

## SCHWERMETALLE IM UFERBEREICH EINES KLEINEN TIEFLANDFLUSSES IN NORDWEST- DEUTSCHLAND

### - Die Konzentrationen von Cadmium, Blei, Kupfer und Zink im Ufersediment -

Arnold ten Thoren und Dieter Overdieck

#### ABSTRACT

With respect to the communal emission of the town of Osnabrück (52° N, 8° E; 150.000 inhabitants, Lower Saxony; FRG) the amounts of Cd, Pb, Cu and Zn were determined in the sediments at seven different locations up- and downstream from the town along the bank of the river Hase.

The upper parts of the riverbanks show "normal background" concentrations for the four heavy metals. Whereas downstream they are elevated: Cd by 10-fold, Pb by 30-fold, Cu by 100-fold and Zn by 10-fold in the sediments in total. At these locations, burdened with waste water from the town, the concentrations were for instance in the same range as those in the sediments of the river Ems in North-West-Germany near its mouth to the North Sea. The copper level however was three times higher.

The highest levels were reached near the entry of the main surface water (rainwater) drain. The parameters: pH, cation-exchange capacity and organic matter content of the soil were also investigated and correlated with the element concentration.

keywords: *heavy metals, river sediment, urban ecology*

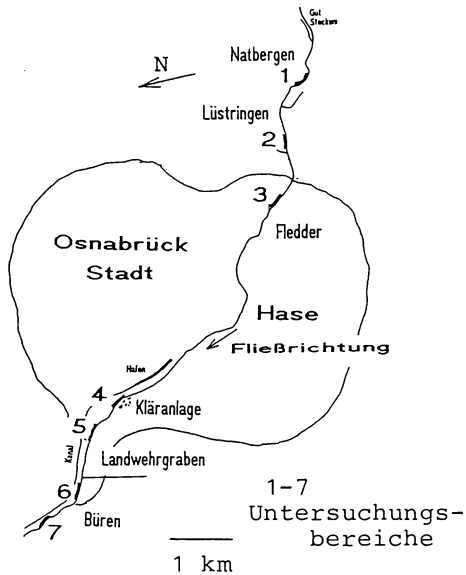
#### 1. EINFÜHRUNG

Fließgewässer wurden seit jeher in starkem Maße durch menschliche Einflüsse verändert. Eine andauernde Einleitung von Schwermetallen führt zu deren Anreicherung in den Bachsedimenten (FÖRSTNER und MÜLLER 1974). Durch Querströmungen und Aufwirbelungen im Bachbett gelangen diese partikulär gebundenen Metalle im Laufe der Zeit in die Uferregion. Hier unterliegen sie veränderten Umgebungsbedingungen, die zu einer Remobilisierung führen können (vgl. WACHS 1981).

Wichtige Hinweise sowohl zur Anreicherung als auch zu Wechselwirkungen verschiedener Schwermetalle liefert ihre Erfassung und Beschreibung im Verlauf des Uferbereichs ober- und unterhalb von Einleitern. In dieser Arbeit sind die Schwermetallbelastungen im Ufersediment eines mäßig belasteten Tieflandbaches, der Hase bei Osnabrück (Niedersachsen, BRD), aufgezeigt. Vor dem Hintergrund kommunaler Einflüsse werden die Konzentrationen von Cadmium, Blei, Kupfer, Zink, sowie der pH-Wert, Anteil organischer Substanz und die Austauschkapazität in den Uferböden beschrieben.

#### 2. MATERIAL UND METHODEN

Es wurden drei Probenorte entlang der Hase vor Eintritt des Flusses in das Stadtgebiet von Osnabrück, sowie vier Untersuchungsbereiche nach dem Verlassen bearbeitet (Abb. 1). Bei den einzelnen Probeflächen handelt es sich jeweils um 200 m lange Flußabschnitte mit je vier 50 m Teilabschnitten.



**Abb. 1:** Lageskizze der untersuchten Bereiche entlang der Hase bei Osnabrück (Niedersachsen, Nordwest-Deutschland, BRD).

