

ABHANDLUNGEN UND BERICHTE DES NATURKUNDEMUSEUMS GÖRLITZ

Band 64, Nummer 1

Abh. Ber. Naturkundemus. Görlitz 64, 1: 59-64 (1990)

ISSN 0373-7568

Manuskriptannahme am 4. 12. 1990

Erschienen am 16. 11. 1990

Vortrag zum Symposium „Die Vielfalt der Natur in der Lausitz – ihre Erhaltung
und bergbauliche Inanspruchnahme“

9. Symposium über die naturwissenschaftliche Forschung in der Oberlausitz –
am 4. und 5. November 1989 in Görlitz

Ökologische Grundlagen der Besiedlung der Bergbaufolgelandschaft aus bodenzoologischer Sicht

Von WOLFRAM D U N G E R

Mit 3 Abbildungen

Kippen und Halden werden von den Bergbautreibenden in der gesetzlich geforderten Absicht aufgeführt, eine Bergbaufolgelandschaft zu schaffen, die auf die Dauer dem Menschen ebenso dienlich ist wie die vor dem Eingriff bestehende Landschaft (BAIRLEIN et al. 1989, ŠTÝS 1981). Im Rahmen der Wiederurbarmachung wird ein abiotischer Standort nach technologischen Festlegungen hinsichtlich Kippboden, Relief und klimatischen Bedingungen hergestellt und einer der geplanten Nutzung entsprechenden Rekultivierung unterworfen, d. h. mit wenigen ausgewählten Nutzpflanzen ausgestattet. Soweit nicht im Ausnahmefall hochwertige Sonderbehandlungen, z. B. eine Waldbodenverbringung (GLÜCK 1989), vorgenommen werden, bleibt der übrige „Wundverschluß“ der Natur überlassen. Das kann sogar für die Besiedlung durch Mikroorganismen und durch Gefäßpflanzen, die mit Hilfe ihrer Sporen oder Samen hochverbreitungsfähig sind, nicht generell als ausreichend angenommen werden (WOLF 1989). Für die Teilnahme von Bodentieren an diesem Vorgang, die entsprechend ihrer Lebensweise meist wenig beweglich und zudem beim Transport austrocknungsgefährdet sind, gewinnt die Aufklärung der zugrundeliegenden ökologischen Gesetzmäßigkeiten einen um so höheren Stellenwert (DUNGER 1989). Hierbei sind der eigentliche Besiedlungsvorgang einerseits und die Entwicklung der Ökosysteme (Ökogenese) andererseits getrennt zu betrachten.

Besiedlung

Der konkrete Besiedlungsvorgang wird in fast allen einschlägigen Bearbeitungen vernachlässigt. Er soll hier deshalb wenigstens als Fragestellung hervorgehoben werden. Als Teilschritte der Besiedlung können die Immigration, der Ansiedlungsversuch und die persistierende Ansiedlung betrachtet werden.

Immigration. Die Immigrationswege aktiv flugfähiger oder stark lauffähiger Arten erscheinen ohne nähere Untersuchung einleuchtend, obwohl auch hier Detailfragen offen sind. Für kleinere Bodentiere hat die passive Verschleppung durch Großtiere, mit Pflanzenballen u. a. sicher eine hohe Bedeutung, sie wurde jedoch bisher kaum konkret nachgewiesen. Evolutiv erworbenes Phoresieverhalten (z. B. bei Nematoden, Oribatiden) zielt auf einen Transport zu geeigneten Nahrungsquellen ab und wird vorrangig in späteren Entwicklungsstadien von Kippstandorten bedeutsam. Der Verdriftung über das Luftplankton wird nicht Transport nur der trockenresistenter Verbreitungskörper (Samen, Sporen, Zysten), sondern auch kleinerer flugunfähiger Tiere (oder ihrer Eier?) zugetraut, auch wenn diese hochgradig feuchtigkeitsbedürftig sind (Kleinarthropoden). Die Wirksamkeit des

Transportes von Luftplankton ist vor allem an der Besiedlung von Vulkaninseln nachgewiesen (LINDROTH et al. 1973).

