

»Standortparameter« von Collembolen in Agrarökosystemen

Henning Fromm

Synopsis

Site parameters of Collembola in agroecosystems

The results presented deal with the investigation about the statistical relationship between biotic and abiotic site parameters and collembolan species on a landscape scale of 100 hectares in an agroecosystem and a random sampling number of 400. The factor »organic matter« with the parameters microbial biomass and basal respiration seem to be typical for *Lepidocyrtus cyaneus*, *Sminthurinus aureus* and *Isotoma viridis*, the parameter *Gamasida* correlates with *Folsomia quadrioculata* whereas *Onychiurus armatus* shows low dependencies with any parameter.

Collembolen, Agrarökosysteme, Standortparameter, Korrelationsanalyse

Collembola, agroecosystems, site parameters, analysis of correlation

1 Einleitung

Um das Vorkommen und die Verteilung von Tieren verstehen und vorhersagen (zeitlich, räumlich, funktional) zu können, sind nach BEGON & al. (1996) Kenntnisse zu Faktoren wie Vorgeschichte des Lebensraumes und der Landnutzung (»Langzeitgedächtnis« des Bodens), der Vermehrungs- und Ausbreitungsraten von Individuen einer Art und Kenntnisse zu Interaktionen von Individuen und Arten notwendig. Von grundlegender Bedeutung sind die sogenannten »Ressourcen« (verbrauchbare Naturgüter wie Nährstoffe, Art und Menge organischer Substanz) und die Auswirkungen von chemisch-physikalischen Umweltbedingungen sowie Bewirtschaftungsmaßnahmen. Für viele Umweltparameter ist ein Optimumbereich zu erkennen, auf die ein Organismus mit der größtmöglichen Sicherung der Nachkommenschaft reagiert (Fitness). In der Praxis ist dies durch die notwendige Analyse über mehrere Generationen hinweg schwer zu verfolgen. Eine häufig verwendete Methode ist es, die Stärke des Zusammenhanges (bei angenommener Linearität) zwischen bestimmten Parametern eines Standortes und der Individuendichte von Organismen zu untersuchen. Collembolen stellen dabei eine Organismengesellschaft dar, die von der

Arten- und Individuenzahl, Vermehrungsfähigkeit, Verteilung in der Fläche sowie der Besiedelung unterschiedlichster Habitate und Erfassbarkeit die Grundgesamtheit bietet, um nachfolgendes Thema zu bearbeiten (FROMM 1998). Kenntnisse von »Standortparametern« bei Collembolen bzw. Collembolen als Indikatoren von »Bodenzuständen« wurden schon von KUBIENA (1961) gefordert und in Wäldern zur Bioindikation von Immissionseinflüssen ansatzweise nachgewiesen (SCHICK & KREIMES 1993). Für Agrarökosysteme konnte dies bis heute in der Ausprägung der Ellenbergischen »Zeigerwerte für Pflanzen« (ELLENBERG & al. 1992) keiner hinreichend bestätigen.

2 Ziel

Ziel der vorliegenden Untersuchung war es, im Rahmen einer umfassenden Analyse der räumlichen und zeitlichen Variabilität von Collembolen in einer heterogenen Agrarlandschaft und Verwendung eines großen Datenpools die Höhe des statistischen Zusammenhanges zwischen Collembolenarten und biotischen und abiotischen Bodenparametern zu quantifizieren. Außerdem sollten darauf aufbauend Hypothesen bezüglich der notwendigen »Ressourcen« und verantwortlicher »Standortparameter« für einige Collembolenarten aufgestellt werden.

3 Methodik und Statistik

3.1 Untersuchungsgebiet

Die Collembolenfauna wurde im Rahmen des FAM-Verbundprojektes (»Forschungsverbund Agrarökosysteme München«) auf 100 ha des 143 ha großen Versuchsgutes Scheyern (Oberbayern) in einem heterogenen Landschaftsausschnitt mit Acker-, Grünland- und ehemaligen Hopfenflächen (FROMM & al. 1993) und unterschiedlichen Bodentypen (sandige bis stark kiesige Braunerden, lößlehmbedonte Braunerde aus schluffigem Material, sowie schluffige Kolluvien) untersucht. Die Ackerflächen wurden 1991 einheitlich mit Winterweizen und 1992 mit Sommergerste bestellt. Über das Gebiet wurde kartographisch ein starres Raster mit einem Abstand von 50 mal 50 m gelegt. Die ca. 400 Knotenpunkte des Rasters (»Raster-

punkte« = RP) stellen das Meßnetz Scheyern dar, in dem Daten zu Boden, zur Vegetation, zu Ertrag und zur Fauna erhoben wurden. Auf der Gesamtfläche wurden zusätzlich 15 repräsentative Rasterpunkte für eine intensivere Probenahme (»Intensivpunkte« = IP) ausgewählt, um die kleinräumige Variabilität und die zeitliche Entwicklung näher untersuchen zu können (Ergebnisse nicht dargestellt).

