

Schwermetallakkumulation in Hochmooren im Gebiet des Nationalparks Bayerischer Wald

Reinhard Wandtner und Wilhelm Löttschert

Different species of the *Sphagnetum medii et rubelli* and peat samples from three ombrotrophic bogs in the Nationalpark Bayerischer Wald are tested on heavy metal accumulation. In peat profiles heavy metals show characteristic distribution patterns. Values of Cd, Cu, Mn and Zn in *Sphagnum magellanicum* are similar at the three sites, whilst Pb values differ significantly. Local influences by factories producing lead crystal are discussed.

Heavy metal accumulation, ombrotrophic bogs, Bayerischer Wald.

1. Einführung

Die Untersuchungen von Schwermetallen in der Umwelt unter Verwendung pflanzlicher Bioindikatoren ist in jüngster Zeit zunehmend intensiviert und verfeinert worden. Hierbei haben sich vor allem Moose als geeignete Fangpflanzen erwiesen (RÜHLING, TYLER 1968; LÖTSCHERT et al. 1975; HERRMANN 1976). Neben sehr verschiedenen Laub- und Lebermoosen wurden vor allem in Skandinavien auch Hochmoorsphagnen verwendet (RÜHLING, TYLER 1971; PAKARINEN, TOLONEN 1977; PAKARINEN 1978).

Da Hochmoore ihren Nährstoffbedarf aus der Luft decken, erscheinen uns Arten des *Sphagnetum medii et rubelli* für die Ermittlung von Schwermetall-Kontaminationen besonders geeignet. Es wird zunächst über das Gebiet des Bayerischen Waldes berichtet, der bei geringem Verkehrsaufkommen und Industrialisierungsgrad einen hohen Erholungswert aufweist. Über weitere Ergebnisse aus den verschiedensten Landschaftsräumen der Bundesrepublik Deutschland wird an anderer Stelle berichtet werden.

2. Material und Methodik

Im Gebiet des Nationalparks Bayerischer Wald werden 3 Hochmoore auf ihren Gehalt an Schwermetallen (Cd, Cu, Mn, Pb und Zn) untersucht. Dabei handelt es sich um ombrotrophe Moore. Mögliche Einflüsse des mineralischen Untergrundes auf den Schwermetallgehalt der Vegetation sind dadurch ausgeschlossen. Die Vegetation dieser Moore wurde ausführlich von KAULE (1973) beschrieben. Die Jahresniederschläge im Hinteren Bayerischen Wald betragen, je nach Lage, 900-1850 mm (MEYNEN et al. 1962). Die untersuchten Moore liegen 750 m (Klosterfilz bei Riedlhütte), 800 m (Föhraufilz) und 1320 m (Großer Filz am Spitzberg) ü.d.M. (Abb. 1).

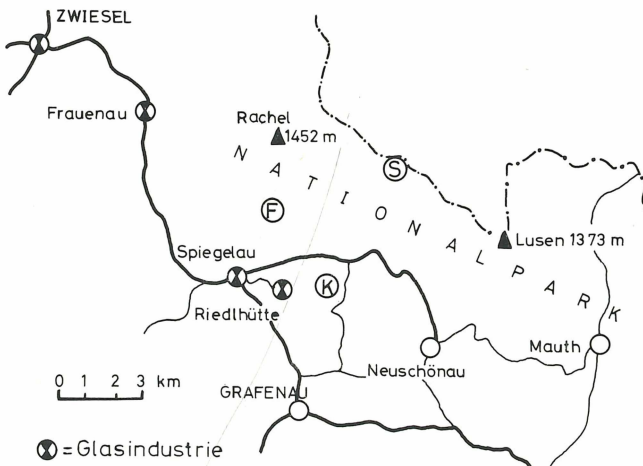


Abb. 1: Skizze des Untersuchungsgebietes
K = Klosterfilz, F = Föhraufilz und S = Spitzbergfilz.

Die Proben wurden im Herbst 1977 und 1978 an solchen Stellen in den Mooren entnommen, an denen Wachstumskomplexe mit der Ausbildung eines *Sphagnetum medii et rubelli* anzutreffen waren. Dabei wurde auf das Fehlen von Mineralbodenwasserzeigern, wie *Molinia coerulea* L. und *Eriophorum angustifolium* Honck., geachtet (vgl. LÖTSCHERT 1969). Als Testpflanzen dienten *Sphagnetum magellanicum* Brid., *Sphagnetum rubellum* Wils., *Polytrichum strictum* Banks ap. Sm. und *Vaccinium oxycoccos* L. In den Mooren wurde außerdem je ein 50 cm tiefes Torfprofil angelegt, aus dem alle 5 cm eine Torfprobe entnommen wurde.

