

ABHANDLUNGEN UND BERICHTE DES NATURKUNDEMUSEUMS GÖRLITZ

Band 52

Leipzig 1978

Nr. 11

Erschienen am 1. März 1979

Bodenzoologische Untersuchungen an rekultivierten Kippböden der Niederlausitz

Von WOLFRAM D U N G E R

Mit 18 Abbildungen

Synopsis

Studies on the Soil Fauna of Recultivated Tip Soils in the Niederlausitz

In the brown coal open cast mining district between Hoyerswerda – Senftenberg – Lübbenau (South East of the German Democratic Republic), the soil fauna of 22 plots of man-made tip soils were investigated. Objects of the study have been raw soils without recultivation as well as soils 1 up to 50 years recultivation by agriculture or afforestation respective. The results confirm the earlier conclusion that the progress of ecogenesis shows discrete stages. Due to the predominance of sandy material in the studied tip soils, the colonisation by and the decomposer activity of soil animals are distinctly slower and smaller compared with loess-holding dumps. (See also the Summary.)

1. Einleitung

Im Laufe des Jahres 1968 wurden an 7 Standorten auf Kippböden der Niederlausitz, die nach Rohbodenform, Rekultivierungsart und Rekultivierungsalter ausgewählt waren, orientierende bodenzoologische Untersuchungen vorgenommen. Die Ergebnisse werden nachfolgend summarisch dargestellt. Sie kennzeichnen den heutigen Stand unserer Kenntnis über die Entwicklung der Bodenfauna in Kippböden der Niederlausitz (DUNGER, 1969 a). Leider konnten diese von den Herren Dr. E. BRÜNING und Dr. H. SCHWABE (Finsterwalde) von der Meliorations- und Rekultivierungsseite her (BRÜNING, 1963, 1969; SCHWABE und BRIER, 1963; SCHWABE 1968, 1973 a und b) beratenen Untersuchungen nicht, wie ursprünglich geplant, über das Jahr 1969 hinaus fortgeführt werden. Eine Ergänzung erfuhren sie bis heute lediglich in methodischen Teilaspekten durch zwei Diplomarbeiten über die Charakterisierung der bodenbiologischen Aktivität mit Hilfe des Netzbeuteltestes (REHWALD, 1970) und über die Erfassung der Lumbriciden auf Kippenstandorten (LAMBRECHT, 1970). Über die Kippböden der Niederlausitz orientiert WÜNSCHE und Mitarbeiter (1972). Zum besseren Verständnis der allgemeinen Zielstellung derartiger Untersuchungen seien hier der Mitteilung der speziellen Befunde einige Grundsätze zur bodenbiologischen Beurteilung von Kippböden vorangestellt (DUNGER, 1968, 1974, 1975 a und b).

2. Einsatzmöglichkeiten der Bodenbiologie zur Beurteilung der Entwicklung von Kippböden

Der Rekultivierungsprozeß von Kippböden hat eine bedeutende bodenbiologische Komponente (BRÜNING, UNGER und DUNGER, 1965). Der nach Untersuchungen an aufgefórsteten Kippen und Halden bei Böhlen/Leipzig und Berzdorf/Görlitz konzipierte stadiale Verlauf der Entwicklung der Bodenzoozönose (DUNGER, 1968) hat sich in den vorliegenden Untersuchungen in der Niederlausitz ebenfalls als zutreffend und somit als wahrscheinlich gesetzmäßig erwiesen.

Zur Förderung des Rekultivierungsprozesses ist eine Steuerung der bodenbiologischen Prozesse notwendig. Dies setzt

1. die Charakterisierung des Zustandes,
2. die Definierung der für das jeweilige Bodennutzungssystem optimalen Dynamik und
3. die Entwicklung biologisch-technischer Maßnahmen zur aktiven Steuerung voraus.

2.1. Die bodenzoologische Standortcharakterisierung ermöglicht, Richtung und Stadium der biogenen Entwicklung eines Standortes zu definieren. Sie ist in dieser Hinsicht wegen ihres weiteren sachlichen Umfanges und ihres zeitlich und räumlich größeren Gültigkeitsbereiches den mikrobiologischen Methoden überlegen. Der hohe Arbeitsaufwand der bodenzoologischen Standortdiagnose, der sich aus der zeitaufwendigen Erfassung des Grundmaterials durch spezialisierte wissenschaftlich-technische Kräfte und der gleichfalls zeitaufwendigen Bearbeitung des Materials durch taxonomische Spezialisten ergibt, kann durch Anwendung einer abgestuften Arbeitsmethodik reduziert werden. Charakteristische Größen der Diagnose sind: Biomasse, Gesamt-Stoffwechsel (Kcal/m²); zoogener Anteil der Humusdynamik; Größe der zoogenen Bodenumlagerung; Aktivitätsrelationen der Faunenteile; soziologische Gliederung der Taxozönosen. Einige orientierende, der Überprüfung und Vervollkommnung bedürftige Daten zur pedozoologischen Charakteristik Niederlausitzer Kippböden werden hier dargelegt.

2.2. Definition des Zieles. Es gibt derzeit nur unzulängliche Vorstellungen über das Optimum der bodenbiologischen Dynamik konkreter Bodenbehandlungseinheiten und über deren ökonomische Bedeutung. Jede bodenbiologische Charakterisierung muß daher künftig durch Ertragsvergleich zur Einschätzung des bodenbiodynamischen Optimums beitragen. Langfristige Beobachtungen an der Entwicklung abiotisch (bes. hinsichtlich der Bodenform) differenter Kippstandorte erscheinen hierfür besonders geeignet. Spezielle Erfahrungen hierzu liegen aus dem Niederlausitzer Bergbauggebiet nicht vor, obwohl es beste Voraussetzungen zu solchen Untersuchungen bietet.

2.3. Wege der aktiven Steuerung. Als biologisch-technische Maßnahmen zur Steuerung der bodenbiologischen Entwicklung von Kippböden kommen in Betracht:

1. Steuerung der abiotischen Bedingungen nach Maßgabe der ökologischen Ansprüche der optimalen Organismengesellschaft. Einige Grundlagen hierzu liegen vor.

2. Ein direkter Eingriff in den Organismenbestand ist zur Erzielung einer Dauerwirkung nur bei bestehenden Besiedlungsschranken sinnvoll. Schwerpunkt ist die Lumbriciden-Inoculation. Hierzu konzipierte Arbeitsvorhaben in der Niederlausitz mußten aus arbeitstechnischen Gründen unausgeführt bleiben.

3. Spezielle Ergebnisse der Untersuchungen in der Niederlausitz

3.1. Standort Schlabendorf-Beuchow

Anbau von Feldfutter-Gemisch auf schwerem Kipplehm (Kippkalklehm) in der Anfangsstufe; landwirtschaftliche Rekultivierung.

Unterstandorte:

- Beu A Einjähriger Feldfutterbau; untersucht vor dem Auflaufen der Einsaat
Beu B Mehrjähriger Feldfutterbau; untersucht vor dem ersten Schnitt im dichten Bestand
Beu R Unbearbeiteter Kipp-Rohboden; untersucht in dichtem Bestand von Huf-lattich, Ackerschachtelhalm und Steinklee.

Der Standort befindet sich (1968) im zweiten Pionierstadium, ausgewiesen durch die hohe Collembolen-(Hypogastruriden-) Aktivität besonders auf freien Flächen (Beu R und A; Abb. 2 und 7). Hierauf deutet ebenfalls die relativ starke Besatzdichte mit Dipterenlarven bei Fehlen von Auflagehumus hin (Beu R; Abb. 1). Die Gesamt-Biomasse ist gering. Im Rohboden liegen günstige Entwicklungstendenzen von (Enchytraeiden; Abb. 1). Allerdings wirkt die Dichtlagerung, die teilweise durch die Bodenbearbeitung (Raddruck) verstärkt wird, als Hemmfaktor auf die Dynamik der Humiphagen. Lumbriciden fehlen vollständig entsprechend der Entwicklungsphase. Die zu vermutenden Potenzen des Standortes lassen jedoch eine experimentelle Besiedlung mit Lumbriciden zur schnelleren Stabilisierung der zoogenen Humusdynamik aussichtsreich erscheinen.

3.2. Standort Hindenberg

Anbau von Weizen auf Rückwärtskippe mit 75 cm Auftrag von lehmigem Kippsand (Kippkalksand); landwirtschaftliche Rekultivierung.

