

Ber. nat.-med. Verein Innsbruck	Band 87	S. 381 - 388	Innsbruck, Okt. 2000
---------------------------------	---------	--------------	----------------------

Biomonitoring im Boden – Anmerkungen zur Bewertung bodenfaunistischer Untersuchungen

von

Hans SCHICK *)

The Evaluation of Soil-Fauna Investigations

Synopsis: Some general suggestions using soil fauna for bioindication are given. Different methods for comparative evaluation of environmental influences, causing changes in soil fauna, are presented. The effects of different inundation intensities on the Collembolan and Earthworm coenoses within long-term observation areas are assessed. A concept for establishing expected values for the soil fauna to characterize the habitat „soil“ is discussed using woodland Collembolan communities in long-term observation areas in Baden-Württemberg, Germany, as an example.

1. Einleitung:

In der Bodenschutzgesetzgebung (BBodSchG 1998) ist der Schutz des Bodens als Lebensraum für Bodenorganismen vorgesehen. Zur Erfassung des aktuellen Bodenzustands ist somit neben der Erfassung physikalisch-chemischer Parameter die Beurteilung der Organismengemeinschaft des jeweiligen Bodens unbedingt erforderlich. Im Gegensatz zu den Labortests sind die meisten Bioindikationsverfahren noch nicht in Form von Richtlinien festgelegt. Für einige vielfach verwendete Tiergruppen liegen aber Methodenbeschreibungen vor, die von nationalen Gremien als Grundlage für eine weitergehende Standardisierung eingesetzt werden können (z. B. LFU 1994, ZIMMERMANN & UMLAUFF-ZIMMERMANN 1996). Nach der Erfassung des Bodenzustandes ist eine Bewertung desselben erforderlich. Hierfür sollen nachfolgend einige Anregungen gegeben werden.

*) Anschrift des Verfassers: Dr. H. Schick, GEFU (Gesellschaft für Umweltbewertung, Umweltplanung, Umweltüberwachung mbH), Hardtstraße 90, D-69124 Heidelberg, BRD.

2. Bodenfauna und Umwelteinflüsse:

Die Erfassung der Bodenbiozönose als Gesamtheit ist aufgrund ökonomischer und methodischer Limitierungen praktisch nicht möglich. Deshalb werden neben funktionellen Parametern wie der Dekomposition von organischem Material (SCHICK 1999) im allgemeinen ausgewählte Organismen bzw. Organismengruppen untersucht, die als Bioindikatoren (vgl. AK-BIOINDIAKTION 1996) zur Erfassung von Umwelteinflüssen eingesetzt werden können. Diese Reaktionsindikatoren auf zönotischer Ebene sollten nach DUNGER (1982) bestimmte Idealanforderungen erfüllen (Tab. 1).

Tab. 1: Zu beachtende Idealanforderungen für Reaktionsindikatoren auf zönotischer Ebene (DUNGER 1982).

-
- eindeutige Erfassbarkeit der aktiven Stadien
 - Empfindlichkeit gegenüber Noxen
 - gute Reaktionsfähigkeit auf die Bildung neuer Nischen durch günstigen Voltinismus (1 - 4 Generationen pro Jahr)
 - enge Korrelation zur mikrobiologischen Gesamtaktivität
 - gute Erfassbarkeit durch hohe Individuendichte
 - eindeutiger Bezug auf den Untersuchungsort durch absolute Ortstreue
-

Neben der Beachtung der o. g. Anforderungen für die grundsätzliche Eignung einer Tiergruppe als Reaktionsindikator sind auch einige allgemeine Grundsätze für die Arbeit mit Bioindikatoren zu beachten (Tab. 2).

Tab. 2: Wichtige Faktoren, die beim Biomonitoring unbedingt beachtet werden sollten.

-
- Eignung des Bioindikators für die vorliegende Fragestellung
 - Bioindikatoren in ausreichender Zahl vorhanden
 - hoher Standardisierungsgrad
 - vertretbarer Personal-, Kosten- und Zeitaufwand
 - Quantifizierbarkeit der Ergebnisse
-

Für den Einsatz in einem Bewertungssystem des aktuellen Bodenzustands ist die Replizier- und Vergleichbarkeit von Untersuchungsergebnissen unbedingt erforderlich. Aus diesem Grund sollte bei den angewandten Methoden auf einen hohen Standardisierungsgrad geachtet werden (KREIMES 1991), dies gilt insbesondere beim Einsatz von Extraktionsgeräten (SCHICK 1995).

