

Farne, Regenwürmer und Böden als Indikatoren für Schwermetalle in abgestufter Distanz zur Bleihütte Braubach

Beatrice van Saan, Katrin Krause & Christoph Emmerling

Synopsis

Total heavy metal contents (HNO_3 -soluble), exchangeable contents (NH_4NO_3 -soluble) and the complex bound fractions (EDTA) were measured in soils, fern roots, fern leaves and earthworms (dry masses) in a southwest to northeast transect under varying distances (1.9 km to 15.6 km) to a lead smelter. The objective of the present work was to study the uptake of heavy metals by ferns and earthworms in dependence to varying soil properties and distances to the emission source. Decreasing total cadmium and lead contents in soils, ferns and earthworms could be identified in relation to increasing distance to the factory. Higher contents in plot 2 (5.4 km) can be explained by a pronounced plateau-situation of this site. In the observed forest soils high amounts of exchangeable Cd were measured, whereas complex-bound amounts of Pb rised up to 90 % leading to high rates of accumulation of Cd in earthworm individuals. E.g. Cd-concentration in *Lumbricus rubellus* individuals were 20 to 40 times higher than in the surrounding soils. There also could be measured an enrichment of Cd in the fern leaves and roots, whereas higher contents of Pb in the fern roots only were restricted to site 1, where the ferns developed their roots in the Ah-horizon. At site 2 to 4 the ferns were settling in the humic-layers. In the mineral top horizon heavy metals generally are more available causing higher amounts of Pb, Cd, Zn and Cu in the fern roots as compared to those settling in the humic layers of site 2 to 4 where the heavy metals are bound to humic acids.

Schwermetalle, Farne, Regenwürmer, Bleihütte, Immissionen

Heavy metals, ferns, earthworms, lead smelter, air pollution

1. Einleitung

Das Bodenbelastungskataster Rheinland-Pfalz (SCHRÖDER & al. 1992) zeigt hohe Schwermetallgesamtgehalte in den Waldböden in der Umgebung der Blei- und Silberhütte Braubach auf.

Zur Abschätzung der Wirkung von Schwermetallen im Boden auf die Biozönose bieten sich als Akkumulationsindikatoren im Bereich der Waldbodenvegetation die Farne (NEITE & al. 1991) und für die Bodenfauna Lumbriciden an (IRELAND 1983). Regenwürmer nehmen als Vertreter der Bodenmegafauna eine dominante Stellung im Dekompositionsgeschehen terrestrischer Ökosysteme ein und sind als Nahrungsgrundlage zahlreicher carnivorer Konsumenten ein wichtiges Glied beim Schwermetall-Transfer in Nahrungsnetzen (CARTER 1983).

Im folgenden soll die Aufnahme der Schwermetalle durch Farnpflanzen und Regenwürmer in Abhängigkeit von der Entfernung zum Emittenten sowie von bodenchemischen und biologischen Faktoren analysiert werden.

2. Das Untersuchungsgebiet

Die seit Ende des 17. Jahrhunderts am Rhein gelegene Bleihütte Braubach stellte 1982 die Produktion auf das Recycling von Bleiakкумуляtoren um.

Die Untersuchungsflächen befinden sich wegen der vorherrschenden SW-Winde und der auf einer Anhöhe exponierten hohen Schornsteine des Hüttenbetriebes in abgestufter Distanz auf einem Transekt von Südwest nach Nordost. Wegen der Filterwirkung der Bäume sind die anthropogenen Schwermetalleinträge in den Wäldern zum Anstieg des Niederwesterwaldes besonders hoch (van SAAN & al. 1992). Geologisch ist diese Region als Teil des Rheinischen Schiefergebirges aus unterdevonischen Tonschiefern und den als Härtlingszügen herauspräparierten Emsquarziten aufgebaut.

3. Methoden

Ende Oktober 1991 wurden pro Fläche bis zu drei Farnpflanzen und das Bodenmaterial aus dem unmittelbaren Wurzelraum entnommen. Während auf den Flächen 2, 3 und 4 der Humuswurzler *Dryopteris carthusiana* geerntet wurde, konnte auf der Fläche bei Braubach *Athyrium filix-femina* beprobt werden, der im Gegensatz zum Dornfarn im Mineralboden wurzelte. Die Farnwurzeln wurden unter Wasser

sorgfältig von anhaftendem Bodenmaterial befreit, die Wedel wurden nicht gewaschen.

