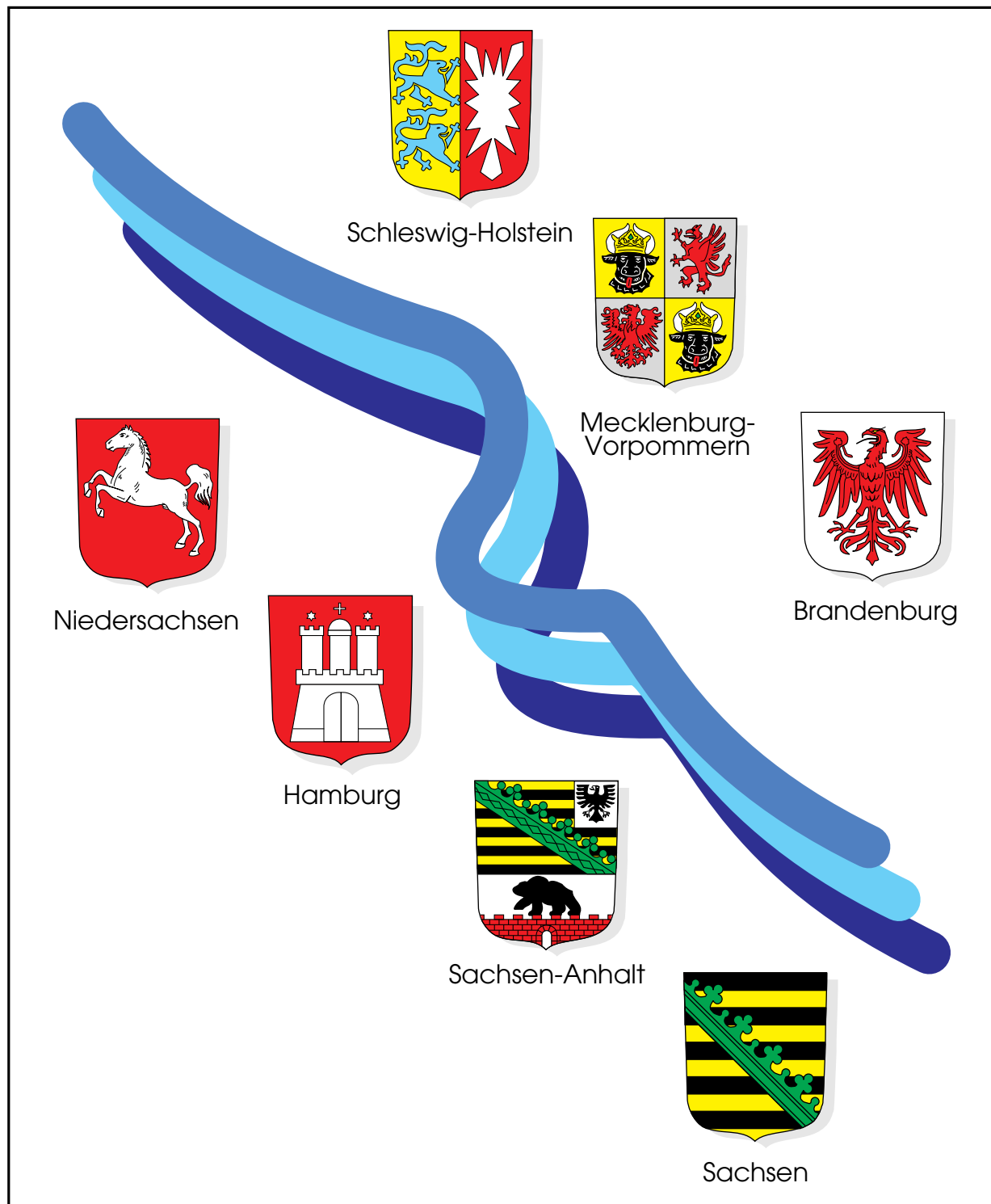


# Arbeitsgemeinschaft für die Reinhaltung der Elbe



## Umgang mit belastetem Baggergut an der Elbe

- Zustand und Empfehlungen -

1996

## Umgang mit belastetem Baggergut an der Elbe

- Zustand und Empfehlungen -

Ministerium für Umwelt, Naturschutz  
und Raumordnung  
des Landes Brandenburg  
Albert-Einstein-Straße 42 - 46  
14473 Potsdam

Umweltbehörde Hamburg  
Billstraße 84  
20539 Hamburg

Ministerium für Bau, Landes-  
entwicklung und Umwelt  
des Landes Mecklenburg-Vorpommern  
Schloßstraße 6 - 8  
19053 Schwerin

Niedersächsisches Umweltministerium  
Archivstraße 2  
30169 Hannover

Sächsisches Staatsministerium für  
Umwelt und Landesentwicklung  
Ostra-Allee 23  
01067 Dresden

Ministerium für Raumordnung,  
Landwirtschaft und Umwelt  
des Landes Sachsen-Anhalt  
Pfälzer Straße  
39106 Magdeburg

Ministerium für Natur und Umwelt  
des Landes Schleswig-Holstein  
Grenzstraße 1 - 5  
24149 Kiel

## VORWORT

Nach wie vor stellt die umweltverträgliche Verwertung von gebaggerten Sedimenten aus Gewässern ein großes Problem dar, denn sie sind häufig mit Schwermetallen und naturfremden Stoffen stark belastet. Der weitere Umgang mit diesen Sedimenten hängt allerdings davon ab, welche Belastungen konkret vorliegen. Insofern sind Bewertungsmethoden und Bewertungsmaßstäbe für die Praxis der Verwaltung dringend erforderlich und mehr als überfällig. In Deutschland, wie in den meisten Industrieländern, besteht jedoch bislang keine Einigung über Methodenwahl bzw. die Prüfparameter, mit deren Hilfe ein kontaminiertes Sediment bewertet werden soll. Mit dem vorgelegten Sonderbericht der ARGE ELBE wird erstmalig für das Einzugsgebiet der Elbe eine umfassende Empfehlung zur Bewertung von Baggergut vorgelegt. Ziel ist es, den zuständigen Behörden und Fachdienststellen eine praktische Arbeitshilfe an die Hand zu geben, mit der künftig eine ausgewogene Entscheidung bei der Behandlung von Baggergut getroffen werden kann.

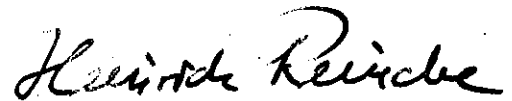
Die Vorsitzende der ARGE ELBE



Heidrun Heidecke

Ministerin für Umwelt, Naturschutz  
und Raumordnung des Landes Sachsen-Anhalt

Der Vorsitzende des Ad-hoc AK  
"Baggergut" der ARGE ELBE



Prof. Dr. Heinrich Reincke  
Leiter der Wassergütestelle

Bearbeitet:

Ad-hoc AK Baggergut:

Wassergütestelle Elbe der Arbeitsgemeinschaft

für die Reinhaltung der Elbe

Prof. Dr. Reincke (Obmann)

Neßdeich 120 - 121

2 1 1 2 9 H a m b u r g

Technische Universität Hamburg-Harburg

Arbeitsbereich Umweltschutztechnik

Dr.-Ing. Ahlf

Denickestraße 22

2 1 0 7 3 H a m b u r g

Bundesanstalt für Gewässerkunde

Dr. Bertsch

Kaiserin-Augusta Anlagen 15 - 17

5 6 0 6 8 K o b l e n z

Umweltbehörde Hamburg

Amt für Umweltschutz

Gewässer- und Bodenschutz

Dipl.-Biol. Ebel

Billstraße 84

2 0 5 3 9 H a m b u r g

Bundesanstalt für Gewässerkunde/Außenstelle Berlin

Dr. Heininger

Schnellerstraße 140

1 2 4 3 9 B e r l i n

Wirtschaftsbehörde Hamburg / Strom- und Hafengebäude

Dipl.-Ing. Netzband

Dalmanstraße 1

2 0 4 5 7 H a m b u r g

Wasser- und Schifffahrtsdirektion Ost

Dipl.-Ing. Scholz / Dipl.-Geogr. Gabriel

Werderscher Markt

1 0 1 1 7 B e r l i n

Niedersächsisches Landesamt für Ökologie

Dipl.-Ing. Steffen

An der Scharlake 39

3 1 1 3 5 H i l d e s h e i m

Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt

Dr. Theile

Reideburger Straße 47 - 49

0 6 1 1 6 H a l l e ( S a a l e )

aufgestellt:

Wassergütestelle Elbe  
Hamburg, im Oktober 1996



Prof. Dr. Reincke

# Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung
2. Situation an der Elbe
  - 2.1 Baggergutmengen
  - 2.2 Kenntnisse über Sedimentbelastung
3. Ansätze zur Bewertung sowie Richtlinien und Handlungsanweisungen
  - 3.1 Bewertungsschema der ARGE ELBE
  - 3.2 Handlungsanweisungen an der Nordsee
    - 3.2.1 OSLO-Baggergut-Richtlinie
    - 3.2.2 Umsetzen der Baggergut-Richtlinie der OSLO-Kommission in der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV)
    - 3.2.3 Bund/Länder-Arbeitskreis Baggergut-Küste (BLABAK)
  - 3.3 Abwassertechnische Vereinigung/Handlungsanweisung Baggergut Binnengewässer (ATV/HABAK)
  - 3.4 Baggergutkonzepte der Länder
    - 3.4.1 Sachsen-Anhalt
    - 3.4.2 Mecklenburg-Vorpommern
    - 3.4.3 Schleswig-Holstein
  - 3.5 Vergleich der Bewertungsansätze
4. Behandlungsverfahren
  - 4.1 Verwendung
  - 4.2 Verwertung
    - 4.2.1 Verwertung an Land
    - 4.2.2 Verwertung im Gewässer
  - 4.3 Beseitigung
  - 4.4 Umlagerung
5. Fallbeispiele
  - 5.1 Saale
  - 5.2 Hamburg
  - 5.3 Folgerungen
6. Handlungsempfehlung
  - 6.1 Grundsätze
  - 6.2 Bewertung der Sediment-/Baggergutqualität
  - 6.3 Umlagerung von Baggergut
  - 6.4 Verwertung von Baggergut
  - 6.5 Aufbereitung und Ablagerung
  - 6.6 Öffentliche Akzeptanz
7. Zusammenfassung
8. Literaturverzeichnis
9. Anlage 1 Richtwerte zur Baggergut- bzw. Sedimentbewertung für den Elbe-Bereich  
Anlage 2 Begriffsdefinition "Baggergut"  
  
Anhang I Fallbeispiel Saale  
Anhang II Fallbeispiel Hamburg

## 1 Einleitung

Als Baggergut wird Aushubmaterial bezeichnet, das im Rahmen von Unterhaltungs-, Neu- und Ausbaumaßnahmen an den Gewässern anfällt. Es handelt sich zum überwiegenden Anteil um Gewässersediment sowie um Böden aus dem Umland des Gewässers. In Fließgewässern sind Sedimente als mobile Grundschicht natürlicherweise vorhanden. Ist die Strömungsenergie im Gewässer größer als die Transportwiderstandskraft des Sedimentes, setzt Feststofftransport, d. h. die Resuspension von Sediment, je nach Fließgeschwindigkeit und Materialbeschaffenheit, in Schwebelage oder am Gewässergrund ein. In Zonen abnehmender Fließgeschwindigkeit erfolgt die Ablagerung von Feststoffen sukzessive in Abhängigkeit von verbleibender Strömungsenergie und Materialbeschaffenheit.

Durch das Einleiten oder Einbringen von Schadstoffen ins Gewässer und der anschließenden Anreicherung im feinkörnigen Sediment wird stellenweise aus dem "Naturstoff" Sediment ein "Problemstoff". Infolge von Strömungsverhalten und Transportdynamik verteilt sich dieses Problem über größere Bereiche des unterstrom gelegenen Gewässersystems, wobei die Schadstoffe einer Vielzahl von chemischen, physikalischen und biologischen Einflüssen unterliegen.

Im Vergleich zu belasteten Böden an Land (Altlasten) ist für Baggergut häufig die große Menge und, infolge der Vermischung auf dem Fließweg, eine geringer werdende Belastung (Vergleichmäßigung) eines Korngemisches (Mischung von unbelastetem und belastetem Baggergut) charakteristisch. Eine gezielte Behandlung wird damit erschwert; oft bleibt nur der Weg einer Ablagerung. Daneben gibt es "Hot Spots" mit einer hohen und spezifischen Belastung, die aus Sicht des Gewässerschutzes eine gezielte Behandlung erfordern.

Dieses Problem ist seit langer Zeit nicht nur in Deutschland erkannt; durch ihre Bemühungen zur Behandlung von belastetem Baggergut wurden andernorts insbesondere die Niederlande, Belgien, USA, Kanada und auch Japan bekannt. Mittlerweile existiert eine Vielzahl von Lösungsansätzen. In letzter Zeit gewinnt der Ansatz zunehmend an Bedeutung, Baggergut als Rohstoff und nicht als Abfall anzusehen.

Sowohl in den Elbeabschnitten der ehemaligen DDR als auch im Tidebereich erfolgten im Rahmen von Verkehrssicherungspflicht und Ausbau Baggerungen, wobei das Baggergut umgelagert oder an Land untergebracht wurde. Aufgrund der regelmäßig anfallenden großen Mengen von belastetem Baggergut wurde insbesondere die Stadt Hamburg für ihre Bemühungen bei der umweltgerechten Behandlung von Baggergut bekannt. Mit den politischen Veränderungen der letzten Jahre sind heute die Voraussetzungen geschaffen, an den Quellen der Verschmutzung anzusetzen, so daß mit der Verringerung des Belastungsgrades von Sedimenten auch der Behandlungsaufwand bei der umweltgerechten Bearbeitung von Baggergut minimiert werden kann. Im Rahmen des IKSE-Sofortprogrammes sind Anstrengungen angelaufen, die wichtigsten Einleitungen zu sanieren; dabei sind auch schon Erfolge zu verzeichnen. Ziel sollte es sein, durch Sanierungen von Einleitungen und Altlasten zu einer Sedimentqualität zu gelangen, die einen "problemlosen Umgang" mit dem Material erlaubt.

Die Lasten der Vergangenheit existieren in Form des "Langzeitgedächtnisses" der Sedimente nach wie vor in der Elbe. Über ihre Schadstoffbelastung liegt eine Vielzahl von Untersuchungen vor, hinreichende Kenntnisse für die Erstellung von Handlungskonzepten sind damit vorhanden. Spätestens beim Baggern muß eine Entscheidung über die Behandlung der Sedimente getroffen werden. Dazu erscheint es sinnvoll, an der Elbe gemeinsame Vorgehenskonzepte für alle Gewässernutzer zu entwickeln. Diese sollten an vorhandene Regelwerke anknüpfen und auf die elbespezifischen Besonderheiten eingehen.

Im Zusammenhang mit den anfallenden Mengen sowie abnehmenden Schadstoffbelastungen sollten dabei Grundziele sein:

- **die ökologische Verträglichkeit und ökonomische Tragbarkeit,**
- **das Verschlechterungsverbot,**
- **der Nordseeschutz,**
- **der Gleichbehandlungsgrundsatz unter Anerkennung der unterschiedlichen Rahmenbedingungen.**

Spezielle gesetzliche Regelungen über den Umgang mit Baggergut gibt es bislang nicht. Als Orientierungshilfe wird auf den Anhang III (Rechtliche Bewertung von Baggergut) verwiesen.

## **2 Situation an der Elbe**

Nachfolgend wird ein grober Überblick über Mengen und Belastung von Sedimenten/Baggergut im Elbebereich gegeben; im übrigen wird auf die Literatur verwiesen. Insbesondere zu Baggergutmengen bzw. Mengen belasteter Sedimente liegen wenige Daten vor.

### **2.1 Baggergutmengen**

Umfassende Angaben über Baggergutmengen liegen nicht vor. Gebaggert wird sowohl durch den Bund (Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes) wie auch durch die Länder.

Im Bereich der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV) sowie der Freien und Hansestadt Hamburg fallen im Zuge von Unterhaltungs- bzw. Ausbaumaßnahmen die in der Tabelle 1 aufgeführten Mengen an. Die Abschätzung der Mengen aus Landesgewässern (Gewässer I. O.) beträgt im tidefreien Einzugsgebiet jährlich rd. 600.000 m<sup>3</sup> (Zeitraum bis zum Jahr 2000), im schleswig-holsteinischen Elbeeinzugsgebiet werden jährlich rund 260.000 m<sup>3</sup> gebaggert, im niedersächsischen Elbeeinzugsgebiet jährlich rd. 1 Mio. m<sup>3</sup>.

Tabelle 1 Baggergutmengen: Elbe und ihr Einzugsgebiet

Fluß, bzw. regionale Einzugsgebiete	jährl. Unterhaltung m <sup>3</sup>	Ausbau m <sup>3</sup>
Saale	20.000	-
Elbe (Schöna-Geesthacht)	120.000	-
Elbe (Tidebereich)	10.000.000 bis 15.000.000	ca. 25.000.000
Elbe (Hamburger Hafen)	2.000.000 bis 3.000.000	-
tidefreies Einzugsgebiet (Landesgewässer)	600.000 (bis zum Jahr 2000)	-
tidebeeinflusstes Einzugs- gebiet (Landesgewässer Schl.-Holstein)	ca. 260.000	-
tidebeeinflusstes Einzugs- gebiet (Landesgewässer Niedersachsen)	ca. 1.000.000	-

## 2.2 Kenntnisse über Sedimentbelastung

Bezüglich der Schwermetallbelastung stellen MÜLLER und FURRER [11] fest, daß bei Nickel, Chrom und Arsen im gesamten Elbeverlauf nur eine "geringe bis mäßige" Belastung vorliegt. Aus der Mulde kommt eine starke geogen und anthropogen verursachte, lokal begrenzte Arsenbelastung. Die Belastung mit Blei und Kupfer ist als "mäßig bis stark belastet" anzusehen (gem. Geoakkumulationsansatz). Hohe Bleibelastungen kommen aus Saale und Havel. Die Belastung mit Quecksilber, Cadmium und Zink im gesamten Elbeverlauf ist nach der  $I_{geo}$ -Klasse "stark bis übermäßig belastet". Die Belastung von Quecksilber und Cadmium ist bereits in der Tschechischen Republik hoch; hinzu kommen hohe Frachten aus Saale und Mulde. Zink ist das einzige Metall mit einer in Fließrichtung nahezu konstanten Konzentrationszunahme.

Prioritäre organische Schadstoffgruppen, die vor allem für das Sediment Relevanz besitzen, sind unpolare chlororganische Verbindungen wie Chlorpestizide, Chlorphenole, polychlorierte Biphenyle (PCB), polychlorierte Dibenzodioxine und -furane. Diese und weitere, darunter höhermolekulare halogenorganische Verbindungen, bilden die Summengröße AOX (adsorbierbare halogenorganische Verbindungen). Daneben spielen polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) und zinnorganische Verbindungen eine besondere Rolle.

Bei allen diesen Kriterien weisen die Elbesedimente durchgängig oder über längere Abschnitte hinweg Schadstoffgehalte auf, die signifikant über den ubiquitären Belastungswerten liegen. Der Eintrag der Schadstoffe erfolgt grundsätzlich im gesamten Elbeverlauf. Seine Intensität ist allerdings regional sehr unterschiedlich. Für bestimmte Stoffgruppen prägen drei Haupteintragspfade das Belastungsbild besonderes nachhaltig. PCB und Chlorbenzole, darunter der "typische Elbeschadstoff" Hexachlorbenzol (HCB), werden in starkem Maße über die tschechische Grenze eingetragen. Die Mulde trägt in besonderem Maße zur Belastung durch Chlorpestizide (DDT, HCH), Chlorbenzole und zinnorganische Verbindungen bei, und die Saale leistet einen überdurchschnittlichen Beitrag zur Verschmutzung durch AOX und PAK. Insgesamt kann die Belastung durch organi-



sche Schadstoffe der Elbesedimente bis zur Havelmündung als "mäßig bis stark", unterhalb der Havelmündung als "gering bis mäßig" eingestuft werden.

### 3 Ansätze zur Bewertung sowie Richtlinien und Handlungsanweisungen

Baggergut ist in der Regel gebaggertes Sediment und wird erst durch die Schadstoffbelastung zu einem Entsorgungsproblem. Deshalb steht an erster Stelle die Beschreibung von Ansätzen zur Schadstoffbewertung für Sedimente/Baggergut. Grundsätzlich ist zu unterscheiden, ob die Beurteilung für das Material erfolgt, wenn es sich noch im Gewässer befindet bzw. verbleiben soll oder ob es vor oder nach Aufbereitung an Land zu beurteilen ist.

Gebräuchlich sind zur Beurteilung bisher chemisch-numerische Ansätze. Dabei wird die Stoffkonzentration in der Feststoffphase beispielsweise zu den natürlichen Hintergrundwerten in Beziehung gesetzt. Als Standarduntersuchung wird der Gehalt an organischen und anorganischen Schadstoffen im Feststoff und/oder Eluat bestimmt. Die Aussagekraft des bisher verwendeten Elutionstests hinsichtlich des Langzeitverhaltens von Schadstoffen im Baggergut und Boden ist beschränkt und berücksichtigt auch nicht die unterschiedlichen geochemischen Bedingungen am Einsatzort.

Die grundlegenden Kriterien zur Beurteilung einer Gewässerqualität sind prinzipiell biologisch, werden gegenwärtig jedoch für gewöhnlich in chemisch-numerischen Kategorien ausgedrückt. Die angestrebte Bewertungsstrategie verknüpft biologische und ökologische Merkmale mit chemischen Kriterien. Aus Kostengründen sollten ihre Komponenten flexibel und abgestuft anwendbar sein. Sie umfaßt folgende Bestandteile:

**ausgewählte  
chemische Analysen,  
chemische Charakteri-  
sierung des Sediments**

**ausgewählte  
biologische und bioche-  
mische Untersuchungs-  
methoden**

**ausgewählte  
ökotoxikologische Test-  
verfahren**

Alle drei Bestandteile sind eigenständig und in diesem Sinne als gleichwertig zu betrachten.

Sie führen in ihrer Gesamtheit zur Bewertung eines Sediments. Als Ausdruck der flexiblen und abgestuften Vorgehensweise können Art und Umfang der Untersuchungen jedes der drei Elemente der Bewertungskriterien je nach Untersuchungsziel und spezifischen Umständen bestimmt werden. Der Zweck der Bewertung ist deshalb vorab genau zu definieren.

Die vergleichende Klassifikation von Gewässersedimenten muß auf der Basis umfangreicher Informationen erfolgen und setzt eine umfassende und differenzierte Untersuchungspalette voraus.

Der Bund/Länder-Arbeitskreis "Qualitätsziele" führte im Rahmen der Erarbeitung von Zielvorgaben "Schwebstoffe und Sedimente" als eigenes Schutzgut auf. Das ökotoxikologische Gefährdungspotential sedimentgebundener Schadstoffe ist in der Literatur gut dokumentiert. Ökotoxikologische und ökologische Studien

belegen auch für die Elbe nachteilige Effekte auf die Lebensgemeinschaft des Benthos. [13]

Biotests können zu einer Klassifikation des Gefährdungspotentials genutzt werden. Der Sedimentausschuß der Fachgruppe "Wasserchemie" in der "GdCh" empfiehlt in Abstimmung mit dem Umweltbundesamt ein Stufenkonzept, das chemische und ökotoxikologische Untersuchungen kombiniert. [13]

Nachfolgend werden einige Ansätze dargestellt, die von besonderer Bedeutung für das Gebiet der Elbe sind (weitgehend nach [12] zitiert). Die Darstellung erfolgt recht ausführlich, um die international vereinbarte Vorgehensweise im Küstenbereich deutlich zu machen.

### 3.1 Bewertungsschema der ARGE ELBE

Im Rahmen eines Forschungs- und Entwicklungsvorhabens hat die ARGE ELBE im Zeitraum 1987/88 Beurteilungskriterien für den Bereich der Elbe im ARGE-Einzugsgebiet Hamburg, Schleswig-Holstein und Niedersachsen erarbeitet. Dieser Bericht beinhaltet unter besonderer Berücksichtigung des hydrologischen Charakters der Tideelbe die Entwicklung der Kriterien für die Wasserbeschaffenheit des limnischen Abschnittes auf der Basis der natürlichen Grundbelastung. Unter natürlicher Grundbelastung wurde dabei der Zustand verstanden, der abschätzungsweise in der Elbe herrschte, als noch keine bedeutende anthropogene Beeinflussung vorlag, und daher der Fluß noch als Träger von gesunden, unbelasteten aquatischen Lebensgemeinschaften anzusprechen war. Daneben wurde ein handhabbares Bewertungssystem entwickelt, mit dem die jeweilige Belastungssituation des Ökosystems parameterspezifisch als Auslenkung gegenüber der natürlichen Grundbelastung zum Ausdruck gebracht werden kann.

Der Bund/Länder-Arbeitskreis "Qualitätsziele" für Oberflächengewässer (BLAK-QZ) hatte auch entsprechende Vorgaben erarbeitet, die ebenfalls eine Beurteilung der physikalisch-chemischen Beschaffenheit des Gewässers ermöglichen. Zwischenzeitlich werden diese Beurteilungskriterien als Zielvorgaben erprobt. Im Einvernehmen mit dem Umweltbundesamt erfolgte eine Harmonisierung der Gütebewertung von Fließgewässern auf der Grundlage der natürlichen Grundbelastung. Da insbesondere an der Elbe die Schadstoffe in der gelösten Phase deutlich abgenommen haben, dagegen aber partikulär durchaus noch eine erhebliche Belastungsgröße darstellen, wurden Kriterien für die relevanten Schadstoffe bzw. Schadstoffgruppen, die überwiegend partikulär gebunden sind, aufgestellt.

Aufbauend auf der natürlichen Hintergrundbelastung, ökotoxikologischen Vorgaben in Bezug auf Anreicherung der Stoffe in Biota, Zielvorgaben des BLAK-QZ sowie weiterer einschlägiger Vorgaben, wie beispielsweise der Klärschlammverordnung und US-EPA-Richtlinien, entstand ein Bewertungsverfahren mit einer vierstufigen Klassifizierung und drei Zwischenstufen. Die Zielvorgaben entsprechen der Güteklasse II (gering anthropogen belastet); ebenso erfüllt die Güteklasse II die Bodengrenzwerte der Klärschlammverordnung von 1992, womit eine gewisse "Multifunktionalität" gegeben ist. Für die organischen Verunreinigungen im Sediment gibt die ARGE das gleiche Einteilungsschema vor, nur wird

die Güteklasse I als nicht nachweisbar definiert. Aus der Einordnung in eine bestimmte Klasse ergeben sich keine Handlungszwänge bzw. -optionen.

Anlässlich der 9. Ministerkonferenz der Elbeanliegerländer 1993 in Lauenburg wurde dieses Bewertungsverfahren zustimmend zur Kenntnis genommen und als Arbeitsgrundlage eingeführt.

## **3.2 Handlungsanweisungen an der Nordseeküste**

### **3.2.1 OSLO-Baggergut-Richtlinie**

Zur Reinhaltung des Meeres und in bezug auf die Einbringung von Baggergut in Küstengewässer hat Deutschland verschiedene internationale Meeresschutzkonventionen unterzeichnet, insbesondere die London-Konvention sowie die Oslo-Paris-Konvention. Sie regelt u. a. den Eintrag von Schadstoffen über die Flüsse aus direkten und diffusen Einleitungen. Im Rahmen der Oslo-Konvention wurden spezielle Richtlinien für die ökologisch vertretbare Ablagerung von Baggergut in den Konventionsgebieten verabschiedet. Das Konventionsgebiet geht in der Elbe bis Stromkilometer 683 (Einmündung des Freiburger Hafensprieles).

Die Entwicklung der Baggergut-Richtlinien wurde politisch erheblich von den internationalen Nordsee-Schutzkonferenzen der Nordseeanrainerstaaten beeinflusst. Zum Thema Baggergut wurde vereinbart, daß die Länder die Leitlinien über Baggergut, die im Rahmen der OSLO-Konvention 1986 erstmals vereinbart wurden, streng einhalten, um das Einbringen von kontaminiertem Baggergut zu verhindern.

Die Richtlinien streben eine Reduzierung der Umweltauswirkungen von Baggermaßnahmen an. Sie sollen verhindern, daß mit dem Baggergut Schadstoffe, die in den Anlagen der Oslo-Konvention aufgelistet und gekennzeichnet sind, ins Meer gelangen. Außerdem streben sie eine bessere Überwachung durch ein detailliertes Monitoring der Verklappungsbereiche an.

In den Richtlinien sind Untersuchungsumfang und Arbeitsabläufe festgeschrieben. Die Untersuchungen dienen dem Zweck, alle erforderlichen Informationen zur Bewertung möglicher ökologischer Folgen der Einbringung von Baggergut im Konventionsgebiet zu erhalten. Neben der Begrenzung von Einträgen nach Substanzgruppen und -mengen wurde festgelegt, daß eine Reihe von Informationen für die grundsätzlich zu genehmigende Verklappung bereitgestellt werden:

1. Baggergutmenge und -zusammensetzung
2. Menge der eingebrachten Einzelsubstanzen pro Woche und Monat
3. Form des Eintrags (fest, schlammig, flüssig)
4. physikalische (insbesondere Löslichkeit und Dichte), chemische, biochemische (Sauerstoffbedarf, Nährstoffgehalt) und biologische Eigenschaften (Viren, Bakterien usw.)

5. Toxizität
6. Persistenz
7. Bioakkumulation bzw. Anreicherung in Sedimenten
8. chemische und physikalische Veränderungen, einschließlich der möglichen Neubildung von Verbindungen
9. Wahrscheinlichkeit von stofflichen Veränderungen in Organismen (Krankheitserscheinungen), durch die die Vermarktung, z. B. von Fischen, beeinträchtigt werden kann.

Die Richtlinien enthalten u. a. Hinweise über die Entnahme und Analytik von Baggergutproben, über die Auswahl von Einzelstationen zur Beprobung, über die Häufigkeit der Probenentnahme, über die Anzahl der zu untersuchenden Proben. Daneben wird gefordert, daß die Eigenarten des Verklappungsgebietes und die Ablagerungsmethodik genau beschrieben werden müssen, d. h. vor allem in bezug auf die Organismenbestände, kurzzeitige Verdünnungseffekte und die typischen Verteilungs- und Vermischungsvorgänge im betreffenden Gebiet.

Neben sedimentologischen und chemischen Untersuchungen können biologische Untersuchungen durchgeführt werden. Sie sind immer dann erforderlich, wenn

- sich erhebliche Mengen der in den Anlagen I und II der Oslo-Konvention aufgeführten Stoffe im Baggergut befinden,
- Stoffe gefunden werden, deren biologische Wirkung nicht abzuschätzen sind,
- synergistische Wirkungen zu befürchten sind,
- die genaue Zusammensetzung oder die genauen Eigenschaften des Sediments nicht eindeutig feststehen.

Biologische Untersuchungen entfallen, wenn die über das Baggergut und die Einbringungsstelle vorhandenen Kenntnisse bereits eine Bewertung der Umweltverträglichkeit erlauben. Biologische Analyseverfahren sollen Auskunft geben über schädliche Auswirkungen des Baggergutes auf den Ebenen:

- der akuten Toxizität
- der chronischen Toxizität (ermittelt in Langzeittests, die einen vollen Lebenszyklus umfassen) und
- der Bioakkumulation (insbesondere in Organismen, die der menschlichen Ernährung dienen).

Ein weiteres wichtiges Element der Richtlinien über Baggeraktivitäten ist die Erstellung einer Auswirkungsprognose und eines Überwachungsprogramms für jede Einbringung ins Meer.

### 3.2.2 Umsetzung der Baggergut-Richtlinie der OSLO-Kommission in der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV)

Die Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) hat in enger Zusammenarbeit mit dem Bundesministerium für Verkehr (BMV) eine Handlungsanweisung erarbeitet, die die Umsetzung dieser Richtlinie in der Praxis der WSV erleichtern und vereinheitlichen soll. Im Jahre 1992 wurde die Handlungsanweisung "Anwendung der Baggergut-Richtlinien der OSLO- und HELSINKI-Kommissionen in der WSV" (Kurzform: HABAK; [4]) fertiggestellt und mit Erlaß des BMV vom 31.08.1992 in der WSV eingeführt.

Da in den Richtlinien der oben genannten Kommissionen in bezug auf die Bewertung der Schadstoffbelastung und deren ökologischen Effekte keinerlei Qualitätskriterien in Form von Grenz- bzw. Richtwerten enthalten sind, hat die BfG als Zwischenlösung vorläufige Richtwerte aufgestellt. Diese Werte wurden aus der aktuellen Sedimentbelastung der Nordseewatten abgeleitet und mit dem Faktor 1,5 multipliziert, um methodische und analytische Einflüsse zu berücksichtigen. Die in der HABAK enthaltenen Richtwerte für Schwermetalle wurden im Januar 1995 per Erlaß des BMV um Richtwerte für organische Schadstoffe ergänzt.

Für die Bewertung wurden zwei Konzentrationsstufen festgelegt, die eine Einteilung der Baggergutbelastung in drei Fälle ermöglicht.

**Fall 1:** Liegt die Schadstoffbelastung unter den Richtwerten oder erreicht sie diese, so gilt das Material als nicht bis wenig belastet und kann ohne Auflage im Konventionsgebiet verklappt werden.

**Fall 2:** Wird ein Richtwert bis zum 5fachen überschritten, sind vor dem Ablagern dieses Baggergutes folgende Schritte erforderlich:

- Abwägung von Seeablagerung gegenüber Landlagerung
- Forderung nach einem Reduktionsprogramm für Schadstoffemissionen an der Quelle (Nachweis der Länder)
- Erstellung einer Auswirkungsprognose
- Überwachungsprogramm im Einbringungsbereich
- Erteilen einer besonderen Genehmigung

**Fall 3:** Wird ein Richtwert um mehr als das 5fache überschritten, so handelt es sich um eine nennenswerte Schadstoffbelastung des Baggergutes, und es ist zusätzlich die Prüfung einer gesicherten Unterbringung unter vergleichender Bewertung folgender Faktoren erforderlich:

- technische Behandlung des Baggergutes
- Risiken für die menschliche Gesundheit
- Kosten für den Umweltschutz
- Gefahren (einschl. Unglücksfälle) in Verbindung mit Behandlung, Transport und Ablagerung des Baggergutes
- Wirtschaftlichkeitsüberlegungen (einschl. Energiekosten)
- Ausschluß künftiger Nutzungen der Ablagerungsflächen jeweils für die Ablagerung im Küstengewässer und für Alternativen an Land;
- Erwägung eines Ablagerungsverbots, falls sich die Unterbringung an Land als praktikabler erweist. Eine nennenswerte Belastung führt nicht zwangsläufig zu einem Ablagerungsverbot.

### 3.2.3 Bund-Länder-Arbeitskreis Baggergut-Küste (BLABAK)

Durch Mandat des Bund-Länder-Arbeitskreises Nordsee-Ostsee (BLANO) wird derzeit im Bund-Länder-Arbeitskreis Baggergut-Küste (BLABAK) unter Beteiligung der WSV und der Küstenländer sowie der Bundesanstalt für Gewässerkunde, der Bundesanstalt für Seeschifffahrt und Hydrologie und dem Umweltbundesamt die Umsetzung der internationalen Baggergutrichtlinien in "Gemeinsame Empfehlungen" vom Bund und den Küstenländern erarbeitet.