3.2 Erhobene Parameter

Entlang des Rasters wurden im April 1991 (4/91) an 405 RP und im Mai 1992 (5/92) an 393 RP mit einem Stechzylinder (7,8 cm Durchmesser, 5 cm Tiefe) je eine Bodenprobe entnommen, die Collembolenfauna ($N = \text{ca. } 30.000$) mit einem modifizierten Mac Fadyen-Bodentierextraktor (FROMM 1998) innerhalb von fünf Tagen gewonnen und bis zur Art bestimmt. Zeit- und raumgleich wurden durch WINTER (1998) Daten zu den Parametern C_T , N_T , Wasser- und Skelett-Gehalt, pH-Wert (CaCl_2), sowie der mikrobiellen Biomasse [$\mu\text{g } C_{\text{mic}} \text{ g}^{-1} \text{ TS}$] und Basalatmung [$\mu\text{g CO}_2 \text{ g}^{-1} \text{ TS h}^{-1}$] erhoben. Weiterhin standen über die zentrale Datenbank des FAM-Verbundprojektes Informationen zum Gehalt an Ton, Schluff, Sand [%], Kalium und Phosphat [mg kg^{-1}], zur Trockenraumdichte [g cm^{-3}] (SCHEINOST 1994), zur Wildkrautzusammensetzung [Deckung in %, Arten] (ALBRECHT et al. 1993), zu Lumbriciden [Biomasse in g TS m^{-2} , Arten] (NAGEL 1996), sowie Gamasiden (Raubmilben) und Oribatiden (Hornmilben) [Abundanz m^{-2}] (FROMM unveröffentl.) zur Verfügung. Die Schwankungsbreiten der einzelnen Parameter sind für die Intensivpunkte bei FROMM (1998) dargestellt.

3.3 Korrelationsanalyse

Zur Darstellung der Höhe eines Zusammenhanges zwischen zwei Größen wurde aufgrund der Nicht-Normalverteilung der Collembolen und dem Vorhandensein von Extremdaten auf die Korrelationsanalyse (r = Korrelationskoeffizient) nach Spearman (Rangmethode) zurückgegriffen (MÜHLENBERG 1993).

3.4 Hauptkomponentenanalyse

Die Hauptkomponentenanalyse (PCA = Principal Component Analysis) wurde verwendet, um eine große Zahl miteinander korrelierter Variablen auf eine kleine Zahl von signifikanten, nicht miteinander korrelierter Variablen, die Hauptkomponenten zu reduzieren (MÜHLENBERG 1993). PCA wird also für die Interpretation einer Struktur innerhalb einer »Kovarianz-Matrix« zur Verfügung stehender Daten ver-

wendet. Die Hauptkomponenten sind dann für den größten Teil der Varianz (= Quadrat der Standardabweichungen) verantwortlich, d.h. es werden nur zwei Variablen (= Faktoren) gebildet, die aber die Variabilität innerhalb der Collembolenpopulation fast genauso umfassend wie der gesamte Datensatz beschreiben können. Dadurch können Arten hinsichtlich ihrer »Standortparameter« schärfer getrennt werden, als mit linearen Korrelationen. Aus Übersichtsgründen ist nur die Probenahme 4/91 dargestellt. Beide statistischen Berechnungen wurden mit der Software StSC (1991) durchgeführt.