Die Umwelteinflüsse, die auf die jeweilige Bodenbiozönose einwirken, können aufgrund ihrer Wirkungsweise in physikalisch wirksame (z. B. Korngröße des Bodens, Porenvolumen, Porengröße und Wasserhaushalt) und chemisch wirksame Faktoren (z. B.

pH, Humusgehalt, Nährstoffe, Schadstoffe) unterschieden werden. Diese Faktoren können sowohl natürlich, als auch anthropogen bedingt sein, wobei meist eine Mischung aus beiden vorliegt. Bei der Bewertung der Untersuchungen und einer Differenzierung von Standort- und Belastungsfaktoren ist dies unbedingt zu beachten.

3. Messgrößen bodenfaunistischer Untersuchungen:

Als ökologisch mathematische Methoden zur qualitativen bzw. quantitativen Erfassung faunistischer Untersuchungen werden Artenzahl, Abundanz und Biomasse eingesetzt (SCHINNER et al. 1993). Darüber hinaus kann mit Hilfe von Dominanz (relative Häufigkeit von Arten bzw. Artengruppen) und Konstanz (Stetigkeit des Vorkommens) eine zusätzliche Aufgliederung erfolgen, die durch entsprechende Einschränkungen auch zur zusammenfassenden Darstellung genutzt werden kann (SCHICK & KREIMES 1993). Daneben kann auch die ökologische Valenz einzelner Arten oder Artengruppen verwendet werden, um bestimmte Ökotypen zu charakterisieren und zu bewerten.

Zur Datenkomprimierung für eine vergleichende Darstellung und Bewertung können mit Hilfe der o. g. Messparameter verschiedene Indizes berechnet werden. Die Anwendung einiger dieser Indizes ist umstritten. Ein Beispiel hierfür ist der SHANNON/WEAVER-Index (Diversitätsindex), der die Gleichverteilung der vorkommenden Arten überbewertet. Dies führt dazu, dass Standorte mit mittlerem relativ gleich verteiltem Artenaufkommen höher bewertet werden als Standorte mit einem sehr hohen Artenaufkommen, die natürlicherweise auch einen höheren Anteil an rezedenten bzw. subrezedenten Arten aufweisen. Aus diesem Grund gilt der Diversitätsindex bei den Mitgliedern der AG Bodenmesofauna und vielen anderen Bodenbiologen (FRÜND et al. 1994) als ungeeignet für die Bewertung bodenfaunistischer Untersuchungen.

Mit Hilfe verschiedener Ähnlichkeitsindizes (z. B. SÖRENSEN-Quotient, RENKONEN-Zahl, Artenidentitätsquotient nach DUNGER und Ähnlichkeitsindex nach WAINSTEIN) kann die Ähnlichkeit untersuchter Artengemeinschaften ermittelt und mittels Clusteranalysen auch grafisch dargestellt werden (WEIGMANN 1997).

4. Bewertungsmöglichkeiten bodenfaunistischer Untersuchungen:

Im Gegensatz zur Limnologie kann bei bodenfaunistischen Untersuchungen nicht auf Bewertungsindizes zurückgegriffen werden. Aus diesem Grund werden zur Einordnung und Bewertung der Ergebnisse oft Vergleichswerte von anderen Flächen herangezogen (Tab. 3).

0-Untersuchungen:

Untersuchungen vor dem Auftreten von bestimmten anthropogenen Belastungen (0-Untersuchungen) liegen sehr selten vor. In bestimmten Fällen kann aber auf Untersuchungen zurückgegriffen werden, die einige Jahre zurückliegen. Dies ermöglicht die Gegenüberstellung von Zeitreihen. Wobei allerdings auf eine ausreichende Erfassung der Standortparameter zu achten ist, um Fehlinterpretationen zu vermeiden. Bei der über-

wiegenden Zahl der Untersuchungen kann jedoch nicht auf derartige Vergleichswerte zurückgegriffen werden.

Tab. 3: Bewertungsmöglichkeiten von faunistischen Untersuchungen mit Hilfe von vorliegenden Vergleichswerten.

