

Behandlung von Baggergut und Restschlämmen*)

Arbeitsbericht des ATV/BDE/VKS-Fachausschusses 3.7 „Baggergut aus der Gewässerbehandlung und Schlämme aus Bodenwaschverfahren“

Mitglieder des ATV/BDE/VKS-Fachausschusses 3.7 „Baggergut aus der Gewässerbehandlung und Schlämme aus Bodenwaschverfahren“ sind:

Dr. W. Bertsch, (Obmann)
 Dipl.-Ing. E. Barth, Augsburg
 Dr. K.H. Christmann, Düsseldorf
 Dipl.-Ing. H. D. Detzner, Hamburg
 Dr. Ing. L. Herrmann, Berlin
 Dipl.-Ing. R. Kockel, Bochum
 Dipl.-Geogr. G. Krüger, Hennef
 Dipl.-Ing. R. Maas, Münster
 Dipl.-Ing. H. Möller, Essen
 RA M. Scheier, Hürth
 Dipl.-Ing. H. Schrader, Porta-Westfalica
 Dipl.-Geol. H.J. Schulz-Ellermann, Köln
 Prof. Dr. K. Terytze, Berlin

Inhaltsverzeichnis

0. Vorbemerkung
1. Einführung und Handlungsbedarf
2. Rechtliche Einordnung
 - 2.1 Bisherige Vorgehensweise
 - 2.2 Gegenwärtige Vorgehensweise
 - 2.2.1 Prüfkriterien
 - 2.2.2 Verfahrensrechtliche Fragen
 - 2.2.3 Gefahrenbegriff
 - 2.2.4 Fazit
3. Vorkommen/Istzustand
 - 3.1 Baggergut
 - 3.1.1 Stoffspezifische Beschreibung
 - 3.1.2 Herkunft von Schadstoffen
 - 3.1.3 Typisierung
 - 3.1.4 Schätzung der Bagger- und Restschlammengen
 - 3.2 Restschlämme aus Bodenwaschverfahren
 - 3.2.1 Einsatzmöglichkeiten von Bodenwaschverfahren
 - 3.2.2 Ziel der Bodenwäsche
 - 3.2.3 Verfahrenstechniken der Bodenwaschverfahren
4. Möglichkeiten der Unterbringung von Baggergut und Restschlämmen
 - 4.1 Allgemeines
 - 4.2 Vermeidung
 - 4.3 Verwendung
 - 4.4 Umlagerung
 - 4.5 Entsorgung
 - 4.5.1 Verwertung an Land
 - 4.5.2 Einbringen in Gewässer
 - 4.6 Beseitigung
5. Bewertung von Baggergut und Restschlämmen
 - 5.1 Bewertungsgrundlagen
 - 5.2 Vorschläge zu den Bewertungskriterien
 - 5.2.1 Stoffspezifische Kriterien
 - 5.2.2 Ökotoxikologische Kriterien
 - 5.2.3 Technische Kriterien
 - 5.2.4 Rechtliche Kriterien bei der Planung und Ausführung

*) Anregungen zum nachfolgenden Arbeitsbericht sind erwünscht. Richten Sie diese bitte an die ATV-Hauptgeschäftsstelle, Theodor-Heuss-Allee 17, 53773 Hennef

- 5.2.5 Ökonomische Kriterien
 - 5.3 Bewertungsmaßstäbe
 - 5.3.1 Allgemeines
 - 5.3.2 Prinzipielle Möglichkeiten
 - 5.3.3 Maßstab zum Umlagern von Baggergut in der Wasserstraße (nach WaStr.G)
 - 5.3.4 Maßstab zum Einbringen von Baggergut in Gewässer außerhalb der Wasserstraße (nach WHG)
 - 5.3.5 Maßstab für die Verwertung (ohne und mit Aufbereitung) und Beseitigung von Baggergut und Restschlämmen an Land (nach AbfG bzw. KrW-/AbfG)
 6. Umgang mit Baggergut und Restschlamm
 - 6.1 Weitere Vorgehensweise
 - 6.2 Entscheidungsfindung
 7. Verfahrensablauf
 - 7.1 Handlungsbedarf
 - 7.2 Voruntersuchungen
 - 7.3 Gutachterliche Beurteilung
 - 7.4 Abstimmung über Vorgehensweise
 - 7.5 Öffentlich-rechtliches Verfahren
 - 7.5.1 Anhörung der Träger öffentlicher Belange
 - 7.5.2 Anhörung der Öffentlichkeit
 - 7.6 Ausführung
 8. Literatur
- Anlagen

0. Vorbemerkung

Anlässlich der Sitzung des ATV/BDE/VKS-Hauptausschusses 3 „Schlämme/Feste Abfälle“ am 30. November 1990 in Sankt Augustin wurde die Errichtung einer Arbeitsgruppe in einem Fachausschuß zur Behandlung des Problems Baggergut/Entschlammung von Seen besprochen. Ein Handlungsbedarf war aufgrund des Mengenaufkommens bei Bund, Länder und Gemeinden klar erkennbar. Als Hauptarbeitspunkte wurden damals benannt:

- Fest/Flüssig Trennung des Baggergutes
- Schadstoffproblematik
- Endlagerung der Baggergutreste.

Die konstituierende Sitzung des neu eingerichteten Fachausschusses 3.7 „Sonderschlämme“ fand am 24. September 1991 in Herten statt. Das Thema „Baggergut aus Seen und Flüssen“ sollte in diesem Fachausschuß mitbehandelt werden. Der Schwerpunkt der Ausschubarbeit wurde bei folgenden Materialien gesehen:

- Sonderschlämme aus Boden- und Gewässerbehandlung
- Problemabfälle aus Sammelaktionen.

Schnell wurde klar, daß diese Themen in zwei Fachausschüssen behandelt werden sollten, um eine Verbindung von Baggergut/Schlamm zu Abfall/Sonderabfall erst gar nicht entstehen zu lassen. Zunächst wurden daher zwei Arbeitsgruppen eingerichtet, denen die Aufgaben übertragen wurden.

Als Ziel der Arbeitsgruppe 3.7.1 wurde die Erarbeitung einer Handlungsempfehlung formuliert zum Thema „Baggergut aus Gewässern und Schlämme aus Bodenbehandlungsverfahren“. Seit 1993 arbeitet die Gruppe als selbständiger ATV-Fachausschuß 3.7.

In den vergangenen drei Jahren wurde ein Arbeitsbericht zur „Behandlung von Baggergut und Restschlämmen“ erarbeitet, der hiermit vorgestellt wird. Damit wird erstmals eine Handlungsempfehlung über den Umgang mit Baggergut und Restschlämmen vorgelegt, die nach den einführenden Kapiteln über „Rechtliche Einordnung, Vorkommen/Istzustand, Möglichkeiten der Unterbringung von Baggergut und Restschlämmen, Bewertung,

Umgang mit Baggergut und Restschlamm, Verfahrensablauf die verschiedenen Möglichkeiten im Umgang anhand von Fallbeispielen erläutert. Einige Verfahren werden auszugsweise dargestellt.

1. Einführung und Handlungsbedarf

Gegenstand des Arbeitsberichtes bilden zwei Materialien unterschiedlichen Ursprungs:

- Baggergut aus Gewässerunterhaltung und -ausbau im Binnenbereich
- Restschlamm aus Bodenwaschverfahren (Bodenschlamm)

Als **Baggergut** bezeichnet man Aushubmaterial, das im Zuge der Gewässerunterhaltung und bei Gewässerbaumaßnahmen zur Gewährleistung der Leichtigkeit im Schiffsverkehr und des Wasserabflusses anfällt, und zwar beim Bund (bei der Wasser- und Schiffsverkehrsverwaltung), bei den Ländern und im kommunalen Bereich. Dabei wird einerseits Naßbaggergut, d. h. Sedimente an der Gewässersohle und Erdreich unterhalb der Grundwasser Oberfläche im Umfeld des Gewässers ausgehoben. Andererseits muß Trockenbaggergut, d. h. Material aus nicht oder nur teilgesättigten Bodenbereichen der Gewässerrandzone gebaggert werden (Abb. 1-1).

Der Entwurf zur DIN 19732 [17] bezeichnet Baggergut als Material, das im Rahmen von Unterhaltungs-, Neu- und Ausbaumaßnahmen aus Gewässern entnommen wird. Im einzelnen kann Baggergut aus

- Sedimenten bzw. subhydrischen Böden der Gewässersohle,
- Böden und deren Ausgangsmaterial im Untergrund des Gewässerbettes oder
- Oberböden im Ufer- bzw. Überschwemmungsbereich des Gewässers bestehen.

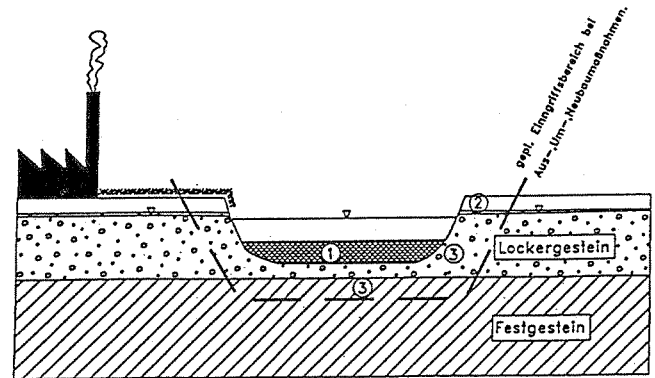
Während der Begriff Baggergut allgemein auf Aushubmaterial bezogen ist, definiert die DIN 4047 (1985 [15]) den Begriff **Boden** im weiteren Sinne „... die aus festen Einzelteilchen bestehende obere Schicht der Erdrinde...“, d. h. die oberste aufgelockerte und belebte Verwitterungszone der Lithosphäre“. Im Bauwesen wird unter Boden der Baugrund ganz allgemein verstanden.

Die LABO (1995 [34]) definiert Boden als die oberste überbaute und nicht überbaute Schicht der festen Erdkruste einschließlich des Grundes fließender und stehender Gewässer, zusammengesetzt aus Mineralteilchen, organischer Substanz, Wasser, Luft, soweit sie durch menschliche Aktivitäten beeinflusst werden kann.

Als **subhydrische Böden** (Unterwasserböden) werden Böden bezeichnet, die unterhalb der Wasser- bzw. Grundwasser Oberfläche unter natürlichen Bedingungen ohne wesentliche anthropogene Beeinflussung entstanden sind. Auf den Unterwasserböden können mehrere Typen von Ablagerungen und mehrere Sedimentarten vorkommen.

Als **Bodenaushub** bezeichnet man in der Bodenkunde Boden, der ausgehoben wird. Nach der DIN 18196 [16] ist Bodenaushub natürlich anstehendes und umgelagertes Locker- und Festgestein, das bei Baumaßnahmen ausgehoben oder abgetragen wird. Die TA-Siedlungsabfall bezeichnet Bodenaushub als nicht-kontaminiertes, natürlich gewachsenes oder bereits verwendetes Erd- oder Felsmaterial.

Bodenmaterial wird von der LABO (1995 [34]) definiert als: aus terrestrischen, semiterrestrischen und subhydrischen Böden



- ① Junge Sedimente an der Gewässersohle / Naßbaggergut
(Sohlsedimente aus Geschiebe, Schwebstoffen)
- ② Mutter-, Oberboden / Trockenbaggergut
(Verwitterungsprodukt aus Locker-, Festgestein)
- ③ Locker-, Festgestein im Untergrund
Lage der Grundwasser Oberfläche bestimmt den Anteil an Trocken- u. Naßbaggergut

Abb. 1-1: Schematische Begriffsdefinition (KÖTHE, 1995 [29])

entnommenes Material. Hierbei handelt es sich um Bodenaushub oder Baggergut, welches in der Regel bei Bau-, Unterhaltungs- oder Behandlungsmaßnahmen anfällt.

In diesem Arbeitsbericht wird Baggergut und Bodenaushub im weitesten Sinn der oben angeführten Definitionen verstanden.

Unter **Restschlamm** aus Bodenwaschverfahren (Bodenschlamm) versteht man das feinkörnige Material, das bei der Reinigung kontaminierter Böden mittels Bodenwaschverfahren als Teilstrom und Rest anfällt.

Die nachfolgenden Ausführungen sollen der Öffentlichkeit, den Genehmigungsbehörden und all denen, die mit der Entsorgung von Baggergut aus Gewässerunterhaltung und -ausbau und mit Bodenrestschlamm zu tun haben, eine Empfehlung an die Hand geben, in der der Umgang mit Baggergut und Bodenschlamm, die Einschätzung der verschiedenen Nutzungsmöglichkeiten sowie die prinzipiellen Unterbringungsmöglichkeiten dargestellt sind.

Obwohl sich die Materialien in Schadstoffbelastung und Mengenaufkommen unterscheiden, ist der Behandlungsablauf grundsätzlich vergleichbar, so daß sie im Rahmen dieses Arbeitsberichtes zusammenfassend betrachtet werden. Vor dem eigentlichen „handling“ des Materials (Baggergut bzw. Restschlamm aus Bodenwaschverfahren) steht zunächst die Planungs- und Genehmigungsphase, in welcher die Nutzung mit allen erforderlichen Behandlungs- und Aufbereitungsschritten oder das Entsorgungskonzept festgelegt wird.