Unterstandorte:

- Hi A Weizenparzellen mit Bearbeitungstiefe 25 cm; untersucht im etwa 1 m hohen Bestand
Hi B Weizenparzellen mit Bearbeitungstiefe 50 cm; untersucht im etwa 1 m hohen Bestand
Hi R Unbearbeiteter lehmiger Kippsand-Rohboden, an bearbeitete Parzellen angrenzend; untersucht auf fast vegetationsfreien Flächen

Auch dieser Standort befindet sich (1968) pedozoologisch im zweiten Pionierstadium. Hierfür spricht die (infolge des geringen Raumwiderstandes auch in den Getreideparzellen überall deutliche) exzessive Oberflächenaktivität der Kleinarthropoden (Collembolen: Hypogastruridae; Milben: Acaridiae; Abb. 2).

Die im Ausgangsmaterial vorhandenen Entwicklungspotenzen sind, vorwiegend bedingt durch geringes Porenvolumen, wesentlich geringer als auf der Kippe Beuchow. Die anbaubiologischen Rekultivierungsmaßnahmen haben einen positiven Effekt auf die Aktivierung der Enchytraeidenfauna (Abb. 1), die hier die einzigen Träger der – absolut gesehen geringen – zoogenen Humusdynamik

sind. Durch die Bearbeitungstiefe bedingte Differenzen sind zunächst nicht zu sichern. In der Aktivität der Fauna der Bodenoberfläche lassen sich entsprechend der geringen mikroklimatischen Auswirkung der Halmfrucht keine quantitativen Unterschiede zwischen Rohboden und bearbeiteten Parzellen sichern. Lediglich für den Unterstandort Hi B mit Tiefenbearbeitung gibt das erhöhte Aktivitätsgewicht der Zoophagen (vor allem Carabidae, auch Staphylinidae und Araneae) Hinweise auf eine Verbesserung der Lebensbedingungen und/oder des Nahrungsangebotes für Räuber. Es bestehen jedoch scharfe qualitative Unterschiede: Der Sandohrwurm (*Labidura riparia* Pall.) tritt nur auf dem Rohboden auf und kennzeichnet diesen als Sanddünenstandort.

Die Entwicklung der bodenbiologischen Aktivierung scheint auf diesem Rohbodentyp mehr Zeit zu benötigen als auf Kipplehm. Der Versuch einer experimentellen Besiedlung (mit Lumbriciden) dürfte erst nach längerer Vorbereitung (3–5 Jahre) erfolgreich verlaufen.

3.3. Standort Heide

Mehrfähriger Feldfutteranbau auf tertiärem, lehmigem Kippkohlesand; landwirtschaftliche Rekultivierung.

Unterstandorte:

- Hei A Parzelle mit mehrjährigem Feldfutteranbau, Bearbeitungstiefe 25 cm; untersucht im Bestand: Mai bis Juni; nach dem Schnitt: Oktober bis November
- Hei R Unbehandelter Rohboden, an bearbeitete Parzellen und Kiefernkultur angrenzend; untersucht auf fast vegetationsloser Fläche

Dieser Standort befindet sich (1968) trotz höheren Rekultivierungsalters (etwa 8 Jahre) infolge der Eigenart des Rohbodentyps (Hemmfaktorenwirkung) in einem verzögerten zweiten Pionierstadium mit schärfster Differenzierung zwischen unbearbeiteter und Kulturvariante. Der positive Rekultivierungseffekt bezieht sich wiederum besonders auf die Erhöhung der Aktivität der Enchytraeiden als humusdynamisch wirksame Faktoren (Abb. 1). Die – absolut gesehen geringfügige – Erhöhung der Gesamtbiomasse gegenüber den Standorten Beuchow und Hindenberg (beste Varianten) beruht lediglich auf einer Förderung der Zoophagen (Räuber) und Phytophagen (Pflanzenfresser, meist Schädlinge). Die gleichen Verhältnisse lassen sich bereits quantitativ an der Fauna der Bodenoberfläche ablesen (Aktivitätsdichte und Aktivitätsgewicht der Zoophagen, Abb. 2). Qualitativ kann die Rohbodenvariante ebenfalls als Sanddüne gekennzeichnet werden (Auftreten von *Labidura riparia* Pall.), soweit der Auswertungsstand dies erkennen läßt.

Die hier zusätzlich geprüfte Besatzdichte an euedaphischen Kleinarthropoden ist mit insgesamt über 40 000 Individuen/m² bei Vorherrschen der humusdynamisch bedeutsamen Collembolen und Oribatiden (Abb. 5) als weitere positive Rekultivierungswirkung einzuschätzen. Der gleiche Wert beträgt für die Rohbodenvariante praktisch Null (in Abb. 5 nicht dargestellt). Die Gesamtverhältnisse lassen die Möglichkeit einer experimentellen Überführung der Kulturparzellen in das dritte Entwicklungsstadium ins Auge fassen. Der Standort war (und ist vielleicht noch heute) für Versuche auf diesem Gebiet besonders geeignet, weil die tertiäre Rohbodenkippe von sandiger Kiefernheide umgeben ist und damit eine natürliche aktive Besiedlung der entstehenden Kulturen ohne experimentelle Lumbriciden-Inculation wenig wahrscheinlich wird.

3.4. Standort Lugteich

Verschieden alte Forstkulturen auf Kippen aus schluffbrockigem Talsand.

Unterstandorte:

- Lu A Kieferschonung, 4- bis 5jährig, mit Zwischenanbau von Schwarzerle (zurücktretend und zurückgehalten)
- Lu C Kiefernstangenholz, 35jährig, Reinkultur (in Zeilenparzellen) mit sehr geringer Bodenvegetation
- Lu D Pappelpflanzung, 4- bis 5jährig, weitgestellt, Bodenvegetation nicht deckend

Beide 4- bis 5jährige Forstkulturen (Lu A, Lu D) zeigen (1968) recht gleichmäßig die Ausbildung eines in der Vitalität gemäßigten zweiten Pionierstadiums. Kennzeichnend sind wiederum hohe Oberflächenaktivitäten von Collenbolen (*Hypogastruriden*, Abb. 4) während der Sommermonate und eine geringe, von den Enchytraeiden beherrschte Gesamtbioasse der Makrofauna (Abb. 3).

Bemerkenswert ist für diese Tiergruppe die überraschende Ausweitung der Aktivität bis 20 cm Bodentiefe, die auf eine genügende Lüftung der oberen Schichten, aber auch auf ein geringes Wasserhaltevermögen hindeuten. Unterschiede der Kiefer- und Pappelpflanzung zeichnen sich in der erhöhten Oberflächenaktivität der Zoophagen (Lu D, Abb. 4) und einer schwachen Überlegenheit der Gesamtbioasse der Makrofauna in der Pappelpflanzung (Lu D, Abb. 3) ab. Diese Differenzierung ist jedoch, absolut betrachtet, sehr gering. Neben der in den Anfangsjahren stark bestimmenden Rohbodenwirkung ist dies als ausgleichende Auswirkung des Schwarzerlen-Unterbaues in der Kiefernplanzung anzusehen. Bei Vorhandensein einer Krautdecke, insbesondere unter Beteiligung von Leguminosen, wäre in diesem Stadium eine wesentliche höhere bodenzöologische Aktivität in beiden Kulturarten zu erwarten gewesen.

Eine mögliche Entwicklungsstufe der Kiefernplanzung auf gleichem Rohbodentyp stellt der Unterstandort Lu C mit Kiefernstangenholz dar. Hier liegt die Gesamtbioasse der Makrofauna auf dem gleichen niedrigen Niveau (Abb. 3). Eine Lumbricidenbesiedlung wird durch seltenes Auftreten ernährungsgestörter *Dendrobaena* sp. nur angedeutet. Die Oberflächenaktivität der Räuber ist nach dem Gewichtsanteil merklich erhöht (Abb. 4). Die im Laufe der 35jährigen Entwicklungszeit entstandene Rohhumuslage drückt sich bodenzöologisch im Ansteigen der Wohndichte der Oribatiden aus (Abb. 5). Im ganzen muß hier dem Entwicklungsalter entsprechend eine minimale pedozöologische Aktivität festgestellt werden.