-
- Vergleich mit 0-Untersuchungen bzw. Erwartungswerten
 - Paralleluntersuchungen auf Referenzflächen
 - Gegenüberstellung unterschiedlicher Gruppierungen von Untersuchungsflächen
-

Erwartungswerte:

Da eine Bewertung mit Hilfe unbelasteter Flächen somit meist nicht möglich ist, wird in neuerer Zeit versucht sogenannte Erwartungswerte für bestimmte Standorttypen zu erfassen (RUF et al. 1999). Diese Vorgehensweise ist sicherlich hilfreich für die Einordnung und Bewertung von Untersuchungsergebnissen. Bei der Auswahl der Bodentiergruppen, für die solche Erwartungswerte ermittelt werden, sollte jedoch unbedingt darauf geachtet werden, dass zumindest jene Bodentiergruppen berücksichtigt werden, die für Bodendauerbeobachtungsflächen empfohlen werden (SAG 1993). Neben Mikroorganismen sind dies Lumbriciden, Collembolen, Nematoden und Enchytraeen. Hierdurch ergibt sich unter anderem auch die Möglichkeit, die Untersuchungsergebnisse solcher Dauerbeobachtungen in die Erfassung von Erwartungswerten einzubeziehen und somit eine effektivere Bearbeitung zu ermöglichen.

Referenzflächen:

Bei der Untersuchung von Belastungsräumen bzw. der Untersuchung von Umweltchemikalien und Pflanzenschutzmitteln in Freilandstudien erfolgen meist Paralleluntersuchungen auf unbelasteten bzw. gering belasteten Referenzflächen. Hierdurch ergibt sich die Möglichkeit der Gegenüberstellung stark differierender Belastungsfaktoren, wodurch die Bewertung der Auswirkungen dieser Faktoren auf die Bodenfauna wesentlich erleichtert wird. Teilweise können auch Dauerbeobachtungsflächen zur Verifizierung der Untersuchungsergebnisse herangezogen werden.

Gegenüberstellung von Flächen:

Falls keine Referenzflächen vorliegen, besteht auch die Möglichkeit der Gegenüberstellung von Flächen mit unterschiedlich ausgeprägten Umwelteinflüssen. Dies ist beispielsweise bei bestimmten Belastungsgradienten möglich oder aber bei Flächen, die nur bezüglich bestimmter Faktoren differieren. Hierzu sollte aber eine größere Anzahl von Flächen untersucht werden als beim Vorhandensein von Referenzflächen.

5. Statistische Berechnungen:

Bei der statistischen Auswertung des Datenmaterials von edaphischen Untersuchungen ist zu beachten, dass Bodentiere fast immer eine mehr oder weniger stark ausgeprägte

Aggregation und praktisch nie eine lineare Verteilung aufweisen (KÜHNELT 1957, DUNGER 1968). Aus diesem Grund dürfen bei der statistischen Auswertung nur parameterfreie statistische Testmethoden angewendet werden, soweit die Originalwerte nicht durch Transformation sekundär in eine Normalverteilung überführt wurden. Zur Prüfung kausaler Zusammenhänge können Korrelationen der verschiedenen Parameter durchgeführt werden. Allerdings ist der statistische Zusammenhang noch kein Nachweis für eine kausale Verknüpfung. Da keine Normalverteilung vorliegt, eignet sich hierfür der Rangkorrelationskoeffizient nach SPEARMAN. Statistisch signifikante Unterschiede zwischen Messwertgruppen können mit Hilfe des U-Test (MANN-WHITNEY) nachgewiesen werden. Der U-Test ist das verteilungsunabhängige Gegenstück zum parametrischen t-Test.

6. Darstellung von Bewertungsmöglichkeiten:

6.1. Gegenüberstellung von Flächen mit unterschiedlichen Umwelteinflüssen:

Im Bereich der Überflutungsauwe von Flüssen treten je nach Lage der Untersuchungsflächen bezüglich Bodenfeuchte bzw. Überflutungshäufigkeit stark differierende Bedingungen auf.

Daher können auf diesen Flächen z. B. Collembolen und Lumbriciden gut zur Differenzierung von Flächen der Hart- und Weichholzaue eingesetzt werden.

Bei Collembolenuntersuchungen auf Dauerbeobachtungsflächen am Oberrhein, die im Auftrag der Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg durchgeführt wurden, konnten vier Artengruppen von Collembolen mit Bioindikationswert für Bodenfeuchte bzw. Überflutungshäufigkeit im Auebereich festgestellt werden (LFU & GWD 1999, RUSSEL et al. 2000). Die Artengruppe 1 dominiert in der Weichholzaue, die Artengruppe 2

Tab. 4: Artengruppen von Collembolen zur Charakterisierung von Auelandschaften.

