0,05% V	0,03% V	0,03% V	0,03% V	0,05% V

Der auffälligste Unterschied zwischen den beiden Probenahmeterminen bestand, wie auch Abbildung 45 deutlich macht, darin, dass 1999 über 57% aller gefundenen Tiere der Gattung *Lepidocyrtus* zuzuordnen waren, während diese Gruppe im Jahr 2000 nur einen Anteil von knapp 20% ausmachte. Die meisten Tiere aus den 2000er Bodenproben gehörten zur Gruppe der Symphypleonen (Kugelspringer), aus deren einziger Familie, den Sminthuridae, 3 Arten gefunden wurden. Diese stellten zusammen über 51% der Gesamtindividuen, während sie 1999 nur zu 7% vertreten waren.

Tab. 29: Individuenzahlen, Gesamtartenzahl, Diversität und Evenness der Abundanzproben (1999 u. 2000, a) sowie der beiden Freilandversuche mit Netzbeuteln (1999, b) und Streudosen (2000, c). In die Berechnung der Diversität und Evenness gingen nur adulte Tiere ein. Alle Varianten wurden mit je 10 Replikaten durchgeführt.

a) <b>Abundanzproben</b>	1999	2000
Individuenzahl / m <sup>2</sup>	31862	31515
Mittlere Individuenzahl / Probe	716,9	709,1
± Standardabweichung	± 316,9	± 375,4
Gesamtartenzahl	18	19
Diversität	1,83	2,13
Evenness	0,63	0,72

b) <b>Netzbeutelversuch 1999</b>	Kontrolle	Betanal <sup>1</sup>	Cymbush <sup>2</sup>
Individuenzahl / g Trockenstreu	15,8	14,3	13,3
Mittlere Individuenzahl / Beutel	788,2	716,9	665,8
± Standardabweichung	± 373,3	± 330,2	± 319,9
Gesamtartenzahl	16	16	17
Diversität	1,49	1,35	1,17
Evenness	0,54	0,49	0,41

<sup>1</sup> 39,25 mg ai / kg TG    <sup>2</sup> 1,875 mg ai / kg TG

c) <b>Streudosenversuch 2000</b>	Kontrolle	Betanal Konz. 1	Betanal Konz. 2
Individuenzahl / g Trockenstreu	36,5	32,0	39,3
Mittlere Individuenzahl / Dose	912,8	801,2	981,8
± Standardabweichung	± 380,1	± 282,1	± 425,7
Gesamtartenzahl	18	17	17
Diversität	1,90	2,01	2,02
Evenness	0,66	0,71	0,71

