Mitt. POLLICHIA	81	301-311	4 Abb.	Bad Dürkheim 1994
				ISSN 0341-9665

Thomas WARTUSCH

Waldbodenökologische Untersuchungen in Fichten und Buchenforsten in Rheinland–Pfalz

Kurzfassung

WARTUSCH, T. (1994): Waldbodenökologische Untersuchungen in Fichten- und Buchenforsten in Rheinland–Pfalz. – Mitt. POLLICHIA, 81: 301-311, Bad Dürkheim

Die Betrachtung von Waldschäden und die Auswirkungen von Kompensationsmaßnahmen orientieren sich in erster Linie an dem Zustand der laubtragenden Schicht der Wälder und vernachlässigen häufig die Bedeutung und Zusammensetzung der Bodenfauna. In der vorliegenden Arbeit wurde mit einer Schülergruppe eine vergleichende Untersuchung der Bodenfauna in bekalkten und unbekalkten Parzellen des Binger Stadtwaldes durchgeführt. Neben Auszählungen lebender Bodenbewohner wurde zur Ermittlung der Regenwurm-Abundanzen eine elektrische Austreibeapparatur eingesetzt. In einer bekalkten Buchenwaldparzelle wurde die größte Anzahl an Individuen nachgewiesen, in einer bekalkten Fichtenparzelle die geringste. Diese Ergebnisse korrelieren mit den ermittelten Boden-pH-Werten.

Abstract

WARTUSCH, T. (1994): Waldbodenökologische Untersuchungen in Fichten- und Buchenforsten in Rheinland–Pfalz
[Ecological investigations of the forest soil in spruce and beech forests in Rhineland-Palatinate].
– Mitt. POLLICHIA, 81: 301-311, Bad Dürkheim

The investigation of forests damage and the effect of compensatory measures are mainly concernd with the condition of the foilage layer of forests and often neglect the importance and composition of soil fauna. In the present investigation (involving a group of students) the soil fauna in limed and unlimed plots in the Binger municipal forest was analysed and compared. In addition to the simple counting of soil animals an electric device to drive out earthworms was used for the determination of the earthworm population. The number of individuals was highest in a limed plot of beech, whereas a limed plot of spruce showed the lowest number. These findings correlate with the established pH-factor of the respective soil.

Résumé

WARTUSCH, T. (1994): Waldbodenökologische Untersuchungen in Fichten- und Buchenforsten in Rheinland–Pfalz
[Recherches écologiques sur les sols forestiers dans des forêts de sapin et de hêtres en Rhénanie-Palatinat].- Mitt. POLLICHIA, 81: 301-311, Bad Dürkheim

La considération du dépérissement des forêts et les effets des mesures de compensation s'orientent tout d'abord vers l'état de la couche frondifère des bois et négligent souvent l'importance et la composition de la faune du sol. Dans l'étude présente, on a fait, avec l'aide d'un groupe d'élèves, une recherche comparée sur des parcelles blanchies à la chaux, respectivement non-blanchies dans la forêt de Bingen (Binger Stadtwald). A côté d'un dénombrement des organismes vivants du sol, on a utilisé un appareillage électrique pour constater la fréquence des vers de terre. Dans une parcelle boisée de hêtres et blanchie à la chaux, on a pu trouver le plus grand nombre d'individus; dans une parcelle boisée de sapins (blanchie à la chaux), par contre, on a constaté le moindre nombre d'individus. Les résultats correspondent aux valeurs pH observées.

1. Einleitung

Durch die Schadstoffbelastung der Wälder werden nicht nur die gut sichtbaren Teile der Vegetation geschädigt, das Ökosystem Wald wird auf allen Ebenen von den vorwiegend sauren Emmissionen gestört. Vielfach unbeachtet, weil deutlich weniger auffällig, sind deshalb die Veränderungen im Waldboden, d.h. in der Streuauflage und den anschließenden Bodenschichten.

Die Bedeutung der Bodenfauna wurde lange unterschätzt und erst um 1930 fanden die Leistungen der Bodentiere Beachtung (z.B. FRENZEL 1936). In Anwendung der Kenntnisse unterläßt man mittlerweile Bodenleben-schädigende Methoden wie z.B. das Abbrennen der Felder; weltweit gesehen ist der Wert der Bodenfauna noch nicht anerkannt, wie z.B. am Problem der Brandrodung in Ländern der dritten Welt deutlich wird. Die Zerstörung des Bodenlebens hat direkte Folgen auf die (Re-)Kultivierung des Landes und die Nährstoffkreisläufe (KAISER 1980).

