

Monitoring auf Boden-Dauerbeobachtungsflächen: Bodenzoologische Parameter zur Kennzeichnung des biologischen Bodenzustandes

von

GRAEFE,U., ELSNER,C.-D., NECKER,U.

Zu den bodenschutzrelevanten Daten, die im Rahmen des Monitoring auf Boden-Dauerbeobachtungsflächen erhoben werden sollen, gehören auch Informationen über den biologischen Bodenzustand. Die Konzeption zur Einrichtung von Boden-Dauerbeobachtungsflächen der Sonderarbeitsgruppe "Informationsgrundlagen Bodenschutz" (SAG 1991) enthält dementsprechend u.a. Empfehlungen für bodenmikrobiologische und bodenzoologische Analysen. Im bodenzoologischen Teil wird die obligatorische Untersuchung der Regenwürmer und auf ausgewählten Flächen die ergänzende Untersuchung der Collembolen, Nematoden oder Enchyträen vorgeschlagen. Diesen Empfehlungen folgend werden in Schleswig-Holstein seit 1992 und in Nordrhein-Westfalen seit 1995 bodenzoologische Grundinventuren im Bereich aller BDF durchgeführt. Auch in Hamburg und Mecklenburg-Vorpommern wurden die ersten Flächen mit dem gleichen Verfahren untersucht. Nach Abschluß der Grundinventuren sind ab 1998 erste Wiederholungsuntersuchungen in Schleswig-Holstein vorgesehen.

Bei der Auswahl der Tiergruppen stand die Überlegung im Vordergrund, für alle BDF einen einheitlichen methodischen Baustein zu verwenden, der es ermöglicht, die Flächen über verschiedene Nutzungstypen hinweg zu vergleichen. Neben den Regenwürmern wurden deshalb die Enchyträen (Kleinringelwürmer) in die Untersuchung einbezogen, die als Mesofaunagruppe antagonistisch dort stärker in Erscheinung treten, wo Regenwürmer eine geringe oder keine Rolle spielen. Tabelle 1 gibt

Tab. 1: Bodenzoologische Parameter für das Monitoring auf Boden-Dauerbeobachtungsflächen

Parameter	Methode	Aussagefähigkeit
Ausgewählte Tiergruppen Regenwürmer (Lumbricidae) Kleinringelwürmer (Enchytraeidae u.a.)	Regenwürmer a) Formalin-austreibung	Bodenbiozönose- und Bodenzustandsindikatoren
Strukturelle Parameter Artenzusammensetzung Abundanz der einzelnen Arten (Ind./m ²) Dominanz (% von Gesamtabundanz) Horizontalverteilung (Frequenz)	b) Handauslese/ Kempson-extraktion	Indikatoren der Biodiversität im Boden
Vertikalverteilung der Kleinringelwürmer Biomasse der Regenwürmer (g/m ²) Gewichtsdominanz der Regenwürmer (%)	Kleinringelwürmer c) Wassertauchmethode	Zeiger für die Qualität des Mikrohabitats
Quantitative Summenparameter Gesamtabundanz (Ind./m ²) Gesamtbiomasse der Regenwürmer (g/m ²)	(DUNGER & FIEDLER 1989)	Maß für ökologische Gewichtung der Arten
Qualitative Summenparameter Lebensform-/Strategietypenspektren Zeigerwertspektren/mittlere Zeigerwerte Zersetzergesellschaftstyp		quantitative zoologische Meßparameter für die biologische Aktivität
		qualitative Indikatoren für den biologischen Bodenzustand und die integrale Wirkung ökologischer Faktoren

