

# Makroökologische Muster der Bodenbiozönose

Ulfert Graefe

Bei biologischen Untersuchungen auf Boden-Dauerbeobachtungsflächen entstehen im Laufe der Zeit große Datenmengen, die über Trendaussagen hinaus auch makroökologische Auswertungen ermöglichen. Makroökologische Muster stellen weitgefaste statistische Verallgemeinerungen dar. Aus den Mustern der Bodenbiozönose lassen sich Referenzwertbereiche für bodenbiologische Kennwerte ableiten, die zur Beurteilung schädlicher Bodenveränderungen gebraucht werden.

Die Makroökologie befasst sich mit dem Verständnis der Biodiversität in großen räumlichen und zeitlichen Maßstäben. Sie geht dabei von realen Ökosystemen aus und beschreibt deren Variationen in Form von statistischen Verallgemeinerungen. Die Muster der Variation können dann Einblick in die sie formenden Prozesse geben. Obwohl diese Herangehensweise in der Ökologie eine lange Geschichte hat, entwickelte sich die Makroökologie als Forschungsrichtung erst, seitdem die modernen Monitoringverfahren breitere Datengrundlagen bereitstellen (Brown, 1995; Blackburn & Gaston, 2004).

Nebenstehende Abbildungen zeigen Beispiele für statistische Muster aus Daten von 55 Boden-Dauerbeobachtungsflächen (BDF) in Schleswig-Holstein, Nordrhein-Westfalen und Hamburg. In diesen Ländern gehören Aufnahmen der Regenwürmer und Kleinringelwürmer zum bodenbiologischen Untersuchungsprogramm (Cordsen, 1993; Haag & Stempelmann, 2005). Hinweise zur Methodik finden sich bei Graefe et al. (1998, 2001). Dargestellt sind Ergebnisse von zwei Untersuchungsperioden.

Die Artenzahlen der Regenwürmer variieren zwischen 0 und 9 (Abb. 1). Die nach Bodennutzungstyp aufgeschlüsselte Darstellung zeigt, dass der Mittelwert der Artenzahl auf den BDF in Nordwestdeutschland von Grünland über Acker zu Forst abnimmt. Das gleiche Muster ergibt sich auch bei den Kleinringelwürmern, wobei die Artenzahlen im Acker weniger schwanken als im Grünland und im Forst (Abb. 2).

Anders sieht es bei den Siedlungsdichten der Kleinringelwürmer aus, die im Forst am höchsten liegen und im Acker am niedrigsten (Abb. 3). Der Ausreißer auf 100.000 Ind./m<sup>2</sup> bei einer Ackerfläche ist auf eine übermäßige Eutrophierung durch Gülledüngung zurückzuführen.

Die Biomassen der Regenwürmer (Abb. 4) folgen dem gleichen Muster wie die Artenzahlen. Die geringen Werte im Forst sind in erster Linie dadurch bedingt, dass die Oberböden der untersuchten BDF unter Wald alle im stark sauren Bereich liegen (vgl. Graefe et al., 2002). Abb. 5 zeigt die absteigende Sortierung der Werte unabhängig vom Bodennutzungstyp. Auf Grund dieser Daten wird eine 5-stufige Werteskala für die Regenwurmbiomasse vorgeschlagen.

Eine nach Bodenarten differenzierte Auswertung, die hier nicht dargestellt ist, ergibt die höchsten Werte der Regenwurmbiomasse in Lehm Böden und geringere in Sand, Ton und Niedermoortorf. Dies steht im Gegensatz zur mikrobiellen Biomasse, die in der Rangfolge Sand, Schluff und Lehm, Ton, Torf zunimmt (Höper & Kleefisch, 2001).

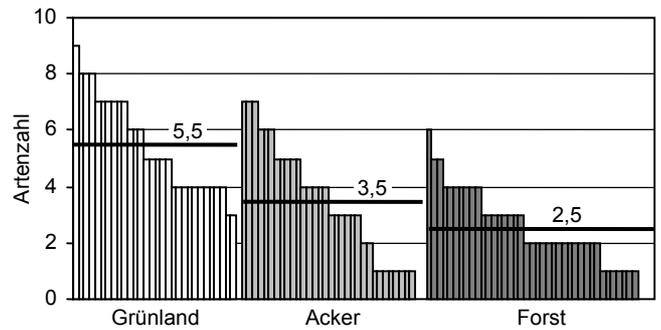


Abbildung 1: Artenzahlen der Regenwürmer bei Untersuchungen auf Boden-Dauerbeobachtungsflächen in Nordwestdeutschland.