Bedeutung kann eine (anthropogene) Immigrationshemmung erlangen, wenn die natürlichen Zuwanderungswege beeinträchtigt oder geschlossen werden. Eine solche Situation halten DUNGER (1988) und DUNGER & VOIGTLÄNDER (1989) für Lumbriciden bzw. Diplopoden und Geophiliden in einer Pappel-Erlen-Aufpflanzung, die ringsum von Kieferkulturen eingeschlossen wurde, für wahrscheinlich. Es scheint verständlich, daß z. B. periodische Bodentiere, die sich zeitweilig in der Vegetationsschicht aufhalten (z. B. baumbesiedelnde Collembolen), eine höhere Immigrationsdisposition haben als im Bodeninneren lebende (euedaphische) Bodentiere. Auch ist einleuchtend, daß sich die Immigrationsgarnitur auf einer Kippfläche inmitten eines Kiefernheidegebietes stark von derjenigen in einem vorwiegend Laubwald tragenden Hügelland unterscheidet. Untersuchungen, die den realen Immissionsdruck zum Inhalt hätten, fehlen fast völlig, obwohl sie für die Rekultivierungspraxis von Bedeutung wären. Befunde von isolierten Meeresinseln sind in dieser Hinsicht nicht mit den Verhältnissen auf Halden vergleichbar.

Im Detail verbleiben nach dem derzeitigen Kenntnisstand noch eine Reihe von Immigrationsrätseln. Als solche kann man schon die Überwindung von mehreren Kilometern Entfernung durch den flugunfähigen und nicht als außergewöhnlich „lauflustig“ bekannten Kopfkäfer (*Brosicus cephalotes*) in nur einem Jahr betrachten (DUNGER 1968), mehr noch das Massenaufreten des Sandohrwurmes (*Labidura riparia*) auf Halden, obwohl von der flugunfähigen Art keine naheliegenden „Startpopulationen“ bekannt sind (MESSNER 1963), und vollends den Nachweis des flugunfähigen Sandlaufkäfers *Eugrapha arenaria* auf lausitzer Kippen, dessen Verbreitung bislang für ausschließlich osteuropäisch gilt (DONATH 1990).

Ansiedlung. Die Immigration eines lebensfähigen Stadiums eines Bodentieres ist ein Ansiedlungsversuch. Die Ansiedlung kann als vollzogen betrachtet werden, wenn die Art ihre Lebenstätigkeit wenigstens annähernd über eine Generation aufrecht erhält und in einer zur Gründung einer standörtlichen Teilpopulation erforderlichen Individuenzahl immigriert. Der für die betrachtete Art relevante abiotisch-biotische Faktorenkomplex muß im Kippboden mindestens soweit gegeben sein, daß er der Potenz dieser Art im wesentlichen entspricht (minimale Nische). Wahrscheinlich beziehen sich alle Nachweise von Bodentierarten auf Kippen auf vollzogene Ansiedlungen, da nicht erhaltungsfähige Immigrationen bei Normuntersuchungen nur ausgesprochen zufällig erfaßt werden dürften.

Eine persistierende Ansiedlung ist für perennierende Bodentiere nur dann gegeben, wenn sich eine ortsstabile Teilpopulation einer Art gebildet hat. Voraussetzung ist, daß eine für alle Lebensfunktionen der Art (Überwinterung, Übersommerung, Eiablage, Reife, Schlupf, Häutung, kontinuierliche Nahrung) ausreichende Nische vorliegt oder von der Art bewirkt werden kann (vitale Nische). Die Bedingungen, unter denen sich eine Art nur kurz anzusiedeln oder aber sich persistent zu etablieren vermag, bieten als ökologisches Naturexperiment aufschlußreiche, aber bislang kaum genutzte Studienmöglichkeiten. Die Zeitspanne der Existenz einer persistenten Population wird auf Kippstandorten häufig weniger durch Veränderung des abiotischen Ökotoptops als durch Änderung der Konkurrenz (oder Interferenz im weiteren Sinne) bestimmt. Die in jungen Entwicklungsstadien oft schwach ausgeprägte Konkurrenz ist für das Auftreten selten gewordener Pflanzenarten (Orchideen, Birnkräuter u. a.) eine häufige Ursache. Ob solche Verhältnisse auch auf die Bodenfauna zutreffen, kann angesichts des weitaus geringeren Kenntnisstandes von der Verbreitung dieser Arten nicht entschieden werden.