Mit Hilfe eines PE-Rohres ( $\phi = 4$  cm) wurden aus jedem Abschnitt Sedimentmischproben von je 10 nach einer Zufallsverteilung entnommen Einzelproben zusammengestellt. Das Probenmaterial wurde in Höhe der mittleren Niedrigwasserlinie entnommen und in Auflage (0-2 cm) und obere Bodenschicht (2-10 cm) getrennt. Das vorhandene Wasser wurde durch zweimalige Zentrifugation (Labofuge, ca. 3500 U/min) gewonnen. Die Analysen des Porenwassers erfolgten mit der Atomabsorption im Graphitrohr (Perkin & Elmer 420 und HGA 74). Das Sedimentmaterial wurde gefrieretrocknet. Nach dem Sieben mit einem 0,2 mm-PE-Sieb erfolgten alle weiteren Analysen aus dieser Siebfraction. Als Aufschlußmethode wurde der offene Aufschluß mit Salpetersäure bei 130 °C gewählt. Die Elementbestimmung erfolgte mit einem Flammen-AAS (Hitachi, Z-8000). Die Kationenaustauschkapazität wurde nach MEHLICH (1953; in SCHLICHTING und BLUME 1966) aufgrund der Verdrängung mit Bariumchlorid gemessen. Die organische Substanz wurde nach Verglühen der Probe im Muffelofen (550 °C) gravimetrisch ermittelt. Der pH-Wert des Siebmaterials (0,2 mm) wurde nach Aufschwemmen in 0,1 M Kaliumchloridlösung mit der pH-Elektrode bestimmt.

### 3. ERGEBNISSE

Die Schwermetallkonzentrationen nehmen im Einflußbereich der Kommune stark zu.

#### Cadmium (Abb. 2a):

Die Cadmiumgehalte im Bodenwasser liegen flußaufwärts von Osnabrück fast ausnahmslos unter 0,5 ppb. Flußabwärts steigen diese Werte auf ca. 1-2 ppb an. Die stärkste Zunahme ist nach dem Eintritt des Oberflächenwassers (des sog. Landwehrgrabens) aus dem Siedlungsbereich zu verzeichnen. Hier wurden Konzentrationen bis über 8 ppb ermittelt. Diese hohen Elementmengen sind nur in der Auflage anzutreffen. In 2-10 cm Tiefe fallen diese Konzentrationen bis unter 50 % des Gehaltes der Auflage ab.

In den Bodenaufschlüssen nehmen die Konzentrationen ebenfalls erkennbar zu. Maximale Konzentrationen von über 3 ppm werden hier auch im Bereich der Landwehrgrabenmündung erreicht.

