©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.

Osnabrücker naturwiss. Mitt.	19	S. 167–182	2 Abb., 2 Tab.	Osnabrück, Dez. 1993

Kupfer, Blei, Zink und Cadmium in Auenböden der Düte und der Hase im südlichen Landkreis Osnabrück

mit 2 Abbildungen und 2 Tabellen

Friedrich Bailly, Matthias Gieske, Susanne Kleinwort & Norbert Wolf*

Kurzfassung: Schwermetall-Untersuchungen entlang der Düte und der Hase zeigen die starke Belastung der Auenböden jeweils unterhalb der Städte Georgsmarienhütte bzw. Osnabrück. In den Böden beider Auen erreichen Blei, Zink und Cadmium beträchtliche, die Bodenwerte der AbfKlärVO (1992) z.T. erheblich überschreitende Werte. In den Böden entlang der Hase tritt zudem Kupfer mit besonders hohen Werten auf. Diese Unterschiede stehen in Zusammenhang mit der Art der jeweiligen Industriestandorte (Eisenhütte bzw. Metallverarbeitung).

Abstract: Heavy metal investigations in alluvial soils along the rivers Düte and Hase in northwestern Germany indicate intense pollution downstream the towns of Georgsmarienhütte and Osnabrück, resp. – Lead, zinc and cadmium exceed legal threshold values considerably along both rivers. In addition alluvial soils along the lower course of river Hase exhibit extreme values for copper. The differences are closely linked with the type of industry in both towns (steel works and metal working, resp.).

1 Einleitung

1.1 Bodenkundliche Voraussetzungen

Unter dem Einfluß von Witterung und Organismen entstanden innerhalb der obersten, belebten Erdkruste als Folge spezifischer Umwandlungsprozesse aus festen oder lockeren Ausgangsgesteinen Böden, deren Profile sich durch charakteristische Horizontabfolgen auszeichnen. Die meisten Böden Mitteleuropas sind nicht älter als etwa 10.000 Jahre.
Auenböden sind Böden der durch periodische Überschwemmungen geprägten Teile von Flußtälern. Sie bestehen im tieferen Profilteil meist aus Kiesen, die nach oben hin in Sande bis lehmige Sande übergehen. Die in den letzten 100–200 Jahren erfolgten anthropogenen Veränderungen in unseren Tälern haben das Ausmaß der Überflutungen teilweise sehr beträchtlich verändert. Da es seit Beginn des Neolithikums vor etwa 6.000 Jahren als Folge der ackerbaulichen Nutzung insbesondere in den Lößlandschaften zu einer beträchtlichen Bodenerosion gekommen ist, sind viele Flüsse Mitteleuropas seit dieser Zeit in der Lage gewesen, die Flußauen mit dem andernorts erodierten Bodenmaterial in Form von Auenlehmdecken zu überziehen.

* Prof. Dr. F. Bailly, Dipl.Ing M. Gieske, Dipl.Ing. S. Kleinwort, Dipl.Ing. N. Wolf, Fachhochschule Osnabrück, Fachbereich Gartenbau, Oldenburger Landstr. 24, 49090 Osnabrück

©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.

Auenböden gehören zwar zu den Grundwasserböden, zeigen jedoch häufig keine oder nur geringe morphologische Vernässungsmerkmale wie Rostfleckung, Marmorierung, Reduktionsfarben etc. Dies liegt daran, daß im Bereich größerer Flüsse nicht nur das Überschwemmungswasser, sondern auch das starken Schwankungen ausgesetzte Grundwasser sauerstoffreich ist. Nur in kleineren Fluß- und Bachtälern ist dies weniger der Fall. In derartigen Auen treten daher häufig Gleye mit deutlich ausgeprägter Rostfleckigkeit und anderen Merkmalen der Redoximorphose auf (Scheffer &. Schachtschabel 1989; ARB.GEM. BODENK. 1989).

1.2 Mögliche Ursachen der Schwermetallbelastung

Zu den gefährlichen Stoffen, die Böden belasten können, gehören auch Schwermetalle. Neben der Immission durch die Luft in Gebieten mit schwermetallverarbeitenden Hütten- und Industrieanlagen, starkem Strassenverkehr usw. spielt in Flußauen die Zufuhr über Abwässer und die Fließgewässer eine sehr beträchtliche Rolle. Die Schwermetallverfrachtung über Gewässer erfolgt nicht nur in gelöster Form, sondern in starkem Umfang in Form von Schwebstoffen unterschiedlicher Zusammensetzung. Immissionen über die Fließgewässer sind stellenweise schon seit dem Mittelalter wirksam gewesen (Gieske 1992). Dies zeigen beispielsweise die bekannten Schwermetall-Belastungen in den Auen der Harzvorlandflüsse Oker und Innerste (Köster & Merkel 1981), oder in den Auen der das Bergische Erzabbaugebiet entwässernden Flüsse (Grupe & Wichmann 1987; Wüstefeld 1993). Die Schwermetall-Einträge haben in einigen dieser Fälle sogar dazu geführt, daß in den Auen Schäden nicht nur an Pflanzen zu beobachten waren, sondern auch an dort weidenden Tieren, so daß eine normale Bewirtschaftung der Flächen nicht mehr möglich war und ist. Der Satz bewahrheitet sich: Die Böden der Aue sind das Gedächtnis der Flüsse.

1.3 Charakterisierung des Untersuchungsgebietes

Die Untersuchungen, über die in der vorliegenden Arbeit berichtet wird, erstrecken sich auf die Böden der Auen von Düte und Hase im Gebiet Osnabrück/Georgsmarienhütte. Es war das Ziel, Aussagen zu machen über die Belastungen der Auenböden jeweils oberhalb und unterhalb der beiden vermutlichen Hauptemittenten Georgsmarienhütte bzw. Osnabrück (Kleinwort 1993; Wolf 1993). Beide Orte sind seit Mitte des 19. Jahrhunderts Industrie-Standorte. Durch das Hüttenwerk in Georgsmarienhütte fließt die dort z.T. sogar überbaute Düte. In Osnabrück dient die Hase als Vorfluter für Abwässer, zu denen auch diejenigen der dort ansässigen metallverarbeitenden Industrie gehören.
Die Düte durchfließt von ihrem Quellgebiet im Teutoburger Wald östlich von Bad Iburg bis zum Zusammenfluß mit der Hase bei Halen/Hollage eine Strecke von etwa 30 km. Sie nimmt eine Anzahl von Zuflüssen auf, die im wesentlichen ebenfalls dem Bereich des Teutoburger Waldes entstammen (Abb. 1). Ihr Gesamteinzugsgebiet umfasst etwa 220 qkm. Als Emittenten kommen neben dem Industriestandort Georgsmarienhütte auch noch die alten Zink/Blei/Eisen-Erzabbaugebiete des Hüg-

©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.