Artengruppe	Art	
1 A hygrophile Arten	<i>Podura aquatica</i>	<i>Sminthurides schoetti</i>
	<i>Sminthurides aquaticus</i>	<i>Sminthurides parvulus</i>
	<i>Sminthurides malmgreni</i>	<i>Micranurida uniformis</i>
	<i>Sminthurides assimilis</i>	<i>Onychiurus affinis</i>
	<i>Isotomurus palustris</i>	<i>Onychiurus sublatus</i>
	1 B stark feuchtetolerante euryöke Arten	<i>Isotomiella minor</i>
<i>Folsomia quadrioculata</i>		<i>Folsomia manolachei</i>
2 B weniger feuchtetolerante euryöke Arten	<i>Megalothorax minimus</i>	
	<i>Isotoma notabilis</i>	
2 A Arten vglw. trockener Auestandorte	<i>Pseudosinella</i> sp.	<i>Tomocerus baudoti</i>
	<i>Pseudosinella alba</i>	<i>Tomocerus flavescens</i>
	<i>Lepidocyrtus lignorum</i>	<i>Tomocerus minor</i>
	<i>Lepidocyrtus cyaneus</i>	<i>Tomocerus vulgaris</i>
	<i>Heteromurus nitidus</i>	<i>Ceratophysella armata</i>

in der Hartholzaue, wobei Arten der Gruppen B in naturnahen Überflutungsräumen eine geringere Dominanz zeigen (die Angabe „Arten vergleichsweise trockener Auestandorte“ bezieht sich auf den Auebereich, der insgesamt als vergleichsweise feucht einzustufen ist).

Ähnlich wie Collembolen können auch einige Lumbricidenarten aufgrund ihrer Autökologie und der bisherigen Untersuchungsergebnisse ebenfalls gut für die Bioindikation im Auebereich herangezogen werden (LFU & GWD 1999).

- *Allolobophora chlorotica* ist eine Zeigerart für Standorte mit häufigen Überflutungen. Da diese Art bei ausbleibenden Überflutungen verschwindet, kann sie nach den bisherigen Untersuchungsergebnissen auch als Indikatorart zur Abschätzung der ökologischen Ähnlichkeit von Flutungsflächen mit rezenten Auen benutzt werden.
- *Allolobophora longa* bevorzugt eher trockene Böden, kann aber auch Überschwemmungsperioden überdauern. Bei längeren Überflutungen geht diese Art aber rasch zurück. Sie tritt daher nur in der Hartholzaue auf.
- *Allolobophora rosea* tritt bevorzugt an sommertrockenen Standorten auf. Sie fehlt in der rezenten Weichholzaue, kommt im Bereich der rezenten Hartholzaue dagegen an fast allen Untersuchungsflächen vor. Bei auftretenden Überflutungen geht diese Art sofort zurück und ist somit sehr gut zur Einschätzung der Überflutungsdauer geeignet.
- *Eiseniella tetraedra* ist eine semiaquatische und extreme Feuchte anzeigende Art, die sich entweder direkt am Uferbereich findet oder aufgrund von gerade abgeschlossenen Überflutungsereignissen noch auf der Fläche zurückgeblieben ist und beim Abtrocknen schnell wieder abwandert. Diese Art ist daher nicht nur zur Differenzierung von Auebiotopen geeignet, sondern kann auch zur Beurteilung von kurzfristigen Überflutungsereignissen herangezogen werden.
- *Lumbricus terrestris* ist eine tiefgrabende Art, die nicht auf Flächen mit hoch anstehendem Grundwasser bzw. regelmäßigen Überflutungen anzutreffen ist. Sie ist charakteristisch für trockene Auestandorte.

Mit Hilfe der Lumbricidenfauna ist somit ebenfalls eine Charakterisierung der Untersuchungsflächen hinsichtlich vorhandener bzw. fehlender Überflutungsereignisse möglich. Derzeit wird an der Berechnung eines Feuchteindex gearbeitet, der dann zur Einordnung der Flächen herangezogen werden kann.

