

Schwermetalle in den Auensedimenten der Wupper

Reinhard Gaida und Ulrich Radtke

Mit 2 Abbildungen und 3 Tabellen

(Eingegangen am 20. 2. 1989)

Kurzfassung: Zwischen Wupperquelle und -mündung wurden 41 Sedimentproben aus der Wupperaue auf ihren Schwermetallgehalt mittels Röntgenfluoreszenz untersucht (Cd, Cu, Ni, Pb u. Zn). Bei 11 weiteren Proben wurde zusätzlich Cr und Hg durch ICP/AES bestimmt. Die Schwermetallgehalte nehmen i. d. R. ab Wuppertal beträchtlich zu und die Werte, insbesondere ab Standort 18 (Unterbarmen), liegen fast ausnahmslos über den Grenzwerten der Klärschlammverordnung und erreichen häufig ein Vielfaches davon. Aber auch an den Lokalitäten oberhalb von Wuppertal überschreiten die Werte der jüngsten Sedimente in einem Sedimentprofil (z. B. Proben 4, 7, 10 und 15) die Grenzwerte deutlich. Unter Berücksichtigung bisheriger Untersuchungen und methodischer Probleme werden die Gründe für die erhöhte Schwermetallbelastung im Detail diskutiert. Aufgrund der festgestellten Inhomogenitäten der Schwermetallkonzentration innerhalb eines untersuchten Profils und zwischen benachbarten Standorten wird für weitergehende Analysen einer detaillierten Punktanalyse der Vorzug gegenüber früheren Untersuchungen mit großem Raster gegeben.

Summary: Recent and Holocene alluvial sediment samples were analyzed for heavy metal content (Cd, Cu, Ni, Pb, and Zn) between the head waters and the mouth of the Wupper River. In another eleven samples Cr and Hg were also measured. The amount of heavy metal content of the sediments corresponds to industrial development and display particularly downstream of Wuppertal, considerable values which exceed the threshold values of the german „sewage sludge decree“ („Klärschlammverordnung“) many times over. Even upstream of Wuppertal the values of the youngest sediments in one profile exceed the threshold values (e. g. samples 4, 7, 10, and 15). Heterogenety in the heavy metal distribution in a single profil and among adjacent ones is proven. This demonstrates a need for further high density microanalytical investigations in contrast to former works using low density sampling. Former investigations, methodological problems and reasons for higher heavy metal pollution are also discussed.

INHALTSÜBERSICHT:

1. Fragestellung	434
2. Methodik	435
3. Untersuchungsergebnisse	439
4. Interpretation der Ergebnisse	439
4.1. Cd (Cadmium)	439
4.2. Cu (Kupfer)	440
4.3. Ni (Nickel)	440
4.4. Pb (Blei)	441
4.5. Zn (Zink)	441
4.6. Cr (Chrom)	442
4.7. Hg (Quecksilber)	442
5. Vergleich mit bisherigen Untersuchungen	442
6. Schwermetallgehalte im Wasser	443
7. Hinweise auf Gefährdung des Menschen	443
8. Schluß	443
Literatur	444

1. Fragestellung

Ziel der Arbeit war es, eine Bestandsaufnahme hinsichtlich Menge und Verteilung von Schwermetallen in den Auensedimenten der Wupper zu beginnen, da bis heute vergleichbare Untersuchungen ausstehen. Es liegt nur eine kleinere Arbeit von FÖRSTNER & MÜLLER 1974 (S. 130–133, 8 Sedimentanalysen) sowie Untersuchungen des Landesamtes für Wasser und Abfall Nordrhein-Westfalen (1986) vor; dies ist umso verwunderlicher, als die Wupper durch ein schon früh stark industrialisiertes Gebiet fließt, in dem man stärkste Kontaminationen erwarten kann.

Primäre Aufgabe war es, eine Inventarisierung der Schwermetallgehalte in den einzelnen Flußabschnitten zu erhalten und diese Daten zu interpretieren. Hierbei spielte eine exakte stratigraphische Einordnung der holozänen und rezenten Auensedimente eine untergeordnete Rolle.

2. Methodik

Die Proben wurden an frischen Flußanschnitten und im aktuellen Flußniveau entnommen. Sie stellen ungegliederte holozäne, i. w. wohl subrezente Auensedimente dar. Demgegenüber repräsentieren Proben aus dem Flußniveau aktuelle Ablagerungen der Wupperhochwässer im April 1987 und 1988; z. T. wurden diese aktuellen Proben subaquatisch entnommen (vgl. Tab. 1). Unterhalb von Haasenmühle (vgl. Abb. 1) liegen in subrezentem Sedimenten praktisch keine Aufschlüsse vor, und wegen der starken Verbauung der Wupper konnten hier lediglich aktuelle Sedimente entnommen werden.

Im Rahmen der Fragestellung erschien es sinnvoll, jeweils die Gesamtfraktion (kleiner 2 mm Korngrößendurchmesser) zu analysieren, um für die angestrebte Inventarisierung ein repräsentatives Bild zu erhalten. Die häufig durchgeführte alleinige Gehaltsbestimmung in der Tonfraktion (kleiner 0,002 mm) mag unter einer anderen Themenstellung gerechtfertigt sein.

Es wurden die Elemente Cd (Cadmium), Cu (Kupfer), Ni (Nickel), Pb (Blei) und Zn (Zink) mittels der Röntgenfluoreszenz (Philips PW-1450) und ICP/AES gemessen (Atomemissionsspektroskopie mit induktiv gekoppelter Plasmaanregung, Königswasseraufschluß). Von Cr (Chrom) und Hg (Quecksilber) liegen nur ICP/AES-Werte vor. (Hierfür danken wir Herrn Dr. PIETZNER, Geol. Landesamt Krefeld, und Herrn Dr. RIESS, Landwirtschaftskammer Rheinland, Bonn).

