

Bodenorganismen als Indikatoren des biologischen Bodenzustands

von

GRAEFE;U.

Die Bodenschutzgesetze von Bund und Ländern verwenden den Begriff der biologischen Beschaffenheit des Bodens, die wie die chemische und die physikalische Beschaffenheit ein Beurteilungskriterium für schädliche Bodenveränderungen liefern soll. Damit stellt sich erstens die Frage, wie die biologische Beschaffenheit, oder anders ausgedrückt, der biologische Bodenzustand zu ermitteln ist, und zweitens, wie der Sollzustand zu definieren ist, an dem eine schädliche Bodenveränderung gemessen werden kann. Die zweite Frage leitet über zum Themenbereich der Bodenqualitätsziele.

Was bedeutet "biologischer Bodenzustand"? Der Ausdruck steht im Singular, wenn er sich auf einen Standort bezieht. Das Pedon als die kleinste räumliche Einheit hat nur einen biologischen Zustand und nicht mehrere gleichzeitig. Es geht also nicht um einzelne Organismen oder Organismengruppen, die am gleichen Standort durchaus vielfältige und auch gegenläufige Zustandsformen entwickelt haben können. Es geht vielmehr um die besondere Qualität, die als Emergenz erst aus der Wechselwirkung, der Interaktion aller Organismen im Boden neu entsteht (vgl. MÜLLER et al. 1997). Der biologische Bodenzustand bezeichnet demnach eine übergeordnete Hierarchieebene. Für diese Ebene sind auch andere Bezeichnungen in Gebrauch, die aber im wesentlichen das gleiche beinhalten. Zu nennen sind "Bodenbiozönose" sowie die Begriffe "decomposer community" und "Zersetzergesellschaft", die auf die ökosystemare Funktion Bezug nehmen. Allen Begriffen gemeinsam ist, daß sie stets das gesamte Interaktionsgeflecht einbeziehen, also die Gesamtheit der Mikroorganismen, Pilze, Bodentiere und die sie verknüpfenden Nahrungsnetze.

Die Zustandsformen eines derart komplexen Gebildes treten jedoch nicht unmittelbar in Erscheinung. Sie müssen indirekt über Indikatoren ermittelt werden, die auf der untergeordneten Hierarchieebene der Populationen, der funktionellen Gruppen und daraus abgeleiteten Parametern zu finden sind. Grundsätzlich kommen hierfür Parameter aus allen die Bodenbiozönose konstituierenden Subsystemen in Frage. Der biologische Bodenzustand läßt sich somit als Position in einem mehrdimensionalen Hyperraum definieren, der von verschiedenen Seiten aus betrachtet werden kann. Welche Betrachtungsperspektiven sinnvoll sind, hängt im wesentlichen davon ab, welche Differenzierungsmöglichkeiten die jeweilige Perspektive zu bieten hat.

Im folgenden werden Beispiele vorgestellt, bei denen Parameter der Annelidenzönose verwendet werden. Anneliden sind besonders geeignete Indikatoren, weil nicht nur Regenwürmer dazugehören, die als Schlüsselarten eine Steuerfunktion für die Bodenbiozönose ausüben, sondern auch die Kleinringelwürmer, die als Mesofaunagruppe sehr viel arten- und individuenreicher sind, wodurch eine feinere Abstufung von Zustandsformen möglich ist (BEYLICH et al. 1995, GRAEFE 1995). Für das ökologische Verhalten der Arten lassen sich bei Anneliden Zeigerwerte in ähnlicher Weise wie Ellenberg'sche Zeigerwerte normieren und standortbezogen zu mittleren Zeigerwerten aggregieren (GRAEFE 1993, 1997). Damit stehen sowohl quantitative als auch qualitative Parameter für die Kennzeichnung des biologischen Bodenzustands zur Verfügung.