Konz. 1 = 55,1 mg ai / kg TG; Konz. 2 = 13,8 mg ai / kg TG

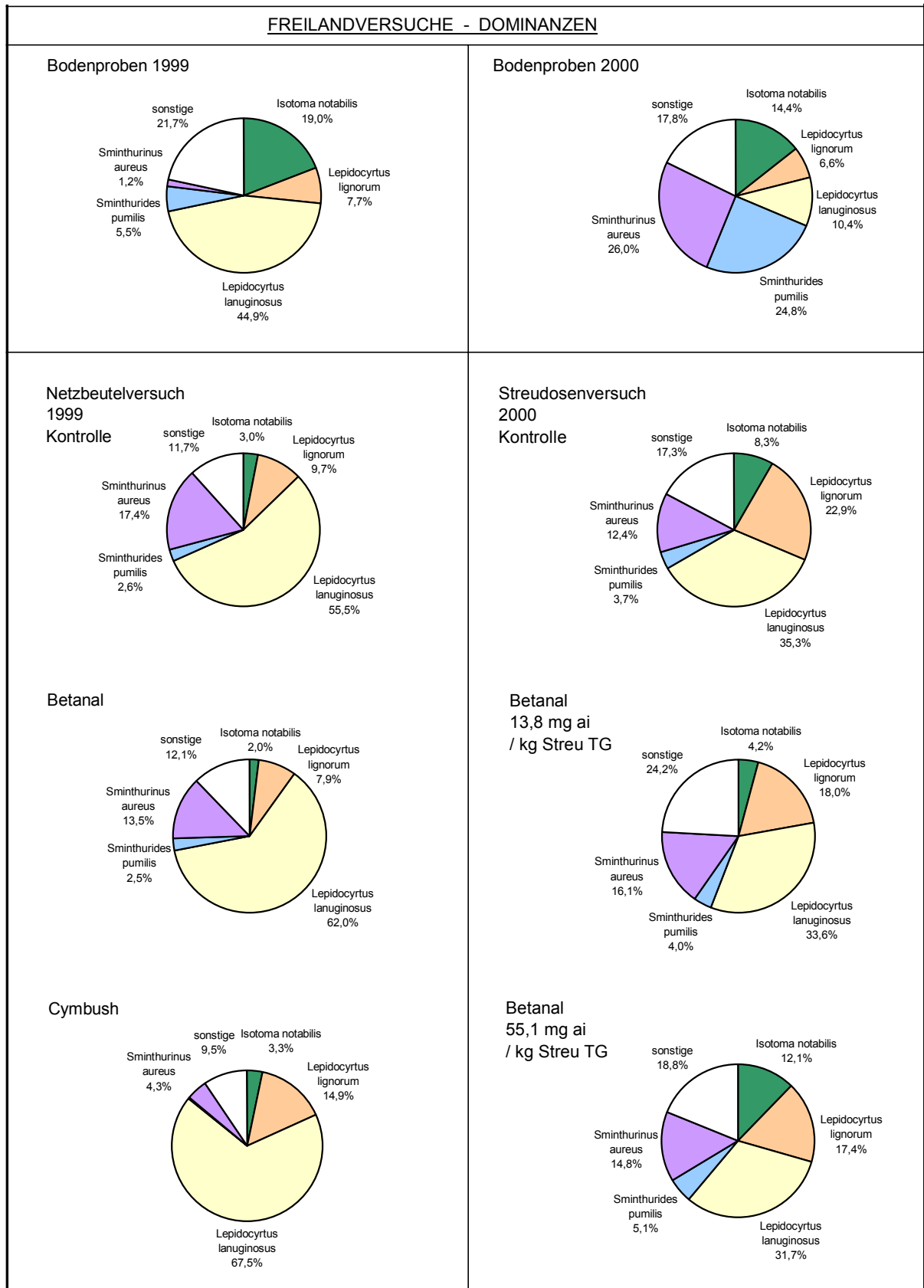


Abb. 45: Dominanzen der in den einzelnen Freilandversuchen (Bodenproben 1999 und 2000; Netzbeutelversuch 1999, Streudosenversuch 2000) gefundenen Collembolenarten. Dargestellt sind die jeweils häufigsten Arten, genauere Angaben in Tabelle 28.

### 3.2.3 Netzbeutelversuch (1. Freilandversuch)

NETZBEUTELVERSUCH	
<i>Versuchseinheit:</i>	Netzbeutel
<i>Substrat:</i>	50 g Streu (FG) / Beutel
<i>Kontamination:</i>	Betanal, Cymbush (Aufwandmenge)
<i>Parallelen:</i>	10
<i>Dauer:</i>	4 Wochen
<i>Ort:</i>	Dauerbrache
<i>Endpunkt:</i>	Zahl der eingewanderten Collembolen
<i>Extraktion:</i>	Kempson-Extraktor (Temperaturgradient)

Nach einer Expositionszeit von vier Wochen lag die mittlere Collembolenzahl pro Netzbeutel bei 788,2 in den Kontrollen, 716,9 in den mit Betanal behandelten Beuteln und 665,8 in den mit Cymbush behandelten Proben (Tab. 29b). Die Gesamtindividuenzahlen der jeweiligen 10 Beutel wichen in den drei Varianten nicht signifikant voneinander ab (ANOVA,  $p > 0,05$ ). Unterschiede in der Artenzusammensetzung waren zwar nur bei einigen subrezedenten Arten zu beobachten, dennoch lagen sowohl die Indices für die Diversität wie auch die Evenness bei Betanal und noch stärker bei Cymbush niedriger als in der Kontrolle. Die Dominanzen schwankten in den drei Varianten um nicht mehr als eine Klassenstufe (Tab. 28). Im Vergleich mit den zu Versuchsbeginn entnommenen Bodenproben enthielten die Netzbeutel die gleichen Collembolenarten, mit Ausnahme der Art *Pseudosinella alba*, die nicht in die Beutel eingewandert war. Sowohl in den Bodenproben als auch in den Netzbeuteln stellte *Lepidocyrtus lanuginosus* die bei weitem häufigste Art dar. Dagegen war in den Beuteln ein deutlich höherer Anteil an Vertretern der Art *Sminthurinus aureus* als in den Bodenproben zu finden, andererseits enthielten sie erheblich weniger Individuen der Art *Isotoma notabilis* (Abb. 45). Die Art *Isotoma olivacea*, die in den Bodenproben gar nicht auftauchte, war rezedent bis subrezedent in den Beuteln aller Versuchsvarianten zu finden, in den Kontrollen sogar in 50% aller Proben.