Die Schwermetalle wurden in den obersten 2 cm der Sphagnen und von *Polytrichum strictum* bestimmt. Von *Vaccinium oxycoccos* wurden Blättchen und oberirdischer Sproß getrennt untersucht. Sämtliche Geräte, mit denen die Proben bei der Entnahme und Aufbereitung in Berührung kamen, waren metallfrei.

Nach dem Trocknen (24 h bei 80°C) wurden von den Proben je 250 mg in 20 ml eines Gemisches von HNO₃ und HClO₄ (3:1, Suprapur) bei 70 °C verascht. Die Schwermetallanalyse erfolgte mittels AAS und Graphitrohrküvette (Cd, Cu und Pb) oder Flamme (Mn, Zn).

3. Ergebnisse

Die untersuchten Arten des *Sphagnetum medii et rubelli* weisen sehr verschiedene Schwermetallgehalte auf (Tab. 1). Am wenigsten unterscheiden sich die beiden *Sphagnetum*-Arten, wenn auch eine höhere Pb-Anreicherung in *Sph. rubellum* vorliegt. Beide Sphagnen enthalten aber von allen untersuchten Pflanzen am meisten Blei. Das Laubmoos *Polytrichum strictum* akkumuliert viel weniger Blei, hat aber den höchsten Kupfergehalt.

Tab. 1: Mittlere Schwermetallgehalte (mg/kg Tr.Gew.) in Pflanzen aus drei Hochmooren im Nationalpark Bayerischer Wald.

	Cd	Cu	Mn	Pb	Zn
<i>Sphagnetum magellanicum</i>	0.59	5.4	97.5	32.1	57.5
<i>Sphagnetum rubellum</i>	0.61	5.5	86.2	49.3	54.9
<i>Polytrichum strictum</i>	0.72	12.2	64.1	13.0	52.0
<i>Vaccinium oxycoccos</i> (Blättchen)	1.3	4.0	1259	1.3	63.9
<i>Vaccinium oxycoccos</i> (Sproß)	1.0	10.6	642	27.2	63.4

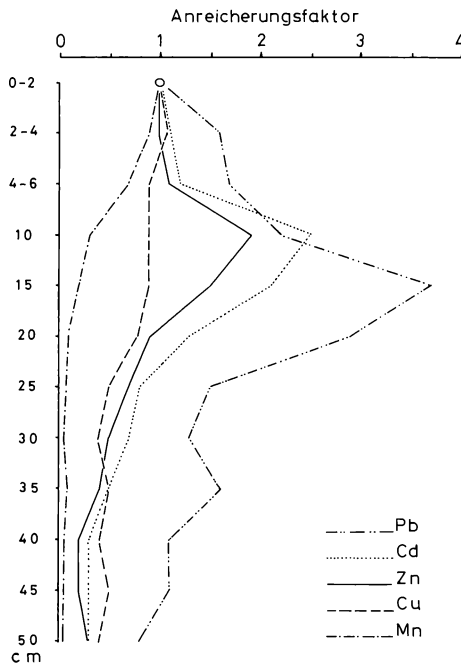


Abb. 2: Mittlere Schwermetallverteilung in *Sphagnetum magellanicum* und darunterliegenden Torfschichten von 6 Standorten.

Metallgehalt im Moosköpfchen (0-2 cm) \approx 100 % (Anreicherungsfaktor 1).

Die weitaus höchsten Mangangehalte treten bei *Vaccinium oycococos* auf, aber auch Cadmium erreicht hier deutlich höhere Werte als in den Moosen. Cd und Mn reichern sich besonders in den Blättchen von *Vaccinium* an, während Cu und Pb in den Sprossen stärker akkumulieren.

Zum Nachweis von Schwermetallen eignen sich nicht unbedingt die Arten am besten, die den höchsten Anreicherungsfaktor aufweisen, sondern diejenigen, welche am gleichen Standort die geringsten Schwankungen im Metallgehalt zeigen. Das trifft auf die beiden *Sphagnum*-Arten zu, insbesondere auf *Sph. magellanicum*. Dies gilt sowohl im Hinblick auf die akkumulierten Mengen aller untersuchten Metalle als auch besonders bezüglich der relativ geringen Streuung der Meßwerte.