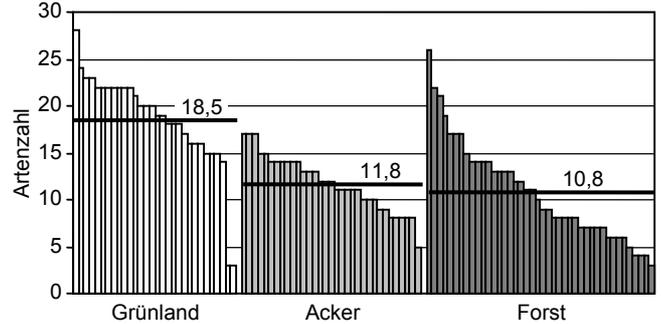


Abbildung 2: Artenzahlen der Kleinringelwürmer.

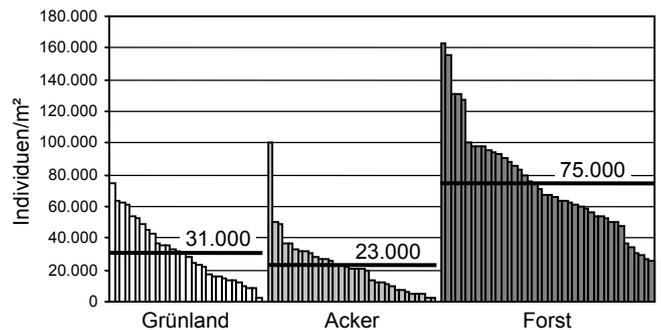


Abbildung 3: Siedlungsdichten der Kleinringelwürmer.

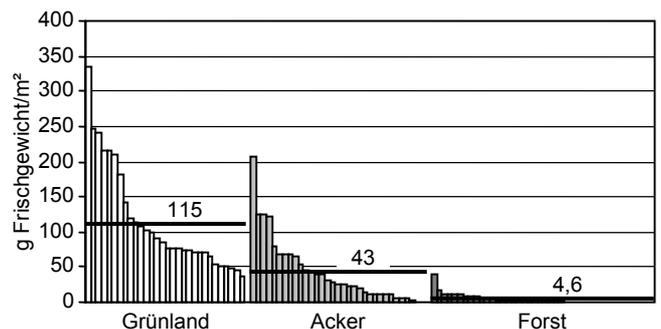


Abbildung 4: Biomassen der Regenwürmer.

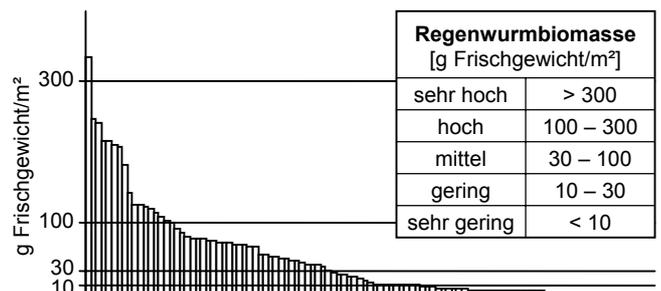


Abbildung 5: Wertebereiche der Regenwurmbiomasse nach Untersuchungen auf Boden-Dauerbeobachtungsflächen in Nordwestdeutschland.

Abb. 6 zeigt die Beziehung zwischen den Siedlungsdichten der Regenwürmer und den Siedlungsdichten der Kleinringelwürmer. Das entstandene Muster lässt zwei Interpretationen zu. Einerseits besteht allgemein ein antagonistisches Verhältnis zwischen beiden Gruppen (Richtungspfeil a). Andererseits gibt es auch eine gleichgerichtete Förderung oder Hemmung beider Gruppen als Folge günstiger oder ungünstiger Umweltbedingungen (Richtungspfeil b).