Der Handlungsbedarf zur Erarbeitung eines Arbeitsberichtes über den Umgang mit Baggergut und Restschlamm aus der Bodenwäsche ergibt sich aus der Mengenabschätzung.

Das Aufkommen an Baggergut wird für den Bund, die Bundesländer und die Kommunen mangels aktueller Erhebungen jährlich zusammen auf etwa 10 bis 15 Mio. m³ geschätzt.

Bei Bodenwaschanlagen wird von einem Aufkommen von 50 000 bis 150 000 m³ pro Jahr ausgegangen (mangels aktueller Daten).

2. Rechtliche Einordnung

2.1 Bisherige Vorgehensweise

Spezielle gesetzliche Regelungen über den Umgang mit Baggergut, das mit Schadstoffen belastet ist, gab und gibt es bislang nicht. Daher wird Baggergut häufig mit Bodenaushub verbunden – ein Material das i. a. ebenfalls mit einem Bagger (oder ähnlichem Großgerät) ausgehoben wird. Sind die Böden belastet, so greifen je nach Fragestellung das Abfallgesetz (AbfG, 1986 [1]) oder das Wasserhaushaltsgesetz (WHG, 1986 [53]). Brachte man Baggergut an Land, so wurde dieses zunächst als Reststoff bzw. Abfall betrachtet. Für Fragen der Landlagerung von belasteten Böden waren daher die entsprechenden Regelwerke bzw. untergesetzlichen Regelungen, wie z. B. TA-Abfall [50], TA-Siedlungsabfall [51], die Papiere der LAGA (1994) [35], der LABO (1995) [34] oder der Altlastenkommission, heranzuziehen. Die Klärschlammverordnung (AbfKlärV, 1992 [27]) fand in der Regel als Bewertungsmaßstab Anwendung, wenn das Baggergut anschließend land-/forstwirtschaftlich genutzt wurde. Eine Sonderregelung gilt seit 1984 in der Hansestadt Hamburg.

Restschlämme: Die bisherige Vorgehensweise für belastete Böden, die in einer Bodenwaschanlage behandelt wurden, bezog sich auf die Rechtsgebiete Abfall und Immissionsschutz für die Anlageneintragung.

Für die Teilströme Abwasser, Restschlamm und gereinigte Böden wurden WHG, AbfG, AbfKlärV und untergesetzliche Regelungen wie Richtlinien, Merkblätter, Listen etc. angewendet.

2.2 Gegenwärtige Vorgehensweise

Auf Grundlage des Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetzes (KrW-/AbfG [31]) vom Oktober 1994 ist davon auszugehen, daß grundsätzlich alle Materialien des Baggergutes und der Bodenschlämme, denen sich der Besitzer entledigt, entledigen will oder entledigen muß, als Abfall anzusehen sind, wenn sie nicht unmittelbar und ohne jeden Aufbereitungs- und Behandlungsschritt zulässigerweise einer neuen Nutzung zugeführt werden (vgl. Anmerkung*). Dabei ist zu beachten, daß die Vorschriften des KrW-/AbfG nicht für Stoffe gelten, sobald diese in Gewässer oder Abwasseranlagen eingeleitet oder eingebracht werden.

Die scheinbare Eingrenzung auf bestimmte Stoffe oder Materialien als bewegliche Sachen im Sinne des Anhanges I des KrW-/AbfG wird in der Praxis keine erhebliche Rolle spielen, da der Anfangsbestand der Abfallgruppe Q 16 im Anhang eigentlich keine Lücke erkennen läßt.

Die nachfolgende rechtliche Einordnung beschäftigt sich mit der Frage, wann das Baggergut als Abfall zur Verwertung oder als Abfall zur Beseitigung einzuordnen ist. Danach werden verfahrensrechtliche Hinweise gegeben, die sich mit den Fragen der genehmigungs- und verfahrensrechtlichen Behandlung auseinandersetzen. Der weitere Abschnitt befaßt sich mit der rechtlichen Einordnung und Eingrenzung des Begriffes der Grenzwerte und ihrer Funktion.

*) Anmerkung: Das Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz (KrW-/AbfG) tritt mit Wirkung vom 7. 10. 1996 in Kraft. Für innerstaatliche Vorgänge gelten bis zu diesem Zeitpunkt die Abgrenzungskriterien des § 1 Abs. 1 Abfallgesetzes vom 27. 8. 1986. Die Vorschriften dieses Gesetzes gelten nicht für Stoffe, die in Gewässer eingeleitet oder eingebracht werden (vgl. § 1 Abs. 3 Ziff. 5 AbfG). Für die Anwendung des § 1 Abs. 1 AbfG stellten die vom Bundesverwaltungsgericht in seiner Entscheidung vom 24. 6. 1993 – 7 C 11/92 – entwickelten Prüfungsabschnitte eine gewisse Hilfestellung dar. Die Grundsätze dieses Urteiles werden im übrigen auch im Rahmen der ab Oktober 1996 geltenden Rechtslage eine entsprechende Hilfestellung bieten können.

Es ist zu beachten, daß bereits seit Oktober 1994 der Abfallbegriff des Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetzes im Rahmen des Geltungsbereiches des Abfallverbringungsgesetzes vom 30. 9. 1992 für alle Verbringungen von Abfällen in den aus dem oder durch den Geltungsbereich dieses Gesetzes (grenzüberschreitende Verbringung) gilt.

2.2.1 Prüfkriterien

Im Rahmen der Grundsätze der Kreislaufwirtschaft steht nach der Vermeidung von Abfällen deren Verwertung an zweiter Stelle.

Das bedeutet, daß der Erzeuger oder Besitzer von Abfällen diese vorrangig zu verwerten hat. Das heißt, die Verwertung hat Vorrang vor der Beseitigung. An die Verwertung werden grundsätzlich hohe Anforderungen gestellt; insbesondere soll eine hochwertige Verwertung angestrebt werden. Gleichzeitig hat die Verwertung ordnungsgemäß und schadlos zu erfolgen.

Eine Verwertung ist dann ordnungsgemäß, wenn sie im Einklang mit dem Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz steht. Hiermit sind insbesondere die Belange des Gewässer- und Bodenschutzes sowie des Naturhaushalts angesprochen. Schadlos ist eine Verwertung nach der Vorgabe des Gesetzes, wenn in Abhängigkeit von der Verunreinigung und der Verwertungsart keine Beeinträchtigungen des Wohles der Allgemeinheit zu erwarten sind. Insbesondere soll dies der Fall sein, wenn keine Schadstoffanreicherung im Kreislauf erfolgt. Die Pflicht zur Verwertung von Abfällen ist einzuhalten, soweit dies technisch möglich und wirtschaftlich zumutbar ist. Die Zumutbarkeit ist gegeben, wenn für einen gewonnenen Stoff ein Markt vorhanden ist oder geschaffen werden kann. Dem Kriterium „technisch möglich“ steht nicht die Anforderung der Vorbehandlung entgegen. Für den Gesetzgeber ist die Verwertung im übrigen dann noch zumutbar, wenn die mit der Verwertung verbundenen Kosten nicht außer Verhältnis zu den Kosten stehen, die für eine Abfallbeseitigung zu tragen wären. Das heißt, die Verwertung darf teurer sein.

Der Vorrang und damit die Pflichten zur Verwertung entfällt dann, wenn die Beseitigung die umweltverträglichere Lösung darstellt. Ob dies so ist, wird bestimmt und gemessen an

- den zu erwartenden Emissionen,
- dem Ziel der Schonung der natürlichen Ressourcen,
- dem Energieeinsatz,
- der Schadstoffanreicherung in den Stoffkreisläufen.

Diese Kriterien können z. B. mit folgenden Prüfschritten umgesetzt werden:

- Zunächst ist festzustellen, ob die Sache in ihrem gegenwärtigen Zustand an ihrem gegenwärtigen oder zukünftig vorgesehenen Aufbewahrungsort das Wohl der Allgemeinheit gefährdet (gegenwärtiges Gefährdungspotential).
- Soweit ein gegenwärtiges Gefährdungspotential festgestellt wird, ist weiter zu prüfen, ob als Alternative für die Abfallbeseitigung eine Weiterverwendung oder Verwertung der Sache die bestehende Gemeinwohlgefahr beseitigen kann, ohne eine neue zu schaffen.

Hinweis: Die Pflicht zur Beseitigung darf nicht dadurch umgangen werden, daß eine kostengünstige aber umweltgefährdende Verwertung gewählt wird. Die Verwertung hat nur Vorrang, wenn sichergestellt ist, daß mit der gewählten Verwertungs- oder Wiederverwendungsart keine höhere Umweltbelastung als durch die Beseitigung entstehen kann.

- Hinsichtlich des Gefahrenmaßstabes ist darauf hinzuweisen, daß es auf eine konkrete Gefahrenlage nicht ankommt. Ausreichend (aber auch erforderlich) ist, daß die aktuelle Aufbewahrung (einschließlich der vorgesehenen Zwischenlagerung) sowie ihre künftige Verwendung und Verwertung nach Art, Umfang und Verfahren aufgrund allgemein anerkannter Erkenntnisse typischerweise zu einer Gefahr für die öffentliche Sicherheit und Ordnung und damit zu einer Umweltgefahr führt. Bereits unter diesen Voraussetzungen ist die Beseitigung des Baggergutes geboten.

Ob eine Weiterverwendung oder Verwertung gemeinwohlunschädlich erfolgen kann, ist nach den Umständen des Einzelfalles zu beurteilen. Dabei kommt der Frage, ob für die Stoffe ein „Markt“ besteht, eine entscheidende Bedeutung zu. Können die Stoffe an Dritte zur Verwertung oder Wiederverwendung zumindest kostenneutral und umweltverträglich weitergegeben werden, dann spricht ein starkes Indiz dafür, daß die Verwertung Vorrang hat. Soweit vom Stoffbesitzer Zuzahlungen für die Weiterverwendung geleistet werden müssen, ist ein besonderer Nachweis der Umweltgerechtigkeit dieses Vorganges erforderlich.

2.2.2 Verfahrensrechtliche Fragen

- Entsprechend der Bezeichnung „Baggergut“ wird der verfahrensrechtliche Schwerpunkt bei dem Umgang mit diesem Material – unabhängig von ihrer rechtlichen Einordnung als Abfall zur Verwertung oder zur Beseitigung – in entsprechenden Ausbauverfahren nach § 31 WHG bzw. Maßnahmen der Unterhaltung gem. § 28 WHG liegen bzw. bei Bundeswasserstraßen in den §§ 7 und 8 (für die Unterhaltung) und 12 (für den Ausbau) nach dem WaStrG [13].
- Im Rahmen von entsprechenden Ausbauverfahren, die nach § 31 WHG (bzw. § 14 WaStrG) planfeststellungspflichtig sind, werden bei der Feststellung des Planes entsprechende Auflagen und Bedingungen für die Aufbereitung und Verwendung bzw. Entsorgung des Baggergutes festgelegt werden. Im Rahmen der Konzentrations- und Erstreckungsfunktion des Planfeststellungsbeschlusses werden sowohl die Zuordnung der Stoffe als auch die verfahrensrechtlichen Fragen bei den Aufbereitungs- und Beseitigungsmaßnahmen miteingefasst werden, so daß im Regelfall bei Planfeststellungsverfahren eine umfassende und abschließende Einordnung vorhanden sein wird. Es ist dabei Aufgabe des Ausbauträgers, entsprechende Aufbereitungs-, Verwertungs- und Beseitigungswege im Rahmen des Antragsverfahrens für das Planfeststellungsverfahren aufzuzeigen und nachzuweisen. Dabei ist zu beachten, daß an die Darstellung und den Nachweis der Verwertungs- bzw. Beseitigungswege unterschiedliche Anforderungen gestellt werden. Während für den Verwertungs- bzw. Beseitigungswege eine schlüssige Darstellung genügt, ist für die gesicherte Beseitigung des Abfalles einschließlich erforderlicher Behandlungsschritte ein verbindlicher Nachweis erforderlich.
- Der Schwerpunkt der verfahrensrechtlichen Betrachtung liegt deshalb zunächst einmal im eigentlichen Ausbauverfahren, an dem sich dann der Umgang mit den entstehenden Baggergutmengen als nächstes anschließt, der entsprechend abzuarbeiten ist. Diese verfahrensrechtliche Betrachtung hat nichts mit qualitäts- oder quantitätsbezogenen Bewertungen oder Betrachtungen zu tun (ob z. B. das Baggergut entsprechend der bisherigen Rechtslage aufgrund seiner Schädlichkeit als Abfall im obigen Sinne anzusehen ist und nur nach besonderer Behandlung wieder eingesetzt werden darf. Diese Fragen sind innerhalb des Planfeststellungsverfahrens in einem gesonderten Bewertungsschritt zu behandeln).