Untersucht man *Sph. magellanicum*-Polster und darunterliegende Torfschichten (Vertikalprofil) auf Schwermetallgehalte (Abb. 2), so zeigt sich für Pb ein Anstieg von den lebenden, grünen Moosabschnitten (0-2 cm) zu den älteren (4-6 cm). Dieser Trend setzt sich in den folgenden, oberen Torfschichten fort (bis ca. 15 cm). Mit größerer Tiefe nehmen die Pb-Gehalte im Torf wieder ab und fallen bei 50 cm unter den Wert, der an der Spitze des *Sphagnum*-Polsters zu verzeichnen ist. Die Cd- und Zn-Gehalte sind ähnlich verteilt, der Anreicherungsfaktor ist aber geringer und die Abnahme mit der Tiefe erfolgt schneller. Anders liegen die Verhältnisse bei Cu und Mn. Hier ergibt sich eine stetige Abnahme der Gehalte von den lebenden, oberen Abschnitten der Moospflanzen zu den darunterliegenden vertorften Schichten.

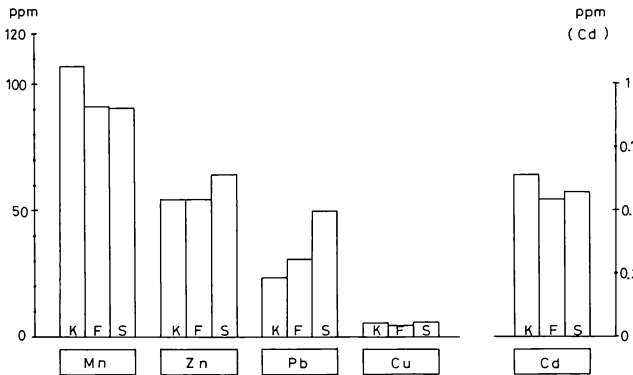


Abb. 3: Schwermetallgehalte in den Köpfchen von *Sphagnum magellanicum* (mg/kg Tr. Gew.) aus 3 Hochmooren (K, F und S; vgl. Abb. 1).

Vergleicht man die drei Moore unter Verwendung von *Sph. magellanicum* als Schwermetall-Monitorpflanze (Abb. 3), so lassen sich bei Cd, Cu, Mn und Zn keine großen Unterschiede zwischen den Mooren feststellen. Mn erreicht mit durchschnittlich 90 bis 107 ppm die höchste Konzentration, gefolgt von Zn mit 54-64 ppm. Die Cu-Werte liegen bei 4.7-5.5 ppm, die Cd-Gehalte bewegen sich zwischen 0.54 und 0.64 ppm. Hinsichtlich des Pb-Gehaltes von *Sph. magellanicum* unterscheiden sich die Moore dagegen in signifikanter Weise. Die Pb-Konzentration steigt von 23.3 ppm (Klosterfilz) über 30.4 ppm (Föhraufilz) auf 49.5 ppm (Spitzbergfilz).

4. Diskussion

Daß sich Schwermetalle in höheren und niederen Pflanzen in sehr unterschiedlichem Maße anreichern, ist bekannt. So findet SHACKLETTE (1965) große Mengen u.a. von Cu, Pb und Zn in Laub- und Lebermoosen, während Mn in höheren Pflanzen stärker angereichert ist. Untersuchungen in Skandinavien (RÜHLING, TYLER 1968; TYLER 1972; PAKARINEN, MÄKINEN 1976) bestätigen diese Unterschiede. Die Ursachen der unterschiedlichen Anreicherung sind, abgesehen von Abweichungen in der Oberflächengestaltung und -größe sowie von der Immissionsbelastung, in den verschiedenen Aufnahme- und Rückhaltemechanismen für Schwermetalle zu suchen. In welchem Maß das Ionenaustauschvermögen der Sphagnum (BREHM 1975) zur selektiven Anreicherung einiger Schwermetalle beiträgt, ist bisher nicht untersucht.

Die Verteilungsverteilung der Schwermetalle in den *Sphagnum*-Polstern (Abb. 2) zeigt, daß Pb, in geringerem Umfang auch Cd, bevorzugt in den unteren Moosabschnitten und in den oberen Torfschichten akkumuliert werden. Die Fixierung von Pb-Kationen an Huminstoffen erfolgt vorwiegend durch Komplexbildung (HILDEBRAND, BLUM 1975). Der Anreicherungs-horizont in den oberen Torfschichten ist also damit zu erklären, daß dort besonders stabile Huminstoff-Schwermetallkomplexe vorliegen. In diesem Bereich ist auch der Gehalt an Fulvosäuren, die eine Remobilisierung der Schwermetalle aus den Komplexen bewirken könnten, ziemlich gering (RUMP et al. 1977).