Der Lumbricidenfang erfolgte jeweils an vier bis sechs Gruben mit einer Fläche von 50 cm x 50 cm und einer Tiefe von 30 cm durch Handauslese. Unterhalb 30 cm wurde die Extraktion mit 1,5% Senflösung nach GUNN (1992) verwendet. Im Wald wurde entsprechend der sauren Bodenreaktion die acidotolerante Art *Lumbricus rubellus* gefunden. Auf Grünland wurde die tiefgrabende Art *Lumbricus terrestris* und die an der Oberfläche liegende Regenwurmlösung gesammelt.

Die austauschbaren Schwermetalle des Bodens wurden in einem 1m NH₄NO₃-Extrakt (PRÜESS 1992) analysiert. Zur Bestimmung der komplex gebundenen Schwermetalle wurde die Differenz der in 0.1 m EDTA-Lösung und der in 1 m NH₄NO₃ extrahierbaren Schwermetallgehalte berechnet. Um die Schwermetallgesamtgehalte zu ermitteln, wurden feingemahlenes Pflanzenmaterial, adulte, entkottete Lumbriciden und das durchwurzelte Substrat in konzentrierter HNO₃ in Druckbomben aufgeschlossen.

Die pH-Werte wurden mit einer Einstab-Glaselektrode in deionisiertem Wasser, die Kohlenstoffgehalte mittels eines Elementaranalysators und die Schwermetalle mit einem Atomabsorptionsspektrometer (Flamme bzw. Graphitrohr) gemessen.

4. Ergebnisse und Diskussion

Tendenziell nehmen die Cadmium- und Blei-gehalte in den Farnpflanzen und den Regenwürmern wie auch die im HNO₃-Extrakt meßbaren Schwermetallgehalte im Boden mit zunehmender Distanz von der Bleihütte ab (Abb. 1 u. 2).

Höhere Elementgehalte der Fläche 2 können durch die Plateaulage erklärt werden.

Die Akkumulation der Schwermetalle in Farnen und Regenwürmern variiert nicht nur in Abhängigkeit von den Schwermetallgesamtgehalten im Boden, der akkumulierenden Spezies und deren physiologi-

schen Zustand, sondern wird auch wesentlich durch bodenchemische Parameter beeinflusst, die sich elementspezifisch auswirken.

Cd ist in den untersuchten Waldböden zu großen Teilen austauschbar gebunden, wohingegen Pb bis zu 90 % komplex gebunden vorliegt (Tab. 1). Die höhere Mobilität von Cd und Zn schlägt sich in der hohen Akkumulation dieser Elemente in den Regenwürmern nieder. Die Cd-Konzentrationen in *Lumbricus rubellus*-Individuen sind 20 bis 40 mal höher als die Gehalte des Bodens (Abb. 1), Blei wird dagegen nicht akkumuliert (Abb. 2).

Auch für die Farnwedel wird eine Anreicherung von Cadmium festgestellt. Nach PAGE & al. (1972) wird Cadmium von Pflanzen leicht aufgenommen und in die oberirdischen Organe verlagert. Eine Anlagerung von Cadmium auf der Wedeloberfläche ist nicht auszuschließen. Die Farnwurzeln weisen bei den Probenahmestellen 1 und 4 für Cadmium eine Anreicherung >1 auf.

Eine Bleianreicherung der Farnwurzeln ist nur bei Fläche 1 zu beobachten. Die Farnpflanzen wurzeln dort im Gegensatz zu denen der Flächen 2 bis 4 im Mineralboden und nicht in der Humusauflage. Die sich daraus ergebenden Unterschiede in der Bindungsform der Schwermetalle (Komplexierung mit Huminstoffen) wirken sich auf die Pflanzenverfügbarkeit der Schwermetalle im durchwurzelten Substrat (Tab. 1) aus, was sich durch eine Anreicherung von Pb, Cd, Zn und Cu in den Farnwurzeln bemerkbar macht (Fläche 1).

Da für einige Farne ein selektives Aufnahme- und Speichungsvermögen für bestimmte anorganische Elemente bekannt ist (HÖHNE & RICHTER 1981), ist nicht auszuschließen, daß *Athyrium filix-femina* ein anderes Akkumulationsvermögen gegenüber den Schwermetallen zeigt als *Dryopteris carthusiana*.