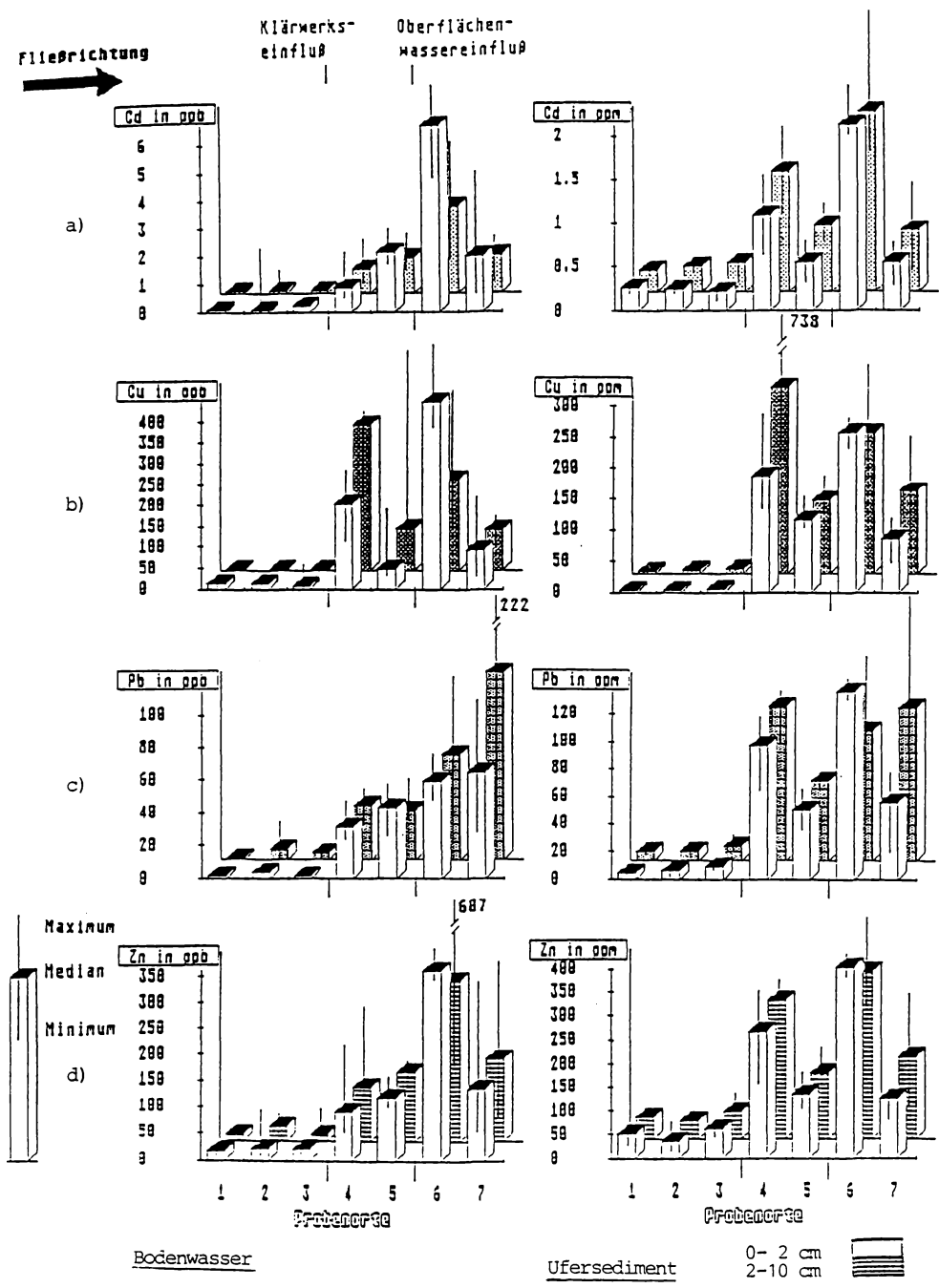


Abb. 2: Schwermetallkonzentrationen von Cadmium, Kupfer, Blei und Zink im Porenwasser (links) und im Aufschluß der getrockneten Sedimente (rechts) der Hase.

**Kupfer (Abb. 2b):**

Die Kupferkonzentrationen steigen im Verhältnis zu den anderen vier untersuchten Elementen am stärksten an. So liegen die Werte im oberen Flußabschnitt bei ca. 10 ppb, während sie nach dem Passieren des städtischen Bereichs 400 bis 600 ppb im Porenwasser erreichen. Auffällig sind hier die hohen Konzentrationen des Bodenwassers im Vergleich zu den Gehalten der Sedimentaufschlüsse.

Die Elementkonzentrationen der Sedimente des Uferbereichs verhalten sich ähnlich. Hier steigen die Werte von ca. 1 ppm auf über 300 ppm an. Mit wenigen Ausnahmen sind die Kupferkonzentrationen in 2-10 cm Tiefe größer als in der Auflage.

**Blei (Abb. 2c):**

Die Bleiwerte im Bodenwasser übersteigen nach Verlassen des Stadtbereiches zu 50 % den Wert von 40 ppb. Die Werte der Probenflächen des Standortes 7 sind außergewöhnlich hoch (vgl. Abb. 1). In den Ufersedimenten werden durch die Beeinflussung der Stadt bei mehr als der Hälfte der Proben 100 ppm überschritten.

**Zink (Abb. 2d):**

Die Konzentrationen im Bodenwasser verdreifachen sich unterhalb der Stadt. Am Einfluß des Landwehrgrabens werden Werte von 0,4 bis 0,6 ppm erreicht. Bei den Gehalten der Aufschlüsse steigen die Zinkkonzentrationen um das 6- bis 10-fache und erreichen unterhalb der Stadt Werte von 300 bis 400 ppm.

**Organische Substanz (Abb. 3):**

Die Konzentrationen der organischen Substanz verhalten sich ähnlich wie die Cadmium- bzw. Kupfergehalte der Aufschlüsse. Hier werden im Einflußgebiet des Landwehrgrabens in der Auflage die höchsten Werte (von über 10 %) erreicht. Durch den städtischen Einfluß kehrt sich das Verhältnis der Konzentrationen in der Auflage- zu den in 2-10 cm Tiefe an den Standorten 4, 5 und 6 um. Am Standort 7 sind die Mittelwerte wieder gleich.