Bei diesem Umgang ist zu beachten, daß auch bei einer Verwertung oder Weiterverwendung u. U. genehmigungsrechtliche Belange wie die des Bauordnungsrechtes oder der Nutzungsbeschränkungen in Schutzgebieten einzuhalten sind.

- Bei Schlämmen aus Bodenbehandlungsverfahren wird es sich nach der Neuregelung des Genehmigungsrechtes für Abfallbehandlungsanlagen im Regelfall um Abfälle im Sinne des

§ 15 Abs. 1 Ziffer 3 Bundesimmissionsschutzgesetz [11] handeln, die folgender Regelungshierarchie unterworfen sind:

Grundsätzlich sind derartige Abfälle zu vermeiden, gleichrangig daneben ist ihre umweltgerechte Verwertung zu sehen und erst wenn eine ordnungsgemäße und schadloose Verwertung technisch nicht möglich oder unzumutbar ist, sind diese Reststoffe als Abfälle ohne Beeinträchtigung des Wohls der Allgemeinheit zu beseitigen, d. h. im Regelfall nach entsprechender Vorbehandlung zu deponieren.

2.2.3 Gefahrenbegriff

Im Rahmen von Bodensanierungsmaßnahmen taucht regelmäßig die Bewertungsfrage auf, ob eine entsprechende Bodenkontamination eine objektive Gefahrenschwelle überschritten hat.

- Dabei ist ein Problem dieser Betrachtung die Tatsache, daß die umweltgefährdenden Schadstoffe mit Hilfe der menschlichen Sinnesorgane unmittelbar gar nicht wahrgenommen bzw. daß optisch und geruchsmäßig wahrgenommene Belästigungen möglicherweise gar nicht als gefährlich einzustufen sind. Ein weiterer Grund für die Unsicherheit auf diesem Gebiet ist, daß die toxische Wirkung zahlreicher Stoffe und ihrer Verbindungen auf die Umweltmedien noch nicht bekannt ist und zum anderen eine Vielzahl verschiedener, miteinander und untereinander kombinierbarer Faktoren, z. B. Anzahl der Schadstoffe, Verbreitungspfade, Bodennutzung usw. zu berücksichtigen sind. Die rechtliche Einordnung und Erfassung dieser Gefahrenschwelle kann nur über sogenannte unbestimmte Rechts- bzw. Gesetzesbegriffe erfolgen. Diese Begriffe sollen dazu dienen, eine Vielzahl von Lebenssachverhalten abstrakt zu umschreiben, um diese dann umfassend aber übersichtlich in einem Regelwerk zusammenzufassen. Die Verwendung von unbestimmten Rechtsbegriffen ist nach der ständigen Rechtsprechung der bundesdeutschen Obergerichte verfassungsrechtlich grundsätzlich unbedenklich. Probleme ergeben sich bei der Anwendung unbestimmter Rechtsbegriffe immer dann, wenn bei der Subsumtion des entsprechenden unbestimmten Rechtsbegriffes aufgrund unterschiedlicher Wertungsansätze unterschiedliche Ergebnisse, sprich Rechtsfolgen, zu erwarten sind. Diese Probleme zeigen sich insbesondere auch im Bereich der Bodensanierung, weil die dort im Vollzug genutzten Listen und Handlungsanweisungen als „unbestimmte Rechtsbegriffe“ insbesondere bei der Ermittlung des sogenannten Gefährdungspotentiales aufgrund von unterschiedlichen Bewertungsansätzen zu unterschiedlichen Ergebnissen führen können.
- Abhilfe in diesem Problemwirlwarr könnten Regelungen schaffen, deren alleinige Aufgabe es ist, die alltagspezifischen unbestimmten Rechtsbegriffe in präzise definierte Größen umzusetzen. Diesem Zweck sollen die sogenannten Grenzwerte bzw. Umweltstandards dienen. In diesem Zusammenhang sind unter Umweltstandards meßbare quantifizierbare Daten zu verstehen, an deren Erreichen oder Nichterreichen rechtliche Konsequenzen geknüpft sind. Im Falle der hier betrachteten Stoffgruppen sollte sich jeweils für die gesetzesausführende Verwaltung bzw. für den antragstellenden Projektträger relativ einfach feststellen lassen, ob eine Verunreinigung vorliegt, die zu einer qualifizierten abfallrechtlichen Entsorgung führt oder ob möglicherweise die Bodenbelastung so gering und akzeptabel ist, daß eine Verwertung und damit z. B. ein Wiedereinleiten bzw. Wiedereinbringen in den Naturkreislauf möglich ist.

- Keine der bisher vorliegenden Listen und Vorschläge enthält Definitionen oder allgemein anerkannte Grenzwerte, die den vorher beschriebenen Ansatz verbindlich erfüllen könnten. Im Rahmen des Entwurfes des Bodenschutzgesetzes [10] unternimmt derzeit der Bundesgesetzgeber den Versuch, sowohl für den vorbeugenden Bodenschutz als auch für die Altlastensanierung entsprechend bundeseinheitlich verbindliche Prüf-, Maßnahmen- und Vorsorgewerte zu schaffen. Solange die bundesgesetzlichen Vorgaben nicht verabschiedet sind, muß festgestellt werden, daß es derzeit in der Bundesrepublik weder in der entsprechenden Form noch vom entsprechenden Inhalt her ein verbindliches Regelwerk gibt, das entsprechend rechtlich verbindliche Grenzwerte ausweist.

2.2.4 Fazit

Die Frage des Umganges mit Baggergut oder Bodenschlämmen als Abfall im Sinne des KrW-/AbfG [31] vollzieht sich im Rahmen eines Prüfungsverfahrens, bei dem zwischen der Umweltbelastung durch eine Weiterverwendung bzw. Verwertung der Stoffe oder der ordnungsgemäßen Beseitigung abgewogen werden muß.

Im Rahmen der verfahrensrechtlichen Behandlung der Stoffe ist je nach Art des Verfahrens von der Durchführung eines Planfeststellungs- oder Plangenehmigungsverfahrens nach dem Wasserhaushaltsgesetz bzw. Wasserstraßengesetz oder eines Genehmigungsverfahrens nach dem Bundesimmissionsschutzgesetz auszugehen. Dabei sind auch bauordnungsrechtliche Belange zu beachten. Die Bewertungsfrage, ob eine entsprechende Bodenverunreinigung eine (Umwelt)-Gefahr darstellt, muß sich an dem jeweiligen Schutzgut orientieren. Die Einführung von verbindlichen Prüf-, Maßnahmen- und Vorsorgewerten ist daher dringend erforderlich.

Bezogen auf die rechtlichen Grundlagen ergibt sich der Verfahrensablauf nach Abb. 2.2.4-1 beim Umgang mit Baggergut und Restschlamm. Die Begriffe werden in Abschnitt 4 erläutert.

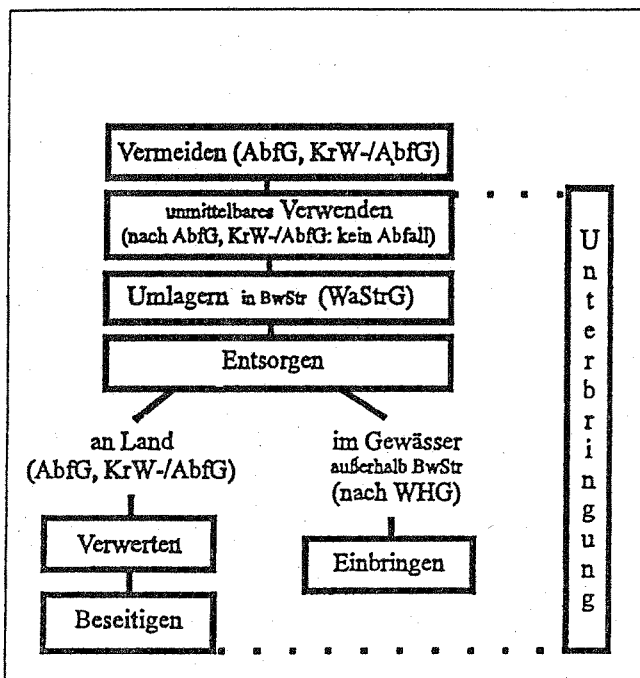


Abb. 2.2.4-1: Verfahrensablauf für den Umgang mit Baggergut und Restschlamm (KÖTHER et al, 1995 [30])

3. Vorkommen/Istzustand

3.1 Baggergut

3.1.1 Stoffspezifische Beschreibung

Das Baggergut besteht aus anorganischen und organischen Bestandteilen. Die anorganischen Stoffe bestehen aus Verwitterungsprodukten des Gesteins im Einzugsgebiet des Gewässers, aus Gesteinspartikeln und Ton, sowie Verbindungen von Fe und Mn sowie SiO₂ und CaCO₃, die entweder in das Gewässer eingetragen wurden oder sich dort durch die Ausfällung gebildet haben. Die organische Substanz setzt sich aus Mikroorganismen, aus Überresten von Makrophyten bzw. anderer größerer Organismen, sowie dem Detritus zusammen.

Man kann die Beschaffenheit des Baggergutes unter verschiedenen Gesichtspunkte betrachten, wobei im folgenden die beiden erstgenannten Kriterien näher erläutert werden:

- bodenphysikalisch (z. B. nach der Korngröße)
- chemisch
- mineralogisch
- hydrobiologisch
- ökotoxikologisch.

Typische Kornspektren von Elbesedimenten als Baggergut des Hamburger Hafens, die sich im Bereich niedriger Fließgeschwindigkeiten vornehmlich aus Schwebstoffen bilden, sind in Abb. 3.1.1-1 dargestellt.

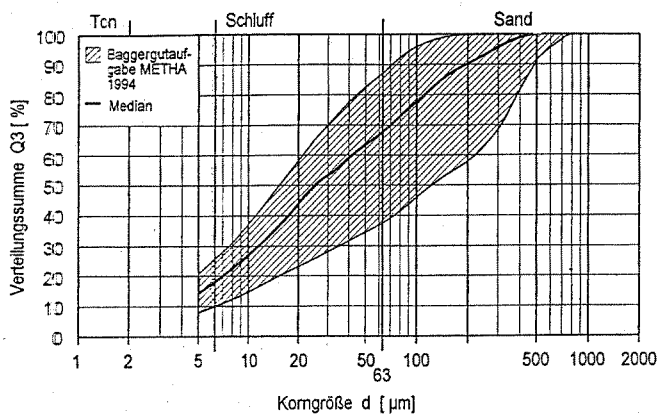


Abb. 3.1.1-1: Kornspektrum Hamburger Elbesedimente, gemessen 1994 in der Baggergutaufgabe der METHA auf Basis von 1.088 Proben (Analysemethode: Laserdiffraktometrie) (DETZNER, 1995, [14])

Die bodenphysikalischen Eigenschaften des Baggergutes spielen eine wesentliche Rolle bei der Baggerung, dem Transport, der Behandlung und der Unterbringung. Bodenphysikalische Kenngrößen wie Kornverteilung, Dichte, Wassergehalt und Scherfestigkeit müssen neben den chemischen Kenngrößen (z. B. Stoffgehalte, Glühverlust, pH-Wert) beim Umgang mit den aquatischen Sedimenten unbedingt als Eingangsgrößen bekannt sein.

Ein Beispiel für die Schwermetallbelastung von Elbesedimenten, Schwebstoffe der Elbe und Hamburger Baggergut ist in Tab. 3.1.1-1 dargestellt (DETZNER, 1995 [14]).

Parameter	1		2		3		4	
	Belastung der natürlichen Elbesedimente Fraktion < 20µm		Belastung der Schwebstoffe der Elbe 1993/94 Fraktion < 20µm		Elbesediment aus den Hauptbaggergebieten des Hamburger Hafens 1993/94 Gesamtfraktion Fraktion < 20µm		Klassierter METHA-Schlück 1993/94 Gesamtfraktion Fraktion < 20µm	
Arsen	3 - 5	27 - 54	3,8 - 31	27 - 65	17 - 38	28 - 64		
Blei	25 - 30	61 - 197	19 - 120	100 - 220	57 - 110	140 - 240		
Cadmium	0,2 - 0,4	1,5 - 16,7	0,4 - 7,2	1,9 - 13	2,3 - 5,1	3,6 - 7,6		
Chrom	60 - 80	85 - 252	18 - 120	92 - 230	61 - 110	140 - 250		
Kupfer	20 - 30	50 - 243	18 - 130	84 - 310	79 - 120	140 - 250		
Nickel	10 - 30	41 - 78	6 - 49	51 - 99	28 - 52	72 - 110		
Quecksilber	0,2 - 0,4	1,8 - 12,4	0,3 - 4,9	1 - 12	1,6 - 4,6	4,3 - 12		
Zink	90 - 110	465 - 2209	150 - 1200	660 - 2400	370 - 750	1100 - 1700		
Mineralöl			10 - 800		170 - 1200			
Σ PCB (6)			< 0,02 - 0,07		< 0,01			
Σ HCH			< 0,01 - 0,1		< 0,01			
Σ PAK (EPA)			0,96 - 8,77		2,38 - 38,45			

Tab. 3.1.1-1: Vergleich der Schadstoffgehalte von Elbeschwebstoffen und Elbesediment; Stand: November 1994 – Alle Angaben in (mg/kgTS)

Spalte 1: Gehalte fossiler Elbesedimente (ARGE Elbe, 1994 [2])

Spalte 2: Abgeschätzte Schwankungsbreite der Gehalte schwebstoffreicher Sedimente bei Seemannshöft und Bunthaus (ARGE Elbe, 1994 [2])

Spalte 3: Frisches Sediment aus den Jahren 1993/94 aus der jährlichen Referenzbeobachtung von Strom- und Hafenanbau an ausgewählten Stellen im Hamburger Hafen

Spalte 4: Messungen aus den Jahren 1993/94 von Strom- und Hafenanbau an klassiertem und entwässertem METHA-Schlück

Über die Belastung des Baggergutes mit umweltrelevanten Schadstoffen liegt eine Vielzahl von Untersuchungen vor, auf die hiermit verwiesen wird.