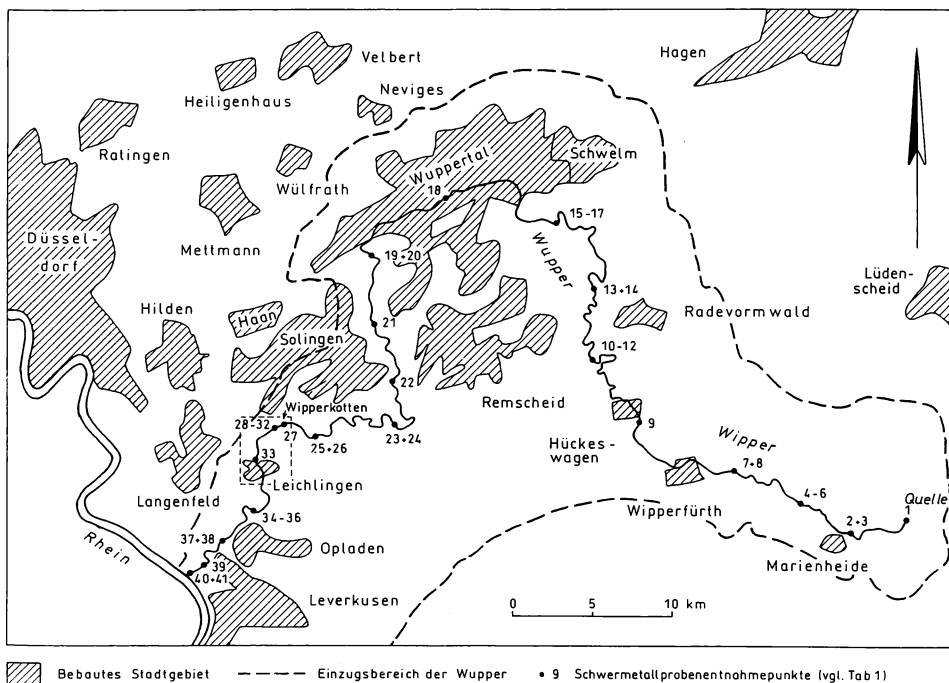


Abbildung 1. Übersichtskarte und Probenentnahmepunkte an der Wupper.

Tabelle 1. Schwermetallgehalte (Cd, Cu, Ni, Pb, Zn) in Sedimenten der Wupper. Angaben in mg/kg (= ppm); Messung der Gesamtkorngrößenfraktion (kleiner 2 mm) mittels Röntgenfluoreszenz (Dr. PIETZNER, Geologisches Landesamt NW, Krefeld). AH = Aktuelles Hochwassersediment, AS = Aktuelles subaquatisches Sediment, HS = Holozänes (z. T. subrezent) Sediment). Die Zahlenangaben (z. B. +0,5) informieren über die Lage der Entnahmestelle in Bezug auf den mittleren Wasserstand der Wupper (Angaben in m).

Probenentnahmepunkte	Cd	Cu	Ni	Pb	Zn
1 Quelle AS ± 0	--	2	21	84	30
2 Neuenhaus 1 HS +0,4	--	12	42	193	134
3 Neuenhaus 2 HS +0,5	--	8	37	162	57
4 Gogarten 1 AH +0,5	--	254	112	914	1339
5 Gogarten 2 HS +0,2	9	21	72	166	249
6 Gogarten 3 HS +0,05	--	25	47	197	177
7 Egerpohl 1 AH +0,9	2	111	70	122	375
8 Egerpohl 2 HS +0,05	--	9	67	65	69
9 Hückeswagen HS +0,05	3	129	83	193	477
10 Dörpe 1 AH +0,7	--	167	65	153	194
11 Dörpe 2 HS +0,5	--	46	56	42	108
12 Dörpe 3 HS +0,1	--	85	51	44	54
13 Dahlhausen 1 HS +0,7	--	58	71	59	78
14 Dahlhausen 2 HS ± 0	--	98	93	135	383
15 Kemna 1 AH +1,2	--	273	60	258	154
16 Kemna 2 HS +0,7	1	41	59	34	104
17 Kemna 3 HS +0,1	--	72	50	45	86
18 Unterbarmen AH +0,5	5	614	131	553	1657
19 Rutenbach 1 AH +0,25	2	372	105	428	780
20 Rutenbach 2 HS ± 0	1	249	109	915	1352
21 Kohlfurt AS -0,1	10	1251	199	1596	2710
22 Müngsten AH +0,5	--	217	125	347	727
23 Glüder 1 AH +1	4	4407	177	583	1285
24 Glüder 2 AS -0,5	3	413	134	406	1003
25 Friedrichstal 1 AH +0,7	4	291	106	233	716
26 Friedrichstal 2 AH ± 0	5	345	128	330	848
27 Wipperkotten AH +1	5	457	125	292	764
28 Haasenmühle 1 HS +1	19	531	151	623	2842
29 Haasenmühle 2 HS +0,85	6	412	137	385	1674
30 Haasenmühle 3 HS +0,75	18	500	152	623	3067
31 Haasenmühle 4 AH +0,5	9	1675	131	397	1217
32 Haasenmühle 5 AH ± 0	6	337	104	247	776
33 Staderhof AH +0,15	3	216	103	244	628
34 Hülserhof 1 AH +0,5	11	3761	89	457	792
35 Hülserhof 2 AS -0,2	2	356	113	234	707
36 Hülserhof 3 AS -0,2	2	231	135	307	1096
37 Neuburgerhof 1 AH +0,4	11	5139	129	512	1043
38 Neuburgerhof 2 AH +0,1	4	1321	106	362	778
39 Bürrig AH +3	10	207	91	192	526
40 Mündung 1 AH +0,5	3	209	104	212	739
41 Mündung 2 AS -0,1	1	246	104	233	774

Zum Vergleich:

Klärschlammverordnung vom 25.6.82	3	100	50	100	300
Tongesteinsstandard (Wedepohl 1984, 4)	0,13	45	68	22	95
Grauwackenstandard (Wedepohl 1984, 4)	0,09	45	40	14	105
Unbelastetes Hangsediment bei Kohlfurt	--	6	66	75	72

