

Die räumliche Vielfalt der Bodenbiozönose: Typendiversität versus Artendiversität

Ulfert Graefe

Im Zusammenhang mit dem Schutz des Bodens als Lebensraum für Bodenorganismen, interessiert die Frage, welche Typen der Bodenbiozönose auf Landschaftsebene zu unterscheiden sind. Im Gegensatz zur Vegetation ist die Bodenbiozönose in ihrer Artenzusammensetzung nicht vollständig erfassbar. Die um viele Größenordnungen höhere Artendiversität erzwingt eine Beschränkung auf wenige Indikatorgruppen. Dabei stellt sich heraus, dass trotz der überwältigenden Artenvielfalt die Zahl der Bodenbiozönosetypen vergleichsweise klein bleibt.

Bodenbiozönosen gehören zu den artenreichsten ökologischen Systemen, die wir kennen (Giller, 1996). Ein Quadratmeter Waldboden z.B. kann allein bis zu 1.000 verschiedene Tierarten enthalten (Anderson, 1975). Noch größer ist die mikrobielle Diversität, die auf 6.400 bis 38.000 Taxa pro Gramm Boden geschätzt wird (Curtis et al., 2002).

Die hohen Artenzahlen bedeuten allerdings nicht, dass es auch eine hohe Zahl unterschiedlicher Artengemeinschaften geben muss. Mikroorganismen sind ubiquitär verbreitet und können z.B. in Neuseeland in der gleichen Artenzusammensetzung vorkommen wie in Europa (Finlay, 2002). Das Ausbreitungspotenzial der Arten hängt in erster Linie von ihrer Abundanz ab, die negativ mit der Körpergröße korreliert. Generell wird angenommen, dass der Übergangsbereich von ubiquitärer zu geographisch eingeschränkter Verbreitung bei einer Körpergröße von 1 bis 10 mm liegt (Abb. 1).

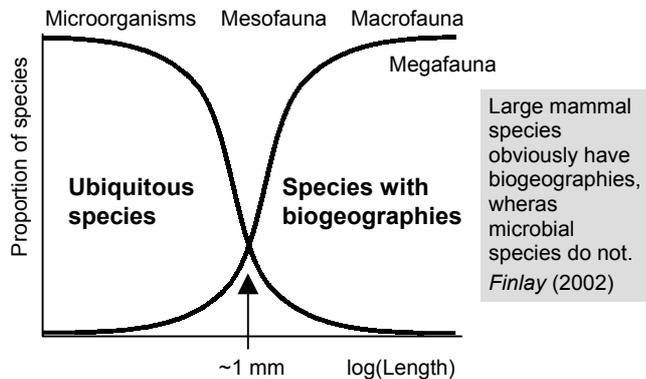


Abbildung 1: Hypothetisches Modell des Übergangs von ubiquitärer zu geographisch eingeschränkter Verbreitung in Abhängigkeit von der Körpergröße der Arten (verändert nach Finlay, 2002).

Die Frage nach der Typenvielfalt der Bodenbiozönose ist leichter von bodenzoologischer als von mikrobiologischer Seite zu beantworten, weil das Augenmerk auf die Hauptakteure (driver species) gerichtet werden kann, die die Struktur der Artengemeinschaft organisieren. In weiten Klimabereichen sind das vor allem Regenwürmer. Aus gutem Grund gehört deshalb der Regenwurmbesatz zu den obligatorischen Untersuchungsparametern auf Boden-Dauerbeobachtungsflächen (Barth et al., 2000). Die umfangreichen Datensätze

aus diesen Untersuchungen erlauben eine Vielzahl von Auswertungen, z.B. wie sich die Artenzusammensetzung entlang von Umweltgradienten verändert. So wurde gezeigt, dass die meisten endogäischen und anecischen Regenwurmart in einem pH-Bereich von 7,4 bis 4,2 (CaCl₂) vorkommen können und auch die mit ihnen vergesellschafteten Kleinringelwurmart den gleichen Toleranzbereich aufweisen. Erst im Aluminium-Pufferbereich unterhalb von pH 4,2 verschwinden die mineralbodenbewohnenden Regenwürmer und werden durch eine andere Artengemeinschaft ersetzt, in der Enchyträen eine dominante Rolle spielen (Graefe et al., 2002).

Einen ähnlichen Schwellenwert belegen auch die Untersuchungen von Sommer et al. (2002) in Wäldern Baden-Württembergs. Übereinstimmend zeigt sich, dass auf dem Gradienten der Bodenreaktion eine Grenze erscheint, die zwei Gesellschaftstypen voneinander trennt. Ein zweiter, nicht ganz so durchgängiger Schwellenwert tritt auf dem Gradienten der Bodenfeuchte auf (Abb. 2).

