



Manfred Schulze

**Schwermetalle im Sediment  
der niedersächsischen Elbe  
und ihrer Nebenflüsse  
oberhalb Hamburgs**



## NLWK Schriftenreihe Band 1

Niedersächsischer Landesbetrieb  
für Wasserwirtschaft und Küstenschutz  
- Betriebsstelle Lüneburg -

Manfred Schulze

### **Schwermetalle im Sediment der niedersächsischen Elbe und ihrer Nebenflüsse oberhalb Hamburgs**

Bewertung der Untersuchungsergebnisse:

Sedimente	1998 – 2000
Schwebstoffe	1989 – 2000

# Inhaltsverzeichnis

	Seite
1	Einführung ..... 1
2	Methodik ..... 2
3	Messstellenübersicht ..... 3
4	Beschreibung der Kenngrößen ..... 5
5	Bewertung von Schwermetallgehalten in Fließgewässersedimenten ..... 7
5.1	Korngrößeneffekt ..... 7
5.2	Hintergrundwerte ..... 7
5.3	Zielvorgaben ..... 8
5.4	LAWA-Güteklassifikation ..... 8
5.5	Geo-Akkumulations-Index ..... 9
6	Ergebnisse ..... 10
7	Auswertung ..... 14
7.1	Bewertung der Sedimentuntersuchungen 1998 – 2000 ..... 14
7.2	Schwermetallgehalte im Schwebstoff der Elbe bei Schnackenburg 1989 bis 1999 ..... 20
7.2.1	Vergleich der Belastung von Schwebstoffen und Sedimenten der Elbe mit anderen deutschen Flussgebieten ..... 26
8	Zusammenfassung und Ausblick ..... 27
9	Literatur ..... 29
10	Anhang – Analysenergebnisse der Sedimentuntersuchung ..... 31
Anlage	Übersichtskarte: Schwermetalle im Sediment der niedersächsischen Elbe und ihrer Nebenflüsse oberhalb Hamburgs

## Tabellenverzeichnis

	<b>Seite</b>	
Tabelle 3.1	Messstellenübersicht	4
Tabelle 5.1	Hintergrundwerte für Schwermetallgehalte in feinkörnigen Sedimenten (< 20 µm) und ihr geschätzter Schwankungsbereich	8
Tabelle 5.2	Zielvorgaben für Metallgehalte in Schwebstoffen und Sediment für die Schutzgüter Aquatische Lebensgemeinschaften und „Boden, Schwebstoffe und Sedimente“.	8
Tabelle 5.3	Güteklassifikation von 7 Schwermetallen im Schwebstoff nach der jeweils strengsten Zielvorgabe über die Schutzgüter Aquatische Lebensgemeinschaften und Bodennutzung - LAWA Güteklassifikation 1998 -	9
Tabelle 5.4	Natürliche Schwermetall- und Arsengehalte der <20 µm-Fraktion	10
Tabelle 5.5	I <sub>geo</sub> -Klassen von 7 Schwermetallen und Arsen bezogen auf natürliche Metall- und Arsengehalte der <20 µm-Fraktion.	10
Tabelle 6.1	Einzelwerte und Mittelwerte der Analysenergebnisse 1998 - 2000 mit Klassifizierungen nach dem Geo-Akkumulations-Index	11
Tabelle 6.2	Einzelwerte und Mittelwerte der Analysenergebnisse 1998 - 2000 mit Klassifizierungen nach der LAWA-Güteklassifikation	12
Tabelle 6.3	Schwermetall- und Arsengehalte im Schwebstoff der Elbe in Schnackenburg 1989 - 1999 mit Klassifizierungen nach LAWA-Güteklassifikation	13
Tabelle 7.1	Vergleich der Überschreitungen von Zielvorgaben für „Aquatische Lebensgemeinschaften“ aller deutschen LAWA-Messstellen mit Überschreitungen an Messstellen der niedersächsischen Elbe und ihrer Nebenflüsse oberhalb Hamburgs	17
Tabelle 7.2	Hintergrundwerte von Sedimenten der Elbe	25
Tabelle 7.3	Vergleich der Mediane von Schwermetall- und Arsengehalten in Schwebstoffen von Rhein und Elbe	26
Tabelle 7.4	Schwankungsbereich der Schwermetallkonzentrationen im Sediment Donaulängsschnitt Ulm bis Jochenstein, 1994	26
Tabelle 7.5	Schwermetallkonzentrationen im Schwebstoff der Weser bei Boffzen 1995	26
Tabelle 7.6	Durchschnittliche Schwermetallgehalte im Sediment der Ems bei Herbrum 1986-1996	26
Tabelle 7.7	Durchschnittliche Schwermetallgehalte im Schwebstoff der Oder bei Frankfurt 1996	26
Tabelle 10.1	Analysenergebnisse	32-35

## Abbildungsverzeichnis

	Seite	
Abbildung 2.1	Ablaufplan einer Sedimentuntersuchung	2
Abbildung 3.1	Sedimententnahmestellen	3
Abbildung 7.1	Vergleich prozentualer Anteile der Güteklassen von 6 Schwermetallen zwischen Sedimenten aus dem niedersächsischen Einzugsgebiet der Elbe oberhalb Hamburgs und Gewässersedimenten ganz Niedersachsens nach LAWA-Güteklassifikation	19
Abbildung 7.2	Entwicklung der Cadmiumkonzentration im Schwebstoff der Elbe in Schnackenburg 1989 bis 1999	21
Abbildung 7.3	Entwicklung der Zinkkonzentration im Schwebstoff der Elbe in Schnackenburg 1989 bis 1999	21
Abbildung 7.4	Entwicklung der Quecksilberkonzentration im Schwebstoff der Elbe in Schnackenburg 1989 bis 1999	22
Abbildung 7.5	Entwicklung der Bleikonzentration im Schwebstoff der Elbe in Schnackenburg 1989 bis 1999	22
Abbildung 7.6	Entwicklung der Kupferkonzentration im Schwebstoff der Elbe in Schnackenburg 1989 bis 1999	23
Abbildung 7.7	Entwicklung der Nickelkonzentration im Schwebstoff der Elbe in Schnackenburg 1989 bis 1999	23
Abbildung 7.8	Entwicklung der Chromkonzentration im Schwebstoff der Elbe in Schnackenburg 1989 bis 1999	24
Abbildung 7.9	Entwicklung der Arsenkonzentration im Schwebstoff der Elbe in Schnackenburg 1989 bis 1999	24
Abbildung 7.10	Anreicherung gegenüber Hintergrundwerten im Schwebstoff der Elbe in Schnackenburg 1989 bis 1999	25

# 1 Einführung

Die qualitative Gewässerüberwachung befasste sich anfangs ausschließlich mit der Analytik gelöster Stoffe. Im Bestreben ein Gewässersystem umfassender beurteilen zu können, finden Sedimentuntersuchungen zunehmend Eingang in Überwachungsprogramme (Monitoring-Programme). Damit wird der Tatsache Rechnung getragen, dass Sedimente wichtige Schadstoffspeicher und -quellen in einem Gewässersystem sind. Weit mehr als die Hälfte aller in ein Gewässer eingeleiteten Schwermetalle wird durch Bindung an Schwebstoffe aus der Wasserphase entfernt und so zumindest vorübergehend im Sediment festgelegt. Unterschiedliche Prozesse können dazu führen, dass diese remobilisiert und damit erneut zu potentiellen Quellen von Belastungen werden [15]. Untersuchungen von Sedimentablagerungen geben Hinweise auf die mittlere Belastung sedimentierter Schwebstoffe über einen längeren Zeitraum. Die Erfassung der sedimentgebundenen Schadstoffe ist unerlässlich für die Beurteilung eines Gewässers.

Der vorliegende Bericht enthält Bewertungen für Schwermetall- und Arsengehalte von Sedimenten der niedersächsischen Elbe und ihrer Nebenflüsse oberhalb Hamburgs und von 5 Messstellen im Einzugsgebiet der oberen und mittleren Este.

Im Dezember 1997 wurde im Rahmen des Gewässerüberwachungssystems Niedersachsen - Gütemessnetz Fließgewässer - eine überarbeitete Messnetzkonzeption und Messstrategie eingeführt. Dort sind Messstellen an Fließgewässern festgelegt, die abhängig von ihrer Bedeutung in regionale und überregionale Messstellen unterschieden sind. Die Schwermetallgehalte von Sedimenten an 11 überregionalen Messstellen sind 1 mal pro Jahr (bei Bedarf häufiger) zu ermitteln, 19 regionale Messstellen sind „entsprechend der Fragestellung“ zu untersuchen. Zuständig sind die Labore des regionalen Gewässerkundlichen Landesdienstes. Bis 1997 war das Niedersächsische Landesamt für Ökologie (NLÖ) zentral für diese Untersuchungen zuständig. Für die Zeit von 1986 bis 1997 liegen vom NLÖ Ergebnisse von Sedimentuntersuchungen mit Auswertungen von bis zu 13 überregionalen und ausgewählten Messstellen für die Stoffgruppen Schwermetalle und organische Einzelstoffe aus der Region vor.

Für den vorliegenden Bericht sind 1998 Sedimente der 30 regionalen und überregionalen und zusätzlich von 5 weiteren ausgewählten Messstellen auf ihre Schwermetallgehalte untersucht und die Ergebnisse bewertet worden. Zur besseren Eingrenzung von Belastungsschwerpunkten sind 1999 und 2000 diese und 11 weitere Messstellen zum Großteil noch einmal oder bei auffälligen Messergebnissen mehrfach untersucht worden. Diese Messstellendichte erlaubt eine gute Einschätzung der Schwermetallbelastung von Fließgewässersedimenten in der Region. Darüber hinaus wurden für die Klassifizierung der Elbe in Schnackenburg die Ergebnisse von Monatsmischproben des Schwebstoffes einbezogen. Diese Untersuchungen werden seit 1996 im

Rahmen des Messprogrammes ARGE-Elbe von der Betriebsstelle Lüneburg durchgeführt.

Die regionalen Dienststellen des Gewässerkundlichen Landesdienstes haben die von ihnen erfassten Messdaten für die Beurteilung regionaler Fragestellungen auszuwerten. Mit diesem Bericht wird die erste regionale Bewertung vorgelegt.

Die Messergebnisse und Bewertungen sind Grundlage für die Entscheidung, ob über den Mindestuntersuchungsumfang aus dem Gewässerüberwachungssystem hinaus künftig zusätzlich Fließgewässersedimente zu beproben sind.

Der vorliegende Bericht enthält Güteklassifizierungen, die nach zwei Verfahren ermittelt wurden:

1. Die LAWA-Güteklassifikation (Länderarbeitsgemeinschaft Wasser) von sieben Schwermetallen im Schwebstoff nach der jeweils strengsten Zielvorgabe über alle Schutzgüter vom August 1998 [1].
2. Die Bewertung entsprechend dem Geo-Akkumulations-Index nach Müller 1979 [2].

Die LAWA-Bewertungen geben den aktuellen Stand der Erkenntnisse über Sedimentbelastungen wieder. Einstufungen nach dem Geo-Akkumulations-Index wurden in der Vergangenheit vom NLÖ verwendet, so dass die Klassifizierungen aus diesem Bericht für einzelne Messstellen mit denen aus früheren NLÖ-Berichten verglichen werden können. Im Rahmen der EU-Wasserrahmenrichtlinie ist in Zukunft mit der Einführung einer EU-weit abgestimmten 5-stufigen Klassifizierung zu rechnen. Die 7-stufigen Klassifizierungen werden dann abgelöst.

Im vorliegenden Bericht sind die Analysenergebnisse tabellarisch aufgeführt. Die anliegende Karte enthält farbige Darstellungen zur Sedimentklassifizierung an den Messstellen. Zusätzlich wird die Entwicklung der Sedimentbelastung in der Elbe bei Schnackenburg grafisch dargestellt.

Künftig werden die Ergebnisse der Sedimentuntersuchungen und -bewertungen mindestens alle 10 Jahre in flussgebietsbezogenen Gewässergüteberichten und bei Bedarf in Sonderberichten veröffentlicht.

## 2 Methodik

### Probenahme

Die Proben wurden in Abhängigkeit von den Bedingungen an der Messstelle mit einem Bodengreifer (van Veen) oder mit einer PE-Schöpfkelle entnommen. Nach Möglichkeit wurde jede Probe aus mindestens drei repräsentativen Teilproben hergestellt, die in einer PP-Schale gut durchmischt worden sind. Bis zur Analyse wurden die Proben tiefgekühlt.

### Untersuchung

Von der gefriergetrockneten Gesamtprobe wurde die  $<2000 \mu\text{m}$  Fraktion abgetrennt, homogenisiert und eine Teilmenge aufgeschlämmt und 5 Minuten im Ultraschallbad behandelt. Hiervon war die  $<20 \mu\text{m}$  Fraktion herzustellen. Die Bestimmung von Blei, Cadmium, Chrom, Kupfer, Nickel und Zink erfolgte nach den einschlägigen DIN-Verfahren mit Hilfe der Graphitrohr-AAS. Die Quecksilbergehalte sind nach dem Kaltdampfverfahren und die Arsenkonzentrationen mit Hilfe des Hydridverfahrens ermittelt worden. Die Untersuchung eines zertifizierten Sedimentstandards in jeder Messreihe war Bestandteil der Analytischen Qualitätssicherung.

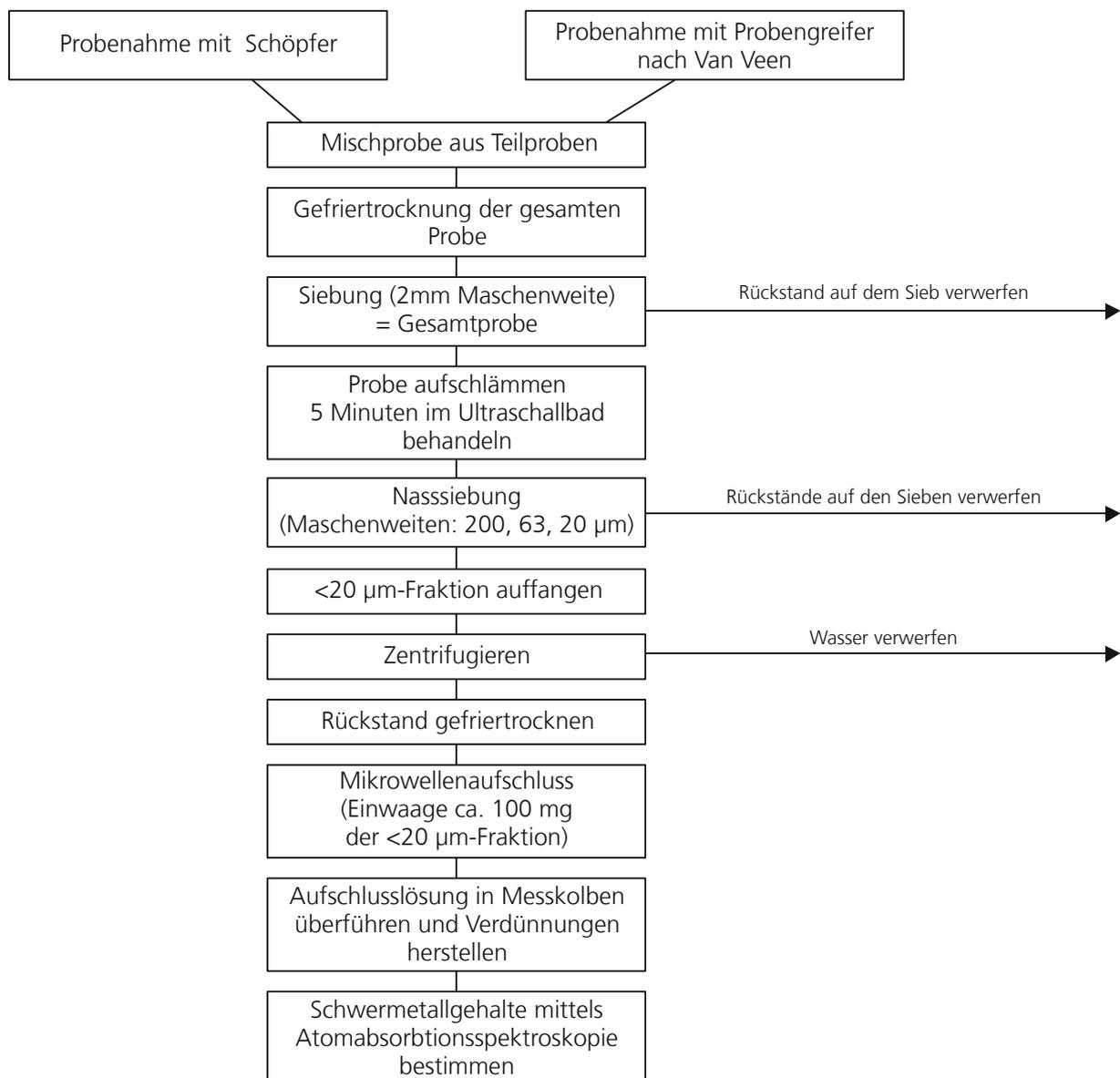


Abbildung 2.1: Ablaufplan einer Sedimentuntersuchung

### 3 Messtellenübersicht

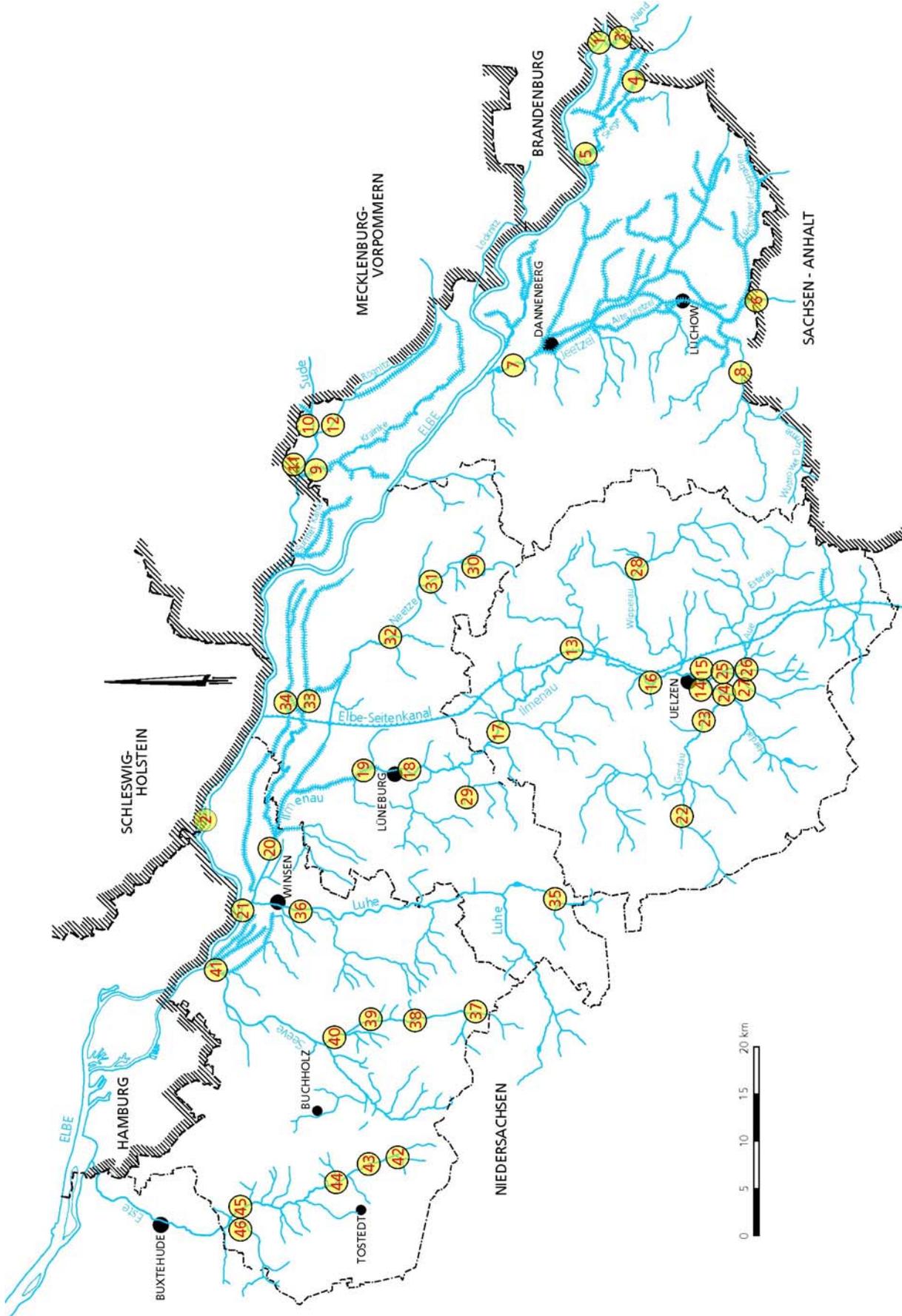


Abbildung 3.1: Sedimententnahmestellen

Tabelle 3.1:

**Messstellenübersicht**

lfd. Nr.	Gewässer	Ort	Einzugsgebiet km <sup>2</sup>	Angaben zur Messstelle -Seite-
1	Elbe	Schnackenburg	125.482	11-15, 17 + 20-25
2	Elbe	Geesthacht	135.013	11-15 + 17
3	Aland	Schnackenburg	1.885	11, 12 + 15
4	Seege	Nienwalde	214	11, 12, 15 + 17
5	Seege	Meetschow	322	11, 12, 15 + 17
6	Jeetzel	Teplingen	772	11, 12, 15 + 17
7	Jeetzel	Seerau	1.871	11, 12 + 15
8	Neue Dumme	Luckau	176	11, 12, 15 + 17
9	Krainke	Besitz	129	11, 12, 15 + 17
10	Sude	Stückau	791	11, 12 + 15
11	Sude	Oberhalb Mündung Krainke	1437	11, 12 + 15
12	Rögnitz	Rosien	552	11, 12, 15 + 17
13	Elbeseitenkanal	Bad Bevensen	-	11, 12 + 15
14	Ilmenau	Veerßen	776	11, 12, 16 + 17
15	Ilmenau	Veerßen, Regenwassereinlauf	-	11, 12, 16 + 17
16	Ilmenau	unterhalb KA Uelzen	1.052	11, 12, 16 + 17
17	Ilmenau	Bienenbüttel	1.434	11, 12 + 16
18	Ilmenau	oberhalb KA Lüneburg	1.675	11, 12 + 16
19	Ilmenau	Lüner Rennbahn	1.700	11, 12, 16 + 17
20	Ilmenau	Fahrenholz	2.251	11, 12 + 16
21	Ilmenau	Stöckte	2.373	11, 12, 16 + 17
22	Gerdau	Eimke	43,0	11, 12 + 15
23	Gerdau	Hansen	308	11, 12 + 15
24	Hardau	Holdenstedt	98,4	11, 12 + 16
25	Stederau	Niendorf II	285	11, 12 + 16
26	Eisenbach	Niendorf II	60,0	11, 12, 16 + 17
27	Bornbach	Borne	30,7	11, 12 + 16
28	Wipperau	Neumühle	159	11, 12 + 16
29	Billerbeck	Embsen	4,5	11, 12, 16 + 17
30	Strachau	Dahlenburg	30,0	11, 12 + 16
31	Neetze	Marienaue	85,3	11, 12 + 16
32	Neetze	Süttoft	174	11, 12, 16 + 17
33	Bruchwetter	Echem	82,6	11, 12, 16 + 17
34	Marschwetter	Echem	38,2	11, 12, 16 + 17
35	Lopau	Bockum	36,3	11, 12, 16 + 17
36	Luhe	Roydorf	462	11, 12 + 16
37	Schmale Aue	Döhle	30,0	11, 12, 16 + 17
38	Schmale Aue	Nindorf	103	11, 12, 16 + 17
39	Schmale Aue	Schmalenfelde	134	11, 12, 16 + 17
40	Schmale Aue	Marxen	157	11, 12, 16 + 17
41	Seeve	Hörsten	416	11, 12 + 17
42	Este	Welle	44,0	11, 12 + 17
43	Este	oberhalb Kakenstorf	47,3	11, 12 + 17
44	Este	unterhalb Kakenstorf	65,4	11, 12 + 17
45	Este	Emmen	184	11, 12 + 17
46	Staersbach	Moisburg	32,5	11, 12 + 17

## 4 Beschreibung der Kenngrößen

Schwermetalle und Arsen zählen aufgrund ihrer geringen Verbreitung zu den Spurenstoffen. Sie kommen primär in zahlreichen Mineralien und Steinen vor und sind von Natur aus in geringen Konzentrationen in Oberflächengewässern vorhanden. In Einzugsgebieten mit einem hohen Anteil gut mineralisierter Wässer (elektrolytreich) sind die natürlichen Gehalte von Schwermetallen und Arsen in der Regel deutlich erhöht. Viele Gebiete, in denen eine erhöhte Schwermetallbelastung des Bodens vorliegt, sind durch Untergrundgesteine mit mangelnder Pufferungsfähigkeit gekennzeichnet. Durch saure Niederschläge kommt es in diesen Gebieten zu einer Versauerung des Bodens und zu einer erhöhten Freisetzung von Metallen aus dem Untergrund [4]. Das gilt auch für elektrolytarmer Wässer, die Spurenelemente in CO<sub>2</sub>-reichen Humusböden anreichern, so dass dann Schwermetalle über das Grundwasser in Oberflächengewässer gelangen können.

Überwiegend anthropogene Belastungen sind für jene Elemente zu erwarten, die in großem Maßstab industriell verarbeitet und in verschiedenen Produkten eingesetzt werden. Sie können über den Luftpfad, durch Einträge aus Deponien, über das Grundwasser oder direkt durch industrielle, kommunale oder private Direkteinleiter in Oberflächengewässer gelangen. Erwähnenswert sind in diesem Zusammenhang Abschwemmungen von Verkehrsflächen, die in der Regel ungeklärt in Oberflächenwässer gelangen.

Schwermetalle und Arsen werden überwiegend an Schwebstoffen adsorbiert und schließlich im Sediment abgelagert. Sie können durch Reduktionsprozesse bei niedrigen pH-Werten wieder freigesetzt werden. Schwermetalle reichern sich innerhalb der Nahrungskette an und können bei einigen Elementen schließlich Konzentrationen erreichen, die für das Ökosystem durch Beeinträchtigung der aquatischen Lebensgemeinschaft kritisch sind oder z.B. Fische für den Verzehr ungeeignet werden lassen. Schwermetalle und Arsen sind persistent, d.h. nicht abbaubar. Selbst wenn anthropogene Einträge völlig unterbunden werden, würden vorangegangene Anreicherungen im Sediment nur langsam im Zuge von Sedimentumlagerungen zurückgehen.

Nachfolgende Angaben zur Toxizität beziehen sich auf die Wasserphase, weil Angaben für sedimentbewohnende Organismen fehlen.

**Blei** bildet mit einer Reihe von Metallen technisch wichtige Bleilegierungen. Ein Großteil des gewonnenen Bleis wird für die Akkumulatorenherstellung verbraucht. Organische Bleiverbindungen, wie z.B. Tetraethyl-Blei werden einigen Benzinarten noch als Antiklopfmittel zugesetzt. Darüber hinaus gelangt es als Bestandteil von Farben und Kabel und über Trinkwasserrohrleitungen älterer Gebäude in die Umwelt.

Blei gilt in seinen meisten Verbindungen als wassergefährdender bis stark wassergefährdender Stoff. Die Toxizität ist

abhängig von der Wasserhärte. 0,3 mg/l bis 1,4 mg/l Pb gelten als letale Dosis für einige Fischarten. Eine Giftwirkung auf Mikroorganismen tritt bei 0,1 mg/l Pb auf.

Blei gelangt überwiegend über Abschwemmungen von Verkehrsflächen in Oberflächengewässer. Die diffusen Einträge gehen seit Einführung des „bleifreien“ Benzins deutlich zurück.

**Cadmium** ist ein Begleitelement von Zink und fällt bei dessen technischer Gewinnung sowie bei der Blei- und Kupfergewinnung an. Darüber hinaus wird es bei der Eisenverhüttung und aus fossilen Stoffen emittiert. Cadmium wird für den Korrosionsschutz, in Batterien, Halbleitern und Pigmenten und als Stabilisator benutzt. Bei der Verbrennung fossiler Brennstoffe gelangt Cadmium in die Atmosphäre. Darüber hinaus ist Cadmium in Mineraldüngern enthalten, weil es ein Begleitelement von Rohphosphat ist.

Es gilt sowohl als Element als auch in seinen Verbindungen als stark wassergefährdender Stoff. Die Schädlichkeitsgrenze für Daphnien liegt etwa bei 1,5 µg/l und für Goldfische etwa bei 8 µg/l [8].

Hauptemittenten für **Chrom** sind die Lederindustrie und Galvanikbetriebe. Das wasserlösliche Chrom VI ist etwa 100 mal giftiger als Chrom III und wesentlich giftiger als Chrom II-Verbindungen. Die Zielvorgaben im vorliegenden Bericht beziehen sich auf Gesamtchrom, also auf Chrom in allen Bindungsformen bzw. Oxidationsstufen.

50 % der **Kupfer**produktion findet seine Anwendung in der Elektroindustrie und weitere 40 % werden zur Herstellung von Kupferlegierungen verwendet. Kupferoxid wird Bodenanschlagfarben (Antifoulingfarben) zugesetzt. Verschiedene Kupferverbindungen werden als Algizide und Fungizide eingesetzt.

Kupferverbindungen gelten überwiegend als wassergefährdende Stoffe. Die Fischtoxizität von Kupfersulfat für Goldfische beträgt 0,8 mg/l.

**Nickel** wird überwiegend zur Stahlveredelung und für Nickelbasislegierungen verwendet. Große Nickelmengen verbreitet die Chemische Industrie für die Katalyse. Kohlekraftwerke emittieren ebenfalls erhebliche Mengen Nickel. Wesentliche anthropogene Nickeleinträge in Oberflächengewässer sind auf Emissionen aus Großfeuerungsanlagen, Müllverbrennungsanlagen und Metallhütten zurückzuführen.

Nickelverbindungen gehören zu den wassergefährdenden Stoffen. Nickel II-Nitrat ist ab 1 mg/l in weichem Wasser für Fische tödlich. Die Schädlichkeitsschwelle für Algen liegt bei 0,9 mg/l und für Kleinkrebse bei 6 mg/l.

**Quecksilber** kommt aufgrund seiner hohen Flüchtigkeit praktisch überall in der Natur vor. Durch seine vielfältige

Verwendung, z.B. in der chemisch-pharmazeutischen Industrie, der Papier-, Farben- und Elektroindustrie (Leuchtstofflampen, Batterien), sowie als Amalgamzahnfüllungen und bei der häuslichen und gewerblichen Verbrennung von Kohle und Heizöl gelangen ständig größere Mengen von Quecksilber in die Umwelt und damit auch in das Wasser.

Die große Gefährlichkeit dieses Metalls und seiner Verbindungen besteht in der Akkumulation in den Nahrungsketten. Ab einem Gehalt von 1 µg/kg Hg ist Fisch als Nahrungsmittel nicht mehr geeignet. Hechte enthielten jedoch bereits bis zu 8 µg/kg, Thunfische oft ein Vielfaches dieser Konzentration. Quecksilberkonzentrationen von 2 µg/l im Gewässer schädigen Regenbogenforellen.

**Zink** wird vor allem als Korrosionsschutz bei Eisen- und Stahlprodukten sowie in Legierungen verwendet. Vorwiegend gelangt es über die Regenwasserkanalisation (Korrosion von Zinkregennrinnen) in Oberflächengewässer. Weitere Verwendung findet Zink bei der Herstellung von galvanischen Elementen, Druckplatten, als Ätzmittel im Textildruck und als Reduktionsmittel in der Metallurgie zur Gewinnung von Silber oder Gold. Einige organische Zinkverbindungen werden als Pflanzenschutzmittel eingesetzt.

Zink gilt als schwach wassergefährdender Stoff. Zinkchlorid wirkt z.B. bei einer Konzentration von 1,0 mg/l in 5 Tagen auf Kleinkrebse tödlich.

**Arsen** ist ein Halbmetall, das in Elementarform ungiftig ist. Es kann in seinen Verbindungen besonders in reduzierter Form als Arsen III aber hochgiftig sein.

Erhöhte Arsengehalte im Gewässer können geologische Ursachen haben. Anthropogene Einträge kommen z.B. aus Gerbereien, Hüttenbetrieben, Ausschwemmungen aus Deponien - Braunkohlenasche enthält erhebliche Mengen Arsen - oder von Altlasten aus der früheren Produktion von Gas und arsenhaltigen Pflanzenschutzmitteln.

Arsengehalte über 0,76 mg/l können die Selbstreinigungskraft des Gewässers beeinträchtigen.

## 5 Bewertung von Schwermetallgehalten in Fließgewässersedimenten

Analog zur Biologischen Gewässergüteklassifikation lassen sich auch chemische Güteklassifizierungen für die Wasserphase und für Sedimente / Schwebstoffe vornehmen. Grundlage hierfür sind Zielvorgaben, die für Sedimentbeurteilungen aus Hintergrundwerten und der Nutzung abgeleitet sind.

Im vorliegenden Bericht werden zwei unterschiedliche Bewertungsverfahren für die Einordnung von Untersuchungsergebnissen in Belastungsstufen verwendet:

- der Geo-Akkumulations-Index [1] und
- die LAWA-Güteklassifikation [2]

Der Geo-Akkumulations-Index ist ein Klassifikationssystem für Sedimente, das Belastungsstufen mit dem Grad der Anreicherung von Schwermetallen gegenüber geogenen Hintergrundwerten in Beziehung setzt. Nach diesem System sind bereits in der Vergangenheit hiesige Messstellen vom NLÖ bewertet worden. Für die Berechnung des Belastungsgrades werden Hintergrundwerte gemäß Tabelle 5.1 verwendet. Für Bewertungen gemäß LAWA-Klassifikationen werden 50-Perzentile der Schwermetallgehalte von Schwebstoffen zu Grunde gelegt, die in regelmäßigen Zeitabständen an repräsentativen Messstellen über einen definierten Zeitraum - in der Regel in einem Kalenderjahr - entnommen worden sind. Im vorliegenden Bericht war diese Art der Bewertung nur für die Messstelle Elbe/ Schnackenburg möglich. Alle übrigen Klassifikationen sind auf Grundlage der Ergebnisse der Untersuchung einer Sedimentprobe oder dem Mittelwert aus Ergebnissen von bis zu 9 Sedimentproben ermittelt worden. Geht man davon aus, dass sich Schwebstoffe absetzen und frisches Sediment bilden, sind bei der Beprobung abhängig von den örtlichen Verhältnissen Schwebstoffe erfasst, die sich über einen längeren Zeitraum abgelagert haben. Bei beiden o.g. Klassifikationssystemen besteht das Problem, dass die Sedimentprobenahme erheblichen Einfluss auf das Ergebnis hat. Abhängig von den örtlichen Verhältnissen werden Sedimente erfasst, die sich über unbekannte Zeiträume am Entnahmeort abgesetzt haben. Bei der Probenahme wird versucht an repräsentativen Orten an verschiedenen Stellen oberflächennah möglichst frisches Sediment zu entnehmen und zu einer möglichst repräsentativen Mischprobe zu vereinigen. Zeitreihenbetrachtungen z.B. über die Entwicklung von Schwermetalleinträgen sind nur eingeschränkt möglich, weil das genaue Alter der Sedimente unbekannt ist.

Das Ergebnis einer Sedimentuntersuchung ist annähernd vergleichbar mit dem Durchschnittsergebnis oder dem 50-Perzentil von Schwebstoffuntersuchungen, die für die gleiche Messstelle in regelmäßigen Zeitabständen über den Zeitraum der Sedimentablagerung gebildet worden wären [4]. Untersuchungen des NLÖ [13] ergaben, dass an Messstationen an Weser und Aller die ermittelten Schwermetallgehalte im Sediment mit den Mittelwerten der Schwebstoffuntersuchungen vergleichbar waren.

Alle Angaben (mg/kg) mit Ausnahme von Grenzwerten für die landwirtschaftliche Verwertung beziehen sich auf die Feinkornfraktion <20 µm.

### 5.1 Korngrößeneffekt

Metalle lagern sich bevorzugt an der anorganischen und organischen Feinkornfraktion der Sedimente an. Die anorganische Feinkornfraktion besteht aus Tonmaterialien, Eisen- und Manganhydroxiden. Die organische Fraktion besteht aus abgestorbenen Pflanzenresten, Plankton und Bakterien. An das grobkörnige Sediment, z.B. an Quarzsand lagern sich demgegenüber kaum Metalle an. Untersuchungen haben ergeben, dass Metallgehalte in der Feinkornfraktion <20 µm im Vergleich zur „Grobfraktion“ um den Faktor 7-10 angereichert sind.

Die zufällige Korngrößenverteilung bei der Probenahme würde also ohne Berücksichtigung des Korngrößeneffektes das Untersuchungsergebnis erheblich beeinflussen. Bei Sedimentuntersuchungen wird die Feinkornfraktion mit hohem Bindungspotential für Metalle aus diesem Grund von der Gesamtfraktion abgetrennt und analysiert. Damit wird die Metallkonzentration auf den Korngrößenbereich mit dem größten Bindungspotential normiert [9]. Vergleichende Betrachtungen der Schwermetallgehalte sind so möglich. Bei Schwebstoffuntersuchungen gemäß LAWA-Güteklassifikation wird die Gesamtfraktion bestimmt. Auf Grund des hohen Anteils der <20 µm-Fraktion im Schwebstoffgehalt unterscheiden sich die Untersuchungsergebnisse nicht wesentlich [13].

### 5.2 Hintergrundwerte

Hintergrundwerte sind Stoffkonzentrationen, die in anthropogen unbeeinflussten Medien zu erwarten sind und damit den natürlichen Zustand charakterisieren. Auf Grund unterschiedlicher Verhältnisse in Einzugsgebieten unterliegen sie Schwankungsbreiten.

Der natürliche Schwermetallgehalt von anthropogen unbeeinflussten Fließgewässern ist im wesentlichen vom Schwermetallgehalt des geologischen Untergrundes abhängig [3].

Tabelle 5.1:

**Hintergrundwerte für Schwermetallgehalte in feinkörnigen Sedimenten (< 20 µm) und ihr geschätzter Schwankungsbereich [4].**

Element	Hintergrundwert mg/kg	Geschätzter Schwankungsbereich mg/kg
Blei	25	12,5 – 50
Cadmium	0,3	0,15 – 0,6
Chrom	80	40 – 160
Kupfer	20	10 – 40
Nickel	30	10 – 60
Quecksilber	0,2	0,1 – 0,4
Zink	100	50 - 200

### 5.3 Zielvorgaben der LAWA

Zielvorgaben für oberirdische Binnengewässer sind Orientierungswerte. Sie sind keine rechtlich verbindlichen Grenzwerte, werden aber zunehmend zur Formulierung von Qualitätszielen für den wasserwirtschaftlichen Vollzug genutzt. Schwermetalle kommen von Natur aus in Gewässern vor und sind für Organismen z.T. essentiell. Bei erhöhten Konzentrationen haben sie jedoch eine schädigende Wirkung. Wirkungsschwellenwerte werden in der Regel unter Laborbedingungen und mit vollständig gelösten Schwermetallen ermittelt. Die Übertragung auf Freilandbedingungen bereitet Schwierigkeiten, weil Schwermetalle teilweise gelöst in der wässrigen Phase und zum größten Teil ungelöst im Schwebstoff bzw. Sediment vorliegen. Organismen nehmen Schwermetalle ganz überwiegend in gelöster Form auf, sie können sie aber auch in partikulärer Form aufnehmen [4].

Gewässerökologische Zielvorgaben zum Schutz sedimentbewohnender Organismen konnten auf Grund fehlender allgemein anerkannter Verfahren noch nicht erarbeitet werden. Aus diesem Grund werden bisher lediglich zwei andere Schutzziele als Grundlage für Zielvorgaben herangezogen.

Zum Schutz der aquatischen Lebensgemeinschaften ist die Belastung der Gewässer mit Schwermetallen so gering wie möglich zu halten. Für die Beurteilung der Belastung von Sedimenten wurde deshalb zum Schutz der aquatischen Lebensgemeinschaft eine Zielvorgabe (50-Perzentilwert) in Höhe des doppelten oberen Hintergrundwertes aufgestellt. Nach dem heutigen Stand des Wissens ist davon auszugehen, dass bei Einhaltung der Zielvorgabe eine Beeinträchtigung der aquatischen Lebensgemeinschaft auszuschließen ist. Für die Wasserphase bilden ökotoxikologische Untersuchungen an Bakterien, Algen, Krebsen und Fischen die Grundlage zur Festsetzung von Zielvorgaben. Daneben bestehen auch Zielvorgaben für das Schutzgut „Boden, Schwebstoffe und Sedimente“. Dieses Schutzgut berücksichtigt die Nutzung von Sedimenten durch Aufbringung auf landwirtschaftliche Flächen (Baggergut). In Ermangelung von Grenzwerten wurden hier die geltenden Bodengrenzwerte der Klärschlammverordnung als Zielvorgaben übernommen [5]. Im Rahmen der Klärschlammverordnung wird die <2mm-Fraktion untersucht, während sich die Zielvorgabe für aquatische Lebensgemeinschaften und die

Untersuchungen, die für diesen Bericht zu Grunde gelegt werden, auf die <20 µm-Fraktion bezieht.