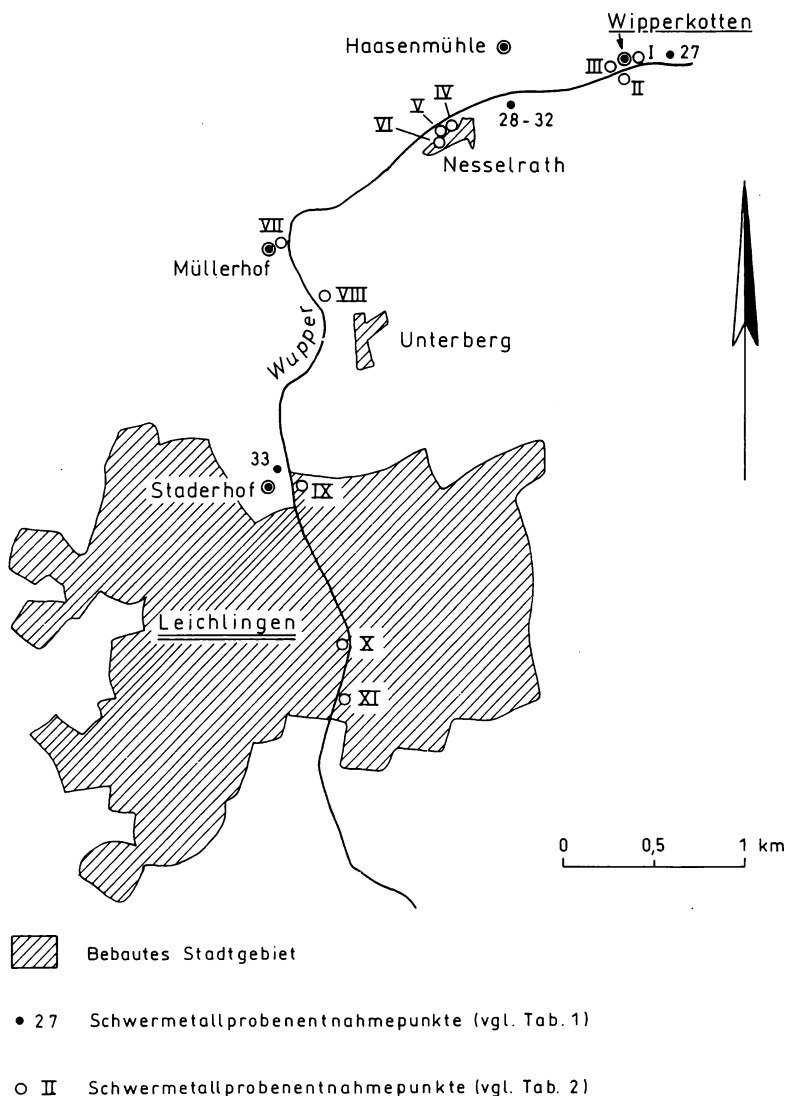


Abbildung 2. Detailkarte des Wupperabschnittes zwischen Wipperfokten und Leichlingen (27–33: Probenentnahmestellen und Analysen vgl. Tab. 1; I–XI: Probenentnahmestellen und Analysen vgl. Tab. 2).

Tabelle 2. Schwermetallgehalte (Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn) in aktuellen Hochwassersedimenten zwischen Wipperfokten und Leichlingen. Angaben in mg/kg (= ppm). Messung der Gesamtkorngrößenfraktion mittels ICP/AES (Dr. RIESS, Landwirtschaftskammer Rheinland, Bonn; frdl. Mitteilung von H. RODENKIRCHEN und W. BAULMANN).

	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
I Wipperfokten (Nordufer 1)	13,4	547	1190	41,5	132	535	1350
II Wipperfokten (Südufer)	5,1	368	359	6,1	91	299	678
III Wipperfokten (Nordufer 2)	3,2	347	214	2,8	88	261	544
IV Nesselrath 1	7,0	470	491	11,8	95	370	849
V Nesselrath 2	5,3	120	180	6,3	40	352	314
VI Nesselrath 3 (anthropogen verändert)	3,1	133	143	3,2	34	125	331
VII Müllerhof	2,0	207	158	2,7	39	122	289
VIII Unterberg	7,9	387	490	10,1	96	305	776
IX Leichlingen (Am Hammer)	10,3	751	692	14,6	96	349	1088
X Leichlingen (An der Wupper)	7,0	522	525	8,1	85	332	810
XI Leichlingen (Opladener Str.)	6,4	607	634	7,4	84	325	817

Zum Vergleich:

Klärschlamm- verordnung vom 25.6.82	3	100	100	2	50	100	300
Tongesteins- standard (Wedepohl 1984, 4)	0,13	90	45	0,45	68	22	95
Grauwacken- standard (Wedepohl 1984, 4)	0,09	50	45	0,11	40	14	105

Tabelle 2 zeigt die zusätzlich mittels ICP/AES untersuchten Hochwassersedimente von Standorten zwischen Wipperfokten und Leichlingen (Abb. 2).

Tabelle 3. Cd- und Pb-Gehalte in den Früchten von *Rubus fruticosus* (Brombeere) aus Nesselrath (vgl. Abb. 2). Ernte 1. 8. 1988. Schwermetallgehalt in mg/kg Frischgewicht (= ppm). Messung mit ICP/AES (Dr. RIESS, Landwirtschaftskammer Rheinland, Bonn; frdl. Mitteilung von H. RODENKIRCHEN und W. BAULMANN).