Mit der Kenntnis der Bedeutung von Bodenleben entwickelten sich Techniken der Bewertung von Boden über die Erfassungen der Bodenfauna, die Ausgangspunkt ökologischer Betrachtungen waren. Im Falle des Bodens, wie auch jeden anderen Biotops, lassen sich über die Ermittlung von Abundanzen und ihrem Vergleich untereinander Informationen über den Zustand sich gleichender Biotope gewinnen. Mit Methoden der Statistik lassen sich Indices für Dominanz, Ähnlichkeit zwischen zwei Proben oder Artendiversität errechnen. Einen aktuellen Bezug zur Bodenökologie stellt z.B. die Arbeit von KROBOCK (1993) dar, der über die Ermittlung von Enchytraeiden-Abundanzen in deutschen Wäldern Aussagen über den Belastungsgrad durch Säureeintrag macht, oder EHRNSBERGER (1989), der Raubmilben als Bioindikatoren im Zusammenhang mit der Bodenfruchtbarkeit nutzt. In beiden Fällen ist ein ausgewählter Teil der Bodenfauna zur Zustandsbeschreibung genutzt worden. Nach ODUM (1983) bilden „Zahlenverhältnisse zwischen Arten, Populationen und ganzen Gemeinschaften... häufig zuverlässigere Indikatoren als einzelne Arten, da durch die ganze Gemeinschaft eine bessere Widerspiegelung der Bedingungen erfolgt als durch nur einen Teil". Will man diesem Vorgehen folgen, ist ein genaueres Wissen um

die Aufgaben einzelner Arten, Ordnungen oder Familien innerhalb einer Gemeinschaft Voraussetzung zu ihrer Bewertung. Im betrachteten Biotop des Waldbodens spielen die die Streu zersetzenden Vorgänge die wichtigste Rolle, entsprechend haben „ ...den stärksten Einfluß... die grabenden und humusfressenden Bodentiere, vor allem Regenwürmer, Diplopoden, Dipterenlarven ..." (DUNGER 1983). So nennt beispielsweise LAMMERT (1989) als Maß für die Produktion von Kotkrümel durch Regenwürmer einen Wert von 45 t/ha und Jahr und SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL (1979) verweisen auf die dauerhaften Gänge der Regenwürmer, die bevorzugt durchwurzelt werden und in manchen Böden bis zu 50% der gesamten Grobporen ausmachen.

Zu den Erkenntnissen, die sich über ökologische Bodenuntersuchungen gewinnen lassen, gehören auch solche über die Verbreitung, Akkumulation und Wirkung von Schadstoffen. Ökotoxikologische Untersuchungen über Nahrungskettenmodelle können im Labor oder im Freiland durchgeführt werden. KORTE (1987) verweist auf die Untersuchungen der sog. Neuartigen Waldschäden oder die Aufnahme von Schadstoffen durch bestimmte Organismen: „Der Regenwurm hat ein schnelles Akkumulationsvermögen für Cd aus dem Boden, weshalb er als Bioindikator für Cadmiumrückstände im Boden gut geeignet ist."

Die Zusammensetzung des Edaphon, die Abundanzen bestimmter Arten werden zunehmend zur Zustandsbeschreibung der Böden genutzt (EISENBEIS 1993). Bioindikation steht in vielen Untersuchungen mittlerweile gleichwertig neben den physikalischen und chemischen Untersuchungen des Bodens (KROBOCK 1993). Die unterschiedlichen, spezifischen Ansprüche, die bestimmte Vertreter der Fauna und Flora an ihre Umwelt stellen, lassen erst das „typische" Bild von Lebensräumen entstehen. Die Beschreibung eines Biotops durch die Botanik liefert nach ELLENBERG (1979) lnformationen über klimatische Verhältnisse und die Nährstoffsituation des Bodens.