Die Zielvorgaben der LAWA stützen sich auf das 50-Perzentil von Schwebstoffuntersuchungen, während im vorliegenden Bericht überwiegend Sedimentanalysen bewertet wurde. Vorangegangene Untersuchungen zeigen, dass sich in Fließgewässern Analysenergebnisse der Sedimentfeinkornfraktion nicht wesentlich von Untersuchungen der Gesamtfraktion von Schwebstoffen unterscheiden [4], [13]. Vergleicht man die Auswertungen in diesem Bericht mit Ergebnissen, die vom Schwebstoff an allen deutschen LAWA-Messstellen erzielt wurden, ergibt sich eine vergleichbare Verteilung der Güteklassifikationen (siehe Tabelle 7.1).

Tabelle 5.2:

**Zielvorgaben für Metallgehalte in Schwebstoffen und Sedimenten für die Schutzgüter aquatische Lebensgemeinschaften und Boden, Schwebstoffe und Sedimente**

Element	Aquatische Lebens- gemeinschaften mg/kg	Boden Schwebstoffe Sedimente mg/kg
Blei	100	100
Cadmium	1,2	1,5
Chrom	320	100
Kupfer	80	60
Nickel	120	50
Quecksilber	0,8	1
Zink	400	200

Eine Zielvorgabe gilt in einem Jahr als eingehalten, wenn das 50-Perzentil (Median) der gemessenen Schwermetallgehalte im Schwebstoff an einer repräsentativen Gewässermessstelle den Zahlenwert der Zielvorgabe nicht überschreitet. Sollten nicht genügend Messwerte vorliegen, kann hilfsweise der Mittelwert herangezogen werden [4].

### 5.4 LAWA-Güteklassifikation

Die in der Wasserphase auftretenden Schwermetallkonzentrationen werden in erheblichem Maße vom Schwebstoffgehalt beeinflusst, da sich Schwermetalle im Schwebstoff anreichern. Schwermetallkonzentrationen aus einer Wasserprobe, die eine Summe aus gelöstem und ungelöstem Anteil wiedergeben, sind wenig geeignet, Aussagen zur Schwermetallbelastung des Gewässers zu machen, weil sie stark abhängig vom Schwebstoffgehalt sind. Angaben zu Schwermetallgehalten im Schwebstoff oder Sediment erlauben eine wesentlich bessere Abschätzung der Belastung.

Zur kartographischen Darstellung von Umweltzustandsdaten wurde von der LAWA ein siebenstufiges Klassifikationsschema für Wasserinhaltsstoffe entsprechend der biologischen Gewässergüteklassifikation entwickelt. Die Stoffkonzentrationen, die der Güteklasse I entsprechen, charakterisieren einen Zustand ohne anthropogene Beeinträchtigungen (Hintergrundwerte). Für gefährliche Stoffe wird Schwebstoffen der Güteklasse II die empfindlichste Zielvorgabe der beiden Schutzgüter „aquatische Lebensgemeinschaften“ oder „Boden, Schwebstoffe und Sedimente“ zugeordnet. Die nachfolgenden Klassen ergeben sich aus der Multiplikation des Zielvorgabewertes mit dem Faktor 2. Die Güteklasse I-II weist den halben Wert der Zielvorgabe auf.

Für die Hauptklassen ergibt sich folgendes Schema [5]:

- Klasse I: anthropogen unbelastet - geogener Hintergrundwert
- Klasse II: mäßige Belastung - Einhaltung der Zielvorgaben
- Klasse III: erhöhte Belastung - bis vierfacher Wert der Zielvorgabe
- Klasse IV: sehr hohe Belastung - größer als der achtfache Wert der Zielvorgabe.

Zur Differenzierung des Beurteilungssystems bestehen zwischen diesen Hauptgüteklassen drei Übergangsklassen (I-II; II-III; III-IV) mit dem jeweiligen Mittelwert als Zielvorgabe. Künftig wird im Rahmen der EU ein 5-stufiges System eingeführt.

Tabelle 5.3:

**Güteklassifikation von 7 Schwermetallen im Schwebstoff nach der jeweils strengsten Zielvorgabe über die Schutzgüter aquatische Lebensgemeinschaften und Bodennutzung - LAWA-Güteklassifikation 1998 -**

		Stoffbezogene chemische Güteklasse						
Belastung	Schutzgut*	I	I-II	II	II-III	III	III-IV	IV
		Anthropogen unbelastet	Sehr geringe Belastung	Mäßige Belastung	Deutliche Belastung	Erhöhte Belastung	Hohe Belastung	Sehr hohe Belastung
Faktor ZV**		Geogener Hintergrund	½ x ZV	ZV	2 x ZV	4 x ZV	8 x ZV	> 8 x ZV
Blei	A/S	≤ 25	≤ 50	≤ 100	≤ 200	≤ 400	≤ 800	> 800
Cadmium	A	≤ 0,3	≤ 0,6	≤ 1,2	≤ 2,4	≤ 4,8	≤ 9,6	> 9,6
Chrom	S	≤ 80	≤ 90	≤ 100	≤ 200	≤ 400	≤ 800	> 800
Kupfer	S	≤ 20	≤ 40	≤ 60	≤ 120	≤ 240	≤ 480	> 480
Nickel	S	≤ 30	≤ 40	≤ 50	≤ 100	≤ 200	≤ 400	> 400
Quecksilber	A	≤ 0,2	≤ 0,4	≤ 0,8	≤ 1,6	≤ 3,2	≤ 6,4	> 6,4
Zink	S	≤ 100	≤ 150	≤ 200	≤ 400	≤ 800	≤ 1600	> 1600

\* A = aquatische Lebensgemeinschaft

S = Schwebstoffe / Sedimente = Bodennutzung

\*\* ZV = Zielvorgabe

Konzentrationsangaben in mg/kg

### 5.5 Geo-Akkumulations-Index

Dem Geo-Akkumulations-Index liegt ein Bewertungssystem nach G. Müller [2] aus dem Jahre 1979 zu Grunde. Es basiert auf den natürlicherweise durch Verwitterung bzw. Auswaschung von Gesteinen in Fließgewässern enthaltenen Schwermetallen (geogene Belastung). Um natürliche Schwankungen und bereits sehr geringe anthropogene Belastungen einbeziehen zu können, multipliziert man den jeweiligen natürlichen Gehalt mit dem Faktor 1,5 und erhält hierdurch die obere Grenze der niedrigsten Belastungsstufe 0. Die Verdoppelung dieses Wertes liefert die Obergrenze der nächsthöheren Klasse und jede weitere Verdoppelung führt wiederum zur Obergrenze einer höheren Klasse.

Für die Berechnung gilt folgende Funktion:

$$Gn_{(lgeo)} = \frac{\log^2}{Bn \times 1,5}$$

Gn: gemessener Gehalt des Elements in einer Tonfraktion (<2 µm)

Bn: natürlicher Gehalt des Elements in Tongesteinen

(lgeo): Geo-Akkumulations-Index

In Abweichung von diesem Verfahren wurden im vorliegenden Bericht nicht die Schwermetallgehalte der <2 µm-Tonfraktion, sondern die der <20 µm-Fraktion verwendet. Dabei wurden die in Tabelle 5.4 aufgeführten natürlichen Gehalte der <20 µm-Feinkornfraktion zugrunde gelegt [4].

Auf natürliche Schwankungen in unterschiedlichen Einzugsgebieten wird verwiesen.

Tabelle 5.4:

**Natürliche Schwermetall- und Arsengehalte der <20 µm-Fraktion**

Element	Natürlicher Metall- und Arsengehalt der <20 µm-Fraktion mg/kg
Chrom	80
Kupfer	20
Nickel	30
Zink	100
Blei	25
Cadmium	0,3
Quecksilber	0,2
Arsen	10

Tabelle 5.5:

**I<sub>geo</sub>-Klassen von 7 Schwermetallen und Arsen bezogen auf natürliche Metall- und Arsengehalte der <20 µm-Fraktion**

I <sub>geo</sub>	Stoffbezogene chemische Güteklasse						
	0	1	2	3	4	5	6
	< 0-0	> 0-1	> 1-2	> 2-3	> 3-4	> 4-5	> 5-6
Anreicherung gegenüber geogenem Hintergrund	1,5-fach	>1,5 - 3-fach	>3 - 6-fach	>6 - 12-fach	>12 - 24-fach	>24 - 48-fach	>48-fach
<b>Belastungsgrad</b>	Praktisch unbelastet	Unbelastet bis mäßig belastet	Mäßig belastet	Mäßig bis stark belastet	Stark belastet	Stark bis übermäßig belastet	Übermäßig belastet
Blei	≤ 37,5	≤ 75	≤ 150	≤ 300	≤ 600	≤ 1200	> 1200
Cadmium	≤ 0,45	≤ 0,9	≤ 1,8	≤ 3,6	≤ 7,2	≤ 14,4	> 14,4
Chrom	≤ 120	≤ 240	≤ 480	≤ 960	≤ 1920	≤ 3840	> 3840
Kupfer	≤ 30	≤ 60	≤ 120	≤ 240	≤ 480	≤ 960	> 960
Nickel	≤ 45	≤ 90	≤ 180	≤ 360	≤ 720	≤ 1440	> 1440
Quecksilber	≤ 0,3	≤ 0,6	≤ 1,2	≤ 2,4	≤ 4,8	≤ 9,6	> 9,6
Zink	≤ 150	≤ 300	≤ 600	≤ 1200	≤ 2400	≤ 3200	> 3200

Konzentrationsangaben in mg/kg

## 6 Ergebnisse

Im Anhang (Tabelle 10.1) sind die Analysenergebnisse von 46 Sedimentmessstellen, die 1998 bis 2000 einmalig oder mehrfach beprobt wurden, aufgeführt.

Die Belastungen der einzelnen Messstellen analog zu den Klassifizierungssystemen sind in den Tabellen 6.1 und 6.2 farblich dargestellt. Die Zahlenwerte sind bei Einzeluntersuchungen der Tabelle 10.1 entnommen. Bei Mehrfachuntersuchungen wurde der Mittelwert gebildet. Die Farben entsprechen in beiden Tabellen der Farbgebung nach LAWA-Güteklassifikation. Die Vergleichbarkeit der Ergebnisse von Sedimentuntersuchungen aus der <20 µm-Fraktion, die im vorliegenden Bericht bewertet wurden mit Schwebstoffuntersuchungen aus der Gesamtfraktion, wie sie die LAWA-Güteklassifikation vorsieht, ist im Kapitel 5.3 beschrieben.

Tabelle 6.3 enthält für die Jahre 1989 bis 1999 das 50-Perzentil von Monatsmischproben des Schwebstoffes der Elbe, das in der Gütemessstation Schnackenburg in einem Sedimentationsbecken gesammelt wird. Auch hier sind die Werte entsprechend den vorgenannten Abbildungen farblich unterlegt. Für Arsen wurde die I<sub>geo</sub>-Klassifikation zu Grunde gelegt. Auch diese Bewertungen stützen sich auf die Untersuchung der <20 µm-Fraktion.

Tabelle 6.1: Einzelwerte und Mittelwerte der Analyseergebnisse 1998 – 2000 mit Klassifizierung nach dem Geo-Akkumulations-Index

Gewässer	Ort	Cadmium mg/kg	Zink mg/kg	Quecksilber mg/kg	Blei mg/kg	Kupfer mg/kg	Nickel mg/kg	Chrom mg/kg	Arsen mg/kg	Geo- Akkumulations-Index
Elbe	Schnackenburg	9,4	1940	7,1	212	154	83	161	52	6
Elbe	Geesthacht	6,0	1700	4,5	276	143	100	157	77	6
Aland	Schnackenburg	1,8	440	0,47	75	59	30	67		
Seege	Nienwalde	0,96	300	0,28	93	45	26	73		
Seege	Meetschow	5,1	880	3,7	152	125	59	158	27	übermäßig belastet
Jeetzel	Teplingen	3,3	940	1,4	125	105	55	49	20	
Jeetzel	Seerau	2,1	690	0,70	74	62	22	41	21	
	Neue Dumme	1,1	200	0,47	43	37	20	25		
Krainke	Besitz	1,1	230	0,20	53	35	42	73	22	
Sude	Sückau	2,2	500	0,34	72	36	49	39	35	stark bis übermäßig belastet
Sude	oberhalb Krainke	3,1	270	0,44	67	36	46	62	34	
Rögnitz	Rosien	1,9	260	0,28	82	32	17	39		
Elbseitenkanal	Bad Bevensen	0,99	310	0,13	112	119	43	52	19	
Ilmenau	Veerßen	3,4	920	0,55	219	82	39	50	13	
Ilmenau	Veerßen Regenw.-kanal	4,0	3150	0,49	712	276	50	85	16	4 stark belastet
Ilmenau	unterh. KA Uelzen	2,9	750	0,77	158	68	31	48		
Ilmenau	Bienenbüttel	2,4	560	0,65	102	52	31	49	13	
Ilmenau	oberh. KA Lüneburg	2,2	610	0,61	178	66	21	30		
Ilmenau	Lüner Rennbahn	2,6	850	0,97	293	90	25	62		
Ilmenau	Fahrenholz	1,8	670	0,57	135	65	38	55	17	
Ilmenau	Stöckte	3,9	1400	3,6	273	141	81	89		
Gerdau	Eimke	8,7	390	0,32	60	30	54	30	11	
Gerdau	Hansen	2,6	360	0,52	92	56	37	56	13	
Hardau	Holdenstedt	2,1	370	0,75	86	40	30	66	16	mäßig bis stark belastet
Stederau	Niendorf II	2,7	500	0,38	98	47	41	40		
Eisenbach	Niendorf II	0,95	330	0,59	78	31	27	69	<5	
Bornbach	Borne	2,2	180	1,5	64	19	22	46	10	
Wipperau	Neumühle	1,4	500	0,34	95	30	36	50		
Billerbeck	Embsen	3,3	900	1,5	240	101	74	66	36	mäßig belastet
Strachau	Dahlenburg	2,9	250	0,24	64	50	16	24		
Neetze	Marienau	1,6	530	0,40	104	62	23	59	11	
Neetze	Süttorf	0,93	260	0,25	64	34	15	41		
Bruchwetter	Echem	1,5	210	0,26	52	29	40	79	33	
Marschwetter	Echem	1,7	200	0,51	43	32	55	91	22	
Lopau	Bockum	3,4	250	0,32	62	20	35	28	10	1 unbelastet bis mäßig belastet
Luhe	Roydorf	2,5	440	0,45	91	52	40	42	16	
Schmale Aue	Döhle	2,6	360	0,59	81	37	17	47	20	
Schmale Aue	Nindorf	1,8	300	0,21	88	45	26	47	13	
Schmale Aue	Schmalenfelde	2,9	470	0,37	135	53	28	51	21	
Schmale Aue	Marxen	3,3	680	0,30	103	56	35	52		
Seeve	Jehrden	2,7	450	0,25	82	64	31	38	20	
Seeve	Hörsten	1,8	440	0,36	93	53	32	40	21	
Este	Welle	2,6	660	0,36	188	82	41	51		
Este	oberh. Kakensdorf	6,4	420	0,31	116	26	36	34	22	
Este	unterh. Kakensdorf	5,5	670	0,65	116	67	30	46	14	
Este	Emmen	3,4	610	0,28	126	48	43	47		
Staersbach	Moisburg	2,7	390	0,71	132	50	31	59	10	0 praktisch unbelastet

Tabelle 6.1: Einzelwerte und Mittelwerte der Analyseergebnisse 1998 – 2000 mit Klassifizierung nach der LAWA-Güteklassifikation

Gewässer	Ort	Cadmium mg/kg	Zink mg/kg	Quecksilber mg/kg	Blei mg/kg	Kupfer mg/kg	Nickel mg/kg	Chrom mg/kg	LAWA- Güteklassifikation
Elbe	Schnackenburg	9,4	1940	7,1	212	154	83	161	IV
Elbe	Geesthacht	6,0	1700	4,5	276	143	100	157	IV
Aland	Schnackenburg	1,8	440	0,47	75	59	30	67	III-IV
Seege	Nienwalde	0,96	300	0,28	93	45	26	73	III-IV
Seege	Meetschow	5,1	880	3,7	152	125	59	158	III-IV
Jeetzel	Teplingen	3,3	940	1,4	125	105	55	49	III-IV
Jeetzel	Seerau	2,1	690	0,70	74	62	22	41	III-IV
Neue Dumme	Luckau	1,1	200	0,47	43	37	20	25	III-IV
Krainke	Besitz	1,1	230	0,20	53	35	42	73	III-IV
Sude	Sückau	2,2	500	0,34	72	36	49	39	III-IV
Sude	oberhalb Krainke	3,1	270	0,44	67	36	46	62	III-IV
Rögnitz	Rosien	1,9	260	0,28	82	32	17	39	III-IV
Elbseitenkanal	Bad Bevensen	1,0	310	0,13	112	119	43	52	III
Imenau	Veerßen	3,4	920	0,55	219	82	39	50	III
Imenau	Veerßen Regenw.-kanal	4,0	3150	0,49	712	276	50	85	III
Imenau	unterf. KA Uelzen	2,9	750	0,77	158	68	31	48	III
Imenau	Bienenbüttel	2,4	560	0,65	102	52	31	49	III
Imenau	oberh. KA Lüneburg	2,2	610	0,61	178	66	21	30	III
Imenau	Lüner Rennbahn	2,6	850	0,97	293	90	25	62	III
Imenau	Fahrenholz	1,8	670	0,57	135	65	38	55	III
Imenau	Stöckte	3,9	1400	3,6	273	141	81	89	III
Gerdau	Eimke	8,7	390	0,32	60	30	54	30	II-III
Gerdau	Hansen	2,6	360	0,52	92	56	37	56	II-III
Hardau	Holdenstedt	2,1	370	0,75	86	40	30	66	II-III
Stederau	Niendorf II	2,7	500	0,38	98	47	41	40	II-III
Eisenbach	Niendorf II	0,95	330	0,59	78	31	27	69	II-III
Bornbach	Borne	2,2	180	1,5	64	19	22	46	II
Wipperau	Neumühle	1,4	500	0,34	95	30	36	50	II
Billerbeck	Embsen	3,3	900	1,5	240	101	74	66	II
Strachau	Dahlenburg	2,9	250	0,24	64	50	16	24	II
Neetze	Marienau	1,6	530	0,40	104	62	23	59	II
Neetze	Süttorf	0,93	260	0,25	64	34	15	41	II
Bruchwetter	Echem	1,5	210	0,26	52	29	40	79	II
Marschwetter	Echem	1,7	200	0,51	43	32	55	91	II
Lopau	Bockum	3,4	250	0,32	62	20	35	28	I-II
Luhe	Roydorf	2,5	440	0,45	91	52	40	42	I-II
Schmale Aue	Döhle	2,6	360	0,59	81	37	17	47	I-II
Schmale Aue	Nindorf	1,8	300	0,21	88	45	26	47	I-II
Schmale Aue	Schmalenfelde	2,9	470	0,37	135	53	28	51	I-II
Schmale Aue	Marxen	3,3	680	0,30	103	56	35	52	I-II
Seeve	Jehden	2,7	450	0,25	82	64	31	38	I-II
Seeve	Hörsten	1,8	440	0,36	93	53	32	40	I-II
Este	Welle	2,6	660	0,36	188	82	41	51	I-II
Este	oberh. Kakensdorf	6,4	420	0,31	76	26	36	34	I-II
Este	unterf. Kakensdorf	5,5	670	0,65	116	67	30	46	I-II
Este	Emmen	3,4	610	0,28	126	48	43	47	I-II
Staersbach	Moisburg	2,7	390	0,71	132	50	31	59	I-II

Tabelle 6.3:

**Schwermetall- und Arsengehalte im Schwebstoff der Elbe in Schnackenburg 1989 - 1999 mit Klassifizierung nach der LAWA-Güteklassifikation**

	Cadmium mg/kg	Quecksilber mg/kg	Zink mg/kg	Kupfer mg/kg	Chrom mg/kg	Blei mg/kg	Nickel mg/kg	*Arsen mg/kg
1989	9,9	21,8	1700	291	321	154	91	15
1990	11,3	20,2	2230	328	313	219	109	23
1991	19,0	27,8	2430	381	343	225	87	28
1992	16,2	12,3	2360	270	266	188	71	40
1993	13,9	10,1	2050	192	215	161	81	53
1994	12,7	7,3	1890	180	156	196	80	75
1995	11,5	5,8	1480	150	132	148	64	47
1996	8,6	4,1	1360	141	141	156	69	45
1997	9,4	5,1	1470	151	134	158	64	34
1998	9,9	3,9	1590	131	131	158	60	37
1999	9,2	3,6	1260	120	115	159	66	38

Die Angaben beziehen sich auf den Median von Monatsmischproben

\*I geo -  
Klassifikation

LAWA- Güteklassifikation	anthropogen unbelastet	sehr geringe Belastung	mäßige Belastung	deutliche Belastung	erhöhte Belastung	hohe Belastung	sehr hohe Belastung
	I	I-II	II	II-III	III	III-IV	IV

## 7 Auswertung

Die Auswertung gliedert sich in zwei Abschnitte.