3.1.2 Herkunft von Schadstoffen

Die derzeitige Belastung des Baggergutes hat sich teilweise über Jahrzehnte bis Jahrhunderte angesammelt und stammt aus verschiedenen Quellen. Die Belastungen sind einerseits auf punktuelle Quellen, die sich in Direkteinleitungen, Unfällen und Nachlässigkeiten begründen, andererseits aber auch auf diffuse Quellen zurückzuführen. Es gibt eine Reihe von Quellen, von denen aus Schadstoffe über die Luft, das Oberflächen- und Grundwasser in Boden, Sediment und damit in das Baggergut gelangen. Der überwiegende Teil der Schadstoffe wird direkt ins Gewässer eingeleitet und dort zunächst von den Schwebstoffen aufgenommen.

Als wesentliche potentielle Schadstoffquellen sind zu nennen:

- industrielle und kommunale Abwassereinleitungen
- Altlasten durch Ablagerungen und Altstandorte
- militärische Anlagen und Rüstungsaltlasten
- Abfallbeseitigung
- Flächennutzung durch Landwirtschaft, Forstwirtschaft und Gartenbau
- Niederschläge (saurer Regen, Staub etc.)
- Lagerung, Umschlag, Transport mit Schadstoffen etc.

Prioritäre Schadstoffe sind:

Schwermetalle

Schwermetalle im Sediment bzw. Baggergut sind zurückzuführen auf:

- die geochemische Zusammensetzung der Böden im Einzugsgebiet,
- die Auswirkungen des Bergbaus (z. B. im Harz hohe Cadmium-, Zink- und Bleigehalte),
- spezielle Industriezweige, wie die der eisen- und metallverarbeitenden und die der Metallveredelung (Galvanik),
- die Herstellung von Pigmentfarbstoffen (Cadmium),
- den Einsatz von Schwermetallen in Gebrauchs- und Verbrauchsstoffen (z. B. Cadmium, Nickel und Quecksilber in Batterien, Zink aus Dachrinnen und Kupfer aus Rohrleitungen und Dächern).

Teilweise fallen Schwermetalle bei gewissen Prozessen an, so bei der Chloralkali-Elektrolyse (Quecksilber). Bekannt ist der hohe Chromgehalt der Abwässer der Lederindustrie sowie der chemischen Industrie zur Herstellung von Kassetten für die Unterhaltungselektronik. Punktuell kommen Abwässer von Hütten, wie der Kupferhütten, seltener Abstrahlreste von Brücken und Wasserbauwerken sowie von Schiffen und Schifffahrtszeichen (Blei, Zink, Chrom) hinzu.

Mit allen kommunalen Abwässern gelangen relativ hohe Zink- und Kupfermengen ins Sediment (Baggergut). Schließlich sind die Einträge aus der Luft zu nennen: vor allem Zink, Cadmium und Quecksilber, die beträchtliche Ausmaße annehmen können und zum Teil direkt, zum Teil über und mit dem Straßenstaub in Verbindung mit Regenfällen eingespült werden.

Organische Schadstoffe

- polychlorierte Biphenyle (PCB)
- Chlorpestizide (HCH, HCB, DDT)
- Dioxine und Furane (PCDD/F)
- polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)
- Mineralöle (KW)
- Vinylchlorid (VC)
- Benzol, Toluol, Xylol (BTX)
- leichtflüchtige chlorierte Kohlenwasserstoffe (LCKW)

Langlebige und toxische organische Schadstoffe wurden (und werden) von der Industrie für technische Grundstoffe und früher zum Pflanzenschutz hergestellt. Die polychlorierten Biphenyle (PCB) fanden als unbrennbare Hydrauliköle und Weichmacher in Dichtungsmaterialien auf diffusen Wegen Eingang in die Umwelt. Andere Schadstoffe werden „zwangsläufig“ mit dem Abwasser abgegeben. Dioxine und Furane entstehen in Spuren bei jeder Verbrennung, und nicht nur bei der PVC-Verbrennung. Nicht zu vermeiden war und ist der Eintrag durch Pflanzenschutzmittel.

Bei den Mineralölprodukten und den polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) gibt es viele kleine Quellen neben einigen größeren (Kokereien, Schiffsverkehr, thermische Prozesse).

PAK entstehen überwiegend bei unvollständiger Verbrennung fossiler Brennstoffe, z. B. in Kohle- und Ölheizungen, Kraftwerken, Kokereien oder in Kraftfahrzeugmotoren, so daß Böden an Straßenrändern, besonders auch mit Steinkohlenteerdecken, Industriefeuerungsanlagen, Kokereien und Umschlagplätzen (z. B. Hafenbecken) besonders hoch mit diesen Stoffen belastet sind.

Eine ubiquitäre Grundbelastung wird bei den organischen Stoffen über Luft und Niederschlag eingetragen.

3.1.3 Typisierung

Man unterscheidet

- Baggergut aus der Gewässerunterhaltung und
- Baggergut aus dem Gewässerausbau.

Bei **Unterhaltungsbaggerungen** wird über das bestehende Ausbauprofil des Gewässerbettes hinaus nicht eingegriffen. In der Regel werden dabei Ablagerungen, die sich entsprechend der Strömungsdynamik des Gewässerabschnittes auf der Gewässersohle aufgebaut haben und den Abfluß oder die Schifffahrt behindern, gebaggert. Meistens handelt es sich dabei um fluviale Sedimente mit unterschiedlichen Korngrößenzusammensetzungen, die von den jeweiligen Strömungsverhältnissen abhängen. In seltenen Fällen müssen bei der Unterhaltung eines Schifffahrtsgewässers anthropogene Materialien gebaggert werden (z. B. Wascherbe aus dem Kohlebergbau, Schlacken aus der Stahlverhüttung u. ä.).

Bei Baggerungen im Zuge des **Gewässerausbaues** wird in der Regel mehr oder weniger deutlich über den bestehenden Gewässerquerschnitt hinaus in den Untergrund des Sohl- und Uferbereiches eingegriffen. Bei derartigen Baggerungen fällt Naß- und Trockenabtrag an, der aus gewachsenen Locker- und Festgesteinen (PIANC, 1984 [42]), aus umgelagerten oder angeschütteten, ortseigenen oder -fremden Bodenmaterial (z. B. Kanaldämme) sowie aus Material von bestehenden Sohl- und Uferbefestigungen (Dichtungen, Schwellen, Bühnen, Spundwänden etc.) und auch aus Altlasten bestehen kann. Bei Neu- und Ausbaumaßnahmen des Gewässers ist der Anteil der rezenten, feinkörnigen Gewässersedimente an der Gesamtbaggergutmenge relativ gering. Bei Unterhaltungsbaggerungen dagegen ist der Feinkornanteil (< 63 µm) relativ groß.

3.1.4 Schätzung der Bagger- und Restschlammengen

Die Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes steht im Binnenbereich (bis zur Süßwassergrenze) vor der Aufgabe, zur Aufrechterhaltung der Schifffahrt jährlich etwa 2 Mio. m³ Baggergut (PAUL, 1992 [41]), das bei der Unterhaltung der Gewässer (bezogen auf die alten Bundesländer) anfällt, aus der Schifffahrtsrinne herauszunehmen. In den neuen Bundesländern werden die jährlich anfallenden Unterhaltungsbaggerungen – unabhängig von den Ausbaustrecken im Rahmen des Projektes Deutsche Einheit – auf einige 100 000 m³ geschätzt. Diese Aushubmassen müssen, soweit es umweltverträglich möglich oder aus Gründen des Feststoffhaushaltes notwendig ist, im Gewässer umgelagert werden oder aus dem Gewässer entfernt und mit oder ohne Vorbehandlung an Land auf geeigneten Flächen oder gesicherter Deponie untergebracht werden.

Große Mengen fallen in den großen Seehäfen an, so muß allein die Hansestadt Hamburg jährlich über 2 Mio. m³ Baggergut aus ihren Häfen entfernen.

Dazu kommen noch beträchtliche Massen aus den vielen Landeshäfen und Landesgewässern, die nicht der Bundeswasserstraßenverwaltung unterliegen, sowie aus Seen (wie z. B. die Ruhrtalstauseen).

Auch kommunale kleinere Gewässer und Entwässerungsgräben – ebenso wie kommunale Häfen – müssen von Zeit zu Zeit geräumt werden. Die Entsorgung dieser Massen bereiten den Kommunen zunehmend Probleme.

Für den Bund, die Bundesländer und Kommunen wird mangels aktueller Erhebungen das Aufkommen an Baggergut jährlich zusammen auf etwa 10–15 Mio. m³ geschätzt.

Bei Bodenwaschanlagen verbleibt bei der Wäsche i. a. ein konzentrierter Restschlamm von 10 bis 30 % der ursprünglich eingesetzten Bodenmenge zurück. Größenordnungsmäßig spielen diese Restschlämme bei der Mengenabschätzung im Vergleich zu Baggergut eine untergeordnete Rolle. Das Aufkommen wird mangels aktueller Daten auf 50 000 bis 150 000 m³ pro Jahr geschätzt.

3.2 Restschlämme aus Bodenwaschverfahren

3.2.1 Einsatzmöglichkeiten von Bodenwaschverfahren

Folgende Anwendungsbereiche (LfU, 1993 [33]) lassen sich unterscheiden:

- Altlastensanierung:
Vorwiegend Standorte der metallverarbeitenden Betriebe, Chemiebetriebe, Rüstungsaltslasten.
- Bodenentsorgung bei Baumaßnahmen, Abriß- und Bauschuttentsorgung:
Im Zuge von Baumaßnahmen können bis dahin unbekannte Belastungen aufgedeckt werden und somit kontaminierte Bodenmassen anfallen, die gereinigt oder unter erheblichen Kosten als Sonderabfall beseitigt werden müssen. Das gilt auch für Bauschutt, der oft mit Schadstoffen belastet, beim Abbruch alter Industrieanlagen anfällt.

- Unfälle:

Verunreinigte Böden nach Unfall- oder Schadensereignissen im Straßenverkehr oder bei Umschlag- oder Abfüllvorgängen.

3.2.2 Ziel der Bodenwäsche

Verfahrensziel ist die Aufkonzentrierung der Schadstoffe einerseits durch Ablösung der unerwünschten Stoffe von den Bodenpartikeln und andererseits durch die mechanische Trennung geringer belasteter Bodenbestandteile von den stärker mit Schadstoffen belasteten (LfU, 1993 [33]). Damit ist gleichzeitig eine Volumenreduzierung der belasteten Bodenanteile verbunden.

Der Reinigungsgrad des Materials sollte im Idealfall den Wiedereinbau an Ort und Stelle oder die Rückführung in den Wirtschaftskreislauf (Baustoffrecycling) gestatten. Mindestens aber sollte erreicht werden, daß die belasteten Massen nach der Behandlung nicht mehr als Sonderabfall kostspielig entsorgt werden müssen, sondern als Bauschutt oder gering bis nicht kontaminierte Böden verwendet oder in geringerer Deponieklasse beseitigt werden können. Im Verhältnis der zum Volumen sehr großen Oberflächen der Feinbestandteile im Boden besteht die wesentliche Reinigungsleistung in der Korngrößenklassierung zur Trennung möglichst großer, schwach belasteter Bodenanteile von einer deutlich kleineren, hochbelasteten Feinkornfraktion.

Der Reinigungserfolg im Sinne der Erzielung einer ausreichenden Reinigungsleistung ist i. a. von den Bodeneigenschaften und der Schadstoffbindung abhängig.

Die chemisch-physikalischen Eigenschaften eines Schadstoffes, wie Wasserlöslichkeit und Flüchtigkeit, beeinflussen den Schadstoffübergang vom Boden in die wäßrige Phase oder in die Abluft und unterstützen zusätzlich den Reinigungseffekt durch die Separierung.

Berücksichtigt man, daß Bodenwaschverfahren in gewissem Umfang modifizierbar sind, z. B. durch

- Zugabe unterschiedlicher Waschhilfsstoffe,
- Intensivierung des eigentlichen Waschprozesses
- ergänzende verfahrenstechnische Operationen bzw. Anlagenteile,

lassen sich Bodenwaschverfahren an die jeweiligen Kontaminationssituationen anpassen, so daß viele Schadstoffe in bestimmtem Maße entfernbar sind.