	Pb	Cd
Probe A Hochwassersediment	1,3	0,2
Probe B Hochwassersediment	4,8	0,15
Probe C anthropogen umgelagertes Hochwassersediment	0,8	0,24
Richtwerte des Bundesgesundheitsamtes (Ewers 1984, 280)	0,5	0,05
Typische Konzentrationen	(Beerenobst) 0,245 (Ewers und Schlipköter 1984, 360)	(Obst) <0,01 (Stoeppler 1984, 391)

Tabelle 3 informiert über den Blei- und Cadmium-Gehalt von Brombeer-Früchten, die auf rezent überflutetem Auengebiet (Proben A und B) sowie auf anthropogen umgelagerten Hochwassersedimenten (Probe C) wachsen. Diese Analyse wurde ebenfalls mit der ICP/AES-Untersuchungsmethode durchgeführt.

3. Untersuchungsergebnisse

In der folgenden Tabelle 1 sind die mittels Röntgenfluoreszenz gemessenen Cd-, Cu-, Ni-, Pb- und Zn-Gehalte der Auensedimente zwischen Wupperquelle und -mündung zusammengestellt (vgl. auch Abb. 1). (Am Ende der Tabelle findet man eine Auflistung typischer Schwermetallgehalte von Tonstein und Grauwacke; die Kenntnis dieses sog. „geogenen“ Anteils, das „natürliche Rauschen“, ist notwendig, um das Ausmaß eventueller anthropogener Akkumulationen evaluieren zu können).

4. Interpretation der Meßergebnisse

Im folgenden werden die Gehalte der einzelnen Schwermetalle getrennt behandelt. Auf mögliche gesundheitliche Konsequenzen wird anschließend anhand von Blei und Cadmium kurz eingegangen.

4.1. (Cd) Cadmium

Von der Wupperquelle bis Wuppertal sind beträchtliche Cadmiumanreicherungen bei Gogarten (Probe 5, 9 ppm, vgl. Tab. 1), Egerpohl (Probe 7, 2 ppm) und Hückeswagen

(Probe 9, 3 ppm) festgestellt worden. Bei den anderen Untersuchungspunkten konnte kein Cadmium nachgewiesen werden. Betrachtet man die Verhältnisse bei z. B. Gogarten etwas differenzierter, so erkennt man, daß zwischen cadmiumarmem Sediment im Liegenden (Probe 6) und Hangenden (Probe 4) (0,05 bzw. 0,5 m über Flußniveau) ein Sedimentstreifen (Probe 5) mit einem beträchtlichen Cadmiumgehalt existiert. Dies bedeutet, daß vor der jüngsten (obersten) Auensedimentablagerung eine Phase verstärkter Cadmiumzufuhr herrschte, die zeitlich nicht näher eingegrenzt werden kann. Demgegenüber konnte bei Egerpohl und Hückeswagen nachgewiesen werden, daß die jüngste Sedimentüberdeckung beträchtliche Cadmiumwerte aufwies. Die Werte ab Wuppertal schwanken zwar relativ stark, nehmen mit 18 bzw. 19 ppm bei Haasenmühle (Proben 28 und 30) aber schon eine äußerst bedrohliche Höhe an. Auch die Analysen beim Hülserhof (Probe 34, 11 ppm), Neuburger Hof (Probe 37, 11 ppm) und bei Bürrig (Probe 39, 10 ppm) sind noch alarmierend – insbesondere da Cadmium eines der gefährlichsten Schwermetalle darstellt.

Im Mündungsbereich sind wahrscheinlich aufgrund inzwischen eingetretener Verdünnung durch Sedimente der Dhünn bzw. Ausschwemmung geringere Werte zu verzeichnen.

Die Ursachen für die erhöhten Cadmiumwerte können in folgenden anthropogenen Tätigkeiten gesucht werden:

- 1) Cadmium-Emission aus Braunkohlekraftwerken (regional, vgl. HEINRICHS 1977, 479) und Hausbrand (lokal).
- 2) Cadmium ist in alten Blei- oder verzinkten Wasserleitungen enthalten und wird bei Korrosionsvorgängen freigesetzt.
- 3) Cadmium tritt als Begleiter der Blei- und Zinkerze auf (s. u.).
- 4) Wichtiger scheinen jedoch gewerbliche Einleiter zu sein. Allgemein wird angenommen, daß ca. 80% des freigesetzten Cadmiums aus Galvano- und Pigmentfirmen stammen (FÖRSTNER & WITTMANN 1983, 39, WACHS 1978, 87). Beide waren/sind im Gebiet ansässig (s. u.).

4.2. Cu (Kupfer)

Erhöhte Kupferwerte im Auensediment treten erstmals wieder in Gogarten auf (Probe 4, 254 ppm) gegenüber 2 ppm an der Quelle (Probe 1). Die Sedimentwerte für Kupfer sind ab Unterbarmen z. T. exorbitant erhöht (Kohlfurt, Probe 21, 1251 ppm; Glüder, Probe 23, 4407 ppm; Haasenmühle, Probe 31, 1675 ppm; Hülserhof, Probe 34, 3761 ppm; Neuburger Hof, Probe 37, 5139 ppm). Der letztgenannte Wert entspricht ca. 0,5% Cu (Die bedeutendsten Kupferimprägnationslagerstätten der Welt, die unter anderem in der nordchilenischen Mine Chuquicamata im größten Kupfertagebau der Welt abgebaut werden, besitzen einen durchschnittlichen Kupfergehalt von 0,6% Cu (ZEIL 1986, 132)).

Ursachen für die Kupferanreicherungen können u. a. sein:

- 1) Korrosionsschäden an Wasserleitungen (FÖRSTNER & WITTMANN 1983, 44).
- 2) Gewerbliche Einleitungen (Im Untersuchungsgebiet z. B. Galvanobetriebe oder Betriebe, die Kupfersiebe herstellen).
- 3) Algizide (Kupfersulfat) aus der Teichwirtschaft (HERAVI 1984, 117 f., und WAGNER & BOHL 1977, 129 ff.), die in den kleinen Bächen des Bergischen Landes intensiv betrieben wurde.