Die Erfassung der Fauna – hier der Bodenfauna – liefert aktuellere Werte und reagiert empfindlicher, erfordert aber aufwendigere, apparative Maßnahmen. Zur Beurteilung eines Bodens anhand der Bodenfauna muß eine weitgehend komplette Erfassung des Bodenlebens gewährleistet sein. Zu diesem Zweck werden Fallenproben und /oder Bodenproben entnommen und unter Laborbedingungen ihr Inhalt an Bodentieren ermittelt. Dies geschieht mit Bodenproben in der Regel durch Austreibe-Apparaturen (z.B. den Kempson-Extraktor), in denen Licht und ein Temperaturgradient die negativ phototaktischen, nach Kühle und Feuchte suchenden Bodentiere in ein konservierendes Medium treiben. Die konservierten Tiere lassen sich nun unter Verwendung optischer Hilfsmittel (Binokular) vom Fachmann bis zur Art bestimmen. Die mitunter sehr scharf definierten Biotopansprüche einzelner Arten geben in ihrer Gesamtheit ein Bild von der Bodensituation und unter Umständen der Genese des Bodens, da die wenig beweglichen Bodentiere wie ein „Langzeitgedächtnis" des Bodens fungieren (DUNGER 1983). Die Erfassung der Bodenfauna liefert somit neben denen der Flora weiterführende Ergebnisse zur Beurteilung eines Ökosystems.

Unter den zur Makrofauna zu rechnenden Bodenbewohnern nehmen Regenwürmer (Lumbriciden) und Enchytraeiden eine herausragende Stellung ein. Beide gehören zur Unterklasse der Wenigborster (Oligochaeta) und der Klasse der Gürtelwürmer (Clitellata) (20. Stamm: Annelida). Enchytraeiden sind die mit Abstand häufigsten Vertreter der Makrofauna (im Durchschnitt 30000/m2) und stellen nach der Lumbriciden das höchste

Lebendgewicht (Lumbriciden: 30; Enchytraeiden: 5 [durchschnittliche Angabe in g/m2]) (DUNGER 1983). Ihre Bedeutung für die Ökologie des Waldbodens liegt in ihrer Lebensweise als Substrat-Fresser und der Erzeugung von Ton-Humus-Komplexen in ihrem Verdauungstrakt, die mit den Kotballen abgeschieden werden. Dabei leisten sie, vor allem die tiefgrabenden Regenwürmer, einen bedeutenden Beitrag zur Bioturbation.

Sowohl Enchytraeiden als auch Lumbriciden zeigen scharf formulierte Ansprüche an den pH-Wert des Bodens. Enchytraeiden vertragen niedrigere pH-Werte als Lumbriciden und ersetzen diese in sauren Böden. Über die Erfassung der Arten ist die Höhe einer durchschnittlichen, längere Zeit bestehenden Protonenkonzentration im Boden nachweisbar. Gröbere qualitative Aussagen sind über die Erfassung der Gesamt-Lumbriciden-Abundanz möglich; Enchytraeiden sind schwieriger zu erfassen wegen ihrer Größe (1-50 mm). Auch unter den Lumbriciden sind säuretolerantere Arten bekannt. Im Gegensatz zu den Enchytraeiden, deren Bestimmung nur nach inneren anatomischen Unterschieden möglich ist, lassen sich Lumbriciden nach äußeren Merkmalen unterscheiden. Über Arten-Abundanzen lassen sich ebenfalls Aussagen über die Säurebelastung des Bodens machen (DUNGER 1983; RÖMBKE 1985).

Im Rahmen einer Unterrichtsreihe am Stefan-George-Gymnasium, Bingen, sollten naturschonende Techniken der Bodenbewertung in Zusammenarbeit mit der Universität Mainz geprobt werden. Der Vergleich ungekalkter Flächen mit gekalkten Flächen sollte Nutzen und Notwendigkeit der Kompensationsmaßnahmen verdeutlichen unter Berücksichtigung der am jeweiligen Standort vorherrschenden Vegetationsform.

2. Material und Methoden

Zur vorliegenden Untersuchung wurden im Hunsrück am Standort „Lauschhütte" (Forstamt Bingen) zwei Buchenflächen (gekalkt [Parzelle 1, Abb. 1] und ungekalkt (Parzelle 3, Abb.3]) und eine Fichtenfläche (gekalkt) (Parzelle 2, Abb.2] ausgewählt. Es konnte auf vorhandenes Datenmaterial zurückgegriffen werden, da diese Flächen z.T. bereits im Rahmen eines UBA-Projektes untersucht wurden (NETTA & WILHELMI 1991; WILHELMI 1991).