**Austauschkapazität (Abb. 3):**

An fast allen Standorten zeigte die Bodenschicht von 2 bis 10 cm eine bis zu 25 % höhere Austauschkapazität als die Auflage. Ein entgegengesetztes Verhalten ist nur im Einflußbereich der städtischen Einleitungen festzustellen. Hier ergeben sich für die Auflage höhere Werte. Das Bild der Austauschkapazität ähnelt im Verlauf dem der organischen Substanz. Hier ist auf der Probenfläche 6 (Einfluß des Landwehrgrabens) eine Verdoppelung bzw. Verdreifachung der Werte erkennbar.

**pH-Werte (Abb. 3):**

Der pH (KCl)- Wert des Sedimentmaterials ist an allen 7 Standorten in etwa gleich. Eine vorhandene Differenz zwischen den Werten der Auflage- und Bodenschicht schwächt sich nach Verlassen des städtischen Bereichs ab. In der Auflage verringert sich der pH- Wert geringfügig von 7,1 auf 6,9. Für den Bereich 2-10 cm ist eine leichte Erhöhung von 6,5 auf 6,7 zu erkennen.

#### 4. DISKUSSION

Ein Vergleich der vorliegenden Ergebnisse mit der Gewässerbelastung in der Bundesrepublik (FAUTH und SIEWERS 1985) zeigt, daß sich die Cd- und Pb-Gehalte der Sedimente im Oberlauf im "niedereren Bereich (natürlicher Untergrund)" bewegen. Unterhalb der kommunalen Einflüsse, insbesondere bei der Einleitung von Oberflächenwasser werden jedoch so hohe Konzentrationen erreicht, wie sie bei nur 4 % der Proben für den Geochemischen Atlas der BRD erreicht wurden. Die genannten Bereiche zählen nach diesen Maßstäben zu den mäßig bis übermäßig belasteten Gebieten. Mit Ausnahme der Kupferkonzentrationen, die um das Dreifache höher liegen, sind diese Ergebnisse mit denen der Ems (SALOMONS und EYSKIN 1981) vergleichbar. Gegenüber Daten vom Rhein bei Emmerich (BREDER 1980) sind die Pb-, Cd- und Zn- Belastungen der Hase erheblich geringer. Nur die Kupferkonzentrationen sind ähnlich hoch.

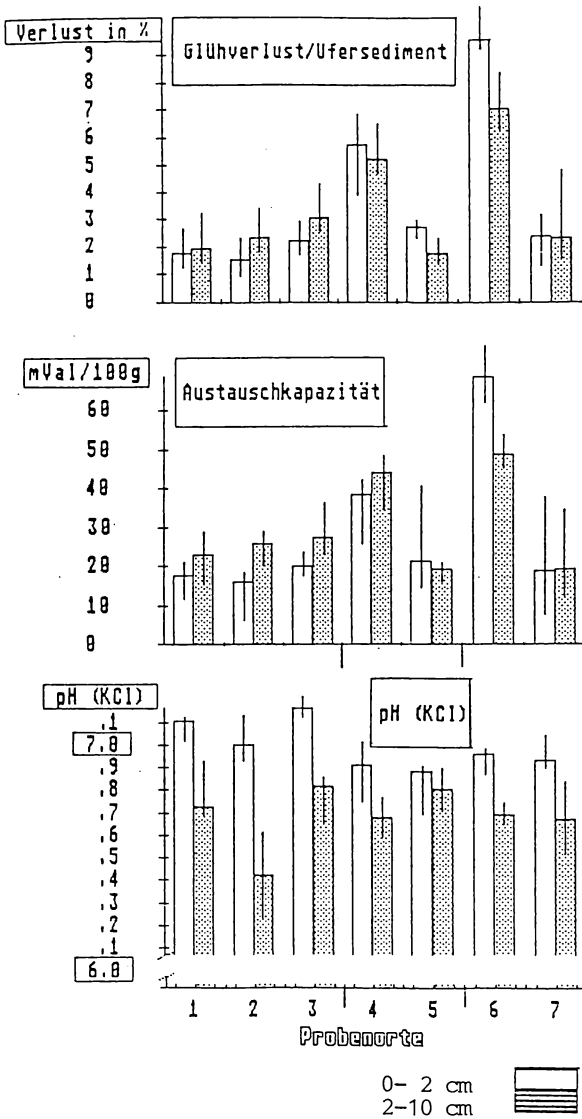


Abb. 3: Die organische Substanz (Glühverlust), Austauschkapazität sowie pH-Werte von getrockneten Sedimentproben der einzelnen Untersuchungsgebiete entlang der Hase.