Die Verwendung makroökologischer Muster als Referenzsystem zur Beurteilung schädlicher Bodenveränderungen in Bezug auf die Lebensraumfunktion soll am Beispiel der schwermetallbelasteten BDF Duisburg-Biegerhof (DUI Bi) dargestellt werden. Die auf einem städtischen Parkrasen gelegene Fläche weist eine luftbürtige Belastung mit Blei, Zink und Cadmium auf, die die Vorsorgewerte der Bundes-Bodenschutzverordnung um das 6- bis 8fache übersteigt. Die Gehalte gehen mit der Tiefe zurück und liegen ab 30 cm unterhalb der Vorsorgewerte (Abb. 7).

Die Regenwurmbiomasse schwankt im Vergleich mit anderen BDF im Grünland um einen Wert im mittleren Bereich. Die Differenzierung nach Lebensformtypen enthüllt allerdings den Totalausfall der endogäischen Regenwürmer, die sonst auf allen Flächen vorkommen (Abb. 8). Endogäische Regenwürmer leben im oberen Mineralboden, wo sie sich durch den Boden fressen. Die tiefgrabenden anecischen und die epigäischen Regenwürmer ernähren sich dagegen hauptsächlich von der Streu an der Bodenoberfläche. Da auch die Streu sehr hohe Schwermetallgehalte aufweist, scheinen diese Arten weniger empfindlich zu sein.

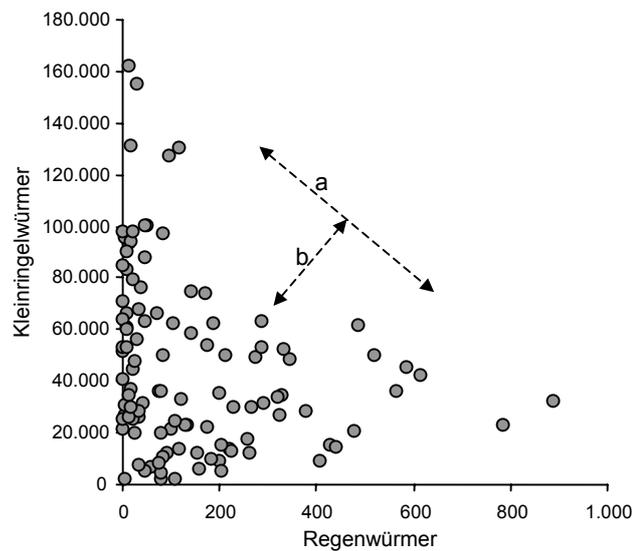
Im Vergleich mit anderen Grünlandstandorten ist auch die Artenzahl (Abb. 9) und die Siedlungsdichte der Kleinringelwürmer bei Duisburg-Biegerhof stark reduziert, weshalb die Lebensraumfunktion für Bodenorganismen als deutlich eingeschränkt zu bewerten ist. Die außerdem festgestellte Verdichtung des Oberbodens (Haag & Stempelmann, 2005) ist möglicherweise ein Sekundäreffekt seiner geringen Belebtheit.

### Danksagung

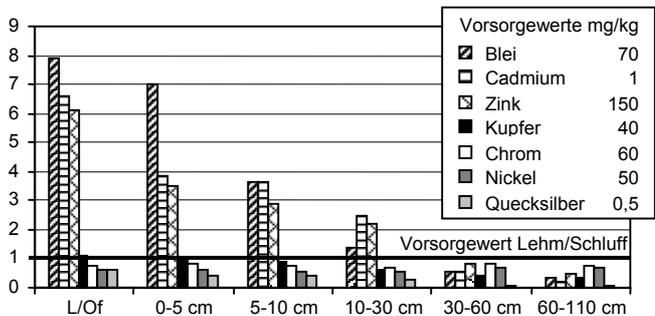
Die bodenzoologischen Untersuchungen auf Boden-Dauerbeobachtungsflächen erfolgten im Auftrag des Landesamts für Natur und Umwelt Schleswig-Holstein (LANU), des Landesumweltamts Nordrhein-Westfalen (LUA), der Landesanstalt für Ökologie Nordrhein-Westfalen (LÖBF) und des Geologischen Landesamts Hamburg. Dem LUA danke ich für die Daten zur Schwermetallbelastung der Fläche Duisburg-Biegerhof.

