

- NIELSEN, C.O. & CRISTENSEN, B. (1963): The Enchytraeidae. Critical Revision and Taxonomy of European Species. – *Natura Jutlandica* 10, Suppl. 2, 1–19
- O'CONNOR, F.B. (1955): Extraction of enchytraeid worms from a coniferous forest soil. – *Nature* 175, 815–816
- O'CONNOR, F.B. (1971): The enchytraeids. – In: IBP-Handbook 18. PHILLIPSON, J. (ed.), Oxford, 83–106
- PERSSON, T. & LOHM, U. (1977): Energetical significance of the annelids and arthropods in a Swedish grassland soil. – *Ecol. Bull.* 23, 1–211
- PETERSEN, H. & LUXTON, M. (1982): A comparative analysis of soil fauna populations and their role in decomposition processes. – *Oikos* 39, 287–388
- RÖMBKE, J. (1989): *Enchytraeus albidus* (Enchytraeidae, Oligochaeta) as a Test Organism in Terrestrial Laboratory Systems. – *Arch. Toxicol., Suppl.* 13, 402–405
- RÖMBKE, J. (1991): Estimates of the Enchytraeidae (Oligochaeta, Annelida) contribution to energy flow in the soil system of an acid beech wood forest. – *Biol. Fert. Soils* 11, 255–260
- RÖMBKE, J. (1994): Die Auswirkungen von Umweltchemikalien auf die Enchytraeidae (Oligochaeta) eines Moder-Buchenwaldes. – *Mitt. hamb. Mus. Inst.* 89, Ergbd. 2, 187–197
- RÖMBKE, J. & KREYSCH, H. (1988): Halbautomatische Bildauswertung zur Erfassung biometrischer Kenndaten von Enchytraeen (Oligochaeta). – *Pedobiologia* 32, 267–271
- SCHOCH-BÖSKEN, J. & RÖMBKE, J. (1993): Bibliography of the Enchytraeidae (1950–1991). – *Acta Biol. Benrodis, Suppl.* 1, 76 S.
- ZACHARIAE, G. (1965): Spuren tierischer Tätigkeit im Boden des Buchenwaldes. – *Forstwiss. Forschung* 20, 1–68

Collembolen als Reaktionsindikatoren

Hans Schick

GEFU (Gesellschaft für Umweltbewertung, Umweltplanung, Umweltüberwachung mbH), Hardtstraße 90, D-69124 Heidelberg

1 Einleitung

Collembolen eignen sich gut für die langjährige Erfassung von anthropogenen Belastungen auf Dauerbeobachtungsflächen bzw. zur vergleichenden Bewertung unterschiedlicher Flächen (→ *Abb. 1*). Da sie darüber hinaus ein wichtiges Regulativ am Streuabbau darstellen, gehören sie auch zu den von der SAG (1993) zur Untersuchung von Dauerbeobachtungsflächen empfohlenen Organismen. Sie haben eine große Diversität und kommen in hohen Abundanzen vor. Außerdem können sie standardisiert erfasst werden und sind taxonomisch gut beschrieben. Infolge ihrer im Vergleich zu anderen Arthropoden (z.B. Milben) dünnen Cuticula haben sie engen Kontakt mit im Boden und Bodenwasser vorhandenen Stoffen. Aufgrund unterschiedlicher Ernährungs- und Lebensweisen reagieren sie differenziert auf die unterschiedlichsten Veränderungen innerhalb des Ökosystemes mit Änderungen der Individuen- und Artenzusammensetzung. Darüber hinaus entsprechen sie weitgehend den Idealanforderungen an Bioindikatoren (DUNGER 1982) und eignen sich gut für ökotoxikologische Tests (IGLISCH 1981; SPAHR 1981; WOLF-ROKOSCH 1983). Bei bisherigen Untersuchungen hat sich gezeigt, daß Collembolen auf anthropogene Belastungen mit Dominanzver-

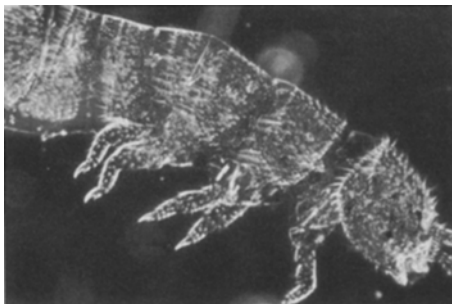


Abb. 1: *Folsomia quadrioculata* (Springschwanz-Collembole)

schiebungen und Artenrückgang reagieren (BENGSTON & RUNDGREN 1988; HAGVAR 1987; LFU 1994; MOORE & LUXTON 1988; SCHICK 1990; SCHICK & KREIMES 1993).