3 Ergebnisse

In Tab.1 sind die Ergebnisse der Korrelationsanalyse für die Beprobungstermine 4/91 und 5/92 dargestellt und nach der Anzahl der Parameter mit höchst-signifikanter Korrelation ($p < 0,001$) mit den einzelnen Collembolenarten geordnet. Die Parameter mikrobielle Biomasse und Basalatmung, die im Grünland bzw. ehemaligen Grünlandflächen am höchsten sind, korrelieren mit den Arten *Lepidocyrtus cyaneus* ($r = 0,42$), *Frisea mirabilis* ($r = 0,40$) und *Isotomurus palustris* ($r = 0,32$) am höchsten. Höchst signifikante Korrelationen treten zwischen der mikrobiellen Biomasse und *Sminthurinus aureus* ($r = 0,53$) auf sowie mit *Isotoma viridis* ($r = 0,49$). Der Parameter Gamasiden weist mit den Arten *Folsomia quadrioculata* ($r = 0,45$) und *Isotoma notabilis* ($r = 0,40$) hohe Korrelationen auf. Ein negativer r -Wert bedeutet einen umgekehrten Zusammenhang mit dem untersuchten Parameter: niedrige pH-Werte korrelieren mit hohen Individuenzahlen. Die Parameter P-Gehalt, Wildkrautdeckung oder Ton-Anteil korrelieren bei vielen Arten mit geringem bis sehr geringem r ($< 0,20$), sind aber auf Grund der großen Stichprobe teilweise höchstsignifikant. Die Arten *Onychiurus armatus* und *Mesaphorura machrochaeta* weisen nur geringe Korrelationshöhen mit wenigen Parametern auf.

Abb.1 zeigt einen Plot der Ergebnisse aus der Hauptkomponentenanalyse des Beprobungstermines 4/91. Die Faktoren 1 und 2 erklären 35% bzw 13% der Gesamtvarianz. In der zweidimensionalen Matrix liegen die Parameter Basalatmung, mikrobielle Biomasse und C-Gehalt nahe zusammen und legen eine Autokorrelation nahe. Die »Entfernung« (Abweichung bezüglich Faktor 1 und 2) der Collembolenarten in der Matrix von den genannten Parametern kann direkt als Höhe des Zusammenhanges mit den Standortparametern interpretiert werden. Auffallend ist der hohe Abstand der Arten *Onychiurus armatus* und *Hypogastrura spec.* von den o.g. Parametern.

Tab. 1
Korrelationskoeffizienten (r) nach Spearman: Bodenparameter und 10 Collembolenarten (N = 30.000) der Rasterbeprobungen April 1991 (4/91) und Mai 1992 (5/92), geordnet nach der Anzahl der Parameter mit höchstsignifikanten Korrelationen und innerhalb der Matrix nach der Höhe des Zusammenhanges.

Table 1
Coefficient of correlataion (r) after Spearman: parameters of soil and 10 collembolan species (N = 30.000) during gridnet sampling in April 1991 (4/91) and May 1992 (5/92), ranked by number of parameters with highest correlation and within the matrix by the intensity of relationship.