Die noch in Diskussion befindlichen Richtwerte beruhen auf der Ermittlung der im deutschen Wattenmeer sowie in küstennahen Nordseesedimenten vorhandenen Schadstoffbelastung. Ähnlich wie in der HABAK werden diese Werte mit Spreizungsfaktoren multipliziert, um zu einer Klassenbildung zu gelangen. Diese Faktoren sind nicht naturwissenschaftlich begründet. Es ergeben sich im Vergleich zur vorhandenen Schwebstoff- bzw. Sedimentbelastung der Elbe deutlich geringere Werte. Ähnlich wie in der HABAK ergeben sich durch die Richtwerte Klassen zur Einstufung der Baggergutqualität.

### 3.3 Abwassertechnische Vereinigung/Handlungsanweisung Baggergut Binnengewässer, ATV / HABAB

Durch die BfG wird in Ergänzung zur HABAK eine Handlungsanweisung für Baggergut aus Binnengewässern vorbereitet (HABAB). Hierzu liegen noch keine Einzelheiten vor; einige Punkte sind jedoch aus dem Arbeitsbericht des ATV-Fachausschusses 3.7 "Behandlung von Baggergut und Bodenschlämmen" [1] zu entnehmen. Dieses Papier enthält spezifische Aussagen zur Baggergutbewertung wie beispielsweise die Anwendung der LAGA-Liste (Mineralische Reststoff-Richtlinie [10]) und führt diverse Beispiele zur Verwendung/Verwertung und zur Entsorgung (Verwertung und Beseitigung) auf.

Bezüglich eines Maßstabes zum Umlagern von Baggergut wird das Verschlechterungsverbot erwähnt. Demnach sollen

- keine feinkörnigen Sedimente auf grobkörnigere Gewässerböden sowie
- keine belasteten Sedimente auf geringer belastete Gewässerböden aufgebracht werden.

Das Verschlechterungsverbot findet in der Praxis allerdings seine Grenzen durch den Zwang zum pragmatischen Handeln. Deshalb wird empfohlen:

Baggergut wird nur dann umgelagert, wenn

- die Belastung des Baggergutes das 2fache des Schadstoffgehaltes im Schwebstoff desselben Gewässers nicht überschreitet, oder
- die Schadstofffracht im Gewässerabschnitt durch das Umlagern um höchstens das 2fache erhöht wird.

Es wird festgestellt, daß das gezielte technische Umlagern den natürlichen Transportvorgängen im Gewässer sehr ähnlich ist und dem Gewässer dadurch jedoch keine gewässerfremden Stoffe hinzugefügt werden. Außerdem sollte das Umla-

gern an eine Mindestwasserführung, Mindestwassertemperatur und einen Mindestsauerstoffgehalt gekoppelt werden.

### 3.4 Baggergutkonzepte der Länder

In den letzten Jahren haben einige Bundesländer im Einzugsbereich der Elbe Baggergutrichtlinien entwickelt, die mit Ausnahme von Schleswig-Holstein noch einen vorläufigen Charakter aufweisen. Ihre wesentlichen Inhalte werden nachfolgend skizziert. Im übrigen sei an dieser Stelle der Vollständigkeit halber auf die von der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) veranlaßte "Studie über die Umlagerung von Sedimenten in Wasserstraßen" verwiesen. [7]

#### 3.4.1 Sachsen-Anhalt

Aus Sachsen-Anhalt liegt der Entwurf einer "Richtlinie für die Entsorgung von Baggergut" mit Stand März 1995 vor. Bei dem Entwurf handelt es sich um den ersten Vorschlag in Deutschland, der die Verwendung und Entsorgung von Baggergut ausdrücklich regeln soll.

Baggergut wird in diesem Entwurf als Bodenaushub angesehen, um das Material gemäß LAGA einzuordnen; damit gelten die Regelungen des Abfallgesetzes (AbfG). Zur Vereinheitlichung im Vollzug werden Zuordnungswerte für eine umweltverträgliche Entsorgung festgelegt. Diese orientieren sich bezüglich der Beschreibung und den Verwertungsregelungen an der Systematik der LAGA-Richtlinie "Anforderungen an die Verwertung mineralischer Reststoffe". Die Werte liegen zum Teil über denen der LAGA-Richtlinie. Weiterhin werden Anforderungen an Spülfelder ("Areale in der Nähe der Entnahmestellen des Baggergutes mit der Möglichkeit einer oberirdischen Entwässerung") beschrieben. Über das Umlagern von Baggergut werden keine Ausführungen gemacht.

#### 3.4.2 Mecklenburg-Vorpommern

Aus Mecklenburg-Vorpommern liegt eine "Vorläufige Konzeption zur Verbringung von Baggergut" vom Mai 1994 vor. Sie enthält überwiegend formaljuristische Aussagen zur Behandlung/Verbringung/Verwertung/Ablagerung von Baggergut. Sie setzt sich mit den Grundsätzen der Verbringung von Baggergut, der Abgrenzung Wirtschaftsgut/Abfall, der Behandlung, Verwertung und Ablagerung sowie mit den Genehmigungen auseinander. Danach ist unbelastetes Baggergut grundsätzlich kein Abfall im Sinne des objektiven Abfallbegriffes des § 1 Abs.1 AbfG. Der Entwurf enthält bislang noch keine Beurteilungslisten. Bei der Verbringung von Baggergut ist die Möglichkeit der "Verbringung an Land und die Verklappung" zu prüfen.

#### 3.4.3 Schleswig-Holstein

Aus Schleswig-Holstein liegt ein umfangreiches "Baggergutkonzept der Landesregierung" vom Januar 1996 (Einführungserlaß 18.01.96) vor. Es enthält neben der Nennung der einschlägigen Rechtsvorschriften eine Übersicht über "Menge und Beschaffenheit des anfallenden Baggergutes". Weiterhin werden Aussagen

zur Verwertung und Ablagerung getroffen. Die Landesregierung ist bemüht, eine ganzheitliche Technologie zur Behandlung von kontaminiertem Baggergut in Schleswig-Holstein anzusiedeln. Übergangsweise stellt die Landablagerung die sicherste Methode zur Verhinderung des Schadstoffübergangs in den Naturkreislauf dar.

Für die Verwertung und Ablagerung werden planerische Leitlinien entwickelt. Bezüglich der Umlagerung von Baggergut werden "Richtwerte für die Beurteilung von Baggergut" für Metalle, KW, CKW und PAK, für die Ostsee zusätzlich Nährstoffwerte genannt, deren Einhaltung grundsätzliche Voraussetzung für eine Umlagerung ist. Die Werte für Metalle bewegen sich in der Größenordnung der ARGE-ELBE-Klassen II bzw. II-III. Bei Überschreitungen soll eine Auswirkungsprognose erstellt werden. Gegebenenfalls sollen Nebenbestimmungen die potentielle Schadwirkung begrenzen.

### 3.5 Vergleich der Bewertungsansätze

Das Bewertungsschema der ARGE ELBE enthält in gewissem Rahmen ökotoxikologische Grundlagen ("Schutz der aquatischen Lebensgemeinschaft"), ohne jedoch konkrete Aussagen zur Behandlung von Baggergut zu machen. Es ermöglicht ähnlich der Gewässergütekartierung eine Einteilung der Sedimentqualität in Klassen.

HABAK (bzw. BLABAK) zielen auf den Schutz der Nordsee ab und orientieren sich an der vorhandenen Belastung der Sedimente des Wattenmeeres. Wird die Belastung (HABAK) um das 5fache überschritten, gelten hohe Anforderungen an Auswirkungsprognose, Abwägungsprozesse und Überwachungsprogramme. Die HABAK beinhaltet keine Grenzwerte für das Umlagern von Baggergut. Es sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, daß die vorhandene Sedimentbelastung im Elbegebiet einzelne Richtwerte zum Teil um ein Vielfaches überschreitet.

Der "Faktor-2-Ansatz" des ATV-Papiers berücksichtigt die Vorbelastung durch Oberlieger und will damit pragmatisch die Unterlieger vor den Folgen unterlassenen Handelns oberstrom (ökonomisch) schützen. Dies ist so gesehen ein begründbarer Ansatz unter der Voraussetzung, daß oberstrom im Gemeinwohlinteresse Anstrengungen zur Sanierung unternommen werden. Es ist zu prüfen, inwieweit der Ansatz an der Elbe mit vergleichsweise hohen Sedimentbelastungen Anwendung finden kann.

Die Ansätze verdeutlichen, daß die Beurteilung von Sediment bzw. Baggergut im Gesamtzusammenhang des Flußsystems gesehen werden muß. Der Nordseeschutz muß bereits im gesamten Einzugsgebiet der Elbe beginnen.

## 4 Behandlungsverfahren

Grundsätzlich ist Baggergut nach seiner Herkunft zu unterscheiden, d. h. ob es aus Unterhaltungs-, Ausbau- oder gegebenenfalls aus Sanierungsmaßnahmen anfällt. Daraus ergibt sich eine Aussage darüber, welche regelmäßigen Behandlungskapazitäten erforderlich sind. Bezüglich der Schadstoffbelastung ist bei Unterhaltungsmaßnahmen von einer der Gewässerbelastung entsprechenden Situa-



tion auszugehen, bei Ausbaumaßnahmen können höher belastete Mengen ebenso wie unbelastete Mengen anfallen. Bei Sanierungsmaßnahmen ist per Definition die Schadstoffbelastung hoch.

Beim Umgang mit Baggergut sollten vor der Betrachtung der Beseitigung die Möglichkeiten der Verwendung und der Verwertung untersucht werden. Häufig wird eine vorherige Behandlung erforderlich werden.

Grundlage für die Auswahl einer geeigneten Verwendung oder Entsorgung ist eine umfassende Kenntnis der physikalischen und chemischen Beschaffenheit des Baggergutes (z. B. Korngrößenverteilung, organischer Anteil, Schadstoffverteilung und -belastung). Dafür muß das potentielle Baggergut über die Fläche und die Tiefe des Baggerbereiches repräsentativ beprobt werden. Die Analytik sollte im Feststoff bei den Schwermetallen grundsätzlich in der Kornfraktion  $< 20 \mu\text{m}$  erfolgen, um Konzentrationswerte von Baggergutproben unterschiedlicher Kornverteilung vergleichen zu können. Für Frachtenbetrachtungen sowie für die organischen Schadstoffe wird die Gesamtfraktion analysiert.

Erst nach Ermittlung aussagekräftiger und genauer Eingangsdaten aus der Voruntersuchung kann entschieden werden, ob eine sinnvolle Verwendung bzw. Entsorgung möglich ist und wie der nicht verwertbare Reststoff beseitigt werden kann.

Die nachfolgenden Begriffserläuterungen sind teilweise den Arbeiten der BfG entnommen, sie werden hier modifiziert wiedergegeben. [1, 2, 8]

#### 4.1 Verwendung

Unter Verwendung wird die unmittelbare Nutzung des Baggergutes an Land oder im Gewässer verstanden. Hierbei ergeben sich einige interessante Fallbeispiele, Baggergut an Land (z. B. auf hydrogeologisch geeigneten Flächen und ohne Basisdichtung) oder im Gewässer (z. B. in Kiesgruben) unterzubringen.

Unbelastetes Material kann uneingeschränkt, z. B. bei wasser- und erdbaulichen Maßnahmen, verwendet werden. Eine direkte landwirtschaftliche Nutzung, bei der feinkörniges Baggergut als Bodenverbesserungsmittel im Oberbodenbereich wie Klärschlamm verwendet wird, bietet schon aufgrund der in der AbfklärV dargelegten Mengenbeschränkung von 5 Tonnen pro Hektar in 3 Jahren wenig Aussicht, größere Mengen unterzubringen.

Die Verwendung von belastetem Baggergut ohne einen weiteren Behandlungsschritt ist stark eingeschränkt. Eine direkte Verwendung ist nur unter dem nutzungsspezifischen Aspekt zu vertreten, der Gefährdungspfade für Mensch, Tier und Pflanze ausschließt. Einer direkten Nutzung von belastetem Baggergut als Oberboden sind auch Grenzen gesetzt, wie sie in verschiedenen Bodengrenz- oder -richtwerten der Länder aufgezeichnet sind.

#### 4.2 Verwertung

Im Auftrag der Hamburger Umweltbehörde wurde durch LAHMEYER INTERNATIONAL 1995 [9] eine umfangreiche, international angelegte Recherche zu

Verwertungsverfahren für (belastetes) Baggergut durchgeführt, die die Machbarkeit der Verfahren beurteilt und einen Bewertungsmaßstab entwickelt.

### Gliederung der Verfahrenskategorien zur Verwertung von Baggergut

Schadstoff-Abtrennung	Schadstoff-Zerstörung	Schadstoff-Einbindung (Immobilisierung, Verfestigung)
Korngrößenklassierung (Siebe, Hydrozyklon)	Biologischer Abbau (nur organische Schadstoffe)	Thermische Einbindung (Einbau in eine Matrix durch hohe Temperaturen)
Sortierung (Flotation, über die Oberflächeneigenschaften und Dichte)	Chemische Oxidation (naßchemische Umsetzung unter erhöhtem Druck, Temperatur)	Chemische Einbindung (Einbindung in eine Matrix durch Zugabe von chemischen Stoffen)
Chemische Extraktion (unterschiedliche Löslichkeit)	Thermische Oxidation (Verbrennung von organischen Schadstoffen)	
Thermische Desorption (unterschiedliche Flüchtigkeit)		

Für die Verwertung ist i. d. R. eine Vorbehandlung des Baggergutes erforderlich, wie sie, z. B. in der Hamburger METHA-Anlage (mechanische Trennung von Hafenschlick), durch Korngrößenklassierung und Entwässerung erfolgt. Dabei sind die Grenzen zwischen Vorbehandlungs- und Verwertungsverfahren fließend. Für die Verfahrenskategorien zur Verwertung ergibt sich folgende Übersicht:

Es können drei Verwertungsebenen (produktbezogene Kategorisierung) zugeordnet werden:

- Gewinnung von schadstoffarmem Sedimentmaterial (schadstoffarmer Sand, schadstoffarme Feinfraktion)
- Herstellung von schadstoffverringertem Sedimentmaterial (behandelte Feinfraktion)
- Herstellung von Sedimentveredelungsprodukten (Ziegel-, Sinter-, Glasprodukte und mineralisches Dichtmaterial).

Der schadstoffkonzentrierte Reststoff aus dem Schadstoffanreicherungsverfahren muß entsprechend beseitigt werden.

Konkret und exemplarisch erfolgt in der Studie eine Verfahrensbewertung für Baggergut aus dem Hamburger Hafen (große Mengen, relativ geringe, aber "Breitband-Belastung"). Es wird, auch unter Anlegung ökonomischer Kriterien (Absatz von Verwertungsprodukten), empfohlen, die Trennung des Baggergutes in der METHA weiter zu optimieren (Verringerung der Trennkorngröße). Gegebenenfalls sollten anschließend Flotationsversuche durchgeführt werden. Möglicherweise kann die Herstellung von Sinterprodukten sinnvoll sein. Der in der Studie dargestellte Bewertungsvorgang ist auch auf andere Fälle übertragbar.

#### 4.2.1 Verwertung an Land

Die Lagerung von Baggergut an Land ohne Aufbereitung ist ein spezieller Anwendungsbereich, wie er im Kreislaufwirtschaftsgesetz implizit enthalten ist. Die Nutzung ist beispielsweise in der Verfüllung von Löchern oder ausgekierten Gruben zu sehen. Unter Landlagerung wird daher im folgenden die Unterbringung von Baggergut ohne Vorbehandlung verstanden. Die Landlagerung erfolgt in der Regel

- auf Spülfeldern,
- im Landschaftsbau,
- auf ungesicherten, hydrogeologisch geeigneten Ablagerungsflächen (z. B. Klassen Z 1.1 und Z 1.2 gem. LAGA [10]) und
- als eingeschränkter Einbau mit definierten technischen Sicherungsmaßnahmen (z. B. Klasse Z 2 gem. LAGA [10]).

In bestimmten Fällen ist es vertretbar, belastetes Baggergut unter Beachtung definierter Randbedingungen einzubauen, wenn der Transport von Inhaltsstoffen in den Untergrund und das Grundwasser verhindert wird. Maßgebend für die Festlegung ist das Schutzgut Grundwasser. [10]

Bei geeigneten geologisch-hydrogeologischen Voraussetzungen kann die Basis der Ablagerungsfläche bereits so dicht ausgebildet sein, daß die Kriterien einer Basisdichtung wie bei einer gesicherten Deponie erfüllt sind. Durch geeignete Maßnahmen kann die natürliche Durchlässigkeit soweit herabgesetzt werden, daß die oft sehr kostenintensive Beschaffung von natürlichem bzw. künstlichem Dichtungsmaterial entfallen kann.

Als Verwertung ist z. B. auch der Versatz von Salzkavernen (nach Bergrecht) im Raum Stade mit Schlick aus dem Hamburger Hafen anzusehen. Das Verfahren wird derzeit naturwissenschaftlich-technisch untersucht. Das Baggergut wird in der Hamburger METHA in Sand und Schlick entmischt, der Schlick soll dann unter Zugabe von Sole über rund 40 km zur Kaverne verpumpt und dort in große, unterirdische Salzkavernen verfüllt werden, die damit bergtechnisch gesichert werden. Eine Entscheidung über die Umsetzung ist alsbald zu erwarten.

#### 4.2.2 Verwertung im Gewässer

Durch die BfG wird seit längerem die subaquatische Ablagerung von Baggergut, beispielsweise in Kiesgruben, propagiert. Die WSV hat die Art der Verwertung bereits auch an mehreren Stellen umgesetzt. Insbesondere werden die Eigenschaften des Baggergutes/Schlick berücksichtigt. [5]

Auch die Freie und Hansestadt Hamburg hat in den 80er Jahren Überlegungen für eine subaquatische Ablagerung von Baggergut im Küstenvorfeld angestellt und vertieft untersucht. Diese Möglichkeit scheint grundsätzlich machbar und vertretbar zu sein, wurde jedoch nicht weiter verfolgt. [6]

### 4.3 Beseitigung

Baggergut oder Baggergutfraktionen, die keiner Verwertung zugeführt werden können, müssen abgelagert werden. Gegebenenfalls ist eine Vorbehandlung (s. auch Kap. 5.2) erforderlich. Die Deponierung setzt geeignete Flächen oder Anlagen voraus und gestaltet sich schwierig und kostenaufwendig; die entsprechenden technischen Regeln sind zu berücksichtigen. [14, 15]

Bei hohem Wasser- und Schadstoffgehalt im Baggergut kann eine Verfestigung/Konditionierung erforderlich werden, um die Auslaugung zu reduzieren und die Standfestigkeit zu gewährleisten. Dazu können z. B. Zement, Kalk, REA-Gips, Flugasche und ähnliche Stoffe eingesetzt werden.

Die Beseitigung kann auch auf alten Spülfeldern erfolgen, die damit gegebenenfalls zusätzlich gesichert werden. Diesen Weg hat die Freie und Hansestadt Hamburg beschritten: Die Versickerung aus Altspülfeldern wurde durch eine Abdeckung mit aufbereitetem Schlick drastisch verringert; dadurch wurde auch die Basis für eine weitere Aufhöhung in Form von neu konstruierten Hügeln geschaffen.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß im Elbeeinzugsgebiet für die Ablagerung von Schlick an Land umfassende Kenntnisse vorliegen.

### 4.4 Umlagerung

Der Begriff "Umlagerung" findet für Methoden der Gewässerunterhaltung Anwendung, bei denen Baggergut innerhalb eines Gewässerabschnittes aufgenommen und an anderer Stelle im Gewässer wieder eingebracht oder bei denen das Sediment gezielt aufgewirbelt wird. Dadurch verbleibt es im Feststoffhaushalt des Flusses und wird in der Regel stromab verfrachtet. Umlagerungsverfahren sind die Aufnahme von Baggergut zum Transport in Schuten und dessen anschließende Einbringung ("Verklappung") an anderer Stelle ins Gewässer sowie Wasserinjektionsbaggerungen ("Schlickeggen").

Aus zahlreichen begleitenden Untersuchungen von Baggergutumlagerungen ist bekannt, daß es neben der Freisetzung von Nährstoffen auch zur Remobilisierung von Schadstoffen kommen kann.

Umlagerung unbelasteter Sedimente kann eine Verlagerung des grundsätzlich erforderlichen Gewässerunterhaltungsaufwandes zu Lasten der weiter stromab gelegenen Gewässerabschnitte und deren Anlieger darstellen; diese Verlagerung ist konsequenterweise bis in die Nordsee fortgesetzt zu denken.

Aus der Sicht des Gewässerschutzes können grundsätzlich Umlagerungsverfahren von Sedimenten gegenüber einer landseitigen oder subaquatischen Ablagerung schadstoffhaltiger Gewässersedimente als belastend angesehen werden. Jedoch kann auch die Entnahme der Sedimente aus dem Gewässer für das Gesamtsystem nachteilig sein (z. B. Funktion im Feststoffhaushalt des Gewässers oder für das Wattenmeer). Ihr Einsatz ist deshalb sorgfältig zu planen und durchzuführen.

## 5 Fallbeispiele

Im Rahmen der ad-hoc-Arbeitsgruppe wurden zwei Fallbeispiele für den Bereich der Saale sowie des Hamburger Hafens erstellt, die als Anhang beigefügt sind.

### 5.1 Saale (Anhang I, BfG-0947, 1995)

Die Saale ist einer der Hauptzuflüsse der Elbe und eines der in der Vergangenheit am stärksten anthropogen belasteten Gewässer in ihrem Einzugsgebiet. Für eine Reihe von prioritären Schadstoffen wie Quecksilber (Hg), die Summe organischer Halogenverbindungen (AOX) und polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAKs) stellt die Saale einen Haupteintragsweg dar. Im betreffenden Einzugsgebiet befinden bzw. befanden sich wesentliche industrielle Einleiter.

Die Fallstudie bezieht sich auf den Bereich zwischen Halle-Trotha und der Einmündung in die Elbe. Auf der untersuchten Strecke befinden sich 5 Staustufen. In diesen Bereichen lagern sich feinkörnige Sedimente bevorzugt ab. In den Vorhäfen befinden sich ca. 190.000 m<sup>3</sup> Schlamm, in anderen Bereichen weitere rund 40-60.000 m<sup>3</sup>. Bei einem Ausbau der Saale würden im Untersuchungsbereich einmalig ca. 140.000 m<sup>3</sup> anfallen; hinzu würden jährlich ca. 10-12.000 m<sup>3</sup> aus der Unterhaltung kommen. Über das u. a. in Altarmen etc. liegende Schlammpotential, das bei einer Sanierung z. T. bewegt werden müsste, liegen bisher keine Schätzungen vor.

In der Fallstudie werden detaillierte Angaben über die Schadstoffbelastung sowohl des grobkörnigen, sandig-kiesigen als auch des feinkörnigen Materials, das in erster Linie "Schluffmudde" darstellt, gemacht.

Während das sandig-kiesige Material erwartungsgemäß kaum schadstoffbelastet ist, gelten für das feinkörnige Sediment und potentielle Baggergut in Abhängigkeit vom betrachteten Saaleabschnitt folgende Aussagen:

#### Regulierte, freifließende Strecke zwischen Elbemündung und Schleuse Calbe

Aufgrund ökotoxikologischer Befunde ist mit einer akuten toxischen Gefährdung der Umwelt beim Verbringen nicht zu rechnen.

Nach dem Bewertungsschema der ARGE ELBE muß insbesondere aufgrund der hohen Quecksilber- und AOX-Gehalte eine Einstufung in Klasse IV erfolgen. Nach LAGA erfolgt die Bewertung "schlechter als Klasse 2".

Folgerung: Nach dem Besorgnisgrundsatz gesicherte Deponierung oder Aufbereitung/Sanierung.

#### Staugeregelte Flußabschnitte zwischen Schleuse Calbe und Hafen Halle-Trotha

Aufgrund ökotoxikologischer Befunde wird ein toxisches Gefährdungspotential für die Umwelt beim Verbringen vermutet.

Durchgängig hohe Quecksilber-, AOX- und PAK-Gehalte führen zu Einstufungen in Klasse IV nach ARGE ELBE und "schlechter als Klasse 2" nach LAGA.

Folgerung: Nach dem Besorgnisgrundsatz gesicherte Deponierung oder Aufbereitung/Sanierung.

### Schleusenkanäle und -vorhäfen zwischen Calbe und Hafen Halle-Trotha

Aufgrund ökotoxikologischer Befunde ist ein toxisches Gefährdungspotential für die Umwelt beim Verbringen zu erwarten.

Durchgängig hohe Quecksilber-, AOX- und PAK-Gehalte führen zu Einstufungen in Klasse IV nach ARGE ELBE und "schlechter als Klasse 2" nach LAGA.

Folgerung: Nach dem Besorgnisgrundsatz gesicherte Deponierung oder Aufbereitung/Sanierung.

Untersuchungen vor und nach dem Frühjahrshochwasser 1994 haben folgende Ergebnisse erbracht:

- Der Sedimentstatus kann mit den Ergebnissen von 1993 beschrieben werden.
- Das Schadstoffpotential ist insbesondere bei den saaletypischen Schadstoffen so hoch und mobil, daß sich nach einem partiellen Ausräumen der Ruhezone bei Hochwasser dort schnell wieder belastetes Material sammelt.
- Das in den Schleusenbereichen lagernde, alte und stark verfestigte, hoch belastete Material wird auch bei extremen Hochwasserereignissen nicht signifikant resuspendiert, sondern bildet eine Unterlage, auf der sich das frischere und beweglichere Material ablagert.

Aus der Schleuse Calbe wurden ca. 10-12.000 m<sup>3</sup> auf einer Deponie für mineralische Reststoffe zur Zwischenabdeckung und Verfüllung eingesetzt. Andere Verbringungsmöglichkeiten, wie beispielsweise der Bergbauversatz, werden geprüft.

## **5.2 Hamburg (Anhang II)**

Im Hamburger Hafen fallen aus Unterhaltungsbaggerungen jährlich über 2 Mio. m<sup>3</sup> Baggergut an. Diese Menge betrug infolge niedriger Wasserführung der Elbe im Zeitraum 1991-1993 annähernd 3 Mio. m<sup>3</sup> und lag vor 1991 bei rund 1,8 Mio. m<sup>3</sup>. Im Hamburger Bereich sedimentieren sowohl von oberstrom kommende Schwebstoffe als auch remobilisierte Sedimente aus der Unterelbe; die Vermischung erfolgt u. a. oberwassermengenabhängig. Damit kommt es auch zu einer Abnahme der Schwebstoffbelastung im Hamburger Bereich, z. B. in 1994 von Bunthaus (km 609,8) nach Seemannshöft (km 628,9) bei Schwermetallen um ca. 20-30 % und bei organischen Schadstoffen um 60-80 %. Die Schadstoffbelastung ist zum überwiegenden Teil durch Einträge von oberstrom verursacht.

Die Belastung der Sedimente aus den Hauptbaggergebieten ist im Zeitraum 1991-1994 tendenziell gefallen, was sich bei den Schwermetallen z. B. in deutlich weniger Meßgrößen > Klasse III nach ARGE-ELBE-Schema in 1994 gegenüber 1991 und 1992 zeigt. Die Einstufung der Gesamtheit aller Kernproben aus 1994/1995 der geringer belasteten nordwestlichen Gruppe in das ARGE-Sedimentbewertungsschema ergibt für den Maximalwert überwiegend Klasse III, für den Median

Klasse II-III. Eine Ausnahme bildet Zink mit einem Median in Klasse III-IV, bei Cadmium und Tetraäthylzinn ist der Median in Klasse III einzustufen.

Die aktuelle Sedimentbelastung ist auch abhängig von der Oberwasserführung. Pauschal läßt sich sagen, daß bei hohem Oberwasser (noch) erhöhte Schadstofffrachten (und -konzentrationen) von oberstrom kommen, daß damit weniger Sedimente aus der Unterelbe nach Hamburg gelangen und die sich ablagernden Sedimentmengen im Hafen geringer sind.

Hamburg hat in den 80er Jahren ein Baggergutkonzept entwickelt und umgesetzt, das aus verfahrenstechnischer Aufbereitung und anschließender Ablagerung des schadstoffbelasteten Schlicks in Hügeln besteht. Derzeit werden weitere mögliche Verwertungspfade untersucht, z. B. Einlagerung in Salzkavernen zum Bergversatz oder Verwertung von Teilfraktionen. Die Kosten für die Baggergutbehandlung betragen z. Zt. ca. 60-70 Mio. DM p. a.

### 5.3 Folgerungen

Im Elbeeinzugsgebiet weisen nach wie vor bestimmte Sedimente bzw. Gewässerbereiche eine z. T. hochgradige Belastung auf. Am Beispiel der Saale wird deutlich, daß in den Elbenebenflüssen ein erhebliches Schadstoffpotential lagert, das mengenmäßig gegenüber dem in Hamburg anfallenden Baggergut in geringerem Ausmaß anfällt. Je nach Mobilisierungsgrad bzw. Resuspendierungsgrad können diese Mengen bei erhöhter Wasserführung stromab verfrachtet werden.

Im Fall der Saale handelt es sich um vergleichsweise geringe Mengen mit einer sehr hohen Belastung, im Fall Hamburgs um sehr große Mengen mit einer deutlich niedrigeren, gegenüber den Nordseesedimenten aber immer noch hohen Belastung. Alles nicht entnommene Material gelangt letzten Endes in die Nordsee.

Zur Schadstoffbelastung der Sedimente der Elbe tragen insbesondere die Einleitungen bei. Dies sind beispielsweise industrielle Quellen, vorwiegend in der Tschechischen Republik, Altlasten (belastete Grubenwässer des Altbergbaues im sächsischen Raum) sowie Einflüsse aus Rekonstruktionsarbeiten.

Die Notwendigkeit einer überregionalen Bewertung von Sediment/Baggergut wird deutlich, um zu Konzepten zu gelangen, wie mit kleinen Mengen mit hoher Belastung oder mit großen Mengen mit einer geringeren Belastung umzugehen ist.

## 6 Handlungsempfehlung

Als Sediment bezeichnet man ein natürlicherweise im Gewässer befindliches Material, dessen Entnahme den Feststoffhaushalt und das Ökosystem beeinträchtigen kann. Allerdings wird dieses Sediment durch anthropogen eingeleitete Schadstoffe zu einem Problem, über dessen Lösung im Einzelfall zu entscheiden ist.

Da an der Elbe viele Institutionen mit der Lösung dieser Aufgabe betraut sind, sollten einvernehmliche Grundregeln zum Umgang als Entscheidungshilfe aufgezeigt werden und zu deren Entwicklung nachfolgend Empfehlungen benannt werden.

## 6.1 Grundsätze

Es sollte von folgenden Grundsätzen ausgegangen werden:

- **Baggergut ist möglichst im Gewässersystem zu belassen.**
- **Die Bewertung von Baggergut muß nach einheitlichen Grundsätzen erfolgen. Deshalb müssen Ziele, wie z. B. der Nordseeschutz, bereits durch Maßnahmen zum Gewässerschutz in den zulaufenden Flüssen berücksichtigt werden. Dies bedeutet, daß die Anforderungen im marinen Bereich mit denen im limnischen Bereich abgeglichen werden müssen.**
- **An erster Stelle muß immer die Sanierung der direkten Ursachen der Schadstoffbelastung stehen (Beseitigung der Schadstoffquelle).**
- **Für die Behandlung von Baggergut soll überall der gleiche technische Standard gelten (Gleichbehandlungsgrundsatz). Der finanzielle Aufwand für die Baggergutbehandlung ist erheblich. Deshalb muß nach Lösungen gesucht werden, die ökonomische und ökologische Aspekte berücksichtigen und den unterschiedlichen Möglichkeiten der jeweiligen Elbeanliegerländer gerecht werden.**

## 6.2 Bewertung der Sediment-/Baggergutqualität

Von zentraler Bedeutung ist die Frage "Unter welchen Bedingungen muß und wann sollte das Baggergut bzw. Sediment aus dem Gewässer entnommen werden?" Dies wird im Rahmen vorhandener und angewandter Bewertungsgrundlagen auch eine Einzelfallentscheidung sein, mit der die örtlichen Bedingungen berücksichtigt werden.

Für die Elbe müssen infolge der noch hohen aber abnehmenden Schadstoffbelastung Übergangsregelungen gesucht werden. Das vorhandene Belastungsniveau der Sedimente auf der einen und die Möglichkeiten der Behandlung auf der anderen Seite erlauben derzeit nicht in jedem Fall die ökologisch wünschenswerten Maßnahmen. Vordringlich sollten zur Vermeidung der weiträumigen Verteilung "Hot Spots" mit höher belastetem Sediment entnommen werden, sofern sie nicht einen starken Verfestigungsgrad erreicht haben und eine Mobilisierung weitestgehend ausgeschlossen erscheint.

Die Richtwerte der HABAK (Gültigkeit unterhalb des Freiburger Hafenprieles) werden zur Zeit noch bei einigen Meßgrößen (organische Schadstoffe) durch die Belastung selbst der Schwebstoffe überschritten; ihre aus Sicht des Nordseeschutzes im Prinzip wünschenswerte Anwendung im Binnenbereich erscheint damit derzeit unrealistisch. Auch die Belastung der von der ARGE ELBE gemessenen Elbeschwebstoffe erreicht derzeit noch Werte in der Klasse III und schlechter mit abnehmender Tendenz unterhalb von Hamburg.

**Die Klasse II des ARGE-ELBE-Schemas wird als Zielvorstellung angesehen.**



Als Übergangsregelung soll als Richtwert für Umlagerung die Klasse III des ARGE ELBE-Schemas mit Ausnahme der Werte für Hg, HCB und DDT Anwendung finden. Für die Meßgrößen Hg, HCB und DDT soll als Richtwert die Klasse II - III (Median-Wert) Anwendung finden. Bei Überschreitung der Klasse II - III durch eine der Meßgrößen Hg, HCB oder DDT sowie bei Überschreitung einer Meßgröße der Klasse III ist eine Auswirkungsprognose zu erstellen. Baggergut mit einer Belastung der Klasse IV soll auf keinen Fall umgelagert werden.

Die vorstehende Regelung soll erstmals nach 5 Jahren - insbesondere vor dem Hintergrund der bis zum Jahre 2010 umzusetzenden emissionsverminderten Maßnahmen des Aktionsprogrammes der IKSE - überprüft werden.

Grundsätzlich müssen die chemisch-numerischen Bewertungsansätze durch ökotoxikologische Testverfahren und biologische Methoden ergänzt werden, allerdings stehen noch keine geeigneten und allgemein anerkannten Verfahren zur Verfügung. Diese Methoden sollten verstärkt eingesetzt werden, um Erfahrungen zu sammeln und gegebenenfalls Entscheidungen damit abzusichern. Sie sollten Bestandteil der geforderten Auswirkungsprognose sein.