In Abbildung 46 (S. 136) sind die mittleren Anzahlen der in die unterschiedlich behandelten Netzbeutel eingewanderten Individuen der einzelnen Arten grafisch dargestellt. Die Rangvarianzanalyse nach Kruskal-Wallis zeigte, dass die mit Betanal kontaminierten Beutel signifikant geringer durch Individuen der Art *Isotoma anglicana* besiedelt worden waren als die Kontrollbeutel ( $p < 0,05$ ; Dunnett's-Test). In die mit Cymbush behandelten Beutel waren signifikant weniger Individuen der Arten *I. anglicana*, *Sminthurides pumilis* und *Sminthurinus aureus* eingewandert. Für alle anderen Arten konnten keine signifikanten Unterschiede in der Besiedelung festgestellt werden. Die entsprechend ihrer Aufwandmengen applizierten

Pestizide übten demnach nur eine sehr geringe Repellentwirkung auf die Collembolenpopulation der Brache aus. Der Freilandversuch wurde daher im Jahr 2000 mit höheren Betanalkonzentrationen wiederholt. Da auch Abbauvorgänge in der kontaminierten Streu zu der geringen Repellentwirkung beigetragen haben konnten, wurde die Expositionszeit zudem auf zwei Wochen verkürzt.

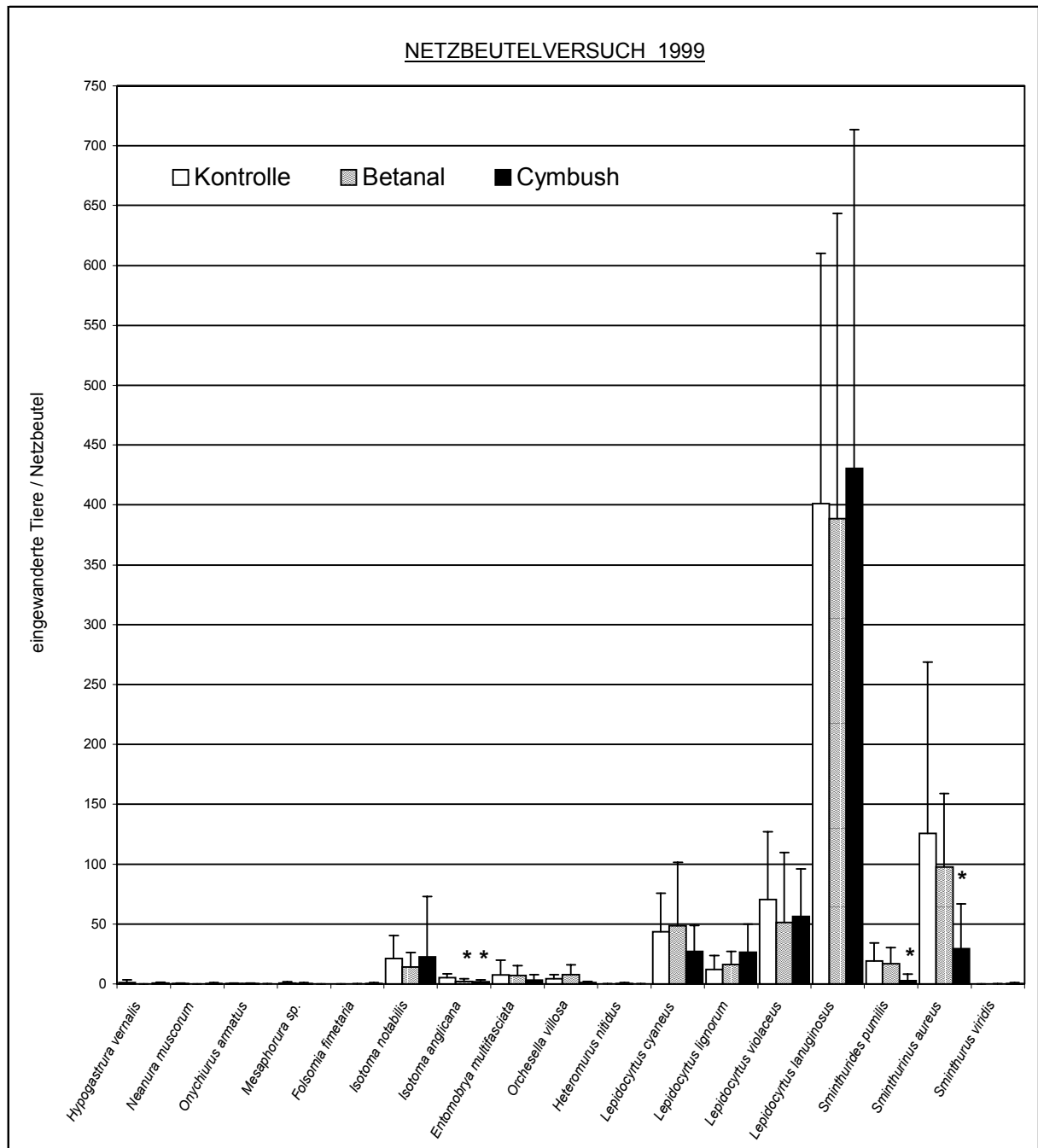


Abb. 46: Besiedelung der Netzbeutel im Freilandversuch 1999. Der Inhalt der Beutel war mit Betanal bzw. Cymbush entsprechend der empfohlenen Aufwandmengen kontaminiert. Kontrollen wurden mit Wasser behandelt. Dargestellt sind die mittleren Collembolenzahlen pro Netzbeutel ( $n = 10$ ). Fehlerbalken = Standardabweichung.