1. Die Ergebnisse aller Sedimentuntersuchungen von 1998 bis 2000 (Tabelle 10.1) werden bewertet. Die unterschiedliche Farbgebung der Tabelle 6.1 für den Geo-Akkumulations-Index und der Tabelle 6.2 für die LAWA-Güteklassifikation ist darauf zurückzuführen, dass den Klassifikationssystemen unterschiedliche Prinzipien zugrunde liegen (siehe Kapitel 5.4 und 5.5). Die Grenzen für die Belastungsstufen sind in den Tabellen 5.3 und 5.4 enthalten. Die Auswertungen gemäß LAWA-Klassifikation ergeben eine deutlich schlechtere Einstufung der Fließgewässersedimente als die Bewertungen, die nach dem Grad der Anreicherung von Schwermetallen gemäß dem Geo-Akkumulations-Index berechnet werden. Zusätzlich ist zu berücksichtigen, dass bei der LAWA-Güteklassifikation Schwebstoffuntersuchungen bewertet werden, während im vorliegenden Bericht die Sedimentuntersuchungen zur Bewertung herangezogen wurde. Im Kapitel 5.3 ist beschrieben, dass die Ergebnisse von Schwebstoff- und Sedimentuntersuchungen vergleichbar sind. Diese Aussage wird u. a. durch Untersuchungen des NLO an Messstationen an Weser und Aller unterstützt [13].

2. Die Schwermetallbelastungen der Schwebstoffe der Elbe in Schnackenburg von 1989 bis 1999 werden beschrieben und in Diagrammform dargestellt.

Als Anlage enthält der Bericht eine Karte, auf der die Belastung der Sedimente mit Cadmium, Quecksilber, Zink, Blei, Kupfer und Nickel an jeder Messstelle farblich dargestellt ist.

### 7.1 Bewertung der Sedimentuntersuchungen 1998 - 2000

Bei der Bewertung nach LAWA-Güteklassifikation fällt auf, dass bis auf wenige Ausnahmen die Cadmium- und Zinkgehalte den Zielvorgaben nicht entsprechen. Selbst im Oberlauf von naturnahen Fließgewässern (Gerdau, Lopau, Este), in denen wesentliche anthropogene Einträge lediglich über den Luftpfad erwartet werden können, sind die Konzentrationen dieser Elemente im Sediment so hoch, dass aquatische Lebensgemeinschaften beeinträchtigt werden können und die Feinkornfraktion nicht die Bodengrenzwerte für eine landwirtschaftliche Verwertung einhält. Ursache sind vermutlich Untergrundgesteine mit mangelnder Pufferfähigkeit (siehe Seite 5, Kapitel 4, 1. Absatz). Die verhältnismäßig niedrigen pH-Werte und Hydrogencarbonatgehalte, die an diesen Messstellen in der Wasserphase gemessen werden, unterstützen diese These.

**Elbe:** Die Elbe wurde in Schnackenburg und Geesthacht beprobt. Für die Messstelle Schnackenburg bestand die Möglichkeit, die Ergebnisse der Proben, die mit dem Sedimentgreifer entnommen wurden (Tabellen 6.1, 6.2 und

10.1) mit Schwebstoffen zu vergleichen, die als Monatsmischproben aus einem Sedimentationsbecken in der Gütemessstation gewonnen wurden (Tabelle 6.3).

Sedimentproben sind Mischproben sedimentierter Schwebstoffe, die sich über einen unbekanntem Zeitraum abgelagert haben. Die untersuchten Schwebstoffproben sind Monatsmischproben. Die Schwermetallgehalte in den Schwebstoffproben haben in den vergangenen 10 Jahren erheblich abgenommen. Die Untersuchungsergebnisse der mit dem Sedimentgreifer aus dem Bühnenfeld gewonnenen Proben müßten demnach zwischen den verhältnismäßig niedrigen Werten frisch abgelagerter Sedimente und den hohen Werten alt abgelagerter Sedimente liegen. Die Untersuchungsergebnisse aus dem Bühnenfeld entsprachen für Cadmium der durchschnittlichen Konzentration im Schwebstoff der vorangegangenen beiden Jahre. Für die übrigen Elemente musste der Median der Schwebstoffuntersuchungen der letzten 8 bis 10 Jahre gebildet werden, um ein mit den Sedimentproben vergleichbares Ergebnis zu erhalten. Hieraus ist zu erkennen, dass sich bei Schwermetalluntersuchungen von Fließgewässersedimenten zum Teil lange zurückliegende Belastungsverhältnisse widerspiegeln. Die untersuchten Elemente, außer Cadmium, gaben in der Elbe bei Schnackenburg die durchschnittliche Belastung der letzten 8 bis 10 Jahre wieder. Die Ursache für das abweichende Verhalten von Cadmium könnte darin liegen, dass sich sein Bindungsvermögen an die Feinkornfraktion gegenüber den anderen Elementen unterscheidet.

Nachfolgend werden die Sedimentuntersuchungsergebnisse der Elbe von 1998 bis 2000 bewertet. Die Entwicklung der Schwermetallgehalte im Schwebstoff zwischen 1989 und 1999 wird unter 7.2 diskutiert.

Im Untersuchungsgebiet sind die Sedimente der Elbe am stärksten mit Schwermetallen belastet. Dies gilt auch im Vergleich zu den Hauptströmen der Flussgebiete Deutschlands (siehe Tabellen 7.3 bis 7.7). Lediglich die Schwermetallkonzentrationen der Oder in Frankfurt sind fast annähernd so hoch.

Die Belastungssituation an den Messstellen Schnackenburg (Stromkilometer 474,5) und Geesthacht (Stromkilometer 585,5) ist vergleichbar. Sämtliche Zielvorgaben der LAWA für aquatische Lebensgemeinschaften und die landwirtschaftliche Nutzung im Feinkornanteil sind bezüglich der Schwermetallgehalte nicht eingehalten. Baggergut mit einem hohen Feinkornanteil aus diesen Bereichen der Elbe ist damit für eine Aufbringung auf landwirtschaftliche Flächen nicht geeignet. Die deutlichsten Überschreitungen traten bei Quecksilber, Zink und Cadmium auf. Ähnliche Ergebnisse wurden bereits in der Vergangenheit von der ARGE Elbe und den gewässerkundlichen Dienststellen der Elbeanliegerländer ermittelt. Die Blei- und Kupferkonzentrationen entsprechen einer erhöhten Belastung (Güteklasse

III). Die Nickel- und Chromgehalte sind der Güteklasse II-III zuzuordnen.

Die Messstelle Schnackenburg ist im Untersuchungszeitraum an sechsmal beprobt worden. Die Untersuchungsergebnisse streuten nur unwesentlich.

Untersuchungen der GKSS ergaben für die Sedimente der Elbe geogene Hintergrundwerte, die um 20 bis 50 % höher liegen als die Durchschnittswerte aus Tabelle 5.1 [10]. Würden diese höheren Hintergrundwerte für die Berechnung des Geo-Akkumulations-Index herangezogen, wären die Anreicherungsfaktoren entsprechend geringer. Die Auswertungen haben in diesem Bericht einheitlich auch für die Elbe in Anlehnung an NLÖ-Veröffentlichungen [6] und Güteberichten Tabelle 5.3 zur Grundlage. Damit ist gewährleistet, dass die Einstufungen vergleichbar bleiben.

Trotz drastischer Verringerung der Schwermetalleinträge, insbesondere der Quecksilbereinträge, auf Grund von Sanierungsmaßnahmen, Betriebsstilllegungen und Verbesserung der Abwasserreinigung seit 1989 in den neuen Bundesländern und in Tschechien wird die Selbstreinigung der Elbe durch Transport der belasteten Sedimente noch viele Jahre in Anspruch nehmen. Die Entwicklung der letzten 10 Jahre und die Belastung im Verhältnis zu anderen Hauptströmen der Flussgebiete Deutschlands wird in Kapitel 7.3 beschrieben.

Das Sediment im Unterlauf des **Aland** bei Schnackenburg erfüllt bis auf Cadmium und Zink die Zielvorgaben.

Die **Seege** wurde in ihrem Mittellauf in Nienwalde und im Mündungsbereich unterhalb des Laascher Sees beprobt. Mit Ausnahme einer deutlichen Zinkbelastung war das Sediment in Nienwalde unbelastet bis mäßig belastet. Unterhalb des Laascher Sees sind die Folgen von eingestautem Elbewasser und der dort sedimentierten Schwebstoffe aus der Elbe auf Grund der hohen Belastung mit Quecksilber, Cadmium und Zink erkennbar.

Die **Jeetzel** ist in Teplingen an der Grenze zwischen Sachsen-Anhalt und Niedersachsen und im Unterlauf in Seerau oberhalb des Hitzacker-Sees beprobt worden. An der Messstelle Teplingen sind lediglich die Zielvorgaben für Chrom eingehalten. Die Zinkgehalte sind auffällig hoch. Sie entsprechen in Seerau der Güteklasse III und in Teplingen der Güteklasse III-IV. Auch mit Quecksilber, Blei, Kupfer und Nickel war das Sediment in Teplingen deutlich belastet (Güteklasse II-III). Die Ursachen für die erhöhten Werte sind unklar. Möglicherweise sind sie auf länger zurückliegende Einträge zurückzuführen. Das Sediment in Seerau konnte überwiegend um eine halbe Güteklasse besser eingestuft werden.

Das einzige Sediment, das bezüglich der Schwermetallgehalte alle LAWA-Zielvorgaben erfüllte, wurde aus der **Neuen Dumme** in Luckau entnommen.

Die Messstellen im Amt Neuhaus an der **Krainke**, **Sude** und **Rögnitz** waren überwiegend unbelastet bis mäßig

belastet. Lediglich die Cadmium- und Zinkgehalte der Sude weisen sowohl in Sückau als auch direkt oberhalb der Krainkemündung auf Belastungen hin.

Bei der Bewertung von Wasserproben vom **Elbeseitenkanal** in Bad Bevensen sind in der Vergangenheit Überschreitungen der Zielvorgaben für Blei, Kupfer und Nickel festgestellt worden. Das Sediment ist deutlich mit Blei-, Kupfer-, Cadmium und Zink belastet (Güteklasse II-III), wobei die Cadmium- und Zinkgehalte fast die Güteklasse II erreichen.

Die Ilmenau und ihre Quellflüsse Gerdau und Stederau wurden an 10 Messstellen beprobt. Das Sediment im Oberlauf der **Gerdau** in Einke ist schon in der Vergangenheit mehrfach vom NLÖ untersucht worden. Die Probenahmestelle wurde seinerzeit gewählt, um Messergebnisse aus einem weitgehend naturnahen Einzugsgebiet zu bekommen. Die vom NLÖ ermittelten ungewöhnlich hohen Cadmiumgehalte waren Anlass, das Sediment im Oberlauf der Gerdau seit 1997 wiederholt durch das Lüneburger Labor des Gewässerkundlichen Landesdienstes zu untersuchen. Auch bei diesen Messungen waren die Cadmiumkonzentrationen gleichbleibend auffällig hoch. Im Rahmen einer Diplomarbeit wurde untersucht, ob im Zusammenhang mit dem Betrieb einer Schießanlage der Firma Reinmetall im Einzugsgebiet wesentliche Cadmiumeinträge in die Gerdau möglich sind. Das Ergebnis war, dass weder der Schießbetrieb noch andere außergewöhnliche anthropogene Einflüsse die starken bis übermäßigen Belastungen im Sediment verursachen. Es ist davon auszugehen, dass die bereits am Anfang dieses Kapitels als Grund für hohe Cadmium- und Zinkkonzentrationen genannten geogenen Verhältnisse ursächlich für die Belastung sind. Die Cadmiumkonzentration des Sedimentes der Gerdau in Hansen ist immer noch erhöht, die Werte sind allerdings gegenüber Einke um etwa 70 % geringer. Die übrigen Schwermetallgehalte in der Gerdau entsprechen den Zielvorgaben. Die Werte der **Stederau** in Niendorf II sind vergleichbar mit denen der Gerdau in Hansen.

**Hardau** (rechter Nebenfluss der Gerdau), **Eisenbach** und **Bornbach** (linker Nebenfluss der Stederau) weisen keine Messwerte auf, die auf Beeinträchtigungen hinweisen. Ausnahme ist der relativ hohe durchschnittliche Quecksilbergehalt von 1,5 mg/kg im Bornbach bei Borne. Er führt zu einer Einstufung in die Gewässergüteklasse II-III. Die Ursache für diese Belastung ist unklar.

Gegenüber den Analyseergebnissen der Quellflüsse sind die Schwermetallkonzentrationen im Sediment der **Ilmenau** in Veerßen bis auf die Nickel- und Chromgehalte auffällig höher. Die durchschnittlichen Zink- und Bleigehalte sind sogar 2-3 mal so hoch wie in Niendorf II und Hansen und ergeben eine Einstufung in die Güteklasse III (Blei) bzw. III-IV (Zink). Sedimentuntersuchungen im Einzugsgebiet von Hardau und Bornbach sollten Hinweise über mögliche Ursachen für die Belastung geben. Darüber hinaus wurde Sediment aus einem offenen Gerinne, das von einem Regenwasserkanal gespeist wird, beprobt. Dieser Kanal leitet erhebliche Mengen Oberflächenwasser einer nahegelegenen Bundesstraße und von versiegelten Flächen, u.a. einer

Tankstelle, ab. In diesem Sediment wurden die höchsten jemals im Lüneburger Labor ermittelten Zink-, Blei- und Kupferkonzentrationen gemessen. Bei einer Einzelmessung vom August 2000 betrug der Bleigehalt 1000 mg/kg. Die Belastungen an der Messstelle Veerßen sind also vermutlich auf verdriftetes Sediment von Regenwasserzuläufen zurückzuführen, von denen im Bereich der Probenahmestelle Veerßen mehrere anzutreffen sind. Ein zusätzliches Indiz hierfür sind die gleichermaßen stark schwankenden Analysergebnisse in Veerßen und im offenen Gerinne nach dem Regenwasserkanal.

Unterhalb Uelzens ist die Sedimentbelastung bereits geringer. An der Messstelle Bienenbüttel setzt sich dieser Trend fort. Im Stadtgebiet von Lüneburg an der Messstelle „oberhalb Kläranlage Lüneburg“ steigen die Werte z.T. wieder an. Unterhalb der Kläranlage Lüneburg (Lüner Rennbahn) verschlechtert sich die Güteklasse für die Elemente Cadmium, Zink, Quecksilber und Blei um eine Stufe. In Fahrenholz sind alle Untersuchungsergebnisse wieder vergleichbar mit den Konzentrationen oberhalb der Lüneburger Kläranlage. An der Mündung in Stöckte sorgen die sedimentierten Schwebstoffe der eingestauten Elbe für eine ähnlich hohe Sedimentbelastung, wie sie in Elbesedimenten gemessen werden.

Die **Wipperau** mündet im Stadtgebiet von Uelzen in die Ilmenau. Das Sediment in ihrem Mittellauf in Neumühle ist bis auf Cadmium und Zink überwiegend gering belastet.

Die **Billerbeck** ist ein kleines Nebengewässer des Barnstedt-Melbecker Baches, der bei Melbeck in die Ilmenau mündet. Sie war bis zur Betriebsstilllegung einer Düngemittelfabrik 1992 mit Betriebsabwässern stark belastet. In der wässrigen Phase sind erwartungsgemäß keine Belastungen mehr feststellbar. Die Schwermetallgehalte im Sediment weisen dagegen noch deutlich auf anthropogene Einflüsse hin, die auf Grund der festen Bindungen dieser Elemente an das Sediment und des langsamen Sedimenttransportes, noch von Abwassereinleitungen der Düngemittelfabrik verursacht sein können.

Die **Strachau** mündet in Dahlenburg in die Neetze. In der Ortslage Dahlenburg ist das Ergebnis der Sedimentuntersuchung, abgesehen von erhöhten Cadmiumgehalten, unauffällig.

Die Schwermetallbefunde für die Messstelle Marienau zeigen unterhalb der Ortslage Dahlenburg in der **Neetze** neben erhöhten Cadmium- und Zinkgehalten auch Blei- und Kupferbelastungen (Güteklasse II-III), die im Zusammenhang mit Einträgen aus der Ortslage z.B. über die beiden Kläranlagen stehen können, die ihre Abwässer oberhalb der Messstelle in Dahlenburg einleiten. Das Sediment an der Entnahmestelle Süttoorf erfüllt bezüglich der Schwermetallgehalte bis auf Zink alle Zielvorgaben und gehört im Rahmen dieser Untersuchung zu den Sedimenten, die am geringsten belastet waren.

Das Sediment von **Bruchwetter** und **Marschwetter** (rechtsseitige Nebengewässer der Neetze) ist in Echem, bis auf einzelne Cadmium-, Zink- und Nickelwerte, unbelastet.

Die **Lopau** in Bockum (rechtes Nebengewässer der Luhe) ist eine Referenzmessstelle für anthropogen weitgehend unbeeinflusste Gewässer. Die Untersuchungsergebnisse bestätigen das. Eine erhöhte Belastung ist lediglich für Cadmium festzustellen. Sie ist wahrscheinlich auf die am Anfang dieses Kapitels genannten weitgehend natürlichen Ursachen zurückzuführen.

Das Sediment der **Luhe** in Roydorf ist im Vergleich zu den übrigen Messstellen durchschnittlich belastet.

Das Sediment der **Schmalen Aue** wurde in Marxen kurz vor der Mündung in die Seeve erstmalig Anfang 1998 untersucht. Dabei wurden auffällig hohe Cadmium- Zink- und Bleigehalte ermittelt. Durch Mehrfachmessungen in Marxen und zusätzliche Untersuchungen im Mittellauf in Schmalenfelde und Nindorf und im Oberlauf in Döhle sollten die Ursachen für die erhöhten Werte geklärt werden. Im Ergebnis waren die Messergebnisse der Wiederholungsmessungen in Marxen niedriger als bei der ersten Beprobung, eine Belastung mit den vorgenannten Metallen konnte allerdings nach wie vor festgestellt werden. Die Größenordnung dieser Belastung ist bereits an der Probenahmestelle Schmalenfelde unterhalb der Ortslage Hanstedt vergleichbar. In Nindorf und Döhle sind die Schwermetallgehalte deutlich geringer. Wesentliche anthropogene Ursachen für Belastungen mit Cadmium, Zink und Blei der Schmalen Aue in Marxen und Schmalenfelde sind auf Grund langjähriger Untersuchungen der Wasserphase nicht zu erwarten. Vermutlich sind Gründe ausschlaggebend, die in den geologischen Verhältnissen im Einzugsgebiet liegen.

Im Unterlauf der **Seeve** in Hörsten erfüllt das Sediment bis auf Cadmium und Zink die LAWA-Zielvorgaben für Schwermetalle. In Jehrden ist eine höhere Belastung mit Cadmium und Kupfer feststellbar.

Am Oberlauf der **Este** befinden sich zwei GÜN-Messstellen oberhalb und unterhalb von Kakenstorf. Sie wurden eingerichtet, um den Einfluss der Kläranlage Kakenstorf (30.000 Einwohnergleichwerte) auf die Gewässergüte der Este zu erfassen, die im Bereich der Kläranlageneinleitung eine geringe Wasserführung hat. Die Untersuchungsergebnisse ergaben für beide Messstellen ungewöhnlich hohe Cadmiumgehalte, die sich bei Wiederholungsmessungen bestätigten. Die Cadmiumkonzentrationen oberhalb der Einleitung sind bei deutlichen Schwankungen im Durchschnitt höher als unterhalb der Einleitung. Die Cadmiumbelastung entspricht an beiden Messpunkten der Güteklasse III-IV (hohe Belastung). Die Klassifikationen für Quecksilber, Blei und Kupfer verschlechtern sich unterhalb der Ortslage Kakenstorf um ein bis zwei Stufen. Die Zielvorgaben werden für Nickel und Chrom und Quecksilber eingehalten. Wegen der Cadmiumbelastung wurde das Sediment der Este zusätzlich oberhalb der beiden Messstellen in Welle und im Mittellauf in Emmen untersucht. Bereits in Welle, wenige Fließkilometer unterhalb der Quelle, ist das Sediment ge-

mäß LAWA-Güteklassifikation im Hinblick auf die Elemente Cadmium, Zink, Blei und Kupfer belastet. Wird ein gemäß Tabelle 4 unbelastetes Sediment zugrunde gelegt, ergibt sich für Cadmium eine 6-fache, für Zink eine 4,5-fache und für den Kupfer- und Bleigehalt etwa eine 2-fache Anreicherung. In Emmen hat sich die Sedimentbelastung gegenüber der Probenahmestelle Kakenstorf deutlich verringert. Die Messwerte liegen in der gleichen Größenordnung wie die Ergebnisse von Welle. Auch für den Oberlauf der Este ist davon auszugehen, dass die hohen Cadmiumgehalte natürliche Ursachen haben.