### 6.3 Umlagerung von Baggergut

Bei der Entscheidung zur Umlagerung von Baggergut sind folgende Grundsätze zu beachten:

1. **Umlagerungen von schlackigen Sedimenten mittels Injektionsbaggerungen sollen möglichst nur bei einer Wassertemperatur von kleiner oder gleich 10 °C erfolgen.**

Die 10 °C-Grenze wurde gewählt, da bei Erreichen dieser Wassertemperatur im Gewässer z. B. die bakterielle Nitrifikation, die mit einem erheblichen Sauerstoffverbrauch verbunden ist, verstärkt einsetzt. Gleichzeitig wirken sich auch auftretende intensive mikrobielle Umsetzungs- und Abbauprozesse, insbesondere der leichtabbaubaren organischen Substanzen, verstärkt auf den Sauerstoffhaushalt des ohnehin während des Sommers besonders beanspruchten Gewässers aus.

2. **Die Auswirkungen des Baggerns bzw. Umlagerns sollen minimiert werden.**

Baggern und Umlagern von Sedimenten stellen eine Störung der gewässerökologischen Verhältnisse dar. Deshalb sollen die gewählten Verfahren unter den jeweiligen lokalen Bedingungen neben den ökonomischen auch den ökologischen Kriterien Rechnung tragen.

Zur Vermeidung erneuter Sedimentation an gleicher Stelle, zur Verminderung der Effekte beim Einbringen auf das Gewässersystem insgesamt und zur Minimierung des Baggeraufwandes sollte das Einbringen des Materials unter Berücksichtigung morphologischer, hydrologischer und hydrobiologischer Aspekte optimiert werden.

Die Aufnahme von Sedimenten durch Baggerung und die "kontrollierte" Einbringung an einer ausgewählten Klappstelle sollte den Umlagerungsver-

fahren (Eggen ohne jegliche Kontrolle über den weiteren Verbleib des umgelagerten Sedimentes) vorgezogen werden.

Kommt aus technischen Gründen nur das Schlickeggen in Frage, sollte beim Umlagern die entstehende Trübungswolke mit entsprechenden Zehrungsprozessen möglichst gering gehalten werden.

### **3. Einbringen (Umlagern) von Baggergut in die Trübungszone der Tideelbe**

In der tidebeeinflussten Elbe sollte Baggergut nach Möglichkeit im Bereich der Trübungszone eingebracht werden. Hier sind natürlicherweise hohe Feststoffkonzentrationen vorhanden; dadurch haben die eingebrachten Feststoffmassen eine relativ geringe zusätzliche Auswirkung aufs Gewässer (z. B. Lichtklima). Aus diesem Bereich ist die Wahrscheinlichkeit der Rückverdriftung des Feststoffmaterials nach oberstrom geringer als aus dem Bereich oberhalb der Trübungszone.

Es sollte untersucht werden, ob die zeitenabhängige Umlagerung, d. h. bei ablaufendem Wasser, zur Minimierung der Auswirkungen beitragen kann.

### **4. Die gewässergütwirtschaftlichen Auswirkungen der Umlagerung von schlickigem Sediment sind nach dem ARGE-ELBE-Schema zu bewerten (siehe 6.2).**

#### **6.4 Verwertung von Baggergut**

Die Entwicklung geht dahin, Baggergut eher als Rohstoff denn als Abfall anzusehen. Nicht umzulagerndes Baggergut soll nach Möglichkeit verwertet werden (Vorrang der Verwertung). Denkbar ist die direkte Verwertung des Baggergutes z. B. bei der subaquatischen Ablagerung. Dies könnte beispielsweise in gewässernahen, vorhandenen Kiesgruben erfolgen. Bei der subaquatischen Ablagerung werden die Eigenschaften des Baggergutes, wie Herkunft aus dem aquatischen Milieu oder hohe Undurchlässigkeit von schlickigem Material, in besonderer Weise genutzt. Sie ermöglicht eine gleichzeitig ökologisch sinnvolle und ökonomisch günstige Ablagerung schadstoffbelasteter Baggergutmassen.

Für die Verwertung dürfte in aller Regel eine vorherige Aufbereitung erforderlich sein, z. B. um das Material in Sand und Schlick zu trennen und den Schlick zu entwässern (entsprechend dem in Hamburg praktizierten METHA-Verfahren). Für angebotene Verfahren zur Verwertung steht eine umfassende Übersicht zur Verfügung. [9]

Die Trennung in Sand und Schlick führt zu einer Reduzierung der zu behandelnden Mengen, da in der Regel die Sandfraktion direkt zu verwerten sein dürfte. Wieweit eine zusätzliche Trennung erforderlich ist und welche der erhaltenen Fraktionen dann in welcher Form zu verwerten sind, ist im Einzelfall zu entscheiden. Eine maßgebliche Rolle werden bei der Entscheidung die LAGA-Werte für die Verwertung mineralischer Reststoffe [10] spielen, sowie auch die Zuordnungswerte der Technischen Anleitungen zur Verwertung, Behandlung und Entsorgung von Siedlungs- bzw. Sonderabfällen. [14, 15]

Eine Verwertung von (aufbereitetem) Schlick ist in der Steine-Erden-Industrie oder auch als Erdbaustoff (z. B. grundsätzliche Eignung als Dichtungsmaterial) denkbar.

Für die Behandlung von schadstoffbelastetem Baggergut sollte im Einzelfall überlegt werden, ob in relativer Nähe zum Ort des Anfalls eine Entmischung bzw. Entwässerung des Materials erfolgen kann, möglicherweise auch durch transportable Anlagen. Dadurch lassen sich eventuell zu transportierende und dann weiter zu behandelnde Mengen deutlich reduzieren.

### **6.5 Aufbereitung und Ablagerung**

Vor einer Ablagerung von belastetem Baggergut wird in der Regel eine Aufbereitung, d. h. Entmischung und/oder Entwässerung erforderlich sein. Dies kann verfahrenstechnisch oder auch als Erdbaumaßnahme erfolgen (Klassiergerinne bzw. Entwässerungsfelder). Bei der Ablagerung können aus ökologischen Gründen technische Anforderungen ähnlich den Anforderungen an Untergrundabdichtung oder Abwasserreinigung erforderlich werden. Dies ist im Einzelfall in Anlehnung an TASI bzw. TASO zu untersuchen.

Infolge der unterschiedlichen rechtlichen Einordnung von Baggergut ist eine breite Palette von Behandlungsmöglichkeiten denkbar. Angesichts der besonderen Eigenschaften von Schlick, auch im Unterschied zu Abfällen, sollten zur Auslastung von Behandlungskapazitäten gegebenenfalls überregionale Lösungen gesucht werden.

### **6.6 Öffentliche Akzeptanz**

Die Planungen für die Ablagerung von Hamburger Baggergut in Schleswig-Holstein und in Niedersachsen haben zu heftigen öffentlichen Protesten geführt. In Niedersachsen hat das Elbeschlickforum, ein öffentlicher Runder Tisch, nach der Arbeit von einem Jahr die Empfehlung der Verfüllung von Salzkavernen ausgesprochen. Auch aus den USA sind heftige Auseinandersetzungen um das Thema Baggergut bekannt, die zum Teil sogar zur Blockade von Baggermaßnahmen geführt haben.

Deshalb sollte bei der Planung von Maßnahmen der Verwertung oder Ablagerung von Baggergut die Schaffung einer öffentlichen Akzeptanz von vornherein in die Überlegungen miteinbezogen werden. Dabei sollte deutlich gemacht werden, daß es sich bei belastetem Baggergut im Regelfall nicht um einen "neuen" Stoff handelt, sondern um eine Altlast, die im Interesse aller und vorrangig des Gewässerschutzes einen sorgfältigen Umgang erfordert.

## **7 Zusammenfassung**

Ausgehend von den unterschiedlichen Richtlinien und Handlungsanweisungen auf Bundes- und Länderebene sowie den vorhandenen oder in Vorbereitung befindlichen Bewertungsverfahren wird mit dem vorliegenden Bericht eine einheitliche Handlungsempfehlung zum Umgang mit belastetem Baggergut an der

Elbe vorgestellt. Mit den hier aufgezeigten Vorgaben wird es möglich sein, beim Umgang mit Baggergut eine fundierte Empfehlung zur Behandlung zu geben.

Unterhaltungsmaßnahmen in Flüssen mit Schiffsverkehr sind grundsätzlich notwendig, um die Nutzung als Transportweg in dem gebotenen Umfange aufrecht zu erhalten. Bei den zwangsläufig anfallenden Umlagerungs- und Baggeraktivitäten ist darauf zu achten, daß der Geschiebehaushalt des Gewässers stabil bleibt. Insofern ist als Ziel der Unterhaltungsmaßnahmen anzustreben, die Unterhaltungsaktivitäten ausschließlich im Strom vorzunehmen. Diese Vorgabe wird entscheidend beeinflusst von den Schadstoffgehalten des umzulagernden Sedimentes. Solange die Schadstoffgehalte ein natürliches Umlagern im Strom aus gewässergütewirtschaftlicher Sicht unterbinden, müssen Übergangslösungen, die beispielhaft vorgestellt wurden, hingenommen werden. Die Vermeidung der Schadstoffeinträge stellt somit den einzigen Weg dar, um mit den Unterhaltungsmaßnahmen entstehende Probleme dauerhaft zu lösen. Die Elimination von Schadstoffen muß deshalb an der Schadstoffquelle erfolgen und nicht in verdünntem Zustand im Strom.

## 8 Literatur

1. Abwassertechnische Vereinigung, Fachausschuß 3.7, 1995: Arbeitsbericht zur Behandlung von Baggergut und Bodenschlämmen. Korrespondenz Abwasser 42, H. 9
2. W. Bertsch, W. Laier, 1993: Baggergut Teil 1: Verwertung und Unterbringung. Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz.
3. W. Bertsch, H. Köthe, 1995: Baggergut Teil 2: Beurteilungskriterien für die Verwendung, Verwertung, Landlagerung und Entsorgung von belastetem Baggergut. Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz. - Müllhandbuch KZ
4. Bundesanstalt für Gewässerkunde, 1992: Handlungsanweisung: "Anwendung der Baggergut-Richtlinien der OSLO- und HELSINKI-Kommissionen in der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes" [HABAK-WSV], Koblenz
5. Bundesanstalt für Gewässerkunde (Hrsg.), 1994: Unterbringung von belastetem Baggergut im aquatischen Milieu, Koblenz.
6. Bürgerschaft der Freien und Hansestadt Hamburg, 1989: Langzeitstrategie zur Verminderung der Einträge Hamburgs in die Elbe und Nordsee. Drucksache 13/3716.
7. Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V. (DVWK), 1992: Studie über die Umlagerung von Sedimenten in Wasserstraßen, Bonn.
8. H. Köthe, W. Bertsch, B. Heinz, R. Kellermann, M. Scheier: Die rechtlichen Vorgaben beim Umgang mit Baggergut aus Bundeswasserstraßen. - Korrespondenz Abwasser, (42) H. 9.
9. Lahmeyer International, 1995: Machbarkeitsstudie über die Verwertung von belasteten Sedimenten. Studie im Auftrag der Freien und Hansestadt Hamburg, Umweltbehörde, Amt für Umweltschutz, Gewässer- und Bodenschutz.
10. Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA), 1994: Technische Regeln "Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen/Abfällen"
11. G. Müller, R. Furrer: Die Belastung der Elbe mit Schwermetallen. Naturwissenschaften (81), 1994, S. 401 - 405
12. C. Schmidt 1994: Vorstellung verschiedener Sediment- und Baggergutbewertungskonzepte sowie Einordnung der Hamburger Sedimentqualität anhand der Referenzbeprobungen der Jahre 1991 - 1993. Ergebnisse aus dem Baggergutuntersuchungsprogramm. Strom- und Hafenausbau, Hamburg
13. M. Zimmer, W. Ahlf, 1994: Erarbeitung von Kriterien zur Ableitung von Qualitätszielen für Sedimente und Schwebstoffe. Text des Umweltbundesamtes, Nr. 69.
14. Zweite allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Abfallgesetz: Technische Anleitung zur Lagerung, chemisch/physikalischen, biologischen Behandlung, Verbrennung und Ablagerung von besonders überwachungsbedürftigen Abfällen (TASo), 1991. Bundesanzeiger-Verlag, Köln.
15. Dritte allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Abfallgesetz: Technische Anleitung zur Verwertung, Behandlung und sonstigen Entsorgung von Siedlungsabfällen (TASi), 1993. Bundesanzeiger-Verlag, Köln.

# Anlage 1

# Anlage 1

## Richtwerte zur Baggergut- bzw. Sediment-Bewertung für den Elbe-Bereich

Parameter	Einheit	ARGE Elbe <sup>1</sup>							HABAK der WSV <sup>2</sup>	
		I	I-II	II	II-III	III	III-IV	IV	Richtwert (RW)	Oberer RW
Arsen	mg / kg	3 - 5	≤ 10	≤ 20	≤ 40	≤ 70	≤ 100	> 100	30	150
Blei	mg / kg	25 - 30	≤ 50	≤ 100	≤ 150	≤ 250	≤ 500	> 500	100	500
Cadmium	mg / kg	0,2 - 0,4	≤ 0,5	≤ 1,2	≤ 5	≤ 10	≤ 25	> 25	2,5	12,5
Chrom	mg / kg	60 - 80	≤ 90	≤ 100	≤ 150	≤ 250	≤ 500	> 500	150	750
Kupfer	mg / kg	20 - 30	≤ 40	≤ 60	≤ 150	≤ 250	≤ 500	> 500	40	200
Nickel	mg / kg	10 - 30	≤ 40	≤ 50	≤ 150	≤ 250	≤ 500	> 500	50	250
Quecksilber	mg / kg	0,2 - 0,4	≤ 0,5	≤ 0,8	≤ 5	≤ 10	≤ 25	> 25	1	5
Zink	mg / kg	90 - 110	≤ 150	≤ 200	≤ 500	≤ 1000	≤ 2000	> 2000	350	1750
PCB-Kongeneren je	µg / kg	n.n.	≤ 2	≤ 5	≤ 10	≤ 25	≤ 50	> 50		
PCB 28	µg / kg								2	6
PCB 52	µg / kg								1	3
PCB 101	µg / kg								2	6
PCB 118	µg / kg								3	10
PCB 138	µg / kg								4	12
PCB 153	µg / kg								5	15
PCB 180	µg / kg								2	6
Summe PCBs	µg / kg								20	60
HCH-Isomere je	µg / kg	n.n.	≤ 5	≤ 10	≤ 20	≤ 50	≤ 100	> 100		
α-HCH	µg / kg								0,4	1
γ-HCH	µg / kg								0,2	0,6
Hexachlorbenzol	µg / kg	n.n.	≤ 5	≤ 40	≤ 100	≤ 200	≤ 400	> 400	2	6
Pentachlorbenzol	µg / kg								1	3
Octachlorstyrol	µg / kg								0,1	0,3
DDT	µg / kg	n.n.	≤ 20	≤ 40	≤ 100	≤ 200	≤ 400	> 400	1	3
DDD	µg / kg	n.n.	≤ 20	≤ 40	≤ 100	≤ 200	≤ 400	> 400	1	3
DDE	µg / kg	n.n.	≤ 20	≤ 40	≤ 100	≤ 200	≤ 400	> 400	3	10
PAK (Summe 6)	mg / kg								1	3
KW gesamt	mg / kg								300	1000
AOX	mg / kg	n.n.	≤ 20	≤ 50	≤ 100	≤ 250	≤ 500	> 500		
Organozinnverbindungen je	(µg Sn/kg)	n.n.	≤ 10	≤ 25	≤ 75	≤ 150	≤ 250	> 250		

1: Beurteilungsschema zur Gütequalifizierung von Sedimenten; Beschluß der Elbeministerkonferenz (HGW = Hintergrundwert)

2: Handlungsanweisung Baggergut Küste der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes

## Anlage 2



## Anlage 2

### Begriffsdefinitionen 'Baggergut'

Durch neue Rechtsgrundlagen sowie die Ergebnisse verschiedener Arbeitsgruppen ergeben sich teilweise unterschiedliche Begriffsdefinitionen, die hier nebeneinandergestellt sind. Die Verwendung ist im Einzelfall zu entscheiden.

Abfall	"Abfälle im Sinne dieses Gesetzes sind alle beweglichen Sachen, die unter die in Anhang I des Gesetzes aufgeführten Gruppen fallen und deren sich ihr Besitzer entledigt, entledigen will oder entledigen muß .. Die Entledigung liegt vor, wenn der Besitzer bewegliche Sachen einer Verwertung ... oder einer Beseitigung ... zuführt ..." (§ 3 Krw-/AbfG)
Ablagern	Gem. HABAK das Einbringen von Baggergut in Küstengewässer.
Ausbaumaßnahme	Bei Ausbaumaßnahmen wird mehr oder weniger deutlich über den bestehenden Gewässerquerschnitt hinaus in den Untergrund des Sohl- oder Uferbereichs eingegriffen.
Auswirkungsprognose	In der OSLO-Richtlinie vereinbarte Aussage zu möglichen Auswirkungen der Einbringung von Baggergut in den Küstenbereich. (HABAK, S. 97). Entspricht einer Umweltverträglichkeitsprüfung.
Baggergut	"Material, das im Rahmen von Unterhaltungs- Neu-, Um- und Ausbaumaßnahmen aus Gewässern entnommen wird. Im einzelnen kann Baggergut aus - Sedimenten bzw. subhydrischen Böden der Gewässersohle, - Böden und deren Ausgangsmaterial im unmittelbaren Umfeld des Gewässerbettes oder - Oberböden im Ufer- bzw. Überschwemmungsbereich des Gewässers bestehen." (Entwurf DIN 19731)
Baggergutmenge	Die Baggergutmenge wird in der Regel volumenbezogen angegeben; möglich ist auch die Angabe der Masse. Häufig wird das an der Gewässersohle vorhandene Volumen zugrundegelegt ('Profilmmaß'); möglich sind auch die Bezugsgrößen transportiertes ('Schutenmaß') oder aufbereitetes Material. Unterschiedlich ist jeweils der Wassergehalt sowie ggfs. nach Behandlung auch die Kornverteilung.
Basislinie	Linie entlang der Küste, von der aus das seeseitige Hoheitsgebiet (Küstenmeer) eines Staates bemessen wird. Die Festlegung erfolgt in der "Genfer Konvention über das Küstenmeer und die Anschlußzone" von 1958.
Benthos	Gesamtheit der Organismen, die auf dem und im Gewässersediment leben.
Beseitigung	"Abfälle, die nicht verwertet werden, sind dauerhaft von der Kreislaufwirtschaft auszuschließen und zur Wahrung des Wohls der Allgemeinheit zu beseitigen. Die Abfallbeseitigung umfaßt ... die Beförderung, die Behandlung, die Lagerung und die Ablagerung von Abfällen zur Beseitigung." (§ 10 Krw- / AbfG)
Boden	"Die obere Schicht der Erdkruste, zusammengesetzt aus Mineralteilchen, organischer Substanz, Wasser, Luft und Lebewesen." (Entwurf DIN 19731)
Bodenaushub	Nach DIN 18196 natürlich anstehendes und umgelagertes Locker- und Festgestein, das bei Baumaßnahmen ausgehoben oder abgetragen wird. Nach TA Siedlungsabfall nicht-kontaminiertes,

	natürlich gewachsenes oder bereits verwendetes Erd- oder Felsmaterial.
Bodenmaterial	"Aus Böden stammendes Material. Hierbei handelt es sich um Bodenaushub oder Baggergut, welches in der Regel bei Bau-, Unterhaltungs- oder Behandlungsmaßnahmen anfällt." (Entwurf DIN 19731)
Deponie	"Abfallentsorgungsanlage, in der Abfälle zeitlich unbegrenzt oberirdisch abgelagert werden." (TA Siedlungsabfall)
Diffuse Einleitung	Einleitung von (Schad-) Stoffen aus nichtpunktförmigen Quellen, z.B. durch Erosion, Grundwasser, Niederschläge, Abfluß von landwirtschaftlichen Flächen, Sickerwasser.
Eggen	Das mit geeigneten Mitteln erzeugte Aufwirbeln von Sediment an der Gewässersohle, sodaß es mit der Strömung verdriftet wird.
Einbau	"Die Verwertung von Bodenmaterial bei Baumaßnahmen im weitesten Sinne, z.B. im Erd-, Straßen-, Landschafts- und Deponiebau sowie bei der Verfüllung von Baugruben und Rohstofflagerstätten." (Entwurf DIN 19731) (engl. Placement)
Einbringen	Hier das → Verklappen von Baggergut in ein vom Herkunfts- gewässer unterschiedliches Gewässer. Abgrenzung zum → Umlagern, was rein technisch gesehen den gleichen Vorgang darstellt. (Nach ATV)
Entsorgen	"Abfallentsorgung umfaßt die → Verwertung und → Beseitigung von Abfällen." (§ 3 Abs. 7 Krw- / AbfG)
geogen	geologisch bedingt / hervorgerufen
Geschiebe	An der Gewässersohle transportierte Stoffe.
Gewässerunterhaltung	"Die Unterhaltung der Binnenwasserstraßen umfaßt die Unterhaltung eines ordnungsgemäßen Zustandes für den Wasserabfluß und die Erhaltung der Schifffahrt. Bei der Unterhaltung ist den Belangen des Naturhaushaltes Rechnung zu tragen; ... Die natürlichen Lebensgrundlagen sind zu bewahren". (§ 8, Abs. 1 WaStrG)  Bei Baggermaßnahmen wird über das bestehende Ausbauprofil hinaus nicht in das Gewässerbett eingegriffen, sondern i.d.R. nur Ablagerungen, die sich infolge der Strömungsdynamik gebildet haben, gebaggert.
Hintergrundwert	In Bezug auf die Umweltbelastung mit Schadstoffen die natürliche Belastung mit Schadstoffen ohne jeglichen Einfluß durch menschliche Aktivitäten (Natürlicher Hintergrundwert).
Hohe See	Gebiet außerhalb des (nationalen) Küstenmeeres.
Innere Gewässer	sind der Meeresstreifen entlang der Küste, der seewärts durch die → Basislinie begrenzt wird.
Sauerstoffzehrung	Verbrauch von Sauerstoff (Oxidation) in Gewässern durch biochemische und / oder chemische Prozesse; kann Sauerstoffmangel verursachen.
Schwebstoff	Feststoffe, die mit dem Wasser im Gleichgewicht stehen oder durch Turbulenz in Schwebelage gehalten werden (DIN 4049, Teil 1). Diese Stoffe bestehen aus mineralischen Komponenten der Schluff- und Tonfraktion sowie aus organischem Material (Plankton und Detritus).
Sediment	An der Gewässersohle abgelagerte Stoffe.

Süßwassergrenze	"Stelle in einem Wasserlauf, an der bei Ebbe und zu einer Zeit schwachen Süßwassereinflusses aufgrund des Vorhandenseins von Meerwasser eine erhebliche Zunahme des Salzgehaltes festzustellen ist." (Nach BLABAK, S. 6) Für die Elbe festgelegt bei Strom-km 683, Freiburger Hafentriel.
Überwachungsprogramm	"Im Zusammenhang mit ... der Verklappung von Baggergut auf die Umwelt und die menschliche Gesundheit bezeichnet der Begriff 'Überwachung' die wiederholte Messung eines Schadstoffs oder einer direkten oder indirekten Schadstoffauswirkung auf die Meeresumwelt". (Oslo-Baggergut-Richtlinie, Teil B, 1991)
Umlagern	<p>Im technischen Sprachgebrauch der Oberbegriff für das Verklappen sowie das Eggen von Baggergut.</p> <p>Nach ATV erfolgt eine Umlagerung von Baggergut "... dann, wenn im Zuge von → Unterhaltungs- und Ausbaumaßnahmen im Bereich von Schiffahrtswegen Gewässersedimente gebaggert, gegggt ... und gezielt im gleichen Gewässer, nur an anderer Stelle, wieder abgelagert / verklappt werden. Nach § 7 WaStrG bedürfen Maßnahmen innerhalb von Bundeswasserstraßen keiner wasserrechtlichen Erlaubnis, Bewilligung oder Genehmigung. Das Umlagern ist nicht zu verwechseln mit dem → Einbringen von Baggergut ins Gewässer. Durch Baggergutumlagerungen werden dem Gewässer keine Bodenmengen hinzugefügt, sodaß auch keine Schadstoffzufuhr erfolgen kann ..." Die Umlagerung kann zweckgerichtet sein, es kann sich aber auch um ein bloßes Entledigen handeln.</p>
Unterbringung	<p>von Baggergut: Umfaßt die Einbringung in ein Gewässer (Ablagern, Umlagern, Verklappen), die Ablagerung an Land (Spülfeld, Deponie, Wasserbau) wie auch die Verwertung. (Nach HABAK, S. 101)</p> <p>Gem. ATV das → Verwenden, Umlagern oder Entsorgen von Baggergut.</p>
Unterhaltung	→ Gewässerunterhaltung
Verklappen	Der technische Begriff für das Einbringen von Baggergut in ein Gewässer in einer räumlich vom Baggergebiet entfernten Stelle; gem. der Begriffsdefinition der ATV der Oberbegriff für → Umlagern oder → Einbringen von Baggergut.
Vermeiden	Das Vermeiden von Abfällen steht gem. Krw- / AbfG an erster Stelle der Prioritätshierarchie. Das Vermeiden von Baggergut ist im Rahmen der Pflichten der → Gewässerunterhaltung kaum möglich.
Verwendung	Gem. ATV ist Baggergut kein Abfall im Sinne Krw- / AbfG, wenn es "unmittelbar und ohne jeden Aufbereitungs- und Behandlungsschritt einer neuen wirtschaftlichen Nutzung zugeführt wird". Dies wird abgeleitet aus § 3 (3) Krw- / AbfG: "Der Wille zur Entledigung ... (von Abfällen) ist anzunehmen, wenn deren ursprüngliche Zweckbestimmung entfällt oder aufgegeben wird, ohne daß ein <u>neuer Verwendungszweck unmittelbar</u> an deren Stelle tritt... Die Verwendung ist ein Unterfall der Vermeidung, da verwendbares Material nicht den Abfallbegriff erfüllt".
Verwertung	"Die stoffliche Verwertung beinhaltet die Substitution von Rohstoffen durch die Gewinnung von Stoffen aus Abfällen (sekundäre Rohstoffe) oder die Nutzung der stofflichen Eigenschaften der Abfälle für den ursprünglichen Zweck oder für andere Zwecke ... Eine stoffliche Verwertung liegt vor, wenn nach einer wirtschaft-

lichen Betrachtungsweise, unter Berücksichtigung der im einzelnen Abfall bestehenden Verunreinigungen, der Hauptzweck der Maßnahme in der Nutzung des Abfalls und nicht in der Beseitigung des Schadstoffpotentials liegt." (§ 4 (3) Krw- / AbfG) Die Verwertung steht in der Prioritätshierarchie nach der → Vermeidung und vor der → Beseitigung.

"Das Aufbringen / der Einbau von Bodenmaterial mit dem Ziel a) der Boden- oder Standortverbesserung, b) der Rekultivierung, c) der Landschaftsgestaltung einschl. der Erstellung von Erdbauwerken." (Entwurf DIN 19731)

Watt "Die Wattgebiete lassen sich nach ihrer Lage in Seewatten vor der Küste, in Ästuarwatten der Unterweser und Unterelbe und Lagunenwatten im Jadebusen unterteilen... Es werden Sand-, Misch- und Schlickwatt unterschieden" (Sindowski, 1979)

Wattschlick "Wattschlick ist ein fast wassergesättigtes Sand-Schluff-Ton-Gemisch der Wattoberfläche mit einem Tongehalt über 8 %... Wattschlicke markieren die strömungsärmsten Stellen der Watten... " (Sindowski, 1973).

---

ATV "Behandlung von Baggergut und Restschlämmen", Arbeitsbericht des ATV/BDE/VKS Fachausschusses 3.7. Korrespondenz Abwasser. H. 9, 1995

DIN 19731 "Anforderungen an die Verwertung von Bodenmaterial", Entwurf 1995

Köthe "Die rechtlichen Vorgaben beim Umgang mit Baggergut aus Bundeswasserstraßen", H. Köthe, W. Bertsch, B. Heinz, R. Kellermann, M. Scheier. Korrespondenz Abwasser. H. 9, 1995

Sindowski in Sammlung geologischer Führer, Band 57 (1973) und Band 66 (1979)

# Anhang I



## **Inhaltsverzeichnis**

	<b>Seite</b>
<b>1 Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2 Untersuchungsgebiet</b>	<b>1</b>
<b>3 Bestandsaufnahme des Sohlenmaterials</b>	<b>2</b>
<b>4 Zusammenfassende Einschätzung der Schadstoffbelastung</b>	<b>5</b>
<b>5 Sedimentstatus nach dem Frühjahrshochwasser 1994</b>	<b>23</b>
<b>6 Massenbilanz</b>	<b>26</b>
<b>7 Laufende und zukünftige Baggermaßnahmen/Sanierungsvorhaben</b>	<b>26</b>
<b>Anlagen</b>	

## 1 Einleitung

Die Saale ist einer der Hauptzuflüsse der Elbe. Sie ist zugleich eines der in der Vergangenheit anthropogen am stärksten belasteten Gewässer im Einzugsgebiet der Elbe. Für eine Reihe von prioritären Schadstoffen, darunter Quecksilber, organische Halogenverbindungen (als AOX) und Polycyclische Aromatische Kohlenwasserstoffe (PAH), stellt die Saale einen Haupteintragsweg dar, d. h., sie beeinflusst bei diesen Schadstoffkriterien die Belastungssituation in der Elbe insgesamt nachhaltig und im gesamten weiteren Flußverlauf.

Sedimente sind bekanntermaßen eine Senke für schwer abbaubare organische Schadstoffe und toxische Metalle. Folglich sind unter dem Gesichtspunkt der Sanierung der Elbe und ihres Einzugsgebietes sowie der Verhinderung einer Schadstoffverfrachtung in Richtung Nordsee Baggerungen wünschenswert. Baggergutbewegungen sind zugleich notwendig, um die geforderte Sicherheit und Leichtigkeit des Schiffsverkehrs aufrecht zu erhalten.

Ziel der vorliegenden Fallstudie ist es, den gegenwärtigen Kenntnisstand über die Schadstoffbelastung der Saalesedimente aus dem Abschnitt unterhalb von Halle-Trotha, der unmittelbar die Situation in der Elbe beeinflusst, zusammenzufassen und laufende bzw. vorgesehene Baggergutmaßnahmen darzustellen [1-4].

## 2 Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet umfaßt die Saale zwischen km 0,0 und km 86,5, also zwischen der Einmündung in die Elbe und der Zufahrt zum Hafen Halle-Trotha.

Die geologischen Verhältnisse des Saaletales sind differenziert. Im Talbereich liegen Terrassenschotter, die teilweise mit Auelehm bedeckt sind. Der untere Abschnitt von der Mündung bis etwa Trabitze-Calbe gehört zum Elbe-Urstromtal.

Im Raum Nienburg, Bernburg und südlich davon stehen vorwiegend Buntsandstein und Muschelkalk an. Bei Rothenburg bilden Ablagerungen des Rotliegenden und bei Wettin und Lettin paläozoische Ergußgesteine die Oberfläche, in die sich die Saale eingeschnitten hat. Weitflächig bedecken geringmächtige (0,50 bis 1,0 m) Lößauflagen das anstehende Gestein.

Hauptnebenflüsse sind im Untersuchungsabschnitt die Flüsse Bode, Fuhne, Wipper, Schlenze und Salza. Bedeutende Zuflüsse oberhalb von Halle-Trotha sind Ilm, Weiße Elster und Unstrut.

Die Saale ist als Wasserstraße bis zur Unstrutmündung oberhalb Naumburg ausgebaut. Der Höhenunterschied des Saale-Wasserspiegels von etwa 48 m zwischen Naumburg und Calbe Grizehne wird durch 17 Schleusen geregelt. Ohne diese Regelung hätte die Saale zwischen Naumburg-Grochtitz und der Mündung in die Elbe bei Barby ein Wasserspiegelgefälle von etwa 0,31‰.

In der untersuchten Strecke ist der Fluß mit 5 Staustufen und Schleusen ausgebaut. Der Höhenunterschied des mittleren Wasserspiegels beträgt auf dieser Strecke etwa 22,5 m, das entspricht einem mittleren Gefälle von 0,26‰. Unterhalb der Schleuse Calbe fließt die Saale auf einer Strecke von etwa 20 km frei und weist dort ein mittleres Gefälle von



etwa  $0,18 \text{ } ^\circ/\infty$  auf. Die für den unteren Mittellauf und Unterlauf eines Flusses typischen Mäander sind teilweise durch Begradigung des Flußlaufes abgeschnitten und noch als Altarme erkennbar. Im unteren Abschnitt sind sie bei Trabitze und Groß Rosenburg mit Radien von weniger als 0,4 km markant ausgeprägt. Die Flußentwicklung wird durch das Verhältnis von Flußlänge abzüglich der Luftlinie zur Luftlinie  $\frac{86,5 \text{ km} - 48 \text{ km}}{48 \text{ km}}$  beschrieben. Es beträgt für den Untersuchungsabschnitt 0,8.

Typisch für die Saalelandschaft ist eine größere Zahl von Temporär- und Altwässern, sowie Altarmen, die als **Landschaftselemente und als Biotop und Rückzugsräume für bedrohte Tier- und Pflanzenarten** von hohem ökologischem Wert und deshalb schützens- und sanierungswürdig sind.

Die **Wasserbeschaffenheit der Unteren Saale** wurde über Jahrzehnte nachhaltig durch das industrielle Ballungsgebiet im Raum Halle/Merseburg und Bernburg u. a. mit den chemischen Großbetrieben Buna und Leuna geprägt. Daneben spielten und spielen Braunkohlen-, Kupferschiefer- und Kalibergbau, eine intensive Landwirtschaft und der hohen Bevölkerungsdichte entsprechende kommunale Einleitungen eine entscheidende Rolle. Die vielfältigen und einander z. T. widersprechenden Nutzungen hatten dazu geführt, daß der untere Saaleabschnitt das am stärksten belastete Fließgewässer der DDR war [5]. Wichtige, für eine Sedimentbelastung infrage kommende ehemalige Einleiter im Einzugsgebiet sind in Tabelle 2.1 aufgeführt.

In Anlage 2 ist am Beispiel von Quecksilber die Belastungssituation feinkörniger Saale-Sedimente nach  $I_{\text{geo}}$ -Klassen (MÜLLER 1979) bzw. nach dem Bewertungsmaßstab der ARGE Elbe (1994) dargestellt.

Den hydrologischen und schiffahrtstechnischen Gegebenheiten entsprechend kann man den betrachteten Saaleabschnitt in drei Teilen behandeln:

- Regulierte, freifließende Strecke zwischen Elbemündung und Calbe (Saale-km 0,0-19,5)
- Staugeregelte Flußstrecke zwischen Calbe und Halle-Trotha (Saale-km 20,8-86,5)
- Schleusenkanäle und Vorhäfen.

### 3 Ergebnisse der Bestandsaufnahme des Sohlenmaterials

Das Sohlenmaterial besteht vorwiegend aus sandigen Kiesen. Der mittlere Korndurchmesser liegt zwischen 2 und 20 mm. Den Hauptanteil bilden Fein- und Mittelkies.

Eine Korngrößenabnahme im Flußlängsschnitt (Abschnitt km 86,5 bis 0), wie er bei freifließenden Gewässern typisch ist, konnte nicht nachgewiesen werden.

Es ist anzunehmen, daß bei der durch die Stauregulierung verminderten Fließgeschwindigkeit das gröbere Sohlenmaterial nicht weiter transportiert wird und Sohlenveränderungen hauptsächlich durch feinere Feststoffe, wie Sand, und durch die Sedimentation von Schwebstoffen erfolgen.