\* : signifikante Abweichung von der Kontrolle (Kruskal-Wallis-Rangvarianzanalyse,  $p < 0,05$ ).

### 3.2.4 Streudosenversuch (2. Freilandversuch) und Vorversuch mit Betanal und Streu

Im zweiten Freilandversuch wurden statt Netzbeuteln Streudosen eingesetzt, um die Verpilzung der Streu zu vermindern. Das Substrat wurde mit Betanalkonzentrationen kontaminiert, die gerade unter der Effektschwelle im Akuttests lagen. Zur Feststellung dieser Schwelle wurden Toxizitätstests mit Betanal-kontaminierter Streu im Labor durchgeführt.

#### 3.2.4.1 Vorversuche zur akuten Toxizität von Betanal mit Streu

##### AKUTTEST MIT STREU

<i>Arten:</i>	<i>Isotoma anglicana,</i> <i>Lepidocyrtus violaceus,</i> <i>Folsomia candida,</i> <i>Folsomia fimetaria,</i> <i>Heteromurus nitidus,</i> <i>Onychiurus armatus</i>
<i>Substrat:</i>	Streu
<i>Parallelen:</i>	5
<i>Individuen / Parallele:</i>	10
<i>Dauer:</i>	3 Tage
<i>Ort:</i>	Tageslicht-Klimaschrank, 20°C
<i>Endpunkt:</i>	Schädigung (Tod + Lokomotionsstörungen)

Die höchstmögliche, nichttoxische Konzentration von Betanal in Streu wurde durch Toxizitätstests im Labor bestimmt. Die Ergebnisse zeigt Abbildung 47:



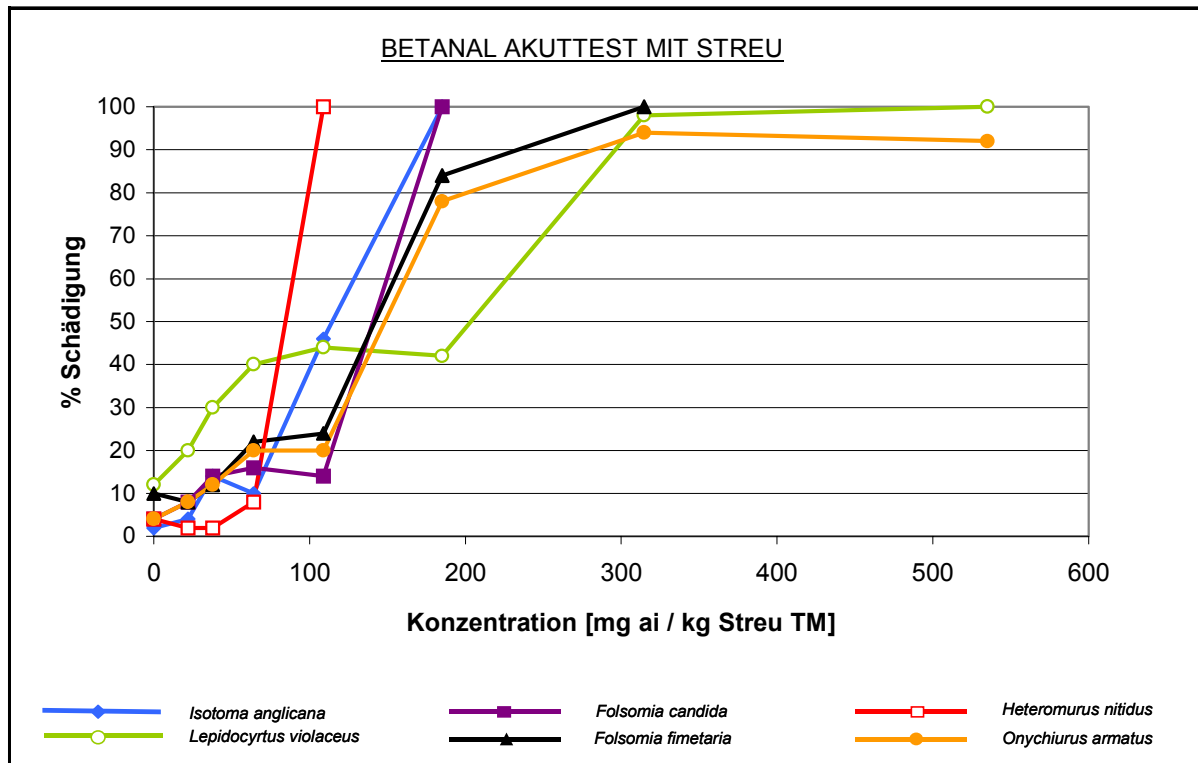


Abb. 47: Konzentrations-Wirkungskurven für den Einfluss von Betanal-kontaminierter Streu auf die sechs Labor-Collembolenarten. Testdauer: 3 Tage. Dargestellt sind die mittleren prozentualen Anteile geschädigter Tiere aus je 5 Parallelen.

Die berechneten Effektkonzentrationen zeigt Tabelle 30:

Tab. 30: Effektkonzentrationen für Betanal im Streuversuch (Probitanalyse). Effekt = Schädigung der Tiere (Lokomotionsstörungen und Tod). n. b.: aufgrund zu geringer Datenmenge nicht zu berechnen. Alle Angaben in [mg ai / kg Streu TG].

	EC <sub>20</sub>	95%-Konfidenzintervall	EC <sub>50</sub>	95%-Konfidenzintervall
<i>I. anglicana</i>	56,1	39,8 – 79,2	95,4	71,7 – 126,9
<i>L. violaceus</i>	30,7	15,5 – 60,9	92,0	59,8 – 141,6
<i>F. candida</i>	56,7	37,5 – 85,6	114,1	77,7 – 167,5
<i>F. fimetaria</i>	55,1	37,0 – 82,1	107,4	78,5 – 146,7
<i>H. nitidus</i>	59,6	n. b.	76,6	n. b.
<i>O. armatus</i>	57,0	36,8 – 88,3	123,6	88,5 – 172,4

Jene Konzentration, bei der nicht mehr als 20% der Tiere aller getesteten Arten geschädigt wurden ( $EC_{20}$ ), sollte als Höchstkonzentration für den 2. Freilandversuch verwendet werden. Der  $EC_{20}$ -Wert für die Art *L. violaceus* wurde dabei nicht berücksichtigt, da in niedrigen Konzentrationen teilweise nicht mehr als 50% der eingesetzten Tiere bei der Auswertung wiedergefunden worden waren. Diese mussten als „tot“ gewertet werden, was jedoch zu einer unrealistischen Absenkung der Effektkonzentration führte, da die verbliebenen Tiere wenig Schädigungen aufwiesen. Da die Deckel der Versuchsgefäße nicht völlig abgedichtet werden konnten, ist von einer Flucht der Tiere auszugehen.