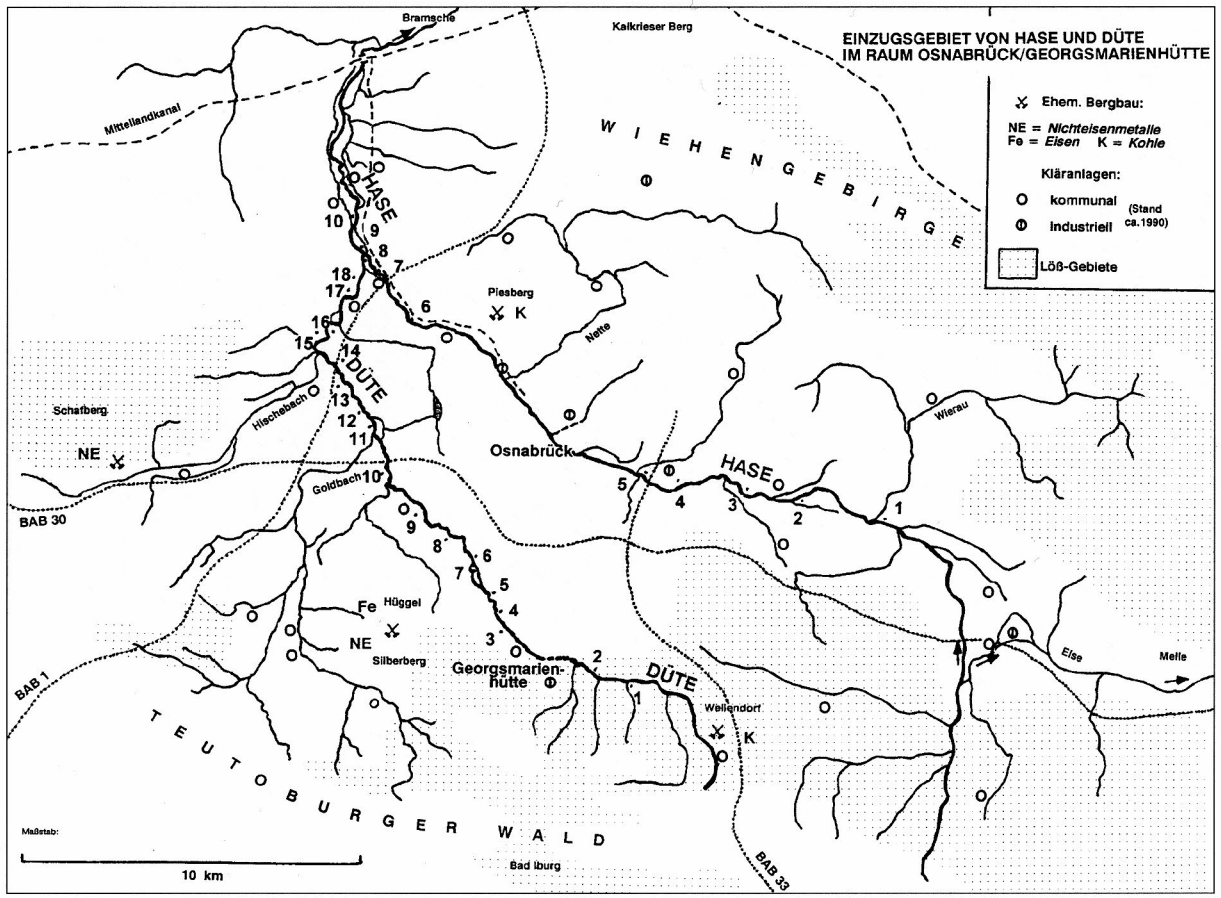


Abb. 1
Einzugsgebiet von Hase und Düte im Osnabrücker Bergland.
Zahlen: Standorte der Probenahme in den Auen entlang der Hase und der Düte.

©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.

gels, des Silberberges und des Schafberges einschließlich ihrer Bergehalden, die Kohlezechen im Oberlauf bei Wellendorf sowie eine Reihe örtlicher Kläranlagen in Frage. Nach Beobachtungen und mündlichen Mitteilungen der Anwohner und des STAATL. AMTES f. WASSER u. ABFALL, Osnabrück, kann davon ausgegangen werden, daß in den letzten Jahrzehnten durchschnittlich mindestens zweimal jährlich (teilweise auch im Sommer) Hochwasser-Ereignisse mit Überschwemmungen auftraten, die aber meist nur sehr wenige Tage andauerten und die auch in Abhängigkeit von örtlichen Gegebenheiten (Zuflüsse von Seitenbächen, Reliefunterschiede, etc.) von sehr unterschiedlicher Intensität gewesen sind.
Die Hase hat ihr Quellgebiet im Teutoburger Wald östlich von Wellendorf. Nachdem sie im Bereich der sog. Bifurkation bei Gesmold etwa ein Drittel ihres Wassers verloren hat, nimmt sie bis zum Zusammenfluß mit der Düte eine Reihe weiterer Zuflüsse aus dem Gebiet zwischen Wiehengebirge und Teutoburger Wald auf (Abb. 1). Sie durchfließt bis Halen/Hollage eine Strecke von etwa 40 km und entwässert eine Fläche von etwa 370 qkm. Als Emittenten (Neumann 1990) sind neben dem Industriestandort Osnabrück insbesondere der jahrhundertealte Kohleabbau im Piesberg sowie eine Reihe örtlicher Kläranlagen zu nennen. Nach Herzog (1938) werden die kommunalen Abwässer erst seit 1912, die industriellen Abwässer erst seit dem Trockenjahr 1929 geklärt. Lang anhaltende Überflutungen waren in den vergangenen Jahrhunderten sehr häufig. Infolge des Gewässerausbaus haben Häufigkeit und Intensität der Überflutungen zwar nachgelassen, doch treten noch immer regelmäßig im Winter, seltener hingegen im Sommer, Überflutungen auf und erfassen oft sehr weite Teile der Aue (Wellinghorst 1993; STAATL. AMT f. WASSER u. ABFALL, Osnabrück 1993, mündl. Mitt.). Lokale Unterschiede sind dabei oberhalb von Osnabrück eher weniger deutlich, im Unterlauf oft sehr viel deutlicher zu beobachten; sie dürften mit Reliefunterschieden, unterhalb von Osnabrück vor allem als Folge der starken anthropogenen Veränderungen der Auenlandschaft, in Zusammenhang stehen.
Die Böden der Auen beider Flüsse sind vorwiegend den Gleyen zuzurechnen, d.h. sie besitzen einen Unterboden mit rostfleckig-marmoriertem oberen Teil (Go) und grau-schwarz reduziertem unteren Teil (Gr). Da sich die meisten Standorte unter Dauergrünland befinden, konnten sich, gefördert durch ständige Ablagerung von Flußsedimenten mit erhöhtem Gehalt an organischer Substanz, im Oberboden meist bis über 30 cm mächtige Ah-Horizonte bilden. Obwohl in weiten Teilen des Einzugsgebiets ackerbaulich genutzte Lößböden auftreten, sind die Böden der Auen beider Flüße nur z.T. als Auenlehme, im übrigen aber als lehmig-schluffige Sande anzusprechen.

2 Material und Methoden

2.1 Probleme bei der Wahl der Probenahme-Standorte

Ziel der Untersuchungen war, ein Bild über die Schwermetallbelastung der Auenböden unter dem Einfluß der Flüsse selbst, möglichst unabhängig von anderen Faktoren, zu gewinnen. Daher sollte die Probenahme an weitgehend ungestörten Bodenprofilen erfolgen. Diese Forderung wurde allerdings durch zahlreiche Faktoren

©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.

erschwert. Als wichtigste, seit dem vergangenen Jahrhundert wirksame Störfaktoren in den Auen dieser beiden Flüsse können hier genannt werden:

(a) Veränderungen des Flußlaufes: Begradigungen, örtlich auch die Anlage von Wällen, führten bei der Hase insbesondere im oberen Teil zwischen der sog. Bifurkation und der Stadt Osnabrück sowie bei der Düte in einigen Bereichen unterhalb von Georgsmarienhütte zu einer Beschleunigung des Abflusses. Andererseits erfolgten bereits im Mittelalter zahlreiche Eingriffe bei der Anlage von Mühlen; auch neuzeitliche Maßnahmen zur Rückhaltung des Abflusses an der Düte trugen zu einer Verlangsamung bei.
(b) Bau des Mittelland-Zweigkanals: Hierdurch ist der untere Haselauf zwischen Osnabrück und Bramsche stellenweise erheblich beeinflußt worden.
(c) Anlage von Berieselungsfeldern: Unterhalb von Osnabrück erfolgte ein abschnittsweiser Aufstau der Hase durch Wehre sowie die Anlage von Berieselungsfeldern. Der Bereich dieser Rieselbewässerung spiegelt sich sogar in Abb.1 in Form eines etwas stärker verzweigten Gewässerverlaufes im Haselauf ab Punkt 7 wider. Die Anlagen wurden in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts erstellt und umfassen ein engmaschiges Netz von Be- und Entwässerungsgräben und dazwischenliegenden beetartigen Rücken. Das Mikrorelief der Auenlandschaft wurde dadurch erheblich verändert. Diese Rieselbewässerung, die bis nach 1945 durchgeführt wurde, hat neben der Wasserzufuhr auch eine Zufuhr großer Mengen an organischer und anorganischer Substanz und damit auch an Nährstoffen zur Folge gehabt.
(d) Ausbringung von Klärschlamm: Dieser Faktor läßt sich nur für die letzten 10–15 Jahre mit ausreichender Sicherheit aufgrund von Unterlagen der Ämter für Landwirtschaft bewerten. In den Jahren davor könnte örtlich eine extrem starke Klärschlamm-Ausbringung erfolgt sein, ohne daß dies eindeutig dokumentiert wurde. Mit derartigen örtlichen Belastungen, auch hinsichtlich von Schwermetallen, muß gerechnet werden, insbesondere weil sich im Untersuchungsgebiet eine größere Anzahl von Klärwerken befindet (s. Abb.1), in deren näherer Umgebung oft eine bevorzugte Klärschlamm-Ausbringung durch die daran beteiligten Unternehmer erfolgte. Diese Beeinflussung, die sich heute nicht mehr mit Sicherheit rekonstruieren läßt, geht daher in die Untersuchungsergebnisse als möglicher zusätzlicher Faktor mit ein.

Die Probenahme-Standorte sollten also seit Beginn der Industrialisierung möglichst wenig verändert worden sein. Hinsichtlich der Punkte (a) und (b) erfolgte die Auswahl der Standorte daher unter Hinzuziehung historischer Karten (Gauss'sche Landesaufnahme 1841–44; Preußische Landesaufnahme 1895), aus denen sich der ursprüngliche Verlauf der beiden Flüsse in den meisten Fällen rekonstruieren ließ, so daß die Probenahme mit ausreichender Wahrscheinlichkeit auf alten, durch jüngere Bodenbewegungen möglichst nicht beeinflußten Auenflächen erfolgen konnte. Hinsichtlich des Punktes (c) konnte eine solche Vorsichtsmaßnahme nicht ergriffen werden, da die gesamte Flußauenlandschaft unterhalb von Osnabrück durch die Anlage der Berieselungsbeete verändert worden war. Allerdings kann davon ausgegangen werden, daß seit der Anlage der Beete bis heute auf den ausgewählten Flächen eine mehr oder minder kontinuierliche, den gesamten Zeitraum der Industrialisierung gleichmäßig erfassende Sedimentation erfolgt sein dürfte.

©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.

Als weiterer Faktor sollte berücksichtigt werden, möglichst keine ufernahen Wälle in die Probenahme mit einzubeziehen. Solche Uferwälle, die sich im Laufe von Jahrhunderten durch die Sedimentationsvorgänge bei den einzelnen Überflutungsereignissen bilden, bestehen in der Regel aus sandigeren Ablagerungen im Vergleich mit dem Material der dahinter liegenden Auenfläche. Im Falle der Hase wurden daher Standorte in etwa 25–30 m Entfernung vom Ufer ausgewählt. Im Hase-Oberlauf ließ sich auf diese Weise gewiß der Effekt etwaiger Uferwälle verringern; im Unterlauf war dies weniger sicher in Anbetracht der starken anthropogenen Mikrorelief-Veränderungen im Zusammenhang mit der Anlage der zuvor genannten Berieselungsbewässerung. Bei der etwas kleineren Düte, deren Auenfläche beidseits des Flusses teilweise sehr viel schmaler ist, ließ sich ein Uferwall morphologisch nur gelegentlich und undeutlich beobachten. Es muß mit einem sehr engmaschigen Netz ehemaliger Flußläufe, die immer wieder durch Sedimentation verdeckt wurden, gerechnet werden. Die Probenahmeflächen lagen hier etwa 15 m vom Ufer entfernt.

2.2 Probenahme-Standorte

Die ungefähre Lage der Standorte ergibt sich aus Abb. 1. Eine Beschreibung der genauen Lage, die anhand der Hoch- und Rechtswerte auf der Deutschen Grundkarte 1:5000 dokumentiert wurde, liegt bei den Autoren vor. Folgende Standorte wurden untersucht:
Hase: Standorte 1 bis 5 oberhalb von Osnabrück, Standorte 6 bis 10 unterhalb von Osnabrück. Die Einmündung der Düte in die Hase befindet sich zwischen den Standorten 8 und 9.
Düte: Standorte 1 und 2 oberhalb von Georgsmarienhütte, Standorte 3 bis 18 unterhalb von Georgsmarienhütte. Der Goldbach mündet zwischen den Punkten 10 und 11, der Hischebach zwischen den Punkten 14 und 15 ein.
Alle Standorte liegen außerhalb der dichten Bebauungsgebiete. Weder im Stadtgebiet von Georgsmarienhütte noch im Gebiet der Stadt Osnabrück existieren heute noch Standorte, an denen vergleichbare Bodenproben hätten entnommen werden können.

2.3 Durchführung der Probenahme

Die Probenahme erfolgte auf 10 × 10 m großen Flächen unter Grünland durch jeweils 20 Einstiche mit dem Pürckhauer-Bohrstock auf 30 cm Tiefe. Die Proben wurden in 10-cm-Schritten entnommen und zu Mischproben der Tiefen 0–10, 10–20 und 20–30 cm Tiefe vereinigt. Nur in wenigen Fällen, bei denen der Ah-Horizont in weniger als 30 cm Tiefe endete, wurde als Untergrenze der letzten Entnahmetiefe der Kontakt Ah/Go gewählt.

2.4 Probenaufbereitung

Die Proben wurden nach Lufttrocknung auf 2 mm abgesiebt. Der Grobboden-Anteil war vernachlässigbar klein. Die Analytik erfolgte am Feinboden-Material < 2 mm. Im Falle der Schwermetall-Analysen wurden die Proben zusätzlich mit der Achat-Kugelmühle staubfein gemahlen.

©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.

2.5 Analysenmethoden

Textur: Kombinierte Sieb-Schlämm-Analyse nach Dispergierung mit H_2O_2 und $Na_2P_4O_7$.
pH-Wert: Potentiometrisch mit der Glaselektrode in 0,01-m-$CaCl_2$-Suspension.
Organischer Kohlenstoff: Nasse Verbrennung mit schwefelsaurer $K_2Cr_2O_7$-Lösung.
Schwermetall-Bestimmung: Die Schwermetalle Blei, Kupfer, Zink und Cadmium wurden im abgewandelten Königswasser-Aufschluß unter Verwendung eines Mikrowellen-Aufschlußgerätes extrahiert. An einer größeren Anzahl von Böden, die sowohl aus dieser Probenahme als auch aus anderen Fragestellungen entstammten, konnte nachgewiesen werden, daß die Abweichungen zwischen diesem vereinfachten, schnelleren Verfahren und dem klassischen Königswasser-Aufschluß (zweistündiges Kochen mit HCl/HNO_3 im Verhältnis 3:1 am Rückflußkühler) nur geringfügig sind (Wolf 1993). Die Schwermetalle wurden anschliessend in der Aufschlußlösung mit Hilfe des Flammen-Atomabsorptionsspektrometers bestimmt.