Art	Höchstsignifikante Korrelation (p < 0,001)	Hochsignifikante Korrelation (p < 0,01)	Signifikante Korrelation (p < 0,05)
<i>Lepidocyrtus cyaneus</i>	Mikr.Biomasse (0,42) 4/91	P-Gehalt (- 0,16) 4/91	Ton-Anteil (0,13) 4/91
	Mikr.Biomasse (0,40) 5/92	Skelett-Gehalt (- 0,15) 4/91	P-Gehalt (- 0,12) 5/92
	Basalatmung (0,34) 5/92	pH-Wert (- 0,13) 5/92	Skelett-Gehalt (- 0,12) 5/92
	Basalatmung (0,31) 4/91	Tarsonemiden (0,13) 4/91	K-Gehalt (- 0,11) 4/91
	Gamasiden (0,31) 5/92		
	Oribatiden (0,30) 4/91		
	pH-Wert (- 0,29) 4/91		
	Tarsonemiden (0,29) 5/92		
	Gamasiden (0,28) 4/91		
	Wassergehalt (0,26) 4/91		
	Wassergehalt (0,22) 5/92		
<i>Frisea mirabilis</i>	Mikr.Biomasse (0,40) 5/92	Wildkraut-Arten (0,14) 4/91	pH-Wert (- 0,13) 5/92
	Mikr.Biomasse (0,39) 4/91		P-Gehalt (- 0,13) 4/91
	Basalatmung (0,38) 5/92		Skelett-Gehalt (- 0,13) 4/91
	Gamasiden (0,34) 5/92		Skelett-Gehalt (- 0,13) 5/92
	Wassergehalt (0,30) 5/92		Sand-Anteil (- 0,12) 4/91
	Wassergehalt (0,26) 4/91		Ton-Anteil (0,10) 4/91
	Basalatmung (0,24) 4/91		
	Oribatiden (0,23) 4/91		
	Tarsonemiden (0,23) 5/92		
	pH-Wert (- 0,20) 4/91		
	Gamasiden (0,18) 4/91		
<i>Folsomia quadrioculata</i>	Gamasiden (0,45) 5/92	Wassergehalt (0,19) 4/91	Skelett-Gehalt (- 0,10) 5/92
	Gamasiden (0,39) 4/91	Wassergehalt (0,15) 5/92	Ton-Anteil (0,10) 4/91
	Mikr. Biomasse (0,36) 4/91	P-Gehalt (- 0,14) 5/92	Wildkraut-Arten (0,10) 5/92
	Mikr. Biomasse (0,29) 5/92	pH-Wert (- 0,13) 5/92	Oribatiden (0,10) 5/92
	Basalatmung (0,28) 4/91		
	Tarsonemiden (0,29) 5/92		
	Oribatiden (0,25) 4/91		
	Basalatmung (0,23) 5/92		
	pH-Wert (- 0,22) 4/91		
	Wildkrautdeck. (0,21) 4/91		
<i>Isotoma viridis</i>	Mikr. Biomasse (0,49) 4/91	pH-Wert (- 0,17) 5/92	Skelett-Gehalt (- 0,13) 5/92
	Basalatmung (0,43) 5/92	Skelett-Gehalt (- 0,16) 4/91	Oribatiden (- 0,12) 5/92
	Mikr. Biomasse (0,42) 5/92		P-Gehalt (- 0,12) 5/92
	Gamasiden (0,38) 5/92		
	Basalatmung (0,35) 4/91		
	Wassergehalt (0,33) 5/92		
	Gamasiden (0,32) 4/91		
	Tarsonemiden (0,24) 5/92		
	Wassergehalt (0,22) 4/91		
	pH-Wert (- 0,20) 4/91		

Tab. 1
(Fortsetzung)

Table 1
(continued)

Art	Höchstsignifikante Korrelation ($p < 0,001$)	Hochsignifikante Korrelation ($p < 0,01$)	Signifikante Korrelation ($p < 0,05$)
<i>Sminthurinus aureus</i>	Mikr. Biomasse (0,53) 5/92 Basalatmung (0,45) 5/92 Wassergehalt (0,31) 5/92 Gamasiden (0,26) 5/92 Mikr. Biomasse (0,25) 4/91 Basalatmung (0,23) 4/91 pH-Wert (- 0,21) 4/91 pH-Wert (- 0,18) 5/92	Gamasiden (0,17) 4/91 Tarsonemiden (0,16) 4/91 Tarsonemiden (0,16) 5/92 Skelett-Gehalt (- 0,15) 5/92 Oribatiden (0,13) 5/92	Oribatiden (0,11) 4/91 Skelett-Gehalt (- 0,11) 4/91
<i>Isotoma notabilis</i>	Gamasiden (0,40) 5/92 Gamasiden (0,38) 4/91 Mikr. Biomasse (0,28) 5/92 Tarsonemiden (0,28) 5/92 pH-Wert (- 0,27) 4/9 Basalatmung (0,21) 4/91 Oribatiden (0,19) 4/91	Mikr. Biomasse (0,22) 4/91 Basalatmung (0,21) 5/92 P-Gehalt (- 0,17) 4/91	Wassergehalt (0,12) 4/91 Wildkrautdeck. (0,13) 5/92 Wassergehalt (0,12) 5/92
<i>Isotomurus palustris</i>	Basalatmung (0,32) 4/91 Mikr. Biomasse (0,24) 5/92 Basalatmung (0,22) 5/92 Gamasiden (0,22) 5/92 Tarsonemiden (0,21) 5/92 Oribatiden (- 0,20) 5/92	Mikr. Biomasse (0,23) 4/91 Wassergehalt (0,19) 4/91 pH-Wert (- 0,17) 5/92	Gamasiden (0,12) 4/91 Skelett-Gehalt (- 0,12) 5/92
<i>Hypogastrura denticulata</i>	Skelett-Gehalt (0,26) 4/91 Sand-Anteil (0,24) 4/91 Schluff-Anteil (- 0,23) 4/91 Ton-Anteil (- 0,18) 4/91	Wassergehalt (- 0,17) 4/91 Wildkrautdeck. (0,17) 5/92 Ton-Anteil (- 0,16) 5/92 Skelett-Gehalt (0,15) 5/92 Oribatiden (0,14) 5/92 Sand-Anteil (0,14) 5/92	pH-Wert (0,14) 4/91 Schluff-Anteil (- 0,12) 5/92
<i>Onychiurus armatus</i>	Mikr. Biomasse (0,36) 5/92 Gamasiden (0,26) 4/91 Gamasiden (0,26) 5/92 Basalatmung (0,23) 5/92	pH-Wert (- 0,18) 4/91 Tarsonemiden (0,16) 5/92 K-Gehalt (- 0,14) 4/91 Skelett-Gehalt (- 0,14) 4/91 Oribatiden (0,13) 5/92	Mikr. Biomasse (0,17) 4/91 Basalatmung (0,15) 4/91 Oribatiden (0,10) 4/91 P-Gehalt (- 0,10) 5/92
<i>Mesaphorura macrochaeta</i>	Tarsonemiden (0,28) 5/92 Mikr. Biomasse (0,24) 5/92 Gamasiden (0,18) 5/92	pH-Wert (- 0,18) 4/91 Basalatmung (0,16) 5/92 Tarsonemiden (0,15) 4/91	K-Gehalt (- 0,12) 4/91 Wildkraut-Arten (0,13) 5/92 Wildkraut-Deck. (0,12) 5/92 K-Gehalt (- 0,13) 5/92 P-Gehalt (- 0,11) 5/92 Oribatiden (0,10) 4/91