Die Untersuchung wurde mit Schülern eines Biologie-Leistungskurses der 12. Klassenstufe durchgeführt. Grundlage des Vorgehens im Unterricht ist das neue Tierschutzgesetz (TSG, 1990). Versuche mit Tieren sind somit von vornherein ausgeschlossen. Auch die Haltung in der Schule sollte nur mit Tieren beabsichtigt werden, deren Biotopansprüche in der Schule befriedigt werden können. Um dennoch eine Erfassung des Edaphons zu realisieren, wurde eine Lebendbestimmung vor Ort geplant, d.h. erfaßte Tiere wurden nach der Begutachtung sofort wieder in ihrem Biotop ausgesetzt. Um den pfleglichen Umgang mit Kleinstlebewesen zu gewährleisten, sollten Hilfsmittel angewendet werden, die Verletzungen verhindern sollten (Exhaustor, Petrischale zur Beobachtung).

Methoden zur Bewertung der Böden basieren auf der Erfassung eines Teils des Edaphon. Zur Umsetzung im zeitlichen Rahmen des Schulunterrichts muß eine Einschränkung auf die Bodenfauna getroffen werden und weitergehend unter Berücksichtigung der zur Verfügung stehenden optischen Hilfsmittel auf die Makrofauna.
Der Schwerpunkt der Reihe soll auf der praktischen Beschreibung des Biotops Waldboden



Abb. 1 Bekalkte Buchenwaldparzelle (Parzelle 1)

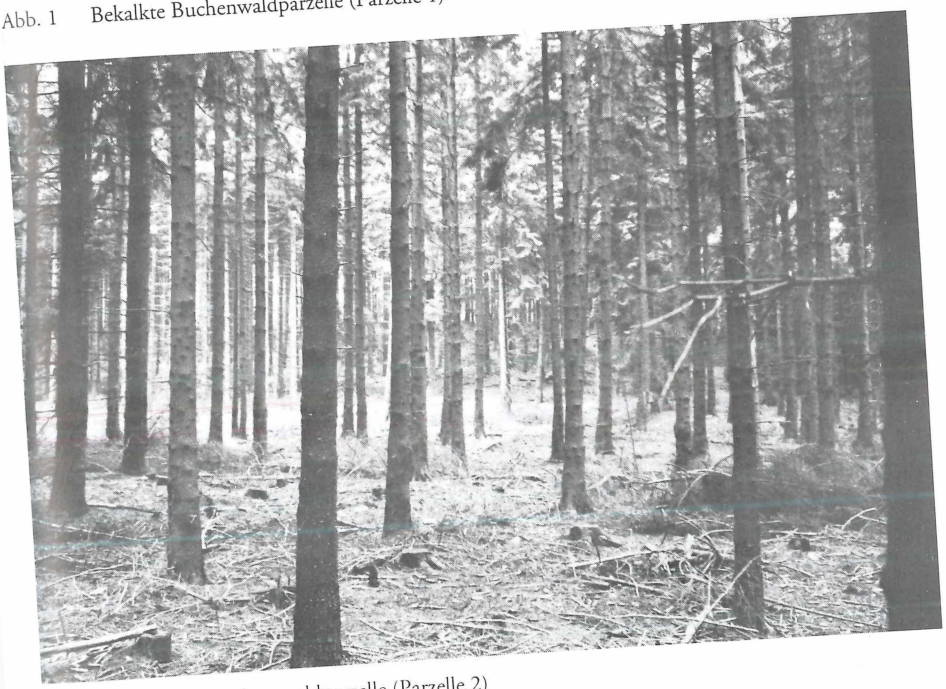


Abb. 2 Bekalkte Fichtenwaldparzelle (Parzelle 2)

liegen einschließlich der Erfassung von Bodentieren. Die in Frage kommenden Tiere sollten soweit bekannt sein, daß eine Zuordnung zu Familien oder Ordnungen im Wald möglich ist. Die Artbestimmung ist in den meisten Fällen nicht möglich; die Bestimmung der Ordnung oder der Familie soll im gegebenen Rahmen zur Einordnung in zoophage, phytophage und saprophage Organismen ausreichen. Ungenauigkeiten, die sich durch die Zuordnung einer Ordnung in diesem Schema ergeben (z.B. Dipterenlarven = saprophag; Vernachlässigung zoophager Dipterenlarven), sind im Rahmen des Schulunterrichtes zu akzeptieren, sollen aber angesprochen werden. Ein Auszählen ist im Wald mit dem angewendeten Verfahren nicht möglich. Die Tiere sind nach der Bestimmung im Biotop zu belassen.