3 Ergebnisse

Die Gesamt-Ergebnisse werden zunächst in tabellarischer Form mitgeteilt (Tab. 1 und 2).

Die Textur-Analyse (Tab. 1) zeigt bei den Böden entlang der Hase einen mehrfachen Wechsel zwischen Sanden und Lehmen in den obersten 10 cm. Entlang der Düte sind die Ergebnisse einheitlicher: Im Oberlauf dominieren lehmige Schluffe (Auenlehme), während im Unterlauf vorwiegend lehmige bis schluffige Sande auftreten.

Hinsichtlich der Gehalte an organischem Kohlenstoff (Tab. 1) unterscheiden sich beide Flüsse deutlich. Entlang der Hase treten im Oberlauf Werte um 3–4 %, im Unterlauf hingegen Werte um etwa 6–9 % auf. Die Gehalte sinken im Profil nach unten hin regelmäßig und deutlich ab. Entlang der Düte tritt ein derartig auffallender lateraler Wechsel nicht auf; die Gehalte liegen durchweg bei etwa 2–4 %, wobei die geringeren Werte eher an den sandigeren Standorten zu verzeichnen sind. Die Abnahme der Gehalte in den Profilen nach unten hin ist erkennbar, aber eher etwas weniger stark ausgeprägt als in den Böden der Hase.

Die pH-Werte (Tab. 1) liegen in den Böden beider Flüsse vorwiegend zwischen etwa 5 und 6. Nur vereinzelt treten Werte unter 5 oder über 6 auf. Entlang der Hase lassen sich ab Standort 5 (östlicher Stadtrand) flußabwärts nur noch Werte um pH 6 feststellen. Entlang der Düte ist die laterale Verteilung der pH-Werte nicht so eindeutig zu gliedern. Eine deutliche Tiefenfunktion der pH-Werte im Profil nach unten hin ist meistens nicht zu beobachten.

Die Gehalte an den Schwermetallen Kupfer, Blei, Zink und Cadmium sind der Tab. 2 zu entnehmen.

©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.

Tab. 1 pH-Wert, organisch gebundener Kohlenstoff und Textur in den oberen Horizonten der Auenstandorte entlang der Hase und der Düte.
Abkürzungen: s,S = sandig, Sand; u,U = schluffig, Schluff; l,L = lehmig, Lehm; 2, 3, 4 = schwach, mittel, stark.

Tiefe (cm)	0-10	10-20	20-30	0-10	10-20	20-30	0-10
		pH-Wert			Org.Kohlenstoff (%)		Textur
HASE Nr.:							
1	4,8	4,7	4,6	3,7	3,2	2,1	Sl4
2	5,1	5,1	5,2	4,9	3,5	2,4	Ls3
3	4,9	4,9	4,8	3,5	2,4	2,0	Ls2
4	5,1	4,9	4,8	3,3	2,0	1,5	Sl2
5	5,4	5,6	5,7	3,1	2,5	1,4	Sl2
6	5,8	6,0	6,3	6,4	6,0	4,6	Slu
7	5,3	5,5	5,6	9,4	7,1	5,9	Lu
8	5,9	6,0	6,0	6,3	4,7	3,4	Ls2
9	5,8	5,8	5,9	9,4	5,8	1,7	Lu
10	5,8	5,9	6,0	7,5	2,5	1,4	Slu
DÜTE Nr.:							
1	6,2	6,7	6,6	2,9	2,3	1,9	Ul3
2	6,1	5,9	5,9	2,8	2,6	2,5	Ul3
3	5,7	5,8	5,8	3,4	2,2	1,7	Ul3
4	5,2	5,2	5,3	4,3	4,2	4,3	Ul4
5	5,4	5,4	5,5	3,3	2,2	1,2	Ul3
6	5,9	6,0	5,6	2,8	2,6	2,7	Ul3
7	4,9	4,9	4,8	4,1	2,8	1,9	Ul2
8	5,4	5,4	5,5	2,8	1,8	1,1	Uls
9	5,2	5,2	5,3	4,2	2,8	1,5	Uls
10	4,5	4,2	4,2	2,5	0,8	1,0	Uls
11	5,2	5,2	5,3	2,6	1,0	1,0	Sl2
12	4,8	5,1	5,2	1,9	1,5	0,8	Sl2
13	5,3	4,8	4,7	1,5	1,0	1,0	Sl2
14	5,7	5,4	5,5	1,2	1,2	1,3	Su3
15	5,4	5,0	5,0	4,6	3,4	1,6	Uls
16	4,6	4,5	4,6	2,3	0,8	1,4	Su2
17	5,6	5,3	5,3	3,3	3,2	2,6	Slu
18	5,0	4,6	4,7	2,8	2,0	1,8	Sl2

Kupfer zeigt die höchsten Werte (etwa 200–700 mg/kg) an den Standorten unterhalb von Osnabrück. Die Werte aller übrigen Standorte entlang beider Flüsse liegen im weiten Bereich zwischen etwa 10 und 70 mg/kg. Eine deutliche Abnahme der Gehalte mit der Profiltiefe nach unten hin tritt nur teilweise auf; gelegentlich läßt sich sogar eine Zunahme mit der Tiefe feststellen.
Die höchsten Blei-Gehalte (etwa 100–600 mg/kg) treten an zahlreichen Standorten der Düte wie auch an denen des Hase-Unterlaufs auf. Niedrigere Werte (meist deutlich unter 100 mg/kg) treten am Hase-Oberlauf sowie an einer Reihe von Standorten entlang der Düte auf. Die Werte zeigen, ähnlich wie beim Kupfer, nur teilweise eine deutliche Abnahme mit der Profiltiefe.
Bei Zink ist ein ähnlicher Trend zu beobachten wie bei Blei. Die höchsten Gehalte (etwa 500–1500 mg/kg) treten im Hase-Unterlauf sowie an einer Reihe von Düte-Standorten auf. Die übrigen Düte-Standorte besitzen meist Werte zwischen 100 und 500 mg/kg. Entlang dem Hase-Oberlauf treten die niedrigsten Werte (meist unterhalb 100 mg/kg) auf.
Das Verhalten von Cadmium folgt dem der beiden vorigen Elemente. Die höchsten Gehalte (etwa 1–6 mg/kg) treten im Hase-Unterlauf und an einer Reihe von Düte-

©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.