3.5. Standort Nardt

Verschiedenartige, 35- bis 40jährige Forstkulturen auf Kippsanden.

Unterstandorte:

- Na A Mischbestand aus Hart-Laubböhlzern (vorwiegend Roteiche und Buche) mit Anteilen von Birke und Hainbuche auf pleistozän-tertiärem Kippsand
- Na B Kiefern-Bestand mit Unterwuchs von Spätblühender Traubenkirsche auf miozänem Kippsand; infolge hohen Feinsandanteils mit relativ stabilem Wasserhaushalt
- Na C Kiefern-Bestand mit Unterwuchs von Spätblühender Traubenkirsche auf Talsand; Substrateigenschaften etwas geringwertiger als in Standort Na A

In allen untersuchten Unterstandorten der Kippe Nardt hat die Bodenfauna einen vorläufigen (Zwischen-) Klimaxcharakter erreicht und zeigt eine mittlere Aktivität. Von der Rekultivierungsanlage her sind der Unterstandort Na A mit dem Standort Großräschen (beides Hartlaub-Gehölze) und die Unterstand-

orte B und C mit dem Standort Freienhufen (vorwiegend Kiefern-Forsten mit Anteilen von Weichlaub-Gehölzen) vergleichbar, übertreffen jedoch diese in jedem Fall weitaus hinsichtlich der zoogenen Dynamik (vgl. Biomassen der Makrofauna, Abb. 3).

Charakteristisch ist hier die Zusammensetzung der Lumbricidenfauna: Sie besteht am Unterstandort Na A aus der dominierenden (52 %) humusbewohnenden Form *Lumbricus rubellus* sowie den Humusbewohnern *Dendrobaena rubida rubida* (6 %) und *Dendrobaena octaedra* (3 %) und der humusdynamisch entscheidenden Mineralbodenform *Allolobophora caliginosa* mit nur 39 % der Biomasse. Die letztgenannte Art dominiert dagegen in den Kiefern-Beständen der Unterstandorte Na B mit 78 % und Na C mit 89 % der Lumbriciden-Biomasse (vgl. Tab. 1). Diese Differenzierungen wie auch die unterschiedlichen Anteile der Enchytraeiden und Dipterenlarven an der Makrofauna dieser Unterstandorte entsprechen einerseits der Verschiedenheit des Bestandesabfalles, andererseits der Rohbodenqualität (s. o.). Dennoch darf für alle 3 Unterstandorte einheitlich die ausgebildete Humusform als Lumbriciden-beeinflußter Arthropoden-Moder aufgefaßt werden. Der bodenbiologische Zustand kann hier nach den vorliegenden Ergebnissen als mit Rücksicht auf Nutzungsform und Rohbodentyp zufriedenstellend bezeichnet werden und läßt mäßig intensive, jedoch stabile Mineralisierungs- und Humifizierungsprozesse erwarten.

3.6. Standort Freienhufen

Kiefern-Bestand mit Beimengung von Pappel im Alter von 35 Jahren auf schluffbrockigem Beckensand. Kurzbezeichnung: Frei.

Der Standort zeigt eine Bodenfauna mit Zwischen-Klimax-Charakter entsprechend der Ausbildung des anthropogenen Kipp-Rankers. Die Gesamtbiomasse ist mäßig bis gering, unter schwacher Beteiligung von Lumbriciden und Überwiegen von Dipterenlarven (Abb. 3).

Die Lumbricidenfauna weist auf einen strengen Nadel-Rohhumustyp hin, da sie lediglich die Arten *Dendrobaena octaedra* (vorherrschend) und *Dendrobaena rubida rubida* (zurücktretend) umfaßt (Tab. 1). Mineralbodenformen fehlen. Durch hervortretenden Kieferanbau und Auswirkung des Rohbodentyps, vor allem aber infolge mangelnder Feuchtigkeit erscheint der Standort im Beginn der humusdynamisch inaktiven Entwicklungsreihe.

Die endogäische Mesofauna weist durch das Zurücktreten der Collembolen und die Dominanz von Oribatei auf eumyzetische Abbauvorgänge mit langanhaltender Fraßhemmwirkung in der Streu hin. Verglichen mit dem gleichalten Kiefern-Forst auf der Kippe Lugteich (Lu C) sind hier sowohl die Aktivitäts-Biomasse der Arthropoden der Bodenoberfläche (Abb. 4) als auch die Siedlungsdichte der Kleinarthropoden im Boden (Abb. 5) deutlich geringer. Dies stimmt mit dem bodenkundlichen Erwartungswert nicht überein.

Die Pappel-Beimengung hindert die starke Ausprägung eines verarmten Rohhumus-Standortes, ohne jedoch diesen Charakter ganz zu verändern.

3.7. Standort Großräschen

Mischbestockung aus Hartlaub-Hölzern (Eiche, Buche) im Alter von etwa 50 Jahren auf pliozänem Kippsand. Kurzbezeichnung: Gro.

An diesem Standort liegt eine deutliche Parallele der Bodenfauna zum Standort Freienhufen vor. Kennzeichnend ist auch hier der Feuchtigkeitsmangel. Der

Zwischen-Klimax-Charakter ist hier außerdem durch die Randlage des Bestandes zur Straße sekundär überprägt. Es liegt ebenfalls ein Kipp-Ranker mit Auflagehumus vor. Die Humusaufgabe wird hier wesentlich durch kohlenstoffhaltige Immissionen geprägt, dementsprechend besteht ein weites C : N-Verhältnis. Die wichtigsten bodenzologischen Unterschiede dieses Hartlaub-Rohhumustyps gegenüber dem Standort Freihufen liegen in der anderen Lumbricidenfauna (hier ausschließlich die Rohhumusform *Lumbricus rubellus*), in dem verminderten Anteil der Dipterenlarven (Abb. 3) und in der Verlagerung der Aktivität der Mesofauna in die obersten, schwach humos gefärbten Schichten des stark sandigen Mineralbodens. Dies gilt sowohl für die Enchytraeiden als auch für einen Teil der Kleinarthropoden. Lediglich die exzessiv entwickelten Oribatiden (Moosmilben) erfahren als vorwiegende Pilzfresser in den teilweise gut 10 cm starken Laub-Rohhumuslagen eine deutliche Förderung (Abb. 5). Die Oberflächenaktivität der Fauna unterscheidet sich quantitativ nicht wesentlich von der in Freihufen festgestellten (Abb. 4). Die Entwicklungsaussichten dürften den für Freihufen festgestellten entsprechen.

4. Diskussion

Diese Darstellungen verfolgen nicht das Ziel, irgendwelche regionale ökologische oder zoogeographische Besonderheiten für die Niederlausitz mitzuteilen. Das vorliegende Material ermöglicht jedoch einige Aussagen über Bedingungen der pedozootischen Charakterisierung von Kipp-Standorten, die hier noch in Kürze diskutiert seien.

Zur Charakterisierung des Rekultivierungszustandes landwirtschaftlich genutzter Kippböden gibt es bislang noch relativ wenige pedozootische Anhaltspunkte. Die Entwicklung der Makrofauna ist, wie auch ein Vergleich der hier geprüften landwirtschaftlich (Abb. 1) und forstlich (Abb. 3)

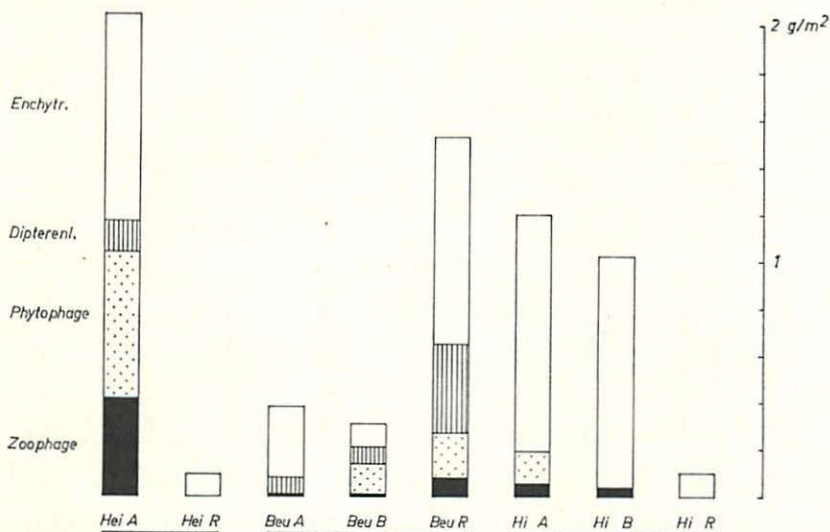


Abb. 1. Biomassen der Boden-Makrofauna und der Enchytraeiden auf landwirtschaftlich rekultivierten Kipp-Standorten, bezogen auf 1 m² Bodenoberfläche. Kennzeichnung der Standorte s. Text.