6.2. Ermittlung von Erwartungswerten:

Aufgrund der fortschreitenden anthropogenen Umweltbeeinträchtigungen wird mittlerweile der Schutz des Bodens als Lebensraum für Bodenorganismen auch von gesetzgeberischer Seite gefordert (BBodSchG 1998). Im Gegensatz zu physikalisch-chemischen Messungen liegen für den Bereich der Bodenfauna keinerlei Richt- oder Grenzwerte vor. Die Ermittlung von Erwartungswerten im Bereich der Bodenbiologie wäre daher ein erster Schritt in diese Richtung.

Als Ziel könnte das Erarbeiten von bodenbiologischen Güteklassen für bestimmte Standorttypen angesehen werden. Ansätze zur Klassifizierung von Böden mit bodenbiologischen Parametern liegen schon vor (z. B. SPURGEON et al. 1996 und RÖMBKE et al. 1997).

Ausgangspunkt für ein derartiges Konzept ist die Standortbeschreibung durch ausgewählte Parameter. In Anlehnung an RÖMBKE et al. (1997) und SAG (1993) sollten hierfür zumindest folgende Parameter ausgewählt werden:

- Bodenart
- Bodenfeuchte
- pH (Ca Cl₂)
- Organischer Gehalt

Durch die Klassifizierung dieser Parameter kann eine Einteilung in entsprechende Standorttypen erfolgen. Die Anzahl der möglichen Standorttypen richtet sich nach der Anzahl der Parameter und Klassen, die für die Klassifizierung ausgewählt werden, wobei diese jeweils zwischen 5 und 10 liegen sollten. Die Anzahl richtet sich nach der Datenverfügbarkeit, dem möglichen Arbeitsaufwand und der gewünschten Aussagekraft. Je geringer die Zahl der ausgewiesenen Standorttypen ist, um so grober ist die zu erzielende Aussagekraft. Weiterhin ist der Einfluss von Nutzung und geographischer Lage zu berücksichtigen.

Nun gilt es die Erwartungswerte für die Bodentiergruppen der ausgewiesenen Standorttypen zu ermitteln. Bei der Auswahl der Bodentiergruppen bietet sich eine Anlehnung an die SAG (1993) an (im Bereich der Meso- und Makrofauna sind dies: Lumbriciden, Collembolen, Nematoden und Enchytraeen), da hierdurch u. a. vorliegende Untersuchungen auf Dauerbeobachtungsflächen in das Konzept einbezogen werden können. Mit Ausnahme der Collembolen existieren für diese Tiergruppen schon Ansätze für die Erarbeitung von Erwartungswerten. Zur Ergänzung dieser Arbeiten werden derzeit vom Verfasser für Walddauerbeobachtungsflächen in Baden-Württemberg solche Erwartungswerte für Collembolen formuliert. Hierzu werden vorliegende Untersuchungen mit autoökologischen Daten aus der Literatur abgeglichen. Für die Formulierung der Erwartungswerte sollen die Faktoren Dominanz und Konstanz miteinbezogen werden.

Die Erarbeitung von Erwartungswerten ist sicherlich mittelfristig als dynamisches System zu verstehen, da aufgrund der derzeitigen Datenlage noch für eine längere Zeitspanne Ergänzungen erforderlich sein werden. Aus diesem Grund wird für die Formulierung der Erwartungswerte für Collembolen ein offenes Auswertesystem verwendet, in dem sowohl die Klassifizierung von Standorttypen als auch die Einschränkung der Erwartungswerte durch entsprechende Dominanz- und Konstanzvorgaben an die jeweilige Fragestellung angepasst werden kann.

7. Literatur:

- AK BIOINDIKATION (DER GDCh) (1996): Begriffdefinitionen zur Bioindikation. – UWSF – Z. Umweltchem. Ökotox. **8**: 169 - 171.
- BBodSchG (BUNDES-BODENSCHUTZGESETZ) (1998): Gesetz zum Schutz des Bodens in der Fassung der Bekanntmachung von 17.03.1998. – Bundesgesetzblatt (BRD) **I**: 502 - 510.
- 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 pp.