Tab. 2 Schwermetallgehalte in den oberen Horizonten der Auenstandorte entlang der Hase und der Düte

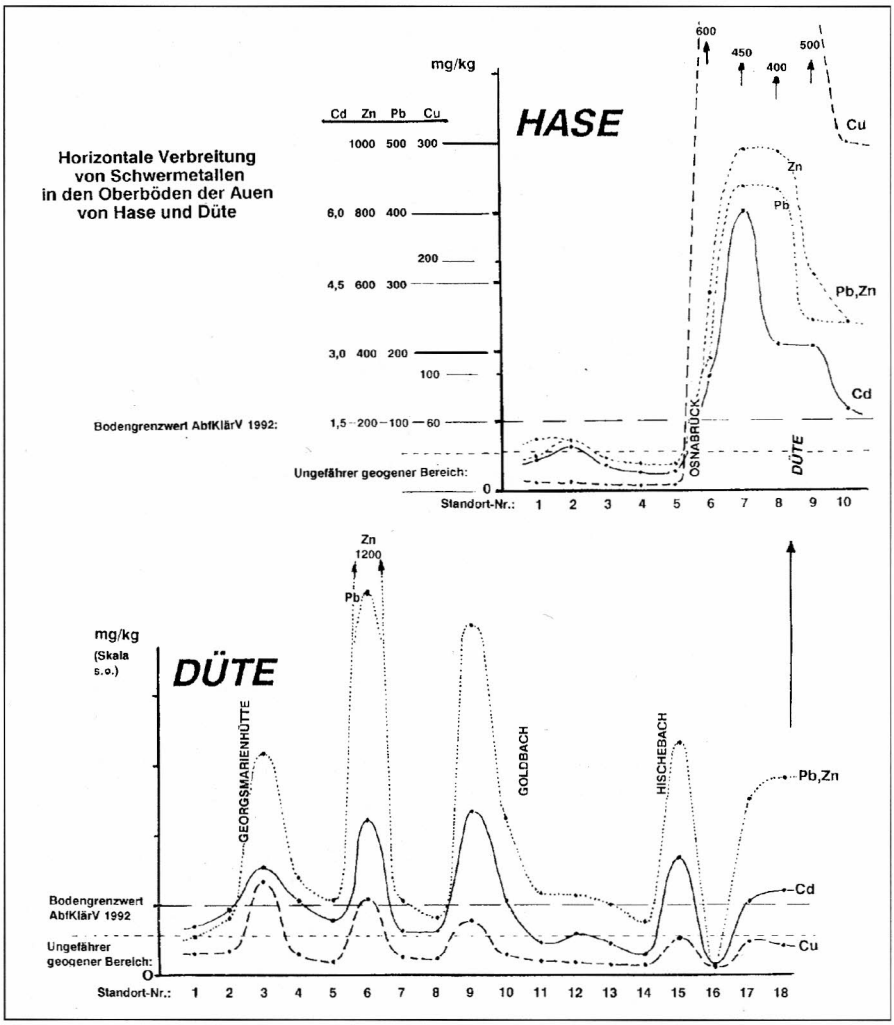
Tiefe (cm)	0-10	10-20	20-30	0-10	10-20	20-30	0-10	10-20	20-30	0-10	10-20	20-30
		KUPFER (mg/kg)			BLEI (mg/kg)			ZINK (mg/kg)			CADMIUM (mg/kg)	
HASE Nr.:												
1	13	10	7	78	37	30	78	73	56	0,9	0,6	0,6
2	26	19	13	62	49	36	144	74	72	1,1	1,0	0,7
3	14	12	11	35	36	34	74	73	70	0,7	0,7	0,6
4	13	10	8	37	33	25	65	55	45	0,5	0,4	0,3
5	17	18	71	37	37	21	85	83	49	0,6	0,6	0,3
6	596	714	512	177	192	158	556	560	399	2,5	2,5	1,9
7	475	480	440	434	537	513	945	1094	1117	5,9	6,4	7,7
8	373	321	289	435	461	501	949	962	984	3,4	3,5	3,7
9	527	445	158	253	234	105	688	571	265	3,6	2,9	1,4
10	316	277	223	243	179	96	534	407	257	2,1	1,4	1,0
DÜTE Nr.:												
1	19	19	16	50	50	42	127	125	107	1,1	1,1	1,0
2	21	22	22	55	60	56	175	188	181	1,4	1,5	1,5
3	77	99	66	312	350	241	696	792	619	2,4	2,3	1,9
4	27	18	10	183	122	58	406	275	138	2,0	1,4	0,8
5	16	15	9	110	107	61	256	243	150	1,4	1,3	0,7
6	65	67	71	538	563	606	1299	1438	1562	3,4	3,5	3,6
7	18	16	11	96	71	41	238	175	103	1,0	0,7	0,8
8	17	13	9	68	59	40	150	128	86	1,0	0,8	0,6
9	48	37	13	450	344	79	1031	838	250	3,4	3,7	1,0
10	30	9	15	244	46	96	494	194	313	1,8	0,6	1,0
11	12	16	20	79	139	150	283	425	500	0,7	0,9	1,2
12	14	17	7	133	175	95	294	463	262	0,9	1,4	0,7
13	12	8	10	86	78	78	225	159	175	0,8	0,5	0,8
14	8	10	12	55	59	79	150	150	200	0,5	0,6	0,7
15	40	31	15	275	356	188	751	662	325	2,8	2,5	1,2
16	8	3	3	34	11	34	56	29	38	0,3	n.b.	n.b.
17	30	33	26	181	213	194	575	631	488	1,6	2,1	1,8
18	24	23	23	269	267	275	531	573	550	2,4	1,5	1,3

©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.

Standorten auf, die niedrigsten Gehalte (meist unter 1 mg/kg) im Hase-Oberlauf und an den restlichen Düte-Standorten.

Die Ergebnisse der Schwermetall-Analysen werden in Abb. 2 zusätzlich in zusammengefaßter Form dargestellt, wobei hier lediglich die Werte der jeweils obersten Entnahme-Horizonte berücksichtigt wurden. Dieser Versuch einer Vereinfachung läßt sich dadurch rechtfertigen, daß die Werte der tieferen Horizonte in ihrer lateralen Verteilung im allgemeinen einem Trend unterliegen analog dem der obersten Horizonte. In dieser vereinfachenden Darstellung wird außerdem der Versuch gemacht, die erwartungsgemäß in ihren Absolutwerten so deutlich unterschied-

Abb. 2 Schwermetallgehalte in den Oberböden (0–10 cm) der Auenstandorte entlang der Hase und der Düte.



©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.

lichen vier Einzelelemente dadurch etwas vergleichbarer zu machen, daß für alle Elemente als gemeinsame Bezugslinie jeweils der Bodengrenzwert nach der Abfall- und Klärschlamm-Verordnung (1992) gewählt wird. Außerdem wurde versucht, den aufgrund der vorliegenden Literatur zu erwartenden ungefähren geogenen Grundgehalt zu berücksichtigen.
Bei der Hase liegen die Schwermetallgehalte (Abb. 2) in den Böden des Oberlaufes (Punkte 1–5) im Bereich der geogenen Grundwerte, teilweise im oberen Bereich dieser Grundwerte. Ab Osnabrück (Punkte 6–10) nehmen die Gehalte dann sehr stark zu und liegen beträchtlich über dem Bodengrenzwert der AbfKlärV (1992). Die Gehalte sinken mit der Entfernung vom vermutlichen Emittenten nur langsam wieder ab. Kupfer zeigt hier eine besonders stark ausgeprägte Erhöhung seiner Werte bis auf etwa 600 mg/kg.
Bei der Düte sind die Ergebnisse weniger einheitlich (Abb. 2). Unterhalb des Hauptemittenten (Punkt 3 und folgende) steigen die Werte häufig stark an, zeigen aber von Punkt zu Punkt sehr starke Schwankungen. Im Gegensatz zur Hase zeigt Kupfer die geringsten Anstiege, während Blei und Zink oft sehr hohe Werte erreichen. Andererseits treten mehrmals auch Standorte mit sehr niedrigen Werten auf, die z.T. (insbesondere bei Kupfer und Cadmium) sogar im mittleren bis unteren Bereich der geogenen Grundgehalte liegen.