Bei dem Trennprozeß entsteht dann zum einen der gereinigte Boden und der Restschlamm mit den aufkonzentrierten Schadstoffen. Während für den gereinigten Boden i. d. R. eine Verwertung angestrebt wird, muß der Restschlamm biologisch, chemisch oder thermisch weiterbehandelt bzw. als Abfall beseitigt werden. Verwertungsmöglichkeiten sind bisher auf wenige Einzelfälle beschränkt. Ohne ein geschlossenes Konzept für die Reststoffbehandlung bzw. Entsorgung sind Bodenwaschverfahren nicht sinnvoll einsetzbar.

3.2.3 Verfahrenstechniken der Bodenwaschverfahren

Bodenwaschverfahren werden oft unter dem Begriff Extraktions- oder chemisch-physikalische Verfahren behandelt. Es ist aus technologischer Sicht zweckmäßig, zwischen eigentlichen Bodenwaschverfahren und Extraktionsverfahren zu unterscheiden und beide unter dem Oberbegriff chemisch-physikalische Verfahren zusammenzufassen (LfU, 1993 [33]).

Der Unterschied zwischen Waschverfahren und chemischen Extraktionsverfahren besteht im Mechanismus des Schadstofftransportes.

Kennzeichnend für den Waschprozeß ist die Überführung von partikulärem Schadstoff in die Waschlösung und seine Dispergierung bzw. Emulgierung.

Demgegenüber wird bei den Extraktionsverfahren der Schadstoff in der Extraktionslösung echt gelöst (molekular oder ionogen). Für letzteren Prozeß spielt die Verweilzeit eine wesentliche Rolle. Die Behandlungsverfahren für Böden sind der Tab. 3.2.3-1 zu entnehmen.

Verfahren	Prinzip	Behandlungsmittel
Bodenwaschverfahren	Ablösen des Schadstoffes von Bodenpartikeln durch mechanische Energie, Überführung des Schadstoffs ins Reinigungsmedium als Suspension oder Emulsion, Schadstoffseparation	Wasser Wasser und Tenside
Extraktionsverfahren	Molekulares Lösen und Überführung des Schadstoffs in das Extraktionsmedium	Wäßrige Lösung von Säuren, Laugen, Komplexbildner, organische Lösungsmittel

Tab. 3.2.3-1: Physikalisch-chemische Behandlungsverfahren für Boden (LfU, 1993)

Jeder Waschprozeß wird von Lösungsvorgängen begleitet. Dieser Vorgang ist für den Gesamtprozeß von untergeordneter Bedeutung. Die Bodenwäsche kann als physikalisches Verfahren weder einen Schadstoff abbauen, noch in eine ökologisch unbedenkliche Form umwandeln. Obwohl für die Bodenwäsche chemische Prozesse eher unerwünscht sind, ist in der Praxis eine Überschneidung gegeben. Wird der gewünschte Reinigungseffekt mit Bodenwaschverfahren allein nicht erreicht, so ist eine Kombination mit anderen Verfahren zu prüfen. Die Verfahrensschritte der Bodenwäsche sind der Abb. 3.2.3-1 zu entnehmen.

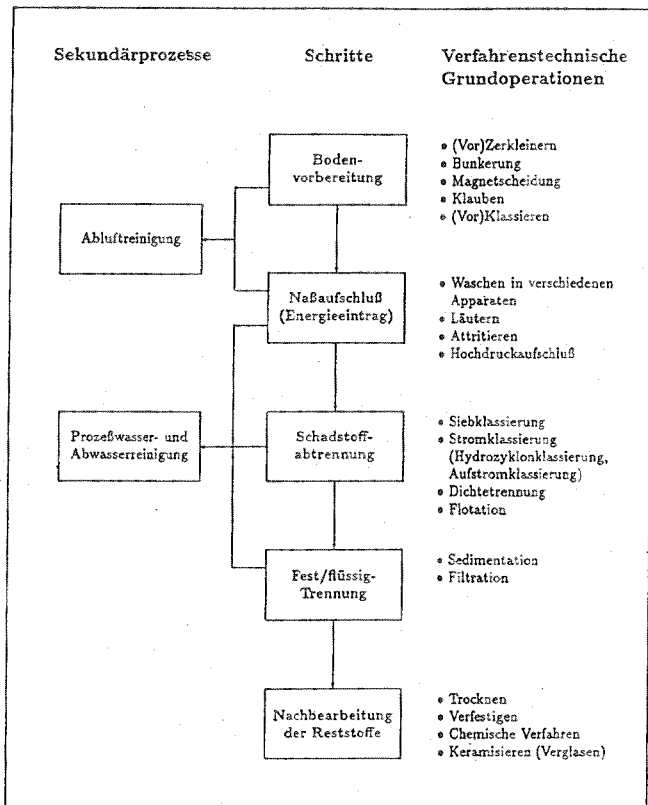


Abb. 3.2.3-1: Verfahrensschritte bei der Bodenwäsche (LfU, 1993 [33])

4. Möglichkeiten der Unterbringung von Baggergut und Restschlämmen

4.1 Allgemeines

Nach dem Abfall-Gesetz (AbfG) und dem Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrW-/AbfG) steht die Abfallvermeidung und Abfallverwertung vor der Abfallbeseitigung. Übertragen auf belastetes Baggergut und Restschlamm heißt das, daß vor der Beseitigung die Möglichkeiten der Verwendung, des Umlagerns, des Einbringens und der Verwertung geprüft werden müssen. Unter Unterbringung sind die Möglichkeiten vom Verwenden bis zum Beseitigen zu verstehen. Aus den in Kap. 2 dargelegten Rechten ergibt sich folgende Reihung, die beim Umgang mit Baggergut und Restschlamm eingehalten werden soll und die im Fließdiagramm (Abb. 4.1-1) dargestellt ist.

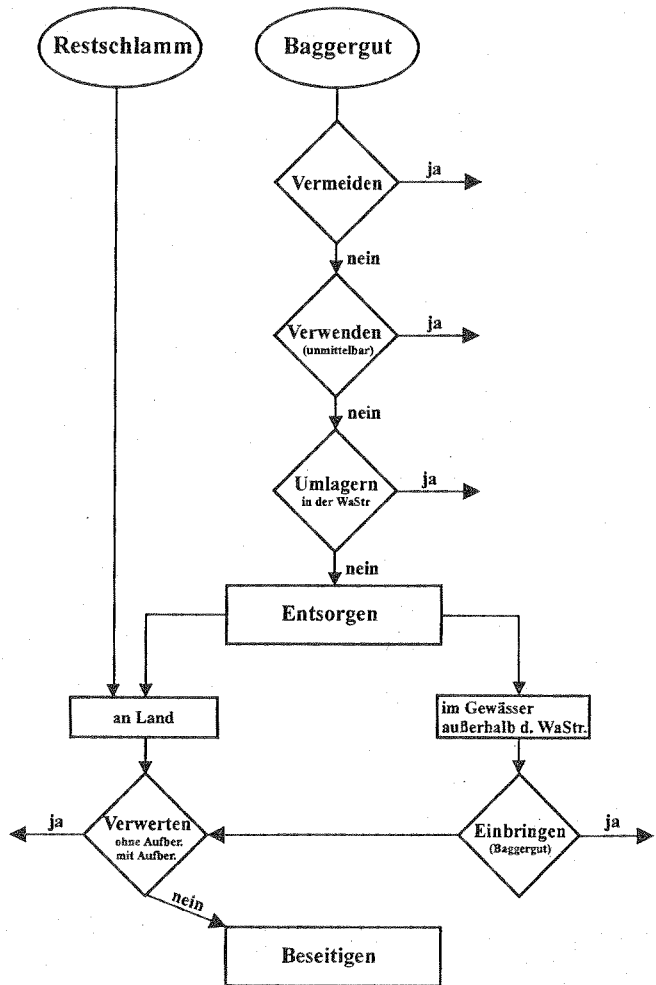


Abb. 4.1.-1: Möglichkeiten der Unterbringung von Baggergut und Restschlämme (modifiziert nach KÖTHE et al., 1995 [30])

4.2 Vermeidung

Bei der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung ist ein Vermeiden von Baggergut meistens nicht möglich, da die Unterhaltung der Binnenwasserstraßen bzw. Gewässer die Erhaltung eines ordnungsgemäßen Zustandes für den Wasserabfluß und die Erhaltung der Schifffahrtsfähigkeit umfaßt, wobei zur Unterhaltung der Wasserstraßen besonders die Räumung, die Freihaltung, der Schutz und die Pflege des Gewässerbettes mit seinen Ufern gehören (§ 8 WaStrG). Durch wasserbauliche Maßnahmen läßt sich die Sedimentation von feinkörnigem Material nur begrenzt verhindern.

Bei den Ländern ist der Verzicht auf Baggerungen auch nur begrenzt möglich, zumal dann, wenn der Hochwasserabfluß eine Aktion zwingend geboten erscheinen läßt (vgl. Anmerkung).*)

Bei Ausbaumaßnahmen ist eine gewisse Vermeidung im Zuge der Optimierung des Baggeraufwandes möglich.

4.3 Verwendung

Unter Verwendung wird die unmittelbare Nutzung (d. h. ohne Aufbereitung und Zwischenlagerung) des belasteten oder unbelasteten Baggergutes an Land oder im Wasser verstanden, wie bereits in Kap. 2 dargelegt. In diesem Fall ist Baggergut kein Abfall. Hierbei ergeben sich einige 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, sofern dies nicht mit erheblichen und nachhaltigen Eingriffen in Natur und Landschaft verbunden ist. Es bieten sich vielfältige Verwendungsmöglichkeiten an (PIANC, [44, 45]).

Die Verwendung von belastetem Baggergut ohne einen weiteren Behandlungsschritt ist stark eingeschränkt. Es handelt sich grundsätzlich um Einzelfallentscheidungen. Eine direkte Verwendung ist nur unter dem nutzungsspezifischen Aspekt zu vertreten, der Gefährdungspfade für Mensch, Tier und Pflanze ausschließt. Weitere Voraussetzung ist, daß Oberflächen- und Grundwasser nicht beeinträchtigt werden (WHG; §§ 26 und 34).

4.4 Umlagerung

Eine Umlagerung von Baggergut in einem Gewässer erfolgt dann, wenn im Zuge von Unterhaltungs- und Ausbaumaßnahmen im Bereich von Schiffahrtswegen Gewässersedimente gebaggert, geeeggt oder mit dem Jetstrahl gelöst und gezielt im gleichen Gewässer, nur an anderer Stelle, wieder abgelagert/verklappt wird. Nach § 7 WaStrG bedürfen Maßnahmen innerhalb von Bundeswasserstraßen keiner wasserrechtlichen Erlaubnis, Bewilligung oder Genehmigung (vgl. Kap. 2).

Das Umlagern ist nicht zu verwechseln mit dem Einbringen von Baggergut ins Gewässer. Durch Baggergutumlagerungen werden dem Gewässer keine Bodenmengen hinzugefügt, so daß auch keine Schadstoffzufuhr erfolgen kann (es sei denn, es wird eine Altlast angeschnitten). Wie bei natürlichen Sedimentumlagerungen entstehen auch bei den technischen Umlagerungen örtlich und zeitlich beschränkte Trübungs- und Sauerstoffzehrungseffekte, die sich jedoch durch technische Maßnahmen (Verschlechterungsverbot) reduzieren lassen.

4.5 Entsorgung

Die Abfallentsorgung umfaßt nach § 1 Abs. 2 des AbfG (1986) das Gewinnen von Stoffen oder Energie aus Abfällen (Abfallverwertung) und das Ablagern von Abfällen sowie die hierzu erforderlichen Maßnahmen des Einsammelns, Beförderns, Behandelns und Lagerns.

Unter Entsorgung versteht man nach dem KrW-/AbfG (§ 3, Abs. 8) die Verwertung und Beseitigung. Die Entsorgung kann an Land erfolgen oder im Gewässer außerhalb der Wasserstraße (Einbringen).

*) Anmerkung: Ein Vermeiden wäre nur dann möglich, wenn darunter verstanden wird, daß aquatisches Baggergut mit dem Jetstrahl gelöst und in die fließende Welle gespült wird (umgelagert) und mit dieser in Richtung Nord- bzw. Ostsee transportiert würde. Diese Art der Umlagerung soll jedoch nicht als ein Vermeiden interpretiert werden.

4.5.1 Verwertung an Land

Baggergut kann ohne und mit Aufbereitungsmaßnahmen verwertet werden.

Ohne Aufbereitung kann Baggergut mittelbar, d. h. nach Zwischenlagerung untergebracht/verwertet werden, z. B.

- im Landschaftsbau,
- auf ungesicherten, aber hydrogeologisch geeigneten Ablagerungsflächen, wie sie z. B. mit den Wertestufen Z 1.1 und Z 1.2 der LAGA (1994) [35];
- als eingeschränkter Einbau mit definierten technischen Sicherungsmaßnahmen, wie sie z. B. mit der Wertestufe Z 2 der LAGA (1994) [35] angesprochen sind;
- als Bergwerksversatz.

