

SCHWERMETALLANREICHERUNG IM SEDIMENT DES GROSSEN ARBERSEES (BAYERISCHER WALD)

Jürgen Kern und Christian Steinberg

ABSTRACT

Sediment cores from the acidified Großer Arbersee (Bavarian Woods) were analyzed for content and bonding forms of aluminum and heavy metals. Late glacial peaks resulted from high residual metal fractions due to erosion. The early accumulation of lead in the sediment indicated the beginning of mining by man during the Middle Ages. During the last decades metal contents increased rapidly, especially the weak bonding forms. Aluminum and iron reached the lake through the acidification of soils and following leaching, whereas the subsurface peaks of zinc, cadmium and lead mainly derived from the combustion of fossil fuels. Increase of exchangeable metal fractions in recent sediment layers causes a greater potential availability of toxic cations for water organisms.

keywords: *accumulation, acidification, aluminum, availability, heavy metals*

1. EINLEITUNG

Schwermetalle haben sich in den letzten Jahrzehnten sowohl in terrestrischen als auch in aquatischen Ökosystemen angereichert. Die Frage nach der genauen Herkunft von Schwermetallen in unserer Umwelt bleibt meistens ungeklärt, da nur in den seltensten Fällen ein direkter räumlicher Zusammenhang zwischen ihrer Emission und ihrer Deposition besteht. Dies ist selbst dann der Fall, wenn der Eintrag von schwermetallkontaminiertem Abfall und Abwasser ausgeschlossen werden kann und Schadstoffe nur über den Luftweg in Böden und Gewässer gelangen. Ein Beispiel dafür liefert der Große Arbersee, ein auf 934 m Höhe ü.NN gelegener Karsee im Hinteren Bayerischen Wald. Die Belastungssituation in diesem See ist offenkundig: mit pH-Werten von 4,3 - 5,0 ist der Große Arbersee ganzjährig versauert (SCHMITT et al. 1987) und hat seit den 60er Jahren seinen Fischbestand verloren. Saure Depositionen anthropogener Herkunft haben die heutige Versauerung ausgelöst (STEINBERG et al. 1984). Begünstigt wurde die Entwicklung durch das kristalline Ausgangsgestein und die carbonatarmen Böden des Wassereinzugsgebietes. Mit der Metallanalyse von Seesedimenten läßt sich der Zustand des Sees und seines Einzugsgebietes bis in die Spätphase der letzten Eiszeit vor 13.000 Jahren zurückverfolgen. Neben der Rekonstruktion des Versauerungsverlaufes soll die Herkunft und das Gefährdungspotential einzelner Metalle anhand ihrer Konzentration und der Art ihrer Bindung im Sediment abgeschätzt werden.

2. METHODEN

1987 wurde in Zusammenarbeit mit der TU München ein langer Sedimentkern aus dem Großen Arbersee erbohrt und durch Pollenanalysen datiert. Der im selben Zeitraum entnommene kurze Sedimentkern unterlag einer radiochemischen Datierung, die auf älteren, vor

der Reaktorkatastrophe in Tschernobyl entnommenen Kurzkernen basierte (KRAUSE-DELLIN 1988). Für die Messung der Metallgesamtgehalte (Liniendiagramme) ist ein $\text{HNO}_3/\text{H}_2\text{O}_2$ -Aufschluß gewählt worden. Die für ausgewählte Tiefenstufen durchgeführte sequentielle Extraktion zur Erfassung der Metallbindungsform (Balkendiagramme) erfolgte in fünf Schritten nach SALOMONS und FÖRSTNER (1980). Aluminium, Eisen und Zink ließen sich mittels der ICP-AES und Cadmium und Blei mit der flammenlosen AAS-Graphitrohrtechnik messen. Ihre Konzentrationen sind auf Sedimenttrockengewicht bezogen.

3. ERGEBNISSE UND DISKUSSION

In den tiefsten, spätglazialen Schichten des Langkerns (473 cm und 428 cm) liegen Aluminium und Eisen in ihren Maximalgehalten vor (Abb. 1 und 2). Dabei überwiegt eindeutig die mineralische Bindungsform, ein Indiz für die geogene Herkunft dieser beiden Metalle. Sie sind wichtige Gneisbestandteile des Untersuchungsgebietes und gelangten durch Erosion in den See. Erst infolge einer deutlichen Erwärmung vor ungefähr 10.000 Jahren (Ende der Eiszeit) beschleunigte sich die Bodenentwicklung mit der Ausbreitung des Waldes. Damit entstanden wirksame Rückhaltemechanismen für die Mineralien des Einzugsgebietes.