4 Diskussion

Die Frage nach den nicht anthropogen bedingten Schwermetall-Grundgehalten von Böden läßt sich nur annähernd beantworten. Anhaltspunkte zum geogenen Grundgehalt liefern zum Beispiel die Untersuchungen an zahlreichen niedersächsischen Böden von Köster & Merkel (1985), sowie im speziellen die von Fauth et al. (1979) an Bachsedimenten in Gebieten mit sehr unterschiedlichem geologischen Ausgangsmaterial. In den Auenböden von Hase und Düte könnten die Schwermetall-Grundgehalte etwa in folgender Größenordnung liegen: Cu 10–15, Pb 25–35, Zn 50–65 und Cd 0,4–0,6 mg/kg. Derartige Werte treten in Gebieten mit durchschnittlich zusammengesetzten quartären und mesozoischen Locker- und Festgesteinen häufig auf. Dabei wären die höheren Werte vermutlich eher im Einflußbereich der Erz und/oder Kohle führenden paläozoischen Gesteine (Piesberg, Hüggel, Silberberg, Schafberg) zu erwarten.
Die in den untersuchten Böden gefundenen erhöhten Werte lassen sich mit den Grundgehalten vergleichen. Sie liegen in einem Teil der untersuchten Böden ganz erheblich über den geogenen Gehalten, auch wenn nicht derartig hohe Werte auftreten wie beispielsweise in den extrem belasteten Auenböden der Oker oder einiger Flüsse im Bergischen Erzabbaugebiet mit Werten bis über 4000 mg/kg Zn, 150 mg/kg Cd und 3000 mg/kg Pb. Durchaus im Extrembereich liegen freilich die Kupfergehalte in einem Teil der Hase-Böden. Werte bis 600 mg/kg Cu gelten auch andernorts als besonders hoch. Auf den Hektar bezogene Werte verdeutlichen die Situation: so ergeben sich beispielsweise für die am stärksten mit Zn belasteten Standorte entlang der Düte Zn-Mengen bis gegen 10 Tonnen je ha innerhalb der obersten 30 cm. Dies läßt den Belastungsgrad an einigen der Standorte besonders anschaulich wer-

©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.

den. Im Vergleich damit weisen etwa Ackerböden aus Löß östlich von Georgsmarienhütte lediglich Werte von einigen kg/ha auf (MÄRTENS 1993).
Bei der Hase ergibt sich ein relativ einfaches Bild der lateralen Verteilung. Im Oberlauf liegen die Werte allenfalls geringfügig oberhalb der geogenen Grundgehalte. Die leicht erhöhten Werte am Punkt 2 können vielleicht mit einer punktuellen Belastung etwa durch starke Zufuhr von Gülle, die oft besonders Cu- und Zn-haltig ist (BLUME 1990), oder mit der Einmündung der stärker belasteten Wierau in Verbindung gebracht werden. Auch Standort 5, der bereits im Einflußbereich eines industriellen, aber nicht schwermetallverarbeitenden Abwasser-Emittenten liegt, weist niedrige Werte auf; lediglich Kupfer zeigt eine unerwartete Zunahme zur Tiefe hin, so als ob eine frühere Belastung durch jüngere, weniger belastete Sedimente überlagert worden sei. Unterhalb von Osnabrück hingegen steigen die Gehalte stark an, was sich ohne weiteres mit der metallverarbeitenden Industrie und insbesondere mit der Kupferverarbeitung im Stadtgebiet Osnabrück in Zusammenhang bringen läßt. Aber auch andere Quellen, wie etwa Regenwasserüberläufe mit dem darin enthaltenen schwermetallhaltigen Straßenstaub, Reifenabrieb, usw. sind in Betracht zu ziehen. Die Anreicherung im Unterlauf erreicht insbesondere auch wegen der etwa 100 Jahre währenden Berieselungwirtschaft auf den Auenflächen ein besonders hohes Ausmaß (Punkt 6 wurde vermutlich weniger stark in diese Wirtschaftsweise einbezogen). Weiter flußabwärts nehmen die Gehalte dann wieder ab. Dies könnte einerseits darauf zurückzuführen sein, daß die Verlagerung bevorzugt in fester Form (KLENKE 1987) und somit nicht ganz so weitreichend erfolgt, aber auch darauf, daß ab der Düte-Einmündung eine deutliche Verdünnung mit einem Wasser erfolgt, bei dem insbesondere die Kupferfracht sehr viel geringer ist. Eine Belastung der Hase besteht auch heute noch, wie von KLENKE (1987) und THOREN & OVERDIEK (1989) durch detaillierte Untersuchungen des Schwermetall-Gehaltes im Flußwasser bzw. in rezenten Sedimenten im Gebiet der Stadt Osnabrück einschließlich Eversburg gezeigt wurde. Auch von uns untersuchte frische Sedimente nach Hochwasserereignissen bestätigen die weiterhin hohen Schwermetall-Gehalte insbesondere in den feinkörnigeren Ablagerungen auf den Auenflächen, wo aufgrund des höheren Gehaltes an Tonmineralen und organischer Substanz größere Mengen von Schwermetallen gebunden sein können (FILIPINSKI & GRUPE 1990).
Bei der Düte ergibt sich, ähnlich wie dies die Daten von GREITEN (1988) zeigen, ein weniger klares Bild, und zwar aus folgenden Gründen: (1) Die Auenflächen der Düte weisen ein relativ engräumiges mosaikartiges Feinrelief auf, so daß bei der Probenahme notgedrungen Flächen miteinbezogen wurden, die sich hinsichtlich der Sedimentationsbedingungen erheblich unterscheiden können. Uferwall-, Talboden-, Randsenken- und Rinnen-Fazies wechseln in rascher Abfolge, ohne morphologisch immer eindeutig erkennbar zu sein. Einen Hinweis auf die noch immer wirksame Bildung eines Mikroreliefs geben Beobachtungen bei den heutigen Überschwemmungsereignissen, die vielerorts mit ufernaher streifenförmiger Ablagerung frischen Sediments auf der Grasnarbe verbunden sind. Die Standorte sind insbesondere im Unterlauf hinsichtlich Körnung und Humusgehalt wechselhaft; Tongehalt und Gehalt an organischer Substanz spielen aber bei der Bindung der Schwermetalle eine wesentliche Rolle; (2) Es münden eine Reihe relativ wasserreicher Nebenbäche ein, die teils aus weniger belasteten, teils aber auch aus stärker belasteten Gebieten stammen; es bleibt vorläufig spekulativ, ob eine mögliche Belastung des Goldbaches

©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.

im Bereich Hüggel/Silberberg weitgehend ausgeglichen wird durch die zahlreichen weiteren Zuflüsse, und ob möglicherweise der Hischebach vom Schafberg her eine stärkere Belastung aufweist, so wie dies die vorliegenden Daten suggerieren könnten. Düte und Hase unterscheiden sich hinsichtlich ihrer Schwermetall-Spektren deutlich. Während die Belastungen der Düte-Aue eine den örtlichen geologischen Gegebenheiten entsprechende Dominanz von Blei und Zink, gefolgt von Cadmium erkennen läßt, dominiert in den Hase-Auen Kupfer, obwohl dieses Element in geologischer Hinsicht im Einzugsgebiet beider Flüße keine sehr große Rolle spielt (Klassen 1984). Die laterale Verteilung der vier untersuchten Schwermetalle zeigt innerhalb der einzelnen Abschnitte der Flüsse eine sehr enge Parallelität. Man gewinnt den Eindruck, daß die belasteten Flußabschnitte Hase-Unterlauf und Düte-Unterlauf von jeweils nur einer einzigen dominanten Emissionsquelle mit ihrer charakteristischen Schwermetall-Zusammensetzung beeinflußt worden sind, während sonstige Emittenten keine deutlich erkennbare Rolle spielen. Dies wird gestützt durch Korrelationsberechnungen, die sehr enge Beziehungen zwischen Zink, Cadmium und Blei untereinander zeigen. In beiden Auen waren die Beziehungen dieser drei Schwermetalle zum Kupfer weniger deutlich; auch hierin könnten sich die andersartigen Quellen des Kupfereintrages zu erkennen geben. Während König (1986) die starke Bindung der Schwermetalle an die Tonfraktion herausstellt, sind in den hier untersuchten Böden die Beziehungen zwischen den drei Schwermetallen und dem Gehalt an organischer Substanz besonders eng.