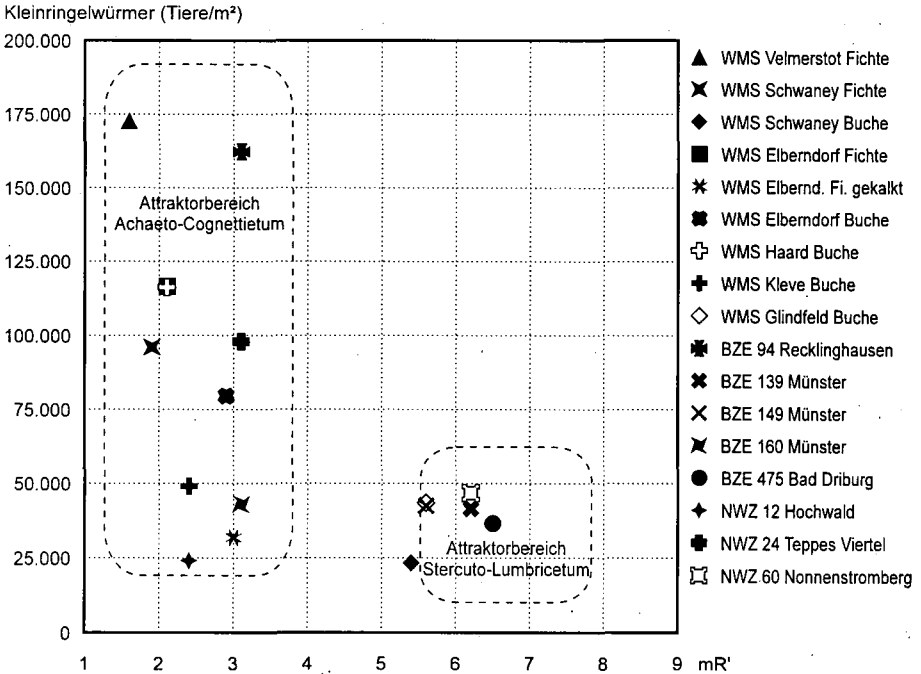


Abb. 1: Biologischer Bodenzustand von Waldmonitoringflächen in Nordrhein-Westfalen. Ökogramm mit den Koordinaten Siedlungsdichte der Kleinringelwürmer und mittlere Reaktionszahl der Annelidenzöonose.

Abbildung 1 zeigt Ergebnisse von Erstaufnahmen der Annelidenzöonose auf 17 Waldmonitoringflächen in Nordrhein-Westfalen. Die mittlere Reaktionszahl als qualitative und die Gesamtabundanz der Kleinringelwürmer als quantitativer Summenparameter bilden einen zweidimensionalen Parameterraum. Die Standorte gruppieren sich auf der x-Achse, die die Artenzusammensetzung widerspiegelt, in zwei Cluster. Diese entsprechen den beiden Zersetzergesellschaftstypen *Stercuto-Lumbricetum* und *Achaeto-Cognettietum* (GRAEFE 1993). Auf der abiotischen Seite entsprechen sie zwei Humusformgruppen, den Mineralboden-Humusformen L-Mull bis F-Mull und den Auflage-Humusformen Moder bis Rohhumus. Betrachtet man nur die Ausgangsgesteine ergeben sich andere Gruppierungen. So gehören z.B. die BZE-Standorte 139, 149 und 160 Münster zum gleichen forstlichen Standortstyp Hainbuchen-Stieleichenwald auf mäßig wechselfeuchtem Moränenlehm. Der biologische Bodenzustand ist jedoch weit auseinandergedriftet. Dabei spielen Kipp-Prozesse eine besondere Rolle, die auf kleinem Raum ablaufen, weshalb auch verschiedene Zustandsformen nebeneinander auftreten können (vgl. GRAEFE 1994), die dann im Probenkollektiv zu einem Mittelwert verschmelzen. Auf diese Weise erklärt sich die mittlere Position von BZE 149 in der Reihung der drei Standorte auf der x-Achse des Ökogramms. Die stabileren Zustände, zu denen sich Standorte hinentwickeln, können als Attraktorbereiche aufgefaßt werden.

Im Bereich des *Achaeto-Cognettietum*, wo Regenwürmer nur eine untergeordnete Rolle spielen, ist die Siedlungsdichte der Kleinringelwürmer in gewisser Weise auch ein Maß für die Höhe der biologischen Aktivität. Rohhumus als biologisch wenig aktive Humusform müßte eigentlich einen geringeren Kleinringelwurmbesatz aufweisen. Das ist aber keineswegs immer so. Der Fichtenrohhumus bei Velmerstot erreicht sogar einen besonders hohen Wert. Diese heute allgemein verbreitete Diskrepanz steht offenbar in Zusammenhang mit Stickstoffeinträgen und engeren C/N-Verhältnissen, die nicht mehr streng an eine morphologische Humusform gekoppelt sind (GEHRMANN 1996).