Das Sediment vom **Staersbach** (linkes Nebengewässer der Este) überschreitet die Zielvorgaben für Cadmium, Zink und Blei.

## Zusammenfassung

Fließgewässersedimente setzen sich ganz überwiegend aus den Abtragungsprodukten der Gesteine und Böden aus ihrem Einzugsgebiet zusammen. Ihre Schwermetall- und Arsengehalte sind also im Wesentlichen von den geologischen Verhältnissen und ihrer Überlagerung durch anthropogene Einflüsse im Einzugsgebiet abhängig. In diesem Bericht sind Bewertungen gemäß LAWA-Güteklassifikation unter dem Vorbehalt zu sehen, dass Ergebnisse von Schwebstoffuntersuchungen vergleichbar sind mit Sedimentanalysen. Hinweise hierfür liegen aus vorangegangenen Untersuchungen vor, siehe hierzu auch Kapitel 5.3 sowie [4] und [13].

Die stärksten Sedimentbelastungen wurden für die Elemente Cadmium und Zink festgestellt. Gründe hierfür sind am Anfang dieses Kapitels dargestellt.

Ohne Berücksichtigung dieser beiden Elemente werden die Zielvorgaben der LAWA an 19 von 44 Messstellen eingehalten. Erhöhte Belastungen (Güteklasse III) treten als einzelne Überschreitungen bezogen auf diese 5 Schwermetalle an 7 Messstellen auf, von denen 4 an der Elbe liegen bzw. von ihr stark beeinflusst sind.

An der Ilmenaumessstelle Veerßen, die im Bereich mehrerer Regenwasserzuläufe liegt, wird für Blei und Kupfer eine hohe Belastung (Güteklasse III-IV) festgestellt.

Die Sedimente der Elbe sind im Vergleich mit den anderen Gewässern am stärksten mit Schwermetallen belastet. Vergleichbare Konzentrationen wurden an den Probenahmestellen festgestellt, die durch eingestautes Elbewasser beeinflusst sind (Seege/Meetschow und Ilmenau/Stöckte).

Darüber hinaus sind in der Ilmenau in den Ortslagen Uelzen und Lüneburg Belastungsschwerpunkte erkennbar.

Die Sedimente der Jeetzel in Teplingen, der Billerbeck und der Este unterhalb Kakenstorf sind im Vergleich zu den übrigen Sedimenten ebenfalls überdurchschnittlich belastet.

Lediglich an der Entnahmestelle Neue Dumme, Luckau wurden sämtliche Zielvorgaben eingehalten. Auffällig ge-

ring belastet waren darüber hinaus die Sedimente an den Messstellen Seege/Nienwalde, Krainke/Besitz, Rögnitz/Rosien, Eisenbach/Niendorf II, Neetze/Süttoorf, Bruchwetter/Echem, Marschwetter/Echem und Lopau/Bockum.

Der Anteil der Untersuchungsergebnisse, bei denen die Zielvorgaben für die beiden Schutzgüter Bodennutzung und aquatische Lebensgemeinschaften überschritten sind, ist für die Elemente Chrom (3 Überschreitungen), Quecksilber (8 Überschreitungen) und Nickel (8 Überschreitungen) am geringsten.

Die Arsengehalte sind gemäß dem Geo-Akkumulations-Index ausgewertet worden. Demnach war lediglich die Elbe in Geesthacht mäßig bis stark belastet. Die übrigen 28 Messstellen an denen Arsen gemessen wurde, waren gemäß dieser Bewertungsmethode unbelastet.

Tabelle 7.1:

### Vergleich der Überschreitungen von Zielvorgaben für aquatische Lebensgemeinschaften aller deutschen LAWA-Messstellen [5] mit Überschreitungen an Messstellen der niedersächsischen Elbe und ihrer Nebenflüsse oberhalb Hamburgs

Element	LAWA-Messstellen	Niedersächsische Elbe oberhalb Hamburgs
Cadmium	54 %	86 %
Zink	47 %	59 %
Quecksilber	32 %	18 %
Blei	32 %	45 %
Kupfer	40 %	25 %
Nickel	7 %	7 %
Chrom	4 %	0 %

Die Auswertung der LAWA-Messstellen bezieht sich auf den Median von Mehrfachuntersuchungen der Gesamtfraktion von Schwebstoffproben. Für das betrachtete Elbeeinzugsgebiet wurden Einzelergebnisse und bei Mehrfachuntersuchungen Mittelwerte von Sedimentuntersuchungen aus der <20 µm-Fraktion ausgewertet.

Die Überschreitung von Zielvorgaben für das Schutzgut „Boden, Schwebstoffe und Sedimente“ (landwirtschaftliche Verwertung), die in die LAWA-Güteklassifikation ebenfalls einfließen, sind für die vorstehende Tabelle nicht berücksichtigt worden.

Im Rahmen der Gewässerüberwachung hat das NLÖ die Ergebnisse von Sedimentuntersuchungen an 37 niedersächsischen Messstellen für den Zeitraum von 1986 bis 1996 zusammengefasst [14]. Für einen Vergleich dieser Ergebnisse mit den Ergebnissen aus dem Einzugsgebiet der niedersächsischen Elbe oberhalb Hamburgs sind die NLÖ-Untersuchungsergebnisse für diesen Bericht ebenfalls nach der LAWA-Güteklassifikation klassifiziert worden. Die prozentualen Anteile der Klassifizierungen von 6 Elementen sind in nachfolgender Abbildungen dargestellt. Auch hier ist zu berücksichtigen, dass nicht die Gesamtfraktion von Schwebstoffen, sondern die <20 µm-Fraktion von Sedimenten bewertet wurde.

Die Gegenüberstellung zeigt für die Messstellen im Einzugsgebiet der Elbe überwiegend eine etwas bessere Bewertung als für die Messstellen Gesamtniedersachsens. Dieses Ergebnis war auf Grund geringer Emissionen im betrachteten Untersuchungsgebiet zu erwarten.

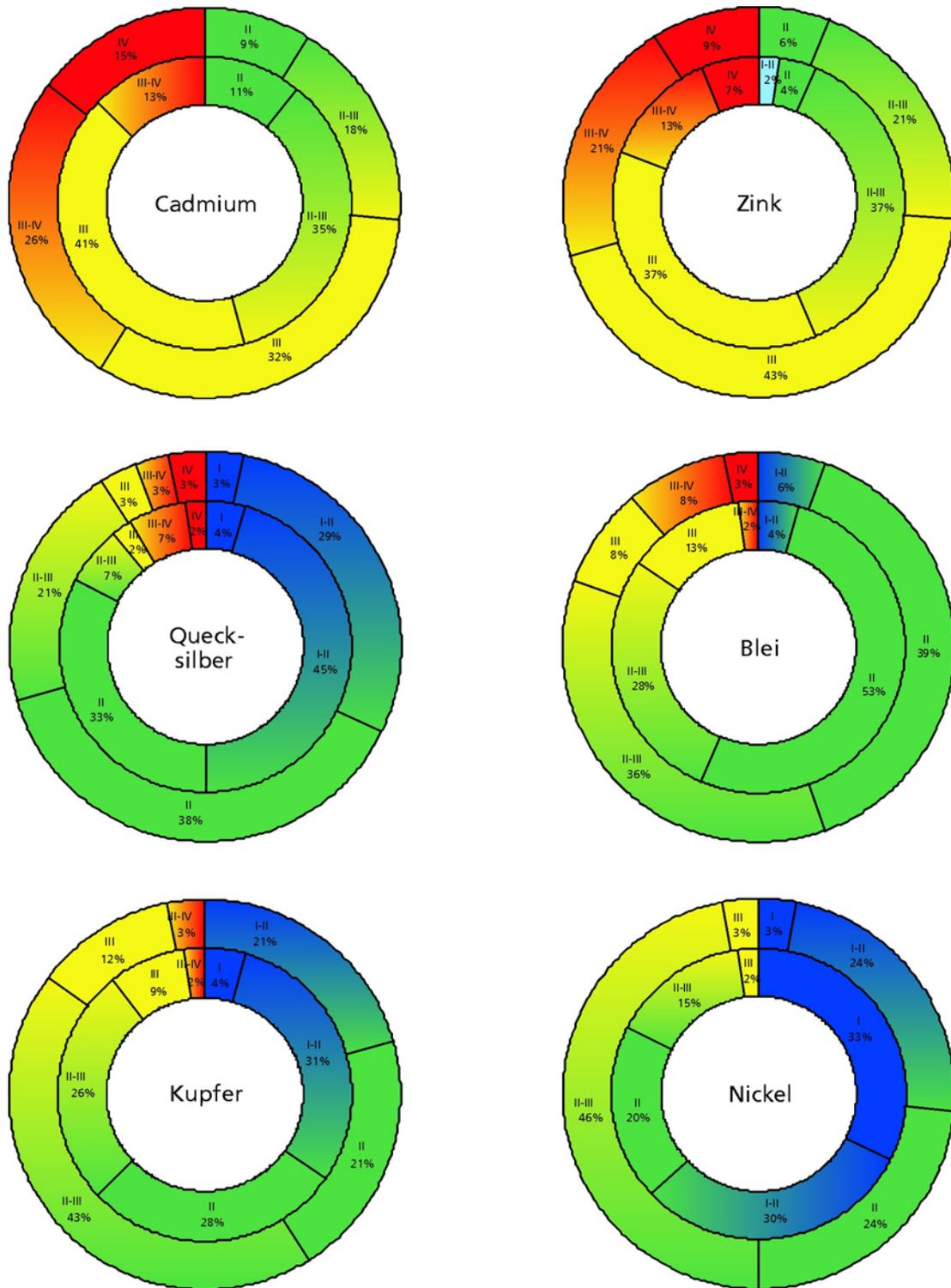


Abbildung 7.1: Vergleich prozentualer Anteile der Güteklassen von 6 Schwermetallen zwischen Sedimenten aus dem niedersächsischen Einzugsgebiet der Elbe oberhalb Hamburgs und Gewässersedimenten ganz Niedersachsens nach LAWA-Güteklassifikation (Äußerer Ring: Prozentualer Anteil der Güteklassen an Messstellen Niedersachsens 1986 – 1996. Innerer Ring: Prozentualer Anteil der Güteklassen an Messstellen im Einzugsgebiet der niedersächsischen Elbe oberhalb Hamburgs 1998 – 2000)

## 7.2 Schwermetallgehalte im Schwebstoff der Elbe bei Schnackenburg 1989 bis 1999

In der Gütemessstation Schnackenburg werden Schwebstoffe in einem Sedimentationsbecken gesammelt und monatlich entnommen. Vom homogenisierten Schwebstoff wird die <20 µm-Fraktion hergestellt, von der die Schwermetall- und Arsengehalte bestimmt werden. Die Bewertung bezieht sich auf den Median der Monatsmischproben eines Jahres. Die Entwicklung der Elementkonzentrationen von 1989 bis 1999 wird nachfolgend beschrieben und als Diagramm dargestellt. Zur besseren Einschätzung der Belastung sind zusätzlich die Belastungsstufen nach LAWA-Güteklassifikation in den Diagrammen dargestellt. Gemäß LAWA-Güteklassifikation ist die Gesamtfraktion zu bewerten. Die Ergebnisse von Schwermetalluntersuchungen der Gesamtfraktion und der <20 µm-Fraktion unterscheiden sich im Schwebstoff nicht wesentlich [13], so dass die LAWA-Güteklassifikation der <20 µm-Fraktion vergleichbare Ergebnisse liefert.

### Cadmium

Die sehr hohe Cadmiumbelastung war Anfang der neunziger Jahre am stärksten. Bezogen auf den natürlichen Hintergrundwert der Elbe war Cadmium etwa bis zum 50-fachen angereichert. Seit 1996 ist die Belastung in den Übergangsbereich der Güteklassen IV und III-IV gesunken. Die Anreicherung gegenüber dem geogenen Hintergrundwert liegt seit dieser Zeit zwischen dem 20- und 25-fachen.

### Zink

Die Entwicklung der Zinkbelastung ist vergleichbar mit der des Cadmiums. Auch die Güteeinstufung ist vergleichbar. Die Anreicherungsfaktoren (9-15) sind allerdings niedriger. Es ist fraglich, ob die Zielvorgabe von 200 mg/kg für Zink überhaupt erreichbar ist, wenn davon ausgegangen wird, dass der geogene Hintergrundwert der Elbe bereits 150 mg/kg [10] beträgt.

### Quecksilber

Die stärkste Anreicherung bezogen auf alle untersuchten Schwermetalle ist für Quecksilber in den Jahren 1989-1991 festzustellen. Der Anreicherungsfaktor gegenüber dem geogenen Hintergrundwert der Elbe lag in dieser Zeit zwischen 100 und 139. Gleichzeitig ist im Vergleich zu den anderen Elementen die Quecksilberkonzentration im Untersuchungszeitraum am stärksten zurückgegangen. 1999 betrug der Quecksilbergehalt nur noch 1/8 der Konzentration von 1991. Seit 1995 hat sich die Einstufung für dieses Element von der Güteklasse IV auf III-IV verbessert. Der Entwicklungsverlauf deutet darauf hin, dass in den nächsten Jahren die Güteklasse III erreicht wird. Die Einhaltung

der Zielvorgabe für Quecksilber (0,8 mg/kg) ist allerdings trotz der positiven Entwicklung noch nicht absehbar.

### Kupfer

Gemäß LAWA-Güteklassifikation verbesserte sich die Einstufung seit 1993 von III-IV auf III. Die Kupfergehalte sind seither weiter gesunken und 1999 hat sich die Klassifizierung auf II-III verbessert.

### Chrom

Die Chromgehalte sind von 1989 bis 1999 um mehr als 60 % auf 115 mg/kg zurückgegangen. Der vorgeschlagene geogene Hintergrundwert beträgt 117 mg/kg. Damit hat der Chromgehalt 1999 diesen Wert bereits erreicht. Die LAWA-Zielvorgabe von 100 mg/kg wäre bei dem vorgeschlagenen Hintergrundwert nicht erreichbar. Abzuwarten bleibt, ob die Tendenz anhält und die Messwerte weiter sinken. In diesem Falle wäre der vorgeschlagene geogene Hintergrundwert für die Elbe zu hoch angesetzt.

### Blei

Der ermittelte Bleigehalt stieg in der Zeit von 1989 bis 1991 etwa um 50 % und sank dann bis 1995 wieder auf einen vergleichbaren Wert, der sich bis 1999 nur unwesentlich veränderte. Die Belastung ist überwiegend in die Güteklasse II-III einzustufen. 1990 und 1991 entsprach der Bleigehalt einer erhöhten Belastung (Güteklasse III).

### Nickel

Die Nickelgehalte sind zwischen 1990 und 1999 um knapp 45 % auf 66 mg/kg gesunken. Der vorgeschlagene geogene Hintergrundwert beträgt 53 mg/kg. Die LAWA-Zielvorgabe ist 50 mg/kg und wäre vergleichbar mit der Situation beim Chrom in der Elbe nicht erreichbar.

### Arsen

Für Arsen liegen keine LAWA-Güteklassifikationen vor. Die Einstufungen in Tabelle 9 und in Abb. 11 beziehen sich deshalb auf die  $I_{geo}$ -Einstufungen. Der vorgeschlagene geogene Hintergrundwert beträgt 24 mg/kg. Dieser Wert wurde 1989 mit 14,8 mg/kg um fast 40 % unterschritten. Fraglich ist ob 1989 besondere Verhältnisse vorlagen, Minderbefunde registriert wurden oder der vorgeschlagene Hintergrundwert für die Elbe zu hoch ist. Auffällig ist ein deutlicher Anstieg der Messwerte zwischen 1989 und 1994. Danach sinken die Messergebnisse wieder deutlich ab, ohne die niedrigen Werte zu erreichen, die bis 1991 gemessen wurden. Die Messertschwankungen stehen vermutlich im Zusammenhang mit Einträgen aus Abraummhalden des zwischenzeitlich eingestellten Uranbergbaus im Einzugsgebiet der Zwickauer Mulde.

### Cadmium

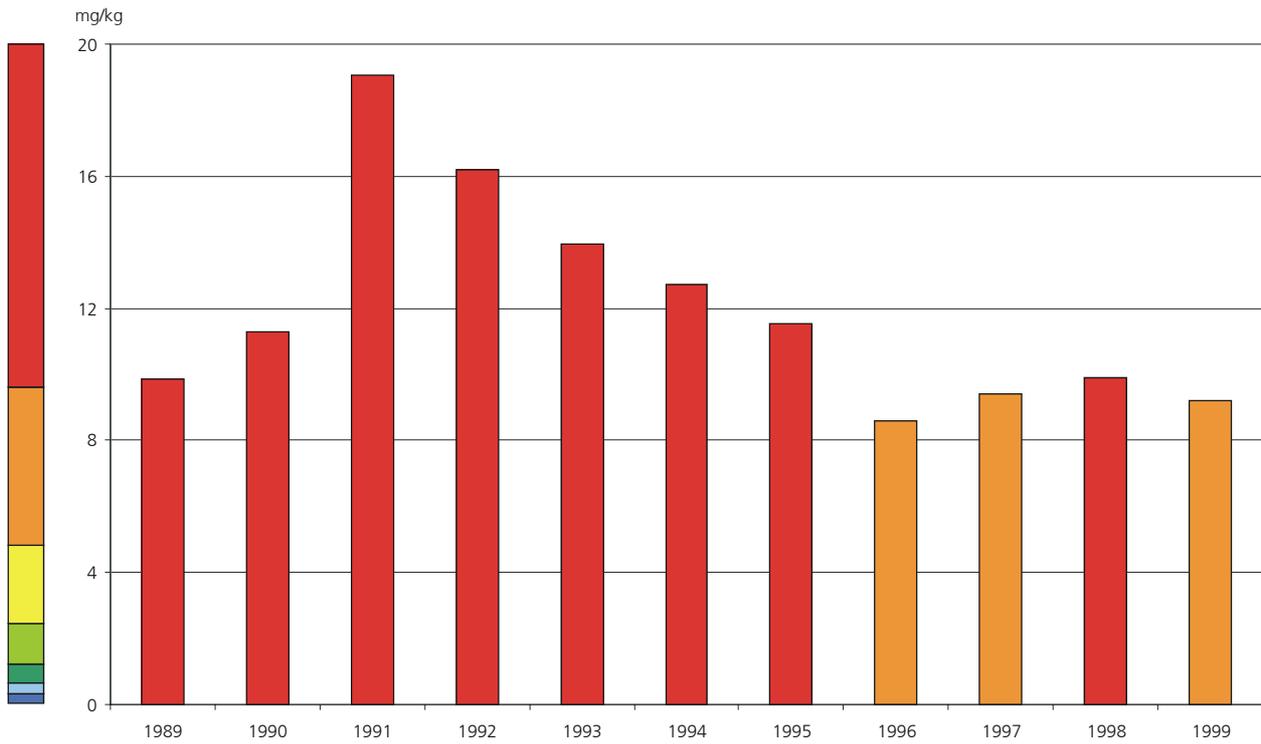


Abbildung 7.2: Entwicklung der Cadmiumkonzentration im Schwebstoff der Elbe in Schnackenburg von 1989 bis 1999  
 Farbliche Darstellung der Schwermetallbelastung gemäß LAWA-Güteklassifikation