Neben der traditionellen Handauslese soll durch die Verwendung einer elektrischen Austreibe-Apparatur ein modernes Verfahren zur Erfassung von Regenwürmern vorgestellt werden und zum Einsatz kommen. Der Einsatz eines Regenwurmfanggerätes Worm-Expell III (Abb. 4) der Gesellschaft für angewandte Ökologie mbH, Nußloch, erlaubte die Erfassung lebender Regenwürmer in jeweils gleichgroßen Flächen ohne Schädigung der Tiere. Mittels einer Schablone von 52 cm Durchmesser wurden acht Elektroden von 65 cm Länge in gleichen Abständen von 20 cm in den Boden getrieben und nach der Oktett-Methode ausgetrieben (Thielemann 1986). Mit dieser Methode und einer Autobatterie als Stromquelle kann im Boden ein elektrisches Wechselfeld erzeugt werden.

Ein homogenes, elektrisches Feld entsteht zwischen den Platten eines Kondensators. Die Verwendung plattenförmiger Kondensatoren hat neben den mechanischen Schwierigkeiten, die mit dem Einbringen der Platten in den Boden verbunden sind, den Nachteil des konstant und gleichförmig ausgerichteten Feldes. Regenwürmer reagieren aber unterschiedlich auf elektrische Felder im Boden, abhängig von ihrer Lage zum Feld. Der Wurm ist nur der Potentialdifferenz zwischen Anfang und Ende seines Körpers ausgesetzt, woraus sich ergibt, daß diese Differenz am größten ist, wenn sich der Wurm längs der Feldlinien im Boden befindet und ferner, daß große Würmer bei gleicher Spannung mehr Stromeinwirkung erfahren als kleinere.

Die acht kreisförmig angeordneten Elektroden lassen sich so verschalten, daß jeweils 2 oder 3 Elektroden zu einander gegenüberliegenden „Kondensatorplatten" zusammengefaßt sind. Auf diese Art kann der Strom die Sammelfläche nacheinander aus 8 verschiedenen Richtungen durchfließen. Pro Schaltung fließt der Strom in der Regel etwa eine Minute; die Länge dieser Intervalle kann am Gerät eingestellt werden. Somit ist gewährleistet, daß die unterschiedlich im Boden ausgerichteten Würmer in der jeweils effektivsten Weise dem elektrischen Feld ausgesetzt sind. Die durchschnittliche Fangquote beträgt 87,7 % (Thielemann 1986). Die verwendete Spannung beträgt zwischen 30 V und 60 V und wird damit unterschiedlich großen Tieren und veränderlichen Bodenleitfähigkeiten gerecht. Dieses Verfahren wird auch in der Wissenschaft eingesetzt und bietet eine zeitgünstige Alternative zur ökotoxikologisch bedenklichen Methode des Austreibens durch Ausbringen einer Formalinlösung auf den Waldboden oder zur aufwendigen Handauslese (Römbke 1985; Thielemann 1986; Kobel-lamparski & Lamparski 1988).

Zur Auswertung kamen nur jene Regenwürmer, die auf der zwischen den Elektroden liegenden Sammelfläche von etwa 1/8 m2 den Boden verließen. Zur Haltung kamen Regenwürmer, die zur Lebendbestimmung benutzt wurden. Ihre Haltung über den notwendigen Zeitraum (einige Tage) ist gut zu bewältigen und bei ausreichender Versorgung



Abb. 3 Unbekalkte Buchenwaldparzelle, Naturwald (Parzelle 3)