Über einen Zeitraum von etwa 7.000 Jahren war der Stofffluß in den Großen Arbersee gleichbleibend gering (Abb. 1-5), bis in jüngeren Sedimentablagerungen auffällige Veränderungen eintraten. Als erstes Schwermetall reicherte sich Blei, im Langkern zwischen 80 und 60 cm nachweisbar, an (Abb. 3). Diese Tiefe spiegelt das 14.-16. Jahrhundert wider, als in Bodenmais, 5 km südlich des Großen Arbersees, der Abbau und die Verhüttung bleihaltiger Erze begann. Als Flugaschen dürften die Oxide von Blei und möglicherweise auch von Cadmium in den See eingetragen worden sein.

Einschneidende Änderungen im Sedimentationsverlauf der Metalle ergaben sich während der letzten 150 Jahre, wie am deutlichsten aus den Kurzkernendiagrammen zu ersehen ist (Abb. 1-5 oben). Alle untersuchten Schwermetalle und Aluminium reicherten sich im Sediment überaus stark an und erreichten in 8 bzw. 10 cm Tiefe, also in den 60er Jahren, ihre Konzentrationsmaxima. Dabei überwiegen lockere Bindungen, die Metallfreisetzungen in der Sediment-Wasser-Kontaktzone ermöglichen. Atmosphärische Depositionen können für Aluminium und Eisen vernachlässigt werden, so daß ihre Anreicherung im Sediment nur auf eine tiefgreifende Bodenversauerung zurückgeführt werden kann. Fallende pH-Werte in der Bodenlösung, verbunden mit abnehmender Alkalinität, führten zu einer Mobilisierung dieser schwer löslichen Metalle, die dann im weniger sauren Milieu des Großen Arbersees wieder ausgefällt wurden. Besondere Bedeutung muß hierbei der mäßig reduzierbaren Metallphase von Aluminium beigegeben werden. Sie diente vermutlich als Fällungssubstrat für Blei, Zink und Cadmium. Die lockerste Aluminiumbindung, die austauschbare Metallfraktion, hat in den jüngsten Ablagerungen ebenso an Gewicht gewonnen. Auch wenn der Gehalt von 0,4 g/kg TG im Diagramm kaum in Erscheinung tritt (Abb. 1), ist er von größter ökotoxikologischer Relevanz, da die austauschbaren Aluminium-Kationen das nächste Reservoir für freie Al^{3+} -Ionen darstellen. Wie in anderen Gewässern dürften sie auch im Großen Arbersee die wesentliche toxische Komponente gewesen sein, die zum Aussterben der Fische führte (MARTHALER 1989).

Für Blei, Zink und Cadmium (Abb. 3-5) ergibt sich ein anderes Bild als für Aluminium und Eisen, denn sie gelangten in erster Linie über atmosphärischen Ferntransport in das Untersuchungsgebiet. Dafür sprechen der hohe Anteil lockerer Bindungsphasen und der frühzeitige vor etwa 150 Jahren erfolgte Akkumulationsbeginn dieser drei Schwermetalle. Durch die gleichzeitig in Mitteleuropa eingesetzte Kohlefeuerung liegt es nahe, daß Blei, Zink und Cadmium zum großen Teil aus der Verbrennung fossiler Energieträger hervorgingen und somit Begleitstoffe des säurebildenden SO_2 darstellen. Aufgrund ihrer schwachen Bindung im Sediment können sie leicht remobilisiert, dem aquatischen Ökosystem verfügbar gemacht und toxisch werden.

Abb. 1-5: Liniendiagramm - Gesamtmetallgehalte
Balkendiagramm - Zusammen-
setzung der verschiedenen Bin-
dungsformen in ausgewählten Tie-
fenstufen

Legende:



Austauschbare und leicht sorbierte
Kationen



Leicht reduzierbare Metallphasen



Mäßig reduzierbare Metallphasen



Organisch und sulfidisch gebundene
Metalle



Mineralisch gebundene Metalle

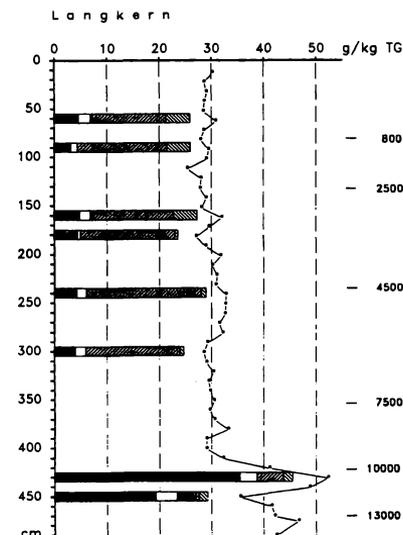
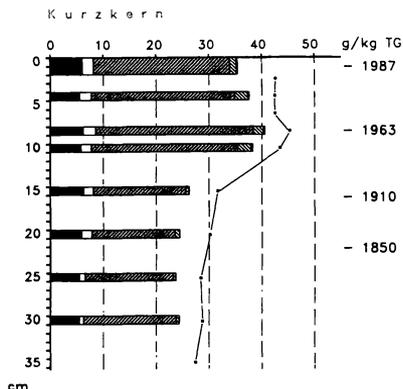