Aus dem bisher Gesagten geht hervor, daß Maßnahmen für das bewußte Ausbilden und die dauerhafte Sicherung von Nischen vorrangige Rekultivierungsziele sein müssen, wenn eine wachsende Artenvielfalt auf den Kippflächen erzielt werden soll.

Ökogenese

Mit dem Abschluß der Verkippung wird die Halde bzw. Kippe zu einem Ökosystem mit anfangs extrem geringer Selbstregulation. Physikalisch-chemische Prozesse (Verwitterung, Erosion u. a.) und zunehmende Ansiedlung von Organismen verursachen einen raschen Wandel, der als Änderung von Ökosystemzuständen oder als Sukzession von Ökosystemen (z. B. im Sinn der Stadiengliederung nach DUNGER 1968) betrachtet werden kann. Der

Kern dieses meist oberflächlich (und inhaltlich unzutreffend) als „Wiederbesiedlung“ beschriebenen Vorganges ist das Gesamtphänomen der Ökogenese. Diese ist beschreibbar als ökologische Vernetzung des sukzessiven Hinzutretens von Organismenarten einerseits und der strukturellen und substantiellen Entwicklung des abiotischen Ökotores andererseits. Letztere wird sowohl von den Ansiedlungsvorgängen selbst als auch durch physikalisch-chemische Prozesse beeinflusst.

Wege zur Untersuchung der Ökogenese

Im Detail ist die Ökogenese am besten nachprüfbar und darstellbar durch das Studium der Entwicklung konkreter Nischen. Ein einprägsames Beispiel hierfür bieten die mit der Lumbricidensukzession verbundenen Prozesse (Abb. 1). In der Startphase einer Laubholzpflanzung ohne Kulturbodenauftrag vermag sich nur eine säuretolerante Regenwurmart mit geringen Nahrungsansprüchen, der „Grauwurm“ (*Allolobophora caliginosa*) zu erhalten. Die später zunehmende Falllaubansammlung bietet Streubewohnern (Stubbenwürmern der Gattung *Dendrobaena*) eine Lebensmöglichkeit, die sie aber mit steigender Inanspruchnahme nach 7–10 Jahren selbst wieder einengen. Hierbei gelangt zunehmend organische Substanz in den Oberboden. Zusammen mit der fortschreitenden Verwitterung und Säureauswaschung bieten sich nun auch für weniger säuretolerante Mineralbodenarten, z. B. die Blauwürmer (*Octolasion*) bessere Lebensbedingungen. Deren Ansiedlung fördert die Erweiterung der Verwitterungsvorgänge in die Tiefe des Bodenprofils und erleichtert die Eröffnung von Nischen für Tiefgräber, besonders den Tauwurm (*Lumbricus terrestris*). Auch wenn sich neue Konkurrenzbedingungen zwischen den Besiedlern der genannten Lebensformen-Nischen entwickeln, kann man summarisch eine zunehmende Erweiterung und Stabilisierung der Siedlungsbedingungen für Mineralbodenformen und tiefgrabende Lumbriciden konstatieren. Mit Erreichen des Waldstadiums kommen immer mehr nicht mehr wuchsfähige Bäume zu Fall (durch Lichtungshieb oder auf natürlichem Wege). Der