### Zink

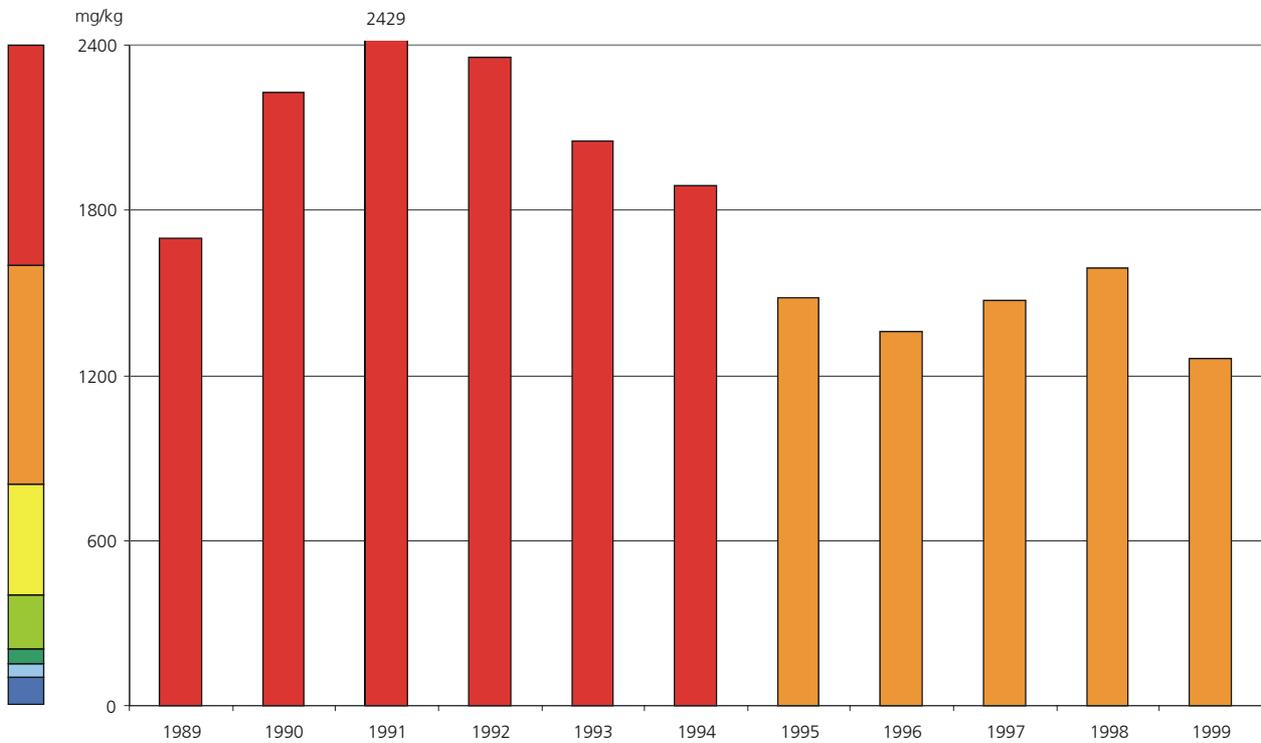


Abbildung 7.3: Entwicklung der Zinkkonzentration im Schwebstoff der Elbe in Schnackenburg von 1989 bis 1999  
 Farbliche Darstellung der Schwermetallbelastung gemäß LAWA-Güteklassifikation

### Quecksilber

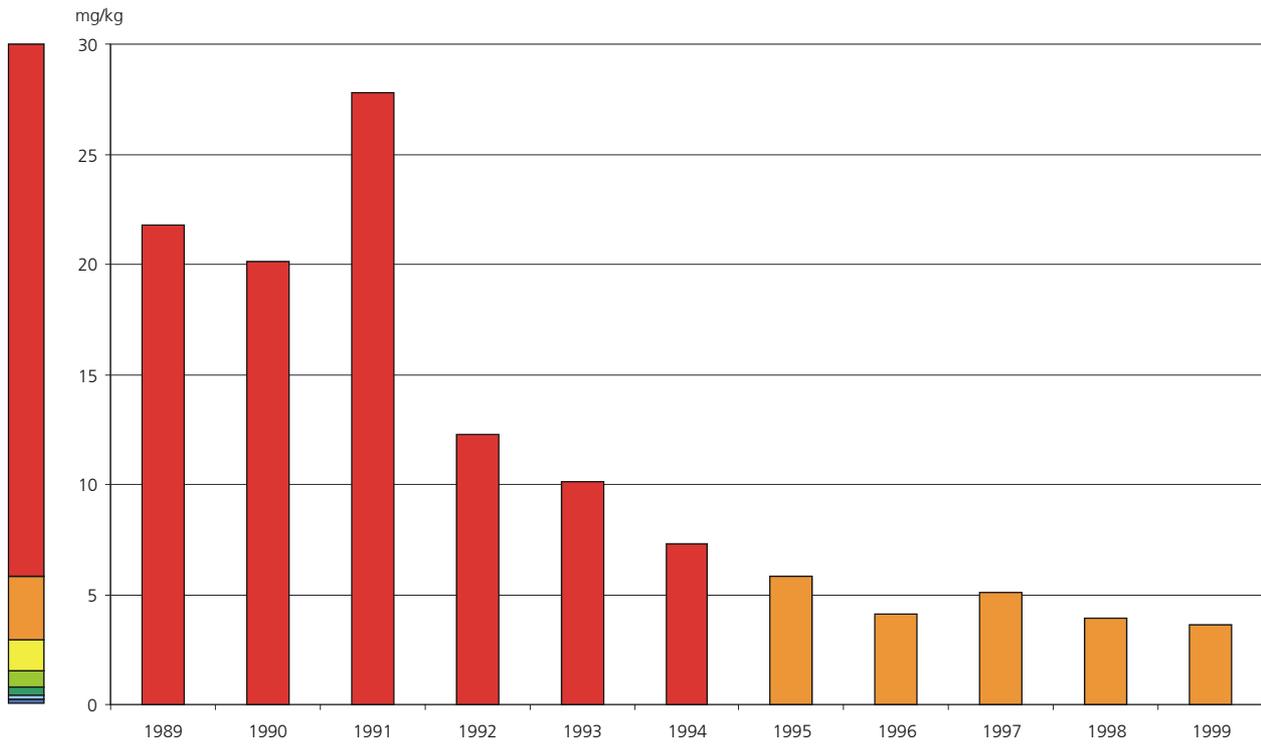


Abbildung 7.4: Entwicklung der Quecksilberkonzentration im Schwebstoff der Elbe in Schnackenburg von 1989 bis 1999  
Farbliche Darstellung der Schwermetallbelastung gemäß LAWA-Güteklassifikation

### Blei

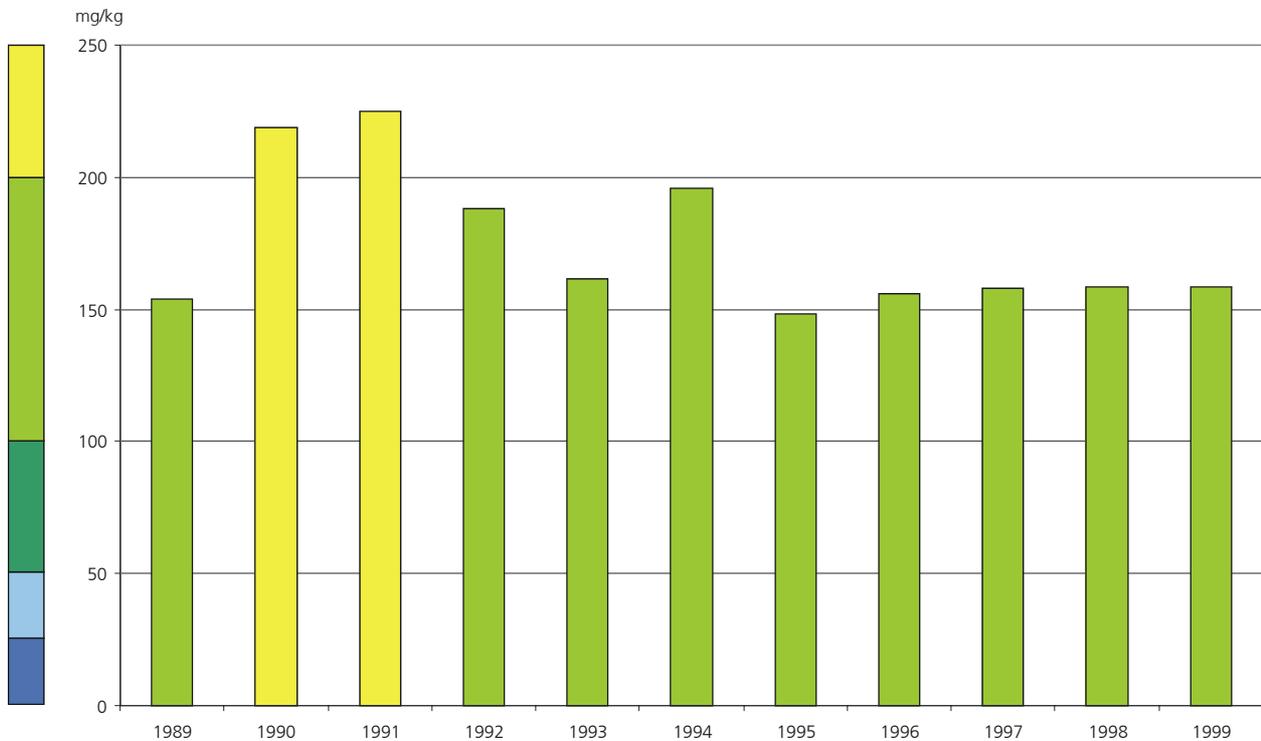


Abbildung 7.5: Entwicklung der Bleikonzentration im Schwebstoff der Elbe in Schnackenburg von 1989 bis 1999  
Farbliche Darstellung der Schwermetallbelastung gemäß LAWA-Güteklassifikation

### Kupfer

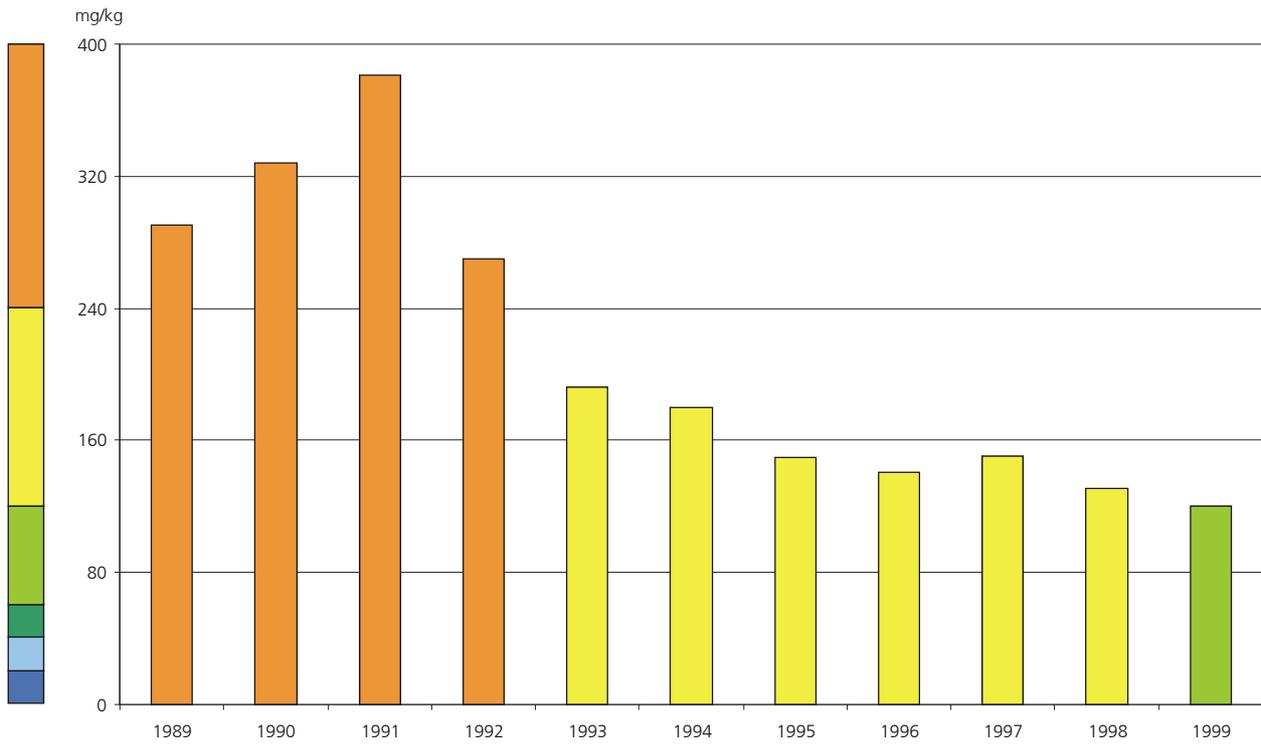


Abbildung 7.6: Entwicklung der Kupferkonzentration im Schwebstoff der Elbe in Schnackenburg von 1989 bis 1999  
 Farbliche Darstellung der Schwermetallbelastung gemäß LAWA-Güteklassifikation

### Nickel

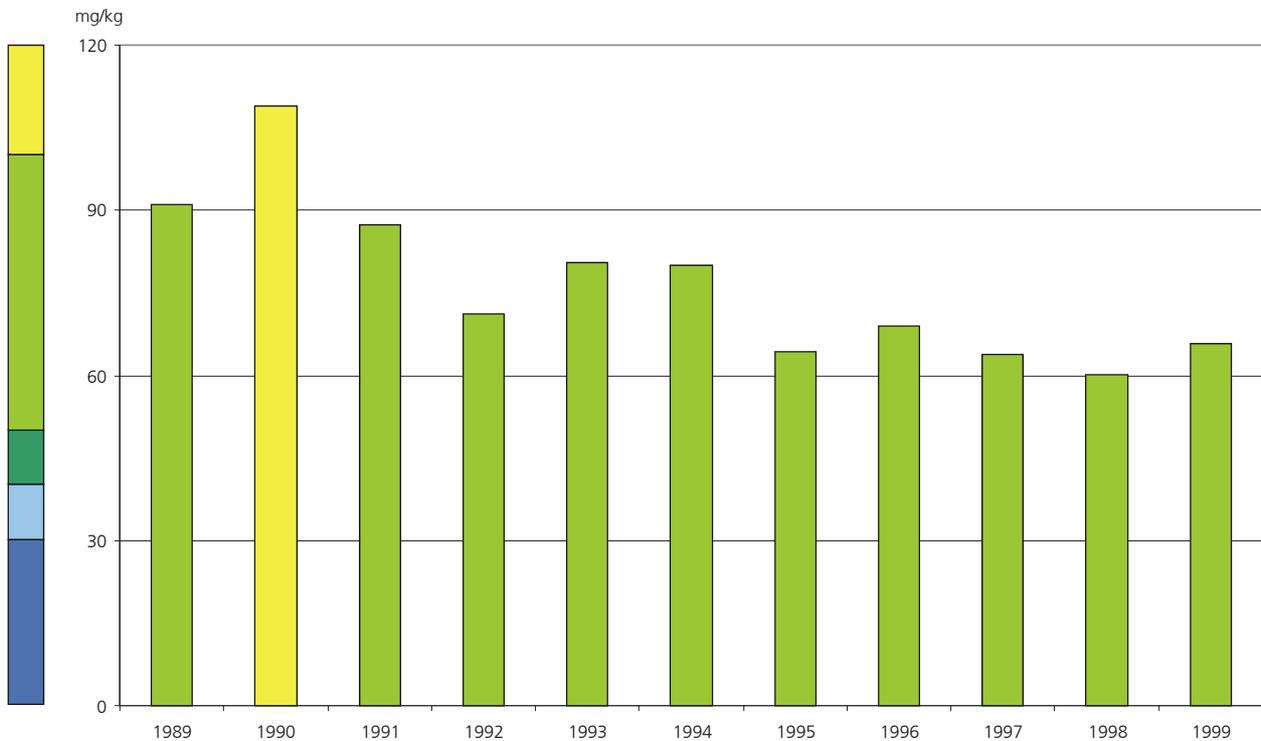


Abbildung 7.7: Entwicklung der Nickelkonzentration im Schwebstoff der Elbe in Schnackenburg von 1989 bis 1999  
 Farbliche Darstellung der Schwermetallbelastung gemäß LAWA-Güteklassifikation

### Chrom

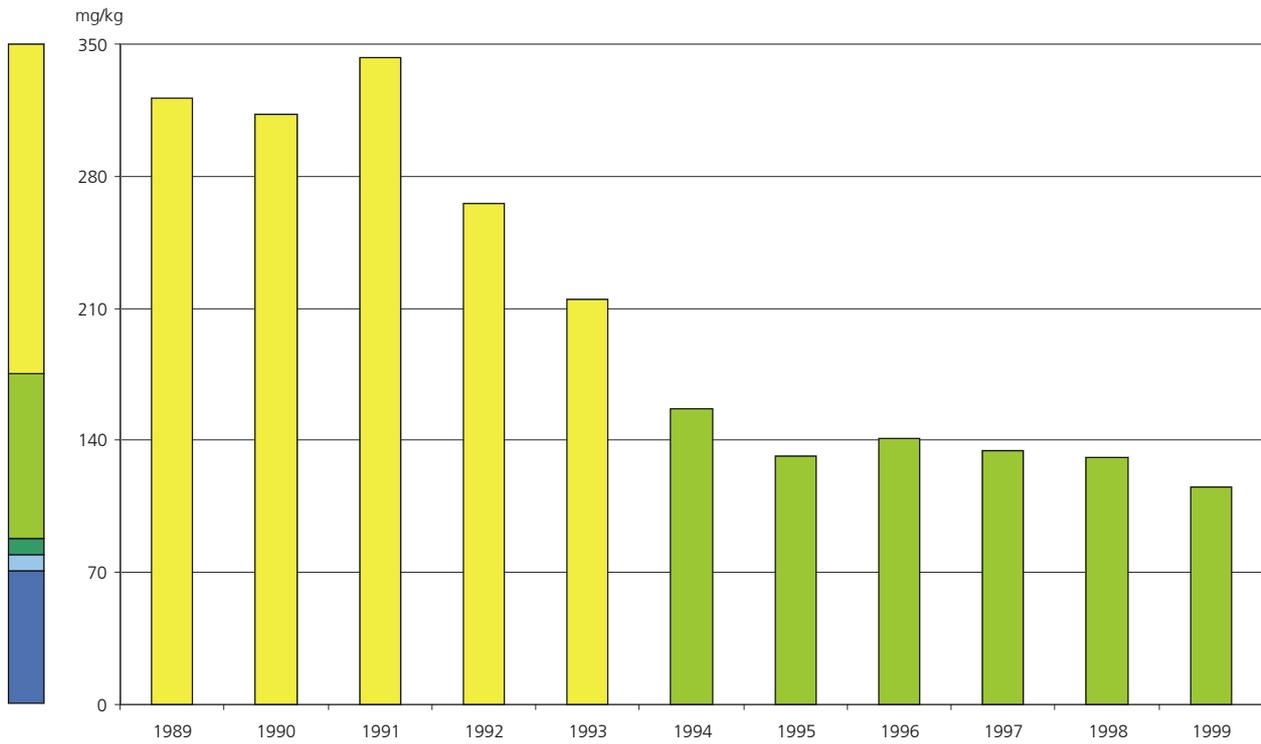


Abbildung 7.8: Entwicklung der Chromkonzentration im Schwebstoff der Elbe in Schnackenburg von 1989 bis 1999  
 Farbliche Darstellung der Schwermetallbelastung gemäß LAWA-Güteklassifikation

### Arsen

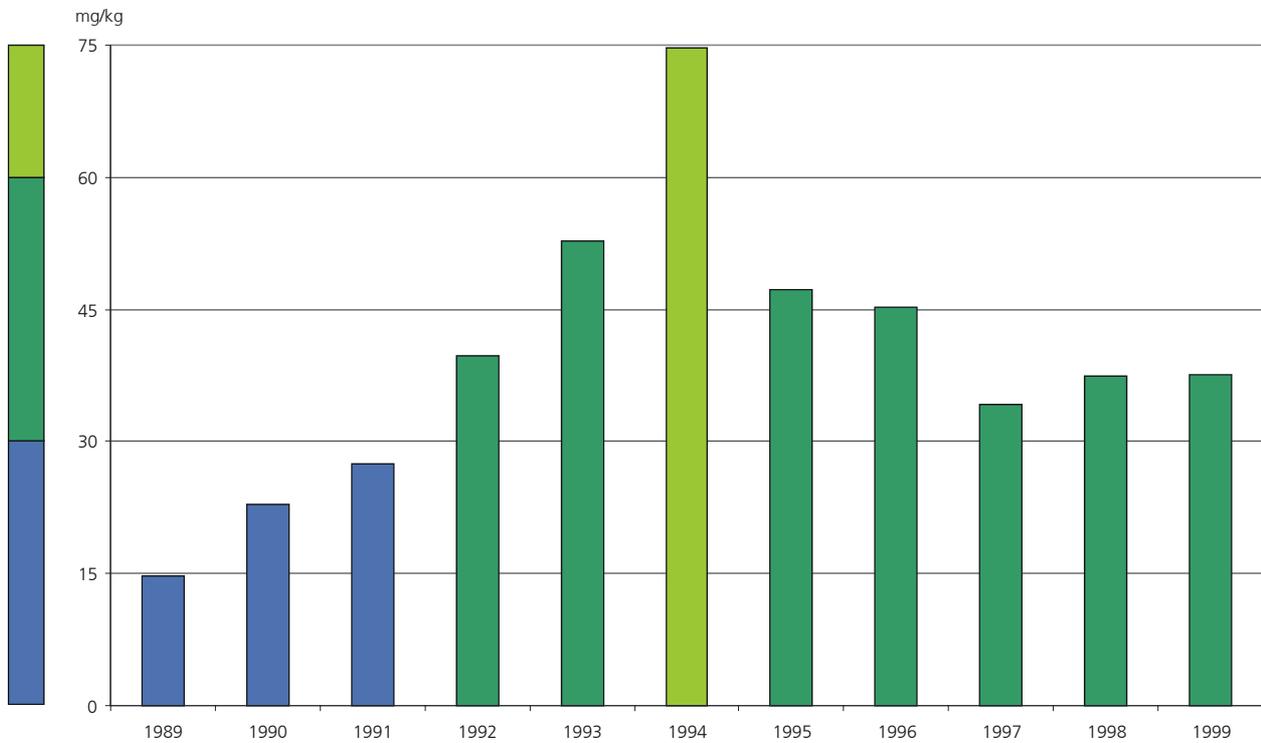


Abbildung 7.9: Entwicklung der Arsenkonzentration im Schwebstoff der Elbe in Schnackenburg von 1989 bis 1999  
 Farbliche Darstellung der Arsenbelastung gemäß I<sub>geo</sub>-Klassen

Tabelle 7.2:

**Hintergrundwerte von Sedimenten der Elbe [10]**

Element	Hintergrundwert mg/kg
*Quecksilber	< 0,3
Cadmium	0,4
Blei	29
Nickel	53
Chrom	117
Zink	150
Kupfer	32
Arsen	24

Nachfolgend werden Anreicherungsfaktoren von Schwermetall- und Arsengehalten gegenüber geogenen Hintergrundwerten der Elbe dargestellt.