rekultivierten Standorte zeigt, um eine Zehnerpotenz (an der Biomasse gemessen) geringer als nach Aufforstung. Hierin drückt sich die „Jungerhaltung“ der Agrarökosysteme durch Bodenbearbeitungsmaßnahmen und die völlig veränderte Humusdynamik infolge der Ernte aus. Zur Kennzeichnung sind dagegen, wie sich besonders gut am Standort Heide mit längerer Entwicklungszeit abzeichnet, die Arthropodenfauna der Bodenoberfläche (Abb. 2) und des Bodeninneren (Abb. 5) geeignet. Die qualitative autökologische oder zöologische Charakterisierung spielt jedoch ganz allgemein in landwirtschaftlich genutzten Kippböden eine größere Rolle (vgl. Abb. 7) als in Kippenaufforstungen, die meist sehr typische Massenanteile einzelner Gruppen der Bodenfauna aufweisen.

Das Regulationsverhalten zwischen den hervorstechenden Lebensformtypen der Bodenfauna hat auch in diesem Material Bedeutung. So zeigen die im Alter und Habitus recht ähnlichen Standorte der Kippe Nardt mit Kiefer/Traubeneiche-Bestand (Na B und Na C, Abb. 3) gewissermaßen einen Rollenwechsel zwischen Enchytraeiden und Dipterenlarven. Dessen Ursachen können zunächst in Substrateigenschaften gesucht werden. So liegt im Standort Na B der pH-Wert des Kippsubstrates niedrig (3,3), aber der Wasserhaushalt ist infolge des höheren Feinsandgehaltes günstiger; im Standort Na C finden sich inverse Bedingungen (SCHWABE, briefl.). Hieraus ergibt sich eine Verlagerung der ökologi-

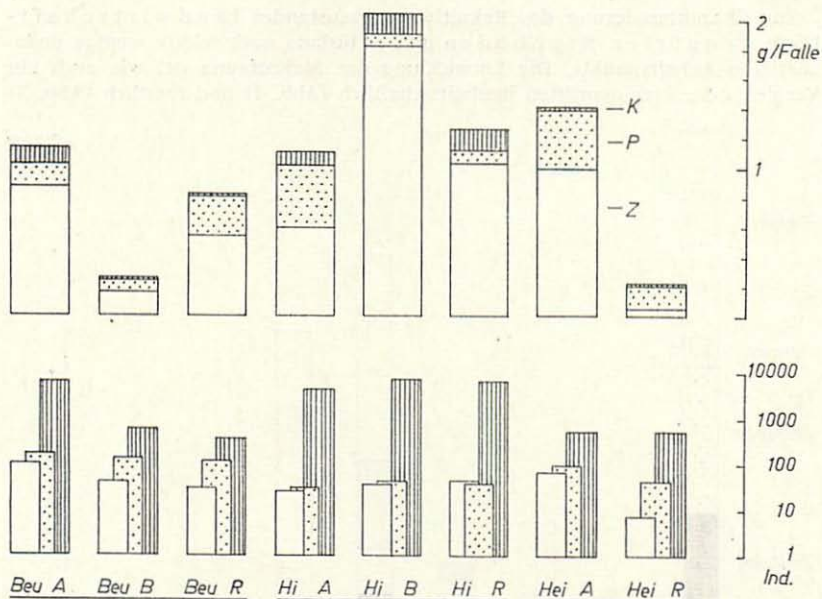


Abb. 2. Aktivitätsgewichte (oben) und Aktivitätsdichte (unten) der Fauna der Bodenoberfläche auf landwirtschaftlich rekultivierten Kipp-Standorten, bezogen auf Durchschnittswerte je Fallenfängerperiode (28. 5. bis 13. 6. 1968).

weiß: Zoophage (Z), punktiert: Phytophage (P), gestreift: Kleinarthropoden (K).

schen Konkurrenzbedingungen. Zusätzlich sind sicher auch die Nahrungskonkurrenz und vielleicht noch weitere synökologische Faktoren als Auslöser des Rollenwechsels zu berücksichtigen. In ähnlicher Weise kann ein Zusammenhang zwischen der erhöhten Biomasse der Lumbriciden in Na C mit der dort verminderten Besiedlungsdichte durch Kleinarthropoden (Abb. 6) bestehen, wie dies bereits mehrfach konstatiert werden konnte (DUNGER, 1968). Hieraus ergibt sich, daß es unmöglich ist, auf der quantitativen Basis durch Untersuchung nur einer ausgewählten Gruppe der Bodenfauna (etwa der Regenwürmer, der Enchytraeiden oder der Kleinarthropoden) die Entwicklung des Rekultivierungszustandes mehrerer Standorte vergleichend einzuschätzen. Die wenigstens orientierende Erfassung der jeweils dominierenden Gruppen ist unabdingbar, was allerdings zu der Konsequenz eines relativ hohen Arbeitsaufwandes führt.

In diesem Zusammenhang interessiert auch die Frage der *S a i s o n - A s p e k t e*. Ihr kommt bei der flächen- oder volumenbezogenen Erfassung von Arten mit mehrjähriger Lebensdauer die geringste, bei der Aktivitätsmessung mono- oder plurivoltiner Arten die höchste Bedeutung zu. In Abb. 6 wird veranschaulicht, wie sich dieser Saison-Effekt auf Fallenfangergebnisse im Juni bzw. Oktober am Beispiel der drei auf der Kippe Nardt untersuchten Standorte auswirkt. Am hervorstechendsten ist die Verminderung der Aktivitätsgewichte im Herbst,

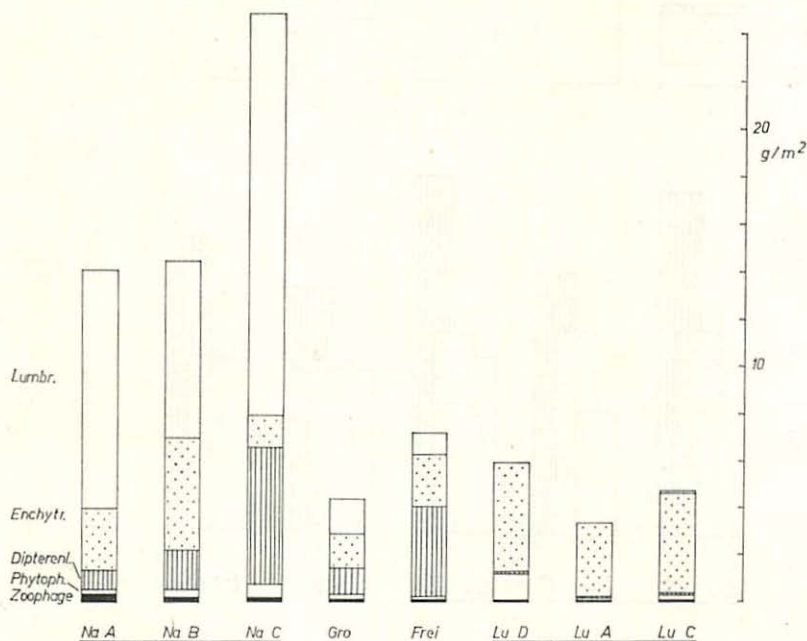


Abb. 3. Biomassen der Boden-Makrofauna und der Enchytraeiden auf forstlich rekultivierten Kipp-Standorten, bezogen auf 1 m² Bodenoberfläche. Kennzeichnung der Standorte s. Text.

die jedoch durchaus ungleichmäßig verläuft. Sie beträgt im Laubwald Na A 25 %, in den beiden Kiefern-Mischbeständen dagegen 18 % (Na B) bzw. 85 % (Na C). Die relativen Anteile der Zoophagen nehmen im Laubwald zu, in den Kiefernbeständen dagegen ab. Der Anteil der Kleinarthropoden an der Aktivitätsdichte (Individuenzahl) verringert sich allgemein im Oktober, besonders