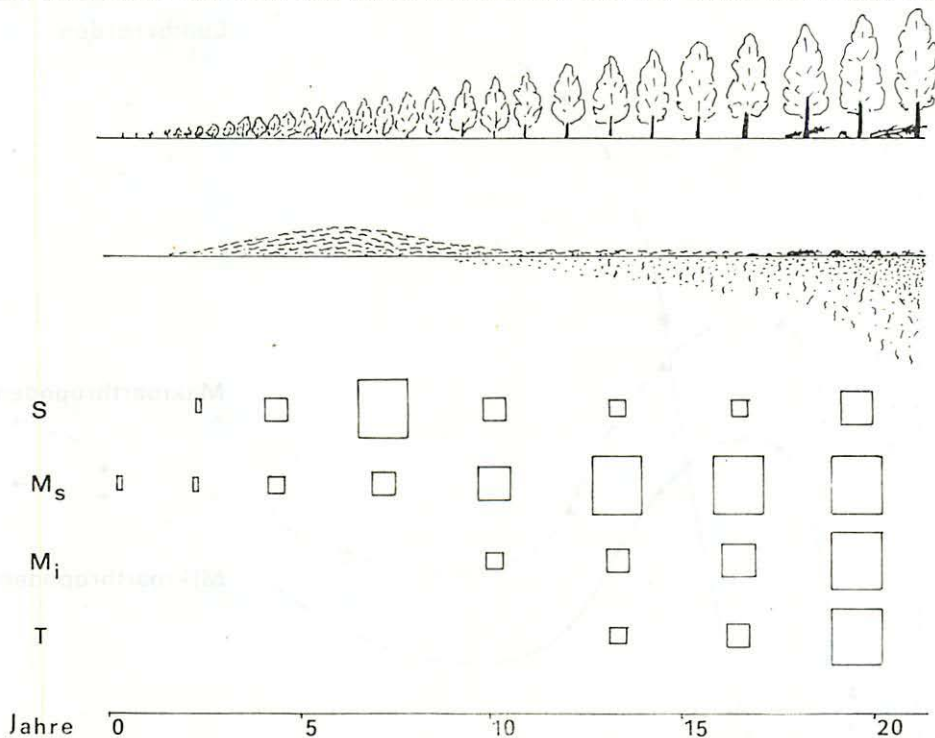


Abb. 1 Grobschematische Veranschaulichung der Nischenentwicklung während der ersten 20 Jahre einer forstlich rekultivierten Haldenfläche für verschiedene Lebensformen von Regenwürmern: S Streuformen, M_s säuretolerante Mineralbodenformen, M_i säureintolerante Mineralbodenformen, T Tiefgräber. Oben: Vegetationsentwicklung, Mitte: Verteilung der organischen Substanz auf und in dem Kippboden

Totholz- und Stubbenanteil in der organischen Bodenaufgabe eröffnet erneut eine Nische für Streuformen, die jetzt auch vom Rotwurm (*Lumbricus rubellus*) genutzt wird.

Diese hier nur sehr grob skizzierten Prozesse (Details s. DUNGER 1988, 1989) haben intensiven Einfluß auf die Ausbildung der organischen Bodenaufgabe (Übergang von Moder zu Mullhumus) und der Struktur des Oberbodens sowie auf die Verteilung der organischen Stoffe im Boden. Das kennzeichnet wesentliche Momente der Ökogenese, die für andere humiphage Bodentiergruppen eine tiefgreifende Umwälzung der Lebensbedingungen erzeugt. Die Reaktion dieses Teiles der Bodentierwelt auf die genannten Veränderungen kann quantitativ auf der Basis von Atmungsgleichwerten (RE; DUNGER & FIEDLER 1989) dargestellt werden (Abb. 2). Es zeigt sich, daß sowohl die humiphagen Mikroarthropoden (Oribatiden, Collembolen) als auch die Makroarthropoden (hier besonders Dipterenlarven, Diplopoden) in der Moderhumusaufgabe während der ersten 7 bis 10 Jahre vorteilhafte Entwicklungsbedingungen vorfinden. Die Einarbeitung dieser organischen Substanz als Mullhumus in den Oberboden durch die Regenwürmer und der damit verbundene Übergang von der Dominanz der pilzlichen Zersetzung zum Vorherrschen des bakteriellen Abbaues zwingt die Pionierarten der an Moderhumus gebundenen humiphagen Arthropoden zur Reduzierung ihrer Präsenz. Die Ausbildung von Nischen für an Mullhumus angepasste Arthropoden und deren Besetzung nimmt einen viel längeren Zeitraum als die Primärsiedlung der leicht zugänglichen Streuaufgabe in Anspruch. Die Summenentwicklung der Lumbricidenpopulation erscheint bis zum 33. Jahr als S-förmiger Anstieg, wobei der Anteil einzelner Arten, wie oben angedeutet, stark variieren kann. Die Nischenveränderungen für die hier nur summarisch berücksichtigten humiphagen Arthropodenarten können nur nach den noch nicht vollständig publizierten Detailstudien (DUNGER 1989, DUNGER & VOIGT-LÄNDER 1989) beurteilt werden.