Abb. 1: Aluminium

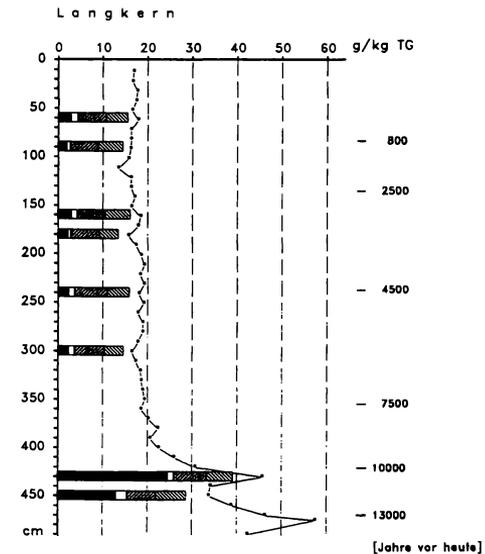
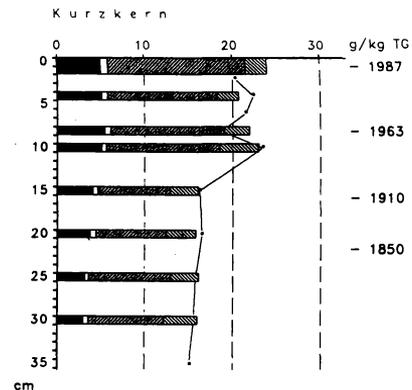


Abb. 2: Eisen

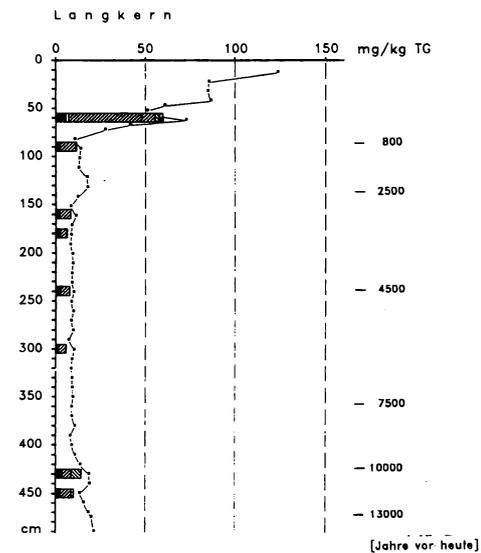
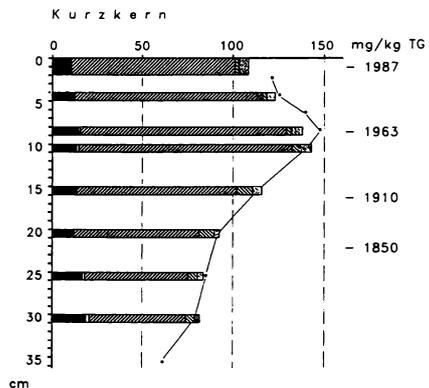


Abb. 3: Blei

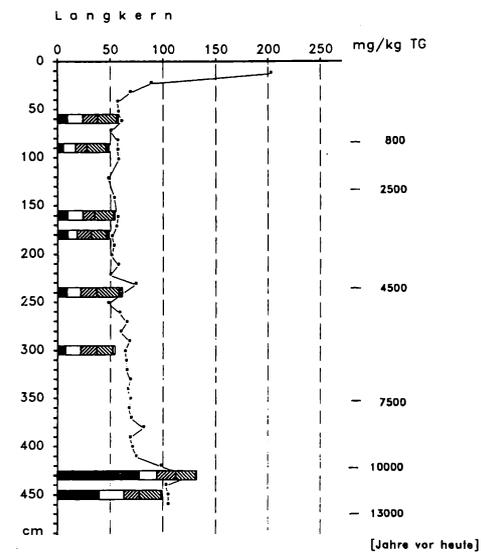
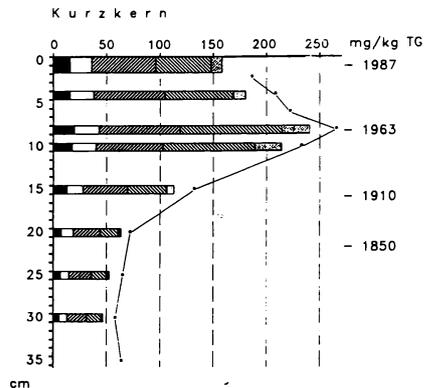