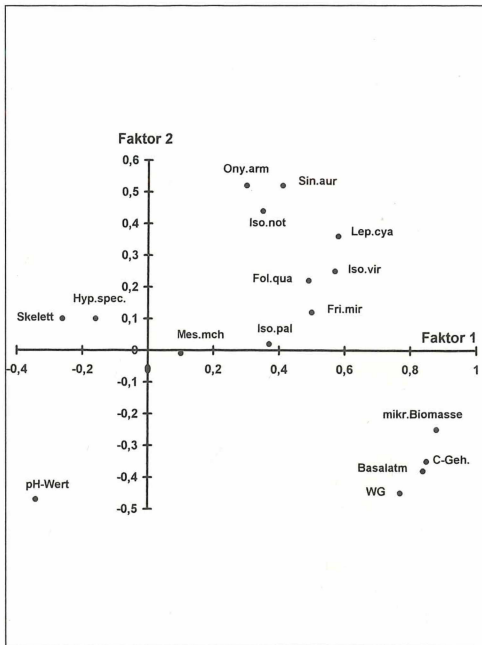


Abb.1

Hauptkomponentenanalyse (PCA) der Rasterbeprobung April 1991 (4/91). Faktor 1 erklärt 35%, Faktor 2 erklärt 13% der Varianz. Verwendete Parameter: Fol.qua = *Folsomia quadrioculata*, Fri.mir = *Frisea mirabilis*, Hyp.spec = *Hypogastrura spec.*, Iso.vir. = *Isotoma viridis*, Iso.not. = *Isotoma notabilis*, Iso.pal = *Isotomurus palustris*, Lep.cya = *Lepidocyrtus cyaneus*, Mes.mch = *Mesaphorura macrochaeta*, Ony.arm = *Onychiurus armatus*, Sin.aur = *Sminthurinus aureus*, Skelett-Gehalt, WG = Wassergehalt, pH-Wert, mikrobielle Biomasse, Basalatmung, C-Gehalt.

Fig.1

Principal component analysis (PCA) during gridnet sampling in April 1991 (4/91). 35% of variance could be explained by factor 1 and 13% of variance by factor 2. Applied parameters are: Fol.qua = *Folsomia quadrioculata*, Fri.mir = *Frisea mirabilis*, Hyp.spec = *Hypogastrura spec.*, Iso.vir. = *Isotoma viridis*, Iso.not. = *Isotoma notabilis*, Iso.pal = *Isotomurus palustris*, Lep.cya = *Lepidocyrtus cyaneus*, Mes.mch = *Mesaphorura macrochaeta*, Ony.arm = *Onychiurus armatus*, Sin.aur = *Sminthurinus aureus*, skeleton content, WG = water content, pH-value, microbial biomass, basal respiration, C-content.