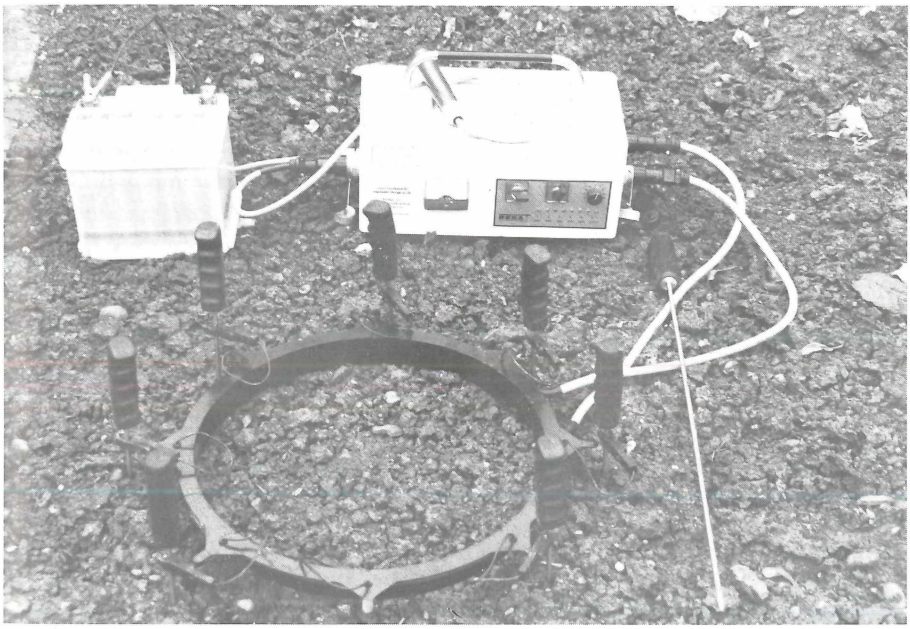


Abb. 4 Elektrische Austreibeapparatur mit Batterie und Steuergerät im Hintergrund und Schablone mit Elektroden im Vordergrund.

mit Nahrung (aus dem Entnahmebiotop) und Feuchtigkeit unproblematisch. In idealer Weise bietet sich die Bestimmung von Regenwürmern an. Nach einem von THIELEMANN(1986) beschriebenen Verfahren können Regenwürmer nach einer Austreibung mit Hilfe von Glasröhrchen lebend bis zur Art bestimmt werden. Die bekannten, unterschiedlichen pH-Präferenzen der verschiedenen Regenwurm-Arten lassen eine Bewertung der Säurebelastung des Bodens zu.

Ergänzend zu den Tierbestimmungen wurde eine mikrobiologische Untersuchung von Bodenproben der drei Parzellen durchgeführt. Jeweils 6 Petrischalen wurden mit Standard I Agar oder Malzagar (Zubereitung nach MERCK) nach dem Plattenguß-Verfahren nach Koch beimpft. Zur Verwendung kamen zwei Verdünnungen von Bodensuspensionen (10-1 und 10-2 g/100ml) jeder Probenfläche. Es wurden Plastik-Petrischalen verwendet, die sich nach Sterilisation im Autoklaven (=Dampfkochtopf) einfach entsorgen lassen. Nach dem Beimpfen, bzw. dem Ausgießen und Erstarren der Böden sind diese mit Klebeband zu verschließen, um unbeabsichtigtes Öffnen zu verhindern.

Mit weiterem Bodenmaterial aus den Parzellen wurde der pH-Wert bestimmt durch Aufschlämmen mit dest. Wasser und für eine zweite Messung mit einer KCl-Lösung. Die Messung wurde mit einer pH-Elekrode durchgeführt, die fest in Kunststoff vergossen ist („pH-Stick").

3. Ergebnisse und Diskussion

Zur Auswertung kamen die ermittelten pH-Werte, die Ergebnisse der Regenwurm-Austreibungen und eine mikrobiologische Untersuchung.

pH– Wert der untersuchten Flächen

	Parzelle 1	Parzelle 2	Parzelle 3
pH (H_2O)	4,3	3,8	4,0
pH (KCl)	3,8	3,5	3,4

Die Messungen des pH-Wertes zeigen trotz der bereits 5 Jahre zurückliegenden Kalkung der Flächen einen meßbaren Unterschied in den Parzellen 1 und 3. Die niedrigsten pH-Werte werden in der von einer starken Rohhumus-Auflage dominierten Parzelle 2 ermittelt.

Ermittlung der Regenwürmer pro Probenfläche

	Parzelle 1	Parzelle 2	Parzelle 3
Anzahl	53	0	6

Die unter gleichen Bedingungen durchgeführten Austreibungen veranschaulichen die Wirkung von Säurestress auf die Abundanz der Lumbriciden. Um eine fehlerhafte Austreibung in Parzelle 2 auszuschließen, wurden Teile des Waldbodens auf einer Fläche von 1m2 abgetragen und auf Lumbriciden untersucht mit negativem Ergebnis.