Bei der Betrachtung der Aufschlußgehalte in den einzelnen Proben ergibt sich die Elementabfolge von  $Zn > Pb > Cu > Cd$  flußaufwärts und die Reihung  $Zn > Cu > Pb > Cd$  nach dem Einfluß der städtischen Abwässer. ZIRSCHKY et al. (1989) beschreiben den Einfluß von schwermetallhaltigen Klärwässern auf die angrenzenden Sedimentschichten. Sie wiesen darauf hin, daß nur Kupfer und Zink in nennenswerten Mengen aus den Abwässern in die oberen Schichten eingetragen wurden.

Bei der Kombination der einzelnen Elemente der Bodenwasseranalysen zueinander sind die Gehalte von Cadmium und Kupfer jeweils mit Zink linear hoch korreliert.

Die Verhältniswerte der gelösten Schwermetallkonzentrationen des Bodenwassers zu ihren jeweiligen Gehalten im Aufschluß ergeben für die einzelnen Elemente die Reihung von Cu > Cd > Zn > Pb im Auflagebereich und Cd > Cu > Zn > Pb in der 2-10 cm Bodenschicht. Bis auf die geringeren Bleiwerte in der Lösung stimmen die Verhältnisse in der Auflage mit denen von KIEKENS et al. (1981) überein. Er fand die Reihung: Cu > Pb > Cd > Zn aufgrund der Bindungskapazität der von ihnen untersuchten Böden.

Das Porenwasser weist im allgemeinen höhere Schwermetallkonzentrationen auf als das freie Wasser. So ermittelten SCHWEDHELM et al. (1988) mit Hilfe der Dialysetechnik die Porenwassergerhalte in Elbesedimenten. Sie fanden die höchsten Konzentrationen von Cu, Cd, Pb und Zn in den oberen 10 cm der Tiefenprofile.

Die pH-Wert-abhängige Löslichkeit der vier Elemente ist bei den momentanen Bodenverhältnissen als gering einzustufen. Im allgemeinen nehmen die Anteile der gelösten Schwermetalle mit abnehmenden pH-Werten zu. Sie sind jedoch in vielen Fällen von den jeweiligen Substraten abhängig. So steigt die Löslichkeit für Zink und Cadmium erst unterhalb von pH 6 an, wobei dies jedoch abhängig von der Gesamtkonzentration bleibt. Es können so Löslichkeitsunterschiede für z.B. Zink von 300 % bei pH 5 auftreten (ROTHER et al. 1988). Cadmium ist ebenfalls stark pH-abhängig. So steigt die Löslichkeit in Klärschlämmen bereits knapp unterhalb von pH 7 steil an. Für Blei wird von diesen Autoren im ökologisch relevanten pH-Bereich die Löslichkeit als außerordentlich schlecht beschrieben. Aufgrund der bedingten Mobilität von Cd und Zn sowie der ausgesprochen guten von Cu, stellten ROTHER et al. (1988) folgende Reihenfolge für die vier Elemente auf: Cd > Cu > Zn > Pb.

Die rechnerische Kombination der Schwermetallgehalte ergibt bei einigen Elementen überaus hohe Korrelationen. So treten innerhalb der Aufschlüsse die positiven Beziehungen von Zink zu Cadmium und Kupfer sehr stark hervor.

Für die Kontamination von Sedimenten durch Schwermetalle spielen die organischen Bestandteile des Bodens eine bedeutende Rolle. Sie werden als überaus sensitive Indikatoren beschrieben (SAMANIDOU und FYTIANOS 1987). Es ist bekannt, daß 50-70 % des Kupfers im neutralen pH-Bereich an die organische bzw. sulfidische Fraktion gebunden sind (RAÜRET et al. 1988). Die in der vorliegenden Arbeit ermittelten Elementgehalte korrelieren gut mit den Konzentrationen an organischer Substanz. Hierbei sind die Korrelationskoeffizienten für die Auflagen (0-2 cm) generell höher als für die Bodenschicht 2-10 cm. Bei den Bodenwassergehalten sind die Korrelationen der Schwermetalle zur organischen Substanz und Austauschkapazität in allen Fällen geringer. Nur die Kupferwerte der Auflage erreichen hier in Kombination mit der organischen Substanz einen hohen Korrelationskoeffizienten ( $r = 0,93$ ).