Für den Freilandversuch wurde somit 55,1 mg ai / kg Streu TG als Höchstkonzentration von Betanal eingesetzt („Konzentration 1“). Zum Nachweis einer eventuellen Konzentrationsabhängigkeit der Repellentwirkung wurde eine zweite Konzentrationsstufe für den Freilandversuch bei einem Viertel der Höchstkonzentration festgelegt, dies entsprach 13,8 mg ai / kg Streu TG („Konzentration 2“).

### 3.2.4.2 Streudosenversuch

#### STREUDOSENVERSUCH

<i>Versuchseinheit:</i>	Streudosen
<i>Substrat:</i>	25 g Streu (FG) / Dose
<i>Kontamination:</i>	Betanal (55,1 u. 13,8 mg ai / kg TG Streu)
<i>Parallelen:</i>	10
<i>Dauer:</i>	2 Wochen
<i>Ort:</i>	Dauerbrache
<i>Endpunkt:</i>	Zahl der eingewanderten Collembolen
<i>Extraktion:</i>	Kempson-Extraktor (Temperaturgradient)

Bezüglich der Besiedelungsdichte der Streudosen fiel zunächst auf, dass im Vergleich zum Netzbeutelversuch mehr als doppelt so viele Tiere in den Kontrollen vorhanden waren (gemessen an der Individuenzahl / g Trockenstreu, Tab. 29c), obwohl die Abundanzen im Einzugsgebiet in beiden Jahren etwa gleich hoch waren (vgl. Tab. 29a). Dementsprechend höher lag auch die mittlere Individuenzahl pro Versuchseinheit. Entsprechend der höheren Werte für Diversität und Evenness in den zugeordneten Bodenproben lagen diese ökologischen Indices auch für die Streudosen höher als in den Netzbeutelversuchen. Im Gegensatz zu diesen war allerdings gegenüber den Kontrollen statt einer Abnahme eine Zunahme der Werte zu verzeichnen. Die Individuenzahlen pro Streudose lagen bei der ersten Betanal-konzentration zwar niedriger als in den Kontrollen, stiegen jedoch bei der zweiten Betanal-konzentration über den Kontrollwert hinaus an. Signifikante Unterschiede waren jedoch nicht festzustellen (ANOVA,  $p > 0,05$ ). Die Dominanzen der einzelnen Arten schwankten in den drei Versuchsvarianten um nicht mehr als eine Klassenstufe (Tab. 28). Wie Abbildung 48 zeigt, war eine konzentrationsabhängige Abnahme der Besiedelung der kontaminierten Dosen bei keiner Art zu beobachten, signifikante Unterschiede zur Kontrolle konnten nicht nachgewiesen werden (Kruskal-Wallis Rangvarianzanalyse,  $p > 0,05$ ).

Im Vergleich mit den bei Versuchsbeginn entnommenen Bodenproben fällt besonders auf, dass die Streudosen von einigen Arten besonders stark besiedelt wurden. Besonders die Arten *Lepidocyrtus lanuginosus* und *Lepidocyrtus lignorum* waren in den Dosen etwa dreimal häufiger als ihre Abundanz im Einzugsgebiet erwarten ließ (Tab. 28 und Abb. 45). Demgegenüber lag der Anteil der Sminthuridenart *Sminthurides pumilis* in den Dosen erheblich niedriger als in den Bodenproben. Interessanterweise ähnelte die Artzusammensetzung in den Dosen jener in den Netzbeuteln und auch jener in den Bodenproben von 1999 mehr als jener in den parallel genommenen Bodenproben von 2000.

Die Art *Onychiurus armatus* war zwar subrezentent in den Bodenproben vorhanden, wurde jedoch in keiner der drei Streudosenvarianten gefunden.