2 Probenahme

Der Probenumfang bei der Untersuchung von Collembolenzönosen richtet sich nach der jeweiligen Fragestellung und kann mit Hilfe einer Artenarealkurve ermittelt werden (DUNGER 1968; SCHICK 1990). Darüber hinaus sind bei der Probenahme auch jahreszeitliche Aspekte zu berücksichtigen. Bei Wald-Dauerbeobachtungsflächen sollten deshalb zu drei Probenahmetermen (Frühjahr, Sommer, Herbst) 3-6 Proben je Fläche entnommen werden. Zur Probenahme werden auf jeder Untersuchungsfläche drei Teilflächen von je zwei Metern Kantenlänge abgepflockt. Ihre Auswahl erfolgt im Gelände unter Berücksichtigung des Baumbestandes und der Bodenvegetation. Die genaue Festlegung der für die Probenahme bestimmten Stellen geschieht mittels eines Probenahmerahmens (2 x 2 m). Mit einem Bodenstecher von 6,8 cm Innendurchmesser wird ein Bohrkern entnommen, der in zwei Teilproben (0 - 4 cm und 4 - 8 cm) unterteilt wird. Diese werden in eigens hierfür entwickelte Transportdosen eingebracht und mit Kühlboxen ins Labor transportiert (→ *Abb. 2*).

3 Extraktion

Die Extraktion der Collembolen aus den Bodenproben erfolgt in einem für den hohen Probenanfall eigens entwickelten High Gradient-Extractor (→ *Abb. 3*). Die im Freiland befüllten Erdtransportdosen können direkt aufgesetzt werden, wodurch eine besonders ökonomische Arbeitsweise ermöglicht wird. Das Temperaturreglergerät gewährleistet den langsamen Temperaturanstieg während des Extraktionsvorgangs und einen entsprechend dem extra-



Abb. 2: Bodenstecher und Erdtransportdosen für Collembolenprobenahme

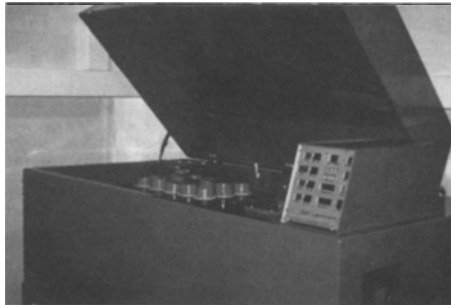


Abb. 3: High-Gradient-Extractor zur direkten Aufnahme der Erdtransportdosen

hierten Substrat (z.B. Streu- oder Erdproben) frei programmierbaren Temperaturverlauf sowohl im Heiz- als auch im Kühlraum. Durch dieses standardisierte Extraktionsverfahren mit einem im Handel befindlichen Gerät (Bodenstecher, Erdtransportdosen und Extraktionsgerät sind bei der Firma GEFU in Heidelberg erhältlich) ist eine genaue Reproduzierbarkeit der Extraktionsergebnisse gewährleistet.

Bei der Extraktion unterscheidet man eine feuchte und eine trockene Phase. Während der feuchten Phase ist schon ab Extraktionsbeginn ein entsprechend hoher Temperaturgradient erforderlich, um eine optimale Austreibung der Tiere zu ermöglichen. Von besonderer Bedeutung ist hierbei, daß der für eine optimale Extraktion nötige Temperaturgradient nur bei gleichzeitiger Verwendung eines Heiz- und Kühlaggregates erreicht werden kann. Für Wald- und Grünland-Dauerbeobachtungsflächen hat sich der in **Abbildung 4** dargestellte Extraktionsverlauf bewährt.

Von dem ausgelesenen Collembolenmaterial werden mikroskopische Präparate angefertigt, die anschließend von einem Spezialisten unter dem Phasenkontrastmikroskop durchgesehen und bestimmt werden.

4 Beurteilung

Wie bereits erwähnt, reagieren Collembolen auf anthropogene Belastungen mit Dominanzverschiebungen und Artenrückgang. Da bei Meßnetzuntersuchungen meist eine geringe Stichprobenanzahl vorliegt, ergeben sich Ungenauigkeiten in bezug auf die Gesamtartenlisten, da sehr seltene Arten hierbei möglicherweise nicht erfaßt werden. Für einen sinnvollen Vergleich der Artenspektren der Dauerbe-