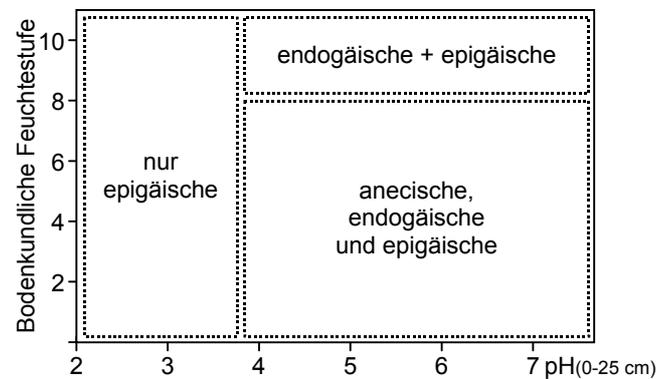


Abbildung 2: Ökogramm mit dem Vorkommen von Lebensformtypen der Regenwürmer in Abhängigkeit von der Bodenreaktion und der Bodenkundlichen Feuchtestufe (verändert nach Ehrmann in Sommer et al., 2002).

Die bei Untersuchungen in verschiedenen Ökosystemen erkennbaren typischen Vergesellschaftungen der Regenwürmer und Kleinringelwürmer wurden von Graefe (1993) und Beylich und Graefe (2002) als Zersetzergesellschaftstypen beschrieben. Sie lassen sich mit anderen flächenhaft vorliegenden Daten verknüpfen und dann als Potenzialkarte der Bodenbiozönose darstellen (Höper, 2002; Graefe et al., 2002). Im Fachausschuss „Biologische Bewertung von

Tabelle 1: Zahl der aus Deutschland beschriebenen Pflanzengesellschaftstypen (nach Rennwald, 2000) verglichen mit der Zahl der Zersetzergesellschaftstypen (nach Beylich and Graefe, 2002).

Kategorien	Pflanzengesellschaften	Zersetzergesellschaften
Klassen	50	-
Ordnungen	84	3
Verbände	152	7
Assoziationen	685	11

Tabelle 2: Zahl der aus Deutschland beschriebenen Bodentypen (nach AK Bodensystematik, 1998) verglichen mit der Zahl der Humusformen (nach Gliederungsentwurf des AK Humusformen, Stand März 2003).

Kategorien	Bodentypen	Humusformen
Abteilungen	5	2
Klassen	20	4
Typen	51	16

Böden“ des Bundesverbandes Boden wird zurzeit daran gearbeitet, auch andere Tiergruppen in das Gliederungssystem zu integrieren (Höper und Ruf, 2003). Schon jetzt steht jedoch fest, dass die Zahl der unterscheidbaren Bodenbiozönosetypen deutlich kleiner als die der Vegetationstypen bleiben wird (Tab. 1). Die Zahlen bewegen sich eher in einer Größenordnung, die auch für die Typologie der Humusformen gilt (Tab. 2). Angesichts der Komplementarität von Bodenbiozönose und Humusform ist das auch nicht anders zu erwarten (Graefe, 2001).

Die geringe Typendiversität hat zur Folge, dass das Schutzkriterium „Seltenheit der Bodenbiozönose“ bei raumbezogenen Planungen vermutlich nur in wenigen Fällen greifen wird. Auf der anderen Seite hat die typologische Herangehensweise über die flächenhafte Planung hinaus einen starken Praxisbezug bei der biologischen Zustandsbewertung von Böden (Graefe, 1997; Graefe et al., 1998, 2001). So ist z.B. die Antwort auf die Frage, welche Kalkungsmenge erforderlich ist, um eine bestimmte Humusform zu erzielen, auch abhängig von der vorhandenen bzw. sich entwickelnden Bodenbiozönose.

Die Typen der Bodenbiozönose können als unterschiedliche Stabilitätsbereiche aufgefasst werden. Auf dem Gradienten der Bodenreaktion gibt es davon im Wesentlichen zwei. Abb. 3 zeigt sie in Form einer „Stabilitätslandschaft“ im Sinne von Peterson et al. (1998). Der Stabilitätsbereich A soll eine von endogäischen und anecischen Regenwürmern dominierte Bodenbiozönose in einem Boden mit der Humusform Mull darstellen. Der atmosphärische Säureeintrag ist ein Störfaktor vom Typ der chronischen Belastungsstörung ("press disturbance" nach Bengtsson, 2002). Sein Einfluss auf die Bodenbiozönose macht sich als eine graduelle Verschiebung in der Artenzusammensetzung bemerkbar. Erst wenn die mineralbodenbewohnenden Regenwurmart ("drivers") verschwinden, kippt das System in einen anderen Stabilitätsbereich, in dem die Enchyträen dominieren und sich Moder-Humusformen ausbilden. Beispiele, wie sich der biologische Bodenzustand unter dem Einfluss von Säureinträgen, Bestockungswechsel, Bodenbearbeitung und Bestandeskalkungen entwickeln kann, finden sich u.a. bei Graefe (1990) und Graefe et al. (2001).