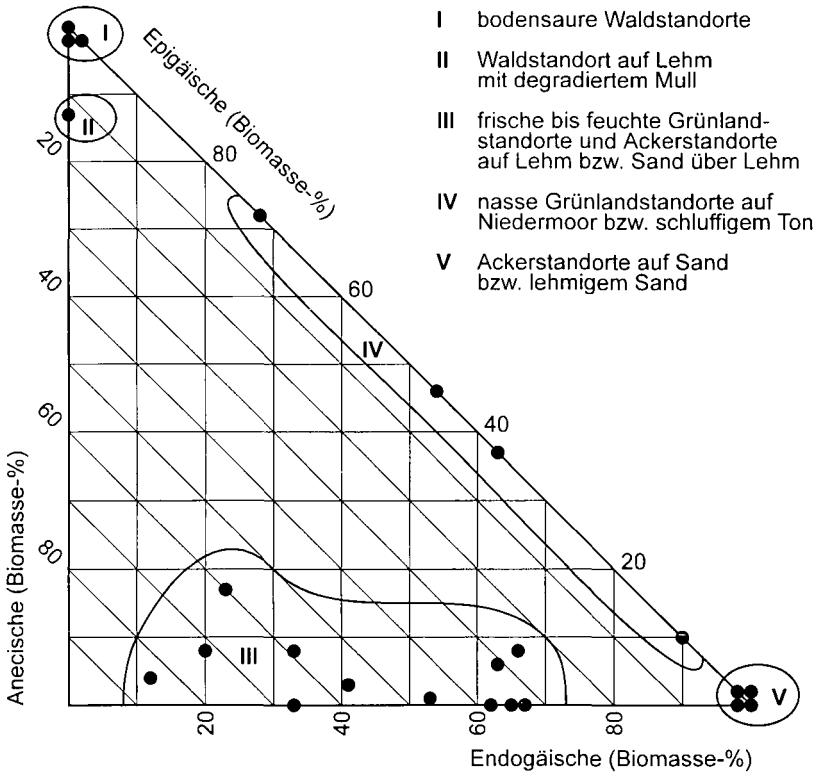


Abb. 2: Strategietypendiagramm der Regenwürmer auf Bodendauerbeobachtungsflächen in Schleswig-Holstein.

Wenn nicht zwei Parameter kombiniert werden, sondern nur Daten einer Tiergruppe zu betrachten sind, gibt es dennoch Möglichkeiten, biologische Zustände vergleichend darzustellen. Ein geeignetes Verfahren besteht darin, die Arten einer Tiergruppe in drei ökologisch relevante Untergruppen einzuordnen. Bei den Regenwürmern bietet sich die Einordnung in die drei Lebensformtypen an, die als *epigäische* (Bewohner der Auflage), *endogäische* (Bewohner des Mineralbodens) und *anecische* Lebensform (Tiefgräber) bezeichnet werden.

Abbildung 2 zeigt ein Dreiecksdiagramm, auf dem 24 Boden-Dauerbeobachtungsflächen in Schleswig-Holstein eingetragen sind. Die Position der Flächen wird von den prozentualen Anteilen der drei Lebensformtypen an der gesamten Regenwurmbiomasse bestimmt. An bodensauren Waldstandorten treten nur epigäische Arten auf. Diese Standorte besetzen die obere Ecke. Die Ackerstandorte auf sandigen Substraten werden ausschließlich von endogäischen Arten besiedelt. Sie befinden sich in der rechten unteren Ecke. Grünlandstandorte auf sandigen und lehmigen Substraten sowie auch Ackerstandorte auf Lehm haben außerdem einen mehr oder weniger großen Anteil anecischer und teilweise auch epigäischer Arten. Sie nehmen den mittleren Bereich unten ein. Auf der Achse zwischen epigäisch und endogäisch liegen die nassen Grünlandstandorte auf Niedermoor und einer auf schluffigem Ton. Ihnen fehlen die anecischen Arten, die wegen des zeitweise hohen Wasserstandes dort nicht leben können. Auch Sollzustände können dargestellt werden. Ein Waldstandort auf Lehm mit Mull als Humusform, sollte von epigäischen, endogäischen und anecischen Regenwürmern besiedelt sein. Die Position auf dem Diagramm läge dann nahe bei III. Der Abstand zwischen dem Istzustand bei II und dem Sollzustand bei III beschreibt das Ausmaß der degradativen Veränderung.