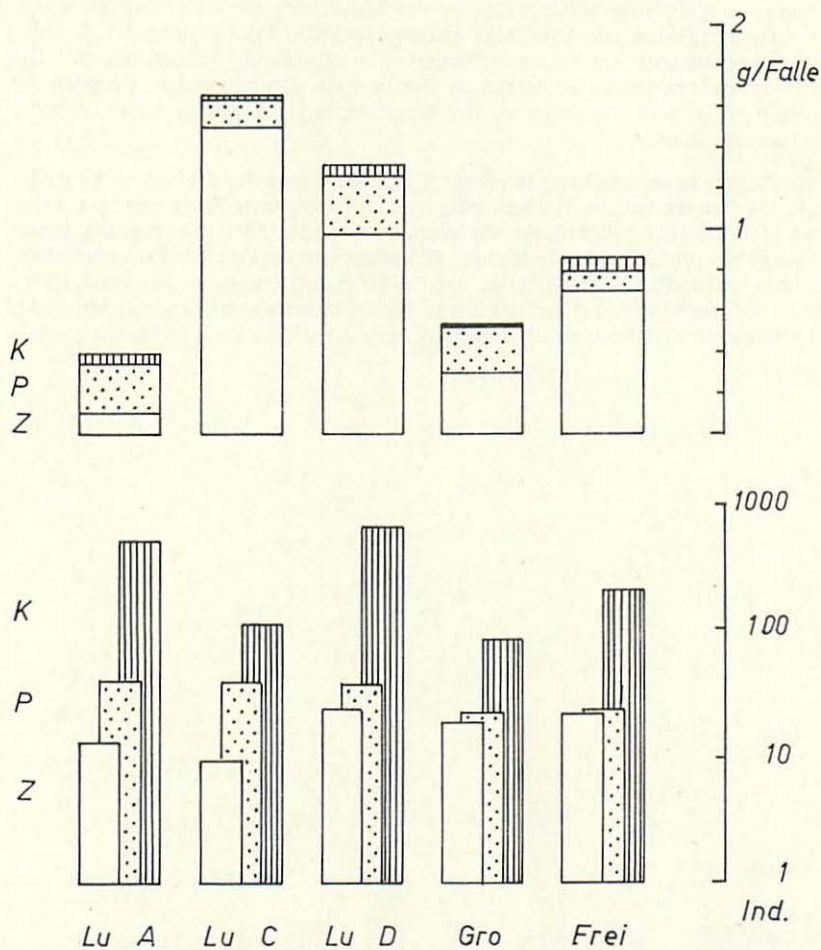


Abb. 4. Aktivitätsgewichte (oben) und Aktivitätsdichte (unten) der Fauna der Bodenoberfläche auf forstlich rekultivierten Kipp-Standorten, bezogen auf Durchschnittswerte je Fallenfangperiode (28. 5. bis 11. 6. 1968). weiß: Zoophage (Z), punktiert: Phytophage (P), gestreift: Kleinarthropoden (K).

drastisch aber am Standort Na C. Die zugrunde liegenden Veränderungen der ökofaunistischen und aktivitätsbestimmenden Situation können hier nicht analysiert werden. Die am Beispiel der Kippe Nardt demonstrierten Erfahrungen führen jedoch zu der methodischen Schlußfolgerung, daß die ausschließlich quantitative Auswertung von Fallenmaterial auch bei kontemporären Fängen nicht zu den eingangs geforderten definitiven Parametern der zootischen Charakteristik führen kann.

Die qualitative Analyse von Fallenmaterial führt im allgemeinen zu Ergebnissen mit höherer Aussagekraft. Dies mag für Kippböden der Niederlausitz an einer Darstellung der Aktivitätsdominanzen und der aktivitätsbezogenen Mannigfaltigkeit der Collembolen demonstriert werden (Abb. 7). Für Kipp-Rohböden wurden hier im wesentlichen zwei Typen der Besiedlung erfaßt: Auf Kippelshen und -sanden dominieren meist *Hypogastrura assimilis* und *Isotoma viridis*, auf tertiärem Kipp-Kohlesand (Heide) *Entomobrya multilasciata* und *Bourletiella hortensis*. Weiter zeigt sich, daß kurzfristige landwirtschaftliche Kultivierung (2 bis 3 Jahre) keine Ablösung dieser Dominanten bewirkt. Ein längerer Feldfutteranbau fördert das Aufkommen von Arten, die sich nach forstlicher Kultivierung bereits recht schnell einstellen (*Brachysto-*

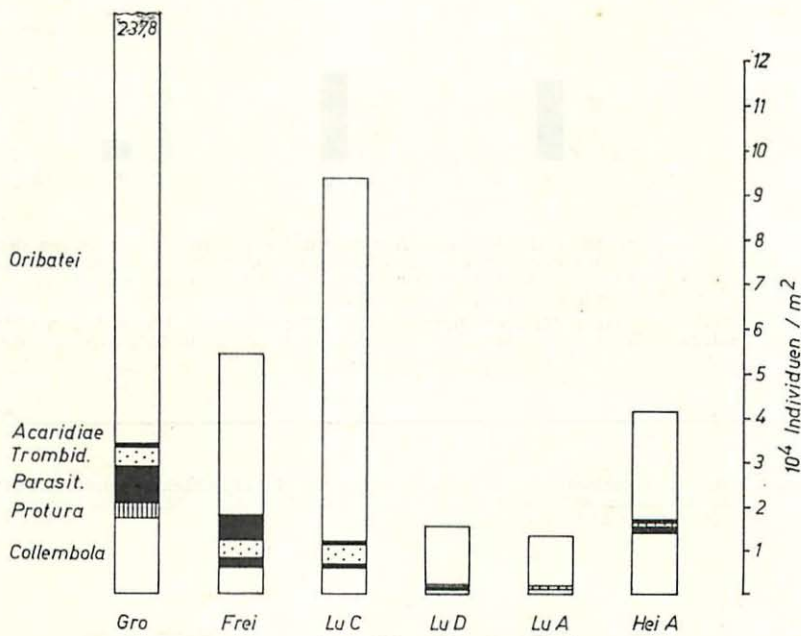


Abb. 5. Besiedlungsdichte der edaphischen Mesofauna (Kleinarthropoden) auf forstlich und landwirtschaftlich rekultivierten Kipp-Standorten: nach Berlese-Proben, bezogen auf 1 m² Bodenoberfläche.