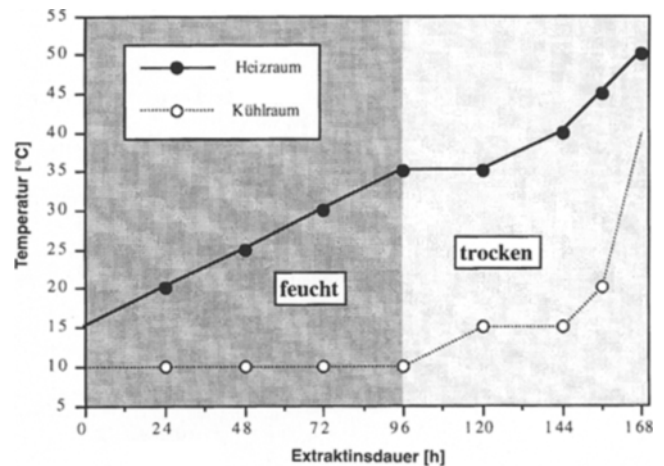


Abb. 4: Temperaturverlauf bei der Extraktion. Während der ersten 96 Stunden bleiben die Proben zugedeckelt (feuchte Phase). Durch den Temperaturgradienten erfolgt ein Abwandern der Tiere nach unten. Diese Wanderbewegung wird in der trockenen Phase (Proben werden abgedeckelt) noch verstärkt. Gegen Ende der Extraktion wird die Kühlung abgeschaltet, um eine vollständige Austrocknung der Proben zu erreichen

obachtungsflächen ist es nötig, diese Ungenauigkeiten in die Bewertungsschemata mit einzubeziehen. Aus diesem Grund werden nur akzessorische Arten in die vergleichende Betrachtung der Untersuchungsflächen mit einbezogen, da die akzidentiellen Arten (Konstanz < 22 %) als Zufallsfunde betrachtet werden müssen. Die so ermittelten Hauptarten (DUNGER 1968; SCHICK 1990; SCHICK & KREIMES 1992) der jeweiligen Standorte werden dann für vergleichende Betrachtungen herangezogen. Daneben kann die Reaktion einzelner Arten auf verschiedene Einflußfaktoren als Beurteilungskriterium dienen.

Eine weitere Bewertungsmöglichkeit bietet der Ähnlichkeitsvergleich der untersuchten Artengemeinschaften (z.B. Sörensen-Quotient). Aufgrund der errechneten Indices können mit Hilfe einer Clusteranalyse Gruppierungen der Untersuchungsflächen vorgenommen werden, die dann für eine Bewertung herangezogen werden können (GEFU 1994 a; 1994 b).

5 Literatur

- BENGTSSON, G. & S. RUNDGREN (1988): The gusum case: A brass mill and the distribution of soil Collembola.- *Can. J. Zool.* 66, 1518-1526
- DUNGER, W. (1968): Die Entwicklung der Bodenfauna auf rekultivierten Kippen und Halden des Braunkohlentagebaues. Ein Beitrag zur pedozoologischen Standortdiagnose.- *Abh. Ber. Naturkundemus. Görlitz* 43 (2) 256 S.
- DUNGER, W. (1982): Die Tiere als Leitformen für anthropogene Umweltveränderungen.- *Decheniana Beih.* 26, 151-157
- GEFU – Gesellschaft für Umweltbewertung, Umweltplanung, Umweltüberwachung (1994 a): Integriertes Rheinprogramm: Faunistisch-biologische Untersuchungen auf Dauerbeobachtungsflächen am Oberrhein.- Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Karlsruhe, unveröff.
- GEFU – Gesellschaft für Umweltbewertung, Umweltplanung, Umweltüberwachung (1994 b): Ökologisches Wirkungskataster: Collembolenfauna 1993.- Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Karlsruhe, unveröff.

- HAGVAR, S. (1987): Why do collembolans and mites react to changes in soil acidity? - Ent. Medd. 55, 115-119
- IGLISCH, I. (1981): Bodenarthropoden als Testorganismen für die Ökotoxikologie.- Mitt. dtsh. Ges. allg. angew. Ent. 3, 140
- LFU – Landesanstalt für Umweltschutz (1994): Signale aus der Natur. 10 Jahre Ökologisches Wirkungskataster Baden-Württemberg.- Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, 63 S., Karlsruhe
- MOORE, F.R. & M. LUXTON (1988): The distribution of Collembola on a coal shale heap.- Pedobiologia 31, 157-168
- SAG – Sonderarbeitsgruppe Informationsgrundlagen Bodenschutz der Bund-Länder-Umweltministerkonferenz (1993): Konzeption zur Einrichtung von Boden-Dauerbeobachtungsflächen.- In: ROSENKRANZ, D.; G. BACHMANN; G. EINSELE & H.-M. HARREß (eds.), 50 S., Berlin
- SCHICK, H. (1990): Collembolen als Bioindikatoren zur Beurteilung von Immissionseinwirkungen auf Waldökosysteme.- Diss. Heidelberg, 308 S.
- SCHICK, H. & K. KREIMES (1993): Der Einsatz von Collembolen als Bioindikatoren.- Inf. Natursch. Landschaftspf. 6, 309-324
- SPAFIR, H.-J. (1981): Die bodenbiologische Bedeutung von Collembolen und ihre Eignung als Testorganismen für die Ökotoxikologie.- Mitt. dtsh. Ges. allg. angew. Ent. 3, 141
- WOLF-ROSKOSCH, F. (1983): Standardisierte Testverfahren zur Prüfung der akuten Toxizität von Umweltchemikalien an Springschwänzen (Collembola), unter besonderer Berücksichtigung von *Folsomia candida*.- Texte Umweltbundesamt, Ökotoxikologische Testverfahren, Berlin