* IFAB Institut für Angewandte Bodenbiologie GmbH, Sodenkamp 62, D-22337 Hamburg

** Landesamt für Natur und Umwelt des Landes Schleswig-Holstein, D-24220 Flintbek

*** Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen, Postfach 10 23 63, D-45023 Essen

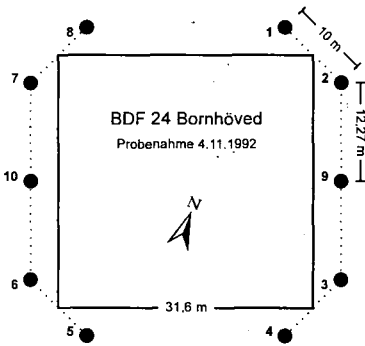


Abb. 1

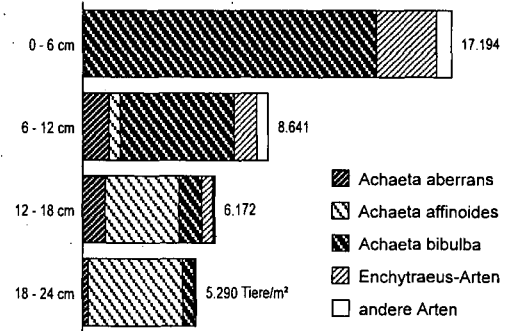


Abb. 2

Abb. 1: Anordnung der Probenahmestellen 1-10 um die Kernfläche der BDF 24 Bornhöved/Schleswig-Holstein
 Abb. 2: Vertikalverteilung der Kleinringelwürmer auf der BDF 24 Bornhöved im November 1992

eine Übersicht über erhobene Parameter, verwendete Methoden und angestrebte Aussagebereiche. Der Schwerpunkt liegt auf strukturellen und qualitativen Parametern (Artenzusammensetzung), die den Vorteil haben, daß sie bei den untersuchten Tiergruppen keinen großen jahreszeitlichen oder kurzfristig witterungsbedingten Schwankungen unterliegen und daher mit nahezu gleichwertigen Ergebnissen zu unterschiedlichen Jahreszeiten erhoben werden können. Andererseits ist gerade die Artenzusammensetzung ein empfindlicher Indikator für den biologischen Bodenzustand, der eine leicht beeinflussbare Standortvariable darstellt und für die Ermittlung langfristiger Veränderungen infolge belastungs- und nutzungsspezifischer Einflüsse besonders geeignet erscheint.

Die Untersuchungen erfolgen mit Standardmethoden, die bei DUNGER & FIEDLER (1989) näher beschrieben sind. Die Grundinventur wird einmalig mit 10 Parallelproben durchgeführt, wobei die Probenahmestellen außen um die Kernfläche herum angeordnet werden, um diese nicht zu stören. An jedem Probenpunkt, der nach einem festgelegten Schema ausgemessen wird (Abb. 1), werden drei verschiedene Probenahmen unmittelbar nebeneinander ausgeführt. Tiefgrabende Regenwürmer werden durch Übergießen einer 0,25 m² großen Fläche mit einer formalinhaltigen Reizlösung aus dem Boden getrieben. Für die Erfassung oberflächennaher Regenwürmer werden 500 cm² große Bodenproben 10 cm tief, auf Ackerflächen 20 cm tief entnommen und von Hand ausgelesen. Anschließend werden eventuell übersehene Tiere mit der Kempson-Methode aus den Proben extrahiert. Zur Gewichts- und Artbestimmung werden die Regenwürmer in einem Formol-Alkohol-Gemisch fixiert.

Die Probenahme für die Kleinringelwürmer erfolgt mit einem Stechzylinder, der einen Durchmesser von 5 cm hat und von der Geländeoberfläche gemessen 10 cm tief eingestochen wird. Die Bodensäule wird im aufgeklappten Stechzylinder in 4 gleiche Tiefenstufen aufgeteilt, wobei auf forstlichen BDF auch das Humusprofil zu protokollieren ist. Auf Ackerflächen wird mit einem schmaleren Stechzylinder eine 24 cm lange Bodensäule ausgestochen, die ebenfalls in 4 Tiefenstufen aufgetrennt wird. Die Extraktion der Kleinringelwürmer erfolgt im Labor mit der Wassertauchmethode. Die Tiere werden im lebenden Zustand unter dem Mikroskop gezählt und bestimmt.

Tabelle 2 zeigt das Ergebnis einer Grundinventur in komprimierter Form am Beispiel der Ackerfläche Bornhöved. Die Annelidenzönose setzt sich aus einer Regenwurmart und 14 Kleinringelwurmart zusammen. Neben den Artnamen stehen die Zeigerzahlen für Feuchte und Bodenreaktion, die in Anlehnung an ELLENBERG verschlüsselt sind. Die Siedlungsdichten wurden zu Abundanzklassen zusammengefaßt, die eine logarithmische Skalenteilung aufweisen und zwischen Makrofauna (Regenwürmer) und Mesofauna (Kleinringelwürmer) um den Faktor 100 differieren. Durch Kumulation der Abundanzklassen von Arten mit gleichen Zeigerwerten entstehen Zeigerwertspektren,

Tab. 2: BDF 24 Bornhöved, Artenzusammensetzung und Zeigerwerte der Annelidenzönose in der Aufnahme vom November 1992