Für die Schadstoffbelastung der Sedimente kommen auf Grund des hohen Sorptionsvermögens die feinkörnigen Ablagerungen mit erhöhtem organischem Anteil ( $< 0,063$  mm, Schluff- und Tonfraktionen) in Betracht. Diese Fraktionen werden im Fluß als Schwebstoffe transportiert und lagern sich in Abschnitten mit verminderter Fließgeschwindigkeit und in Staubereichen ab.

Im Untersuchungsabschnitt sind dies die Bereiche nahe den Staustufen besonders in den oberen und unteren Vorhäfen der Schleusen (km: 19,5 bis 21,0; 36,0 bis 36,3; 49,9 bis 50,8; 58,4 bis 59,7; 69,9 bis 71,0).

Weiterhin werden feinkörnige Ablagerungen an Aufweitungen, in Bühnenfeldern und an Einmündungen langsam fließender Zuflüsse bzw. an Altarmen gefunden.

In den Schleusenvorhäfen und Schleusenammern handelt es sich um einen schwarzen bis grauschwarzen Faulschlamm mit z. T. pastöser Konsistenz.

Der Feinkornanteil unter  $0,063$  mm beträgt bei diesen Sedimenten etwa 70 bis 80 Prozent, unter  $0,020$  mm etwa 30 bis 40 Prozent. Die Mächtigkeit der Schlammablagerungen liegt in den Vorhäfen zwischen 1,5 und 2,20 m. In den Schleusenammern sind die Ablagerungen mit 0,5 bis 1,0 m geringer.

Die Ablagerungen in den Altarmen und Bühnenfeldern sind ein Gemisch aus Schluff, Sand und organischem Material. Die Feinkornanteile unter  $0,063$  mm liegen zwischen 40 und 50 Prozent, unter  $0,020$  mm bei etwa 20 Prozent.

**Tabelle 2.1: Für die Sedimentbelastung in Frage kommende ehemalige Nutzer im Einzugsgebiet der Saale**

Gewässer	Name	Emission
<b>Obere Saale</b>	ZPR Blänkenstein Lederfabrik Hirschberg CFK Schwarza	AOX Schwermetalle Schwermetalle
<b>Ilm</b>	z. B. Laborchemie Apolda	Schwermetalle
<b>Unstrut</b>	z. B. Mikroelektronik Erfurt Bleifarben Ohrdruf Galvanikbetriebe	Schwermetalle
<b>Rippach</b>	BKW Deuben Paaraffinwerke Webau, Köpsen, Gerstewitz	AfS AfS
<b>Weißer Elster</b>	Chemiewerk Greiz-Dölau SDAG Wismut ZEKIWA Zeitz Hydrierwerk Zeitz Sachsenpelz Naunhof (über die Parthe)	Schwermetalle Schwermetalle, Uran Schwermetalle AfS Cr
<b>Pleißer</b>	PCK Böhlen BVE Espenhain	AfS AfS
<b>Wipper</b>	Kupfer-Silberhütte Hettstedt Walzwerk Hettstedt	Schwermetalle Schwermetalle
<b>Mittlere und Untere Saale</b>	Leuna-Werke Zellstoff- und Papierfabrik Merseburg Kombinat Chemische Werke Buna MKE Eisleben (über Schlüsselstollen) Draht- und Seilwerk Rothenburg	Schwermetalle, AOX AOX Schwermetalle (bes. Hg), AOX, AfS Schwermetalle Fe, AfS

## 4 Zusammenfassende Einschätzung der Schadstoffbelastung

### a) Regulierte, freifließende Strecke

Die Status-Bestimmung des Materials führte zusammengefaßt zu folgenden Aussagen:

1. Das Sohlenmaterial besteht aus sandigen Kiesen. In den Bühnenfeldern dominieren Sande.  
 Im Mündungsbereich der Alten Elbe bei km 0,5 und in einer Reihe von Bühnenfeldern bzw. Uferzonen finden sich schlammig-schluffige Ablagerungen mit einem erhöhten organischen Anteil.
2. Die sandig-kiesigen Materialien sind erfahrungsgemäß nicht schadstoffbelastet und können bei hinreichenden sonstigen Eigenschaften (z. B. Kornverteilung) ohne Einschränkung verwertet werden.
3. Die Sedimente verursachen keine erhöhte Zehrung ( $< 1,5 \text{ mg O}_2/\text{g TS}$  in 3 h). Mit nachhaltig negativen Auswirkungen auf den Sauerstoffhaushalt muß bei einer Entnahme folglich nicht gerechnet werden.
4. Auf Grund der ökotoxikologischen Befunde (Tabelle 4.1) ist, dem Bewertungsschema von NOACK [6] folgend, mit einer akuten toxischen Gefährdung der Umwelt bei einer Verbringung nicht zu rechnen.

Tabelle 4.1: Biotestergebnisse mit Eluaten und Porenwasser von Sedimenten der freifließenden Strecke Saale-km 0,5 bis 13,3

Probe	pH	LF - [mS/cm]	Daphnien DIN 38 412 L30		Grünalgen DIN L33		Leuchtbakterien DIN L34	
			% H	G <sub>D</sub> - Wert	% H	G <sub>A</sub> - Wert	% H <sub>30</sub>	G <sub>L</sub> - Wert
<b>B884</b>								
Porenwasser	7,29	4,08	50	2	-34,4	1	10,1	1
Eluat	6,91	3,27	0	1	-3,7	1	-3,8	1
<b>B886</b>								
Porenwasser	7,38	3,04		1	10,9	1	5,1	1
Eluat	7,81	3,30	0	1	13,6	1	-5,1	1
<b>B891</b>								
Porenwasser	7,56	3,57	0	1	-59,9	1	13,6	1
Eluat	7,06	3,23	0	1	11,6	1	-5,0	1

**Legende:** %H - Hemmung in %, H>20% gilt als signifikant  
 G-Wert - kleinste Verdünnungsstufe, bei der toxische Hemmung nicht nachweisbar

5. Die Sedimente mit einem erhöhten Feinkorn-(Schlamm)-Anteil aus dem Bereich der Mündung der Alten Elbe bzw. aus Bühnenfeldern und dem Uferbereich sind hoch mit Schwermetallen und organischen Schadstoffen belastet. Bei Schwermetallen sind in der Feinkornfraktion die natürlichen Backgroundwerte für Ton/Schluff durchgängig um ein Vielfaches überschritten [7]. Auch die Bodengrenzwerte der AbfklärV [8] werden für die Gesamtproben durchgängig sehr deutlich überschritten (Tabelle 4.2). Nach ARGE Elbe [9] muß für die mittlere Belastung und die Gesamtprobe aufgrund der hohen Hg-Gehalte eine Einstufung in die Klasse IV erfolgen. Für die Feinkornfraktion  $< 20 \mu\text{m}$  trifft dies bei einem *mittleren* Gehalt von 31,8 mg/kg erst recht zu.

Bei organischen Schadstoffen (Tabelle 4.3) werden in allen Proben und für alle Kriterien die als ubiquitär geltenden Werte bzw. die Referenzwerte deutlich überschritten. Nach ARGE Elbe [9] erfolgt v. a. wegen der hohen AOX-Gehalte eine Einstufung in Klasse IV.

Ausschlaggebend für die Gesamtbewertung sind damit die Ergebnisse der chemischen Untersuchung zur Schadstoffbelastung der Feststoffe und zur Schadstofffreisetzung durch Elution (Tabelle 4.4).

Prüft man die Forderungen hinsichtlich einer gesicherten Deponie, so werden im Mittel bei verschiedenen Kriterien die Richtwerte für die DK1 der TA Siedlungsabfall [10] überschritten.

Insgesamt ergibt sich aus den Elutionsversuchen eine Einordnung des Materials in die Klasse Z2 gemäß Entwurf der Richtlinie für die Entsorgung von Baggergut im Land Sachsen-Anhalt [11] bzw. in Deponieklasse I gemäß TA Siedlungsabfall [10].

Die Aussagen zum Baggergutstatus sind in Tabelle 4.5 zusammengefaßt.

Die Alternativen für die Verwertung/Verbringung des schlammig-schluffigen Materials lauten:

- gesicherte Deponie oder
- Aufbereitung/Sanierung.

Tabelle 4.2.1.: Schwermetalle und Arsen in Sedimenten (Saale, freifließende Strecke)

Proben FGÜ-Nr.	SI-km	Pb		Cd		Cr		Cu		Ni		Hg		Zn		As	
		<2000 mg/kg	<20 mg/kg	<2000 mg/kg	<20 mg/kg	<2000 mg/kg	<20 mg/kg	<2000 mg/kg	<20 mg/kg	<2000 mg/kg	<20 mg/kg	<2000 mg/kg	<20 mg/kg	<2000 mg/kg	<20 mg/kg	<2000 mg/kg	<20 mg/kg
B 00884	0,5	237	669	3,7	10,6	93	145	151	318	39	62	8,8	26,3	761	1850	45	88
B 00885	2,5	37	324	1,3	7,8	26	203	83	311	18	110	2,5	37,0	479	2880	<10	<10
B 00886	5,2	152	373	3,8	6,4	84	139	165	217	37	69	39,7	72,3	930	1650	34	93
B 00889	9,6	117		1,5		156		425		56		1,8		491		46	
B 00890	12,2	154	220	4,8	5,2	123	144	235	228	66	84	8,2	10,8	1440	1640	19	28
B 00891	13,3	75	302	2,0	6,1	50	166	99	291	33	96	3,5	37,0	674	2250	<10	54
B 00894	17,2	153	212	4,7	4,3	117	129	212	202	67	76	6,6	7,2	1360	1410	17	54
Minimum		37	212	1,3	4,3	26	129	83	202	18	62	1,8	7,2	479	1410	<10	<10
Mittelw.		132	350	3,1	6,7	93	154	196	261	45	83	10,1	31,8	876	1950	23	53
Maximum		237	669	4,8	10,6	156	203	425	318	67	110	39,7	72,3	1440	2880	46	93

7



Tabelle 4.2.2.:  
 Organische Schadstoffe in Sedimentproben  
 (Saale, freifließende Strecke)

Probe Nr.	SI-km	TOC in %	AOX in mg/kg	KW in mg/kg	15 PAH in mg/kg	DDT in ug/kg	g-HCH in ug/kg	HCB in ug/kg	PCB in ug/kg
B 884	0,5	12,98	387		56,3	72	<10	74	75
B 885	2,5	2,469	91,3		7,37	36	<10	15	22
B 886	5,2	12,520	242	370	29,9	110	<10	233	131
B 889	9,6	3,762	102		8,75	21	<10	36	17
B 890	12,2	8,186	541		251	78	<10	177	61
B 891	13,3	4,461	283	153	22,9	30	<10	81	45
B 894	17,2	8,470	622		23,6	49	<10	71	65



Tabelle 4.4: Ergebnisse der chemischen Untersuchung von Eluaten  
 (Saale, freifließende Strecke)

Proben FGÜ-Nr.	GV %	pH	LF uS/cm	TOC mg/l	As mg/l	Pb mg/l	Cd mg/l
RL S-An Z0	-	5...10	1000	-	0,01	0,04	0,005
RL S-An Z1	-	5...10	3000	-	0,04	0,1	0,01
DKI,TASA	3	5,5...12	10000	20	0,2	0,2	0,05
DKII,TASA	5	5,5...12	50000	100	0,5	1	0,1
RAL GK 1	-	1)	1)	-	0,2	0,2	0,02
DK1/2,NRW	-	5,5...10	1000	-	0,04	0,04	0,005
B 00886	27,72	7,9	1147	15,51	0,0035	0,01	<0,001
B 00887	6,54	7,8	441	5,63	0,0035	0,024	<0,001
B 00891	9,52	7,5	840	15,28	0,0012	<0,01	<0,001
B 00894	10,68	7,7	1277	41,07	0,0034	0,02	<0,001
B 00895	20,39	8,1	328	7,71	0,0077	0,048	<0,001
B 00897	17,31	7,55	1128	16,42	0,0029	<0,01	<0,01
Proben FGÜ-Nr.	Cu mg/l	Ni mg/l	Hg mg/l	Zn mg/l	F mg/l	NH4-N mg/l	Cl mg/l
RL S-An Z0	0,1	0,05	0,001	0,1	-	-	20
RL S-An Z1	0,5	0,2	0,003	0,5	-	-	100
DKI,TASA	1	0,2	0,005	2	-	4	-
DKII,TASA	5	1	0,02	5	-	200	-
RAL GK 1	1	0,05	0,001	5	1)	1)	1)
DK1/2,NRW	0,1	0,05	0,001	0,1	1,5	0,08	200
B 00886	0,014	<0,01	0,0022	0,093	0,9	0,47	63
B 00887	0,01	<0,01	0,0025	0,058	2,1	0,17	17
B 00891	<0,01	<0,01	0,0006	0,053	0,4	0,15	50
B 00894	0,025	0,02	0,0008	0,18	0,3	59	126
B 00895	0,034	<0,01	0,0031	0,135	0,8	0,52	8,4
B 00897	0,047	0,017	0,0022	0,186	0,4	1,35	4,2
Proben FGÜ-Nr.	SO4 mg/l	NO2 mg/l	AOX mg/l	Abd.R %	KW mg/l	PAK <sub>su</sub> ug/l	Chrom <sub>ges</sub> mg/l
RL S-An Z0	50	-	0,01	-	-	-	0,05
RL S-An Z1	200	-	0,05	-	-	-	0,05
DKI,TASA	-	-	0,3	3	-	-	-
DKII,TASA	-	-	1,5	6	-	-	-
RAL GK 1	1)	1)	0,5	1)	1	5	0,05
DK1/2,NRW	240	0,493	-	-	0,2	2	0,05
B 00886	405	0,79	0,052	0,8	-	0,186	<0,01
B 00887	42	0,03	0,043	0,3	n.n.	0,368	<0,01
B 00891	265	0,33	0,031	0,6	n.n.	0,211	<0,01
B 00894	190	3,03	0,037	0,6	0,04	0,792	0,01
B 00895	40	0,3	0,037	0,2	n.n.	0,802	0,018
B 00897	579	0,36	0,069	1	n.n.	0,783	<0,01

n.n. - nicht nachweisbar

n.g. - nicht gemessen

1) - nach Festlegung in Absprache mit den zuständigen Behörden



**Tabelle 4.5: Einstufung und Vorschläge zur Verwertung bzw. Verbringung des Baggergutes aus dem Saale-Abschnitt, km 0,0 - 19,5**

Material	ARGE	Einstufung nach				Verwertung/ Verbringung	
		SA	LAGA	RAL	TASA		
a) Sohlenmaterial, sandig-kiesiges Material	n.z.	P	Z0	P	n.z.	z. B. Baustoff, Wiedereinbau	
a) schlammig-schluffiges Material aus dem Mündungsbereich der Alten Elbe, aus Bühnenfeldern und Uferzonen	F: E:	IV n.z.	> Z2 Z2	> Z2 > Z2	> 3 > 3	n.z. DKI	gesicherte Deponie (z. B. DKI, TASA) oder Aufbereitung/Sanierung

**Legende:**

ARGE	Güteklassen für Schwermetalle, Arsen und ausgewählte organische Schadstoffe (WG Elbe, 1994)
SA	Entwurf einer Richtlinie für das Land Sachsen-Anhalt (RL-SA 1994)
LAGA	Anforderungen an die mineralische Verwertung von Reststoffen (1994)
RAL	RAL-RG 501/2 (1991)
TASA	TA Siedlungsabfall (1993)
F:	Bewertung nach Feststoffwerten
E:	Bewertung nach Eluatwerten
n.z.	nicht zutreffend
n.v.	nicht verwertbar
P	Prüfung in Abstimmung mit Abnehmer/Verwerter erforderlich
>	schlechter als

**b) Staugeregelte Strecken**

Die Status-Bestimmung des Materials führte zusammengefaßt zu folgenden Aussagen:

1. Die Sohle setzt sich vorwiegend aus sandigen Kiesen und kiesigen Sanden zusammen. In Bereichen geringer Fließgeschwindigkeit, wie Bühnenfeldern, und im Mündungsbereich von Zuflüssen und Altarmen liegt feineres Material mit hohem Schluffanteil und TOC-Gehalt vor. Stellenweise finden sich solche schlammigen Ablagerungen über die gesamte Flußbreite.
2. Die sandig-kiesigen Materialien sind erfahrungsgemäß nicht schadstoffbelastet und können bei hinreichenden sonstigen Eigenschaften (z. B. Kornverteilung) ohne Einschränkung verwertet werden.
3. Die Ergebnisse der Zehrungsuntersuchungen lassen bei Entnahme und Umlagerung keine wasserwirtschaftlich relevanten Auswirkungen erwarten.
4. Im Falle einer Verbringung von Baggergut aus dem Bereich der staugeregelten Strecke (nur 2 Proben wurden untersucht) in andere Ökosysteme wird ein ökotoxisches Gefährdungspotential vermutet (vgl. Tabelle 4.6). Mögliche Eingrenzungen des Gefährdungspotentials wären erst nach weiteren Detailuntersuchungen möglich.

**Tabelle 4.6: Biotestergebnisse mit Eluaten und Porenwasser von Sedimenten der staugeregelten Strecke Saale-km 41,3 und 79,0**

Probe	pH	LF [mS/cm]	Daphnien DIN 38 412 L30		Grünalgen DIN L33		Leuchtbakterien DIN L34	
			% H	G <sub>D</sub> - Wert	% H	G <sub>A</sub> - Wert	% H <sub>30</sub>	G <sub>L</sub> - Wert
<b>B914</b>								
Porenwasser	7,27	5,62	90	16	2,4	1	28,6	4
Eluat	6,94	2,76	50	2	-50,2	1	8,8	1
<b>B947</b>								
Porenwasser	7,29	13,97	100	8	14,6	1	46,4	4
Eluat	7,49	3,69	40	2	-60,5	1	40,3	4

**Legende:** %H - Hemmung in %, H > 20% gilt als signifikant  
 G-Wert - kleinste Verdünnungsstufe, bei der toxische Hemmung nicht nachweisbar

5. Die Sedimente sind stark mit anorganischen und organischen Schadstoffen belastet. Bei Schwermetallen sind die natürlichen Backgroundwerte für Ton/Schluff [7] und die Bodengrenzwerte der AbfKlärV [8] im Feinkornanteil bzw. in der Gesamtprobe durchgängig um ein Vielfaches überschritten, besonders stark für Quecksilber, Zink, Cadmium, Kupfer und Blei. Aufgrund der hohen Hg-Gehalte

muß nach ARGE Elbe [9] eine Einstufung in Klasse III-IV der Gesamtprobe und nach Klasse IV des Feinkornanteils erfolgen (vgl. Tabelle 4.7).

Bei organischen Schadstoffen (Tabelle 4.8) werden in allen Proben und für alle Kriterien die als ubiquitär geltenden Werte bzw. die Referenzwerte deutlich überschritten. Allein aufgrund der hohen AOX-Gehalte erfolgt gemäß ARGE Elbe [9] eine Einstufung in Klasse IV. Die durchgängig sehr hohen PAH-Gehalte führen zur Einstufung gemäß LAGA [13] von schlechter als Klasse Z2.

Ausschlaggebend für die Gesamtbewertung sind damit die Ergebnisse der chemischen Untersuchungen zur Schadstoffbelastung der Feststoffe und zur Schadstofffreisetzung durch Elution.

In den Eluaten aller Proben (Tabelle 4.9) werden für die Mehrzahl der anorganischen und organischen Kriterien die Grenzwerte für die Klasse Z0 gemäß Baggergut-Richtlinienentwurf im Land Sachsen-Anhalt [11] deutlich überschritten, so daß eine ungeschützte, offene Bodenablagerung ausscheidet.

Auch eine Ablagerung nach Klasse Z1 scheidet aus, da in allen Fällen für das Kriterium AOX, in den Abschnitten Calbe-Bernburg und Wettin-Halle außerdem für Hg, Cr und Sulfat bzw. Zn, Cr und Sulfat die Richtwerte überschritten werden.

Eine Einstufung nach RAL-GK1.1 [12] ist ebenfalls in keinem Falle möglich, da mindestens für das Hg, im Abschnitt Calbe-Bernburg (B907) darüber hinaus für Cr und Mineralölkohlenwasserstoffe bzw. im Abschnitt Wettin-Halle für Cr der entsprechende Vergleichswert überschritten wird.

Die Deklaration gemäß TASA [10] führt wegen des hohen organischen Anteils (TOC, Glühverlust) in jedem Fall zur Einordnung in DK2.

Die Aussagen zum Baggergutstatus sind in Tabelle 4.10 zusammengefaßt.

Die Alternativen für die Verwertung/Verbringung des schlammig-schluffigen Materials lauten:

- gesicherte Deponie gemäß DK2, TASA bzw. unter gleichwertigen Bedingungen,
- Aufbereitung/Sanierung.

Es wird eine Aufbereitung/Sanierung empfohlen. Durch Abtrennung des Feinkorn- bzw. organischen Anteils ist mit hoher Wahrscheinlichkeit bereits ein deutlicher Sanierungseffekt zu erzielen.

Das Material aus dem Abschnitt Rothenburg-Wettin weist im Mittel einen geringeren Feinkorn- und TOC-Anteil auf als das aus den anderen untersuchten Teilbereichen. Infolgedessen wäre für dieses Material auch ohne Sanierung ein Einbau gemäß Klasse Z2, d. h. unter definierten technischen Sicherungsmaßnahmen, die mit der Aufsichtsbehörde abzustimmen wären, bzw. gemäß RAL-Güteklasse 3, d. h. zur Verfüllung von Gruben und Aufschüttungen mit abgedeckter Oberfläche unter Beachtung der Grundwasser- und sonstigen Standortverhältnisse, möglich.



Tabelle 4.2.1.: Schwermetalle und Arsen in Sedimenten (Saale, staugeregelte Strecke)

Proben FGÜ-Nr.	St-km	Pb		Cd		Cr		Cu		Ni		Hg		Zn		As	
		<2000 mg/kg	<20 mg/kg	<2000 mg/kg	<20 mg/kg	<2000 mg/kg	<20 mg/kg	<2000 mg/kg	<20 mg/kg	<2000 mg/kg	<20 mg/kg	<2000 mg/kg	<20 mg/kg	<2000 mg/kg	<20 mg/kg	<2000 mg/kg	<20 mg/kg
B 00903	25,0	167	403	6,7	10,6	111	209	286	553	42	74	7,3	26,9	812	1580	37	97
B 00904	Bode	244	422	7,2	9,5	131	181	356	566	52	71	0,6	3,9	825	1330	31	56
B 00907	35,2	166	295	10,0	14,4	138	222	323	496	59	84	31,4	52,5	1040	1520	44	89
B 00912	Wipper	896	1840	56,0	85,0	270	551	2230	3860	146	249	1,1	4,6	3260	5530	98	179
B 00914	41,3	161	243	6,0	6,4	132	147	191	194	73	87	5,6	11,9	1870	1940	18	45
B 00915	44,5	104	204	3,6	5,6	86	156	128	206	58	93	8,6	13,5	1190	1830	13	36
B 00923	58,0	116	265	3,2	7,1	136	244	169	266	65	126	9,7	33,7	1210	2510	13	12
B 00930	62,0	71	289	2,2	6,8	64	209	87	261	40	117	3,4	20,4	678	2210	12	<10
B 00931	Schlenze	188	233	21,0	18,9	134	158	496	557	57	66	6,9	12,3	3380	3290	86	117
B 00933	65,2	76	166	2,4	4,1	87	174	113	185	52	98	5,5	17,2	644	1320	15	27
B 00934	68,6	26	184	0,6	4,0	20	194	45	213	20	114	1,6	16,6	152	1400	<10	15
B 00943	74,0	157	255	5,8	7,5	155	217	250	338	67	98	21,7	34,3	962	1240	28	41
B 00944	74,0	111	164	2,3	3,8	90	138	115	152	58	90	7,0	11,7	795	1410	18	26
B 00945	78,5	132	147	2,4	2,7	132	117	138	119	72	72	3,9	4,2	987	939	20	43
B 00947	79,0	168	197	6,2	6,8	260	253	276	256	121	141	17,6	21,7	1690	1870	26	12
B 00948	Salza	72	115	1,8	3,4	85	129	130	160	46	69	6,0	10,1	624	935	15	16
B 00949	83,0	72	193	1,3	4,7	57	198	84	189	43	109	9,3	23,9	438	1400	<10	46
B 00952	86,5	144	209	5,7	6,7	231	263	246	267	120	145	22,6	31,0	1530	1880	23	15
Minimum		26	115	0,6	2,7	20	117	45	119	20	66	0,6	3,9	152	935	<10	<10
Mittelw.		171	324	8,0	11,6	129	209	315	491	66	106	9,4	19,5	1227	1896	28	48
Maximum		896	1840	56,0	85,0	270	551	2230	3860	146	249	31,4	52,5	3380	5530	98	179

Tabelle 4.2.2.:  
 Organische Schadstoffe in Sedimentproben  
 (Saale, staugeregelte Flußstrecken)

Probe Nr.	SI-km	TOC in %	AOX in mg/kg	KW in mg/kg	15 PAH in mg/kg	DDT in ug/kg	g-HCH in ug/kg	HCB in ug/kg	PCB in ug/kg	PCDD/DF in ng/kg TE
B 901	20,3	7,011	1014		29,4	74	<10	82	82	
B 903	25,0	4,161	237		54,8	319	11	18	82	
B 904	Bode	3,835	73,6		17,1	177	<10	36	244	
B 907	35,2	4,790	3223		42,3	290	15	47	168	19,7
B 909	36,3	4,353	171	572	39,1	259	10	14	147	23,6
B 912	Wipper	3,734	86,0		30,0	253	10	8	80	
B 914	41,3	6,826	695	475	27,1	61	<10	77	55	25,4
B 915	44,5	5,000	505		22,8	66	10	170	58	
B 921		7,633	1210		36,9	122	<10	92	106	61,4
B 923	58,0	4,349	612		21,3	38	<10	142	48	
B 926		8,092	1363	895	37,8	84	<10	70	88	42,9
B 930	62,0	2,872	292		10,7	28	<10	37	38	
B 931	Schlenze	4,199	372		35,9	327	<10	21	125	
B 933	65,2	4,200	451		9,94	47	<10	48	58	
B 934	68,6	1,107	133		4,15	27	<10	17	62	
B 938		6,899	892	1198	35,8	141	16	64	82	37,1
B 943	74,0	5,700	1190	472	59,2	193	<10	72	117	35,4
B 944	74,0	4,331	332		20,0	105	<10	66	40	
B 945	78,5	5,256	347		20,3	82	<10	69	59	
B 947	79,0	8,479	655	1262	38,6	92	<10	74	83	
B 948	Salza	8,630	343		16,4	77	<10	35	43	
B 949	83,0	2,493	561	<10	15,4	47	<10	52	37	
B 952	86,5	7,980	1101		38,4	96	<10	72	98	28,4





**Tabelle 4.10: Einstufung und Vorschläge zur Verwertung bzw. Verbringung des Baggergutes aus der staugeregelten Strecke (km 20,8 - 86,5)**

Material	Einstufung nach					Verwertung/ Verbringung
	ARGE	SA	LAGA	RAL	TASA	
a) Sohlenmaterial, sandig-kiesiges Material	n.z.	P	n.z.	P	n.z.	z. B. Baustoff, Wiedereinbau
b) schlammig- schluffiges Material F: E:	IV	>Z2 Z2	>Z2 >Z2	>Gkl.3 >GKI.1	n.z. DK2	gesicherte Deponien (z. B. DK2, TASA) oder Aufbereitung/ Sanierung

**Legende:**

- ARGE - Güteklassen für Schwermetalle, Arsen und ausgewählte organische Schadstoffe (WG Elbe, 1994)
- SA - Entwurf einer Richtlinie für das Land Sachsen-Anhalt (RL-SA 1994)
- LAGA - Anforderungen an die mineralische Verwertung von Reststoffen (1994)
- RAL - RAL-RG 501/2 (1991)
- TASA - TA Siedlungsabfall (1993)
- F: - Bewertung nach Feststoffwerten
- E: - Bewertung nach Eluatwerten
- n.z. - nicht zutreffend
- n.v. - nicht verwertbar
- P - Prüfung in Abstimmung mit Abnehmer/Verwerter erforderlich

c) *Schleusenkanäle und Vorhäfen*

Die Status-Bestimmung des Materials führte zusammengefaßt zu folgenden Aussagen:

1. In den Schleusenkanälen und -vorhäfen lagern bis zu 2 m mächtige Schlammschichten.
2. Bei der Baggerung und Umlagerung der Schleusensedimente ist im Bereich der Schleusen Alsleben, Rothenburg und Wettin auf Grund der leicht erhöhten 3-h-Zehrung mit geringen Sauerstoffabsenkungen zu rechnen, die aber durch Anwendung schonender Technologien unter Vermeidung von großen Aufwirbelungen keine merkliche Beeinträchtigung des Sauerstoffhaushaltes im Gewässer verursachen dürften.
3. Im Falle einer Verbringung von Baggergut aus dem Bereich der Schleusen und -vorhäfen in andere Ökosysteme müssen auf Grund der ökotoxikologischen Untersuchungsergebnisse Bedenken angemeldet werden (Tabelle 4.11).

Tabelle 4.11: Biotestergebnisse mit Eluaten und Porenwasser von Sedimenten aus Schleusen und -vorhäfen

Probe	pH	LF [mS/cm]	Daphnien DIN 38 412 L30		Grünalgen DIN L33		Leuchtbakterien DIN L34	
			% H	G <sub>D</sub> - Wert	% H	G <sub>A</sub> - Wert	% H <sub>30</sub>	G <sub>L</sub> - Wert
<b>B900</b>								
Porenwasser	7,28	4,02	90	4	-24,2	1	21,3	2
Eluat	7,09	3,29	30	2	- 8,2	1	2,8	1
<b>B909</b>								
Porenwasser	7,60	3,34	100	8	9,5	1	22,2	2
Eluat	7,23	2,67	30	2	-54,1	1	5,3	1
<b>B921</b>								
Porenwasser	7,30	6,99	100	16	59,3	8	39,2	4
Eluat	7,23	3,02	100	2	10,9	1	13,2	1
<b>B926</b>								
Porenwasser	7,26	5,84	100	16	18,3	1	34,1	4
Eluat	7,31	3,03	100	2	- 1,0	1	12,7	1
<b>B938</b>								
Porenwasser	7,39	7,06	100	16	82,1	8	34,5	4
Eluat	7,71	3,08	100	4	- 9,3	1	50,4	8

Legende: %H - Hemmung in %, H > 20% gilt als signifikant  
 G-Wert - kleinste Verdünnungsstufe, bei der toxische Hemmung nicht nachweisbar



Nach NOACK [6] sind Sedimente, die Effekte  $> 50\%$  aufweisen, zu besorgen und nicht in andere Ökosysteme einzulagern.

Da eine Spezifizierung der toxischen Agentien bislang nicht möglich ist, wären bei einer Verbringung ohne spezielle Sicherung bzw. Aufbereitung vertiefende Untersuchungen erforderlich.

4. Die Materialien aus allen Schleusen sind hoch mit Schwermetallen (Tabelle 4.12) und organischen Schadstoffen (Tabelle 4.13) belastet. Die natürlichen Backgroundwerte für Ton/Schluff [7] werden im Feinkornanteil ebenso um ein Vielfaches überschritten, wie die Bodengrenzwerte der AbklärV [8] in den Gesamtproben. Nach ARGE Elbe [9] sind die Schleusenablagerungen in Klasse IV einzuordnen (Hg!). Bei den organischen Schadstoffen werden durchgängig in allen Proben und für alle relevanten Kriterien die als ubiquitär geltenden Werte um ein Vielfaches überschritten (PAH!). Auch hier muß nach ARGE Elbe [9] eine Einstufung in Klasse IV erfolgen. Ausschlaggebend für die Gesamtbewertung sind damit die Ergebnisse zur Schadstoffbelastung der Feststoffe, zur Schadstofffreisetzung durch Elution (Tabelle 4.14) und zum ökotoxikologischen Gefährdungspotential. Aus den Elutionstests geht hervor, daß insbesondere in den Schleusen Alsleben, Rothenburg und Wettin bei mehreren Kriterien Richtwerte der DK1 TASA [10] überschritten und in Einzelfällen auf Grund der Hg-Befunde (Rothenburg und Wettin) sogar eine Weiterbeurteilung nach TA Abfall notwendig wäre.

Die Aussagen zum Baggergutstatus sind in Tabelle 4.15 zusammengefaßt.

Auf Grund der hohen Schadstoffbelastung, der relativ großen Mengen und der daraus resultierenden hohen Kosten bei einer gesicherten Deponierung kommt als Alternative vor allem eine Aufbereitung/Sanierung in Frage.