Literatur

- AK Bodensystematik (1998): Systematik der Böden und der bodenbildenden Substrate Deutschlands. Mitt. Dtsch. Bodenk. Ges. 86: 1-180.
- Anderson, J. M. (1975): The enigma of soil animal species diversity. In J. Vaněk (ed.). Progress in Soil Zoology. Academia, Prague, pp. 51-58.
- Barth, N., Brandtner, W., Cordsen, E., Dann, T., Emmerich, K.-H., Feldhaus, D., Kleefisch, B., Schilling, B., Utermann, J. (2000): Boden-Dauerbeobachtung – Einrichtung und Betrieb von Boden-Dauerbeobachtungsflächen. In D. Rosenkranz, G. Bachmann, W. König, G. Einsele (Hrsg.): Bodenschutz. Kennziffer 9152, Erich Schmidt, Berlin, 127 S.
- Bengtsson, J. (2002): Disturbance and resilience in soil animal communities. European Journal of Soil Biology 38: 119-125.

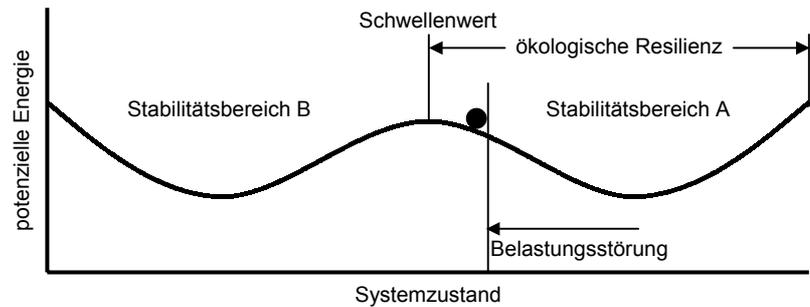


Abbildung 3: Zwei Stabilitätsbereiche der Bodenbiozönose auf dem Gradienten der Bodenreaktion. Saurer Regen als eine chronische Belastungsstörung (press disturbance) oder in umgekehrter Richtung eine Kalkung kann zu einer graduellen Verschiebung der Artenzusammensetzung innerhalb des gleichen Stabilitätsbereiches führen. Bei Überschreitung der ökologischen Resilienz kippt das System in einen neuen Bereich mit anderer Artenzusammensetzung.

- Beylich, A., Graefe, U. (2002): Annelid coenoses of wetlands representing different decomposer communities. In G. Broll, W. Merbach, E.-M. Pfeiffer (eds.): Wetlands in Central Europe. Springer, Berlin, pp. 1-10.
- Curtis, T. P., Sloan, W. T., Scannell, J. W. (2002): Estimating prokaryotic diversity and its limits. Proc. Natl Acad. Sci. U. S. A. 99: 10494-10499.
- Finlay, B. J. (2002): Global dispersal of free-living microbial eukaryote species. Science 296: 1061-1063.
- Giller, P. S. (1996): The diversity of soil communities, the 'poor man's tropical rainforest'. Biodiversity and Conservation 5: 135-168.
- Graefe, U. (1990): Untersuchungen zum Einfluß von Kompensationskalkung und Bodenbearbeitung auf die Zersetzerfauna in einem bodensauren Buchenwald- und Fichtenforst-Ökosystem. In J. Gehrman (Hrsg.): Umweltkontrolle am Waldökosystem. Forschung und Beratung, Reihe C, Heft 48. Landwirtschaftsverlag Münster-Hiltrup, pp. 232-241.
- Graefe, U. (1993): Die Gliederung von Zersetzergesellschaften für die standortökologische Ansprache. Mitt. Dtsch. Bodenk. Ges. 69: 95-98.
- Graefe, U. (1997): Bodenorganismen als Indikatoren des biologischen Bodenzustands. Mitt. Dtsch. Bodenk. Ges. 85: 687-690.
- Graefe, U. (2001): Metabiotische Steuerung der Diversität im System Bodenbiozönose/Humusform. Mitt. Dtsch. Bodenk. Ges. 95: 47-50.
- 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., D.-C., 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.
- Graefe, U., Beylich, A., Hape, M. (2002): Untersuchungen zur Kongruenz von Typen der Bodenbiozönose und der Vegetation in einem Auengebiet. Mitt. Dtsch. Bodenk. Ges. 99: 185-186.
- Höper, H. (2002): Ein Verfahren zur flächenhaften Ausweisung von bodenzoologischen Lebensräumen aufbauend auf dem Konzept der Zersetzergesellschaften von Graefe (1993). NNA-Berichte 15 (1): 71-76.
- Höper, H., Ruf, A. (2003): Methode zur flächenhaften Darstellung des Bodens in seiner Funktion als Lebensraum von Bodenorganismen für Planungen im mittleren Maßstab. Bodenschutz 8: 41-47.
- Peterson, G., Allen, C. R., Holling, C. S. (1998): Ecological resilience, biodiversity, and scale. Ecosystems 1: 6-18.
- Rennwald, E. (2000): Verzeichnis und Rote Liste der Pflanzengesellschaften Deutschlands. Schriftenreihe für Vegetationskunde 35: 800 S.
- Sommer, M., Ehrmann, O., Friedel, J. K., Martin, K., Vollmer, T., Turian, G. (2002): Böden als Lebensraum für Organismen – Regenwürmer, Gehäuselandschnecken und Bodenmikroorganismen in Wäldern Baden-Württembergs. Hohenheimer Bodenkundliche Hefte 63: 163 S.