NEITE & al. (1991) finden eine Reduktion der Wurzeldichte von *Athyrium filix-femina* mit zunehmendem Blei-Gehalt in den Wurzeln. Der bei Braubach gemessene Pb-Gehalt von 3445 mg/kg in den Wurzeln dieser Art läßt eine Schwächung der Individuen erwarten.

Tab. 1:

pH-Wert, organischer Kohlenstoff und komplex- und austauschbar gebundenes Pb und Cd in % des HNO₃-löslichen Anteils im Wurzelbereich der Farnpflanzen.

Tab. 1:

pH-value, organic carbon and complex- and exchangeable bound Pb and Cd in percent of the HNO₃-soluble partition in the fernroot surrounding soil

	Entf. km	pH H ₂ O	% C _{org}	% Pb kompl	% Pb aust	% Cd kompl	% Cd aust
F1	1.9	4.0	4.1	70.1	9.8	17.2	73.1
F2	5.4	3.6	32.9	89.2	8.1	19.5	79.3
F3	11.4	4.7	43.6	88.7	1.4	61.5	19.4
F4	15.6	4.4	23.8	81.0	1.0	54.4	20.3

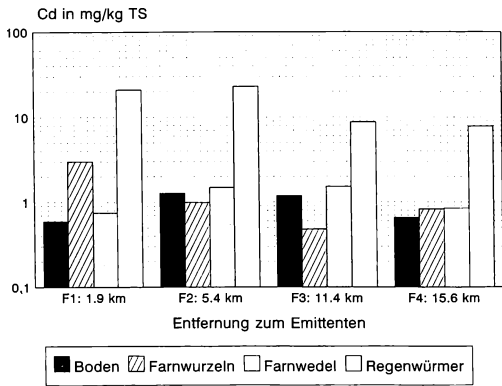


Abb. 1
HNO₃-lösliches Cadmium in Böden, Farnwurzeln und -wedeln und in Regenwürmern.

Abb. 1
HNO₃-soluble cadmium in soils, fern roots and leaves and in earthworms.

Die vergleichsweise niedrige Pb-Konzentration von *Lumbricus rubellus* in der Waldfläche 3 (Abb. 2) läßt sich möglicherweise durch eine altersabhängige Schwermetallakkumulation erklären (WEISENFELD 1989), zudem kann der höhere pH-Wert des Bodens dieser Waldfläche (Tab. 1) relevant sein (MORGAN & MORGAN 1988).

Für die im Grünland untersuchte Art *Lumbricus terrestris* wurde festgestellt, daß Cadmium im Gewebe akkumuliert wird und nur in geringeren Mengen in der Losung als im Boden und im Regenwurm nachweisbar ist. Blei wird mit dem Kot ausgeschieden und ist nur in geringeren Mengen im Regenwurm als im Boden zu finden.

5. Schlußfolgerungen

Die Aufnahme von Schwermetallen durch Regenwürmer und Farnpflanzen hängt einerseits von der Mobilität der Schwermetallvorräte im Boden und von der Distanz und Lage zum Emittenten ab. Andererseits wird eine mögliche Akkumulation der Metalle elementspezifisch von bodenchemischen und biologischen Faktoren wesentlich beeinflusst.

Die untersuchten Organismen sind nach den von WITTIG (1991) genannten Kriterien für einen idealen Bioakkumulator nur bedingt für ein großräumiges Monitoring geeignet.

Jedoch können ökologisch relevante Aussagen über die Aufnahme, Anreicherung und Verlagerung der Schwermetalle in Tieren und Pflanzen getroffen werden, wie z. B.:

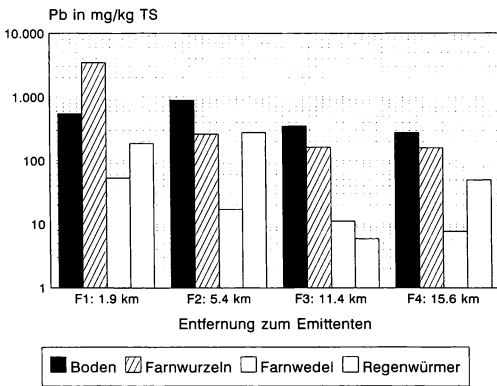


Abb. 2
HNO₃-lösliches Blei in Böden, Farnwurzeln und -wedeln und in Regenwürmern.

Abb. 2
HNO₃-soluble lead in soils, fern roots and leaves and in earthworms.