Bei einer unmittelbaren Nutzung an Land handelt es sich dagegen um ein Verwenden.

In bestimmten, jeweils zu prüfenden Fällen ist es vertretbar, Baggergut unter Beachtung definierter Randbedingungen einzubauen, wenn der Transport von Schadstoffen in den Untergrund und das Grundwasser verhindert wird. Maßgebend für die Festlegung ist das Schutzgut Grundwasser. Hierher gehören z. B. Spülfelder, die ohne Aufbereitung gespült werden, oder solche, die mit dem Ziel einer Entwässerung des Baggergutes oder einer Korngrößentrennung längs des Fließweges betrieben werden.

Die Verwertung mit Aufbereitung beinhaltet die Verringerung des Schadstoffpotentials des belasteten Baggergutes durch geeignete Verfahren. Da es vor allem aus der Altlastensanierung zahlreiche Verfahren gibt, die z. T. auf das Baggergut anwendbar sind oder entsprechend modifiziert werden, ist eine Verfahrenskategorisierung als Anwendungshilfe sinnvoll. FINK & HAMPEL (1994) [20] gliedern die vorhandenen Verfahren sinnvollerweise nach ihrer Wirkungsweise auf die Schadstoffe in drei Obergruppen:

- Schadstoffabtrennung
- Schadstoffzerstörung
- Schadstoffeinbindung.

Die Produkte aus den Verwertungsverfahren sind

- a) schadstoffabgereichertes Baggergut, das in den Wirtschaftskreislauf zurückgeht, wie z. B. Schluff, Sand und Kies in die Baustoffindustrie, als Bodenaustauschmaterial, als Dammschüttmaterial o. ä.
- b) Verwertungsgüter mit veränderter Materialstruktur (z. B. Bausteine wie Ziegel, Schaumglas, Pellets, Blähton, etc.)

Der schadstoffkonzentrierte Reststoff aus dem Schadstoffabbreiherungsverfahren muß i. a. beseitigt werden.

Restschlämme können mit Ausnahme der Unterbringung auf Spülfelder nach den gleichen Methoden verwertet werden.

4.5.2 Einbringen in Gewässer

Stoffe, die in Gewässer eingeleitet oder eingebracht werden, unterliegen nach § 1, Abs. 5 AbfG (1986) und § 2, Abs. 6 des KrW-/AbfG nicht dem Abfall- sondern dem Wasserrecht. Da das Einbringen von Baggergut beispielsweise in eine Kiesgrube oder ein wasserbauliches Verwenden oder Verwerten nicht immer unmittelbar in der Wasserstraße erfolgen kann, wird unter Einbringung in ein Gewässer eine Unterbringung verstanden, die dem Wasserrecht unterliegt.

Bei einer unmittelbaren Nutzung in der Wasserstraße handelt es sich dagegen um ein Verwenden.

4.6 Beseitigung

Unter Beseitigung wird die gesicherte Endablagerung von belastetem Baggergut, Restschlamm oder angereicherten Reststoffen aus der Verwertung verstanden, die keiner anderen Unterbringung (mehr) zugeführt werden können.

Die Beseitigung auf abfallrechtlich zugelassenen Deponien (nach TA-Siedlungsabfall I und II bzw. TA-Abfall) gestaltet sich für Baggergut sehr schwierig und kostenaufwendig. Naßbaggergut muß vorher entwässert werden. Dafür fehlen vor allem bei größeren Mengen geeignete Entwässerungsflächen (Spülfächen, Polder) oder -anlagen (Pressen, Trockner), die eine Sickerwasserkontrolle beinhalten. Trockenbaggergut kann je nach Grad der Belastung, der physikalischen Beschaffenheit und der Menge mit weniger Aufwand auf unterschiedlichen Deponien untergebracht werden. Bei hohem Wasser- und Schadstoffgehalt im Baggergut wird z.T. eine Verfestigung/Konditionierung erforderlich, um Auslaugungen zu reduzieren und eine Standfestigkeit zu gewährleisten.

Probleme tauchen auch dann auf, wenn Baggergut und Restschlamm viel organisches Material (Detritus) enthalten und der Glühverlust > 5 Gew. % beträgt. Material solcher Zusammensetzung darf ab dem Jahr 2005 nicht mehr auf Deponien abgelagert werden.

Eine Beseitigung von hochbelastetem Material nach Untertage in Kali- oder Steinkohlebergwerke und die dafür notwendigen Vorbehandlungsschritte werden z. Z. ebenfalls diskutiert (z. B. ELBSCHLICK-FORUM, 1994 [19]).

5. Bewertung von Baggergut und Restschlämmen

5.1 Bewertungsgrundlagen

Die Auswahl eines Unterbringungsweges (vgl. Abb. 4.1-1), insbesondere beim Vorhandensein alternativer Wege, setzt eine Bewertung auf der Basis von Bewertungskriterien und Bewertungsmaßstäben voraus. Infolge der Komplexität der hier angesprochenen Thematik ist eine Systematisierung der Bewertungskriterien erforderlich. Die Kriterien für die Bewertung der oben genannten Wege können wie folgt unterschieden werden:

- Stoffspezifische Kriterien
- Ökotoxikologische Kriterien
- Technische Kriterien
- Rechtliche Kriterien
- Ökonomische Kriterien

Eine Bewertung erfolgt durch Kopplung der in den folgenden Abschnitten beschriebenen Bewertungskriterien mit den z. B. aus Rechtsvorschriften und technischen Regelwerken bekannten Bewertungsmaßstäben (vgl. BERTSCH & KÖTHER, 1995, [8]).

5.2 Vorschläge zu den Bewertungskriterien

5.2.1 Stoffspezifische Kriterien

Eine Klassifizierung der stoffspezifischen Eigenschaften von Baggergut bzw. Restschlämmen kann zunächst mittels der Daten über die Herkunft und Historie vorgenommen werden. Bei Restschlämmen ist besonders das durchlaufende Behandlungsverfahren wichtig. Auf der Basis dieser Daten lassen sich Art und Umfang der weiteren stoffspezifischen Untersuchungen in quantitativer und qualitativer Hinsicht festlegen.

Die Untersuchungen umfassen im wesentlichen:

Chemisch-physikalische Kennwerte:

- Chemische Zusammensetzung
- Redoxpotential, pH-Wert, Glühverlust
- Bindungsform zwischen Matrix und Schadstoff
- Elutionsverhalten
- Sorptions-/Desorptionsverhalten

Bodenphysikalische Kennwerte:

- Kornzusammensetzung
- Wassergehalt
- Raumdichte
- Zustandsgrenzen
- Proctorwerte
- Scherfestigkeit
- Setzungsverhalten
- Wasserdurchlässigkeit
- Standfestigkeit u. ä.

Die erwähnten Kennwerte sind nach den anerkannten Verfahren von DIN und ISO bzw. den technischen Regelwerken von LAWA, LAGA, LABO zu ermitteln.

5.2.2 Ökotoxikologische Kriterien

Gegenwärtig werden grundsätzlich zwei Vorgehensweisen bei Sediment-(Baggergut-)Bewertungen unterschieden:

1. Bewertungskriterien auf der Grundlage von Konzentrationen von Einzelstoffen („chemisch-numerischer“ Ansatz)
2. Bewertungskriterien auf der Grundlage von summarischen Wirkparametern („biologischer“ Ansatz).

1. Chemisch-numerischer Ansatz

Im Rahmen dieser Ansätze werden Bewertungskriterien für Einzelstoffe abgeleitet. Im allgemeinen lassen sich vier numerische Ansätze anführen:

1. Background-Ansatz;
2. Wasserqualitäts/Porenwasser-Ansatz;
3. Sediment/Wasser-Gleichgewicht;
4. Sediment/Organismen-Gleichgewicht.

Im Gegensatz zu dem Background-Ansatz basieren die Ansätze zwei bis vier auf Bewertungskriterien, die als Maßstab die Wasserqualität zur Grundlage haben. Diese werden direkt auf das Porenwasser als Maß für die Sedimentqualität bezogen, oder über Verteilungskoeffizienten auf das Sediment umgerechnet; bei letzterem (4) wird zusätzlich der Biokonzentrationsfaktor hinzugezogen. Beim Ansatz (1) werden die Gehalte an Schadstoffen mit den natürlichen Hintergrundkonzentrationen verglichen (z. B. nach TUREKIAN und WEDEPOHL, 1961 [52]; G. MÜLLER, 1971 [38] oder HINDEL und FLEIGE, 1991 [24]).

Bei der Ermittlung der Gehalte müssen Bezugsgrößen gewählt werden, da für die sachgerechte Interpretation der Gehalte an Schadstoffen eine Standardisierung hinsichtlich der Korngrößen unabdingbar ist. Der Fachausschuß Gewässersedimente der Gesellschaft Deutscher Chemiker schlägt für Routineanalysen die Korngrößenfraktion < 20 µm oder die < 63 µm vor. Teilweise wird auch die < 2000 µm-Fraktion gemessen.

Zielvorgaben zum langfristigen Schutz von Binnengewässern (aus SCHMIDT, 1994 [46]): Vom Bund-Länder Arbeitskreis Qualitätsziele (BLAK QZ [9]) wurden Zielvorgaben für die Schwermetallgehalte der Elemente Pb, Cd, Cr, Cu, Ni, Hg und Zn in Binnen-

gewässern vorgestellt. Die entwickelten Zielvorgaben beinhalten Orientierungswerte, deren Einhaltung die Nutzung und den Naturhaushalt eines Gewässers langfristig sichern soll. Folgende Schutzgüter im Gewässer werden berücksichtigt:

- Aquatische Lebensgemeinschaften,
- Berufs- und Sportfischerei,
- Bewässerung landwirtschaftlich genutzter Flächen,
- Schwebstoffe und Sedimente
- Trinkwasserversorgung.

Nach umfangreicher Literaturrecherche und Vergleichen mit nachbarstaatlichen Regelungen hat der BLAK QZ auf der Basis von Wirkungsdaten für aquatische Organismen Vorschläge für Zielvorgaben entwickelt. Für vier Trophiestufen (Bakterien, Algen, Krebse, Fische) sind in Stoffdatenblättern Wirkungsdaten aufgeführt worden. Die ermittelten NOEC-Werte (no observed effect concentration) bzw. Wirkschwellwerte für Wasserorganismen liegen bei sehr empfindlichen Arten bereits auf der Höhe der Hintergrundkonzentration von Schwermetallen in Gewässern.

Vom Bund-Länder Arbeitskreis Qualitätsziele wird daher vorgeschlagen, daß zum Schutz der aquatischen Lebensgemeinschaften die Belastung der Gewässer mit Schwermetallen so gering wie möglich zu halten ist. Als Zielvorgaben wurde das zweifache der Obergrenze der Hintergrundwerte festgesetzt. Die Verdoppelung soll dabei regionale Schwankungen und geringfügige anthropogene Belastungen berücksichtigen. Schwermetalle können auch zu erheblichen Problemen bei der Ablagerung von Baggergut auf landwirtschaftlich genutzte Flächen führen. Zur Sicherstellung der Verwertung von Gewässersedimenten wurden die geltenden Bodengrenzwerte der Klärschlammverordnung als Zielvorgaben übernommen (Tab. 5.2.2-1).

in [mg/kg]	Hintergrundwert Rhein-schwebstoffe (Fraktion < 20 µm)	Zielvorgabe IKSR	Zielvorgabe BLAK QZ Schutzgut: Aquatische Lebensgemeinschaften	Zielvorgabe BLAK QZ Schutzgut: Boden/ Sedimente
Blei	25	100	100	100
Cadmium	0,3	1	1,2	1,5
Chrom	80	100	320	100
Kupfer	20	50	80	60
Nickel	30,0	50	120	50
Quecksilber	0,2	0,5	0,8	1
Zink	100	200	400	200

Tab. 5.2.2-1: Hintergrundwerte und Zielvorgaben¹⁾ für die Schwermetallgehalte in Schwebstoffen (IKSR 1993; 1994 [25, 26]; SCHUDOMA et al., 1994 [47])

Von der Internationalen Kommission zum Schutze des Rheins (IKSR, 1993) wurden Zielvorgaben für die Schwermetallgehalte in Schwebstoffen festgelegt (Tab. 5.2.2-1). Die Zielvorgaben basieren auf dem Schutz der landwirtschaftlichen Nutzung von Gewässersedimenten und wurden unter Berücksichtigung der in den Rheinanaliegeestaaten geltenden Bodengrenzwerten abgeleitet. Die Zielvorgaben für Schwebstoffe stellen auch den Schutz der aquatischen Lebensgemeinschaften sicher, da sich die

Werte u. a. an der natürlichen Hintergrundbelastung orientieren. Die Zusammenstellung von Daten zur Wirkung von Schwermetallen auf Wasserorganismen zeigte, daß die NOEC-Werte der empfindlichsten Arten im Bereich der Hintergrundkonzentration oder nur wenig darüber lagen (SCHUDOMA et al., 1994 [47]).