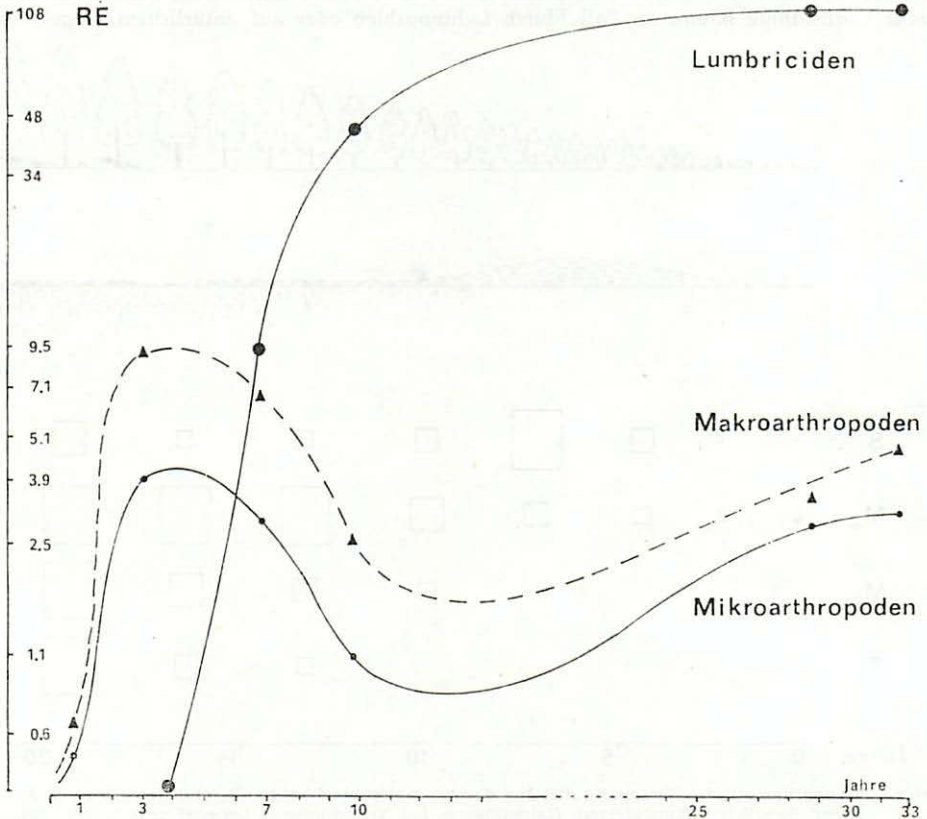


Abb. 2 Trendlinien der Entwicklung von Lumbriciden, Makroarthropoden und Mikroarthropoden in einem forstlich rekultivierten Kippprohboden über 33 Jahre, gemessen am Atmungsgleichwert (theoretischer Sauerstoffverbrauch pro Zeit- und Flächeneinheit: RE)

Indikation der Ökogenese

Ökofaunistische oder öko floristische Befunde werden in einer Vielzahl von Bearbeitungen zur Indikation der Ökogenese, d. h. des jeweilig erreichten Entwicklungsstandes und der Entwicklungstendenz von Kippstandorten genutzt. Die konzeptionelle Grundlage für dieses Vorgehen bilden die „biozönotischen Grundprinzipien“, die von THIENEMANN (1920), FRANZ (1953), MALDAGUE (1970) und BACHELIER (1978) als Erfahrungsextrakte formuliert werden. Danach existieren proportionale Verhältnisse zwischen dem Artenreichtum (Diversität), der Ausgeglichenheit (Evenness) der Artendominanz und der Zeitdauer der Entwicklung in einer betrachteten Gemeinschaft einerseits und dem Strukturreichtum, der Vielseitigkeit und Stabilität des Lebensraumes andererseits. Die Anwendung dieser Prinzipien bei der Beurteilung von Kippstandorten schließt die Erwartung ein, daß auch in der Bergbaufolgelandschaft eine gerichtete Ökogenese von strukturarm-labilen zu strukturreich-stabilen Zuständen abläuft (Abb. 3). Es ist heute noch offen, ob die Entwicklung der Gesamtökosysteme der Bergbaufolgelandschaft diese Erwartung rechtfertigt; untersucht wurde dies in der erforderlichen Komplexität noch nie.