- DUNGER, W. (1982): Die Tiere als Leitformen für anthropogene Umweltveränderungen. – *Decheniana Beih.* **26**: 151 - 157.
- FRÜND, H.-C., D. BOLTE, U. HELLEIG, A. OTT, H. REUSCH & H. ROY (1994): Qualitätsanforderungen an die Datenerhebung für biologische Fachbeiträge. – *NNA-Berichte* **1/94**: 11 - 17.
- KREIMES, K. (1991): Immissionsökologische Wirkungskataster Baden-Württemberg. – *Faunistische Untersuchungsmethoden*. – *Beih. Veröff. Naturschutz Landschaft.* **64**: 186 - 195.
- KÜHNELT, W. (1957): Die Tierwelt der Landböden in ökologischer Betrachtung. – *Verg. Dtsch. Zool. Ges. Graz*: 39 - 103.
- LFU (Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg) (1994): Methoden zur Wirkungserhebung. – *Ein Methodenhandbuch*. – Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (Hrsg.), Karlsruhe, 78 pp.
- LFU & GWD (Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg und Gewässerdirektion Südlicher Oberrhein/Hochrhein) (1999): Materialien zum Integrierten Rheinprogramm. Auswirkungen der Ökologischen Flutungen der Polder Altenheim. – Karlsruhe, 285 pp.
- RÖMBKE, J., L. BECK, B. FÖRSTER, C.-H. FRÜND, F. HORAK, A. RUF, K. SOSZCZEWSKY, M. SCHEURIG & S. WOAS (1997): Boden als Lebensraum für Bodenorganismen. – *Texte und Berichte zum Bodenschutz Nr. 4/97*, Landesanst. Umweltsch. Baden-Württemberg, Karlsruhe, 437 pp.
- RUF, A., L. BECK, W. HAMMEL, K. HUND, W. KRATZ, J. RÖMBKE, J. SPELDA (1999): Grundlagen zur Erarbeitung eines Bewertungsrahmens für die Bodenfunktion „Lebensraum für Bodenorganismen“. Teil II: Erste Ergebnisse zur Anwendung von bodenkundlich/bodenbiologisch definierten Standorttypen. – *Mittl. Deut. Bodenkundl. Ges.* **89**: 177 - 180.
- RUSSEL, D.J., H. SCHICK, D. NÄHRIG (2000): Reactions of soil Collembolan Communities to inundation in floodplain ecosystems of the Upper Rhine Valley. – In: BROLL, G. (eds.): *Soil Ecological Processes in Wetlands of Germany*. – Springer, Berlin, Heidelberg, New York (im Druck).
- SAG (Sonderarbeitsgruppe Informationsgrundlagen Bodenschutz der Bund-Länder-Umweltministerkonferenz) (1993): Konzeption zur Einrichtung von Bodendauerbeobachtungsflächen. – In: ROSENKRANZ, D., G. BACHMANN, G. EINSELE & H.-M. HARRESS (Hrsg.), E. Schmidt, Berlin, Bd. 3, KZ 9401, 50 pp.
- SCHICK, H. (1995): Collembolen als Reaktionsindikatoren. – *UWSF. – Z. Umweltchem. Ökotox.* **7 (4)**: 249 - 251.
- (1999): Der Celluloseabbautest – Ein funktionales Testverfahren zur Beurteilung der Lebensraumfunktion des Bodens für Bodenorganismen. – *Baunschw. naturkd. Schr.* **5 (4)**: 925 - 934.
- SCHICK, H. & K. KREIMES (1993): Der Einsatz von Collembolen als Bioindikatoren. – In: EHRENSBERGER, R. (Hrsg.): *Bodenmesofauna und Naturschutz, Inf. Natursch. Landschaftspfl.* – G. Runge, Cloppenberg **6**: 309 - 323.
- SCHINNER, E., R. ÖHLINGER, E. KANDELER & R. MARGESIN (Hrsg.) (1993): *Bodenbiologische Arbeitsmethoden*. – Springer, Berlin, 389 pp.
- SPURGEON, D.J., R.D. SANDIFFER & S.P. HOPKINS (1996): The use of macro-invertebrates for population and community monitoring of metal contamination – indicator taxa, effect parameters and the need for a soil invertebrate prediction and classification scheme. – In: VAN STRAALLEN, N.M. & D.A. KRIVOLUTSKY (eds.): *Bioindicator Systems for Soil Pollution*. – Kluwer, Dordrecht: 95 - 109.
- ZIMMERMANN, R.-D. & R. UMLAUFF-ZIMMERMANN (1996): Richtlinien zur Erstellung von Wirkungskatastern. Nachwort und Übersicht. – *UWSF. – Z. Umweltchem. Ökotox.* **6**: 318 - 139.

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): Schick Hans

Artikel/Article: [Biomonitoring im Boden 381-388](#)