Tabelle 3.2.1.: Schwermetalle und Arsen in Sedimenten (Saale, Schleusenkanäle und -vortäfen)

Proben FGÜ-Nr.	SI-km	Pb		Cd		Cr		Cu		Ni		Hg		Zn		As	
		<2000 mg/kg	<20 mg/kg	<2000 mg/kg	<20 mg/kg	<2000 mg/kg	<20 mg/kg	<2000 mg/kg	<20 mg/kg	<2000 mg/kg	<20 mg/kg	<2000 mg/kg	<20 mg/kg	<2000 mg/kg	<20 mg/kg	<2000 mg/kg	<20 mg/kg
B 00899	20,0	400	292	8,4	9,8	198	265	531	572	106	131	89,8	91,7	2300	2590	20	38
B 00900	20-21	192	247	7,4	6,6	163	166	308	288	90	96	9,2	17,2	2190	2180	23	44
B 00901	20,3	199	269	9,6	9,9	204	227	477	484	108	137	80,7	77,2	2330	2390	21	33
B 00909	36,3	175	252	8,5	9,6	149	188	231	284	54	75	8,0	19,4	845	1050	41	41
B 00917	50,0	199	303	8,6	9,0	178	231	313	364	95	122	51,8	69,4	2240	2530	21	38
B 00918	50,2	188	269	4,9	9,3	89	184	180	321	47	90	15,1	35,2	852	1400	21	22
B 00919	50,5	200	279	8,2	7,8	227	247	305	306	112	134	32,4	41,2	2150	2230	22	17
B 00920	50,5	373	439	9,8	11,3	222	266	469	511	88	116	80,2	84,0	1820	2080	40	56
B 00921		225	316	10,0	10,0	226	257	364	383	116	139	32,2	51,0	2110	2260	25	25
B 00924	58,6	150	165	7,4	6,3	157	159	259	228	87	86	14,6	28,6	981	918	22	43
B 00925	58,8	506	124	2,6	2,7	71	70	115	85	52	49	4,0	7,2	895	531	23	13
B 00926		256	349	12,0	12,9	256	287	395	406	130	160	44,4	53,4	2650	3130	30	24
B 00927	59,3	272	334	11,0	10,0	284	300	408	361	142	162	28,7	28,7	3130	3020	28	22
B 00928	59,3	202	275	11,0	10,0	253	277	392	388	132	155	41,4	39,5	1970	2170	26	26
B 00935	70,1	175	235	8,2	7,8	242	270	333	344	129	147	47,5	51,7	1840	1950	29	27
B 00936	70,2	201	198	9,8	7,6	261	227	437	349	136	128	130,2	98,9	1510	1350	26	37
B 00937	70,4	244	314	16,0	14,5	302	332	521	537	177	204	30,9	30,7	1610	1700	30	30
B 00938		151	202	6,7	7,3	221	237	302	337	115	142	49,3	69,9	1310	1510	23	21
B 00939	70,8	174	210	7,4	6,8	288	304	342	361	150	183	32,3	40,0	2500	2560	27	12
B 00940	70,8	184	212	9,0	7,8	276	287	367	349	144	155	42,7	48,4	1870	1870	23	12
B 00941	70,8	164	228	7,4	8,1	208	244	306	348	108	129	76,3	81,1	1120	1590	22	12
Minimum		150	124	2,6	2,7	71	70	115	85	47	49	4,0	7,2	845	531	20	12
Mittelw.		230	262	8,8	8,8	213	239	350	362	110	130	44,8	50,7	1820	1953	26	28
Maximum		506	439	16,0	14,5	302	332	531	572	177	204	130,2	98,9	3130	3130	41	56



Tabelle 3.2.2.:  
 Organische Schadstoffe in Sedimentproben  
 (Saale, Schleusenkanäle und -vorhöfen)

Probe Nr.	SI-km	TOC in %	AOX in mg/kg	KW in mg/kg	15 PAH in mg/kg	DDT in ug/kg	g-HCH in ug/kg	HCB in ug/kg	PCB in ug/kg	PCDD/DF in ng/kg TE
B 899	20,0	7,485	2135		33,4	59	<10	98	76	
B 900	20-21	7,180	581	786	24,9	77	<10	74	71	49,4
B 901	20,3	7,011	1014		29,4	74	<10	82	82	
B 909	36,3	4,353	171	572	39,1	259	10	14	147	23,6
B 917	50,0	7,300	1345	724	28,1	90	<10	124	104	
B 918	50,2	2,990	318		31,6	153	<10	21	90	
B 919	50,5	8,345	1155	972	29,9	57	<10	76	101	
B 920	50,5	6,298	772	865	75,6	82	<10	63	277	
B 921		7,633	1210		36,9	122	<10	92	106	61,4
B 924	58,6	5,593	765		37,4	138	<10	46	90	
B 925	58,8	2,711	143	106	17,4	150	<10	27	49	
B 926		8,092	1363	895	37,8	84	<10	70	88	42,9
B 927	59,3	9,456	1115	1128	34,2	68	<10	42	66	
B 928	59,3	7,850	1039	908	37,0	121	10	67	101	
B 935	70,1	6,918	938	1373		187	16	66	106	
B 936	70,2	7,106	1737		35,9	158	12	94	101	
B 937	70,4	8,726	826		71,9	267	20	80	231	
B 938		6,899	892	1198	35,8	141	16	64	82	
B 939	70,8	9,391	1417	1731	41,4	175	17	145	99	37,1
B 940	70,8	9,548	898	1621	47,1	115	18	78	87	
B 941	70,8	6,780	2060	1059	36,4	108	<10	59	86	

Tabelle 4.14: Ergebnisse der chemischen Untersuchung von Eluaten  
(Saale, Schleusenkanäle und -vorhöfen)

Proben FGÜ-Nr.	GV %	pH	LF uS/cm	TOC mg/l	As mg/l	Pb mg/l	Cd mg/l
RL S-An Z0	-	5...10	1000	-	0,01	0,04	0,005
RL S-An Z1	-	5...10	3000	-	0,04	0,1	0,01
DKI,TASA	3	5,5...12	10000	20	0,2	0,2	0,05
DKII,TASA	5	5,5...12	50000	100	0,5	1	0,1
RAL GK 1	-	1)	1)	-	0,2	0,2	0,02
DK1/2,NRW	-	5,5...10	1000	-	0,04	0,04	0,005
B 00900	20	7,8	1280	35,47	0,004	0,042	<0,001
B 00909	11,54	7,7	1582	27,28	0,011	<0,01	<0,001
B 00921	17,47	8	1489	107,96	0,013	0,11	0,007
B 00926	20,59	8,1	1212	106,7	0,008	0,153	0,007
B 00938	19,63	8,35	1295	143,75	0,008	0,151	0,006
Proben FGÜ-Nr.	Cu mg/l	Ni mg/l	Hg mg/l	Zn mg/l	F mg/l	NH4-N mg/l	Cl mg/l
RL S-An Z0	0,1	0,05	0,001	0,1	-	-	20
RL S-An Z1	0,5	0,2	0,003	0,5	-	-	100
DKI,TASA	1	0,2	0,005	2	-	4	-
DKII,TASA	5	1	0,02	5	-	200	-
RAL GK 1	1	0,05	0,001	5	1)	1)	1)
DK1/2,NRW	0,1	0,05	0,001	0,1	1,5	0,08	200
B 00900	0,036	0,021	0,0016	0,165	n.n.	23,7	147
B 00909	0,014	0,021	0,0006	0,138	n.n.	1,98	32
B 00921	0,28	0,056	0,0169	0,872	n.n.	0,83	86
B 00926	0,28	0,068	0,0232	1,366	0,4	1,13	96
B 00938	0,36	0,1	0,0355	1,178	0,4	0,79	12
Proben FGÜ-Nr.	SO4 mg/l	NO2 mg/l	AOX mg/l	Abd.R %	KW mg/l	PAK,su ug/l	Chrom,ge mg/l
RL S-An Z0	50	-	0,01	-	-	-	0,05
RL S-An Z1	200	-	0,05	-	-	-	0,05
DKI,TASA	-	-	0,3	3	-	-	-
DKII,TASA	-	-	1,5	6	-	-	-
RAL GK 1	1)	1)	0,5	1)	1	5	0,05
DK1/2,NRW	240	0,493	-	-	0,2	2	0,05
B 00900	184	0,04	0,093	1,2	0,28	0,236	0,017
B 00909	663	0,19	0,038	1,2	1,66	0,623	<0,01
B 00921	96	0,09	0,215	0,9	1	0,446	0,125
B 00926	42	0,09	0,329	0,7	-	0,464	0,144
B 00938	14	0,09	0,377	0,7	-	0,404	0,175

n.n. - nicht nachweisbar

n.g. - nicht gemessen

1) - nach Festlegung in Absprache mit den zuständigen Behörden

**Tabelle 4.15: Einstufung und Vorschläge zur Verwertung bzw. Verbringung des Baggergutes aus den Schleusenkanälen und -vorhäfen**

Material aus Schleuse	Einstufung nach					Verwertung/ Verbringung	
	ARGE	SA	LAGA	RAL	TASA		
Calbe	F:	IV	>Z2	>Z2	>3	n.z.	gesicherte Deponie gemäß TASA (Calbe, Bernburg, Alsleben) bzw. TAA (Rothenburg, Wettin) oder Aufbereitung
	E:	n.z.	>Z2	>Z2	>1	DK1	
Bernburg	F:	IV	>Z2	>Z2	>3	n.z.	
	E:	n.z.	Z2	>Z2	>1	DK1	
Alsleben	F:	IV	>Z2	>Z2	>3	n.z.	
	E:	n.z.	Z3	>Z2	>1	DK2	
Rothenburg	F:	IV	>Z2	>Z2	>3	n.z.	
	E:	n.z.	Z3	>Z2	>1	>DK2	
Wettin	F:	IV	>Z2	>Z2	>3	n.z.	
	E:	n.z.	Z3	>Z2	>1	>DK2	

**Legende:**

- ARGE - Güteklassen für Schwermetalle, Arsen und ausgewählte organische Schadstoffe (WG Elbe, 1994)
- SA - Entwurf einer Richtlinie für das Land Sachsen-Anhalt (RL-SA 1994)
- LAGA - Anforderungen an die mineralische Verwertung von Reststoffen
- RAL - RAL-RG 501/2 (1991)
- TASA - TA Siedlungsabfall (1993)
- F: - Bewertung nach Feststoffwerten
- E: - Bewertung nach Eluatwerten
- n.z. - nicht zutreffend
- n.v. - nicht verwertbar
- P - Prüfung in Abstimmung mit Abnehmer/Verwerter erforderlich

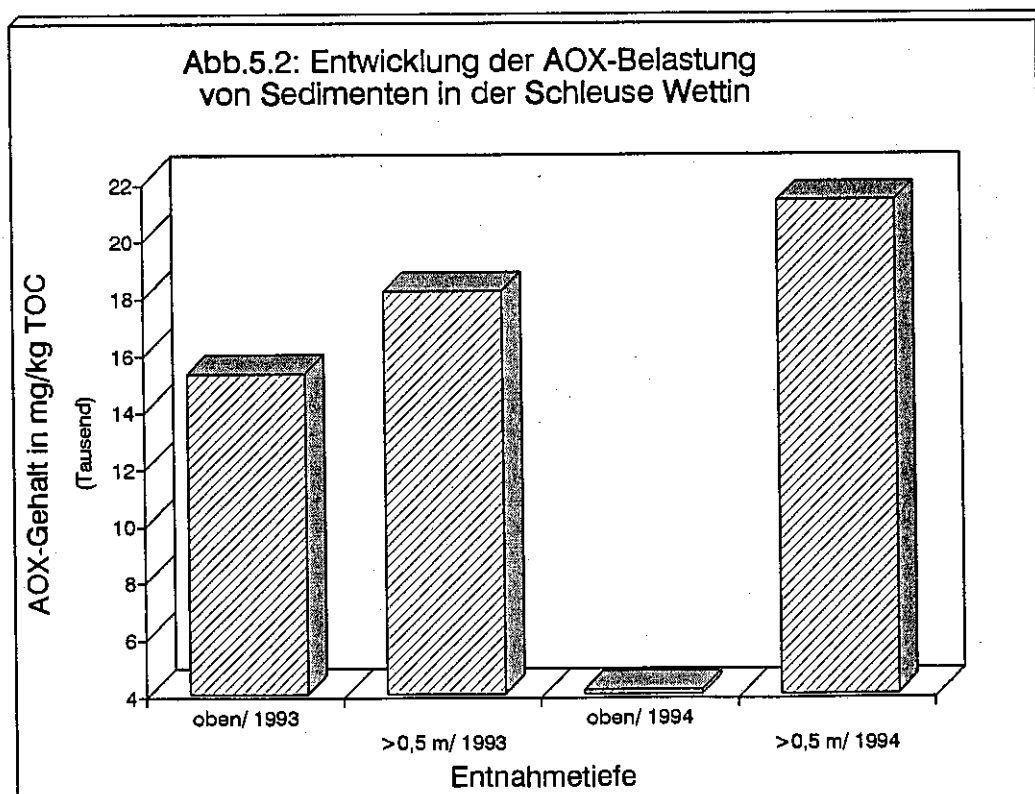
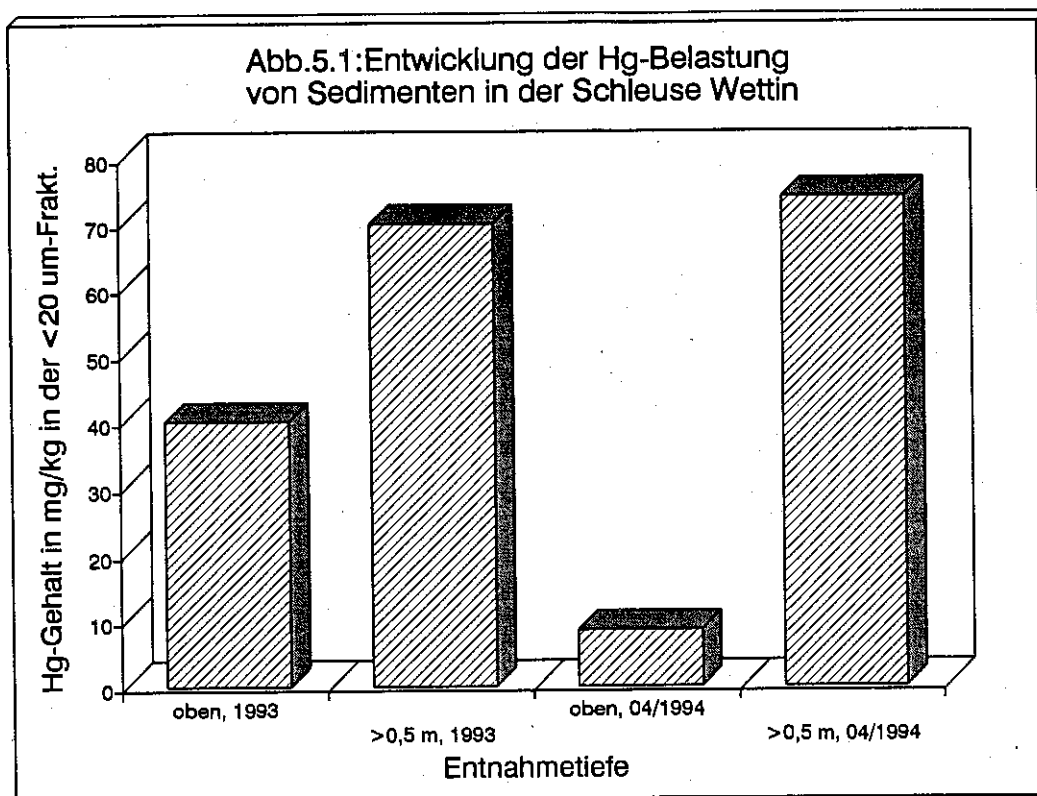
## 5 Sedimentstatus nach dem Frühjahrshochwasser 1994

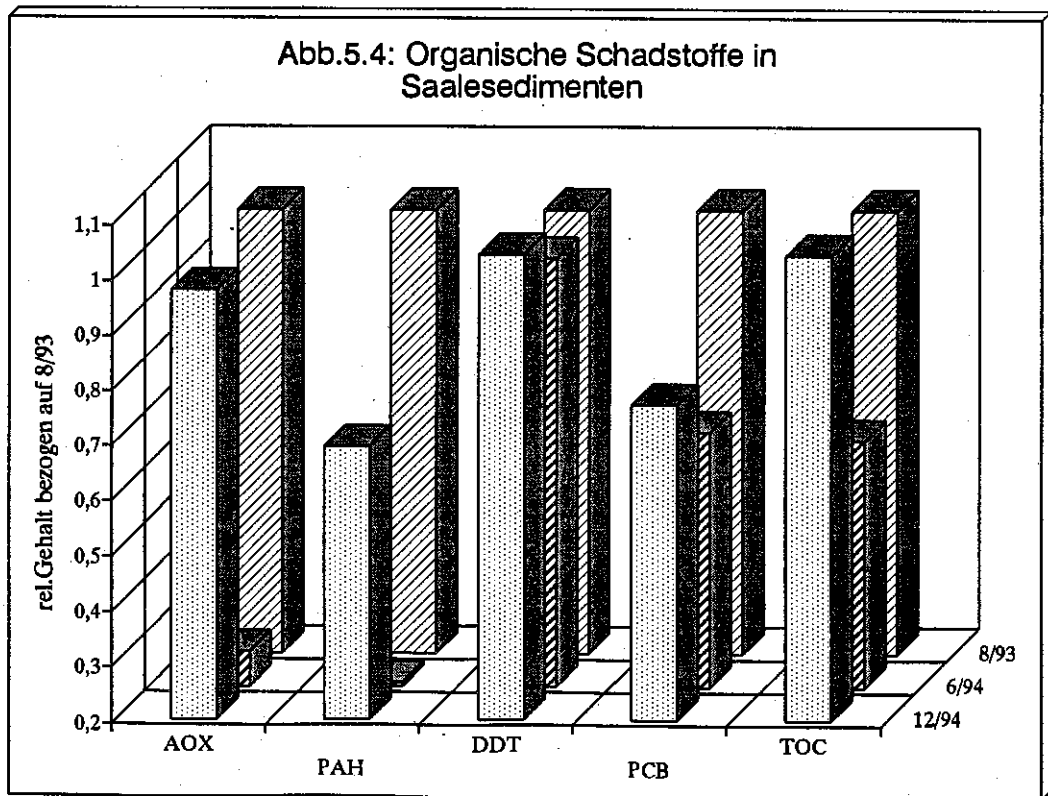
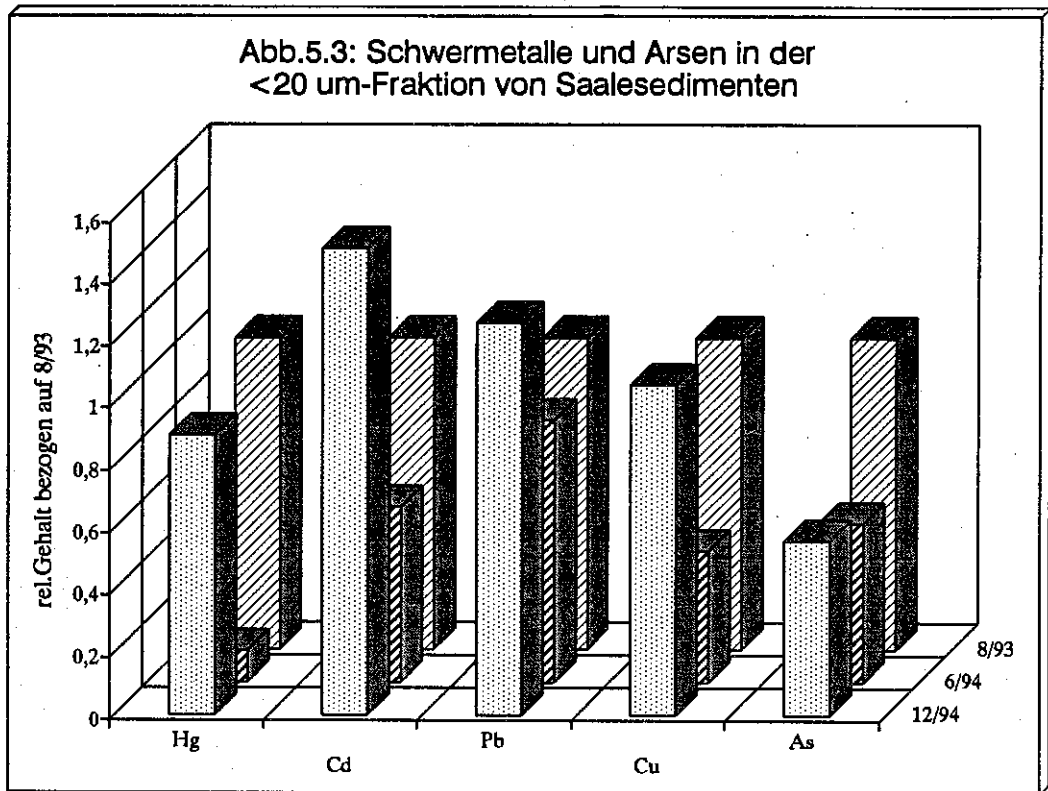
Im Frühjahr 1994 trat in den Saalezuflüssen und nachfolgend auch in der Saale selbst ein Hochwasser auf, das den Wasserstand am Pegel Calbe/Saale bis in die Nähe des HHW ansteigen ließ. Der MQ für den Monat April betrug an diesem Pegel, bezogen auf die MQ-Reihe 1932-1985, 203 % [14]. Das Hochwasser ist also geeignet zu demonstrieren, wie stabil die Statusbestimmung der Sedimente auf der Basis der Daten von 1993 ist. Die Abbildungen 5.1 und 5.2 zeigen am Beispiel von Hg und AOX zwei Kriterien, für die die Saale einen Haupteintragspfad in die Elbe darstellt, wie sich in der Schleuse Wettin, in der Sedimente mit einer Mächtigkeit von  $> 2$  m lagern, die Belastung nach dem Hochwasserereignis entwickelt hatte. Es wird deutlich, daß unmittelbar nach dem Hochwasser im April 1994 frisches, geringer belastetes Material die oberste Schicht von 1993 ersetzt hatte, während darunter festes, hochbelastetes Material liegengeblieben war.

Betrachtet man die Situation an der Schleuse Calbe, der letzten großen Schwebstoffsenske vor der Elbe, so sieht man auch hier am Beispiel mehrerer Kriterien (Abbildungen 5.3 und 5.4), daß unmittelbar nach dem Hochwasser die obere frische Sedimentschicht geringer belastet war, während im Dezember 1994 wieder das Belastungsbild aus der Zeit vor dem Hochwasser auftrat.

Daraus ergeben sich folgende Schlußfolgerungen:

- Der Sedimentstatus kann mit den Ergebnissen von 1993 beschrieben werden.
- Das Schadstoffpotential ist insbesondere bei den "saaletypischen" Schadstoffen so hoch und so mobil, daß nach einem partiellen Ausräumen der Ruhezone bei Hochwasser sich dort schnell wieder belastetes Material sammelt, das in seinem Belastungsbild dem Status von 1993 entspricht.
- Das in den Schleusenkanälen und Vorhäfen lagernde alte, stark verfestigte und hoch belastete Material wird auch bei extremen Hochwasserereignissen nicht signifikant mobilisiert, sondern bildet eine Unterlage, auf der sich das frischere Material bewegt.







## 6 Massenbilanz

Nach grober Schätzung betragen die Faulschlamm-Mengen in den Vorhäfen der Schleusen etwa 190 Tsd. m<sup>3</sup> Naßschlamm, davon ca. 50 Tsd. m<sup>3</sup> im Bereich der Schleuse Calbe, ca. 3 Tsd. m<sup>3</sup> im Bereich der Schleuse Bernburg, ca. 27 Tsd. m<sup>3</sup> im Bereich der Schleuse Alsleben, ca. 50 Tsd. m<sup>3</sup> im Bereich der Schleuse Rothenbrug, ca. 60 Tsd. m<sup>3</sup> im Bereich der Schleuse Wettin.

Für die anderen Bereiche mit feinkörnigen Ablagerungen, einschließlich des Hafens Halle-Trotha, ist mit Mengen von 40 - 60 Tsd. m<sup>3</sup> Naßschlamm zu rechnen [1].

Beim Ausbau der Saale auf eine Solltiefe von 2,5 m zwischen Elbemündung und Halle-Trotha würden nach vorläufiger Schätzung des WSA Magdeburg ca. 140 000 m<sup>3</sup> Bagger-schlamm anfallen. Daneben sind jährliche Unterhaltungsbaggerungen in einem Umfang von 10 000 - 12 000 m<sup>3</sup> zu tätigen [4].

Über das in den Temporärgewässern, Altwässern und Altarmen lagernde Schlammpotential, das bei einer Sanierung z. T. bewegt werden müßte, liegen bisher keine Schätzungen vor.

## 7 Laufende und zukünftige Baggermaßnahmen/ Maßnahmen zur Sanierung

Gegenwärtig sind Aktivitäten in drei Richtungen im Gange:

1. Laufende Unterhaltungsbaggerungen im Auftrag des WSA Magdeburg zur Aufrechterhaltung der Schifffahrt

Das dabei anfallende Baggergut von 10 000 - 12 000 m<sup>3</sup> stammt aus den Schleusenkanälen und Schleusenvorhäfen und wird auf der Deponie für mineralische Reststoffe Freiheit III im Raum Bitterfeld zur Zwischenabdeckung und Verfüllung eingesetzt. Zur Stabilisierung des Deponiekörpers erfolgt ein Mischen mit Zement im Verhältnis von 400 kg/m<sup>3</sup>. Die Gesamtkosten dieser Schlammdeponierung betragen 175 DM/m<sup>3</sup>. Weitere Verwertungsmöglichkeiten, wie der Einsatz als Bergbauversatz, werden gegenwärtig geprüft.

2. Baggerungen zur Sanierung von Temporär- und Altwässern und Altarmen durch das Land Sachsen-Anhalt

Die entsprechenden Aktivitäten sind generell noch im Planungsstadium und in Tabelle 7.1 aufgeführt. Mit dem Beginn der Sanierungsmaßnahmen ist 1995/96 zu rechnen, die Planungen reichen bis über das Jahr 2000 hinaus. Anlage 1 zeigt in einer Übersicht die vorgesehenen Maßnahmen.

3. Ausbau der Saale als Wasserstraße zwischen Elbe-Mündung und Halle-Trotha

Hierzu wurde durch das WSA Magdeburg bisher nach Ausschreibung die Umweltverträglichkeitsuntersuchung (UVU) für den Abschnitt von der Mündung in die Elbe bis Calbe an das Ingenieurbüro IUS Heidelberg vergeben.

Die Ausschreibung für den Abschnitt bis Halle-Trotha befindet sich noch in der Vorbereitung. Über die Durchführung eines Raumordnungsverfahrens ist noch nicht entschieden.

Ein Baggergutverbringungskonzept, das Varianten der Baggergutentnahme, -verwertung, -behandlung und -verbringung unter ökologischen und ökonomischen Gesichtspunkten prüft und die optimale Variante auswählt, wird in jedem Fall Bestandteil der UVU sein.

Die UVU für den ersten Teilabschnitt wird nicht vor Ende 1996 vorliegen.

## Literaturverzeichnis

- [1] **BUNDESANSTALT FÜR GEWÄSSERKUNDE (1994):** Bestandsaufnahme der Sedimentbeschaffenheit und des Sohlenmaterials der Saale zwischen km 0,0 und 86,5 (BfG-Bericht 0820); Berlin.
- [2] **LANDESAMT FÜR UMWELTSCHUTZ SACHSEN-ANHALT (1995):** Tätigkeitsbericht 1994; Halle/Saale.
- [3] **BUNDESANSTALT FÜR GEWÄSSERKUNDE (1994/95):** Untersuchungen zur Sedimentbeschaffenheit und zum Freisetzungsverhalten von Schadstoffen aus Saalesedimenten (unveröff. Ergebnisse); Berlin.
- [4] **MITTEILUNG DES WSA MAGDEBURG (1995)** anlässlich einer Baggergutbesprechung in der WSD Ost; Berlin, 4. 5. 1995.
- [5] **FINKE, W. ET AL. (1991):** Die wasserwirtschaftlichen Verhältnisse in der ehemaligen DDR unter besonderer Berücksichtigung der Wasserbeschaffenheit. Bundesanstalt für Gewässerkunde Koblenz.
- [6] **NOACK, U. (1992):** Biotestprogramme zur Risikobewertung von Sedimenten. Schriftenreihe Verein WaBoLu 89, S. 415-425. Gustav-Fischer-Verl. Stuttgart.
- [7.1] **DE TEMMERMANN, L.O., HOENIG, M., SCOKART, P.O. (1984):** Determination of "normal" levels and upper limit values of trace elements in soils. Z. Pflanzenernähr. Bodenk. 147, 687 - 694.
- [7.2] **TUREKIAN, K.K. U. WEDEPOHL, K.H. (1961):** Bull. Geol. Soc. Am. 72, 175 - 192.
- [8] **ABFKLÄRV - KLÄRSCHLAMMVERORDNUNG (1992):** Fassung vom 15. April 1992, Bundesgesetzblatt, Jg. 1992, Teil I.
- [9] **GÜTEKLASSEN FÜR SCHWERMETALLE, ARSEN UND AUSGEWÄHLTE ORGANISCHE MIKROVERUNREINIGUNGEN IN SEDIMENTEN DER ELBE;** Wassergütestelle der ARGE Elbe. Hamburg 1994.
- [10] **TASA - Dritte Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Abfallgesetz (TA Siedlungsabfall)** vom 14. Mai 1993, Bundesanzeiger, Jg. 45, Nr. 99a.
- [11] **RICHTLINIE FÜR DIE ENTSORGUNG VON BAGGERGUT** im Land Sachsen-Anhalt (Entwurf 1994).
- [12] **RAL - Aufbereitung zur Wiederverwendung von Böden und Bauteilen, Gütesicherung RAL-RG 501/2,** Ausgabe August 1991.
- [13] **LÄNDERARBEITSGEMEINSCHAFT ABFALL - LAGA (1994):** Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen/Abfällen. Technische Regeln.

# **Anlage 1**

## **Vorschläge zur gewässerökologischen Verbesserung ausgewählter Bereiche der Saalaue im Land Sachsen-Anhalt**

## Vorschläge zur gewässerökologischen Verbesserung ausgewählter Bereiche der Saaleaue im Land Sachsen-Anhalt

aus Studie: "Vorschläge zur Verbesserung des gewässerökologischen Zustandes ausgewählter Bereiche in der Saaleaue im Land Sachsen-Anhalt"

Teil A, Stand: Februar 1995

Lfd. Nr.	Strom-Km (o.M.) / Lage (in Fließrichtung)	Ortsbezeichnung	Biotopstrukturen	Schutzstatus/ökolog. Bedeutung	vorgeschlagene Hauptmaßnahmen	Kostenschätzung (in DM)	Verantwortlichkeit
1	177,0 - 176,8 rechtsseitig	Auemulde unterhalb Kleinheringen	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Temporärgewässer</li> <li>* Feuchtbiotop mit Restauwaldbestand</li> <li>Kopfbaumgruppen mit Baumhöhlen, hoher Totholzanteil</li> <li>* vereinzelte Röhricht- u. Riedbestände</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* gelegen im: LSG "Saale", TWS-Zone III</li> <li>* Laich- und Brutgebiet für Amphibien und diverse Vogelarten</li> <li>* Habitat für Höhlenbrüter</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Teilvertiefung</li> <li>• Bauschuttberäumung</li> <li>• Gehölzpflege u. Durchforstung</li> <li>• Nutzungsänderung im Umfeld</li> <li>• Anlage Schonstreifen</li> <li>• Erklärung zum FND</li> </ul>	180.000	LK Naumburg
2	162,0 - 161,5 linksseitig	Altarm "Roßbach Bleichwiesen"	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Temporärgewässer</li> <li>* Feuchtbiotop mit Tendenz zur Austrocknung</li> <li>• sehr alter Kopfweidenbestand mit hohem Totholzanteil und Baumhöhlen</li> <li>* partiell stark auftretende Röhricht- und Riedbestände</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* gelegen im: LSG "Saale", TWS-Zone I</li> <li>• Laichgebiet für Amphibien</li> <li>• Aufenthalts- und Brutgebiet für Avifauna</li> <li>* potentieller Lebensraum für Höhlenbrüter</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Teilentschlammung</li> <li>* Holzung, Neuanpflanzung</li> <li>• Umwandlung Acker in Grünlandnutzung</li> <li>• Anlage Schonstreifen</li> </ul>	515.000	LK Naumburg

Lfd. Nr.	Strom-Km (o.M.) / Lage (in Fließrichtung)	Ortsbezeichnung	Biotopstrukturen	Schutzstatus/ökolog. Bedeutung	vorgeschlagene Hauptmaßnahmen	Kostenschätzung (in DM)	Verantwortlichkeit
3	148,8 - 147,8 linksseitig (a) rechtsseitig (b)	Fähre Leißling (a) / Sportplatz (b)	<p>a) * Altwasser</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* Hartholzauenreste, Grünland/Wiese, Streuobst, Stauden-u. Krautbestände</li> </ul> <p>b) * Altwasser mit Verlandungs- und Freiwasserzonen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* Hartholzauenreste, Streuobst, Stauden-u. Krautbestände</li> </ul>	<p>a) * LSG "Saale"</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* FND "Alte Saale-Fähre Leißling" in Planung als NSG</li> <li>* wichtiger Brutplatz z.B. für Greifvögel</li> <li>* seit 1976 brütet unregelmäßig der Weißstorch</li> <li>* Laichgebiet für Lurche</li> </ul> <p>b) * LSG "Saale"</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* FND "Alte Saale-Sportplatz" in Planung als NSG</li> <li>* wichtiger Rast- u. Brutplatz</li> <li>* Laichgebiet für Lurche</li> </ul>	<p>a)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* Teilentschlammung (Baggerung) Beginn: nach 2000</li> </ul> <p>b)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* Gehölzpflanzungen (Auengehölze/Streuobst)</li> <li>* eventuell Entschlammung des westl. größeren Gewässers Beginn: nach 2000</li> </ul>	<p>a) ca. 300.000</p> <p>b) ca. 40.000</p>	STAU Halle
4	147,3 - 147,0 rechtsseitig	Pferdeschwemme	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Altwasser (Totarm)</li> <li>* Ufergehölzbestände, Grünland/Wiese, Streuobst</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* LSG "Saale"</li> <li>* Rastplatz für Wasservögel</li> <li>* wichtiger Brutplatz für Greifvögel</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Entschlammung (Baggerung) Beginn: ca. 1995/96</li> </ul>	ca. 500.000	STAU Halle

Lfd. Nr.	Strom-Km (o.M.) / Lage (in Fließrichtung)	Ortsbezeichnung	Biotopstrukturen	Schutzstatus/ökolog. Bedeutung	vorgeschlagene Hauptmaßnahmen	Kostenschätzung (in DM)	Verantwortlichkeit
5	146,6 - 146,4 rechtsseitig	Hufeisen	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Altwasser mit Verhandlungs- u. Freiwasserzonen</li> <li>* Röhrichtbestände, Weichholz- und Hartholzaunenreste, Totholzbereiche, Grünland/Wiese, Streuobst</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* LSG "Saale"</li> <li>* FND "Alte Saale-Hufeisen" in Planung als NSG</li> <li>* ornithologisch bedeutungsvoll</li> <li>* wichtiger Rast- u. Brutplatz u.a. für Wasser- u. Greifvögel (Eisvogel, Rot-, Schwarzmilan, Graureiher)</li> </ul>	<p>a)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* Ergänzungspflanzung Beginn: ca. 1996/97</li> </ul> <p>b)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* Teilschlammung (Baggerung) Beginn: ca. 1997/99</li> </ul>	a) ca. 40.000 b) ca. 600.000	STAU Halle
6	146,4 - 146,1 linksseitig	Uichteritz (an der Kläranlage)	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Altwasser</li> <li>* Ufergehölzbestände, Grünland/Wiese</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* LSG "Saale"</li> <li>* avifaunistisch wertvoll, Rast- u. Brutplatz</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Ergänzungspflanzung Beginn: ca. 1997</li> </ul>	ca. 50.000	STAU Halle
7	132,5 - 131,5 rechtsseitig	"Feuchtgebiete Kleinkorbetha"	<p>a) Tümpel: temporäres Feuchtgebiet mit Röhricht- u. Riedrestbeständen, rudere Feuchtpflanzen u. auetypische Vegetation (Hartholzaue), Streuobstwiese</p> <p>b) ehem. Behelfsflußbett: flaches Still- bzw. Temporärgewässer, ausgedehnte Röhricht- u. Riedbestände z.T. aufkommende Weichholzaue, Pappelwald (auch Schwarz-Pappel)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* gelegen im: Tümpel: LSG "Saale", FND</li> <li>* ornitholog. wertvoll</li> <li>* Laichgebiet u. Lebensraum von Reptilien u. Amphibien</li> <li>* Mollusken</li> <li>* Wasservogelbrutgebiet (Bläßrallen, Stockenten)</li> <li>* Laichbiotop für Lurche</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Teilvertiefung</li> <li>* Entschlammung</li> <li>* Anbindung eines Teilbereiches an die Saale</li> <li>* Bauschuttberäumung</li> <li>* Gehölzpflanzung, -pflege u. Durchforstung</li> <li>* Anlage Schonstreifen</li> </ul>	300.000	LK Weißenfels