Die Schwermetalle Cu, Mn und Zn, die zugleich Spurenelemente darstellen, zeigen ein abweichendes Verteilungsmuster. Keines dieser Elemente reichert sich nennenswert in den unteren, absterbenden *Sphagnum*-Abschnitten an. Die Konzentrationen von Cu und Mn sind stets am höchsten in den Moosköpfchen (0-2 cm) und nehmen im Torfprofil nach unten deutlich ab. Wie GIES (1972) zeigt, sind auch die Ca-, Na- und K-Gehalte in den Köpfchen (0-3 cm) von *Sphagnum fuscum* höher als in den unteren Moos teilen und im Torf.

Zn reichert sich zwar, wie Cu und Mn, nicht in den unteren Moosabschnitten an (bis 6 cm), zeigt aber im Verlauf des Torfprofils eine dem Cd ähnliche Verteilung mit maximaler Konzentration in 10 cm Tiefe. Zu beachten ist jedoch, daß die absoluten Cd-Gehalte in *Sph. magellanicum* etwa um den Faktor 100 unter den Zn-Gehalten liegen (Tab. 1, Abb. 3). TYLER (1972) untersuchte u.a. die Cd-, Mn-, Pb- und Zn-Gehalte in Torfprofilen und erhielt ein im wesentlichen übereinstimmendes Verteilungsmuster.

Bei Vergleichen mit anderen, z.T. abweichenden Ergebnissen (PAKARINEN, TOLONEN 1977; RUMP et al. 1977), muß man Unterschiede in der Methodik (Probenentnahme, Festlegung des 0 - Horizontes) ebenso in Betracht ziehen, wie die Komplexität der Standortfaktoren (Niederschläge, Mooswachstum, Dichte der Moospolster und Torfbeschaffenheit). Dazu kommt der Einfluß der jeweiligen Immissionsituation.

RÜHLING, TYLER (1971) fanden in *Sphagnum magellanicum* an einem wenig belasteten Standort Südschwedens 1.0 ppm Cd, 4.3 ppm Cu, 71 ppm Mn, 64 ppm Pb und 65 ppm Zn. Im Vergleich dazu liegen die in *Sph. magellanicum* aus dem Bayerischen Wald festgestellten Konzentrationen an Cd, Pb und Zn niedriger, die Cu-Gehalte bewegen sich im gleichen Bereich, während die Mn-Werte höher liegen (Abb. 3). Diese deuten aber nicht auf eine größere Umweltbelastung hin, da hohe Mn-Gehalte auch an gering belasteten Standorten auftreten (PARKARINEN, TOLONEN 1976). Bei Untersuchungen an der Baumborke zeigte sich, daß die Mn-Gehalte nicht als Immissionsindikator geeignet sind (LÖTSCHERT, KÖHM 1978).

Somit läßt sich zusammenfassend feststellen, daß die für *Sphagnum magellanicum* ermittelten Schwermetallgehalte auf geringe derartige Immissionen im Untersuchungsgebiet hinweisen. Auffällig ist allerdings die deutliche Abstufung der Pb-Gehalte in der Folge Spitzbergfilz → Föhraufilz → Klosterfilz (Abb. 3). Die festgestellten, relativ geringen Pb-Immissionen können im Gebiet des Bayerischen Waldes nur auf die dort ansässige Glasindustrie mit Bleikristallfabrikation zurückgeführt werden. Trotz Filterung findet sich Pb-Staub im Reingas der Glas- und Keramikindustrie (Umweltbundesamt 1976). Das ergibt sich auch daraus, daß in der unmittelbaren Umgebung einer Glasfabrik am Rande des Nationalparks erhöhte Pb-Gehalte in Fichtennadeln und -zweigen festgestellt wurden (WANDTNER, LÖTSCHERT 1978). Ebenfalls stark erhöhte Pb-Werte fanden SCHRIMPF, HERRMANN (1978) im Schnee aus dem Gebiet Weiden-Neustadt (Nordostbayern), wo viel Glasindustrie angesiedelt ist.