Abb. 4: Zink

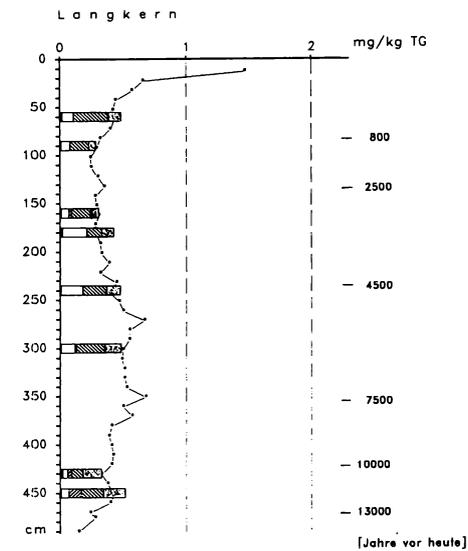
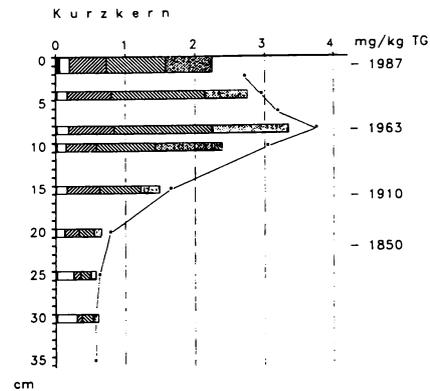


Abb. 5: Cadmium

4. ZUSAMMENFASSUNG

Die Untersuchung eines kurzen und eines langen Sedimentkerns auf ihre Metallgehalte hin läßt im Großen Arbersee Konzentrationsmaxima in ältesten und jüngsten Sedimentschichten erkennen.

Im Laufe der 60er Jahre gelangten Aluminium und Eisen durch Auswaschungsprozesse als Folge der Bodenversauerung in den Großen Arbersee. Die Zunahme des löslichen Aluminiums im See führte zum Aussterben der Fische. Dagegen stammen die sedimentierten Schwermetalle Blei, Zink und Cadmium hauptsächlich aus atmosphärischen Quellen. Sie wurden bei der Verbrennung fossiler Energieträger freigesetzt.

Gegenüber den ältesten untersuchten Schichten, in denen die Metalle vorwiegend mineralisch gebunden vorliegen, dominieren in den jüngsten, anthropogen beeinflussten Schichten lockere Bindungen. Es besteht die Gefahr, daß durch geringe Änderung des pH-Werts oder des Redoxpotentials Metalle aus der Sedimentoberfläche freigesetzt und für aquatische Organismen toxisch werden.

LITERATUR

- KRAUSE-DELLIN D., 1988: Die Arten der Fam. *Chydoridae* (Cladocera, Crustaceae) als Versauerungsindikatoren in Weichwasserseen. - Dissertation, Universität Innsbruck.
- MARTHALER R., 1989: Toxizität und Akkumulation von Metallen in sauren Gewässern, untersucht an der Bachforelle (*Salmo trutta f. fario* L.). - DVWK, Mitteilungen 17: 435-441.
- SALOMONS W., FÖRSTNER U., 1980: Trace metal analysis in polluted sediments. Part II: Evaluation of environmental impact. - Environ. Tech. Lett. 1: 506-517.
- SCHMITT P., LEHMANN R., BAUER J., 1987: Gewässerversauerung im ost- und nordost-bayerischen Grundgebirge. - UBA, Texte 22/87: 66-75.
- STEINBERG C., MEIER R., EMEIS-SCHWARZ H., KRAUSE-DELLIN D., ARZET K., 1984: Versauerung des Großen Arbersees, dokumentiert durch paläolimnologische Untersuchungen. - Vom Wasser 63: 35-56.

ADRESSE

J. Kern
Max-Planck-Institut
für Limnologie
Postfach 165
D-W-2320 Plön

C. Steinberg
GSF-Forschungszentrum
Ingolstädter Landstr. 1
D-W-8042 Neuherberg

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 1991

Band/Volume: [19 3 1991](#)

Autor(en)/Author(s):

Artikel/Article: [Schwermetallanreicherung im Sediment des großen Arbersees \(Bayerischer Wald\) 237-241](#)