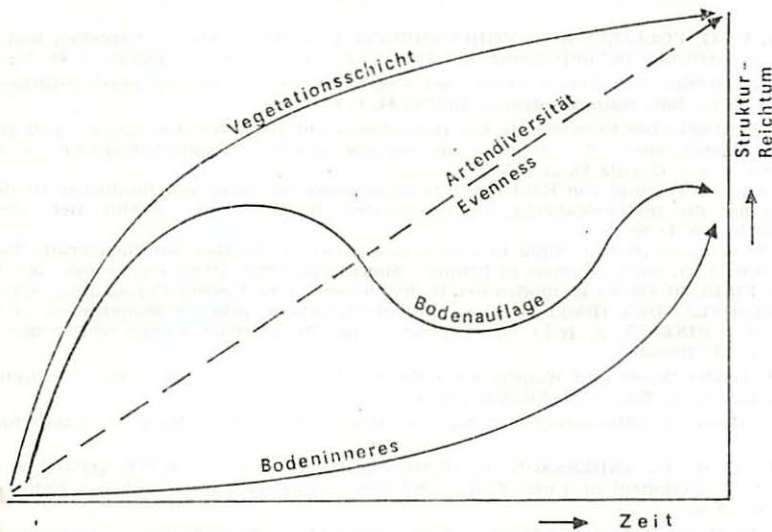


Abb. 3 Trendlinien der theoretischen Entwicklung von Artendiversität und Evenness (---) und des realen, biologisch nutzbaren Strukturreichtums im Bereich der Bodenvegetation, der organischen Bodenauflage und des Bodeninneren in Abhängigkeit vom Rekultivierungsalter von Halden-Ökosystemen

Detailuntersuchungen befassen sich mit einer oder wenigen taxonomisch definierten Organismengruppen, die gewöhnlich aus methodischen Gründen nur in einem bestimmten Stratum des Lebensraumes erfaßt werden und bevorzugt eine bestimmte Lebensweise repräsentieren (z. B. Carabiden, Collembolen). Sie belegen ein anderes als das für das Ökosystem in toto erwartete Verhalten. Besonders in den stärker strukturdifferenzierten forstlich rekultivierten Flächen zeigt der oberirdische (Vegetations-) Bereich eine anfangs schnelle, das Bodeninnere dagegen eine stark verzögerte Strukturbildung. Die Bodenauflage schwankt entsprechend ihrer Ausprägung zwischen diesen Extremen (Abb. 3). Das widerspiegelt sich deutlich in den Strukturparametern der stratumgebundenen Bodentiergruppen (Details s. DUNGER 1968, 1989). Es ist also nicht möglich, Untersuchungsergebnisse, die nur für bestimmte Strata der sich entwickelnden Ökosysteme Auskunft geben können, als Maß für die Ökogenese der Gesamtsysteme zu bewerten.

Diese Einschränkung gilt darüber hinaus aber auch hinsichtlich der Spezifik verschiedener Tiergruppen gleicher Biostrata. So reagieren bekanntlich Oribatiden viel stärker positiv auf den Pilzreichtum der Streuauflage unter Kiefer als Collembolen. Generell haben also verschiedene Ausschnitte des Organismenbestandes („Taxozönosen“) sorgfältig zu trennende Indikationsbereiche. Es gibt mithin keine generell optimale Tiergruppe für die Indikation aller Stadien oder Erscheinungsformen der Ökogenese in der Bergbaufolgelandschaft.

Schlussfolgerungen

Die Weltkenntnis von der Sukzession bodenbewohnender Tiergruppen auf devastiertem Gelände wurde jetzt erstmals verallgemeinernd zusammengefaßt (MAJER 1989; dort auch Bibliographie). Solche Untersuchungen besitzen in mitteleuropäischen Tagebaugeländen naturgemäß die längste Tradition. Hieran haben Erfahrungen, die von Spezialisten einzelner Tiergruppen, darunter nicht wenigen Freizeitforschern, gewonnen wurden, einen erheblichen Anteil. Um die oft mit großem Kraft- und Zeitaufwand erarbeiteten Erkenntnisse für die Planung und Durchführung der Rekultivierung verständlich, nutzbar und zuverlässig zu machen, bedürfen diese Resultate einer bewußten und ökologisch sorgfältig abgewogenen Eingliederung in das Bedingungsgefüge und in den Gesamttablauf der Ökogenese in der Bergbaufolgelandschaft. Dieser Beitrag versucht, einige Grundgedanken hierzu aus der Sicht des Bodenökologen vorzulegen.