Die Frage, ob sich die ermittelten hohen Schwermetallgehalte nicht auch auf überhöhte Klärschlammzufuhr zurückführen lassen, läßt sich mit Hilfe von Überschlagsrechnungen beantworten (Märtens 1993, mündl. Mitt.). Auf der Basis mittlerer Klärschlamm-Zn-Gehalte von etwa 1000 mg Zn/t (trocken) im Osnabrücker Raum (LANDWIRTSCHAFTSKAMMER OSNABRÜCK 1993) ergeben sich bei einer Klärschlamm-Trockendichte von 0,2 für die am höchsten mit Zn belasteten Standorte an der Düte utopische Ausbringungshöhen von weit über 1000 m. Die festgestellte Schwermetall-Anreicherung könnte auch durch eine eventuelle einstige Ausbringung von Cu-reichem Klärschlamm in der Umgebung des Klärwerkes Eversburg, welches früher auch Abwässer der Metallverarbeitung Osnabrücks aufnahm, nicht ausreichend erklärt werden. Eine solche Zufuhr wäre mit Sicherheit sehr viel geringer als die Frachten, die der Fluß mit sich geführt und abgelagert hat.

Die Frage, ob auch auf dem Wege der Luft-Immission ein Eintrag der vier untersuchten Schwermetalle in derart hohen Mengen erfolgen konnte, ist zu verneinen, wie auch Untersuchungen von Alt et al. (1981) in Osnabrücker Kleingärten zeigen. Untersuchungen im Raum östlich von Georgsmarienhütte (Märtens 1993; Greiten 1988) zeigen, daß der Luft-Eintrag von Zn und Pb in ackerbaulich genutzte Lößböden zu sehr viel geringeren Belastungen geführt hat und auch nur in einem höchstens wenige km weiten Abstand vom Emittenten nachweisbar zu sein scheint. In unmittelbarer Nachbarschaft des Emittenten konnten allerdings in Gartenböden deutlich erhöhte Werte nachgewiesen werden (Baumjohann et al. 1992).

Die in Abb. 2 zum Zwecke des Vergleichs verwendeten Grenzwerte sind Gegenstand zahlreicher, auch kontroverser Diskussionen, bei denen es um die Begrenzung von Schadstoffeinleitungen in Boden, Wasser und Luft geht. Im Gegensatz zu Orientierungswerten und Richtwerten, die von fachkundigen Institutionen, Gremien, Kommissionen und Verbänden genannt werden und als unverbindliche Parameter

©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.

zur Entscheidungsfindung herangezogen werden können, sind die aus ihnen hervorgehenden Grenzwerte durch Rechtsvorschriften festgelegte Werte, bei denen Probenahme, Analysen- und Auswertungsverfahren verbindlich festgelegt worden sind und die als Grundlage für Überwachung, Kontrolle usw. dienen. Häufiger Kritikpunkt an allen derartigen Werten ist die Frage, ob so unterschiedliche Faktoren wie etwa Tongehalt, pH-Wert oder Pflanzenaufnahme in angemessener Weise bei der Festlegung der Werte berücksichtigt wurden.
Ausgehend von der Klärschlamm- und Abfallverordnung (1992) überschreiten also in den hier untersuchten Böden die Schwermetallgehalte zum großen Teil die Grenzwerte. Im Sinne der AbfKlärVO bedeutet dies lediglich, daß auf diesen Standorten kein Klärschlamm ausgebracht werden darf, weil die bereits vorhandenen Gehalte zu hoch sind. Darüberhinausgehende rechtliche Vorschriften hinsichtlich der Nutzung derartiger Standorte gibt es nicht. Insofern ist man auf fachkundige Empfehlungen angewiesen, die von verschiedenen Seiten veröffentlicht worden sind. Sofern man etwa eine Bewertung in Anlehnung an König (1985) durchführt, sind bei einer größeren Zahl von Standorten die in Hinblick auf ihre Human-, Zoo- und/oder Phytotoxizität erstellten Schwellenwerte (Cd 2, Cu 100, Pb 300, Zn 500 mg/kg) deutlich überschritten, und weiterführende Untersuchungen würden empfohlen werden. Sofern hingegen eine Überprüfung auf der Grundlage des von Blume & Brümmer (1987), Herms & Brümmer (1978, 1984), Brümmer et al. (1991) und anderen erarbeiteten Bewertungsverfahrens (DVWK 1988) durchgeführt wird, bei dem unter anderem pH-Wert, Textur und Humusgehalt berücksichtigt werden, so ergibt sich, daß derzeit bei nahezu allen belasteten Standorten in den beiden Auen hinsichtlich Blei und Kupfer (trotz hoher Absolutwerte!) keine Gefahr besteht, weil die pH-Werte hoch genug sind. Bei Zink und insbesondere bei Cadmium müßte hingegen eine erhöhte Löslichkeit und damit Beweglichkeit in Rechnung gestellt werden. Als Grenz-pH-Werte, unterhalb derer die Löslichkeit verstärkt einsetzt, werden bei Cd und Zn etwa pH 6 bzw. pH 5,5 genannt. Dazu könnte im Hase-Unterlauf möglicherweise eine erhöhte Löslichkeit als Folge einer Bildung von Chloro-Komplexen im Zusammenhang mit jahrzehntelanger Entsorgung stark salzhaltigen Grubenwassers aus dem Bergwerk des Piesberges kommen. In wie weit eine Verlagerung von Zn und Cd bereits an den Profildaten ablesbar ist, bleibt dahingestellt, muß aber in Anbetracht der pH-Werte für möglich gehalten werden. Aber auch die Bewertung der Kupfergehalte in den stark belasteten Böden der unteren Hase-Aue bleibt offen. Die pH-Werte liegen zwar deutlich höher als die in der Literatur genannten Grenz-pH-Werte für verstärkt einsetzende Cu-Löslichkeit (pH 4,5). Die Frage bleibt dennoch umstritten, weil erstens gewährleistet sein muß, daß die pH-Werte der Böden von nun an auf absehbare Zeit immer hoch genug bleiben und bei regelmäßiger Kontrolle immer rechtzeitig durch Kalkung korrigiert werden, und weil zweitens der tatsächliche Gefährdungsgrad sich letzten Endes aus den üblichen, auf der Königswasser-Methode beruhenden Gesamtgehalts-Analysen nicht immer mit abschließender Sicherheit voraussagen läßt. Diese Methode, die in der AbfKlärVO vorgeschrieben ist, kann aber eventuell vorhandene Unterschiede im Löslichkeitsverhalten einzelner, bei der Sedimentation abgelagerter Schwermetallfraktionen nicht erfassen. Es ist bekannt, daß erhöhte Gesamtgehalte, die auf anthropogene Ursachen zurückzuführen sind, meist mit deutlich höherer Löslichkeit, Beweglichkeit und Aufnahme durch die Pflanzen verbunden sind als gleich hohe Gesamtgehalte, die auf geogene

©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.