2. Biologischer Ansatz

Konkrete Zielvorgaben sind nur für eine begrenzte Anzahl von Einzelstoffen ableitbar. Um additive und synergistische Effekte zu erfassen, bestehen daher Überlegungen, ergänzende summarische Kriterien auf der Grundlage von Biotests zu definieren.

Ebenso lassen sich Wirkungen unterhalb der chemisch-analytischen Erfassungsgrenzen feststellen. Ferner werden die potentiellen Wirkungen von Stoffen erfaßt, für die noch kein Analyseverfahren existiert. Ökologisch/ökotoxikologische Verfahren erlauben weiterhin angepaßtere Aussagen zur Bioverfügbarkeit von Schadstoffen als chemisch-physikalische Extraktionsverfahren. Hinzu kommen praktische Vorteile: So sind etwa Biotests – verglichen zu der Vielzahl der erforderlichen chemischen Analysen – relativ schnell und kostengünstig durchführbar.

Die grundsätzliche Eignung biologischer Bewertungen der Sedimentqualität ist nicht mehr umstritten (ZIMMER und AHLF, 1994 [55]). Es wurde auch verdeutlicht, daß eine Sedimentbewertung nicht mit Hilfe nur eines einzelnen Biotests zu aussagekräftigen Ergebnissen kommen kann (aufgrund der verschiedenen Expositionswege und der unterschiedlichen Empfindlichkeit der Organismen), sondern daß diese Kriterien auf Grundlage einer Kombination verschiedener Tests entwickelt werden müssen (Toxizitäts- und Akkumulationsuntersuchungen, Freilanduntersuchungen und Labortests).

3. Übertragungsmöglichkeiten auf terrestrische Böden

Die chemisch-numerischen Verfahren lassen sich nicht einfach auf terrestrische Böden übertragen, da sie von Wasserqualitätszielen ausgehen und über Rechnungsmethoden das Verhältnis zwischen Backgroundgehalt und jungem Sedimenten beschreiben. Für terrestrische Böden ist dies aufgrund der differenzierten Bodenbildung und Horizontgliederung nicht möglich. Die Remobilisierung in Sedimenten unterliegt anderen Rahmenbedingungen als in terrestrischen Böden, sie wird in erster Linie durch den Einfluß von pH-Wert-Änderungen bestimmt (FÖRSTNER et al., 1989 [22]).

Als Beurteilungsschema schlägt der BLAK QZ folgendes vor (vgl. Tab. 5.2.2-2): Ein als Zielwert (90 % – Perzentilwert) bezeichneter Wert in Höhe des doppelten oberen Hintergrundwertes stellt den anzustrebenden Standard für Sediment und Wasser dar. Die Verdoppelung der Hintergrundkonzentration soll regionale Schwankungen, analytische Fehler und geringfügige anthropogene Belastungen kompensieren. Bei Überschreitung der Zielvorgabe durch ein Element ist, sofern es auf anthropogene Einflüsse zurückführbar ist, mittelfristig der Eintrag zu mindern. Bei Überschreiten der Zielvorgabe durch mehrere Elemente soll eine Vorrangliste für die Emissionsminderung erstellt werden.

Dem Zielwert übergeordnet ist ein Sanierungswert in Höhe des fünffachen oberen Hintergrundwertes. Bei Erreichen oder Überschreiten dieses Limits ist ein vorrangiger Sanierungsbedarf gegeben, wobei als Sanierungsziele Konzentrationen festgelegt werden sollen, die sich am Hintergrundbereich orientieren.

Ausgenommen hiervon sind Gebiete mit geogen höheren Schwermetallgehalten sowie Gebiete, in denen flächenhaft höhere Belastungen durch frühere anthropogene Tätigkeiten vorliegen (z. B. Klärschlamm-Aufbringung oder Kupferanreicherung

¹⁾ Die Zielvorgaben sind auf 90-Perzentilwerte bezogen.

durch Pflanzenschädlingsbekämpfungsmittel). In solchen Fällen wäre der weitere Eintrag aus diffusen Quellen nur mit unverhältnismäßig hohem Aufwand zu sanieren.

Aus den vom BLAK QZ abgeleiteten Zielvorgaben für die einzelnen Schutzgüter geht hervor, daß für die Schutzgüter „Aquatische Lebensgemeinschaften“ und „Boden (Schwebstoffe/Sedimente)“ die strengsten Anforderungen an die Wasserqualität zu stellen sind. Die Zielvorgaben zum Schutz von Berufs- und Sportfischerei, Bewässerungswasser und Trinkwasser sind dagegen weniger streng.

	Rhein-sediment 15./16. Jahrh.	Rhein-sediment Düsseldorf 16-19. Jahrh. < 40 µm	Elbe-sediment km 485-650 18. Jahrh. < 63 µm	Main-Neben-flüsse < 63 µm	Türekian/Wedepohl Tongestein-standart (< 40 µm)
Blei	31	25-86	25-30	< 25	20
Cadmium	0,5	0,9-1,7	0,2-0,4	< 0,4	0,3
Chrom	77	46-50	60-80	< 25	90
Kupfer	21	25-37	20-30	< 10-15	45
Nickel	33	40-46	10-30	< 20	68
Queck-silber	0,15	-	0,2-0,4	0,1-0,2	-
Zink	93	92-207	90-110	< 40	95

Tab. 5.2.2-2: Hintergrundkonzentrationen von Schwermetallen in Flußsedimenten und in Tongesteinstandard (mg/kg) (SCHUDOMA, 1993 [47])

4. Aufbau des Bewertungsschemas der ARGE-Elbe

Die Wassergütestelle der ARGE Elbe [2] hat in Zusammenarbeit mit dem Umweltbundesamt ein Bewertungsschema für die Schwebstoffe in der Elbe erstellt, das sich an den natürlichen Hintergrundgehalten der Schwermetalle in Elbsedimenten orientiert. Die Abstufung der Güteklassen wurde aufgrund von Erfahrungswerten vorgenommen, wobei die Zielvorgaben des BLAK QZ etwa der Güteklasse II der ARGE entsprechen (gering anthropogen belastet). Ebenso erfüllt die Güteklasse II die Bodengrenzwerte der Klärschlammverordnung, womit eine gewisse „Multifunktionalität“ der Sedimente in bezug auf die landwirtschaftliche Nutzung gewährleistet ist. Die Güteklassen der ARGE Elbe sind in Tab. 5.2.2-3 für Schwermetalle und in Tab. 5.2.2-4 für organische Schadstoffe zusammengestellt.

Metall (Elbe)	Hintergrundwert	I	II	III	IV	Bodengrenzwert der Klärschlammverordnung	ZV- IKSR	BLAK QZ*			
								ZV	S		
Hg	0,2-0,4	HGW ≤ 0,5	≤ 0,8	≤ 5	≤ 10	≤ 25	> 25	1	0,5	0,8	2,0
Cd	0,2-0,4	HGW ≤ 0,5	≤ 1,2	≤ 5	≤ 10	≤ 500	> 25	1,5	1,0	1,2	3,2
Pb	25-30	HGW ≤ 50	≤ 100	≤ 150	≤ 250	≤ 500	> 500	100	100	100	250
Cu	20-30	HGW ≤ 40	≤ 60	≤ 150	≤ 250	≤ 500	> 500	60	60	80	200
Zn	90-110	HGW ≤ 150	≤ 200	≤ 500	≤ 1000	≤ 2000	> 2000	200	200	400	1000
Cr	60-80	HGW ≤ 90	≤ 100	≤ 150	≤ 250	≤ 500	> 500	100	100	320	800
Ni	10-30	HGW ≤ 40	≤ 50	≤ 150	≤ 250	≤ 500	> 500	50	50	120	300
As	3-5	HGW ≤ 10	≤ 20	≤ 40	≤ 70	≤ 100	> 100	-	40	-	-

Tab. 5.2.2-3 ARGE-Elbe Güteklassen für Schwermetalle und Arsen

In den Güteklassen werden die jeweiligen Höchstwerte dargestellt [mg/kg TS Schwebstoff (Fraktion < 20 µm), HGW = Hintergrundwert], die Klassenuntergrenze ergibt sich aus dem Höchstwert der jeweils vorstehenden Güteklasse. Zielvorgaben wurden als GKL II definiert (Zielvorgaben BLAK QZ, Schutz aquatischer Lebensgemeinschaften sowie Bodengrenzwerte der Klärschlammverordnung) (Stand: 11. 3. 1994).

* bezogen auf 25 mg/l Schwebstoff
ZV = Zielvorstellung aquatische Lebensgemeinschaften,
S = Sanierungswert

Stoff	I	II	III	IV	zum Vergleich ZV-BLAK QZ µg/l			
ACX	n.n.	≤ 20	≤ 50	≤ 100	≤ 250	≤ 500	> 500	-
DDT + Metaboliten (DD, DDE) je	n.n.	≤ 20	≤ 40	≤ 100	≤ 200	≤ 400	> 400	0,001
HCB	n.n.	≤ 5	≤ 40	≤ 100	≤ 200	≤ 400	> 400	0,001
HCH-Isomere je	n.n.	≤ 10	≤ 20	≤ 50	≤ 100	≤ 100	> 100	0,002 (Linden) 0,0001
PCB-Kong. (7 Stoffe) je	n.n.	≤ 2	≤ 5	≤ 10	≤ 25	≤ 50	> 50	0,0001
Organozinn-Verbindung je (in µg Sn/kg TS)	n.n.	≤ 10	≤ 25	≤ 75	≤ 150	≤ 250	> 250	0,001

n.n. = nicht nachweisbar

Tab. 5.2.2-4 ARGE-Elbe Güteklassen für ausgewählte organische Mikroverunreinigungen

In den Güteklassen werden die jeweiligen Höchstwerte dargestellt [µg/kg TS Schwebstoff, für AOX mg/kg TS Schwebstoff, HGW = Hintergrundwert]. Zielvorgaben wurden als Güteklasse II definiert (in der rechten Spalte die Zielvorgaben für Konzentrationen im Wasser gemäß BLAK QZ) (Stand: 11. 3. 1994).

Auch das Bewertungsschema der ARGE Elbe ist nicht dazu angelegt, Baggergut im Hinblick auf eine Verwendung, Verwertung oder Beseitigung zu bewerten.

5.2.3 Technische Kriterien

Die in 4.5.1 genannten Gruppen lassen sich in Verfahrenskategorien nach FINK & HAMPEL (1994) [20] entsprechend Tab. 5.2.3-1 einordnen.

Schadstoff-Abtrennung	Schadstoff-Zerstörung	Schadstoff-Einbindung (Immobilisierung, Verfestigung)
Korngrößenklassierung (Siebe, Hydrozyklon)	Biologischer Abbau (nur organische Schadstoffe, Ammonium)	Thermische Einbindung (Einbau in eine Matrix durch hohe Temperaturen)
Sortierung (Flotation, über die Oberflächeneigenschaften und Dichte)	Chemische Oxidation (naßchemische Umsetzung unter erhöhtem Druck und 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)		

Tab. 5.2.3-1: Gliederung der Verfahrenskategorien zur Verwertung von Baggergut

Folgende Techniken sind zu unterscheiden:

Schadstoff-Abtrennung

Korngrößenklassierung:

- Siebe
- Horizontale Klassierung
- Vertikale Klassierung
- Zentrifugalabscheidung (Hydrozyklon)
- sonstige Verfahren

Dekontaminierung:

- Boden-Waschverfahren
- Flotation
- Chemisch-mikrobiologische Laugung
- Thermische Desorption

Schadstoff-Zerstörung

- biologischer Abbau (von organischen Schadstoffen)
- chemische Oxidation
- thermische Oxidation (Verbrennung)

Schadstoff-Einbindung

- thermische Einbindung (Ziegel, Blähton, Pellets, Schaumglas)
- chemische Einbindung (Verfestigung mit Zement, Kalk, REA-Gips, Flugasche u. ä.)

Eine Optimierung der Behandlungsverfahren kann durch eine sinnvolle Kopplung unterschiedlicher Techniken erzielt werden, wobei die jeweils verfügbaren Kombinationen der Anbieter, die Einsatzgrenzen und die wirtschaftlich zu erzielenden Aufbereitungseffekte zu berücksichtigen sind. Hierfür können von Bedeutung sein:

- Gewinnungsverfahren (hydraulisch/mechanisch)
- Herkunft (Lagerung vor der Aufbereitung)
- Bindungsform der Schadstoffe
- Weitere Behandlung der Flüssigphase

Alle genannten Verfahren stellen spezielle Anforderungen (technische Kriterien) an das Baggergut bzw. die Restschlämme, die den jeweiligen detaillierten Verfahrensbeschreibungen zu entnehmen sind.