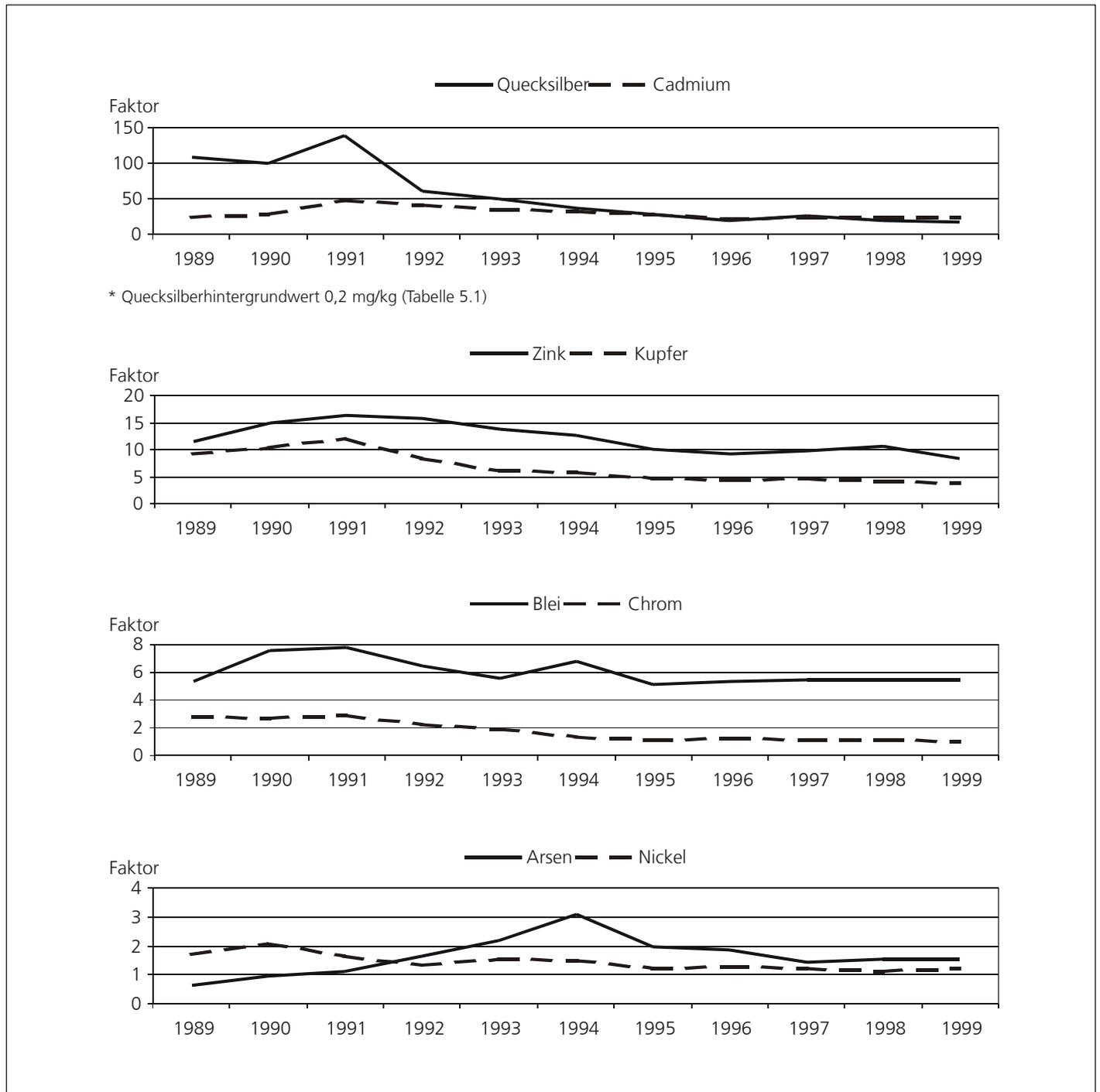


Abbildung 7.10: Anreicherung gegenüber Hintergrundwerten im Schwebstoff der Elbe in Schnackenburg von 1989 bis 1999

## 7.2.1 Vergleich der Belastung von Schwebstoffen und Sedimenten der Elbe mit den Hauptströmen der Flussgebiete Deutschlands

Die Sedimente und Schwebstoffe der Elbe sind sehr viel höher mit Schwermetallen belastet, als andere Hauptströme der Flussgebiete Deutschlands. Die nachfolgenden Tabellen ermöglichen Vergleiche zwischen den Flüssen.

### Rhein

Tabelle 7.3:  
Vergleich der Mediane von Schwermetall- und Arsengehalten in Schwebstoffen von Rhein und Elbe [11]

Element	Rhein Kleve, Bimmen 1995	Elbe Schnackenburg 1995	Elbe Schnackenburg 1999
Quecksilber (mg/kg)	0,49	5,8	3,6
Cadmium (mg/kg)	1,14	11,5	9,2
Blei (mg/kg)	75	148	159
Nickel (mg/kg)	48	64	66
Chrom (mg/kg)	70	132	115
Zink (mg/kg)	389	1480	1260
Kupfer (mg/kg)	63	150	120
Arsen (mg/kg)	16	47	38

### Donau

Tabelle 7.4:  
Schwankungsbereich der Schwermetallkonzentrationen im Sediment Donaulängsschnitt Ulm bis Jochenstein 1994 [12]

Element	Maxima mg/kg
Quecksilber	0,08 – 0,47
Cadmium	0,28 – 1,6
Blei	23 – 47
Nickel	17 – 45
Chrom	27 – 57
Zink	134 – 277
Kupfer	26 – 73
Arsen	2,5 – 15,5

### Weser

Tabelle 7.5:  
Schwermetallkonzentrationen im Schwebstoff der Weser bei Boffzen 1995 [13]

Element	Mittelwert mg/kg
Quecksilber	0,38
Cadmium	1,7
Blei	50
Nickel	46
Chrom	65
Zink	410
Kupfer	93

### Ems

Tabelle 7.6:  
Durchschnittliche Schwermetallgehalte im Sediment der Ems bei Herbrum 1986-1996 [14]

Element	Mittelwert mg/kg
Quecksilber	0,63
Cadmium	3,9
Blei	102
Nickel	54
Chrom	73
Zink	680
Kupfer	73

### Oder

Tabelle 7.7:  
Durchschnittliche Schwermetallgehalte im Schwebstoff der Oder bei Frankfurt 1996

Element	Mittelwert mg/kg
Quecksilber	2,7
Cadmium	5,3
Blei	119
Nickel	63
Chrom	108
Zink	1190
Kupfer	156
Arsen	50

Die Tabellen 7.3 bis 7.7 können nicht in einer Tabelle für einen Vergleich aller Flussgebiete zusammengefasst werden, weil sie nicht die gleiche Datenbasis haben. Ursache hierfür sind die unterschiedlichen Untersuchungsprogramme für Sedimente und Schwebstoffe in den einzelnen Bundesländern.

## 8 Zusammenfassung und Ausblick

Das Labor des NLWK, Betriebsstelle Lüneburg hat in den Jahren 1998 bis 2000 120 Sedimentproben von 46 Messstellen der niedersächsischen Elbe und ihrer Nebenflüsse oberhalb Hamburgs und vom Ober- und Mittellauf der Este auf ihre Schwermetall- und Arsengehalte untersucht. Die Untersuchungsergebnisse sind dargestellt und bewertet worden. Darüber hinaus enthält dieser Bericht für den Zeitraum 1989 bis 1999 Auswertungen der Ergebnisse von Schwebstoffmonatsmischproben der Elbe aus Schnackenburg für die gleichen Elemente.

Das Ziel war, eine regionale Bewertung der Belastung vorzunehmen und eine Entscheidungsbasis dafür zu erhalten, ob über die in Messprogrammen festgelegten Messstellen hinaus für regionale Fragestellungen weitere Probeentnahmestellen nötig sind.

Grundlage der Bewertung waren das Klassifizierungssystem der LAWA von 1998 und der Geo-Akkumulations-Index nach Müller, der in zurückliegenden Auswertungen des Niedersächsischen Landesamtes für Ökologie (NLÖ) zur Beurteilung der Sedimentbelastung mit Schwermetallen verwendet wurde. Damit können aktuelle Klassifizierungen einiger Messstellen mit denen vorangegangener Veröffentlichungen des NLÖ verglichen werden.

Nach dem Klassifizierungssystem der LAWA sind die Schwermetallgehalte des Schwebstoffes zu bewerten, während im vorliegenden Bericht überwiegend Sedimentanalysen für die Bewertung herangezogen wurde. Vorausgegangene Auswertungen weisen darauf hin, dass beide Untersuchungsmethoden zu ähnlichen Ergebnissen führen.

Die Klassifizierungen zeigen erwartungsgemäß die höchsten Schwermetallbelastungen im Sediment und Schwebstoff der Elbe. Die Zinkbelastung der Sedimentproben der mittleren Elbe aus Schnackenburg und Geesthacht ist sehr hoch (Güteklasse IV). Das gleiche gilt für die Sedimentbelastung mit Quecksilber in Schnackenburg. Daneben sind die Sedimente und Schwebstoffe hoch mit Cadmium belastet (Güteklasse III-IV). Die Bewertung Güteklasse II (mäßig belastet) wird im Sediment der Elbe für kein Element erreicht. Erfreulich ist die Entwicklung zu niedrigeren Schwermetallgehalten im Schwebstoff der Elbe. Insbesondere die Quecksilbergehalte sind seit 1992 erheblich zurückgegangen. Während die Schwebstoffproben bis 1991 noch deutlich über einhundert mal stärker mit Quecksilber angereichert waren als unbelastete Sedimente, betrug der Anreicherungsfaktor für den Median der Monatsmischproben 1999 nur noch 18. Die Quecksilberbelastung ist zwar immer noch hoch, sie ist aber gegenüber den Messungen Anfang der 90-er Jahre auf etwa ein sechstel gesunken und die Tendenz ist weiter abnehmend. Allerdings ist absehbar, dass selbst bei maximal möglicher Reduzierung der Schwermetall- und Arseneinträge noch über einen langen Zeitraum deutliche Anreicherungen des Elbesedimentes mit diesen Elementen festgestellt werden, weil sie persistent, d.h.

nicht abbaubar sind und je nach Lage der Sedimentationsräume vor allem aus strömungsberuhigten Zonen nur langsam, überwiegend bei Hochwasserereignissen, stromab verdriftet werden.

Die Sedimente und Schwebstoffe der mittleren Elbe sind erheblich stärker mit Schwermetallen und Arsen belastet als Rhein, Donau, Weser und Ems. Der Schwebstoff der Oder bei Frankfurt erreicht fast den gleichen Belastungsgrad wie der Elbeschwebstoff.

Bei der Bewertung der Nebenflüsse fällt auf, dass bis auf wenige Ausnahmen die Cadmium- und Zinkgehalte den Zielvorgaben - Güteklasse II oder besser - nicht entsprechen. Selbst im Oberlauf von naturnahen Fließgewässern (Gerdau, Lopau, Este), in denen wesentliche anthropogene Einträge lediglich über den Luftpfad zu erwarten sind, liegen die Konzentrationen dieser Elemente im Sediment so hoch, dass aquatische Lebensgemeinschaften beeinträchtigt werden könnten. Darüber hinaus werden die Bodengrenzwerte für eine landwirtschaftliche Verwertung in der Feinkornfraktion nicht eingehalten. Ursache können Untergrundgesteine mit mangelnder Pufferungsfähigkeit sein. Durch saure Niederschläge kommt es in diesen Gebieten infolge einer Versauerung des Bodens zu einer erhöhten Freisetzung von Metallen aus dem Untergrund. Das gilt auch für elektrolytarmer Wasser, die Spurenelemente in CO<sub>2</sub>-reichen Humusböden anreichern und so Schwermetalle über das Grundwasser in Oberflächengewässer gelangen lassen. Die verhältnismäßig niedrigen pH-Werte und z.T. geringen elektrischen Leitfähigkeiten, die an diesen Messstellen in der Wasserphase gemessen werden, unterstützen diese These.

Die Klassifizierung der Sedimente der Nebenflüsse ergibt für die Elemente Quecksilber, Blei und Kupfer nur einzelne Überschreitungen der Zielvorgaben. Die Belastung mit Nickel, Chrom und Arsen ist am geringsten. Zur Beurteilung der Arsenbelastung fehlt allerdings noch ein Klassifizierungssystem der LAWA.

Belastungsschwerpunkte der Nebenflüsse sind die durch Elbewasser beeinflussten Mündungsbereiche von Seege und Ilmenau und die Ilmenau in den Ortslagen von Uelzen und Lüneburg. Zusatzuntersuchungen im Bereich von Regenwasserzuläufen in Uelzen haben gezeigt, dass Regenwasser von Verkehrsflächen zu erheblichen Anreicherungen von Zink, Blei und Kupfer im Sediment führen kann. In einem offenen Gerinne unterhalb eines Regenwasserzulaufes wurden die mit Abstand höchsten Konzentrationen dieser Elemente gemessen.

Die Schwermetall- und Arsengehalte im Sediment von Oberflächengewässern und vom Schwebstoff der Elbe sind im Untersuchungsgebiet weiterhin im Rahmen von Messprogrammen zu bestimmen. Darüber hinaus werden künftig einmal jährlich Sedimente im Bereich von Belastungs-

schwerpunkten an 8 weiteren regionalen Messstellen untersucht.

Die Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie wird Änderungen der Messprogramme mit überarbeiteten Untersuchungsumfängen nach sich ziehen. Die Liste, der nach dieser Richtlinie zu untersuchenden Elemente enthält voraussichtlich weiterhin Cadmium, Quecksilber, Blei und Arsen.

Zusätzlich werden sich die Bewertungsmaßstäbe ändern, so dass künftig ein direkter Vergleich mit den Klassifizierungen der LAWA nicht mehr möglich sein wird. Im Gegensatz zu der Vorgehensweise der LAWA, die alle Gewässertypen einheitlich bewertet, werden im Rahmen der EU-Wasserrahmenrichtlinie für bestimmte typisierte Einzugsgebiete Referenzzustände bestimmt und zur Grundlage eines Klassifizierungssystems herangezogen. Damit werden natürliche Schwankungsbreiten von Hintergrundwerten in unterschiedlichen Gebieten künftig berücksichtigt. Dieses System hat den Vorteil, dass erhöhte Messwerte, die auf natürliche Begebenheiten zurückgehen, nicht mehr als Belastungen gewertet werden und umgekehrt niedrige Messwerte, die trotzdem über den natürlichen Hintergrundwerten liegen als anthropogene Belastungen erkannt werden können.

Künftig ist vorgesehen, die Ergebnisse von Sedimentuntersuchungen und ihre Bewertungen im Rahmen flussgebietsbezogener Gewässergüteberichte zu veröffentlichen. Bei Bedarf werden Sonderberichte, die den Untersuchungsumfang der EU-Wasserrahmenrichtlinie berücksichtigen, erscheinen.

## 9 Literatur

- [1] Länderarbeitsgemeinschaft Wasser 1998: Beurteilung der Wasserbeschaffenheit von Fließgewässern in der Bundesrepublik Deutschland – Chemische Güteklassifikation –
- [2] Müller, G 1981: Sedimente als Kriterien der Wassergüte; Umschau 81, Heft 15
- [3] Fauth, H.; Hindel, R. 1988: A multi-element geochemical survey of Germany; influence of anthropogenic contamination and lithology in metals and metalloids in the hydrosphere; impact through mining and industry and prevention technology. Proceedings of an IHP workshop, Bochum 21.-25.9.1987; Unesco, Paris
- [4] Länderarbeitsgemeinschaft Wasser 1998: Zielvorgaben zum Schutz oberirdischer Gewässer, Band II
- [5] Irmer, U.; Rocker W.; Blodzik K. 1997: Qualitätsanforderungen an Oberflächengewässer: Zielvorgaben, Qualitätsziele, und chemische Gewässergüteklassifizierung, Acta hydrochim. Hydrobiol. 25; VCH Verlagsgesellschaft mbH
- [6] Steffen, D. 1993: Die Belastung der niedersächsischen Fließgewässer mit Schwermetallen und organischen Problemstoffen – Sedimentuntersuchungen im Zeitraum 1986 – 1992; Niedersächsisches Landesamt für Ökologie
- [7] Roth 1998: Wassergefährdende Stoffe; ecomed Verlag
- [8] Falbe, J.; Riegnitz, M. 1998: Römpf Chemie Lexikon; CD-ROM; Thieme Verlag
- [9] Stachel, B.; Lüscho, R. 1995: Entwicklung der Metallgehalte in Sedimenten der Tiedeelbe; Arbeitsgemeinschaft für die Reinhaltung der Elbe
- [10] Krüger, F.; Prange, A.; Jantzen, E.; Trechtnar, K.; Mielich G. 1998: Geogene Hintergrundwerte; Wasserwirtschaft Wassertechnik; Abwassertechnik, Heft 7/98
- [11] Löffler, J 1996: Vergleich der Beschaffenheit von Rhein und Elbe; Wassergütestelle Elbe
- [12] Länderarbeitsgemeinschaft Wasser 1996: Die Hauptströme der Flußgebiet Deutschlands – Überwachung, Zustand und Entwicklung ihrer Beschaffenheit –
- [13] Steffen, D. 1997: Schadstoffuntersuchungen im Seston von Weser und Aller – Probengewinnung mittels einer stationären Durchlaufzentrifuge; Niedersächsisches Landesamt für Ökologie, Oberirdische Gewässer, Bericht 2/97, S. 16 u. 29
- [14] Steffen, D. 1998: Trendbetrachtung über die Belastung von Gewässersedimenten mit Schwermetallen – Zeitraum 1986 bis 1996; Niedersächsisches Landesamt für Ökologie, Oberirdische Gewässer, Bericht 7/98 S. 24
- [15] Internationale Kommission zum Schutz der Elbe 1997: Ergebnisse der Elbeforschung 1991 – 1995, S. 28 f



## 10 Anhang

Tabelle 10.1:

## Analysenergebnisse - Seite 1 -

Gewässer	Ort	Entnahmedatum	Cadmium (mg/kg)	Zink (mg/kg)	Quecksilber (mg/kg)	Blei (mg/kg)	Kupfer (mg/kg)
Elbe	Schnackenburg	09.03.1998	10,2	2300	9,1	230	170
Elbe	Schnackenburg	09.09.1998	9,3	2000	6,3	240	160
Elbe	Schnackenburg	21.04.1999	12,6	1900	9,5	240	170
Elbe	Schnackenburg	08.07.1999	7,9	1500	5,5	170	120
Elbe	Schnackenburg	08.07.1999	7,9	1900	7,0	200	140
Elbe	Schnackenburg	15.06.2000	8,7	2000	5,1	190	160
Elbe	Geesthacht	10.09.1998	6,3	2200	5,6	330	120
Elbe	Geesthacht	10.08.1999	6,2	1400	3,7	280	160
Elbe	Geesthacht	20.09.2000	5,7	1500	4,1	217	150
Aland	Schnackenburg	09.03.1998	1,8	440	0,5	75	59
Seege	Nienwalde	22.04.1998	1,0	300	0,3	93	45
Seege	Meetschow	22.04.1998	8,3	1400	4,6	200	230
Seege	Meetschow	22.10.1998	4,1	580	3,0	140	77
Seege	Meetschow	08.07.1999	2,2	540	3,6	120	76
Seege	Meetschow	15.06.2000	5,7	1000	3,8	160	120
Jeetzel	Teplingen	01.07.1998	2,9	960	1,0	94	120
Jeetzel	Teplingen	28.01.1999	3,9	830	2,2	190	83
Jeetzel	Teplingen	24.08.2000	3,2	1000	1,0	89	110
Jeetzel	Seerau	01.07.1998	1,7	660	0,8	74	69
Jeetzel	Seerau	08.07.1999	2,4	650	0,7	63	58
Jeetzel	Seerau	24.08.2000	2,3	750	0,6	85	60
Neue Dumme	Luckau	21.04.1998	1,1	200	0,5	43	37
Krainke	Besitz	21.04.1998	0,9	280	0,2	73	43
Krainke	Besitz	21.04.1999	1,5	230	0,3	46	33
Krainke	Besitz	26.07.2000	0,9	170	0,1	41	29
Sude	Sückau	21.04.1998	2,6	840	0,3	47	31
Sude	Sückau	21.04.1999	2,3	330	0,5	69	36
Sude	Sückau	26.07.2000	1,8	340	0,3	100	41
Sude	oh Mündung Krainke	21.04.1999	3,1	270	0,4	67	36
Rögnitz	Rosien	21.04.1998	1,9	260	0,3	82	32
Elbeseitenkanal	Bad Bevensen	09.03.1998	1,2	310	0,1	110	72
Elbeseitenkanal	Bad Bevensen	07.09.1999	0,8	300	0,1	110	170
Regenwasserkanal	Veerßen	17.06.1999	4,4	3500	1,0	730	330
Regenwasserkanal	Veerßen	02.02.2000	4,0	2700	0,5	630	290
Regenwasserkanal	Veerßen	28.02.2000	4,0	3300	0,3	660	360
Regenwasserkanal	Veerßen	04.04.2000	4,1	2300	0,5	700	160
Regenwasserkanal	Veerßen	05.06.2000	3,3	3100	0,4	660	330
Regenwasserkanal	Veerßen	03.07.2000	3,7	2600	0,4	590	220
Regenwasserkanal	Veerßen	07.08.2000	4,4	4500	0,2	1000	250
Ilmenau	Veerßen	29.09.1998	2,7	1000	0,5	280	63
Ilmenau	Veerßen	20.10.1998	2,1	1100	0,3	330	74
Ilmenau	Veerßen	28.01.1999	3,0	940	1,2	90	95
Ilmenau	Veerßen	02.02.2000	5,5	1300	0,8	400	160
Ilmenau	Veerßen	28.02.2000	3,7	790	0,7	250	86
Ilmenau	Veerßen	04.04.2000	3,0	1300	0,3	230	110
Ilmenau	Veerßen	05.06.2000	2,8	410	0,3	94	39
Ilmenau	Veerßen	03.07.2000	4,7	890	0,4	160	55
Ilmenau	Veerßen	07.08.2000	3,0	630	0,4	150	62
Ilmenau	unterh. KA Uelzen	01.07.1998	2,9	750	0,8	160	68
Ilmenau	Bienenbüttel	31.07.1998	1,9	480	0,4	100	48
Ilmenau	Bienenbüttel	17.06.1999	2,7	600	1,1	110	56
Ilmenau	Bienenbüttel	14.08.2000	2,5	590	0,5	91	51
Ilmenau	oberh. KA Lüneburg	05.08.1998	2,2	610	0,6	180	66
Ilmenau	Lüner Rennbahn	31.07.1998	2,6	850	1,0	290	90

Tabelle 10.1:

## Analyseergebnisse - Seite 2 -

Gewässer	Ort	Entnahme- datum	Nickel (mg/kg)	Chrom (mg/kg)	Arsen (mg/kg)	Eisen (mg/kg)	Mangan (mg/kg)
Elbe	Schnackenburg	09.03.1998	96	190	-	59.000	1.900
Elbe	Schnackenburg	09.09.1998	92	160	-	43.000	2.500
Elbe	Schnackenburg	21.04.1999	97	200	71	50.000	2.500
Elbe	Schnackenburg	08.07.1999	59	110	42	40.000	1.300
Elbe	Schnackenburg	08.07.1999	72	140	48	48.000	1.400
Elbe	Schnackenburg	15.06.2000	83	170	49	48.000	1.800
Elbe	Geesthacht	10.09.1998	160	150	-	79.000	27.000
Elbe	Geesthacht	10.08.1999	73	169	78	61.000	1.900
Elbe	Geesthacht	20.09.2000	66	151	76	70.000	4.100
Aland	Schnackenburg	09.03.1998	30	67	-	104.000	1.400
Seege	Nienwalde	22.04.1998	26	73	-	108.000	2.800
Seege	Meetschow	22.04.1998	76	280	-	60.000	890
Seege	Meetschow	22.10.1998	57	110	-	38.000	740
Seege	Meetschow	08.07.1999	47	110	31	53.000	510
Seege	Meetschow	15.06.2000	55	130	24	54.000	1.300
Jeetzel	Teplingen	01.07.1998	30	29	-	64.000	370
Jeetzel	Teplingen	28.01.1999	110	70	-	113.000	2.700
Jeetzel	Teplingen	24.08.2000	25	47	20	72.000	1.200
Jeetzel	Seerau	01.07.1998	25	33	-	120.000	1.100
Jeetzel	Seerau	08.07.1999	21	44	24	140.000	1.100
Jeetzel	Seerau	24.08.2000	19	45	17	110.000	1.300
Neue Dumme	Luckau	21.04.1998	20	25	-	60.000	870
Krainke	Besitz	21.04.1998	39	83	-	93.000	1.400
Krainke	Besitz	21.04.1999	47	75	23	100.000	5.700
Krainke	Besitz	26.07.2000	40	60	21	96.000	2.200
Sude	Sückau	21.04.1998	78	26	-	140.000	250.000
Sude	Sückau	21.04.1999	41	50	33	98.000	3.900
Sude	Sückau	26.07.2000	29	41	36	110.000	6.700
Sude	oh Mündung Krainke	21.04.1999	46	62	34	110.000	5.400
Rögnitz	Rosien	21.04.1998	17	39	-	170.000	6.000
Elbeseitenkanal	Bad Bevensen	09.03.1998	53	62	-	53.000	1.200
Elbeseitenkanal	Bad Bevensen	07.09.1999	33	41	19	28.000	1.200
Regenwasserkanal	Veerßen	17.06.1999	74	140	15	42.000	1.400
Regenwasserkanal	Veerßen	02.02.2000	45	88	13	48.000	1.900
Regenwasserkanal	Veerßen	28.02.2000	49	74	7,6	49.000	980
Regenwasserkanal	Veerßen	04.04.2000	53	70	13	55.000	1.200
Regenwasserkanal	Veerßen	05.06.2000	42	73	7,7	43.000	590
Regenwasserkanal	Veerßen	03.07.2000	40	69	18	42.000	710
Regenwasserkanal	Veerßen	07.08.2000	48	84	17	48.000	880
Ilmenau	Veerßen	29.09.1998	28	51	-	59.000	2.500
Ilmenau	Veerßen	20.10.1998	43	61	-	64.000	3.400
Ilmenau	Veerßen	28.01.1999	35	47	-	74.000	1.700
Ilmenau	Veerßen	02.02.2000	60	74	21	71.000	2.600
Ilmenau	Veerßen	28.02.2000	40	40	14	71.000	2.800
Ilmenau	Veerßen	04.04.2000	40	50	7,7	51.000	1.800
Ilmenau	Veerßen	05.06.2000	35	35	14	70.000	4.200
Ilmenau	Veerßen	03.07.2000	37	43	20	62.000	4.700
Ilmenau	Veerßen	07.08.2000	30	48	18	59.000	2.500
Ilmenau	unterh. KA Uelzen	01.07.1998	31	48	-	91.000	2.700
Ilmenau	Bienenbüttel	31.07.1998	27	39	-	81.000	2.600
Ilmenau	Bienenbüttel	17.06.1999	37	59	14	69.000	4.000
Ilmenau	Bienenbüttel	14.08.2000	28	50	12	80.000	2.500
Ilmenau	oberh. KA Lüneburg	05.08.1998	21	30	-	93.000	3.300
Ilmenau	Lüner Rennbahn	31.07.1998	25	62	-	130.000	2.000

Tabelle 10.1:

## Analysenergebnisse - Seite 3 -

Gewässer	Ort	Entnahme- datum	Cadmium (mg/kg)	Zink (mg/kg)	Quecksilber (mg/kg)	Blei (mg/kg)	Kupfer (mg/kg)
Gerdaue	Eimke	29.09.1998	7,4	410	0,38	65	25
Gerdaue	Eimke	27.01.1999	7,2	370	0,32	69	25
Gerdaue	Eimke	02.02.2000	6,1	390	0,28	50	33
Gerdaue	Eimke	28.02.2000	10,0	410	0,34	52	31
Gerdaue	Eimke	04.04.2000	9,1	360	0,40	64	26
Gerdaue	Eimke	05.06.2000	8,2	360	0,29	65	37
Gerdaue	Eimke	03.07.2000	12,2	400	0,42	58	27
Gerdaue	Eimke	07.08.2000	9,2	410	0,18	55	33
Gerdaue	Hansen	29.09.1998	3,3	400	0,39	85	52
Gerdaue	Hansen	17.06.1999	2,0	330	0,66	99	59
Hardau	Holdenstedt	22.02.1999	2,1	370	0,75	86	40
Stederaue	Niendorf	29.09.1998	2,7	500	0,38	98	47
Eisenbach	Niendorf II	22.02.1999	0,95	330	0,59	78	31
Bornbach	Borne	22.02.1999	1,4	150	2,79	81	20
Bornbach	Borne	02.10.2000	2,9	201	0,21	46	17
Wipperau	Neumühle	22.10.1998	1,4	500	0,34	95	30
Billerbeck	Embsen	20.10.1998	2,4	780	2,60	230	150
Billerbeck	Embsen	27.01.1999	3,3	1200	0,44	360	82
Billerbeck	Embsen	14.08.2000	4,2	750	1,5	130	71
Strachau	Dahlenburg	30.07.1998	2,9	250	0,24	64	50
Neetze	Marienu	30.07.1998	2,0	610	0,33	110	68
Neetze	Marienu	07.09.1999	1,2	450	0,47	99	55
Neetze	Sütto	30.07.1998	0,93	260	0,25	64	34
Bruchwetter	Echem	21.04.1999	1,5	210	0,26	52	29
Marschwetter	Echem	21.04.1999	1,7	200	0,51	43	32
Lopau	Bockum	17.03.1998	2,7	200	0,19	59	16
Lopau	Bockum	24.03.1999	3,4	300	0,55	69	26
Lopau	Bockum	14.08.2000	3,9	264	0,23	58	17
Luhe	Roydo	09.09.1998	2,8	520	0,39	110	55
Luhe	Roydo	10.08.1999	2,8	450	0,69	75	53
Luhe	Roydo	20.09.2000	1,8	340	0,28	86	47
Schmale Aue	Döhle	24.03.1999	2,6	360	0,59	81	37
Schmale Aue	Nindorf	02.10.2000	1,8	300	0,21	88	45
Schmale Aue	Schmalenfelde	02.10.2000	2,9	470	0,37	135	53
Schmale Aue	Marxen	17.03.1998	4,6	1200	0,30	140	86
Schmale Aue	Marxen	21.10.1998	2,1	420	0,31	100	44
Schmale Aue	Marxen	02.10.2000	3,1	410	0,28	68	40
Seeve	Jehrd	20.09.2000	2,7	450	0,25	82	64
Seeve	Hörsten	09.09.1998	1,4	530	0,34	93	54
Seeve	Hörsten	07.09.1999	2,3	440	0,47	100	58
Seeve	Hörsten	20.09.2000	1,8	340	0,28	86	47
Este	Welle	21.10.1998	2,6	660	0,36	190	82
Este	oberh. Kakenstorf	17.03.1998	5,6	460	0,42	55	19
Este	oberh. Kakenstorf	21.10.1998	18,6	860	0,28	190	25
Este	oberh. Kakenstorf	27.01.1999	6,2	480	0,48	74	26
Este	oberh. Kakenstorf	02.02.2000	4,3	410	0,31	57	26
Este	oberh. Kakenstorf	28.02.2000	4,0	350	0,25	60	24
Este	oberh. Kakenstorf	04.04.2000	5,3	390	0,30	-	26
Este	oberh. Kakenstorf	05.06.2000	3,6	260	0,28	61	29
Este	oberh. Kakenstorf	03.07.2000	6,2	260	0,30	61	22
Este	oberh. Kakenstorf	07.08.2000	4,0	350	0,14	58	38
Este	unterh. Kakenstorf	17.03.1998	13,6	540	3,1	180	62
Este	unterh. Kakenstorf	21.10.1998	5,5	1800	0,31	250	190
Este	unterh. Kakenstorf	27.01.1999	6,0	750	0,41	110	41
Este	unterh. Kakenstorf	02.02.2000	3,7	460	0,33	74	46
Este	unterh. Kakenstorf	28.02.2000	3,6	440	0,31	68	47
Este	unterh. Kakenstorf	04.04.2000	3,7	490	0,35	104	38
Este	unterh. Kakenstorf	05.06.2000	3,5	430	0,28	82	55
Este	unterh. Kakenstorf	03.07.2000	5,4	580	0,44	90	65
Este	unterh. Kakenstorf	07.08.2000	4,0	610	0,40	80	59
Este	Emmen	21.10.1998	3,4	610	0,28	130	48
Staersbach	Moisbu	05.10.1999	2,7	390	0,71	130	50

Tabelle 10.1:

## Analyseergebnisse - Seite 4 -

Gewässer	Ort	Entnahme- datum	Nickel (mg/kg)	Chrom (mg/kg)	Arsen (mg/kg)	Eisen (mg/kg)	Mangan (mg/kg)
Gerdau	Eimke	29.09.1998	59	26	-	75.000	5.800
Gerdau	Eimke	27.01.1999	54	39	-	44.000	2.500
Gerdau	Eimke	02.02.2000	47	33	10	58.000	3.300
Gerdau	Eimke	28.02.2000	52	25	6,8	72.000	3.900
Gerdau	Eimke	04.04.2000	63	30	7,4	65.000	3.800
Gerdau	Eimke	05.06.2000	54	31	9,1	61.000	3.100
Gerdau	Eimke	03.07.2000	56	26	17	64.000	5.000
Gerdau	Eimke	07.08.2000	50	27	14	55.000	2.600
Gerdau	Hansen	29.09.1998	31	39	-	47.000	1.200
Gerdau	Hansen	17.06.1999	43	73	13	34.000	660
Hardau	Holdenstedt	22.02.1999	30	66	16	90.000	2.100
Stederau	Niendorf	29.09.1998	41	40	-	61.000	2.100
Eisenbach	Niendorf II	22.02.1999	27	69	<5	94.000	2.500
Bornbach	Borne	22.02.1999	21	59	10	35.000	420
Bornbach	Borne	02.10.2000	24	33	10	55.000	1.800
Wipperau	Neumühle	22.10.1998	36	50	-	40.000	970
Billerbeck	Embsen	20.10.1998	78	93	-	62.000	1.300
Billerbeck	Embsen	27.01.1999	40	51	-	48.000	1.500
Billerbeck	Embsen	14.08.2000	100	55	36	110.000	1.500
Strachau	Dahlenburg	30.07.1998	16	24	-	43.000	490
Neetze	Marienu	30.07.1998	22	42	-	56.000	950
Neetze	Marienu	07.09.1999	24	77	11	53.000	1.200
Neetze	Süttorf	30.07.1998	15	41	-	85.000	2.500
Bruchwetter	Echem	21.04.1999	40	79	33	78.000	1.000
Marschwetter	Echem	21.04.1999	55	91	22	64.000	2.700
Lopau	Bockum	17.03.1998	33	27	-	96.000	1.700
Lopau	Bockum	24.03.1999	40	30	8,3	36.000	340
Lopau	Bockum	14.08.2000	33	26	11	55.000	750
Luhe	Roydorf	09.09.1998	45	48	-	79.000	2.700
Luhe	Roydorf	10.08.1999	45	38	20	100.000	2.600
Luhe	Roydorf	20.09.2000	30	39	12	66.000	2.700
Schmale Aue	Döhle	24.03.1999	17	47	20	66.000	2.200
Schmale Aue	Nindorf	02.10.2000	26	47	13	50.000	3.500
Schmale Aue	Schmalenfelde	02.10.2000	28	51	21	78.000	2.600
Schmale Aue	Marxen	17.03.1998	40	68	-	84.000	1.500
Schmale Aue	Marxen	21.10.1998	37	42	-	114.000	8.100
Schmale Aue	Marxen	02.10.2000	28	45	20	86.000	3.400
Seeve	Jehrden	20.09.2000	31	38	20	97.000	3.700
Seeve	Hörsten	09.09.1998	28	29	-	146.000	7.100
Seeve	Hörsten	07.09.1999	38	51	31	110.000	3.600
Seeve	Hörsten	20.09.2000	30	39	12	66.000	2.700
Este	Welle	21.10.1998	41	51	-	80.000	2.900
Este	oberh. Kakenstorf	17.03.1998	35	19	-	69.000	1.100
Este	oberh. Kakenstorf	21.10.1998	41	43	-	85.000	3.400
Este	oberh. Kakenstorf	27.01.1999	36	49	-	69.000	760
Este	oberh. Kakenstorf	02.02.2000	23	30	21	90.000	1.600
Este	oberh. Kakenstorf	28.02.2000	33	29	19	93.000	1.200
Este	oberh. Kakenstorf	04.04.2000	31	40	12	66.000	550
Este	oberh. Kakenstorf	05.06.2000	27	29	18	75.000	740
Este	oberh. Kakenstorf	03.07.2000	21	33	34	97.000	500
Este	oberh. Kakenstorf	07.08.2000	76	31	28	93.000	2.600
Este	unterh. Kakenstorf	17.03.1998	27	33	-	66.000	1.100
Este	unterh. Kakenstorf	21.10.1998	43	69	-	52.000	1.200
Este	unterh. Kakenstorf	27.01.1999	36	53	-	47.000	1.200
Este	unterh. Kakenstorf	02.02.2000	29	38	17	69.000	1.300
Este	unterh. Kakenstorf	28.02.2000	29	31	14	80.000	1.300
Este	unterh. Kakenstorf	04.04.2000	28	51	10	58.000	480
Este	unterh. Kakenstorf	05.06.2000	24	40	10	71.000	1.300
Este	unterh. Kakenstorf	03.07.2000	26	47	13	61.000	630
Este	unterh. Kakenstorf	07.08.2000	30	51	18	31.000	250
Este	Emmen	21.10.1998	43	47	-	48.000	3.200
Staersbach	Moisburg	05.10.1999	31	59	10	80.000	2.600

**Herausgeber:**  
Niedersächsischer Landesbetrieb für  
Wasserwirtschaft und Küstenschutz  
Betriebsstelle Lüneburg  
Adolph-Kolping-Str. 6  
21337 Lüneburg

**Verfasser:**  
Manfred Schulze  
manfred.schulze@nlwk-ig.niedersachsen.de

**Gestaltung:**  
Bettina Kuckluck

**Titelbild:**  
Sedimentgreifer im Einsatz

**Foto:**  
Manfred Schulze

**Internet:**  
<http://www.nlwk.de/service.htm>

**Vertrieb:**  
Niedersächsischer Landesbetrieb für  
Wasserwirtschaft und Küstenschutz  
Betriebsstelle Lüneburg  
Adolph-Kolping-Str. 6  
21337 Lüneburg  
poststelle@nlwk-ig.niedersachsen.de

1. Auflage: Juli 2001, 300 Stück  
Schutzgebühr: 10,-DM incl. Versand

gedruckt auf 100% Recyclingpapier, chlorfrei gebleicht