Ursachen zurückzuführen sind. Nur weiterführende Untersuchungen zum Anteil der mobilen und pflanzenverfügbaren Fraktionen im Boden und zum Schwermetall-Transfer aus dem Boden in die Pflanzen und damit möglicherweise auch in die Weidetiere (Milch, Fleisch) können zu Antworten führen. Es besteht weiterhin erheblicher Forschungsbedarf auf diesem Gebiet.

Dank

Ein besonderer Dank für persönliche Mitteilungen und die Überlassung von Daten sei hiermit der LANDWIRTSCHAFTSKAMMER OSNABRÜCK, dem STAATLICHEN AMT FÜR WASSER UND ABFALL in Osnabrück sowie Herrn Dipl.Ing. U. Märtens, Osnabrück, ausgesprochen.

Schriftenverzeichnis

Alt, D., Sacher, B. & Radicke, K. (1981): Ergebnis einer Erhebungsuntersuchung zur Nährstoffversorgung und Schwermetallbelastung von gemüsebaulich genutzten Parzellen in Kleingärten. – Landwirtsch. Forsch., Sonderh. **38**: 682–692.

ARB.GEM. BODENKUNDE (1982): Bodenkundl. Kartieranleitung. – Hannover.

Baumjohann, P., Melzer, O. & Bendler, L. (1992): Schwermetall-Belastung von Kleingärten in Georgsmarienhütte , Kreis Osnabrück. – VDLUFA-Schriftenreihe **35**: 669–672.

Blume, H.P. (Hrsg) (1990): Handb. des Bodenschutzes. – Landsberg (Ecomed).

Blume, H.P. & Brümmer, G. (1987): Prognose des Verhaltens von Schwermetallen in Böden mit einfachen Feldmethoden. – Mitt. dt. bodenkdl. Ges. **53**: 111–117.

Brümmer, G., Hornburg, V. & Hiller, D.A. (1991): Schwermetallbelastung von Böden. – Mitt. dt. bodenkdl. Ges **63**: 31–41.

BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT (1992): Abfall- und Klärschlammverordnung.-

DVWK (Dt. Verb. f. Wasserwirtsch. u. Kulturbau) (1988): Filtereigenschaften des Bodens gegenüber Schadstoffen, Teil 1. – DVWK-Merkbl. z. Wasserwirtsch. **212**; Hamburg, Berlin (Parey).

Fauth, H., Hindel, U., Siewers, U. & Zinner, J. (1979): Geochemischer Atlas der Bundesrepublik Deutschland. – Stuttgart (Schweizerbart).

Filipinski, M. & Grupe, M. (1990): Verteilungsmuster lithogener, pedogener und anthropogener Schwermetalle im Boden. – Z. Pflanzenern. u. Bodenkde. **153**: 69–73.

Gieske, M. (1992): Zur Frage der Schwermetallbelastung von Auenböden in Nord-, West- und Mitteldeutschland. – Diplomarbeit, Fachhochschule Osnabrück, Fb. Gartenbau.

Greiten, U. (1988): 1. Umweltbericht Georgsmarienhütte. – Akad. kommunal. Umweltschutz; Georgsmarienhütte.

Grupe, M. & Wichmann, H. (1985): Untersuchungen zur Schwermetallbelastung von Böden und Pflanzen im Überflutungsbereich von Rhein und Sieg. – Mitt. dt. bodenkdl. Ges. **43/I:** 359–364.

Herms, U. & Brümmer, G. (1978): Einfluß organischer Substanz auf die Löslichkeit von Schwermetallen. – Mitt. dt. bodenkdl. Ges. **27**: 181–192.

– (1984): Einflußgrößen der Schwermetallöslichkeit und -bindung in Böden. – Z. Pflanzenern. u. Bodenkde. **147:** 400–424.

Herzog , F. (1938): Das Osnabrücker Land im 18. und 19. Jahrhundert. – Oldenburg (Stalling).

Klassen, H. (Hrsg) (1984): Geologie des Osnabrücker Berglandes. – Osnabrück (Naturwiss. Mus. Osnabrück).

Kleinwort, S. (1993): Kupfer, Blei, Zink und Cadmium in anthropogen beeinflußten Auenböden der Düte/Kreis Osnabrück. – Diplomarbeit, Fachhochschule Osnabrück, Fb. Gartenbau.

Klenke, T. (1987): Cadmium, Kupfer und Blei im Wasser und im Sediment der Hase im Bereich der Stadt Osnabrück. – Osnabrücker naturwiss. Mitt. **13**: 249–266.

König, W. (1985): Zwischenergebnisse aus dem Untersuchungsprogramm der Lölf zur Schwermetallbelastung von Böden und Pflanzen. – Bielefelder ökol. Beitr., **1**.

©Naturwissenschaftlicher Verein Osnabrück e.V.

– (1986): Ursachen und Einflußfaktoren für die Schwermetallgehalte in Böden und Kulturpflanzen in Nordrhein-Westfalen. – Forschung u. Beratung, Reihe C, **43**.

KÖSTER, W. & MERKEL, D. (1981): Schwermetallgehalte von Grünlandböden in der Oker- und Aller-Aue. – Landwirtsch. Forsch., Sonderh. **37**.(Kongressband); Braunschweig.

– (1985): Schwermetalluntersuchung landwirtschaftlich genutzter Böden und Pflanzen in Niedersachsen. – Landwirtschaftskammer Hannover, Lufa Hameln.

MÄRTENS, U. (1993): Untersuchungen zur Frage der Schwermetallbelastung ackerbaulich genutzter Lößböden im südöstlichen Osnabrücker Bergland. – Diplomarbeit Fachhochschule Osnabrück, Fb. Gartenbau.

NEUMANN, H. (1990): Herkunft, Art und Auswirkung der Belastungen unserer oberirdischen Gewässer. – Unterhaltungsverb. Obere Hase, Nr. **93** u. Nr. **96**.

SCHEFFER, F. & SCHACHTSCHABEL, P. (1989): Lehrbuch der Bodenkunde. – Stuttgart (Enke).

THOREN, A. & OVERDIEK, D. (1989): Schwermetalle im Uferbereich eines kleinen Tieflandflusses in Nordwest-Deutschland. – Verh. Ges. Ökologie, **XIX/III**: 229–235.

STAATL. AMT FÜR WASSER UND ABFALL, Cloppenburg (1988): Gewässergütebericht.

WELLINGHORST, R. (1993): Vom Lebensraum zum Vorfluter – Fließgewässer im Altkreis Bersenbrück. – Osnabrücker Land, Heimat-Jahrbuch: 282–300.

WOLF, N. (1993): Kupfer, Blei, Zink und Cadmium in anthropogen beeinflußten Auenböden der Hase bei Osnabrück. – Diplomarbeit, Fachhochschule Osnabrück, Fb. Gartenbau.

WÜSTEFELD, M. (1993): Kupfer, Blei, Zink und Cadmium in den Ruhrauen der Stadt Essen. – Diplomarbeit, Fachhochschule Osnabrück, Fb. Gartenbau.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Osnabrücker Naturwissenschaftliche Mitteilungen

Jahr/Year: 1993

Band/Volume: 19

Autor(en)/Author(s): Bailly Friedrich, Gieske Matthias, Kleinwort Susanne, Wolf Norbert

Artikel/Article: Kupfer, Blei, Zink und Cadmium in Auenböden der Düte und der Hase im südlichen Landkreis Osnabrück 167-182