4 Diskussion und Schlußfolgerungen

Da durch die dargestellten Korrelationen zunächst noch keine kausale Verknüpfungen entsprechender Parameter nachgewiesen sind, ist der Begriff »Standortparameter« mit Anführungsstrichen versehen. Die untereinander korrelierten Variablen müssen nicht ursächlich verbunden sein, sondern können in Verbindung einer dritten evtl. unbekannten Variable stehen, welche die Korrelation verursacht (MÜHLENBERG 1993). Ein weiterer kritischer Faktor in der Aussagekraft von Korrelationen mit Collembolen liegt in der Vornutzungsgeschichte der Untersuchungsfläche mit unterschiedlicher Fruchtfolge und Intensität der Bewirtschaftung sowie dem »Langzeitgedächtnis« des Bodens mit sehr langsam sich verändernden Bodenbiozöten (DUNGER 1993). Durch die gleichförmige Bewirtschaftung der Ackerflächen 1991 und 1992 wurde versucht diesen Effekt zu minimieren. Die Ergebnisse der Beprobungen 4/91 und 5/92 zeigen nur geringe Unterschiede in der Höhe der Korrelation.

Vergleichbare Ergebnisse finden sich zu *L. cyaneus* bei PONGE (1993) mit der schwerpunktmäßigen Besiedlung feuchter Pflanzenreste und zu *F. quadrioculata* bei BUTZ-STRAZNY & EHRNSBERGER (1993) mit Hinweisen auf eine typische »Rotteart«. Im Gegensatz dazu deuten bei *O. armatus* die Ergebnisse von HEIMANN-DETLEFSEN (1991) auf eine »Humusart« hin, die von hohen organischen Gehalten nur sekundär profitiert. Trotz der eingeschränkten Generalisierbarkeit die untersuchten Parameter vom

Punkt zur Fläche zu extrapolieren und trotz der innerartlichen Variabilität von Collembolen unter wechselnden Umweltbedingungen existieren zu können als zur Reproduktion oder zu einfachem Wachstum notwendig wäre, sollen die vorgestellten Ergebnisse als Hypothesen und Ausgangsbasis für weitere Untersuchungen dienen:

- *Lepidocyrtus cyaneus* ist ein »Indikator« für organische Substanz in Form mikrobieller Biomasse und C-Gehalt und ist im Grünland häufig.
- *Folsomia quadrioculata* ist ein »Indikator« für rotte organische Substanz und im Acker häufig.
- *Hypogastrura denticulata* zeichnet sich durch eine hohe Korrelation zu Böden mit hohem Skelett- und Sand-Anteil aus.
- *Frisea mirabilis*, *Sminthurinus aureus* und *Isotomurus palustris* weisen Zusammenhänge mit »Standortparametern« des Grünlandes (C_T-Gehalt, Feuchte etc.) auf.
- *Onychiurus armatus* und *Mesaphorura macrochaeta* eignen sich aufgrund einer breiten ökologischen Valenz und humiphagen Lebensweise nicht zur Feststellung der Abhängigkeit von »Standortparametern«.

5 Ausblick

Nur wenn sich die beschreibende Beziehung zwischen den beiden Variablen verallgemeinern läßt und in gleicher Weise bei verschiedenen Datenmengen

gilt, bestärkt sich der Verdacht einer kausalen Verketung (MÜHLENBERG 1993). Die Verifizierung der aufgestellten Hypothesen kann durch verschiedene Herangehensweisen erfolgen: Erstens durch ökophysiologische Experimente zu den einzelnen Arten. Dazu können Gefäßversuche mit gezielt veränderbaren Umweltparametern durchgeführt werden, wobei die Hälterung von Collembolen einen längeren Zeitraum (> 1 Jahr) mit Beobachtung der Entwicklung von Populationsstruktur und -dichte beinhalten sollte, was in Ansätzen schon von FROMM (1998) mit Mikrokosmen durchgeführt wurde. Zweitens können vergleichbare Untersuchungen aus anderen Gebieten des gleichen Ökosystems vorgenannte Thesen unterstützen. Künftige bodenzoologische Untersuchungen sollten trotz des hohen Aufwandes in einem ähnlichen Untersuchungs- und Auswertungskanon durchgeführt werden. Drittens können bodenzoologische Untersuchungen aus anderen Ökosystemen herangezogen werden, wie es derzeit in der Bergbaufolgelandschaft der Niederlausitz geschieht.