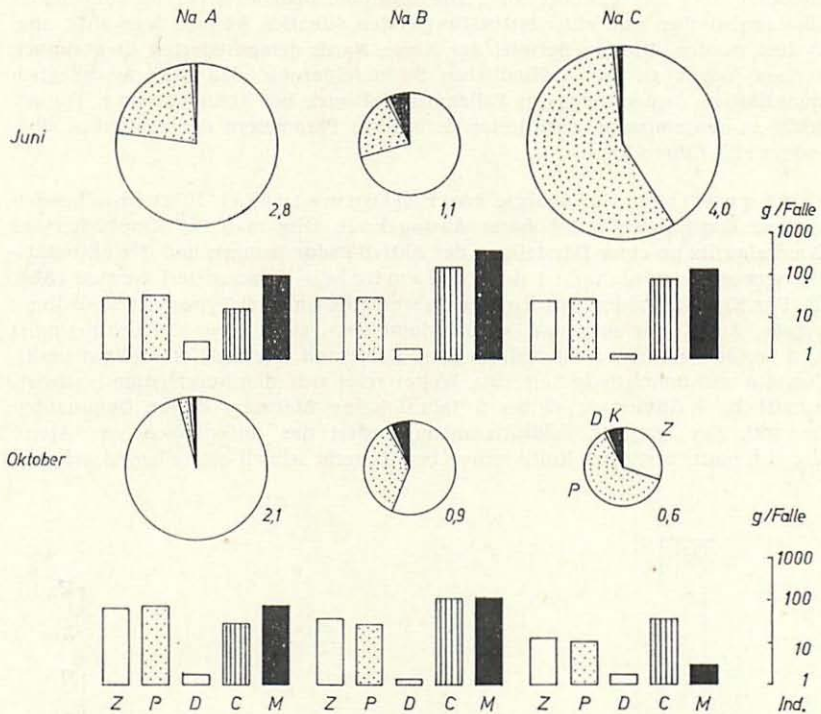
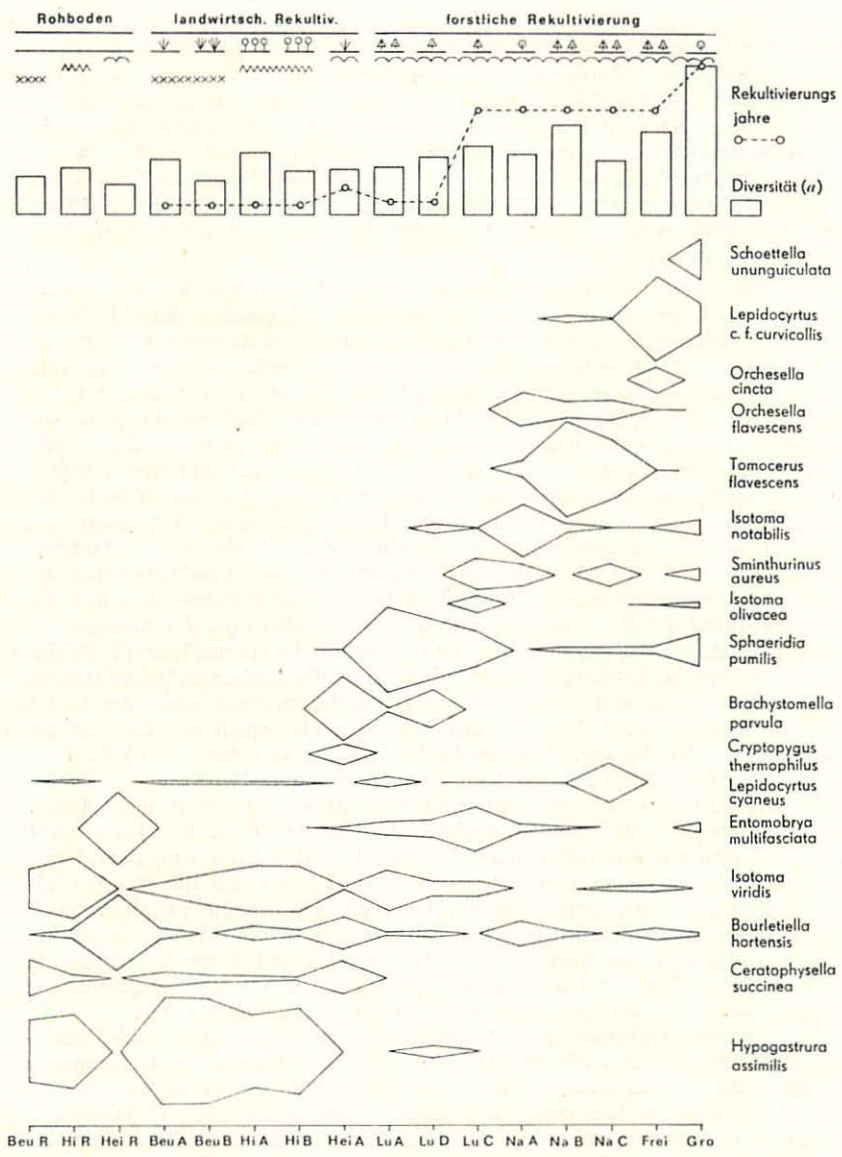


Abb. 6. Aktivitätsgewichte (Kreise) und Aktivitätsdichten (Säulen) der Fauna der Bodenoberfläche der forstlich rekultivierten Standorte der Kippe Nardt, bezogen auf durchschnittliche Ergebnisse der Fallenfangperioden 28. 5. bis 11. 6. 1968 (oben) und 14. bis 28. 10. 1968 (unten).

weiß: Zoophagen (Z) bzw. Dipterenlarven (D); punktiert: Phytophagen (P); schwarz: Kleinarthropoden (K), in den Säulen aufgeteilt in gestreift: Collembolen (C) und schwarz: Milben (M).

Abb. 7. Aktivitätsdominanzen und aktivitätsbezogene Mannigfaltigkeit (alpha-Index) der edaphisch aktiven Collembolen auf Kipp-Böden der Niederlausitz (reze-dente Arten nicht dargestellt).





mella parvula, *Sphaeridia pumilis*). In älteren Forstkulturen dominiert dagegen ein völlig anderes Artenspektrum, wofür in der optimalen Ausprägung *Tomocerus flavescens* und *Orchesella flavescens* außerordentlich typisch sind (Nardt). Schließlich lassen sich Forststandorte mit beginnender Aushagerung, ungünstiger Humusdynamik und starker Sommertrocknis durch die Dominanten *Schoettella ununguiculata*, *Orchesella cincta* und offensichtlich auch *Lepidocyrtus* cf. *curvicolis* (eine taxonomisch und damit auch autoökologisch ungenügend geklärte Art) kennzeichnen. Die eben gegebene Wertung harmoniert jedoch nicht mit der Artenmannigfaltigkeit, die sich aus diesen Fallenfängen ergibt. Hieraus muß der Schluß gezogen werden, daß auch dieser Wert („Diversität“) nicht zur absoluten Kennzeichnung der Entwicklungsstufe eines Faunenteils herangezogen werden kann.

Für den Entwicklungszustand aufgeforsteter Kippflächen ist der Besiedlungsgrad mit Regenwürmern (Lumbriciden) besonders charakteristisch (DUNGER, 1969 b). Erwartungsgemäß waren alle in der Niederlausitz geprüfte Rohböden und landwirtschaftlich rekultivierte Kippböden – auch noch nach 8 Anbaujahren – regenwurmfrei. Dies gilt ebenso für aufgeforstete Kippflächen in den ersten Jahren (geprüft bis 4 Jahre) nach Kultivierung. Über die vorgefundenen Besiedlungsverhältnisse in 30- bis 40jährigen Forstkulturen gibt Tab. 1 Auskunft. Es darf vorausgesetzt werden, daß für den hier erfaßten Besiedlungszustand nicht Ausbreitungshemmnisse (die für den Beginn der Regenwurmvermehrung an isolierten Standorten von hoher Bedeutung sein können), sondern aktuell erfassbare biotische und abiotische Standortfaktoren entscheidend sind. Die Übersicht zeigt zunächst, daß der Feuchtehaushalt des Standortes den wichtigsten Schlüsselfaktor für die Lumbricidenansiedlung bildet. LAMBRECHT (1970) fand dies auch bei dem Vergleich mit der Korngrößenzusammensetzung der Kippböden bestätigt. Die für die Humusdynamik infolge ihrer Durchmischungstätigkeit wesentlichen Mineralbodenformen *Allolobophora caliginosa*, *A. rosea* und *Lumbricus terrestris* treten nur auf, wenn der Boden eine hinreichende Bindigkeit aufweist. Erst sekundär spielt die Qualität des Bestandesabfalles die weiterhin entscheidende Rolle. Von den 11 in Tab. 1 zusammengestellten Forstkulturen kann nur der Standort IV (Traubeneichenbestand mit reichem Unterwuchs auf frischem, bindigem Material) zum „Regenwurmtyp“ der Humusdynamik gerechnet werden. Daß diese Besiedlungsstufe trotz des geringen pH-Wertes (3,5–4,0) erreicht wird, weist erneut darauf hin, daß oberhalb des Schwellenwertes von pH = 3,0 bis 3,5 die Feuchte als Schlüsselfaktor wirkt. Unter den übrigen Kulturen hat die Streuzersetzung mehr oder weniger deutlich den Typ der larvenreichen Waldböden angenommen, wie die geringen Biomassen der Lumbriciden und deren Prozentanteile an der Biomasse der Makrofauna zwischen $\frac{1}{3}$ und maximal $\frac{3}{4}$ anzeigen. Die zootisch günstigste der hier geprüften Standortvarianten (Standort IV) stellt jedoch noch kein Optimum des auf Kippflächen Erreichbaren dar. Nach Verkippen stark löfshaltigen Deckgebirgsmaterials war im Bereich der Kohlengrube Berzdorf bei Görlitz unter Pappel-Schwarzerle-Robinien-Mischbestand bereits nach der Hälfte der hier geprüften Rekultivierungszeit (10 bis 12 Jahre) das Doppelte an Lumbricidenbiomasse (40 g/m²) vorhanden (DUNGER, 1968). Im Sinn der eingangs erwähnten Zieldefinition kann jedoch der Standort IV unter Berücksichtigung der Kulturholzart (Traubeneiche) als bodenbiologisch gut entwickelt eingeschätzt werden.