4.3. Ni (Nickel)

Die Nickelanreicherungen sind im Verhältnis zu den Akkumulationen der anderen Schwermetalle relativ gering. Der einzige erheblich erhöhte Nickelwert wurde bei Kohlfurt (Probe 21) mit 199 ppm gemessen. Oberhalb von Unterbarmen liegen die Werte durchschnittlich bei ca. 50 bis 100 ppm (Quelle, Probe 1, 21 ppm), unterhalb von Unterbarmen bei durchschnittlich ca. 100 bis 150 ppm. Diese Entwicklung läßt sich folgendermaßen erklären: Hauptemittent für Nickel sind Galvanobetriebe; die Verbrennung von Erdöl sowie andere Nickelquellen haben nur untergeordnete Bedeutung (FÖRSTNER & WITTMANN 1983, 39, 53).

u. 59). Es gab und gibt viele metallveredelnde Betriebe im Bergischen Land. In Solingen wird mindestens seit 1859 in z. T. erheblichem Umfang vernickelt (B. GAIDA 1977, 10 f.). 1986 wurden in Solingen 28 und in Remscheid 16 Betriebe in der Sparte „Oberflächentechnik, Galvanische Anstalten und Härtereien“ gezählt (LINDMÜLLER 1986, 149 u. 257). In Galvanobetrieben wurden in den siebziger und achtziger Jahren verstärkt Entgiftungsanlagen installiert, die die Schwermetalle extrahieren. Nickel läßt sich auch bei Verwendung von hartem Wasser mit NaOH annähernd vollständig ausfällen (WINKEL 1986, 169 f.), wogegen andere Schwermetalle (Cr, Cu und Zn) hierbei Schwierigkeiten bereiten.

Trotz der anzunehmenden hohen Nickelbelastung findet man heute relativ wenig Nickel, denn dieses Metall ist wie Zink ein sehr „mobiles“ Schwermetall. Es wurde aus den Sedimenten rasch freigesetzt, da ein erheblicher Teil nur locker gebunden ist (FÖRSTNER & MÜLLER 1974, 153, REICHERT & DE HAAR 1982, 414 und FÖRSTNER & WITTMANN 1983, 79).

4.4. Pb (Blei)

Die erhöhten Konzentrationen von Blei im Sediment der Wupperquelle (Probe 1, 84 ppm) haben genauso wie im unbelasteten Hangsediment von Kohlfurt (75 ppm, vgl. Tab. 1 – unten –) ihre Ursache darin, daß die Wupper Anteil an zwei Erzbezirken hat: 1) Erzbezirk (Ober-) Bergisches Land (Raum Marienheide) und 2) Velberter Erzbezirk (Ausläufer bis in den Raum Solingen). Es treten Blei-, Zink- und in geringem Umfang Kupfererze auf, die früher auch abgebaut wurden (RICHTER 1977, 92–94, HESEMAN 1978, 292, und GRABERT 1980, 146–151; vgl. auch FAUTH et al. 1985, 32 f., 36 f., 52 f. und 60 f.).

Die im weiteren Verlauf der Wupper stark ansteigenden Bleikonzentrationen, insbesondere ab Wuppertal-Unterbarmen, lassen sich auf verschiedene Ursachen zurückführen, die im einzelnen selbstverständlich nicht rekonstruiert werden können (die stark schwankenden Werte zeigen, daß bedingt durch kleinräumige auch noch aktive Umlagerungen der Sedimente eine lineare Zunahme der Gehalte nicht zu erwarten ist). Der höchste von uns gemessene Wert (1596 ppm; dies entspricht 0,1596‰; Probe 21, vgl. Tab. 1) stammt aus einem Sediment bei Kohlfurt unterhalb von Wuppertal. Bleiwerte über 500 ppm treten bis auf eine Ausnahme aber nur ab Wuppertal auf. Der Wert von Gogarten (Probe 4, 914 ppm) fällt aus dem Rahmen, läßt aber darauf schließen, daß auch in den kleineren Siedlungen oberhalb von Wuppertal lokal starke Einleitungen stattgefunden haben.

Gründe für Bleianreicherung sind u. a.

- 1) Bleihaltiges Benzin. Besonders nach Starkregen werden erhebliche Mengen an Blei abgespült (FÖRSTNER & WITTMANN 1983, 39, 46 und 51; vgl. auch HARRES et al. 1985, 260).
- 2) Gewerbliche Einleiter (bereits 1822 wurde in Wuppertal die erste Bleiweiß – basisches Bleicarbonat – produzierende Fabrik gegründet. HOTH, 1975, 172).
- 3) Bleihaltige Wasserleitungen (REICHERT & DE HAAR 1982, 408).
- 4) Verbrennung von Stein- und Braunkohle (Kraftwerke, regional; Hausbrand, lokal) (FÖRSTNER & WITTMANN 1983, 53, HEINRICHS 1977, 479, MÜLLER et al. 1977, 427 ff. und SALOMONS & FÖRSTNER 1984).

4.5. Zn (Zink)

Oberhalb von Wuppertal sind bis auf die eben schon erwähnte Lokalität Gogarten (Probe 4, 1339 ppm) die Zinkgehalte relativ gering (30 ppm an der Quelle – Probe 1 – bis maximal 477 ppm bei Hückeswagen, Probe 9). Ab Wuppertal ist ein deutlicher Anstieg zu verzeichnen mit Maximalwerten von 2701 ppm (Kohlfurt, Probe 21) und 3067 ppm (Haasemühle, Probe 30). Im Mündungsbereich (Proben 40 und 41) sind wahrscheinlich aufgrund inzwischen eingetretener Verdünnung/Ausschwemmung geringere Werte zu verzeichnen, die aber immer noch über 700 ppm liegen.

Die Ursachen für Zinkanreicherungen können in der Verbrennung von Stein- und Braunkohle liegen (i. w. Hausbrand, lokal, Großfeuerungsanlagen, regional). Ebenfalls

können – vergleichbar mit der Bleibelastung, s. o. – verzinkte Wasserleitungen (Lit. s. o. sowie YEDILER 1978, 73) und gewerbliche Einleitungen (Farbenfabriken, Galvanobetriebe) verantwortlich gemacht werden. Hier darf auch nicht vergessen werden, daß Zink maßgeblich in der Kautschukindustrie (z. B. Autoreifenproduktion) eine Rolle spielt und der Abrieb der Reifen in diesem Gebiet mit insgesamt hohem Verkehrsaufkommen für eine kontinuierliche Zufuhr sorgt.