Lfd. Nr.	Strom-Km (o.M.) / Lage (in Fließrichtung)	Ortsbezeichnung	Biotopstrukturen	Schutzstatus/ökolog. Bedeutung	vorgeschlagene Haupt - maßnahmen	Kosten - schätzung (in DM)	Verantwortlich - keit
8	129,4 - 129,1 linksseitig	Tebnitz	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Altwasser (zerteilt in mehrere kleinere u. größere Gewässer ) mit Verlandungs-u. Freiwasserzonen</li> <li>* Röhrichtbestände , Ufergehölzbestände , Grünland / Wiese</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* gelegen im: LSG"Saale"</li> <li>* Teilbereich des Gebietes ist FND "Alte Saale Tebnitz-Ortsteil"</li> <li>* avifaunistisch wertvoll, u.a. wichtiger Rast-u. Brutplatz u.a. für Wasser-u. Greifvögel ( westl. Saaleufer: Eisvogel )</li> <li>* Laichgebiet für Lurche</li> <li>* umfangreiche Röhrichtbestände</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a)Entschlammung (Baggerung) der beiden nördlichen Restgewässer (Vorrang: kleineres Gew.) Beginn:ca.1999</li> <li>b)Bepflanzung des inneren Auenbereiches Beginn:ca.2000</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) ca. 750.000</li> <li>b) ca. 100.000</li> </ul>	STAU Halle
9	128,5 linksseitig	Salamander - teich Wengelsdorf	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Temporärgewässer , ehemalige Flutrinne ( Feuchtgebiet )</li> <li>* sehr artenreiche Schilf-u. Riedbestände</li> <li>* Dauergrünland</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* gelegen im: LSG"Saale" , TWS-Zone III</li> <li>* bedeutsam vor allem für semiterrestrisch lebende Organismen (Amphibien, Libellen u.a. Insekten)</li> <li>* Standort z.T. geschützter Pflanzen der Feuchtgebiete</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Teilvertiefung</li> <li>* Gehölzpflanzung</li> <li>* Auskopplung bzw. Anlage von Schonstreifen</li> <li>* Erklärung zum FND</li> </ul>	90.000	LK Weißenfels
10	126,0 linksseitig	"Altarm Kirchfähren - dorf"	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Altwasser</li> <li>* Feuchtgebiet, Auwald, Streuobstwiese, Restbestände Röhricht(ruderal durchsetzt), hoher Totholzanteil, Kopfweiden</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* gelegen im: LSG"Saale"</li> <li>* avifaunistisch wertvoll (Greifvögel)</li> <li>* Lebensraum von Höhlenbrütern u. Fledermäusen</li> <li>* derzeit eingeschränkte Attraktivität für Amphibien</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Teilvertiefung / Entschlammung</li> <li>* Durchforstung / Holzung</li> <li>* Schuttberäumung</li> </ul>	1.600.000	LK Merseburg



Lfd. Nr.	Strom-Km (o.M.) / Lage (in Fließrichtung)	Ortsbezeichnung	Biotopstrukturen	Schutzstatus/ökolog. Bedeutung	vorgeschlagene Hauptmaßnahmen	Kostenschätzung (in DM)	Verantwortlichkeit
11	120,0 - 119,5 rechtsseitig	"Altarm Kreyppau"	* Altwasser, ausgedehnte Groß- und Kleinröhrichtflächen, Riedbestände, Auwald	* gelegen im: LSG"Saale", TWS-Zone III * Brutplatz zahlreicher Vogelarten * Nahrungsgebiet u.a. für Eisvogel, Graureiher * besondere Bedeutung als Habitat f. Lurche, Reptilien u. Libellen * Fischgewässer	* Teilvertiefung * Entschlammung * Gehölzpflanzung u.-pflege * Anlage Schonstreifen * Erklärung zum FND	55.000	LK Merseburg
12	109,0 - 108,5 rechtsseitig	"Altarm Jessert - Kollenbey"	* Alt- und Stillgewässer * Flach- u. Tiefwasserbereiche * ausgedehnte Röhricht- u. Riedbestände * Hartholzau * Kopfweidengruppen	* gelegen im: LSG"Saale", NSG"Döllnitzer Auenlandschaft", TWS-Zone II * avifaunistisch wertvolles Rast- und Nahrungsgebiet z.T. geschützter Vogelarten * Fischgewässer * Laichgewässer für Amphibien * Fledermaushabitat	* Entschlammung * Müllberäumung * Gehölzpflanzung * Anlage Schutzstreifen	550.000	LK Merseburg
13	69,5 - 68,5 rechtsseitig	"Altarm Pögritzmühle"	* Altarm, Randbereiche ruderal durchsetzter Röhrichtgürtel mit angrenzend aufkommender Weichholzau * im Mündungsbereich zur Saale Kiesablagerungen bzw. -bänke * Flach- und Tiefwasserzonen	* gelegen im: LSG"Saale" * Rückzugsgebiet für Fische, Lurche und Wasservögel	* Entschlammung * Reaktivierung des ursprünglichen Verlaufes * Unratbeseitigung * Anlage bzw. Erhalt Schonstreifen	1.300.000	Saalkreis

Lfd. Nr.	Strom-Km (o.M.) / Lage (in Fließrichtung)	Ortsbezeichnung	Biotopstrukturen	Schutzstatus/ökolog. Bedeutung	vorgeschlagene Hauptmaßnahmen	Kosten-schätzung (in DM)	Verantwortlichkeit
14	65,5 - 65,0 rechtsseitig	"Altarm am Stollenmundloch"	<ul style="list-style-type: none"> <li>* stark anthropogen beeinflusstes Altwasser</li> <li>* Horste von Röhricht- u. Riedbeständen, im Innenbereich Weichholzaue mit Jungaufwuchs</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* gelegen im: LSG "Saale"</li> <li>* Rast- und Nahrungsgebiet für zahlreiche Wasservögel und Amphibien</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Entschlammung</li> <li>* Beseitigung von Unrat</li> </ul>	6.500	Saalkreis
15	63,5 - 62,5 rechtsseitig	"Altarm Dobis"	<ul style="list-style-type: none"> <li>* ehemaliger Altarm, jetzt Altwasser</li> <li>* ausgedehnte Großröhrichtbestände</li> <li>* Flach- und Tiefwasserzonen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* gelegen im: LSG "Saale", unmittelbar am NSG "Saalehänge", selbst einseitig gesichertes NSG</li> <li>* Nahrungsareal für Schreitwasser- u. Greifvögel</li> <li>* Habitat für gefährdete Amphibien</li> <li>* artenreiches Fischgewässer</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Entschlammung/ Teilvertiefung</li> <li>* Anbindung an Saale über schmales Gerinne</li> <li>* Gehölzpflanzung</li> <li>* Anlage Schonstreifen</li> <li>* Nutzungsumwandlung Umfeld</li> </ul>	250.000	Saalkreis
16	55,5 - 55,0 linksseitig	"Altarm Gnölbzig"	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Altarm, jetzt Altwasser</li> <li>* Auwaldrest angrenzend Rohrglanz- u. Riedbestände</li> <li>* Ruderalvegetation auf verspültem Altarmbereich</li> <li>* Hartholzaue mit wertvollem Altholzbestand</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* gelegen im: LSG "Saale"</li> <li>* Altarm umschließt einseitig gesicherten Auwaldrest</li> <li>* reiche Avifauna (Severin)</li> <li>* Laichhabitat für Amphibien</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Entschlammung</li> <li>* Wiederanbindung</li> <li>* Anlage Gewässerschonstreifen</li> <li>* Nutzungsänderung Umfeld</li> </ul>	4.000.000	LK Bemburg

Lfd. Nr.	Strom-Km (o.M.) / Lage (in Fließrichtung)	Ortsbezeichnung	Biotopstrukturen	Schutzstatus/ökolog. Bedeutung	vorgeschlagene Haupt - maßnahmen	Kosten-schätzung ( in DM )	Verantwortlich-keit
17	52,5 - 51,0 rechtsseitig	"Wiesenflä-chen bei Mukrena"	<ul style="list-style-type: none"> <li>* ehemaliger, jetzt verfüllter Altarm</li> <li>* ursprünglich Feuchtwiesen, jetzt intensiv bewirtschaftetes Grünland</li> <li>* Solitärgehölze</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* gelegen im: LSG"Saale"</li> <li>* Nahrungsareal für ansässigen Weißstorch</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Anlage meh-rerer Kleinge-wässer ein-schließlich Gew.-schon-streifen</li> <li>* Nutzungsein-schränkung-bzw.-änderung</li> </ul>	45.000	LK Bernburg
18	45,0 - 43,0 linksseitig	"Altwasserkom-plex bei Plötzkau"	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Komplex von Altwässern und einem Altarm</li> <li>* große Habitatdiversität</li> <li>* Röhrichte und andere Verlan-dungsvegetationen</li> <li>* Hartholzaue mit hohem Totholz-anteil</li> <li>* offene Wasserflächen, Wechsel von Flach-u. Tiefwasserzonen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* gelegen im: NSG, mit beantragter Erweiterungs-fläche, TWS-Zone III</li> <li>* Nahrungs-u. Brutareal f. Wasservö-gel, Greife (viele geschützte Arten)</li> <li>* Laichhabitat für Lurche u. Fische</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* großflächige Entschlammung</li> <li>* Entmüllung</li> <li>* Gehölzpflanzung</li> <li>* Anbindung eines Altwassers bei NHW</li> <li>* Anlage Gew.-Schonstreifen</li> </ul>	5.500.000	LK Bernburg
19	43,0 linksseitig	"Tonloch Münzweiden"	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Feuchtgebiet</li> <li>* ausgeprägter Bestand an Kopf-weiden mit Totholzanteil</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* gelegen im: NSG (einstweilig gesichert)</li> <li>* gehört zum Auwaldkomplex bei Plötzkau</li> <li>* potentielles Quartier für Fleder-mäuse, Eulenvögel, Wildbienen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Teilvertiefung/ Entschlammung</li> <li>* Pflege u. Nach-pflanzung von Kopfweiden, Durchforstung</li> <li>* Anlage Gew.-schonstreifen</li> </ul>	380.000	LK Bernburg

Lfd. Nr.	Strom-Km (o.M.) / Lage (in Fließrichtung)	Ortsbezeichnung	Biotopstrukturen	Schutzstatus/ökolog. Bedeutung	vorgeschlagene Haupt - maßnahmen	Kosten-schätzung (in DM)	Verantwortlich-keit
20	40,0 - 39,0 linksseitig	"Strenge und Käkstrenge bei Aderstedt"	<p>Strenge:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* Altwasser</li> <li>* artenreicher und z.T. sehr alter Auwald (Hartholzauwe)</li> <li>* Röhrichtbestände, z.T. großflächig</li> </ul> <p>Käkstrenge:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* Temporärgewässer, Feuchtgebiet mit ausgeprägten Röhricht- u. Riedbeständen</li> <li>* Kopfbaumgruppen, in unmittelbarer Nähe Streuobstwiese</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* gelegen im: LSG "Saale"</li> <li>* sehr artenreiche Avifauna</li> <li>* Refugium für Amphibien, Reptilien, Mollusken u. Käfer</li> <li>* Wasservogelbrutrevier</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Entschlammung</li> <li>* Schaffung gewässerökologischer Durchgängigkeit durch Reaktivierung u. z.T. Neuanlage von Grabensystemen</li> <li>* Kopfweidenpflege, Durchforstung</li> <li>* Erklärung zum FND</li> </ul>	2.500.000	LK Bernburg
21	31,0 linksseitig	Erdkieten in der "Großen Aue bei Altenburg"	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Komplex heterogener Temporärgewässer</li> <li>* Weichholzaue u. Gehölzmischbestände</li> <li>* z.T. geschlossener Röhrichtsaum</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* gelegen im: LSG "Saale", FND u. einstweilig gesicherte Fläche</li> <li>* Lurchschutzgebiet für gefährdete Arten</li> <li>* Avifaunistisch bedeutungsvoll</li> <li>* Rastgebiet für diverse Zugvogelarten</li> <li>* Brutgebiet für Greifvogel</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Teilvertiefung / Entschlammung</li> <li>* Gehölzpflanzung u. Pflege</li> <li>* Anlage Gew.-schonstreifen</li> <li>* Erweiterung des FND auf gesamtes Gebiet</li> </ul>	150.000	LK Bernburg

Lfd. Nr.	Strom-Km (o.M.) / Lage (in Fließrichtung)	Ortsbezeichnung	Biotopstrukturen	Schutzstatus/ökolog.Bedeutung	vorgeschlagene Haupt - maßnahmen	Kosten-schätzung (in DM)	Verantwortlich-keit
22	27,0 rechtsseitig	Altarm im Waldgebiet Sprohne	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Altwasser mit starker Verlandungs-tendenz</li> <li>* Röhrichtbestände</li> <li>* angrenzende Hartholzauwe mit hohem Totholzanteil</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* gelegen im: LSG"Saale", in Nähe NSG"Spröhne"</li> <li>* Laichbiotop u.Habitat f.Amphibien</li> <li>* Brutbiotop u. Nahrungsareal für Greif-u. Wasservögel</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Entschlammung</li> <li>* Deichrückver-legung</li> <li>* Erweiterung u. Einbeziehung in NSG-Fläche</li> </ul>	130.000	LK Bemburg
23	23,0 rechtsseitig	"Hechtsumpf Wispitz"	<ul style="list-style-type: none"> <li>* aufgeweiteter Stillwasserbereich eines Grabensystems bzw. ehema-ligen Sumpfes</li> <li>* ausgedehnte Röhrichtbestände z.T. ruderal beeinflusst</li> <li>* aufkommende Weichholzauwe</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* einstweilig gesichertes NSG</li> <li>* Nahrungsareal u. Wanderstrecke des Bibers</li> <li>* Laichplatz seltener Amphibien</li> <li>* Rast-u.Ruheplatz für Reh-u. Schwarzwild</li> <li>* Biotop für Schilfbrüter</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Reaktivierung / Entschl.u.Wie-deranbindung a.d.Kapengraben</li> <li>* Verfüllung eines Entw.-grabens (Stichgraben)</li> <li>* Gehölzpflanzung</li> <li>* Anlage Gew.-schonstreifen</li> </ul>	220.000	LK Bemburg
24	23,5 - 22,0 rechtsseitig	Alte Saale bei Wispitz	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Altarm</li> <li>* Flach- u.Steiluferbereiche</li> <li>* ausgedehnte Groß-u.Kleinröhricht-bestände</li> <li>* Feuchtwiese im Überschwemmungs-bereich</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* gelegen im: LSG"Saale", Teilbereiche FND</li> <li>* Rast-u.Brutgebiet für Wasser-vögel u.a.schützenswerte Vogel-arten</li> <li>* Laichbiotop für Amphibien u. Fische</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Teilentschlammung</li> <li>* Gehölzanpflan-zungen</li> <li>* Ersatz Rohrpro-fil durch Brückenelement</li> <li>* Anlage Gew.-schonstreifen bzw.Auskopp-lung</li> </ul>	220.000	LK Bemburg

Lfd. Nr.	Strom-Km (o.M.) / Lage (in Fließrichtung)	Ortsbezeichnung	Biotopstrukturen	Schutzstatus/ökolog.Bedeutung	vorgeschlagene Haupt - maßnahmen	Kosten-schätzung (in DM)	Verantwortlich-keit
25	21,5 rechtsseitig	Saalevorland Tippelskirchen bei Calbe	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Kleingewässer im Feuchtwiesenbe- reich</li> <li>* offene Wasserflächen mit ausgedeh- nten Klein-u.Großröhrichten</li> <li>* aufkommende Weichholzaue</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Wasservogelschongebiet</li> <li>* Aufenthalts-u. Brutrevier zahl- reicher gefährdeter Vogelarten</li> <li>* Wandergebiet u. Nahrungsareal des Bibers</li> <li>* Sommerquartier für Fledermäuse</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Entschlammung/ Teilvertiefung</li> <li>* Anlage Gew.- schonstreifen bzw.Auskopp- lung</li> </ul>	700.000	LK Schönebeck
26	3,0 - 1,0 rechtsseitig	Elbe-Saale- Winkel - * "Altarm im Mündungsbe- reich Taube- Landgraben" * Altarm "Alte Saale" am Krummen Horn	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Altarm-u. Altwasserbereiche</li> <li>* wertvolles Refugium mit hoher Biodiversität</li> <li>* Auwald / Hartholzaue</li> <li>* Röhricht-u.Riedbestände</li> <li>* Flach-u.Tiefwasserbereiche</li> <li>* Kies-, Schlamm-u.Sandbänke</li> <li>* Feuchtwiesen u. Trockenrasen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Teil des NSG "Steckby-Lödderitzer Forst", angrenzend an Totalre- servat</li> <li>* komplexe Bedeutung als Überwin- terungs-u.Brutgebiet sowie Rast- u.Nahrungsareal für Greifvögel, Wasservögel, Limikolen u. a. vom Aussterben bedrohte Arten</li> <li>* bedeutendste u. beständigste Elbebiberpopulation</li> <li>* Lebensraum für Fledermäuse u. marderartige Säugetiere</li> <li>* Amphibien-u.Reptilienhabitat</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Teilentschlamm- ung / Ver- tiefung</li> <li>* Reaktivierung des Grabens zum Altarm im Mündungsgebiet</li> </ul>	3.000.000 bis 6.000.000	LK Schönebeck

## **Anlage 2**

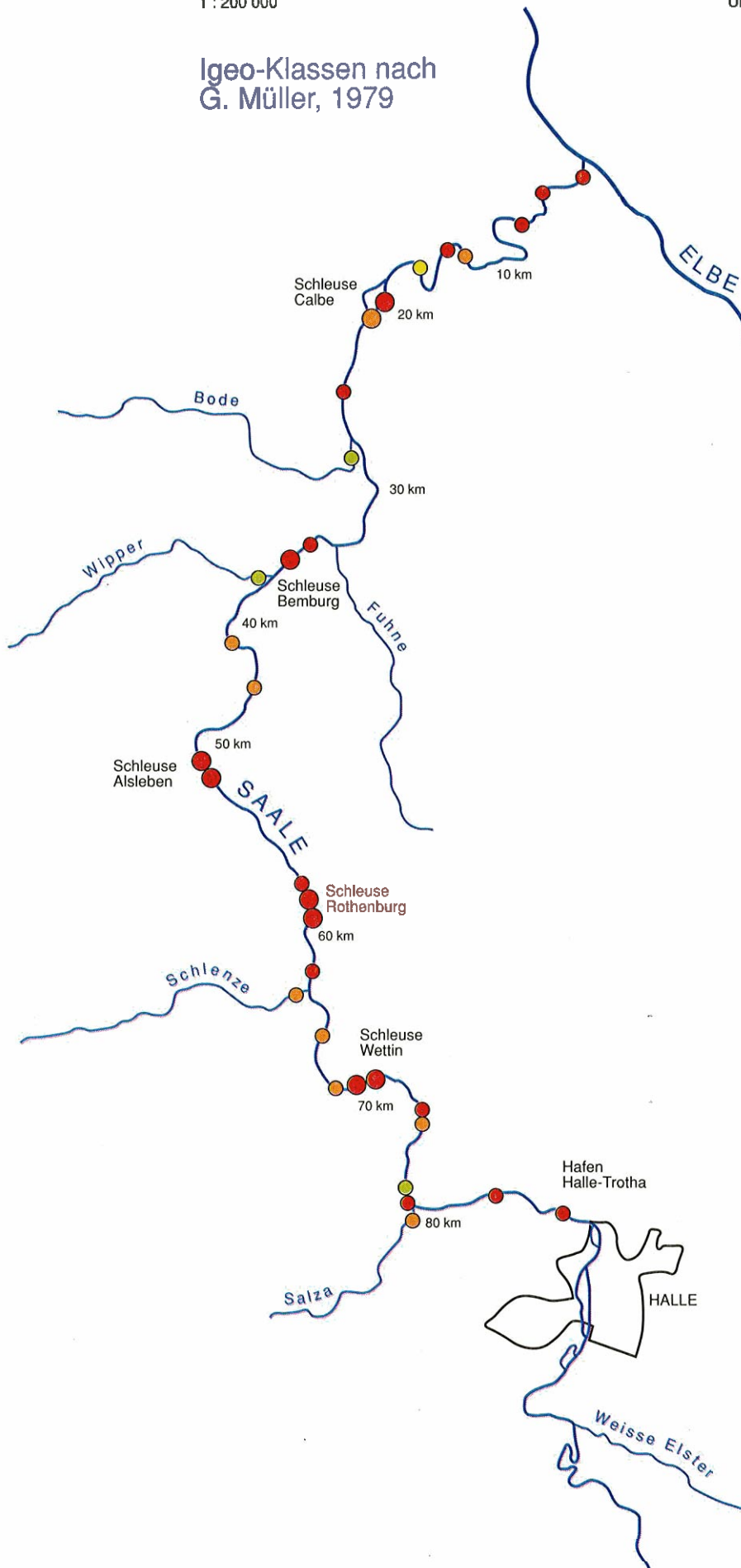
### **Darstellung der Schadstoffbelastung von feinkörnigen Saalesedimenten am Beispiel von Quecksilber**

# Quecksilbergehalte im Feinkornanteil der Saalesedimente

1 : 200 000

Untersuchungszeitraum: 1993

Igeo-Klassen nach  
G. Müller, 1979



Herausgeber: Bundesanstalt für Gewässerkunde,  
Koblenz • Berlin – Ausgabe 1994

Datenerhebung: Bundesanstalt für Gewässerkunde,  
Aussenstelle Berlin

Kartogr. Bearbeitung und Vervielfältigung:  
GEPHO DATA GmbH, Berlin

Vervielfältigungen jeder Art nur nach Zustimmung des Herausgebers.

## Zeichenerklärung

- Meßstellen an Schleusen
- übrige Meßstellen

Igeo-Klassen nach G. MÜLLER, 1979

- 6 übermäßig belastet (> 19,2 mg / kg)
- 5 stark bis übermäßig belastet (– 19,2 mg / kg)
- 4 stark belastet (– 9,6 mg / kg)
- 3 mäßig bis stark belastet (– 4,8 mg / kg)
- 2 mäßig belastet (– 2,4 mg / kg)
- 1 unbelastet bis mäßig belastet (– 1,2 mg / kg)
- 0 unbelastet (< 0,6 mg / kg)

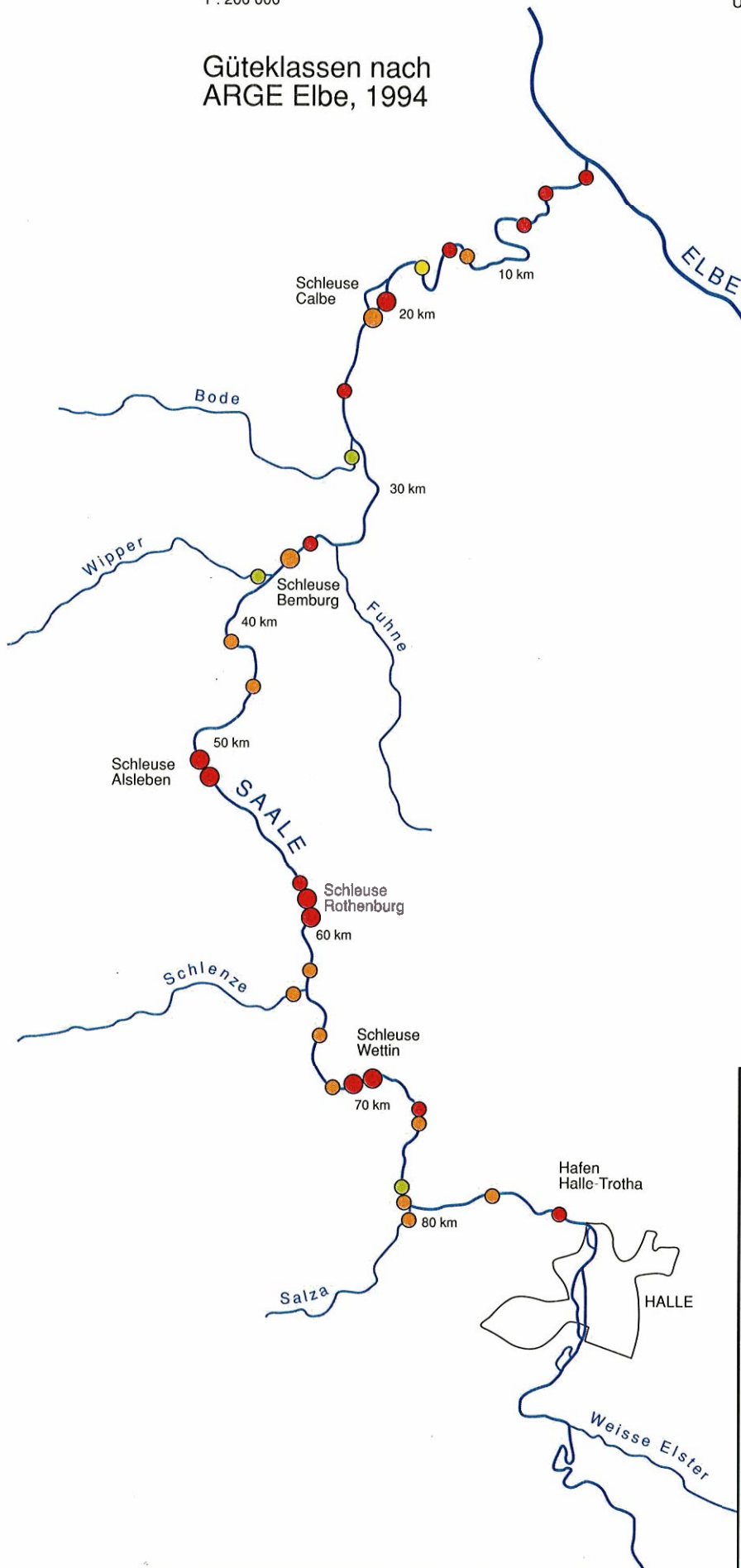


# Quecksilbergehalte im Feinkornanteil der Saalesedimente

1 : 200 000

Untersuchungszeitraum: 1993

Güteklassen nach  
ARGE Elbe, 1994



Herausgeber: Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz \* Berlin – Ausgabe 1994  
 Datenerhebung: Bundesanstalt für Gewässerkunde, Aussenstelle Berlin  
 Kartogr. Bearbeitung und Vervielfältigung: GEPHO DATA GmbH, Berlin  
 Vervielfältigungen jeder Art nur nach Zustimmung des Herausgebers.

### Zeichenerklärung

- Meßstellen an Schleusen
- übrige Meßstellen

### Güteklassen nach ARGE Elbe, 1994

- IV (>25 mg / kg)
- III-IV (<25 mg / kg)
- III (<10 mg / kg)
- II-III (< 5 mg / kg)
- II (< 0,8 mg / kg)
- I-II (< 0,5 mg / kg)
- I (0,2–0,4 mg / kg)

## Anhang II

## **Fallbeispiel**

### **'Elbesedimente und Baggergut im Hamburger Hafen'**

vorgelegt der Ad-hoc Arbeitsgruppe „Baggergut“ der ARGE Elbe  
von Dipl.-Ing. Axel Netzband

in Zusammenarbeit mit

Dr.-Ing. Hermann Christiansen

Dr. Vera Maaß

Dipl.-Biol. Bruno Maaß

alle Wirtschaftsbehörde Hamburg  
Strom- und Hafenaubau

Hamburg, Juni 1996

## Vorbemerkung

Als größter deutscher Seehafen bedarf der Hamburger Hafen wie die meisten anderen Häfen der Welt regelmäßiger Unterhaltungsarbeiten. Zur Erhaltung der Schiffbarkeit muß das von der Elbe herangeführte und sich in den Hafenbecken ablagernde Sediment ausgebagert werden. Dies erfolgt seit Jahrhunderten: zuerst mit Hand, seit dem 19. Jahrhundert werden maschinell betriebene Baggergeräte eingesetzt.

Das gebaggerte Material wurde früher überwiegend zur Flächenaufhöhung oder aufgrund seiner hohen Nährstoffgehalte landwirtschaftlich genutzt. Mit der Industrialisierung ging eine zunehmende Schadstoffbelastung der Gewässersedimente einher. Nach der Erkenntnis der nun vom Elbeschlick ausgehenden Umweltbelastungen wurde in den 80er Jahren das Hamburger Baggergutkonzept entwickelt und nachfolgend umgesetzt. Damit hat Hamburg einen Weg eingeschlagen, der mit seinem Aufwand nicht nur an der Elbe einzigartig da steht.

Ziel des nachfolgenden Fallbeispiels Hamburger Hafen ist es, die Belastung der Sedimente im Hafengebiet, ihre flächenmäßige Verteilung und ihre Ursachen darzustellen. Dazu wird eingehend das Sedimentationsgeschehen erläutert. Auf das Hamburger Konzept der Baggergutbehandlung wird hier nicht eingegangen, es wird jedoch die Belastung des aufbereiteten Schlicks dargestellt.

## 1 Sedimentationsgeschehen

Derzeit wird für die Sedimentationsprozesse in Hamburg der folgende Ansatz diskutiert: Aus dem oberstrom Hamburgs gelegenen Gebiet bewegen sich die Schwebstoffe mit der Strömung zu einem großen Teil zunächst durch das Hamburger Gebiet und gelangen unterstrom in einen 'Pool', in dem eine Vermischung von aus dem Oberstromgebiet herangeführten mit marinen Schwebstoffen erfolgt. Die Hauptrichtung der Schwebstoff- und Sedimentzuführung in den Hafen erfolgt somit von unterstrom; die Dynamik dieser Vermischung unterliegt der Tide und der Oberwasserführung (s. auch Kapitel 2).

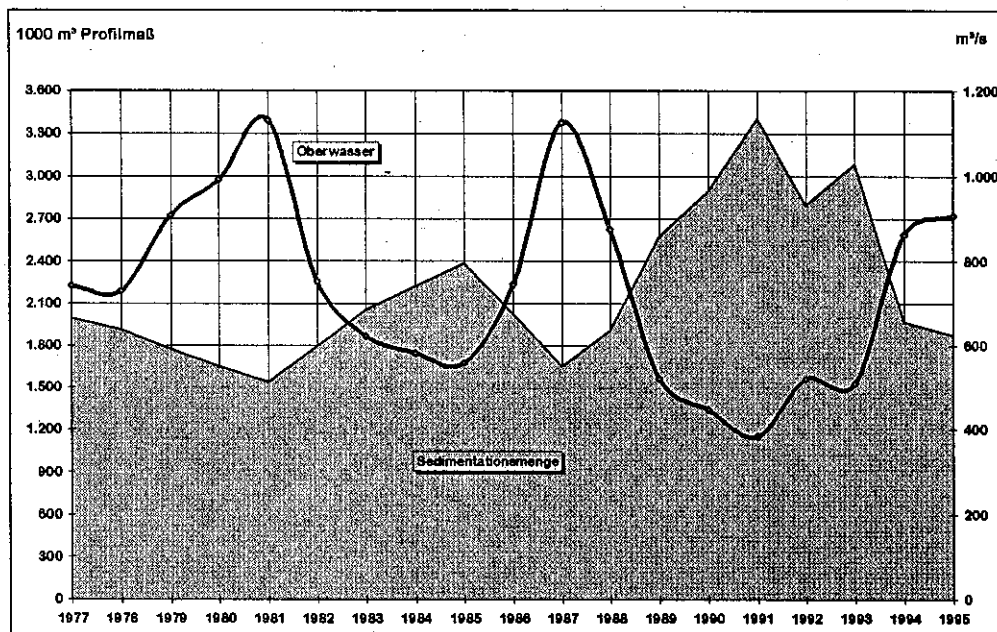


Abb. 1: Sedimentationsmengen im Hamburger Hafen und mittlere Oberwasserführung der Elbe im Zeitraum 1977 - 1995

Abb. 1 zeigt die Entwicklung der Sedimentationsmengen in den Hauptbaggergebieten für den Zeitraum 1977 - 1995. Es deutet sich eine Abhängigkeit der Sedimentmengen von der Oberwasserführung der Elbe an, d.h. je geringer die Oberwasserführung, um so höher die

Sedimentmenge. Anfang der 90er Jahre ist durch die Folge mehrerer Jahre mit geringer Oberwasserführung dieser Trend überproportional angestiegen und hat zu den bisher größten Sedimentmengen geführt. Derzeit wird von rund 2,5 Mio. m<sup>3</sup>/a Schlick und Sand im Profilmass in den Hamburger Hafenbecken ausgegangen. Aufgrund der großen Mengen Anfang der 90er Jahre liegen im Hafen noch erhebliche Nachholbedarfe.

Über den Feststoffhaushalt im Bereich der unteren Elbe bestehen derzeit erst grobe Abschätzungen. Aus dem oberhalb Hamburgs gelegenen Bereich gelangen jährlich in Abhängigkeit vom Oberwasser 500.000 bis 1.000.000 Tonnen Schwebstoffe in den Hamburger Bereich. Die durch Baggerungen entnommenen Schlickmassen liegen in der Größenordnung von 300.000 Tonnen pro Jahr. Wegen der o.g. Zusammenhänge können diese Werte nicht direkt in Beziehung gesetzt werden, sie verdeutlichen jedoch die Größenordnung sowie die Tatsache, daß auch unter Berücksichtigung der Baggerungen ein Großteil der (belasteten) Feststoffe sich an Hamburg vorbei in Richtung Nordsee bewegt.

Neben dem für die Nordsee positiven Effekt der Entnahme von Schadstoffen werden dem System Elbe im Hamburger Gebiet mit dem Baggergut jedoch auch erhebliche Feststoffmengen entnommen, die möglicherweise an anderer Stelle fehlen. Eine Bewertung dieser Tatsache steht noch aus. Diese nicht nur auf den Hamburger Bereich bezogenen Überlegungen sollten bei der Bewertung der Schadstofffrachten für die Nordsee berücksichtigt werden.

Bei der Ursachenforschung hat sich gezeigt, daß neben einer Vielzahl von Faktoren das oberwasserabhängige 'Mengenangebot' an Schwebstoffen und die Drehströmungen in den Hafeneinfahrten die Hauptursachen für die Sedimentation in den Hafenbecken sind (Abb. 2).

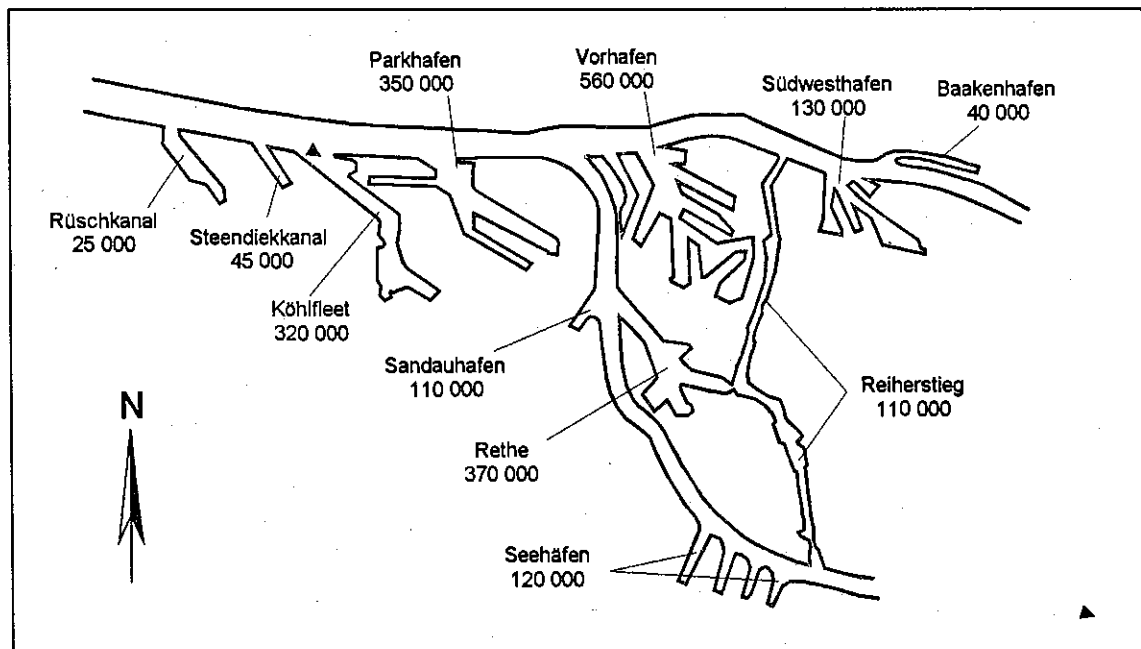


Abb. 2: Übersicht über den Hamburger Hafen. Größenordnung der Sedimentationsmengen in (m<sup>3</sup>) in den Hauptbaggergebieten im Zeitraum 1977 bis 1995.