Tab. 1. Regenwurm-Besiedlung Niederlausitzer Kipp-Böden nach 30- bis 40jähriger Forstkultur
(Kombiniert nach DUNGER, 1969, und LAMBRECHT, 1970)

Standort	Humus	Feuchte	D. oc.	D. rub.	D. sub.	A. cal.	A. ros.	L. rub.	L. terr.	Summe
Lu C Rn	t		0,03	—	—	—	—	—	—	0,03 g/m ²
			100							0,6 ‰
II Rh	t		0,02	0,13	—	—	—	—	—	0,17 g/m ²
			12	76						33 ‰
Frei Rn	t		0,76	0,38	—	—	—	—	—	1,14 g/m ²
			66	34						16 ‰
Gro Rh	t		—	—	—	—	—	1,53	—	1,53 g/m ²
								100		35 ‰
III Rn	tf		0,08	—	—	—	—	0,80	1,00	1,89 g/m ²
			4					42	53	89 ‰
I MOhw	tf		—	0,02	—	0,74	0,14	1,89	—	2,79 g/m ²
				1		26	5	66		78 ‰
V MOhw	ft		1,06	—	0,15	—	4,68	—	—	5,89 g/m ²
			18		3		79			69 ‰
Na B MONw	ft		0,70	0,21	—	5,72	—	0,75	—	7,43 g/m ²
			9	3		78		10		51 ‰
Na A MOhw	ft		0,30	0,64	—	3,96	—	5,28	—	10,18 g/m ²
			3	6		39		52		71 ‰
Na C MONw	ft		0,91	0,94	—	15,06	—	—	—	16,91 g/m ²
			5	6		89				68 ‰
IV MUhw	f		0,02	—	—	11,23	1,71	2,67	5,42	21,55 g/m ²
			1			53	8	13	25	93 ‰

Standorte: I bis V: 30- bis 40jährige Forstkulturen auf Kippstandorten des Forstreviers Großbräsen (nach LAMBRECHT, 1970)

Humuskennzeichnung: R - Rohhumus, MO - Moder, MU - mullartiger Humus.

Vorherrschende Gehölzarten: n - Nadelhölzer, h - Hartlaub-Gehölze, w - Weichlaub-Gehölze.

Feuchtestufen: t - trocken, tf - trocken bis frisch, ft - frisch bis trocken, f - frisch.
Regenwurmarten: *Dendrobaena octaedra*, *D. rubida*, *D. subrubicunda*, *Allolobophora caliginosa*, *A. rosea*, *Lumbricus rubellus*, *L. terrestris*.

Prozentzahlen: Anteile der Arten an der Biomasse der Lumbriciden.

Unter „Summe“: Anteil der Lumbriciden-Biomasse an der Biomasse der Makrofauna.

Aus den bislang besprochenen Erhebungen über Besiedlungsdichte und Biomasse der Bodenfauna lassen sich unter Zuhilfenahme autökologischer und physiologischer Daten quantitativ eingrenzbarer Schätzungen der Zersetzungseistung der Bodenfauna ableiten. Die für die Niederlausitz vorliegenden Untersuchungen zielten im wesentlichen auf eine vergleichende Orientierung und rechtfertigen eine solche Auswertungsform nicht hinreichend. Eine Möglichkeit, die Zersetzungseistung der Bodenfauna unmittelbar zu messen, bietet der Netzbeuteltest. Geprüft wird hierbei die Schwundrate von nach Größe, Herkunft, Alter und Baumart bekannten Blattstücken, die in definierte Bodentiefen für bestimmte Zeit (z. B. vier Wochen) eingegraben werden. Da Gewichtsverluste auch durch Auslaugung und mikrobielle Zersetzung erfolgen, ist der Schwund der Blattoberfläche das sicherste Maß, das natürlich einer statistischen Prüfung bedarf. Den Einfluß der Makrofauna kann man dadurch von demjenigen der Mesofauna (Kleinarthropoden) trennen, daß die Blattstücke ein-

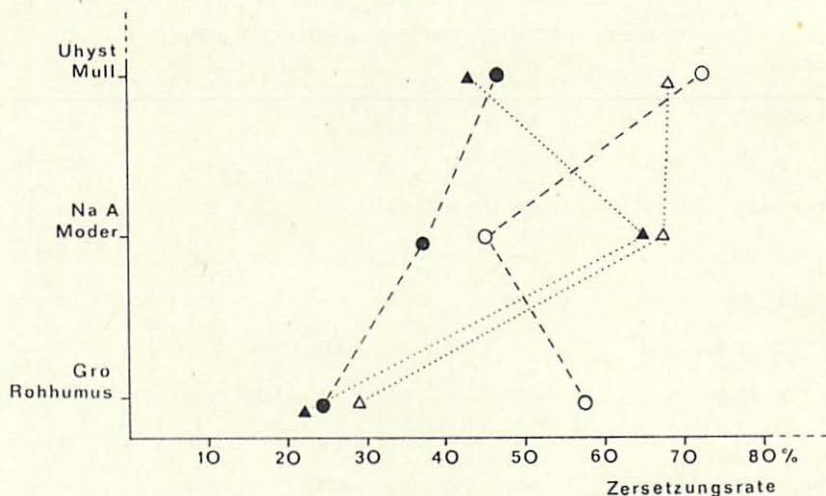


Abb. 8. Abbauraten von Schwarzerlenblättern nach dem Netzbeuteltest in den Prüftiefen 2 cm (Kreise) und 10 cm (Dreiecke) in Klipp-Standorten (nach Werten von REHWALD, 1970).

Netzbeutel mit 9 mm² Maschenweite sind durch offene Kreise bzw. Dreiecke, solche mit 1 mm² Weite durch geschlossene Zeichen markiert.

mal in PVC-Gazebeutel mit 9 mm² Maschenweite, zum anderen in solche mit nur 1 mm² Maschenweite eingeschlossen werden. Letztere ist nur für Arten der Mesofauna durchlässig. Derartige Untersuchungen führte REHWALD (1970) an drei Forststandorten der Niederlausitz aus, von denen Großräschen (Hartlaub-Rohhumus) und Nardt A (Mischlaub-Moderhumus) vorstehend besprochen wurden, während für Uhyst (Weichlaub-Mullhumus auf dem Gelände der ehemaligen Lehmgrube Mönau) keine näheren bodenzoologischen Prüfungen vorliegen.

In Abb. 8 sind die auf die leicht abbaubare Blattart Schwarzerle bezogenen Ergebnisse dargestellt. Im allgemeinen zeigt sich im Rohhumus die geringste, im Mullhumus die höchste Schwundrate. Eine konstante und deutliche Differenzierung der Anteile der Makrofauna und der Mesofauna prägt sich jedoch nur in Mullhumus aus. Von diesem wird somit ein „Regenwurmtyp“ der Zersetzung wahrscheinlich, während sich die Standorte Nardt und Großräschen, wie bereits anderweit festgestellt, als „regenwurmschwach“ erweisen. Interessant ist aber, daß sich bei näherer Betrachtung der Werte deutliche Unterschiede der Zersetzungs horizonte erkennen lassen. Im Rohhumus (Großräschen) ist die in der oberen Streuschicht lebende Population von *Lumbricus rubellus* in der Lage, dort anfallende leicht verdauliche Nahrung schnell umzusetzen, alle anderen Teile der saprophagen Bodenfauna haben nur eine geringe Kapazität. Im Moderhumus des Standortes Nardt A ist dagegen die Leistungsfähigkeit einer offenbar breiten Palette saprophager Arten in der geschützten Humusschicht unter der Moderauflage beachtlich hoch. Im Mullhumus kann schließlich erwartet

werden, daß die in beiden Prüftiefen ausgeglichene Zersetzungsleistung der Makrofauna (besonders Regenwürmer) auf das Zusammenwirken verschieden horizontgebundener Lebensformen der Regenwürmer zurückzuführen ist. Ihre Aktivität drängt – wahrscheinlich auf dem Wege der Nahrungskonkurrenz – die Leistung der Mesofauna im Gesamtbereich des A-Horizontes zurück.