Eine Artbestimmung aller ausgetriebenen Regenwürmer war nicht möglich, da im schulischen Rahmen nur die Lebendbestimmung mittels Glasröhrchen durchgeführt werden darf und in diesem Falle das Clittelum der Würmer einen wichtigen Bezugspunkt darstellt. In Folge der lang anhaltenden Trockenheit vor der Austreibung war dieses Merkmal bei einer großen Anzahl der Tiere vollständig zurückgebildet. Die Auswertung der durchgeführten Bestimmungen zeigt, daß die meisten der ausgetriebenen Lumbriciden nicht zu den anözischen Tiefgräbern zählen (v.a. Lumbricus terrestris). Die meisten der bestimmten Tiere gehören zu den Arten Dendrobena rubida und Lumbricus rubellus. Beide gehören zu den vorwiegend epigäisch, in der Streu lebenden Arten und zeichnen sich durch größere Toleranz gegenüber niedrigen pH-Werten aus als Lumbricus terrestris (DUNGER 1983). Der unter Fichten zu findende Rohhumus bildet sowohl hinsichtlich Nahrungsangebot als auch in Bezug auf den pH-Wert des Bodens keinen geeigneten Lebensraum für diese Arten. Das Ergebnis der in Parzelle 2 durchgeführten Austreibung veranschaulicht dies deutlich.

Die Abundanz von Lumbriciden unterliegt starken Schwankungen. Dies ist zum einen Jahreszeiten-abhängig mit einem Maximum von Spätwinter bis Frühsommer und gelegentlich einem zweiten, kleinen Maximum im Frühherbst. Auch eine Massenvermehrung von Dipterenlarven, die mit Regenwürmern um die gleichen Nahrungsquellen konkurrieren, kann zu einem Rückgang der Regenwürmer führen. Die Probenhäufigkeit und die Größe der Beprobungsfläche werden im Falle der Regenwürmer vielfach diskutiert, um dem Vorkommen der relativ großen Bodenbewohner auch in Zeiten niedriger Abundanz gerecht zu werden (RÖMBKE 1985).

Die im Rahmen der mikrobiologischen Untersuchung verwendeten Malzagar-Platten mit Buchenwaldboden-Suspension zeigten vielfältigeren Bewuchs als die mit Fichtenwaldboden-Suspension. Auf Standard I Agar, auf dem bevorzugt Bakterien wachsen, wurde der Unterschied zwischen Buchenwald und Fichtenwald deutlicher. Auf Agar-Platten mit Fichtenwaldbodensuspension war der Bakterienrasen nur schwach ausgeprägt und trotz des Bakterien-begünstigenden Nährmediums dominierten Pilzkolonien, die für die Zersetzungsprozesse im Waldboden gegenüber den Bakterien von untergeordneter Bedeutung sind (DUNGER 1983).

Die Handauslese in Streu und Boden (Organischer Horizont und oberster mineralischer Horizont) der abgesteckten Flächen zeigt deutlich die extreme Artarmut in Parzelle 2. Hier finden sich vorwiegend Milben und Springschwänze. Die Parzellen 1 und 3 enthalten mehr Arten und mehr Individuen. Die Lebendbestimmung vielfältiger Arten durch Schüler ist mit einem großen Fehler behaftet und sei deshalb hier nur ergänzend erwähnt.

4. Folgerungen

Der im Vergleich zu den Parzellen 2 und 3 deutlich höheren Lumbriciden-Abundanz in Parzelle 1 muß eine besondere Bedeutung beigemessen werden. Das Vorkommen zahlreicher Regenwürmer kann als ein Maß für die Vitalität eines durch Säureeintrag gestreßten Bodens gelten. Die bereits länger zurückliegende Kalkungsmaßnahme zeigt im Vergleich unter den untersuchten Parzellen auch nach Jahren positive Auswirkungen auf

die Bodenfauna und den pH-Wert des Bodens. Die parallel angewendeten Verfahren zur Erfassung der Bodenfauna – Handauslese und elektrische Austreibung – zeigten deutlich den Vorteil in Zeitaufwand, Zuverlässigkeit und Effektivität der Austreibemethode mit der Einschränkung auf wenige Arten. Die Methode der elektrischen Austreibung hat sich auch unter ungünstigen Witterungseinflüssen (Langanhaltende Trockenheit im Juli 1993) bewährt und empfiehlt sich zur Ermittlung von Lumbriciden-Abundanzen. Signifikante Ergebnisse aus dem Vergleich unterschiedlicher Probenflächen lassen sich nur durch umfangreichere Untersuchungen erzielen als sie im schulischen Rahmen möglich sind.