## 2 Schwebstoff-, Sediment- und Baggergutbelastung

Nachfolgend wird zuerst die Beladung der Schwebstoffe der Elbe im Hamburger Bereich und ihre zeitliche Entwicklung anhand der Daten der ARGE Elbe dargestellt. Dann erfolgt ein Vergleich mit der Beladung der Oberflächensedimente im Hafen. Anhand von Kernproben wird die räumliche Verteilung der Belastung des Hamburger Baggergutes dargestellt und mit den Sedimentbewertungsschema der ARGE Elbe bewertet. In Kapitel 5.1 erfolgt eine Darstellung der Belastung des aufbereiteten Baggergutes.

### 2.1 Datengrundlage

Die Schadstoffbelastung der *frischen, schwebstoffbürtigen Sedimente der Elbe* wird bereits seit Jahren monatlich u.a. in Schnackenburg sowie Bunthaus oberhalb von Hamburg und Seemannshöft im westlichen Hafenbereich (s. Abb. 6) gemessen. Die im folgenden verwendeten Daten wurden von der Wassergütestelle der ARGE Elbe überlassen.

Anfang der 80er Jahre erfolgte im Hamburger Hafen eine mehrere 100 Proben umfassende *Sedimentkartierung*. Seit 1991 erfolgt eine jährliche *Referenzbeprobung* an 13 Stellen im Hafen, im wesentlichen in den Hauptbaggergebieten, um die Entwicklung der Schadstoffbelastung zu verfolgen. Diese Beprobung erfaßt oberflächennahe, frische Sedimente und ist damit nicht in allen Fällen repräsentativ für das Baggergut, das über einige Monate Sedimentationsgeschehen entsteht. Andererseits erfolgen die Probenahmen in den Frühjahrsmonaten und erfassen so den Einfluß der Winterhochwässer mit erhöhten Beladungen, die Ergebnisse sind also in der Tendenz eher 'ungünstig'. In 1994 / 1995 erfolgte eine erneute umfassende *Sedimentbeprobung* an rund 80 Punkten.

### 2.2 Elbeschwebstoffe und Referenzmeßstellen

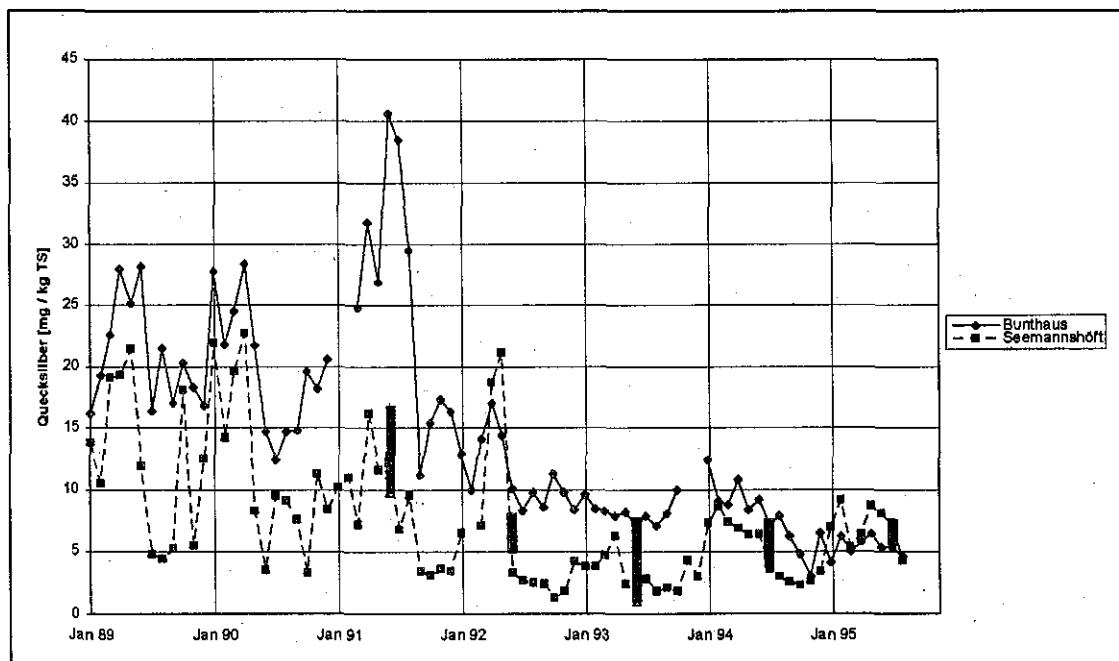


Abb. 3: Quecksilber im frischen, schwebstoffbürtigen Sediment an den Meßstellen Bunthaus und Seemannshöft von 1989 bis Juli 1995. Die Kästen stellen die Bandbreite der Sedimentbelastung an den Referenzmeßstellen im Hamburger Hafen dar. (Fraktion < 20  $\mu$ m).

Die Schwebstoffbelastung mit Quecksilber und Cadmium im Hamburger Bereich zeigen Abb. 3 und Abb. 4. Die Belastungsquellen liegen in beiden Fällen weitestgehend oberstrom. Deutlich wird der Unterschied in der Schwebstoffbelastung zwischen Bunthaus und Seemannshöft. Dies ist auf den Eintrag und die Vermischung (Verdünnung) mit marinen Sedimenten im tidebeeinflussten Gebiet unterhalb von Hamburg zurückzuführen.

In die beiden Abbildungen ist die Bandbreite der Beladung der Oberflächensedimente aus den Referenzbeprobungen als Balken eingetragen. Sie liegt innerhalb der Bandbreite der Schwebstoffbeladung in Bunthaus bzw. Seemannshöft, eine Bestätigung für die minimalen Hamburger Einträge.

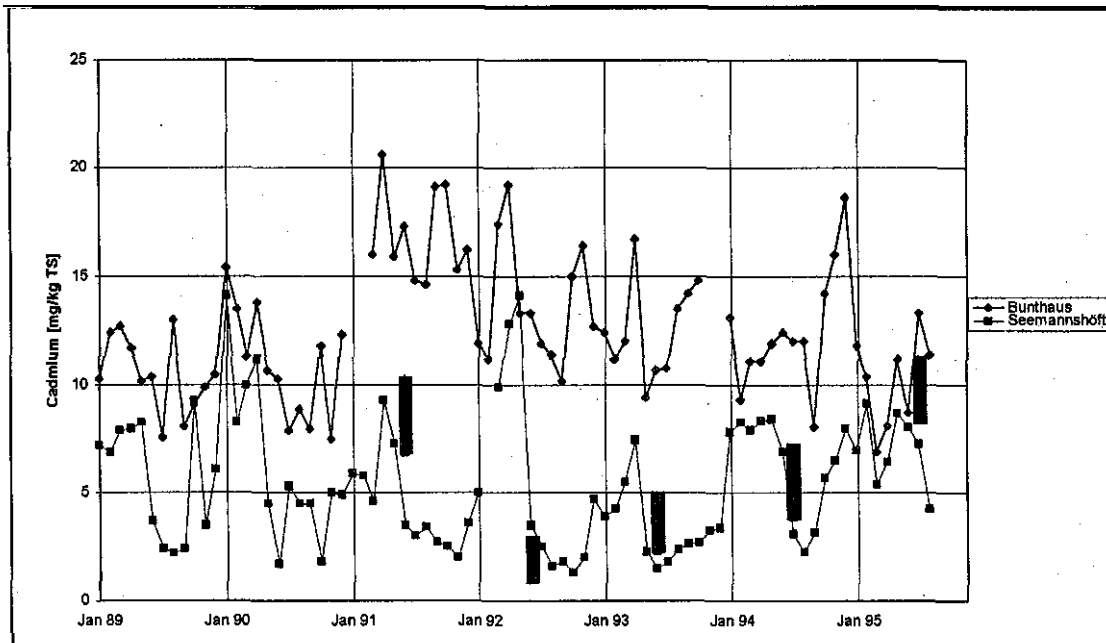


Abb. 4: Cadmium im frischen, schwebstoffbürtigen Sediment an den Meßstellen Bunthaus und Seemannshöft von 1989 bis Juli 1995. Die Kästen stellen die Bandbreite der Sedimentbeladung an den Referenzmeßstellen im Hamburger Hafen dar. (Fraktion < 20 µm).

In den Jahren 1993 - 1995 deutet sich insbesondere bei Cadmium im Schwebstoff in Seemannshöft bzw. im Referenzstellen-Sediment ein leichter Trend nach oben an. Er ist auf die erhöhte Oberwasserführung in diesem Zeitraum zurückzuführen, d.h. die marinen Sedimente gelangen nicht mehr so weit nach Oberstrom (Verlagerung der Trübungszone in der Unterelbe). Im gleichen Zeitraum ist der Oberstromtrend in Bunthaus fallend.

Tab. 1: Klassifizierung der 90-Perzentile der Beladung der frischen, schwebstoffbürtigen Sedimente in Bunthaus und Seemannshöft in 1995

Parameter	Bunthaus	Seemannshöft
Arsen	III	III
Blei	III	II-III
Cadmium	III-IV	III
Chrom	II-III	II-III
Kupfer	III	III
Nickel	II-III	II-III
Quecksilber	III	III
Zink	III-IV	III-IV
AOX	III	III
Hexachlorbenzol	III-IV	II-III
PCBs	II-III / III	II-III / III
DDD / DDE / DDT	I-II / II / II-III / III	I-II / II / III
α- / β- / γ-HCH	II-III / III / II	II / II-III / I-II
Tri- / Tetrabutylzinn	- / -	III

Tab. 1 stellt die Klassifizierung der 90-Perzentile der Schadstoffbeladung der frischen, schwebstoffbürtigen Sedimente in Bunthaus und Seemannshöft in 1995 nach dem Sedimentbewertungsschema der ARGE Elbe dar.

## 2.3 Entwicklung der Schwebstoff- und Sedimentbelastung

Mitte der 80er Jahre war die Schadstoffbelastung der Schwebstoffe der Elbe wesentlich höher als heute. Die nachfolgende Abbildung zeigt die Entwicklung der Schwebstoffbelastung des damals größten Problemparameters Quecksilber von 1984 bis 1991 in Schnackenburg. Die Werte sind von über 60 mg/kg TS Mitte der 80er Jahre auf unter 10 mg / kg TS in 1993 gefallen. Andere Parameter zeigen seit Jahren ebenfalls eine fallende Entwicklung, leider jedoch nicht in gleichem Ausmaß.

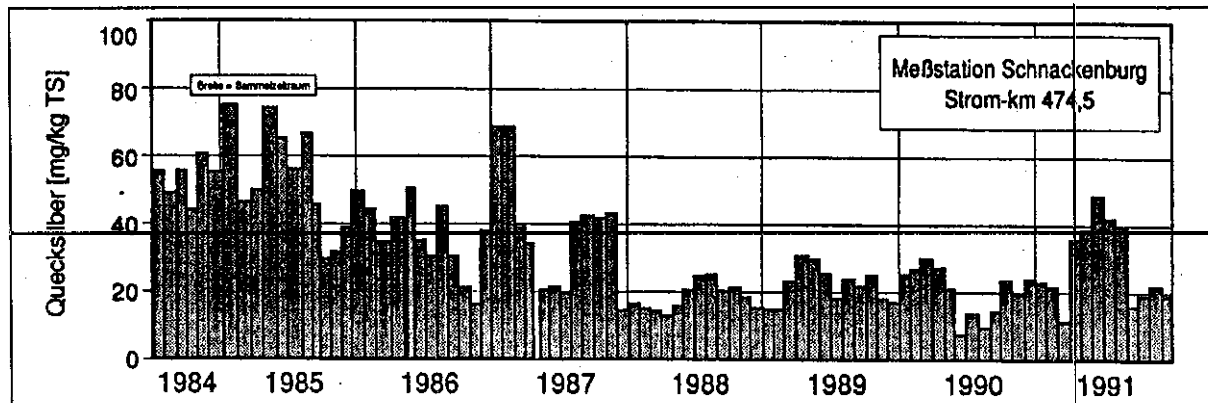


Abb. 5: Entwicklung der Quecksilberbelastung der frischen, schwebstoffbürtigen Sedimente in Schnackenburg von 1984-1991 (ARGE Elbe)

Um die Entwicklung der Schadstoffbelastung der Sediment im Hamburger Hafen zu verdeutlichen, enthält Tab. 2 eine Gegenüberstellung der Ergebnisse der umfangreichen Beprobungen der Sedimente im gesamten Hafenbereich von 1983 und 1994 (Oberflächenproben 0-2 cm) für Schwermetalle und Arsen.

Tab. 2: Vergleich der Sedimentbelastung mit Metallen im Hamburger Hafen der Jahre 1983 und 1994; Gesamtgehalte in [mg / kg TS]

Parameter	1983			1994		
	Minimum	Maximum	Median	Minimum	Maximum	Median
Arsen	9,3	245	39	7	58	25
Blei	19	1920	160	22	260	105
Cadmium	0,16	24	8,9	0,7	11	4,8
Chrom	45	327	151	17	150	66
Kupfer	22	1780	301	20	920	130
Nickel	18	172	56	12	70	39
Quecksilber	0,16	35	9,4	0,82	8,5	3,3
Zink	113	3669	1465	180	1880	860

Die Probenahmestellen waren über den gesamten Hafenbereich verteilt und umfassen deshalb auch Bereiche, in denen nicht gebaggert wird. Aus der Gegenüberstellung wird ersichtlich, daß die Schwermetallbelastung deutlich abgenommen hat, sowohl was die mittlere Belastung als auch Maximalwerte betrifft. Gleiches gilt für die hier nicht dargestellten organischen Schadstoffe. Weiteres s. [MAAß et al.]

## 2.4 Schadstoffbelastung von Sedimentkernen aus dem Hafenbereich

Grundlage für die Beurteilung von Baggeregut ist eine für die Gesamtmenge repräsentative Probenahme über die gesamte Baggertiefe. Insofern geben die vorgenannten Proben aus den Referenzstellen der obersten 2 cm nur einen ersten Hinweis auf die Schadstoffbelastung. Für eine vertiefte Darstellung werden deshalb Sedimentkerne zugrundegelegt, die im



Rahmen der umfassenden Sedimentbeprobung 1994/95 gewonnen wurden (im folgenden nach MAAß et al.).

Die Kernprobennahme erfolgte vorrangig in den Gebieten des Hafens mit häufigen Baggerungen, in erster Linie also in den Hafeneinfahrten, aber auch aus den übrigen Hafengebieten. Einige Kernproben repräsentieren 'alte' Hafensedimente aus Gebieten mit seltenen oder keinen Unterhaltungsmaßnahmen oder aus Gebieten mit bekannter erhöhter Belastung. 4 Proben wurden als Referenz aus Gebieten ober- und unterhalb des Hafens gewonnen. Insgesamt handelt es sich um 29 Proben.

Die Korngrößenverteilung schwankte innerhalb der beprobten Hafenbereiche erheblich, so lag der Feinkornanteil < 20 µm zwischen 10 und 80 % bei einem Median von rund 40 %. Der TOC lag zwischen 2,5 und 10 %.

Tab. 3: Übersicht über die Beladung mit Arsen und Schwermetallen (Fraktion < 20 µm) sowie der organischen Schadstoffe der 'jungen' und 'alten' Sediment-Kernproben in (mg / kg TS bzw. µg Sn / kg für die zinnorganischen Verbindungen).

	Sediment- typ	Minimum	Median	90- Perzentil	Maximum
Arsen	jung	25	35,5	57,3	65
	alt	47	130	225	270
Blei	jung	68	120	196	220
	alt	140	320	506	680
Cadmium	jung	2,7	6,7	13,3	16
	alt	6,5	22	30,8	44
Chrom	jung	72	120	262	290
	alt	190	230	252	270
Kupfer	jung	81	150	365	400
	alt	210	440	710	890
Nickel	jung	42	58,5	86,7	94
	alt	72	80	97	110
Quecksilber	jung	3	5,35	14,5	22
	alt	10	13,3	17,5	19,4
Zink	jung	670	1175	1966	1990
	alt	1450	2100	2892	3000
PAK	jung	0,36	2,26	5,9	13,4
	alt	0,52	24,36		293,3
Mineralöl	jung	< 50	235	573	820
	alt	410	2000	2700	3000
AOX	jung	54,8	117,5	294,4	388
	alt	191	240	299,6	344
Hexachlorbenzol	jung	< 0,01	0,016	0,034	0,066
	alt	< 0,01	0,023	0,042	0,048
Tributylzinn	jung	31	98	339,7	942
	alt	4	46		64
Tetrabutylzinn	jung	25	117	410,9	645
	alt	2	58		135

Inwieweit sich die oben genannten Gruppen unterscheiden lassen, wurde durch eine Clusteranalyse untersucht. Es ergibt sich eine Unterteilung in 18 Proben aus den Hauptbaggergebieten, 7 'alte' Sedimentproben und die 4 Referenzproben. Die 'jungen' Sedimente aus Gebieten, in denen häufig gebaggert wird, unterscheiden sich bereits in den charakterisierenden Parametern wie TOC von den 'alten' Sedimenten, so ist in den frischen Sedimenten der Sandgehalt höher und der TOC niedriger. Darin widerspiegelt sich das Sedimentationsgeschehen, d.h. der Sand setzt sich bevorzugt in den vorderen Hafenbeckeneinfahrten ab.

Die Verteilung der Schwermetallgehalte entspricht im wesentlichen der Verteilung in den Oberflächenproben, der Schadstoffgehalt ist also auch bei den Kernen vorrangig von der geographischen Lage im Hafen sowie dem Alter der Proben abhängig. Damit wird bestätigt, daß die Referenzbeprobungen eine schnelle Einschätzung der Belastungssituation und damit der zeitlichen Entwicklung der Schadstoffbelastung ermöglichen.

Tab. 3 enthält eine Übersicht über die Schadstoffbeladung der Proben aus den Hauptbaggergebieten sowie der 'alten' Sedimente und widerspiegelt die vorhandene Bandbreite. Ersichtlich wird die fast durchweg deutlich geringere Belastung der 'jungen' Sedimente'. Eine genauere Betrachtung ergibt einen Abfall der Belastung von Oortkaten im Osten zum Mühlenberger Loch nach Westen hin.

Eine genauere Betrachtung identifiziert einzelne Punkte mit einer deutlich erhöhten Belastung, die zum Teil hafenspezifisch sind (u.a. Mineralöl, Tributylzinn), zum Teil aber auch aus Oberstromeinträgen resultieren (AOX, Tetrabutylzinn).

Im Rahmen der Beprobungen wurden auch Untersuchungen mit Biotests durchgeführt, auf die hier jedoch aus Platzgründen nicht eingegangen wird.

Die vorstehende Darstellung ergibt eine breite Belastung der Kernproben aus dem gesamten Hafengebiet. Interessant ist nun eine Betrachtung der Proben aus den Hauptbaggergebieten, die repräsentativ sind für den Hauptanteil des Baggergutes aus dem Hamburger Hafen zum Probenahmezeitpunkt.

#### 2.4.1 Baggergut aus dem nordwestlichen sowie dem südlichen Hafengebiet

Die 18 Proben aus den Hauptbaggergebieten wurden einer Clusteranalyse unterzogen. Aufgrund der relativ hohen Nachweisgrenze wurden verschiedene organische Parameter nicht in die Analyse einbezogen und werden deshalb in den beiden folgenden Tabellen nicht dargestellt. Auf die Parameter des Sedimentbewertungsschemas der ARGE Elbe wird in Kapitel 3 eingegangen.

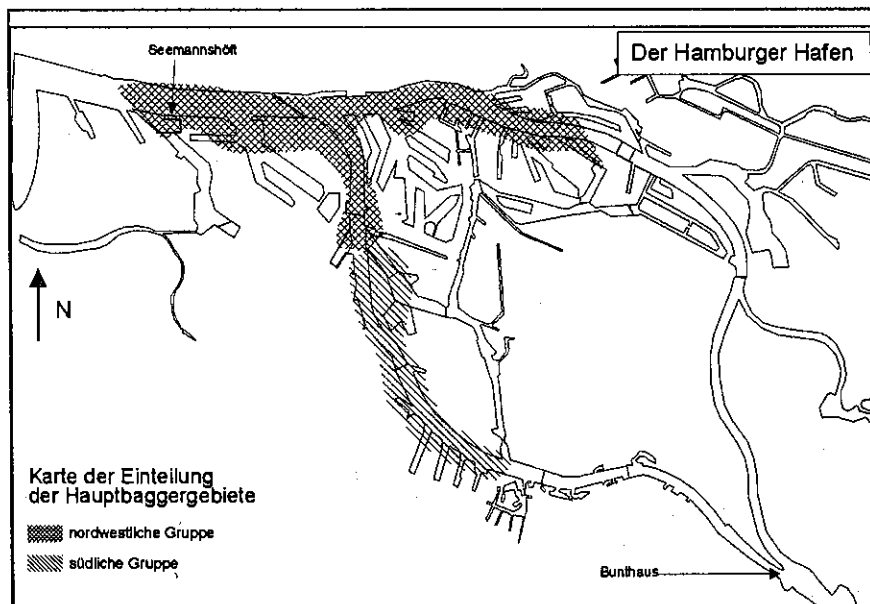


Abb. 6: Unterteilung der Hauptbaggergebiete im Hamburger Hafen aufgrund der Schadstoffgehalte (nordwestliche Gruppe I bzw. südliche Gruppe II)

Die Analyse ergibt zwei abgegrenzte Hafengebiete mit einer höheren und einer niedrigeren Belastung (s. Abb. 6), dem Bereich der westlichen Hafenteile und entlang der Nordereibe sowie einem südlichen Bereich. Bestimmender Faktor für diese sich ergebende Unterteilung dürfte der Eintrag geringer belasteter mariner Sedimente mit der Tide in den nordwestlichen Hafengebiet sein. Der Einfluß aus Einträgen im Hamburger Gebiet ist statistisch nicht abgrenzbar.

In das Gebiet I 'Nordwestliche Gruppe' fallen 13 Proben. Sie umfaßt die Hafenecken (Einfahrten) entlang der Norder- und Unterelbe sowie die Einfahrten zur Rethelände und zum Sandauhafen. Ihre Schadstoffbelastung gibt Tab. 4 wieder.

Tab. 4: Belastung mit Metallen und organischen Schadstoffen in den Kernproben aus dem Gebiet I 'Nordwestliche Gruppe'. Metalle in der Fraktion < 20 µm, Angaben in (mg / kg TS bzw. µg Sn / kg für die zinnorganischen Verbindungen)

Parameter	Minimum	Unteres Quartil	Median	Oberes Quartil	Maximum	Median = ARGE-Kl.	Max. = ARGE-Kl.
Arsen	25	29	31,5	34,75	42	II-III	III
Blei	68	97,75	110	120	130	II-III	II-III
Cadmium	2,7	4,3	5,6	6,7	7	III	III
Chrom	72	96,75	105	122,5	160	II-III	III
Kupfer	81	127,5	145	152,5	170	II-III	III
Nickel	42	50,5	53,5	58,25	65	II-III	II-III
Quecksilber	3	3,95	4,75	5,325	7,5	II-III	III
Zink	670	952,5	1050	1162,5	1210	III-IV	III-IV
PAK	0,36	0,57	1,21	2,72	4,79		
Mineralöl	50	85	160	313	500		
AOX	55	79	104	118	159	III	III
Monobutylzinn	16	20,5	25,5	35,8	108	II-III	III
Dibutylzinn	9	16,8	23,5	34,8	47	II	II-III
Tributylzinn	31	81,8	94	158	402	II-III	IV
Tetrabutylzinn	25	33	79	115	149	III	III

Es wird die deutlich geringere Variation der Belastung als im Gesamtumfang deutlich. In der Tabelle erfolgt auch eine Einstufung in das Sedimentbewertungsschema der ARGE Elbe, hierzu wird auf das folgende Kapitel 3 verwiesen.

Die Belastung der Gruppe II 'Süd' gibt Tab. 5 wieder. Sie umfaßt die Harburger Seehäfen und den inneren Bereich der Rethelände. Aufgrund der vergleichsweise geringen Probenzahl ist hier eine weitergehende statistische Auswertung nur beschränkt möglich.

Tab. 5: Belastung mit Metallen und organischen Schadstoffen in den Kernproben aus dem Gebiet II 'Südliche Gruppe'. Metalle in der Fraktion < 20 µm, Angaben in (mg / kg TS bzw. µg Sn / kg für die zinnorganischen Verbindungen)

Parameter	Minimum	Median	Maximum	ARGE- Klasse	
				Median	Maximum
Arsen	43	57	65	III	III
Blei	170	190	220	III	III
Cadmium	10	13	16	III-IV	III-IV
Chrom	180	250	290	III-IV	III-IV
Kupfer	250	350	400	III-IV	III-IV
Nickel	71	84	94	II-III	II-III
Quecksilber	8,8	14,3	22	III-IV	III-IV
Zink	1660	1960	1990	III-IV	III-IV
PAK	0,9	5,5	13,4		
Mineralöl	240	570	820		
AOX	200	262	388	III-IV	III-IV
Monobutylzinn	45	51	88	II-III	III
Dibutylzinn	54	59	127	II-III	III
Tributylzinn	64	96	106	III	III
Tetrabutylzinn	203	341	645	IV	IV

Die Proben der südlichen Gruppe werden durch insgesamt höhere Metall- und Tetrabutylzinngehalte charakterisiert. Sowohl Maximalwerte wie auch Median sind bei mehreren Parametern in ARGE-Klasse III-IV, bei Tetrabutylzinn sogar in Klasse IV.

Demgegenüber liegen die Maximalgehalte in der nordwestlichen Gruppe in der ARGE-Klasse II-III oder Klasse III und sind damit deutlich geringer belastet als die Sedimente der südlichen Gruppe. Überschreitungen gibt es durch Zink, das überall in Klasse III-IV liegt. Alleinige Ursache dafür ist die hohe Beladung der Hamburg erreichenden Schwebstoffe der Elbe. Tributylzinn - ein zum großen Teil hafengebürtiger Eintrag - führt zu einer Einstufung in der nordwestlichen Gruppe des Maximalwertes in Klasse IV. Die Betrachtung der statistischen Auswertung zeigt jedoch, daß dies ein lokal erhöhter Wert ist, der Median liegt nur noch in Klasse II-III.

Bezogen auf Baggeregut unterstreicht die Auswertung die Notwendigkeit einer fallbezogenen, d.h. in diesem Fall auf das jeweilige Baggergebiet bezogenen Entscheidung über Behandlungsoptionen.

Abschließend erfolgt in Abb. 7 eine grafische Darstellung der Anreicherung der Metalle in den Sedimenten der drei Bereiche gegen die Zielvorgabe Klasse II des ARGE-Elbe-Sedimentbewertungsschemas. Damit wird die unterschiedliche Belastung der einzelnen Gebiete sehr gut deutlich.

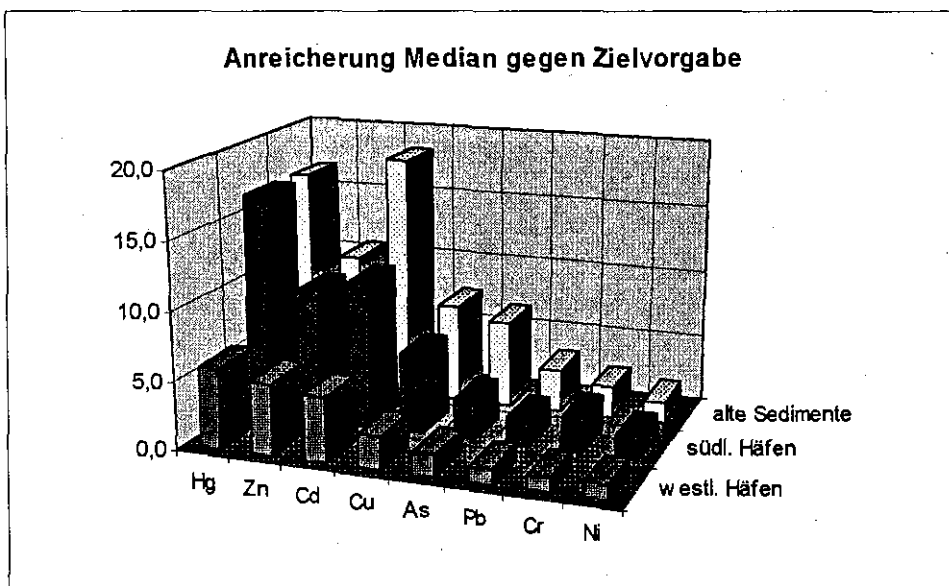


Abb. 7: Anreicherung der Metalle in den Sedimenten der drei Bereiche gegen die Zielvorgabe Klasse II des ARGE-Elbe-Sedimentbewertungsschemas

Mit der bisher erfolgten Darstellung der Belastung der Sedimente im Bereich des Hamburger Hafens ist noch keine Bewertung oder daraus resultierend über Behandlungsoptionen vorgenommen worden. In Kapitel 3 wird deshalb auf vorhandene Sedimentbewertungsschemas eingegangen.

### 3 Schadstoffbewertung

Vor dem Hintergrund tendenziell sinkender Schadstoffbelastungen der Sedimente wurde ein Vergleich der Hamburger Sedimentbelastung mit verschiedenen vorhandenen Sedimentbewertungsansätzen durchgeführt [SCHMIDT, 1995]. Von diesen ist keiner direkt oder bindend auf Hamburger Baggeregut anwendbar. Von besonderem Interesse war dabei die Frage, ob sich aus der Sedimentbelastung bestimmte Hinweise auf Handlungsoptionen ergeben.

Für die Bewertung sind diverse chemisch-numerische Klassifikationssysteme im Einsatz bzw. in der Diskussion. Biologische Ansätze sollen eine umfassende Bewertung unter Be-

rücksichtigung des toxischen Potentials einer Probe ermöglichen, haben sich jedoch in der Verwaltungspraxis in Deutschland noch nicht durchgesetzt. Sie werden für unterschiedliche Zwecke von verschiedenen Institutionen verwendet. Für die biologischen Ansätze spricht die Einbeziehung des Wirkungspotentials, hingegen sind die chemischen Ansätze weit verbreitet und bekannt. Sie ermöglichen jedoch nur sehr bedingt einzelfallbezogene Entscheidungen.

Bezüglich der Identifizierung von Problemparametern ergibt eine detaillierte Ausarbeitung das folgende durchgängige Ergebnis bezüglich der Einstufung des Hamburger Baggergutes:

- Hauptproblemstoffe sind derzeit beim Baggergut Quecksilber, Kupfer und Zink,
- Cadmium, Arsen und Blei nehmen eine Zwischenposition ein,
- relativ unproblematisch scheinen Chrom und Nickel zu sein.
- Bei den organischen Parametern fallen insbesondere Hexachlorbenzol und Organozinnverbindungen auf.

Gem. der 'Handlungsanweisung zur Anwendung der Oslo-/Helsinki-Richtlinien in der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes' (HABAK) liegen für Teilmengen des Hamburger Baggergutes die Schwermetallgehalte unterhalb des 5-fachen Richtwertes, die Richtwerte für organische Schadstoffe werden häufig überschritten. Die Einbringung in das Konventionsgebiet wäre vorbehaltlich vertiefter Untersuchungen für Teilmengen möglich.

Gem. der 'Holland-Liste' sollte das Baggergut wenn möglich und sinnvoll unter Anwendung der IDK-Kriterien (Isolieren, Deponieren, Kontrollieren) abgelagert werden. Die Rotterdamer Richtwerte würden das Umlagern in die Nordsee derzeit weitgehend ausschließen.

### 3.1 Einstufung nach ARGE Elbe

Im Bereich der ARGE Elbe ist ein Sedimentbewertungsschema im Einsatz, das auch die Grundlage der Empfehlungen zum Umgang mit Baggergut darstellt. Nachfolgend wird eine Einstufung vorliegender Sedimentproben aus dem nordwestlichen Bereich in dieses Schema vorgenommen (Tab. 6).

In diese Auswertung finden neben den vorgenannten Proben auch Untersuchungen mehrerer Sedimentkerne aus 3 Hafengebieten der nordwestlichen Gruppe (Reihe, Köhlfleet, Sandauhafen) Eingang, die im Rahmen der Untersuchungen zur Baggergutumlagerung vorgenommen wurden, um die kleinräumige Variabilität in einem Hafengebieten zu untersuchen. Der dargestellte Datensatz ist also nicht als repräsentativ anzusehen, da einzelne Bereiche überrepräsentiert sind und höher belastete Proben aus der Sedimentbeprobung nicht berücksichtigt wurden. Dargestellt sind die Parameter des Bewertungsschemas.

Aus dieser Zusammenstellung der Kernproben aus 1993 und 1994 wird folgendes ersichtlich:

- Bei einigen Parametern von Proben aus den westlichen Hafengebieten werden die Zielvorstellungen Klasse II des ARGE-Systems bereits erreicht.
- Bei den Metallen liegen die meisten Maxima sowie 90-Perzentile in Klasse III,
- bei Zink liegt selbst der Median in Klasse III-IV.
- Bei den organischen Schadstoffen stellen die zinnorganischen Verbindungen sowie AOX das Hauptproblem dar (Klasse II-III und III des 90-Perzentils),
- die übrigen Parameter liegen überwiegend in Klasse II und II-III.

Zusammenfassend ist die Sedimentqualität in den Hauptbaggergebieten für Metalle außer Zink in Klasse III einzustufen, Zink liegt in Klasse III-IV. Bezüglich der organischen Schadstoffe ergibt sich eine Einstufung in Klasse II-III bzw. III, die zinnorganischen Verbindungen sind in der Gesamtheit in Klasse III einzustufen.

Tab. 6: Baggergutkernproben aus dem westlichen Bereich des Hamburger Hafens (nord-westliche Gruppe I) aus den Jahren 1994/95. Probenanzahl  $\leq 33$ .