Auf Cr (Chrom) und Hg (Quecksilber) wurde nur in dem kleinen Gebiet zwischen dem Wipperkotten und Leichlingen untersucht (vgl. Übersichtskarte, Abb. 1 und Detailskizze, Abb. 2).

4.6. Cr (Chrom)

Die Cr-Werte schwanken zwischen 120 ppm (Probe V, Nesselrath 2) und 751 ppm (Probe IX, Leichlingen/Am Hammer). Um die Größenordnung der Akkumulation deutlich zu machen, sei auf den laut Klärschlammverordnung (vom 25. 6. 1982) zulässigen Maximalwert von 100 ppm und den Tongesteinsstandard (90 ppm) von WEDEPOHL (1984, 4) verwiesen (vgl. auch Tab. 2). Bei Werten von über 500 ppm können nach BRAUN (1974, 89) bei Pflanzen Schäden auftreten.

Die Cr-Anreicherung entstammte i. w. wahrscheinlich aus Farbstoffen und Pigmenten der Wuppertaler Farbenindustrie, den galvanotechnischen Betrieben sowie den Beiz- und Färbeprozessen der hier ebenfalls ansässigen textilerzeugenden und -verarbeitenden Fabriken. Als weitere historische Möglichkeit spielt sicherlich auch die Verwendung von Chrom(III)-Salzen bei der Ledererzeugung eine Rolle.

4.7. Hg (Quecksilber)

Vergleicht man die gemessenen Werte (2,7 ppm, Probe VII, Müllerhof bis 41,5 ppm, Probe I, Wipperkotten/Nordufer 1) mit dem Tongesteinsstandard von WEDEPOHL (1984, 4) (0,45 ppm, vgl. Tab. 2) und dem Grenzwert der Klärschlammverordnung vom 25. 6. 1982 von 2 ppm, vgl. Tab. 2), so wird eine erschreckende Anreicherung deutlich. Bei der Probe I liegt sogar eine 20fache (!) Überschreitung des Grenzwertes vor.

Als Verursacher kommen in Frage:

- 1) Galvanotechnische Betriebe, die Quecksilber zum sog. Verquicken benutzen; zu versilbernde Gegenstände wurden noch nach dem 2. Weltkrieg durch diesen Verfahrensschritt vorbehandelt.
- 2) Die Verwendung quecksilberhaltiger Fungizide, die Außenanstrichfarben zugesetzt wurden.
- 3) Quecksilberhaltige Fungizide wurden im Raum Wuppertal bis 1964 auch für die Saatgutbeizung hergestellt (ZWENGER 1978, 261).

5. Vergleich mit bisherigen Untersuchungen

An früheren Untersuchungen hinsichtlich des Schwermetallgehaltes von Wupperrauensedimenten liegen unseres Wissens bisher nur ein Kapitel des Standardwerkes „Schwermetalle in Flüssen und Seen“ (FÖRSTNER & MÜLLER 1974) und die Veröffentlichung des Landesamtes für Wasser und Abfall NW (1986) vor.

Von FÖRSTNER & MÜLLER wurden im Untersuchungsgebiet acht Proben analysiert. Bei der Bestandsaufnahme der Schwermetallgehalte von Flußsedimenten der Wupper stellten die Autoren folgendes fest (ebd., 131): „Im Frühjahr 1972 zeigte die Wupper – nahe ihrer Einmündung in den Rhein – die höchsten Quecksilber- und Nickel-Gehalte von allen untersuchten Flüssen in der Bundesrepublik. Die Konzentration von Blei, Zink, Kupfer und Cadmium in den Ablagerungen der Wupper lagen nahe an den gemessenen Höchstwerten.“

Im Unterschied zu den oben von uns vorgestellten Ergebnissen wurden die Schwermetallgehalte von FÖRSTNER & MÜLLER (1974) aber nicht in der Gesamtkorngrößenfraktion (kleiner 2 mm) sondern allein in der Tonfraktion (Durchmesser kleiner 0,002 mm) gemessen. Da in der Tonfraktion erfahrungsgemäß die Schwermetallgehalte deutlich höher

liegen als in der Gesamtfraktion (FÖRSTNER & WITTMANN 1983, 123 f.), sind die Untersuchungsergebnisse nicht direkt vergleichbar. Umso bemerkenswerter erscheinen deshalb die von uns gemessenen extremen Blei- und Kupferwerte (vgl. Tab. 1), die wesentlich über den von FÖRSTNER & MÜLLER ermittelten Höchstwerten liegen (1974, 132; z. B. Burg an der Wupper, Cu: 2185 ppm und Wuppertal-Cronenberg, Pb: 1156 ppm).

Vergleichbar mit den Untersuchungen von FÖRSTNER & MÜLLER hat die Landesanstalt (1986) ebenfalls die Tonfraktion und auch einen Teil der Feinschlufffraktion (kleiner 0,04 mm) analysiert. Aus der Graphik (ebd. 1986, 29) geht hervor, daß die LWA an den von ihnen untersuchten 7 Lokalitäten 1982/83 bis auf Pb in Kohlfurt (ca. 2 000 ppm) immer niedrigere Werte gemessen hat. (Die LWA hat ihre Proben dem aktuellen Sediment unterhalb der Wasserlinie entnommen). Wegen der unterschiedlichen Korngrößenfraktion und den wenigen Probeentnahmestellen sind unsere Ergebnisse nur bedingt vergleichbar. Erstaunlich ist aber auch hier wieder, daß die von uns gemessenen Werte in der Gesamtfraktion z. T. sogar noch beträchtlich über die Werte der Feinschluff- und Tonfraktion der LWA hinausgehen!