	F R	Abundanzklasse
Regenwürmer		
Aporrectodea caliginosa	x 7	■□
Kleinringelwürmer		
Achaeta aberrans	5 3	■□
Achaeta affinoides	5 4	■□□
Achaeta bibulba	5 5	■□□□
Enchytraeus norvegicus	5 5	■
Enchytraeus minutus agg.	x 7	■□□
Enchytraeus buchholzi agg.	x 7	■
Henlea perpusilla	x 7	■
Henlea ventriculosa	x 7	■
Fridericia bulboides	x 7	■
Fridericia sp. (trid)	x 7	■
Fridericia sp. juv.	x 7	■
Achaeta pannonica	5 8	■
Achaeta unibulba	6 7	■
Achaeta sp. (serp)	x x	■

kumulierte Feuchtwerte		kumulierte Reaktionswerte	
3		1	mR 6,3
4		2	mR' 5,9
5	■■■■■■■■■■	3	■□
6	■	4	■□□
7		5	■□□□
8		6	
9		7	■■■■■■■■■■
10	mF 5,2	8	■
11	mF' 5,1	9	

die ein Bild vom Schwerpunkt und der Bandbreite der beteiligten ökologischen Artengruppen vermitteln. Schließlich sind noch die daraus berechneten gewichteten und ungewichteten mittleren Zeigerwerte angegeben. Detaillierte Erläuterungen der verwendeten Kürzel und Zeichen finden sich bei GRAEFE (1993, 1997a).

In diesem Beispiel weist die Artenliste viele Schwachsäure- bis Schwachbasenzeiger mit der Reaktionszahl 7 auf, was für Ackerflächen normal ist. Daneben sind in hoher Abundanz aber auch Säure- und Mäßigsäurezeiger mit den Reaktionszahlen 3 bis 5 vertreten, die ihren Verbreitungsschwerpunkt eher im mullartigen Moder von Waldböden haben. Besonders deutlich zeigt das Vertikalverteilungsbild der Kleinringelwürmer die ungewöhnliche Artenzusammensetzung auf der BDF Bornhöved (Abb. 2). Die drei säureliebenden *Achaeta*-Arten machen bei weitem den größten Anteil aus.

Welche Artenzusammensetzung normal oder abweichend ist, ergibt sich aus der tabellarischen Gegenüberstellung möglichst vieler Standorte, wobei auch unterschiedliche Nutzungstypen einzubeziehen sind (vgl. GRAEFE 1993).

Für Zustandsvergleiche der BDF untereinander eignen sich vor allem graphische Darstellungsformen. Sie erfordern eine weitgehende Datenaggregation. Abbildung 3 zeigt als Beispiel einen zweidimensionalen Zustandsraum, dessen Achsen von der Gesamtabundanz der Kleinringelwürmer als einem quantitativen Summenparameter und der gewichteten mittleren Reaktionszahl als einem qualitativen Summenparameter gebildet werden. Eingetragen sind 12 Boden-Dauerbeobachtungsflächen in Nordrhein-Westfalen, die im Zeitraum von 1995 bis 1997 untersucht wurden. Bei Duisburg-Biegerhof handelt es sich um einen städtischen Parkrasen. Die anderen Flächen sind Waldstandorte.

Die als "Attraktorbereich" bezeichneten Felder markieren relativ häufig auftretende biologische Bodenzustände, die bestimmten Zersetzergesellschaftstypen entsprechen (vgl. GRAEFE 1997b). In der Humusformentypologie entsprechen sie den Mineralbodenhumusformen L-Mull bis F-Mull auf der einen Seite und den Auflagehumusformen Moder bis Rohhumus auf der anderen. Im Bereich des *Achaeto-Cognettion* spielen Regenwürmer nur eine untergeordnete Rolle. Hier kann die Siedlungsdichte der Kleinringelwürmer deshalb auch als zoologisch definiertes Maß der biologischen Aktivität betrachtet werden. Die Werte streuen stark und sind mit den Humusformen Moder und Rohhumus nicht korreliert. Ihre Entwicklung muß vor dem Hintergrund sich verändernder Stickstoff- und Säureeinträge interpretiert und dokumentiert werden.