Parameter	Minimum	Median	90-Perzentil	Maximum
Arsen	II-III	II-III	III	III
Blei	II	II-III	II-III	III
Cadmium	II III	III	III	III
Chrom	II	II-III	II-III	III
Kupfer	II-III	II-III	III	III
Nickel	II	II-III	II-III	II-III
Quecksilber	II-III	II-III	III	III
Zink	III	III-IV	III-IV	III-IV
AOX	II-III	III	III	III
Hexachlorbenzol	I-II	II	II	II
PCB Nr. 28	I-II	II-III	II-III	II-III
PCB Nr. 52	I-II	II-III	II-III	II-III
PCB Nr. 101	I-II	II-III	I-III	II-III
PCB Nr. 138	I-II	II-III	II-III	III
PCB Nr. 153	I-II	II-III	II-III	III
PCB Nr. 180	I-II	II-III	II-III	II-III
Summe DDD	I-II	I-II	II	II-III
p,p'-DDE	I-II	I-II	I-II	I-II
Summe DDT	I-II	I-II	II-III	II-III
$\alpha$ -HCH	I-II	II	II	II
$\beta$ -HCH	I-II	II	II	II
$\gamma$ -HCH	I-II	II	II	II
Monobutylzinn	II	II	II-III	II-III
Dibutylzinn	II	II	II-III	II-III
Tributylzinn	II-III	II-III	III	III
Tetrabutylzinn	II-III	III	III	III

Ein Vergleich ergibt eine weitgehende Deckung mit der Einstufung der frischen, schwebstoffbürtigen Sedimente in Bunthaus bzw. Seemannshöft, sofern das 90-Perzentil zugrunde gelegt wird (s. auch Tab. 1). Ein Vergleich der Medianwerte ist infolge der großen Schwankungen über die Zeit bzw. in der Fläche hier nicht zulässig. Dies ist ein weiterer Beleg für die große Abhängigkeit von der Belastung der Hamburg erreichenden Schwebstoffe. Es stellt sich die Frage nach den Ursachen der Baggergutbelastung.

#### 4. Ursachen der Sedimentbelastung und Auswirkungen der Hamburger Baggergutentnahme

In Anlage A werden cursorisch wesentliche oberstrom liegende Schwerpunkte bzw. Ursachen der Schwebstoff- / Sedimentbelastung dargestellt. Derzeit liegen keine Aussagen über den Anteil verschiedener Einleitungen an der Belastung der Hamburger Elbesedimente vor, wie auch Aussagen über vorhandene Gesamtmengen belasteter Sedimente im Elbegebiet nicht bekannt sind. Aus Hamburger Sicht erscheint es sinnvoll, darüber vertiefende Abschätzungen vorzunehmen.

Nachfolgend werden in einer Aufstellung die nach Hamburg eingetragenen Schadstofffrachten der Elbe, die in Hamburg hinzukommenden Frachten, die über das Baggergut entnommenen Frachten sowie über die Elbe in die Nordsee eingetragenen Frachten gegenübergestellt. Die Aufstellung der Daten erfolgt für das Jahr 1994; der mittlere Abfluß der Elbe betrug bei Neu-Darchau  $861 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Tab. 7: Ein- / Austräge in Hamburg für Metalle (Tonnen) für 1994

Parameter	1	2	3	4
Parameter	Eintrag nach HH	Eingetragene Fracht in HH	Entnahme durch Baggergut in HH	Elbefracht in die Nordsee
Arsen	120	0,14	11	70
Blei	52	0,90	40	110
Cadmium	6	0,03	1,2	4,5
Chrom	110	0,71	40	-
Kupfer	100	15,96	45	160
Nickel	150	3,30	17	-
Quecksilber	4,7	0,18	1,6	3,1
Zink	2.600	5,09	300	1.200

1: Jahresfrachten in Schnackenburg, ARGE Elbe

2: Kommunalen und industriellen Eintrag; Angaben der Umweltbehörde Hamburg

3: Berechnung von Strom- und Hafenanbau

4: Eintrag aus der Elbe in die Nordsee an der Bilanzierungsstelle Seemannshöft, ARGE Elbe

Die Angaben sind mit erheblichen Unsicherheiten behaftet. PULS [1994] ermittelt eine Bleifracht von der Elbe in die Nordsee von 13 - 20 t pro Jahr für 1990-1991. Die Werte der einzelnen Spalten ergeben sich aus jeweiligen Einzelberechnungen; eine Bilanzierung "geht nicht auf". Unklar ist die Ursache für den unterschiedlichen Anteil der 'Entnahme durch Baggergut' an der Vorbelastung zwischen 14 und 60 %; im Mittel beträgt sie 30 %.

Die Werte sind dennoch einander gegenübergestellt, um einen Eindruck von den Größenordnungen zu vermitteln. Deutlich wird der bis auf Kupfer sehr geringe Anteil Hamburgs an der Elbebelastung und die Schadstoffentnahme über das Hamburger Baggergut.

## 5 Baggergutkonzept und -aufbereitung in Hamburg

Traditionell wird das Baggergut aus dem Hamburger Hafen an Land u.a. für Aufhöhungszwecke untergebracht. Ende der 70er Jahre wurden die von der bisherigen Praxis ausgehenden Umweltbelastungen deutlich. Deshalb wurde in den 80er Jahren aufbauend auf einem Baggergutuntersuchungsprogramm das Hamburger Konzept der Baggergutbehandlung entwickelt und umgesetzt. An dieser Stelle sei darauf verwiesen, daß seitdem die Schadstoffgehalte der Elbesedimente deutlich gefallen sind (s. auch Abb. 5).

Das bisherige Konzept besteht aus einer verfahrenstechnischen Aufbereitung in der METHA-Anlage mit den Stufen Entmischung des Baggergutes in Sand und Schluff und Entwässerung des Schluffs sowie Ablagerung des schadstoffbelasteten Schluffs in hügelartigen, modernen Deponiestandards entsprechenden Schlufflagerstätten. Hierfür sind in Hamburg zwei Standorte mit einer Gesamtkapazität von 12 Mio. m<sup>3</sup> vorgesehen.

Die Kosten für die Untersuchungen und die Umsetzung des Hamburger Konzeptes lagen zu Beginn der 80er Jahre bei wenigen Mio. DM und belaufen sich mittlerweile auf über 60 Mio. DM pro Jahr.

Die Umsetzung des Konzeptes setzt das Vorhandensein von Ablagerungsflächen voraus. Die beiden Hamburger Nachbarländer haben sich bereits in den 80er Jahren politisch zur Unterstützung Hamburgs mit der Bereitstellung von Ablagerungsflächen für Elbeschluff aus Hamburg bereit erklärt; die Flächensuchen führten zu erheblichen Widerständen in der Bevölkerung. Für einen Standort in Schleswig-Holstein wird eine Umweltverträglichkeitsuntersuchung für eine Deponie mit 2 Mio. m<sup>3</sup> Einlagerungsvolumen durchgeführt. In Niedersachsen sprach sich ein öffentlicher Runder Tisch (Niedersächsisches Elbeschluffforum) für die Einlagerung in Salzkavernen im Bereich Stade aus.

Durch Studien in den 80er Jahren, durch eine aktuelle Recherche im Auftrag der Hamburger Umweltbehörde ebenso wie auch durch das Ergebnis der Arbeiten des Niedersächsischen Elbeschlickforums wurde immer wieder bestätigt, daß für den Massenstoff Hamburger Baggergut mit einer relativ geringen Schadstoffbelastung keine geeigneten weitergehenden Verfahren zur Aufbereitung über die Technologie der METHA hinaus zur Verfügung stehen. Dies gilt eingeschränkt für die thermische Verwertung, deren Umsetzung jedoch mit Umweltauswirkungen und sehr hohen Kosten verbunden wäre.

Bei Strom- und Hafenausbau erfolgen Arbeiten, die METHA durch geeignete zusätzliche Verfahrenstechniken weiter zu ertüchtigen, um ggfs. in der Steine-Erden-Industrie oder als Erdbaustoff verwertbare Bodenfraktionen zu gewinnen. Damit ließe sich auch die abzulagernde Menge verringern. Auch erfolgen Versuche mit der Herstellung von Ziegeln.

Mit der Umlagerung im Gewässer liegen bisher begrenzte Erfahrungen vor. Seit 1985 werden jährlich *größenordnungsmäßig* 500.000 m<sup>3</sup> Sediment bei Wassertemperaturen < 10 °C durch hydraulisches Eggen im Gewässer umgelagert. In den Wintern 1994/95 und 1995/96 wurden im Rahmen von Großversuchen die Auswirkungen der Umlagerung durch Verklappen von Baggergut aus dem nordwestlichen Hafengebiet in der Elbe unterhalb des Hafengebietes intensiv untersucht. Schwerpunkte waren dabei Fragen des Sedimenttransportes und der Morphologie sowie die Auswirkungen auf die Gewässergüte. Ziel ist es, die Randbedingungen für einen ökologisch vertretbaren und betrieblich sinnvollen Einsatz dieses Verfahrens zu ermitteln.

### 5.1 Belastung des aufbereiteten METHA-Schlicks

In der verfahrenstechnischen Aufbereitungsanlage METHA wird das Baggergut in Sand und Schlick getrennt sowie der Schlick mechanisch entwässert. Tab. 8 enthält die Schadstoffbelastungsdaten einiger Parameter des produzierten Schlicks der Jahre 1993 - 1995. Da es keine technischen Regeln für die Baggergutbehandlung / -ablagerung an Land oder entsprechende Werte zur Beurteilung gibt, werden die Daten hilfsweise zum Vergleich den Werten der Klärschlammverordnung sowie der LAGA für die 'Verwertung von mineralischen Reststoffen' gegenübergestellt, die nicht für Gewässersedimente gelten.

Tab. 8: Klassierter METHA-Schlick aus den Jahren 1993-95; Spannweiten und Median (in Klammern) im Vergleich mit AbfklärV- und LAGA-Reststoff-Werten. Alle Angaben in [mg / kg /Trockensubstanz], Dioxin in [ng Toxizitätsäquivalent / kg TS].

Parameter	METHA - Schlick 1993 - 1995 Gesamtgehalte	Klärschlamm- verordnung Bodenwert	LAGA-Rest- stoffe Bodenwert Z 2
Glühverlust	6,7-11,2 (9,5) %		
Anteil < 20 µm	34-64 (50,6) %		
Arsen	17 - 46 (30)		150
Blei	57 - 210 (90)	100	1000
Cadmium	1,9 - 5,1 (3,6)	1,5 / 1	10
Chrom	61 - 120 (93)	100	600
Kupfer	70 - 190 (100)	60	600
Nickel	28 - 52 (40)	50	600
Quecksilber	1,6 - 7 (3,6)	1	10
Zink	370 - 890 (695)	200 / 150	1500
Mineralöl	100 - 1200 (425)		
Σ PCB (6)	< 0,01 - 0,09 (< 0,01)		1
Σ PAK nach EPA	0,88 - 38,5 (5,37)		20
Dioxin	34 - 117 (51)		

Weil sie zu den ältesten Regelwerken gehört und Spülflächen früher auch landwirtschaftlich genutzt wurden, wurde vormalig die Klärschlammverordnung zur Beurteilung von Baggergut



herangezogen. Dies hat nach wie vor eine gewisse Berechtigung, da gem. 'Aktionsprogramm Elbe' der IKSE erreicht werden soll, daß bis zum Jahr 2010 "die feinen Sedimente landwirtschaftlich verwertet werden können." Für das Hamburger Baggergut ist dies als anzustrebendes Qualitätsziel anzusehen; es stellt kein konkretes hamburgisches Ziel dar.

Seit 1994 werden die Technischen Regeln der LAGA 'Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen / Abfällen' angewendet. Baggergut bzw. Schlick wird nicht genannt; die Werte sind hier zu Vergleichszwecken aufgeführt. Die Regeln betreffen die Verwertung mineralischer Reststoffe 'unterhalb' der TA Siedlungsabfall; zur Beurteilung sind Feststoff- und Eluatwerte genannt. Die LAGA-Regeln enthalten 3 Klassen vom uneingeschränkten Einbau Z0 über Z 1 (eingeschränkter offener Einbau) bis hin zu Klasse Z 2 'eingeschränkter Einbau mit definierten technischen Sicherungsmaßnahmen' [Z 3 entspricht TAsi Deponieklasse I, Z 4 TAsi Deponieklasse II und Z 5 TA Abfall]. Z 2 ermöglicht den Einbau in Lärmschutzwällen, im Straßen- und Wegebau etc.

Die beiden Technischen Anleitungen für Abfall bzw. Siedlungsabfall sind nicht direkt anwendbar, da sich Baggergut bzw. Sedimente nicht in den Zuordnungslisten finden. Der Glühverlust von Schlick überschreitet die Zuordnungswerte der TAsi und häufig auch der TAso; eine thermische Behandlung vor Ablagerung erscheint weder sinnvoll noch ökologisch wünschenswert. Die TAs sollten bei der Ablagerung von belastetem Baggergut als Richtschnur für die Anforderungen herangezogen werden; es sind jedoch noch eigene Kriterien für Baggergut-Monodeponien zu entwickeln, die u.a. auch die besonderen Eigenschaften des Schlicks, wie z.B. die hohe Eigendichtigkeit, berücksichtigen.

Bei Anlegung der Beurteilungskriterien wird das relativ geringe Gefährdungspotential des Schlicks ersichtlich. Dennoch ist eine weiträumige oder flächige Verwendung des METHA-Schlicks nicht und wenn überhaupt nur eingeschränkt möglich. Zuordnungswerte der TAsi werden durch den METHA-Schlick kaum erreicht.

Die Aufführung der Belastung des METHA-Schlicks sowie der Vergleich mit Regelwerken ist bedeutsam für den Vergleich der Handlungsoptionen 'Umlagerung im Gewässer' oder Verwertung bzw. Ablagerung an Land.

## **6 Zusammenfassung**

Die vorstehenden Ausführungen werden wie folgt zusammengefaßt:

- Die Schadstoffbelastung des Hamburger Baggergutes ist zum größten Teil auf die Schadstoffbelastung der Hamburg erreichenden Elbeschwebstoffe zurückzuführen. Nennenswerte lokale Einträge ergeben sich bei Kupfer und Tributylzinn.
- In der Beladung der Elbeschwebstoffe zeigt sich seit einigen Jahren bei vielen Parametern ein abnehmender Trend; eine Prognose über die weitere Entwicklung ist jedoch kaum möglich.
- In Abhängigkeit u.a. von der Oberwasserführung stellen die Hamburger Hafensedimente eine Vermischung von höher mit Schadstoffen belasteten Oberstromschwebstoffen und fast 'sauberen' marinen Schwebstoffen bzw. Sedimenten dar; dementsprechend ist eine klare Unterteilung der Sedimentbelastung im Hafen in Bereiche möglich.
- Die Einstufung der Gesamtheit aller Kernproben der geringer belasteten nordwestlichen Gruppe in das ARGE-Sedimentbewertungsschema ergibt für den Maximalwert überwiegend Klasse III, für den Median Klasse II-III. Eine Ausnahme bildet Zink mit einem Median in Klasse III-IV, bei Cadmium und Tributylzinn ist der Median in Klasse III einzustufen.
- Es ergibt sich die Notwendigkeit einer differenzierten Beurteilung der einzelnen Baggergebiete mit unterschiedlichen Behandlungswegen.

- Der aufbereitete Hamburger Elbeschlick wird derzeit nach Deponiekriterien abgelagert und zur Landschaftsgestaltung eingesetzt. In Anlehnung an die LAGA-Richtlinie zur 'Verwertung mineralischer Reststoffe' sind auch andere Möglichkeiten der Verwertung denkbar. Diese Richtlinie ebenso wie die Technischen Anleitungen TASI und TAsO berücksichtigen allerdings nicht die Besonderheiten des Baggergutes und können deshalb nur modifiziert angewendet werden.
- Für die Behandlung des Hamburger Baggergutes werden verschiedene Lösungen verfolgt. Dazu gehört neben der bisherigen Aufbereitung und Unterbringung in Schlickhügeln die Verwertung von Teilfraktionen z.B. in der Bau-Steine-Erden-Industrie oder im Erdbau, der Versatz von Salzkavernen und als langfristige Lösung das Umlagern im Gewässer.

## 7 Schlußfolgerungen, Fragestellungen und Anregungen

Aus den Ausführungen ergeben sich folgende Fragestellungen bzw. Anregungen:

### Sanierung der Elbe

Im Aktionsprogramm Elbe der Internationalen Kommission zum Schutz der Elbe von 1995 wird u.a. das Ziel genannt, „bis zum Jahr 2010 die feinen Sedimente wieder landwirtschaftlich verwerten zu können“. Aus Sicht Hamburgs sollte zur Lösung des Baggergutproblems hierauf aller Nachdruck gelegt werden.

~~Die nach wie vor~~ bestehende Belastung der Sedimente im Hamburger Hafen sowie das streckenweise hohe Belastungsniveau oberstrom lagernder Sedimente machen die Dringlichkeit und Notwendigkeit sowohl von Einleitungssanierungen als auch Entnahmen hoch belasteter Sedimente aus dem oberstrom gelegenen Elbeeinzugsgebiet zur Verhinderung einer Verdriftung deutlich.

Es sollte geprüft werden, ob Aussagen darüber möglich sind, in welchem Umfang eventuelle Sanierungsmaßnahmen oberstrom zu einer Entlastung der Sedimentbelastung unterstrom beitragen können. Eine verstärkte Berücksichtigung bei der Vergabe von Sanierungsprioritäten entspricht sowohl dem Vorsorgeprinzip wie auch dem Verschlechterungsverbot und wäre zudem konform mit internationalen Vereinbarungen wie z.B. der London Konvention.

### Bewertung von Baggergut

Derzeit werden auch an anderer Stelle Baggergutkonzepte erarbeitet, die für Hamburg von Bedeutung sind. Zu nennen ist die Weiterentwicklung der 'Handlungsanweisung Baggergut Küste' (HABAK) im Rahmen des Bund-Länder-Arbeitskreises Baggergut-Küste (BLABAK). ~~Mittelfristig~~ sollte hier ein Abgleich erfolgen.

Das Sediment-Bewertungsschema der ARGE Elbe erscheint für eine erste Einstufung grundsätzlich geeignet. Wie bei allen numerischen Ansätzen ergibt sich die Frage der Wertung von Überschreitungen von Klassengrenzen durch wenige Parameter. Dies unterstreicht die Notwendigkeit der weiteren Erprobung von ökotoxikologischen Testverfahren.

Die Bewertung mit dem Ziel einer Entscheidung über die Behandlung von Baggergut ist in der Regel eine Abwägung zwischen dem Belassen im Gewässer und dem Herausnehmen. Das Umlagern ist die kostengünstigste Lösung, die zudem am wenigsten in das überörtliche Sedimentregime des Gewässers eingreift, die ökologischen Auswirkungen für das Gewässer sind abzuschätzen. Durch das Umlagern gelangen eventuelle Problemstoffe letzten Endes in die Nordsee, von wo sie bei Erkenntnis ökologisch schädlicher Wirkungen nicht zurückholbar sind. Dies würde jedoch auch bei Nicht-Baggern geschehen, wie sich auch jetzt erhebliche Feststoff- und Schadstofffrachten an Hamburg vorbei in Richtung Nordsee bewegen. Daneben müssen die Möglichkeiten, Kosten und ökologischen Folgen der Landbehandlung bedacht werden.

Die Entscheidung über Handlungsoptionen muß immer einzelfallbezogen sein. Für das Vorgehen bei der Entscheidungsfindung sollten Leitlinien formuliert werden, um ein einheitliches Handeln bei Bund und Ländern sicherzustellen.

### Behandlung von belastetem Baggergut

Für das Hamburger Baggergut stehen verschieden Optionen zur Verfügung: Ablagerung in Schlickhügeln, Verwertung von Teilfraktionen, **Versatz von Salzkavernen**, **Umlagerung** im Gewässer, Reduzierung des Schlickfalls durch geeignete **hafenbauliche Maßnahmen**.

Durch keine der genannten Maßnahmen wird das Problem grundsätzlich gelöst, keine stellt für sich allein gesehen eine Lösung dar. In jedem Fall ist eine Sanierung der Elbe

Voraussetzung für eine langfristige Lösung. Bis dahin muß durch eine sinnvolle und ökologisch verträgliche Kombination eine Übergangslösung gefunden werden.

Für die Aufbereitung bzw. Verwertung auch höher belasteter Sedimente stehen mit dem umgesetzten Hamburger Baggergutkonzept sowie den durch Hamburg initiierten Untersuchungen, wie z.B. der weitergehenden Klassierung oder der 'Verwertung-Studie' von Lahmeyer International, umfangreiche und anwendbare Erfahrungen zur Verfügung.

#### Umlagerung von Baggergut

Das Hamburger Baggergut besteht aus Material, das sich natürlicherweise im Fluß befindet und dessen System entnommen wird. Wieweit sich die Feststoffentnahme im Ökosystem Elbe-Nordsee auswirkt, kann derzeit nicht sicher abgeschätzt werden, sie stellt aber einen Eingriff dar.

Geringer belastetes Baggergut aus dem Hafen sollte zukünftig im Gewässer umgelagert werden. Zu dieser Überlegung führen zurückgehende Schadstoffgehalte der Elbeschwebstoffe und als gering angesehene Auswirkungen, wie durchgeführte Großversuche zur Umlagerung in Hamburg gezeigt haben. Infolge der sich durch marinen Einfluß unterhalb Hamburgs verändernden Milieubedingungen in der Elbe sowie der dadurch abnehmenden Sediment- / Schwebstoffbelastung unterhalb von Hamburg ergeben sich spezielle Randbedingungen bezüglich der Ermittlung einer geeigneten Einbringstelle.

## **Anlage A**

### **Belastung der Schwebstoffe / Sedimente oberstrom von Hamburg**

Über die Herkunft der Sedimentbelastung sowie die Belastung der Sedimente bzw. Schwebstoffe in der Elbe und ihren Nebenflüssen liegen nunmehr umfassende Kenntnisse vor, so z.B. vorgetragen von diversen Autoren auf dem 6. Magdeburger Gewässerschutzseminar in Cuxhaven im November 1994, auf Seminaren der IKSE bei der GKSS in 1994 / 1995 oder im Bericht der BfG über Schadstoffe in Sedimenten und Schwebstoffen der Elbe (1993) enthalten. Angaben sind weiterhin aus dem Bericht der IKSE über die Umsetzung des Sofortprogrammes entnommen.

Die folgenden Angaben geben einen groben exemplarischen Überblick über einige Schwermetalle. Die Konzentrationsangaben sind immer auf die < 20 µm-Fraktion bezogen.

#### **Quecksilber**

Eine Längsbeprobung der GKSS ergab im tschechischen Bereich im Oktober 1993 den erheblichen Einfluß der Bilina auf die Hg-Beladung der Schwebstoffe: Anstieg von ca. 4 auf ca. 22 mg/kg; Verursacher sind hier Betriebe der chemischen Industrie. Die Konzentrationen im Elbesediment liegen an der tschechisch-deutschen Grenze im Bereich um 10 mg/kg TS. In der Relation ist der Anteil tschechischer industrieller Einleiter an der Quecksilberbelastung in den letzten Jahren gestiegen (1,76 zu 0,2 t/a Einleitungen der tschechischen bzw. deutschen Industrie in 1993).

Quecksilber resultiert in den Neuen Bundesländern u.a. aus nunmehr stillgelegten Betrieben der Alkalichloridelektrolyse im Saale- / Muldegebiet sowie aus Verhüttung im Bereich Freiberg. Ein Anstieg der Sedimentbeladung der Elbe ergibt sich bei den Einmündungen von Saale und Mulde auf eine Größenordnung von 20 - 30 mg/kg sowie in Bereich Magdeburg. Spitzenwerte liegen bei 35 mg/kg.

#### **Cadmium**

Bereits an der tschechisch-deutschen Grenze sind die Sedimente stark mit Cadmium belastet. In den Neuen Ländern gelangt Cadmium aus dem Bereich der Freiburger und Zwickauer Mulde sowie der Weißen Elster und der Wipper aus Bergbau- und Metallbe-/verarbeitenden Betrieben ins Gewässer. Nicht zu vernachlässigen ist die geogene Hintergrundbelastung.

In der Weißen Elster werden nach einer Einleitung im Flußsediment Cd-Gehalte bis 67 mg/kg gemessen; diese fallen bis zur Elbe dann auf Werte um 20 mg/kg ab.

#### **Kupfer**

Auch Kupfer hat seinen Ursprung hauptsächlich in Bergbau- und Hüttenbetrieben. An der tschechisch-deutschen Grenze weisen die Sedimente Gehalte um 200 mg/kg auf, die Konzentrationen steigen nach Mulde- und Saaleeinmündungen auf 300 - 600 mg/kg an. Hier dürften auch kommunale Einleitungen eine Rolle spielen. Beim Kupfer ist der Hamburger Anteil an der Sedimentbelastung im Hafen relativ am höchsten (s. 'Frachtbilanz' in Kapitel 6).

#### **Zink**

Zink gelangt wie auch Cadmium im Bereich der Freiburger Mulde und der Wipper aus Bergbauhalden und Grubenwassereinleitungen ins Gewässer. Nach MARTIN [1994] beträgt im Bereich der Muldemündung der Anteil der Einträge aus Grubenwässern des Erzgebirges 37 % an der Zinkfracht der Elbe. Hinzu kommen Belastungen aus der Zellstoffindustrie im Bereich der Weißen Elster [A. MÜLLER et al., 1994]

Im tschechischen Bereich der Elbe liegen die Zn-Gehalte im Schwebstoff bei 500 mg/kg, um nach der Einmündung der Moldau auf Werte um 1000 mg/kg zu erreichen. Sie

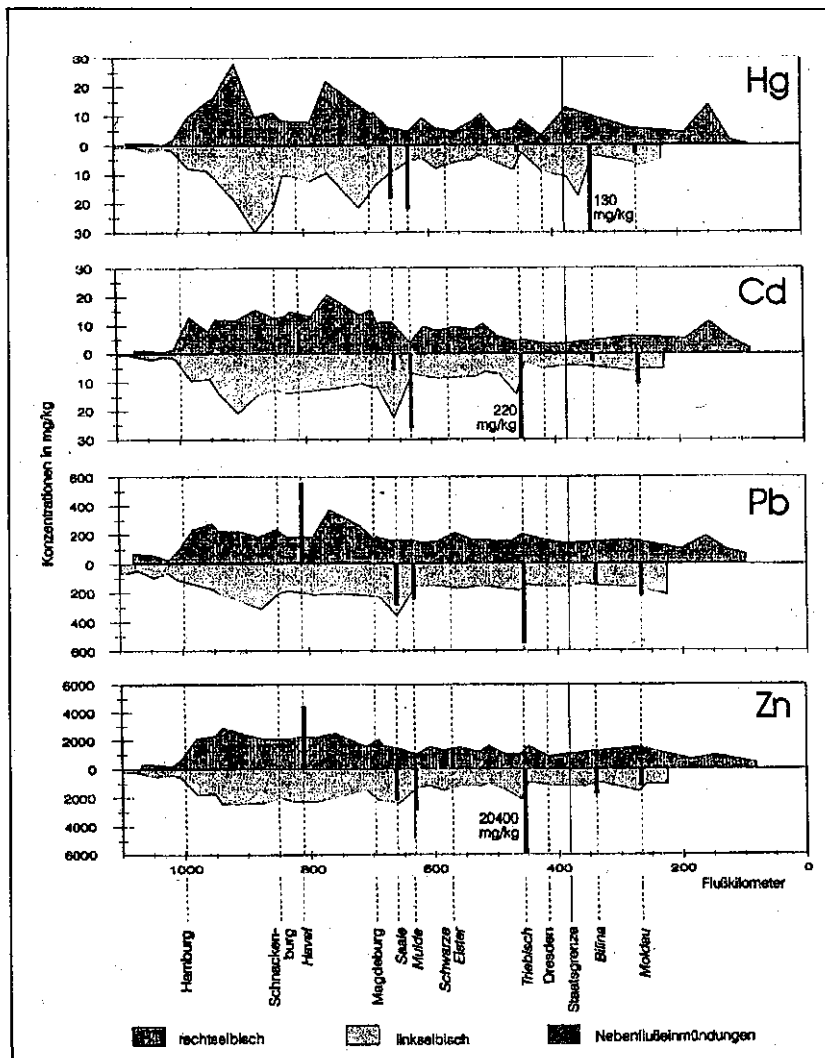
steigen dann weiter an und erreichen nach Einmündung von Mulde und Saale Werte von annähernd 2.000 mg/kg.

Im Sediment ergibt sich ein ähnlicher Verlauf; nach Einmündung der Saale werden hier Werte von bis zu 3.000 mg/kg gemessen. In der Weißen Elster werden im Flußsediment Zn-Gehalte bis 6.700 mg/kg gemessen; in der Mulde bis zu 10.000 mg/kg.

Diese Aussagen beziehen sich auf den Bereich südlich der Elbe. Aber auch im nordelbischen Bereich werden erhöhte Schwermetallkonzentrationen festgestellt, so z.B. in der Spree im Bereich Berlin Cd-Gehalte bis 35 mg/kg und Zn-Gehalte von max. 3.400 mg/kg.

Ein beträchtlicher Anteil der Kupfer- und Zinkbelastung im Sediment wird aus kommunalen Einleitungen stammen, eine Quantifizierung ist von hier aus jedoch nicht möglich. Entsprechende weitergehende Sanierungsmaßnahmen dürften im Bereich kommunaler Kläranlagen aus Kosten-Nutzen-Gründen nicht sinnvoll sein. Zum Vergleich: 1990-1993 betrug die Zink-Konzentrationen im Schwebstoff im Rhein bei Bimmen und Lobith zwischen 564 (90-Perzentil) und 1060 mg/kg (doppelt 50-Perzentil) [IKSR, 1994].

Von Interesse wäre eine Abschätzung über die Bedeutung der vielen kleinen, in der Summe jedoch vermutlich beträchtlichen Sickerwassereinleitungen aus aufgelassenen Tage- oder Bergbauen bzw. metallbe- / verarbeitenden Betrieben. Weiterhin von Interesse ist eine Abschätzung über die Rolle von Sedimentdepots im bzw. am Gewässer und über die Bedingungen, unter denen eine Mobilisierung dieser Depots erfolgen kann.



Ausgewählte Ergebnisse der Schwermetallbestimmungen in den Sedimenten der Elbe (1992; Fraktion < 20 µm) Aus: G. MÜLLER und H. FURRER, 1994.

**Literatur:**

- Bundesanstalt für Gewässerkunde: Schadstoffe in Sedimenten und Schwebstoffen der Elbe / 1. Zwischenbericht. 1993, 121 S., Berlin
- Bundesanstalt für Gewässerkunde: Handlungsanweisung - Anwendung der Baggergut-Richtlinien der Oslo- und Helsinki-Kommission in der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (HABAK). 1992, Koblenz
- Christiansen,H; Haar,S: Sedimentationsverhältnisse in Hamburger Hafenbecken. Gewässerkundliche Studie Nr. 12, 1991, Strom- und Hafenbau, Hamburg.
- Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau DVWK (Hrsg.): Studie über die Umlagerung von Sedimenten in Wasserstraßen. 1992, Bonn.
- Friedrich,F: Situation der Flußsedimente im Regierungsbezirk Halle und deren Auswirkungen auf die Wasserbeschaffenheit der Elbe. 33. BWK-Lehrgang 'Schutz der Nordsee vor Stoffeinträgen', 1994, Bremerhaven
- Greif,A: Charakterisierung der Schwebstoffe der Mulde hinsichtlich ihrer Schwermetallgehalte in den Jahren 1992/93. In "Die Elbe im Spannungsfeld ...", Hrsg. Guhr et al., 1994, S. 408-411. B.G.Teubner Verlagsges., Stuttgart - Leipzig
- Hammer,C;et al.: Biochemische Untersuchungen zum Schwermetalltransport im Elbelängsschnitt Schmilka-Geesthacht. In "Die Elbe im Spannungsfeld ...", Hrsg. Guhr et al., 1994, S. 416-419, B.G.Teubner Verlagsges., Stuttgart - Leipzig
- Heininger,P; Pelzer,J; Tippmann,P; Claus,E: Schadstoffe in Sedimenten und Schwebstoffen der Elbe. In "Die Elbe im Spannungsfeld ...", Hrsg. Guhr et al.", 1994, S. 120-124, B.G. Teubner Verlagsges., Stuttgart-Leipzig
- Herata,H: Die Entwicklung der Belastung der Nordsee durch die Elbe und deren Anteil an der Gesamtbelastung der Nordsee. In "Die Elbe im Spannungsfeld ...", Hrsg. Guhr et al.", 1994, S. 46-58, B.G. Teubner Verlagsges., Stuttgart-Leipzig
- Internationale Kommission zum Schutz der Elbe: Bericht über den Stand der Durchführung der im „Ersten Aktionsprogramm (Sofortprogramm) ...“ enthaltenen Maßnahmen. 1993, Magdeburg.
- Internationale Kommission zum Schutze des Rheins: Aktionsprogramm Rhein - Vergleich der Gewässergüte des Rheins mit den Zielvorgaben 1990 - 1993. 1994, 40 Seiten, Koblenz
- Lahmeyer International: Machbarkeitsstudie über die Verwertung von Sedimenten. 1994, im Auftrag der Umweltbehörde Hamburg.
- Länderarbeitsgemeinschaft Abfall: Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen / Abfällen. 1994
- Maaß, V.; Schmidt, C.; Lüscho, R.; Leitz, T.: 'Sedimentuntersuchungen im Hamburger Hafen 1994/95'. Berichte aus dem Baggergutuntersuchungsprogramm, Heft 6, Strom- und Hafenbau, Hamburg, in Vorbereitung.
- Martin,M: Genese, Chemismus und Bedeutung von Grubenwässern im Erzgebirge. In "Die Elbe im Spannungsfeld ... ", Hrsg. Guhr et al. 1994, S. 376-378. B.G.Teubner Verlagsges., Stuttgart - Leipzig
- Müller,A; Hanisch,C; Zerling,L: Zur Schwermetallsituation im Flußgebiet der Weißen Elster. In "Die Elbe im Spannungsfeld ...", Hrsg. Guhr et al., 1994, S. 379-382, B.G.Teubner Verlagsges. Stuttgart - Leipzig
- Müller,G; Furrer,R: Schwermetalle in den Sedimenten der Elbe und ihrer Zuflüsse. In: „Die Elbe im Spannungsfeld zwischen Ökologie und Ökonomie.“ B. G. Teubner Verlagsgesellschaft, Stuttgart, Leipzig, 1994.

- Prange,A; et al: Elementverteilungsmuster in Schwebstoff- und Wasserphase der Elbe von der Mündung bis zur Quelle. In "Die Elbe im Spannungsfeld ...", Hrsg. Guhr et al., 1994, S. 94-110, B.G. Teubner Verlagsges., Stuttgart-Leipzig
- Puls,W: Schwebstoff- und Bleibilanz für die Deutsche Bucht. In: Prozesse im Schadstoffkreislauf Meer-Atmosphäre: PRISMA, 1994, S. 115-152
- Schmidt,C: Vorstellung verschiedener Sediment- und Baggergutbewertungskonzepte sowie Einordnung der Hamburger Sedimentqualität anhand der Referenzbeprobungen der Jahre 1991-1993. 1995, Strom- und Hafengebäude, Hamburg.
- Spott,D: Schwebstoff- und Schwermetallbelastung der Elbe bei Hochwasser - Untersuchungen am linken Ufer von Magdeburg im Zeitraum Dezember 1993 bis Mai 1994. In "Die Elbe im Spannungsfeld ...", Hrsg. Guhr et al.". 1994, S. 499-502. B.G.Teubner Verlagsges., Stuttgart - Leipzig
- Wilken,R-D; Fanger,H-U; Guhr,H: Ergebnisse der Hochwassermessungen 1993/1994. In "Die Elbe im Spannungsfeld ...", Hrsg. Guhr et al., 1994, S. 123-135, B.G. Teubner Verlagsges., Stuttgart-Leipzig