Literatur

- BACHELIER, G. (1970): La Faune des Sols. Son écologie et son actions. — O. R. S. T. O. M. Paris, 391 S.
- BAIRLEIN, F., G. FOLLMANN, N. MÖHLENBRUCH & G. WOLF (1989): Aufgaben und Ziele der heutigen forstlichen Rekultivierung von Tagebauflächen. *Natur u. Landschaft* 64, 10: 462–464
- DONATH, H. (1990): Zur Entomofauna von Tagebaurandzonen in der nordwestlichen Niederlausitz. — *Abh. Ber. Naturkundemus. Görlitz* 64, 1: 67–70
- DUNGER, W. (1968): Die Entwicklung der Bodenfauna auf rekultivierten Kippen und Halden des Braunkohlentagebaues. Ein Beitrag zur pedozoologischen Standortdiagnose. — *Abh. Ber. Naturkundemus. Görlitz* 43, 2: 1–256
- (1988): Zur Einwirkung von Kahlschlag, Grundwasserabsenkung und forstlicher Haldenrekultivierung auf die Boden-Makrofauna, insbesondere Regenwürmer. — *Abh. Ber. Naturkundemus. Görlitz* 60, 1: 29–42
- (1989): The return of soil fauna to coal mined areas in the German Democratic Republic. — In MAJER, J. D. (ed.), *Animals in Primary Succession*. Univ. Press Cambridge: 307–337
- & H. J. FIEDLER (1989): *Methoden der Bodenbiologie*. — G. Fischer Verlag Jena, 432 S.
- & K. VOIGTLÄNDER (1989): Succession of Myriapoda in primary colonization of reclaimed land. — In: MINELLI, A. (ed.), *Proceedings of the 7th Internat. Congr. of Myriapodology*. — Leiden, Brill: 219–227
- FRANZ, H. (1953): Dauer und Wandel der Lebensgemeinschaften. — *Schr. Ver. Verbreit. naturw. Kenntnisse*, Wien, Berlin, 93. Ver. Jahr: 27–45
- GLÜCK, E. (1989): Waldbodenverbringung: zoologische Aspekte. — *Natur u. Landschaft* 64, 10: 456–458
- LINDROTH, C. H., H. ANDERSSON, H. BÖDVARSSON & S. H. RICHTER (1973): Surtsey, Iceland. The development of a new fauna, 1963–1970. *Terrestrial Invertebrates*. — *Entomol. Scand. Suppl.* 5, 280 S.
- MAJER, J. D. (1989): *Animals in Primary Succession: The Role of Fauna in Reclaimed Lands*. — Univ. Press Cambridge, 560 S.
- MALDAGUE, M. E. (1970): Rôle des animaux édaphiques dans la fertilité des sols forestiers. — *Publ. Inst. Nat. Et. Agro. Congo (I. N. E. A. C.)*, Sér. Sci. 112: 245 S.
- MESSNER, B. (1963): Über das Vorkommen von *Labidura riparia* (Pall.) (Demaptera) auf den Abraumhalden der Braunkohlentagebaue um Tröbitz und Lauchhammer. — *Entomol. Ber.* 1963, 1: 24–28
- STYS, S. (1981): Rekultivace územi postížených těžbou nerostných surovin. — *Nakl. techn. lit. Praha*, 678 S.
- THIENEMANN, A. (1920): Die Grundlagen der Biocoenotik und faunistische Prinzipien. — *Festschr. f. Zschokke*, IV: 1–14
- WOLF, G. (1989): Probleme der Vegetationsentwicklung auf forstlichen Rekultivierungsflächen im Rheinischen Braunkohlenrevier. — *Natur u. Landschaft* 64, 10: 451–455

Anschrift des Verfassers:

Dozent Dr. habil. Wolfram Dunger
Staatliches Museum für Naturkunde Görlitz
— Forschungsstelle —
PSF 425
Görlitz
DDR-8900