Daß die höchsten Pb-Konzentrationen in *Sph. magellanicum* vom Spitzbergfilz auftreten, dem Standort, der am weitesten von den Glasfabriken in Spiegellau und Riedlhütte entfernt ist (vgl. Abb. 1), kann darauf zurückzuführen sein, daß dort die meisten Niederschläge fallen. Möglicherweise gelangen dabei durch Ausregen und Auswaschen vermehrt Bleispuren in die Vegetation. Durch seine Kammlage ist das Moor besonders exponiert. Einflüsse von mehreren, im Nordwesten gelegenen Glashütten des Bayerischen Waldes können ebenfalls zur Erhöhung beitragen. Inwieweit Emissionen aus der benachbarten Tschechoslowakei eine Rolle spielen, kann nicht ohne weiteres beurteilt werden.

Literatur

- BREHM K., 1975: Mineralstoffernährung und Kationenaustausch auf Hochmooren. Biol. uns. Zeit 5: 85-91.
- GIES T., 1972: Vegetation und Ökologie des Schwarzen Moores (Rhön). Diss. Bot. 20: 184 S.
- HERRMANN R., 1976: Modellvorstellungen zur räumlichen Verteilung von Spurenmetallverunreinigungen in der Bundesrepublik Deutschland, angezeigt durch den Metallgehalt in epiphytischen Moosen. Erdkunde 30: 241-253.
- HILDEBRAND E.E., BLUM W.E., 1975: Fixation of emitted lead by soils. Z. Pflanzenern. Bodenk. 279-294.
- KAULE G., 1973: Die Vegetation der Moore im Hinteren Bayerischen Wald. Telma 3: 67-100.
- LÖTSCHERT W., 1969: Pflanzen an Grenzstandorten. Stuttgart (Fischer): 167 S.
- LÖTSCHERT W., WANDTNER R., HILLER H., 1975: Schwermetallanreicherung bei Bodenmoosen in Immissionsgebieten. Ber. Dt. Bot. Ges. 88: 419-431.
- LÖTSCHERT W., WANDTNER R., KÖHM H.-J., 1978: Characteristics of tree bark as an indicator in high-immission areas (II). Oecologia 37: 121-132.
- MEYNEIN E. et al., 1962: Handbuch der naturräumlichen Gliederung Deutschlands. Bad Godesberg: 1399 S.

- PAKARINEN P., MÄKINEN A., 1976: Comparison of Pb, Zn and Mn contents of mosses, lichens and pine needles in raised bogs. *Suo* 27: 77-83.
- PAKARINEN P., TOLONEN K., 1976: Regional survey of heavy metals in peat mosses (*Sphagnum*). *Ambio* 5: 38-40.
- PAKARINEN P., TOLONEN K., 1977: Distribution of lead in *Sphagnum fuscum* profiles in Finland. *Oikos* 28: 69-73.
- PAKARINEN P., 1978: Distribution of heavy metals in the *Sphagnum* layer of bog hummocks and hollows. *Ann. Bot. Fennici* 15: 287-292.
- RÜHLING A., TYLER G., 1968: An ecological approach to the lead problem. *Bot. Notiser* 121: 321-342.
- RÜHLING A., TYLER G., 1971: Regional differences in the deposition of heavy metals over Scandinavia. *J. Appl. Ecol.* 8: 497-507.
- RUMP H.H., WERDEN K. van, HERRMANN R., 1977: Über die vertikale Änderung von Metallkonzentrationen in einem Hochmoor. *Catena* 4: 149-164.
- SCHRIMPF E., HERRMANN R., 1978: Spurenmetallgehalte im Schnee Nordostbayerns. *Gesundheits-Ing.* 99: 70-74.
- SHACKLETTE H.T., 1965: Element content of bryophytes. *U.S. Geol. Survey Bull.* 1198 D: 21 p.
- TYLER G., 1972: Heavy metals pollute nature, may reduce productivity. *Ambio* 1: 52-59.
- UMWELTBUNDESAMT 1976: Luftqualitätskriterien für Blei. *Ber.* 3: 128 S.
- WANDTNER R., LÖTSCHERT W., 1978: Der Bleigehalt in Nadeln und Zweigen von Fichten (*Picea abies* L.) in der Umgebung einer Bleikristallfabrik im Bayerischen Wald. *Staub-Reinhalt. Luft* 38: 505-506.

Adressen

Dipl.-Biol. Reinhard Wandtner
Prof. Dr. Wilhelm Lötschert
Botanisches Institut der Universität
Siesmayerstr. 70

D-6000 Frankfurt

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 1980

Band/Volume: [8_1980](#)

Autor(en)/Author(s): Wandtner Reinhard, Lötschert Wilhelm

Artikel/Article: [Schwermetallakkumulation in Hochmooren im Gebiet des Nationalparks Bayerischer Wald 247-251](#)