Danksagung:

Mein persönlicher Dank gilt Herrn PD Dr. G. Eisenbeis, der die elektrische Regenwurm-Austreibeapparatur zur Verfügung stellte. Er ermöglichte die Zusammenmarbeit von Schule und Universität und begleitete diese Arbeit mit viel Engagement.

5. Literaturverzeichnis

Bundesminister für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (Hrsg.) (1990): Tierschutzgesetz. - Broschüre des Referats für Öffentlichkeitsarbeit.

Dunger, W. (1983): Tiere im Boden. - 280 S., Wittenberg Lutherstadt.

Ehrnsberger, R. (1989): Bodentiere und Bodenfruchtbarkeit. - Unterricht Biologie, 144: 34-37, Köln.

Eisenbeis, G. (1993): Zersetzung im Boden. - Inf. Natursch. Landschaftspfl., 6: 3-7, München.

Ellenberg, H. (1979): Zeigerwerte der Gefäßpflanzen Mitteleuropas. - 122 S., Göttingen.

Frenzel, G. (1936): Untersuchungen über die Tierwelt des Wiesenbodens. - Jena. (In: Dunger 1983)

Gussone, H. A. (1987): Kompensationskalkungen und die Anwendung von Düngemitteln im Wald. - Der Forst- und Holzwirt, 6: 158-163; Göttingen.

Kaiser, R . (1980): Global 2000. - 587-601, Frankfurt a. M .

Kobel-Lamparski, A. & Lamparski, F. (1988): Methoden zur Erfassung der Regenwurmfauna,-Mitt. Bad. Landesver. Naturkunde u. Naturschutz, 14: 631-638, Freiburg i. Breisgau.

Korte, F. (1987): Lehrbuch der ökologischen Chemie. - 373 S., Stuttgart.

Krobock, T. (1993): Charakterisierung der Belastungssituation in Waldökosystemen des Kernmünsterlandes. - Lölf-Mitt. 1/1993, 18: 18-29, Recklinghausen.

Lammert, F. D. (1989): Bodenschutz. - Unterricht Biologie, 144: 2-11, Köln.

Merck, E. (1988): Nährböden Handbuch. - 231 S., Darmstadt.

Netta, G. & Wilhelmi, V. (1991): Untersuchungen kleinräumiger Klimaunterschiede immissionsbelasteter Fichtenwälder im Hunsrück. - Mitt. POLLICHIA, 78: 107-119, Bad Dürkheim.

Odum, E. P. (1983): Grundlagen der Ökologie. - 476 S., Stuttgart.

Römbke, J. (1985): Zur Biologie eines Buchenwaldbodens 6. Die Regenwürmer.- Carolinea, 43: 93-104, Karlsruhe.

Scheffer, F. & Schachtschabel, P. (1979): Bodenkunde. - 10. Aufl., 491 S., Stuttgart.

THIELEMANN, U. (1986): Elektrischer Regenwurmfang mit der Oktett-Methode.- Pedobiologia, 29: 296-302, Jena, Stuttgart.

THIELEMANN, U . (1986): Glasröhrchenmethode zur Lebendbestimmung von Regenwürmern.- Pedobiologia, 29: 341-343, Jena, Stuttgart.

WILHELMI, V. (1987): Biologisch-chemische Untersuchungen zum Streuabbau als Bewertungsgrundlage der Systemverträglichkeit neuartiger Restabilisierungsdüngungen. - Diss., Geographisches Institut, Johannes Gutenberg Universität, 347 S., Mainz.

WILHELMI, V. (1991): Bodenökologische Untersuchungen zum Problemkreis Versauerung und Restabilisierung im Hunsrück und Taunus (Rheinisches Schiefergebirge). - Mitt. POLLICHIA, 78: 85-106, Bad Dürkheim.

Regenwurmfanggerät Worm-Expell III
Hersteller: GefaÖ– Gesellschaft für angewandte Ökologie mbH
Hildastr. 24, 69226 Nußloch
Tel. 06224 -15333, Ansprechpartner: Dr. Thielemann

(Bei der Schriftleitung eingegangen am: 28. 09. 1994.)

Anschrift des Verfassers:
Thomas Wartusch, Kiedricher Straße 13, D-65343 Eltville

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Mitteilungen der POLLICHIA

Jahr/Year: 1994

Band/Volume: 81

Autor(en)/Author(s): Wartusch Thomas

Artikel/Article: Waldbodenökologische Untersuchungen in Fichten und Buchenforsten in Rheinland—Pfalz 301-311