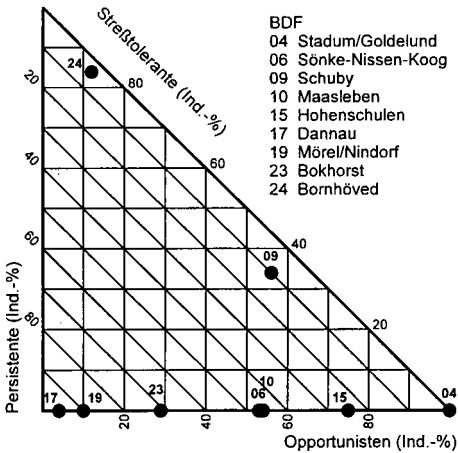


Abb. 3: Strategietypendiagramm der Kleinringelwürmer auf Bodendauerbeobachtungsflächen in Schleswig-Holstein unter Ackernutzung.

linken unteren Ecke des Diagramms am nächsten. Die Position von 04 Stadum/Goldelund in der rechten unteren Ecke resultiert aus der fast hundertprozentigen Besiedlung mit Opportunisten, was als Folge der Eutrophierung durch übermäßige organische Düngung angesehen werden kann, zumal auch die Abundanz der Kleinringelwürmer mit über 100.000 Tieren/m² für Ackerflächen extrem hoch liegt. Am weitesten nach oben rückt die Fläche 24 Bornhöved, auf der die Säure- und Mäßigssäurezeiger mit 84% dominieren. Die Versauerung dieser Fläche spiegelt sich auf der Wirkungsseite demnach sehr differenziert in der Bodenbiozönose wider.

Die Untersuchungen auf Waldmonitoringflächen in Nordrhein-Westfalen wurden im Auftrag der Landesanstalt für Ökologie (LÖBF) in Recklinghausen durchgeführt. Die Untersuchungen auf Boden-Dauerbeobachtungsflächen in Schleswig-Holstein erfolgten im Auftrag des Landesamts für Natur und Umwelt (LANU) in Flintbek.

Literatur

BEYLICH, A., FRÜND, H.-C., GRAEFE, U. (1995): Environmental monitoring of ecosystems and bioindication by means of decomposer communities. Newsletter on Enchytraeidae 4: 25-34.

GEHRMANN, J. (1996): BZE - Landesweite Bodenzustandserhebung in Nordrhein-Westfalen. Band I: Ergebnisse einer waldökologischen Stichprobeninventur. Landesanstalt für Ökologie, Bodenordnung und Forsten / Landesamt für Agrarordnung NRW, Recklinghausen.

GRAEFE, U. (1993): Die Gliederung von Zersetzergesellschaften für die standortsökologische Ansprache. Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch. 69: 95-98.

GRAEFE, U. (1994): Humusformengliederung aus bodenzoologischer Sicht. Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch. 74: 41-44.

GRAEFE, U. (1995): Gibt es bodentyp-spezifische Tiergesellschaften? Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch. 75: 11-14.

GRAEFE, U. (1997): Von der Spezies zum Ökosystem: der Bewertungsschritt bei der bodenbiologischen Diagnose. Abh. Ber. Naturkundemus. Görlitz 69, 2: 45-53.

MÜLLER, F., BRECKLING, B., BREDEMEIER, M., GRIMM, V., MALCHOW, H., NIELSEN, S.N., REICHÉ, E.W. (1997): Emergente Ökosystemeigenschaften. In: FRÄNZLE, O., F. MÜLLER & W. SCHRÖDER (Hrsg): Handbuch der Umweltwissenschaften, Kap. III-2.5. - Landsberg.

Kleinringelwürmer lassen sich ebenfalls verschiedenen Strategietypen zuordnen. Arten mit Reaktionszeigerzahlen unter 6 können als "Stress-tolerante" gegenüber Säurestress zusammengefaßt werden. Toleranzstrategien gegenüber anderen Stressoren bleiben dabei allerdings unberücksichtigt. Die Arten der Gattung *Enchytraeus* bilden die Gruppe der "Opportunisten" oder "r-Strategen". Sie vermehren sich besonders schnell z.B. nach einer organischen Düngung. Alle übrigen Arten werden bei den "Persistenten" oder "K-Strategen" eingereiht.

Abbildung 3 zeigt ein Dreiecksdiagramm, auf dem 9 unter Ackernutzung befindliche Bodendauerbeobachtungsflächen in Schleswig-Holstein eingetragen sind. Die Position der Flächen wird von den prozentualen Anteilen der Persistenten, Opportunisten und Säuretoleranten an der Gesamtabundanz der Kleinringelwürmer bestimmt. Die biologisch bewirtschaftete Fläche 17 Dannau kommt mit 96% Persistenten der