Danksagung

Die vorgestellten Untersuchungen sind Teil des FAM (Forschungsverbund Agrarökosysteme München) und des Verbundvorhabens LENAB (Leitbilder für naturnahe Bereiche in der Bergbaufolgelandschaft) und wurden vom BMBF (FKz 0339370 und 0339648) und der Lausitzer und Mitteldeutschen Bergbau-Verwaltungsgesellschaft (LMBV) gefördert.

Literatur

- ALBRECHT, H., KÜHN, N., TOETZ, P., ANDERLIK-WIESINGER, G. & J. PFADENHAUER, 1993: Vegetationskundliche Erfassung des Ausgangszustandes. – In: HANTSCH, R. & M. KAINZ (Hrsg.): Abschlußbericht Aufbauphase (1990 – 1992). FAM-Bericht 3: 77–92
- BEGON, M., HARPER, J.L. & C.R. TOWNSEND, 1996: Ecology. Individuals, Populations and Communities. – Blackwell Science 3rd ed. 1068 pp.
- BUTZ-STRAZNY, F. & R. EHRSBERGER, 1993: Auswirkungen von mineralischer und organischer Düngung auf Mesostigmata (Raubmilben) und Collembola (Springschwänze) im Ackerboden. – In: EHRSBERGER, R. (Hrsg.): Bodenmesofauna und Naturschutz. Informationen zu Naturschutz und Landschaftspflege in Nordwestdeutschland. G. Runge. Cloppenburg 6. 220–248
- DUNGER, W., 1983: Tiere im Boden. – Ziemsen. Wittenberg. 280 S.
- ELLENBERG, H., WEBER, H.E., DÜLL, R., WIRTH, V., WERNER, W. & D. PAULIEN, 1992: Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. – Scripta Geobotanica 18. 258 S.
- FROMM, H., WINTER, K., FILSER, J., HANTSCH, R. & 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: 109–118
- FROMM, H., 1998: Räumliche und zeitliche Variabilität der Collembolenfauna und ihre Bedeutung für C- und N-Umsatz in einer Agrarlandschaft. – Dissertation BTU Cottbus. FAM-Bericht 26. Shaker. Aachen. 191 S.
- HEIMANN-DETLEFSEN, D., 1991: Auswirkungen eines unterschiedlich intensiven Pflanzenschutz- und Düngemitelesatzes auf die Collembolenfauna des Ackerbodens. Dissertation Univ. Braunschweig. 164 S.
- KUBIENA, W., 1961: Bodenbiologie und Bodenkunde. – Pedobiologia 1: 3–5
- MÜHLENBERG, M., 1993: Freilandökologie. – UTB Ulmer. Stuttgart. 3. Aufl. 512 S.
- NAGEL, R., 1996: Die Bedeutung von Regenwürmern für den C- und N-Umsatz in einer heterogenen Agrarlandschaft. – Dissertation LMU München. FAM-Bericht 11. Shaker-Verlag.
- PONGE, J.F., 1993: Biocoenosis of Collembola in atlantic temperate grass-woodland ecosystem. – Pedobiologia 4: 223–244
- SCHEINOST, A., 1994: Pedotransfer-Funktionen zum Wasser- und Stickstoffhaushalt einer Bodenlandschaft. – Dissertation TU München. FAM-Bericht 6. Shaker. Aachen. 176 S.
- SCHICK, H. & K. KREIMES, 1993: Der Einstz von Collembolen als Bioindikatoren. – In: EHRSBERGER, R. (Hrsg.): Bodenmesofauna und Naturschutz. Informationen zu Naturschutz und Landschaftspflege in Nordwestdeutschland. G. Runge. Cloppenburg 6. 309–323
- STSC Inc., 1991: Statgraphics. – Reference manual, Rockville, USA
- WINTER, K., 1998: Räumliche und zeitliche Variabilität der mikrobiellen Biomasse und ihrer Aktivität in einer heterogenen Agrarlandschaft. – Dissertation TU München. FAM-Bericht 20. Shaker. Aachen. 129 S.

Adresse

Dr. Henning Fromm
Brandenburgische Technische Universität Cottbus
Lehrstuhl Allgemeine Ökologie
PF 10 13 44, 03013 Cottbus
Tel. +49 355 / 69 2773
Fax: +49 355 / 69 2291
e-mail: hen@umwelt.tu-cottbus.de

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie](#)

Jahr/Year: 1997

Band/Volume: [28_1997](#)

Autor(en)/Author(s): Fromm Henning

Artikel/Article: [»Standortparameter« von Collembolen in Agrarökosystemen 551-556](#)