6. Schwermetallgehalte im Wasser

Das genaue Alter der Kontamination bzw. Ablagerung des jeweiligen Sedimentes ist i. d. R. nur schwer zu bestimmen. Es spricht aber einiges für die Tatsache, daß bei Einhaltung bzw. deutlicher Unterschreitung der z. T. festgesetzten Grenz- oder Richtwerte die aktuelle Anreicherung der Sedimente mit Schwermetallen viel geringer ausfällt als zu den Zeiten der ungehemmten gewerblichen Einleitung. Die Kontamination ist i. w. historisch. Trotzdem konnten wir feststellen, daß es teilweise doch noch zu massiven Einleitungen kommt. So konnte bei unseren Wasseranalysen, auf die in diesem Zusammenhang nicht näher eingegangen werden soll, z. B. gezeigt werden, daß die Kupferkonzentration im Wasser oberhalb von Wuppertal unter 10 ppb liegt. Möglicherweise kommt es im Raum Wuppertal zu Einleitungen, denn ab hier steigen die Konzentrationen deutlich an (Wuppertal-Rutenbach, oberhalb der Kläranlage 58 ppb, Müngsten 41 ppb, Haasenmühle 43 ppb und Wuppertal-Mündung 55 ppb (eigene Messungen). Es gibt auch gewisse Hinweise darauf, daß aus dem Klärwerk Buchenhofen (zwischen Wuppertal-Rutenbeck und Solingen-Kohlfurt) Cadmium in die Wupper eingeleitet wird. Konzentrationen von 20 ppb wurden gemessen (frdl. Mitteilung von W. BAULMANN, 5. 11. 1988). An dieser Stelle sei darauf verwiesen, daß auch in der LWA-Publikation die Einleitung aus Kläranlagen angedeutet wird (1986, 28).

7. Hinweise auf Gefährdung des Menschen

Problematisch erscheint die Überweidung von überschwemmten Wupperwiesen (z. B. Bereich Wipperkotten) und der Verzehr von Früchten aus der Wupperaue. Die Richtwerte des Bundesgesundheitsamtes für Beerenobst (EWERS 1984, 280) wurden schon bei den drei untersuchten Proben teilweise um ein Vielfaches überschritten (vgl. Tab. 3). Die Behörden sollen bei Überschreitungen laut Gesetz den Ursachen nachgehen, um eine Verminderung der überhöhten Schwermetallgehalte zu erreichen.

8. Schluß

Es konnte gezeigt werden, daß zukünftig noch ein großer Bedarf an lokalen Untersuchungen zur Schwermetallbelastung besteht. So wichtig die Untersuchungen mit großem Raster sind, um die Größenordnung der Belastung aufzuzeigen, umso mehr demonstriert aber die mikro- bzw. mesofazielle Differenzierung der untersuchten Sedimente, daß erhebliche Unterschiede an einem Standort existieren können. Diese kleinräumigen Unterschiede sind aber für die Interpretation der Ablagerungsgeschichte sowie lokale Gefährdungs- bzw. Nutzungsmöglichkeiten äußerst wichtig. Zukünftige Arbeiten müssen neben einer kleinräumigen Untersuchungsbasis verstärktes Augenmerk auch auf Bedingungen und Ausmaß der Remobilisierung der Schwermetalle richten.