### Literatur

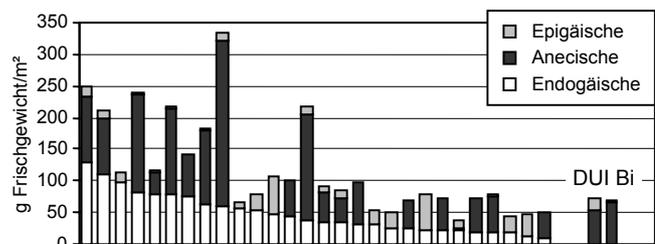
Blackburn, T. M., Gaston, K. J. (2004): Special Feature: Macroecology. Basic and Applied Ecology 5: 385-387.  
 Brown, J. H. (1995): Macroecology. The University of Chicago Press, Chicago.  
 Cordsen, E. (1993): Boden-Dauerbeobachtung in Schleswig-Holstein. Mitt. Dtsch. Bodenk. Ges. 72: 859-862.  
 Graefe, U., Elsner, D.-C., Necker, U. (1998): Monitoring auf Boden-Dauerbeobachtungsflächen: Bodenzoologische Parameter zur Kennzeichnung des biologischen Bodenzustandes. Mitt. Dtsch. Bodenk. Ges. 87: 343-346.  
 Graefe, U., Gehrman, J., Stempelmann, I. (2001): Bodenzoologisches Monitoring auf EU-Level II-Dauerbeobachtungsflächen in Nordrhein-Westfalen. Mitt. Dtsch. Bodenk. Ges. 96: 331-332.  
 Graefe, U., Elsner, D.-C., Gehrman, J., Stempelmann, I. (2002): Schwellenwerte der Bodenversauerung für die Bodenbiozönose. Mitt. Dtsch. Bodenk. Ges. 98: 39-40.  
 Haag, R., Stempelmann, I. (2005): Bodenbiologische Untersuchungen auf Boden-Dauerbeobachtungsflächen in Nordrhein-Westfalen. Mitt. Dtsch. Bodenk. Ges. 107: 197-198.  
 Höper, H., Kleefisch, B. (2001): Untersuchung bodenbiologischer Parameter im Rahmen der Boden-Dauerbeobachtung in Niedersachsen. Bodenbiologische Referenzwerte und Zeitreihen. Arbeitshefte Boden 2001/4.



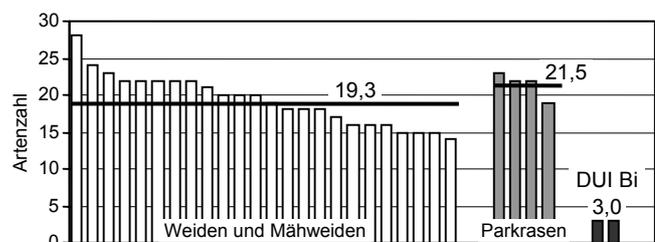
**Abbildung 6:** Beziehung zwischen Siedlungsdichten (Ind./m<sup>2</sup>) von Regenwürmern und Kleinringelwürmern. Im Muster spiegelt sich das antagonistische Verhältnis zwischen beiden Gruppen (a), aber auch die gleichgerichtete Förderung oder Hemmung als Folge günstiger oder ungünstiger Umweltbedingungen (b).



**Abbildung 7:** Schwermetallgehalte im Bodenprofil der BDF Duisburg-Biegerhof in Relation zu den Vorsorgewerten (= 1).



**Abbildung 8:** Biomassen der Regenwürmer an Grünlandstandorten differenziert nach Lebensformtypen. Am Standort Duisburg-Biegerhof fehlen die endogäischen Regenwürmer.



**Abbildung 9:** Vergleich der Artenzahlen von Kleinringelwürmern auf landwirtschaftlich genutztem Grünland, städtischen Parkrasen in Kiel und Hamburg und auf der schwermetallbelasteten BDF Duisburg-Biegerhof.