Durch eine Aufwirbelung der organischen Substanz z.B. bei hoher Wasserführung besteht die Möglichkeit, daß die Schwermetalle nach der Ablagerung in den Sedimenten remobilisiert werden (WACHS 1981). Andere extreme Einflüsse, wie der vermehrte Eintrag von organischen Komplexbildnern, EDTA und NTA, in die Oberflächengewässer können bereits in den Sedimenten eingelagerte Schwermetalle in nicht unerheblichem Maße remobilisieren. So können durch die genannten Komplexbildner bereits bei pH 7 bis 8 über 95 % Cadmium in Lösung gehalten werden (DEHNAND und FÖRSTNER 1988). Die Metallkonzentrationen müssen dabei immer in Bezug zur Menge der Komplexbildner gesehen werden. Im allgemeinen sind die Konzentrationen von NTA in den Oberflächenwässern sehr gering. EDTA tritt jedoch bereits im Trinkwasser in erheblichen Mengen auf (DIETZ 1987).

Diese Arbeit wurde gefördert mit Forschungsmitteln des Landes Niedersachsen.

## LITERATUR

- BREDER R., 1980: Die Belastung des Rheins mit toxischen Schwermetallen. - Diss. Universität Bonn.
- DEHNAD F., FÖRSTNER U., 1988: Einfluß ausgewählter organischer Komplexbildner auf die Sorption von Schwermetallen an Gewässersedimente. - Z. Wasser-Abwasser-Forsch. 21: 46-50.

- DIETZ F., 1987: Neue Meßergebnisse über die Belastung von Trinkwässern mit EDTA. - *gwf Wasser/Abwasser* 128: 286-288.
- FAUTH H., SIEWERS U., 1985: *Geochemischer Atlas. Bundesrepublik Deutschland.* - Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe.
- FÖRSTNER U., MÜLLER G., 1974: *Schwermetalle in Flüssen und Seen.* - Springer-Verlag Berlin.
- KIEKENS L., VERLOO M., COTTNIE A., 1981: Behaviour and biological importance of trace elements in the soil. - In : COTTNIE A.(ed.): *Trace elements in agriculture and in the environment.*
- RAURET G., RUBIO R., LOPEZ-SANCHEZ F, CASASSAS E., 1988: Determination and speciation of copper and lead in sediments of a mediterranean river (River Tenes, Catalonia, Spain). - *Wat. Res.* 22: 449-455.
- ROTHER N., GUNDERMANN O.-K., JENTSCH F., 1988: Zur pH-abhängigen Löslichkeit von Schwermetallen aus Klärschlämmen unterschiedlicher Zusammensetzung. - *Zbl. Bakt. Hyg. B* 187: 112-124.
- SALOMONS W., EYSKIN W.D., 1981: Pathways of mud and particulate trace metals from rivers to the southern North Sea. - *Waterloopkundig Lab./Delft Hydraulics Lab. Publications*, no.253.
- SAMANIDOU V., FYTIANOS K., 1987: Partitioning of heavy metals into selective chemical fractions in sediments from rivers in southern Greece. - *Sci. Total Environ.* 67: 279-285.
- SCHLICHTING E., BLUME H.-P., 1966: *Bodenkundliches Praktikum.* - Berlin.
- SCHWEDHELM E., VOLLMER M., KERSTEN M., 1988: Bestimmung von Konzentrationsgradienten gelöster Schwermetalle an der Sediment/Wasser-Grenzfläche mit Hilfe der Dialysetechnik. - *Z. Anal. Chem.* 332: 756-763.
- WACHS B., 1981: Schwermetalle in Wasserorganismen. - *Sicherheit in Chemie und Umwelt* 1: 113-115.
- ZIRSCHKY J., CRAWFORD D., NORTON L., DEEMER D., 1989: Metals removal in overland flow. - *J. WPCF* 61: 470-475.

#### ADRESSE

Arnold ten Thoren  
 Universität Osnabrück  
 FB Biologie/Chemie  
 AG Ökologie  
 D-W-4500 Osnabrück

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://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): Overdieck Dieter, Thoren Arnold ten

Artikel/Article: [Schwermetalle im Uferbereich eines kleinen Tieflandflusses in Nordwest-Deutschland 229-235](#)