Literatur

- BRUN, B. (1974): Die Wirkung von chromhaltigen Gerbereischlämmen auf Wachstum und Chromaufnahme bei verschiedenen Nutzpflanzen. – Dissertation Universität Bonn. 119 S. – Bonn (Selbstverlag).
- EWERS, U. (1984): Umweltstandards. – In: MERIAN, E. (Hrsg.), *Metalle in der Umwelt. Verteilung, Analytik und biologische Relevanz.* – Weinheim, Deerfield Beach und Basel (Chemie).
- EWERS, U. & SCHLIPKÖTER, H.-W. (1984): Blei. – In: MERIAN, E. (Hrsg.), *Metalle in der Umwelt. Verteilung, Analytik und biologische Relevanz.* – Weinheim, Deerfield Beach und Basel (Chemie).
- FAUTH, H., HINDEL, R., SIEWERS, U. & ZINNER, J. (1985): *Geochemischer Atlas der Bundesrepublik Deutschland. Verbreitung von Schwermetallen in Wässern und Bachsedimenten.* – 87 S., Stuttgart (Schweizerbart).
- FÖRSTNER, U. & MÜLLER, G. (1974): *Schwermetalle in Flüssen und Seen als Ausdruck der Umweltverschmutzung.* – 225 S., Berlin, Heidelberg und New York (Springer).
- FÖRSTNER, U. & WITTMANN, G. T. W. (1983): *Metal Pollution in the Aquatic Environment.* – 2. Auflage. 464 S., Berlin, Heidelberg, New York und Tokyo (Springer).
- GAIDA, B. (1977): *Chronik der Solinger Galvaniseur-Innung.* In: 70 Jahre Galvaniseur- und Metallschleifer-Innung Solingen (Festschrift). – Solingen (Selbstverlag).
- GRABERT, H. (1980): *Oberbergisches Land zwischen Wupper und Sieg.* – (Sammlung geologischer Führer 68.) 178 S., Berlin und Stuttgart (Bornträger).
- HARRES, H.-P., FRIEDRICH, H., HÖLLWARTH, M. & SEUFFERT, O. (1985): *Schwermetallbelastung städtischer Böden und ihre Beziehung zur Bioindikation.* – *Geologisches Jahrbuch Hessen* (Wiesbaden) 113, 251–270.
- HEINRICHS, H. (1977): *Emissions of 22 Elements from Brown-Coal Combustion.* – *Naturwissenschaften* (Berlin, Heidelberg und New York) 64, 479–481.
- HERAVI, F. (1984): *Schwermetalle in Flußsedimenten (Regnitz, Mittelfranken) in Abhängigkeit von Sediment-Parametern.* – Dissertation Universität Erlangen-Nürnberg. 138 S., Erlangen/Nürnberg (Selbstverlag).
- HESEMANN, J. (1978): *Der Blei-Zink-Erzbezirk des Bergischen Landes (Rheinisches Schiefergebirge) als Prototyp einer frühorogenen und paläogenen Vererzung.* – *Decheniana* (Bonn) 131, 292–299.
- HOTH, W. (1975): *Die Industrialisierung einer rheinischen Gewerbestadt – dargestellt am Beispiel Wuppertal.* – *Schriften zur Rheinisch-Westfälischen Wirtschaftsgeschichte* 28, 283 S. – Köln (Rheinisch-Westfälisches Wirtschaftsarchiv zu Köln e. V. – Selbstverlag).
- Klärschlammverordnung (AbfKlärV) vom 25. 6. 1982. – *Bundesgesetzblatt* (Bonn) I, 734–736.
- Landesamt für Wasser und Abfall Nordrhein-Westfalen (Hrsg.) (1986): *Sedimentuntersuchungen in Fließgewässern (1978–1983).* (Wasser und Abfall/LWA Schriftenreihe 41.) 48 S. – Düsseldorf (Selbstverlag).
- LINDMÜLLER, P. (1986): *Remscheid und Solingen im industriegeographischen Entwicklungsvergleich.* – *Beiträge zur Struktur- und Konjunkturforschung* 26. 423 S., Bochum (Brockmeyer).
- MÜLLER, G., GRIMMER, G. & BÖHNKE, H. (1977): *Sedimentary Record of Heavy Metals and Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Lake Constance.* – *Naturwissenschaften* (Berlin, Heidelberg und New York) 64, 427–431.
- REICHERT, J. & DE HAAR, U. (Hrsg.) (1982): *Schadstoffe im Wasser. Band I: Metalle.* – Deutsche Forschungsgemeinschaft/Forschungsbericht. 445 S. – Boppard (Boldt).
- RICHTER, D. (1977): *Ruhrgebiet und Bergisches Land zwischen Ruhr und Wupper.* – *Sammlung Geologischer Führer* 55., 2. Aufl. 186 S., Berlin und Stuttgart (Bornträger).
- SALOMONS, W. & FÖRSTNER, U. (1984): *Metals in the Hydrocycle.* 348 S. – Berlin, Heidelberg, New York und Tokyo (Springer).
- STOEPLER, M. (1984): *Cadmium.* – In: MERIAN, E. (Hrsg.), *Metalle in der Umwelt. Verteilung, Analytik und biologische Relevanz.* – Weinheim, Deerfield Beach und Basel (Chemie).
- WACHS, B. (1978): *Kontamination der Oberflächengewässer durch Cadmium.* – In: *Schadstoffe im Oberflächenwasser und im Abwasser.* (Münchener Beiträge zur Abwasser-, Fischerei- und Flußbiologie 30.) – München (Oldenbourg).
- WAGNER, H. & BOHL, M. (1977): *Auswirkungen von Kupfersulfat in einem praxisbezogenen Fischteichversuch.* – In: *Schadstoffe im Oberflächenwasser und im Abwasser.* Münchener Beiträge zur Abwasser-, Fischerei-, und Flußbiologie 30. – München (Oldenbourg).
- WEDEPOHL, K.-H. (1984): *Die Zusammensetzung der oberen Erdkruste und der natürliche Kreislauf ausgewählter Metalle. Ressourcen.* – In: MERIAN, E. (Hrsg.), *Metalle in der Umwelt. Verteilung, Analytik und biologische Relevanz.* – Weinheim, Deerfield Beach und Basel (Verlag).
- WINKEL, P. (1986): *Wasser und Abwasser. Behandlung und Kreislaufführung in der Galvanotechnik und in der Metallindustrie.* – 360 S., Saulgau (Leuze).

- YEDILER, A. (1978): Anreicherungsverhalten von Zink in Binnengewässern. — In: Schadstoffe im Oberflächenwasser und im Abwasser, in: Münchener Beiträge zur Abwasser-, Fischerei- und Flußbiologie 30. — München (Oldenbourg).
- ZEIL, W. (1986): Südamerika (Geologie der Erde 1). 160 S. — Stuttgart (Enke).
- ZWENGER, K. W. (1978): Die Belastung der Wupper durch anorganische Stoffe und Abwärme. — Kommunalwirtschaft (Düsseldorf) 25, 256–263.

Anschriften der Autoren: Dr. Reinhard Gaida, Steinbart-Gymnasium, Realschulstr. 45, 4100 Duisburg 1.
Priv.-Doz. Dr. Ulrich Radtke, Geographisches Institut der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf, Universitätsstr. 1, 4000 Düsseldorf 1.

Decheniana (Bonn) 143, 445 (1990)

Nachtrag zu: Limnologische Untersuchungen des Nitzbaches und seiner Nebenbäche (Rhl.-Pf.), Decheniana 141, 271–287 (1988)

Michael Görtz

(Eingegangen am 3. 7. 1989)

Bei einer kritischen Durchsicht des Tiermaterials haben sich die im folgenden aufgeführten Änderungen bezüglich der Artenliste ergeben. Entsprechend sind zu ersetzen: *Nemoura mortoni* RIS durch *Nemurella picteti* KLP, *Isoptena serricornis* PICTET durch *Siphonoperla* cf. *torrentium* PICTET, *Prosimulium latimucro* (END.) durch *Prosimulium tomosvaryi* (END.) Zu danken habe ich Herrn und Frau Dr. ZWICK (Limnologische Flußstation des Max-Planck-Institutes für Limnologie, Schlitz) für die Revision der fraglichen Arten.

Anschrift des Verfassers: Dipl.-Biol. Michael Görtz, Im Feldpütz 4, 5300 Bonn 1.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Decheniana](#)

Jahr/Year: 1990

Band/Volume: [143](#)

Autor(en)/Author(s): Gaida Reinhard, Radtke Ulrich

Artikel/Article: [Schwermetalle in den Auensedimenten der Wupper
434-445](#)