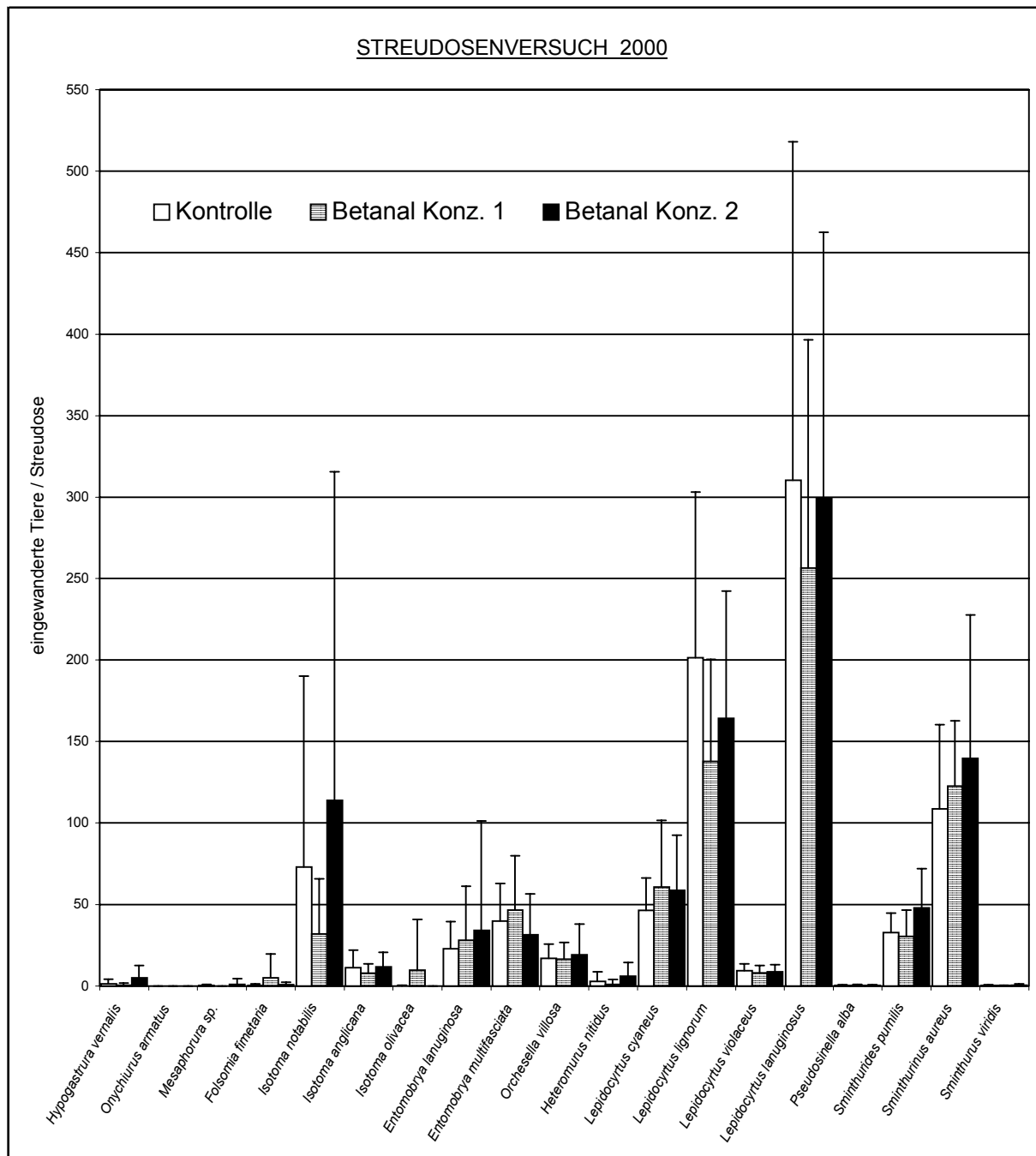


Abb. 48: Besiedelung der Streudosen im Freilandversuch 2000. Der Inhalt der Dosen war mit 55,1 mg ai / kg TG Streu (Konzentration 1) bzw. 13,8 mg ai / kg TG Streu (Konzentration 2) Betanal kontaminiert. Kontrollen wurden mit Wasser behandelt. Dargestellt sind die mittleren Collembolenzahlen pro Streudose (n = 10). Fehlerbalken = Standardabweichung.