Terrestrische Gastropoden (Landschnecken) als Reaktions- und Akkumulationsindikatoren

Werner D. Spang

IUS – Institut für Umweltstudien, Weisser & Ness GmbH, Waldhofer Straße 104, D-69123 Heidelberg

1 Einleitung

In der Bundesrepublik Deutschland leben etwa 270 terrestrische und limnische Gastropodenarten (ANT & JUNGBLUTH 1984), davon sind 235 Arten für Baden-Württemberg nachgewiesen (JUNGBLUTH & BÜRK 1982).

Die folgenden Ausführungen beziehen sich auf die Methodik, die im Rahmen des Ökologischen Wirkungskatasters Baden-Württemberg an den Dauerbeobachtungsflächen mit Erfolg eingesetzt wurde. Dabei sind zwei Themenbereiche von besonderer Bedeutung:

- Gastropoden und deren Zönosen werden als Reaktionsindikatoren zur Beschreibung des immissionsökologischen Zustandes der Dauerbeobachtungsflächen herangezogen. Untersuchungen der Gastropodenzönosen in regelmäßigen zeitlichen Abständen ermöglichen das frühzeitige Erkennen biologischer Entwicklungsprozesse und -trends.
- Gastropoden liefern als Akkumulationsindikatoren eine räumlich und zeitlich integrierende Information über die Belastung ihrer Lebensräume. Bisher wurden im Ökologischen Wirkungskataster Baden-Württemberg Gastropoden nur als Akkumulationsindikatoren für Schwermetalle eingesetzt. Auch die Akkumulationsindikation organischer Schadstoffe mit Hilfe von Gastropoden ist jedoch möglich (DAVIS 1968; EDWARDS & THOMPSON 1973; SPANG & MÜLLER 1990).

2 Gastropoden als Reaktionsindikatoren

„Land- und Süßwassermollusken stellen wichtige Bioindikatoren dar, die geeignet sind, Veränderungen der Biotopqualitäten anzuzeigen“ (ANT 1963, S. 7). Nach ARNDT et al. (1987) liegt der Indikationswert vor allem auf der zönotischen Ebene. Um Schnecken als Bioindikatoren zur

Raubewertung einsetzen zu können, ist es deshalb notwendig, möglichst detaillierte Informationen über die Gastropodenzönosen und deren Struktur an den Untersuchungsstandorten zu besitzen.

Die einheimischen Gastropodenarten erreichen Körpergrößen von wenigen Millimetern bis zu mehreren Zentimetern. Körpergröße und Siedlungsdichte von Tieren stehen in der Regel in einem umgekehrten Verhältnis zueinander (BALOGH 1958). Wählt man Anzahl und Größe der Probenflächen an einem Standort zu klein, so muß damit gerechnet werden, alle größeren Arten nicht oder nur unzureichend zu erfassen. Im Fall von zu großen Probenflächen stößt man sehr rasch an arbeitspraktische Grenzen. Dieses Problem wurde bei den Bestandsaufnahmen an den Dauerbeobachtungsflächen durch Anwendung des folgenden Erfassungskonzeptes gelöst.

Zur quantitativen Erfassung großer Gastropodenarten (> 5 mm) wird eine Fläche von 3 m x 2 m je Aufsammlungstermin und Standort besammelt, wobei die Strauch-, Kraut- und Moosschicht sowie die Bodenoberfläche intensiv nach Gastropoden abgesucht werden. Die Mehrzahl der großen Gastropodenarten kann am Standort determiniert und wieder freigelassen werden. Die hier dargestellte Erfassungsmethodik großer Gastropodenarten ersetzt die im Rahmen der Erstuntersuchung durchgeführte qualitative Erfassung (LFU 1994).

Zur quantitativen Erfassung kleiner Gastropodenarten werden mit Hilfe eines Metallrahmens jeweils zwei 0,25 m² große Areale je Dauerbeobachtungsfläche abgesteckt. An der Bodenoberfläche bzw. in der Krautschicht erkennbare Gastropoden werden bereits am Standort abgesammelt, soweit möglich vor Ort determiniert und wieder freigelassen. Anschließend werden die Vegetation (Kraut- und Moosschicht), die Laubstreu und der Boden bis in 10 cm Tiefe jeweils getrennt entnommen. Die Aufarbeitung der entnom-