- Farne nehmen erhebliche Mengen Blei mit den Wurzeln auf, ein Transport in die photosynthetisch aktiven Teile der Pflanze kann weitgehend durch die Endodermis verhindert werden. Eine Schädigung der Wurzeln ist nicht auszuschließen.
- Trotz relativ geringer Cadmiumgesamtgehalte im Boden können einzelne Regenwurmarten (z.B. *Lumbricus rubellus*) eine sehr hohe Cadmiumanreicherung aufweisen.

Für die Beurteilung der Wirkung der Schwermetalle im Boden auf die Biozönose ist eine alleinige Analyse von Schwermetallgesamtgehalten ökologisch wenig relevant (ERNST 1985). Zumindest die Bindungsformen der Schwermetalle im Boden müssen Berücksichtigung finden.

Literatur

CARTER, A., 1983: Cadmium, copper, and zinc in soil animals and their food in a red clover. – Can. J. Zool. 61: 2751–2757.
ERNST, W.H.O., 1985: Schwermetallimmissionen: öko-physiologische und populationsgenetische Aspekte. – Düsseldorfer Geobot. Kolloq. 2: 43–57.
GUNN, A., 1992: The use of mustard to estimate earthworm populations. – Pedobiologia 36: 65–67.
HÖHNE, H. & B. RICHTER, 1981: Untersuchungen über den Mineralstoff- und Stickstoffgehalt von Farnkräutern. – Flora 171: 1–10.
IRELAND, M.P., 1983: Heavy metal uptake and tissue distribution in earthworms. – In: J. SATCHELL (ed.): Earthworm ecology. Chapman & Hall London/New York: 247–262.

- MORGAN, J.E. & A.J. MORGAN, 1988: Earthworms as biological monitors of cadmium, copper, lead and zinc in metalliferous soils. – *Environ. Poll.* 54: 123–138.
- NEITE, H., NEIKES, N. & R. WITTIG, 1991: Verteilung von Schwermetallen im Wurzelbereich und den Organen von Waldbodenpflanzen aus Buchenwäldern. – *Flora* 185: 325–333.
- PAGE, A.L., BINGHAM F.T. & C. NELSON, 1972: Cadmium absorption and growth of various plant species as influenced by solution cadmium concentration. – *J. Environ. Quality* 1: 288–291.
- PRÜESS, A., 1992: Vorsorgewerte und Prüfwerte für mobile und mobilisierbare, potentiell ökotoxische Spurenelemente in Böden. – Gauer, Wendlingen: 145 S.
- van SAAN, B., WERNER, W., KURTENACKER, M. & D. SCHRÖDER, 1992: Anthropogene Schwermetall-Einträge in Böden bei verschiedenen Landnutzungsformen, errechnet aus Daten des Bodenbelastungskatasters Rheinland-Pfalz. – In: ANKE, M., GROPPPEL, B., GÜRTLER, H., GRÜN, M., LOMBECK, I. & J.-H. SCHNEIDER (eds.): Mengen- und Spurenelemente. 12. Arbeitstagung, Jena: 217–223.
- SCHRÖDER, D., KURTENACKER, M., WERNER, W., van SAAN, B., BOLLMANN, J. & M. JOHANN, 1992: Das Bodenbelastungskataster Rheinland-Pfalz. Ergebnisse und methodische Ansätze zur Auswertung anorganischer und organischer Schadstoffgehalte in Böden. – Forschungsbericht Universität Trier: 189 S.
- WEISENFELD, P., 1989: Cadmium und Bleibelastung von Regenwürmern (Lumbricidae) industrienaher Kleingärten und ähnlicher Bereiche in Berlin (West). – *Zool. Beitr. N. F.* 32(2): 301–320.
- WITTIG, R., 1991: Die Eignung der Krautschicht von Wäldern zum Biomonitoring von Schwermetallen. – Veröffentl. Naturschutz Landschaftspflege, Beiheft 64: 137–145.

Adressen

Dipl. Biol. Beatrice van Saan
 Abt. Geobotanik
 Katrin Krause, Dr. Christoph Emmerling
 Abt. Bodenkunde
 FB VI Geographie/Geowissenschaften
 Universität Trier
 D-54286 Trier

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie](#)

Jahr/Year: 1995

Band/Volume: [24_1995](#)

Autor(en)/Author(s): Emmerling Christoph, Krause Katrin, Saan Beatrice van

Artikel/Article: [Farne, Regenwürmer und Böden als Indikatoren für Schwermetalle in abgestufter Distanz zur Bleihütte Braubach 653-656](#)