Die Bewertung des biologischen Bodenzustands setzt die Definition eines Soll- oder Zielzustands voraus, der sich z.B. aus dem Ausgangssubstrat ableiten läßt. Beim Standortstyp Perlgras-Buchenwald

Kleiningelwürmer (Tiere/m²)

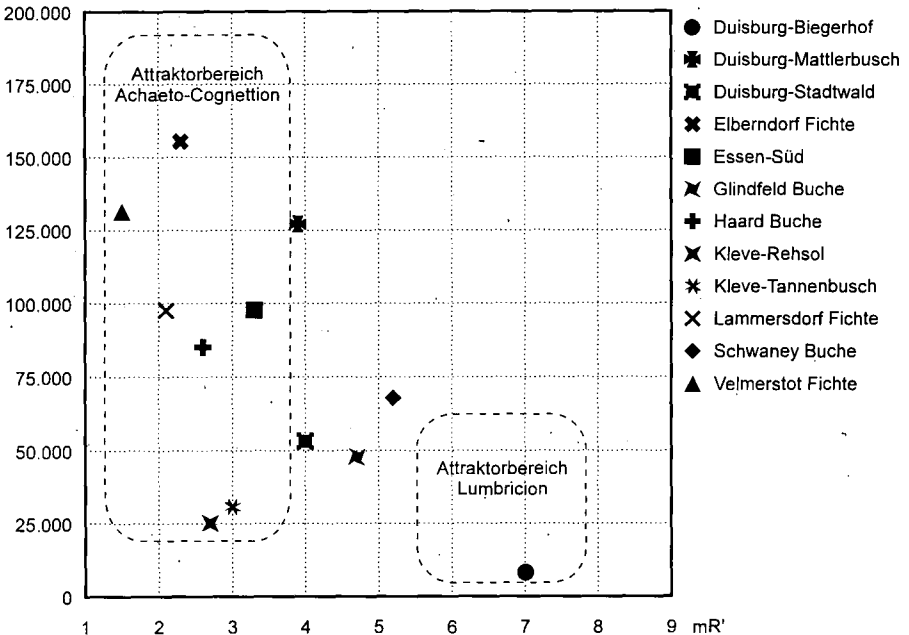


Abb. 3: Biologischer Bodenzustand von 12 Boden-Dauerbeobachtungsflächen in Nordrhein-Westfalen. Ökogramm mit den Koordinaten Siedlungsdichte der Kleinringelwürmer und gewichtete mittlere Reaktionszahl der Annelidenzönose

auf Kalkverwitterungslehm liegt der Sollzustand im Bereich des *Lumbricion*. Die abweichende Position der BDF Schwaney Buche, die diesen Standortstyp repräsentiert, kann als Folgewirkung der atmosphären Säurebelastung angesehen werden. Der Standort Duisburg-Mattlerbusch auf nährstoffreichem Hochflutlehm ist vom Sollzustand im Bereich des *Lumbricion* noch weiter bis an den Rand des *Achaeto-Cognettion* abgedriftet. Er liegt auf der x-Achse des Ökogramms fast an der gleichen Stelle wie Duisburg-Stadtwald, was mit der sehr ähnlichen Artenzusammensetzung auf beiden Flächen zu tun hat. Das Ausgangssubstrat bei Duisburg-Stadtwald ist allerdings nährstoffarmer Flugdecksand. Ein standortstypisch begründeter Sollzustand dieser Fläche wäre deshalb im Bereich des *Achaeto-Cognettion* zu suchen. Der etwas günstigere Istzustand erklärt sich durch eine früher erfolgte Bestandeskalkung.

Weitere Möglichkeiten der graphischen Darstellung biologischer Bodenzustände bieten die Dreiecksdiagramme der Lebensform- und Strategietypenzusammensetzung, die am Beispiel von Boden-Dauerbeobachtungsflächen bereits vorgestellt wurden (GRAEFE 1997b).

Literatur

- DUNGER, W. & FIEDLER, H. J. (1989): Methoden der Bodenbiologie. Fischer, Jena.
- GRAEFE, U. (1993): Die Gliederung von Zersetzergesellschaften für die standortsökologische Ansprache. *Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch.* 69: 95-98.
- GRAEFE, U. (1997a): Von der Spezies zum Ökosystem: der Bewertungsschritt bei der bodenbiologischen Diagnose. *Abh. Ber. Naturkundemus. Görlitz* 69, 2: 45-53.
- GRAEFE, U. (1997b): Bodenorganismen als Indikatoren des biologischen Bodenzustands. *Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch.* 85: 687-690.
- SAG "Informationsgrundlagen Bodenschutz" der Umweltministerkonferenz (1991): Konzeption zur Einrichtung von Boden-Dauerbeobachtungsflächen. Arbeitshefte Bodenschutz 1, München.