5. Zusammenfassung

Für 22 Kipp-Standorte der Niederlausitz werden Kurzcharakteristiken des pedozootischen Zustandes vergleichend ausgewertet. Die geprüften Standorte stellen Entwicklungsbeispiele vom Kipp-Rohboden bis zur 50jährigen Rekultivierungsstufe sowie Varianten landwirtschaftlicher und forstwirtschaftlicher Nutzung dar. Die Ergebnisse lassen sich in die Konzeption der stadialen Entwicklung der Bodenfauna im Zuge der Wiederbesiedlung von Kipp-Böden und deren Rolle für die Ökogenese der Standorte, insbesondere bei Forstnutzung, gut einfügen. Das allgemeine Vorherrschen von Sanden im Niederlausitzer Deckgebirge spiegelt sich erwartungsgemäß in einer langsameren und auf einem tieferen Niveau verharrenden Ausbildung der saprophagen Bodenfauna und damit der zoogenen Zersetzungsleistung wider, als dies unter günstigeren Bedingungen (z. B. bei lößreichem Deckgebirge) zu beobachten ist.

Die Untersuchungen führten zu den folgenden methodischen Ergebnissen. Zur pedozootischen Charakterisierung landwirtschaftlich genutzter Böden eignen sich qualitative Parameter der Bodenarthropoden. Zwischen Tiergruppen mit ähnlichen Ernährungsformen kann durch Konkurrenz ein Rollenwechsel ausgelöst werden. Als Grundlage für die Wahl der diagnostisch bedeutsamen Tiergruppe und für deren Bewertung im Ökosystem ist eine Orientierung über die Dominanzverhältnisse erforderlich. Die Aktivität epedaphischer Arten ist in unterschiedlichem Grad vom Saisonaspekt abhängig. Auch kontemporär gefangenes Fallenmaterial ergibt daher nur bei qualitativer Auswertung (auf der Artenbasis) sinnvoll vergleichbare Angaben.

Die Aktivitätsdominanz von Collembolen-Arten indiziert wichtige Merkmale der Entwicklungstendenz der geprüften Kipp-Böden. Substratform, Feuchtehaushalt und Humusqualität spiegeln sich in der Besiedlung der Kipp-Böden durch Lumbriciden wider. Über die primäre Zersetzungsleistung der Bodenmakro- und Bodenmesofauna orientiert der Netzbeuteltest. Die Bodenzoologie verfügt über differenzierte und praktisch handhabbare Methoden zur biologischen Beurteilung des Rekultivierungseffektes und der ökogenetischen Entwicklungsgrade von Kippstandorten.

Summary

From the methodical viewpoint of pedozoology the results may be summarized as follows: In order to characterize man-made tip soils under agricultural recultivation qualitative (autecological, zoocenological) parameters of soil arthropods are to be preferred. Due to concurrence factors, interchanges of the role in the ecosystem take place between soil animal groups of similar nutritive life form. Therefore, it is often misleading to compare parameters of

only one group without elaborating a survey over the most important dominant groups. Further it is meaningful to calculate the seasonal aspect when estimating the activity of epedaphic species. Samples from pitfall traps, even if taken contemporarily, should always be studied on the species level. The activity dominance of the epedaphic collembola is shown as an indicator of essential features of ecogenetical trends. In a similar way the colonisation of tip soils by lumbricids is connected with the substrat typ, the soil water regime and the humus quality. The net-bag-test provides information about primary decomposition caused by the soil fauna. The pedozoology disposes of methods suitable for a meaningful estimating of recultivation effect and ecogenetical development of tip soils reclaimed from brown coal open cast mining.

6. Literatur

- BRÜNING, E. (1963): Ein Beitrag zur Frage der Gebietsentwicklungsplanung in Braunkohlenabbauereichen der Niederlausitz. — Wiss.-techn. Informationen für das Meliorationswesen, 1, 1963: 18–32.
- (1969): Untersuchungen an landwirtschaftlich rekultivierbaren (Kipp-)Rohbodenformen des Niederlausitzer Braunkohlenreviers zu den Voraussetzungen der Inkulturnahme und Ertragsfähigkeit. — Habil.-Schrift Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, 1969.
- BRÜNING, E., H. UNGER und W. DUNGER (1965): Untersuchungen zur Frage der biologischen Aktivierung altertärer Rohbodenkippen des Braunkohlentagebaues in Abhängigkeit von Bodenmelioration und Rekultivierung. — Z. Landeskultur 6, 1: 9–38.
- DUNGER, W. (1968): Die Entwicklung der Bodenfauna auf rekultivierten Kippen und Halden des Braunkohlentagebaues. Ein Beitrag der pedozoologischen Standortdiagnose. — Abh. Ber. Naturkundemuseum Görlitz 43, 2, 256 S.
- (1969 a): Bodenzoologische Standort-Charakterisierung unter besonderer Berücksichtigung von durch Bergbau und Industrie veränderten Böden. — Forschungsbericht (Görlitz), SKM/AdL, Berlin, 28 + 16 S.
- (1969 b): Fragen der natürlichen und experimentellen Besiedlung kulturfeindlicher Böden durch Lumbriciden. — Pedobiologia 9: 146–151.
- (1974): Anthropogene Ökogenesen als pedozoologische Untersuchungsobjekte. — Transact. 10th Internat. Congr. Soil Science, Moskau, 1974, III: 87–92.
- (1975 a): On the delimitation of soil microarthropod coenoses in time and space. — In: VANEK, Progress in Soil Zoology, Proc. 5th Coll. Soil Zoology Praha 1973, Academia Praha, 1975: 43–49.
- (1975 b): Sukzession von Pflanzen- und Tiergemeinschaften auf bergbaulich genutzten Flächen. — Mitt. Sek. Schulbiologie Biol. Ges. Berlin, 1975, Heft 16: 25–32.
- LAMBRECHT, P. (1970): Ein Beitrag zur Kenntnis der Makrofauna auf rekultivierten Kippen und Halden des Braunkohlenbergbaues der Niederlausitz unter besonderer Berücksichtigung der Lumbriciden. — Diplomarbeit (Görlitz) PH Potsdam, 64 S.
- REHWALD, R. (1970): Versuche zur Anwendung des Netzbeuteltestes mit Blattmaterial zur Charakterisierung der bodenbiologischen Aktivität von Standorten mit Roh-, Moder- und Mullhumus. — Diplomarbeit (Görlitz) PH Potsdam, 46 + 17 S.
- SCHWABE, H. und E. BRIER (1963): Zu Fragen der forstlichen Rekultivierung im Kohleabbaugebiet der Niederlausitz. — Wiss.-techn. Informationen für das Meliorationswesen, 1, 1963: 48–58.
- SCHWABE, H. (1968): Über die Anwendung des Zellulosetestes auf forstlich genutzten Kippen und Halden in der Niederlausitz. — In: Mineralisation der Zellulose, Tagungsbericht 98 der Akademie der Landwirtschaftswissenschaften der DDR, S. 219–224.
- (1973 a): Zur Humusbildung auf forstlich genutzten Kippen und Halden in der Niederlausitz. — V. Symposium Wiedernutzbarmachung durch Industrie devastierter Territorien, Burgas; Sofia 1973: 230–237 (russ.).
- (1973 b): Rekultivierung von Kippen des Braunkohlenbergbaues. — In: THOMAS, H., Wald, Landeskultur und Gesellschaft. — Th. Steinkopf-Verlag Dresden, 1973: 159–166.

WERNER, K., W. EINHORN, G. GUNSCHERA und E. VOGLER (1974): Verfahren zur landwirtschaftlichen Rekultivierung von Kippen des Braunkohlenbergbaues. – Veröff. des Institutes für Landschaftsforschung und Naturschutz der ADL Berlin, Zweigstelle Dölzig; Leipzig 1974.

WÜNSCHE, M., W.-D. LORENZ, W.-D. OEHME und W. HAUBOLD (1972): Die Bodenformen der Klippen und Halden im Niederlausitzer Braunkohlenrevier. – Mitt. Nr. 15/72 aus dem VEB GFE Halle, Betriebsteil Freiberg, 45 S.

Anschrift des Verfassers:

Dr. habil. Wolfram Dunger

Staatliches Museum für Naturkunde Görlitz

DDR – 89 Görlitz, Am Museum 1