5.2.4 Rechtliche Kriterien bei der Planung und Ausführung

Beim Umgang mit Baggergut und Restschlämmen sind im allgemeinen mehrere Rechtsgebiete tangiert, z. B. Wasser-, Abfall-, Naturschutz-, Immissionsschutz-, Bodenschutz-, Bau-, Berg-, Landschaftsschutz-, und Arbeitsschutzrecht. Zu berücksichtigen sind weiterhin die untergesetzlichen Regelungen, sowie die entsprechenden Verwaltungsvorschriften. Daraus ergeben sich Anforderungen an das rechtliche Verfahren sowie Möglichkeiten und Grenzen der Verwertungs-, Unterbringungs- und Beseitigungswege, für die es keine einheitlichen Regelungen gibt. Insbesondere beim Umgang mit Baggergut sollte der Vorhabensträger daher unter Berücksichtigung der örtlichen Gegebenheiten die rechtlichen Randbedingungen des Vorhabens und die Vorgehensweise (siehe auch Abschnitt 2) mit der zuständigen Behörde abklären.

Die rechtlichen Bewertungskriterien für Bodenschlämme im Sinne dieser Handlungsanweisung sind durch das Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz (KrW-/AbfG) und den darauf basierenden Regelungen vorgegeben.

5.2.5 Ökonomische Kriterien

Die verschiedenen Unterbringungsverfahren (Abb. 4.1-1) für Baggergut und Restschlämme erfordern einen hohen Einsatz an Personal und kapitalintensivem technischen Gerät. Voraussetzung ist eine Betrachtung der Gesamtkosten für Aufnahme, Aufbereitung, Transport, Zwischenlagerung, Beseitigung einschließlich der Minimierungs-, Kompensations- und Unterhaltungskosten mit Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen.

Bei den Besitzern von Baggergut und Restschlämmen wird aus diesem Grund das Bestreben vorherrschen, ein möglichst preiswertes, den regionalen Möglichkeiten angepaßtes Verfahren auszuwählen, das eben noch ökologisch verträglich durchsetzbar ist. Hier muß ein Kompromiß angestrebt werden zwischen Ökonomie und Ökologie, wobei der Preis in Verbindung mit der Verträglichkeit der Entsorgung den Markt reguliert.

Der öffentlichen Ausschreibung wird daher die Verdingungsordnung für Leistung (VOL) zugrunde gelegt.

5.3 Bewertungsmaßstäbe

5.3.1 Allgemeines

Die Entscheidung über die verschiedenen möglichen Unterbringungswege wird durch Bewertungskriterien bestimmt, die rechtlicher, technischer, stofflicher, ökotoxikologischer oder ökonomischer Art sein können.

Aufgrund der komplexen Rechtsgrundlage, dem weiten Spektrum an Schutzgütern und Nutzungen beim Umgang mit Baggergut und Bodenschlämmen, gibt es bislang keine bundeseinheitliche oder gar EU-abgestimmte Beurteilungswerte für die Verwendung, Verwertung und Beseitigung solcher Materialien. Die Vielfältigkeit der physikalischen und chemischen Beschaffenheit von Baggergut und Restschlämmen mit den verfügbaren technischen Möglichkeiten rechtlich in eine ökologisch und ökonomisch vertretbare Verfahrenskette umzusetzen, ist eine sehr komplexe Angelegenheit. Dies bedarf in der Regel einer auf die vorgegebenen lokalen Umstände abgestimmten Einzelfallentscheidung. Ein Vorgehen allein nach Grenz- und Prüfwertlisten kann dieser Problematik nicht oder nur sehr begrenzt gerecht werden (FISCHER & KÖCHLING, 1994 [21]). Mittlerweile existieren sehr viele Beurteilungslisten für Böden, Abfall, mineralische Reststoffe und Baggergut für unterschiedliche Anwendungsbereiche, so daß diese Vielzahl und deren Zuständigkeit selbst für den Fachmann kaum mehr überschaubar ist.

Es besteht dringender Bedarf, die Umgangsweise für belastetes Baggergut und Restschlämme in einem pragmatischen Handlungskonzept bundeseinheitlich zu regeln. Dabei sollten die umweltschutzgutbezogenen Prüf- und Vergleichswerte auf die verschiedenen Verwendungs-, Verwertungs-, und Beseitigungsalternativen fallbezogen betrachtet werden (BfG, 1994).

Eine umfassende Übersicht mit Erläuterungen der vorhandenen Regelungen, deren Anwendungsbereiche und Beurteilungswerte ist BERTSCH und KÖTHER, [7, 8] zu entnehmen.

Es wird vorgeschlagen, zunächst dem Ansatz der LAGA [35] über die Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen vom März 1994 (vgl. Tab. 5.3.5-1) und dem Ansatz der LABO [34] über die Anforderungen an die Aufbringung von Bodenmaterialien auf landwirtschaftlich und landchaftsbaulich genutzten Böden (Stand: Nov. 1994) zu folgen.

5.3.2 Prinzipielle Möglichkeiten

Prinzipiell können Baggergut im Gewässer und an Land, Restschlämme dagegen nur an Land untergebracht werden. Je nach rechtlicher Einordnung und nach Vorgehensweise, d. h. je nach Unterbringungsmöglichkeit an Land oder im Gewässer, ergeben sich je nach tangiertem Schutzgut unterschiedliche Anforderungen an das Baggergut mit unterschiedlicher Bewertung. Die prinzipiellen Zusammenhänge wurden in den Abschnitten 2 und 4 erläutert.

Folgt eine Aufbereitung mit Verwertung des Baggergutes – oder zumindest eines Teiles davon – so sind je nach Verfahren und Technologie unterschiedliche Belastungen in den Teilstromen zu erwarten, die dann wiederum je nach Belastung unterschiedliche Verwertungsmöglichkeiten nach sich ziehen. Über diese Bela-

stungsströme in Aufbereitungsverfahren liegen bislang noch keine ausreichenden Informationen vor.

Bewertungsansätze werden daher zunächst nur für die o. a. aufgeführten Bereiche im Gewässer und an Land gegeben.

5.3.3 Maßstab zum Umlagern von Baggergut in der Wasserstraße (nach WaStrG)

Das Umlagern von Sedimenten in Gewässern ist ein traditionelles Verfahren bei der Unterhaltung der Schifffahrtsrinne und des Abflußprofils. Eine Umlagerung von Baggergut in einem Gewässer findet dann statt, wenn im Zuge von Unterhaltungs- und Ausbaumaßnahmen im Bereich von Schifffahrtswegen (Fahrrinnen, Häfen, Reeden u. a.) Gewässersedimente gebaggert, geeggt oder mit Jetstrahl gelöst und gezielt im gleichen Gewässer, nur an anderer Stelle, wieder abgelagert werden.

Das gezielte technische Umlagern ist den ständigen Transportvorgängen im Gewässer sehr ähnlich, bewirkt jedoch mengenmäßig nur einen Bruchteil derjenigen Umlagerungen, die von den natürlichen Kräften verursacht werden. Durch Umlagerung werden dem Gewässer keine Bodenmengen hinzugefügt, sie kann aber zur Stabilität des morphologischen Gleichgewichtes beitragen.

Zur Bewertung der Folgen des Umlagerns wird das Verschlechterungsverbot herangezogen, das wie folgt formuliert wird:

- keine feinkörnigen Sedimente auf gröbkörnigere Gewässerböden;
- keine belasteten Sedimente auf geringer belastete Gewässerböden.

Das Verschlechterungsverbot findet in der Praxis allerdings seine Grenze durch den Zwang zu pragmatischem Handeln. Da sich die feinen Sedimentanteile, und damit die anhaftenden Schadstoffe, langfristig im Küstenbereich und im Meer absetzen, ist das Bezugsgebiet für die Bewertung der Sedimentbelastung letztlich das Wattenmeer. Dies würde bei strenger Anwendung des Verschlechterungsverbotes das Umlagern im Binnenland weitestgehend unterbinden. Auf der anderen Seite sind die Mengen an umzulagerndem Baggergut oft nur ein Bruchteil des Feststoff- und Schadstofftransportes, der auf natürliche Weise im selben Gewässerabschnitt ständig stattfindet.

Als pragmatischer Ansatz wird daher empfohlen:

Belastetes Baggergut wird nur dann umgelagert, wenn:

- die Belastung des Baggergutes das zweifache des Schadstoffgehaltes im Schwebstoff desselben Gewässers nicht überschreitet, oder
- die Schadstofffracht im Gewässerabschnitt durch das Umlagern in dem entsprechenden Zeitraum um höchstens das zweifache erhöht wird.

Wie bei den natürlichen Sedimentumlagerungen entstehen auch bei der technischen Umlagerung örtlich und zeitlich begrenzte Beeinträchtigungen der Wasserqualität, z. B. erhöhte Trübung und Sauerstoffzehrung. Diese sind unvermeidbar, lassen sich aber durch die Wahl von Baggertechnik und -geräten wie auch durch die Festlegung von Rahmenbedingungen verringern, u. a. durch (vgl. [37]):

- Kopplung der Verklappung an
 - bestimmte Mindestwasserführung
 - bestimmte Wassertemperatur
 - Mindestsauerstoffgehalt im Gewässer
- besonderen Schutz von Wassergewinnungsanlagen (Uferfiltratstrecken).

Da für viele der Rahmenbedingungen keine allgemein gültigen Richtwerte aufgestellt werden können, ist stets eine Bewertung des einzelnen Vorhabens der Umlagerung durchzuführen.

Restschlämme aus der Bodenreinigung dürfen nicht als Geschiebezufuhr in ein Gewässer eingebracht oder umgelagert werden, da es sich um gewässerfremdes Material handelt, das zudem nicht den Kriterien der Geschiebezufuhr genügt.

5.3.4 Maßstab zum Einbringen von Baggergut in Gewässer außerhalb der Wasserstraße (nach WHG)

Besteht die Möglichkeit, daß bei wasserbaulichen Maßnahmen verwendetes Baggergut nicht an Ort und Stelle liegen bleibt, sondern teilweise mit der Strömung weitertransportiert wird, so gelten die Ausführungen von Abschnitt 5.3.3. Der mögliche Schadstoffeintrag durch feinkörniges, schadstoffbelastetes Material orientiert sich demnach am doppelten Schadstoffgehalt des Schwebstoffes in der Wasserstraße.

Ist beabsichtigt, Baggergut in Kiesgruben, abgetrennten Gewässerteilen oder Unterwasserdeponien unter der Wasseroberfläche unterzubringen, so gelten andere Kriterien.

Von feinkörnigem Material ist bekannt, daß es seiner dichtenden Eigenschaft wegen nur eine sehr geringe Durchlässigkeit für Wasser aufweist. Die hydraulische Leitfähigkeit des Feinkornes entspricht u.a. unmittelbar den Anforderungen von Material für Basisdichtungen für gesicherte Deponien. Von Baggergut ähnlicher Korngrößenzusammensetzung kann man daher erwarten, daß ebenfalls eine Selbstdichtung eintritt. Wenn aber Baggergut nicht mehr durchströmt wird, können auch keine Schadstoffe ausgetragen werden. Daher wird vorgeschlagen, Baggergut geeigneter Körnung in wasserstraßennahen Kiesgruben unterzubringen, sofern sich diese in hydrogeologisch geeigneter Lage befinden. Das Baggergut wird demnach nur unter Wasser umgelagert, wobei als Nebeneffekt die Wasserstraße gereinigt wird.

Besondere Belastungskriterien für die Lagerung von Baggergut unter Wasser (ob Kiesgrube, abgetrennter Gewässerteil oder Unterwasserdeponie) aufzustellen, ist vom Ansatz her nicht sinnvoll. Zum einen konsolidiert das Baggergut fast bis zur Undurchlässigkeit, d. h. wenn die Verfüllung dicht ist, kann auch nichts eluiert werden. Der Schadstoffgehalt im Baggergut ist von daher nicht maßgebend. Zum anderen darf als bekannt vorausgesetzt werden, daß gerade die Lagerung unter Wasser, d. h. ohne den Zutritt von Luftsauerstoff, einer Lagerung an Land weit überlegen ist. Sofern die Bioverfügbarkeit an der Oberfläche der Verfüllung z. B. durch ein Abdecken mit unbelastetem Material herabgesetzt werden kann, dürfte die Unterwasserunterbringung die sicherste Form der langfristigen Lagerung darstellen. Voraussetzung nach WHG §§ 26 und 34 ist jedoch, daß durch das abgelagerte Baggergut die physikalische, chemische oder biologische Beschaffenheit des Wassers nicht verändert wird und keine schädliche Verunreinigung des Grundwassers oder eine sonstige nachteilige Veränderung seiner Eigenschaften zu besorgen ist.

Restschlämme aus der Bodenreinigung können nicht im subaquatischen Bereich verwendet oder untergebracht werden.

5.3.5 Maßstab für die Verwertung (ohne und mit Aufbereitung) und Beseitigung von Baggergut und Restschlamm an Land (nach AbfG bzw. KrW-/AbfG)

Die Verwendungs-, Verwertungs- und Beseitigungsmöglichkeiten von Baggergut und Restschlamm an Land hängen vom Schadstoffgehalt, der Mobilisierbarkeit der Schadstoffe und der physikalischen Beschaffenheit ab. Diese Kriterien gelten gleichermaßen auch für Altlasten, Bodenaushub, Abfall, Bauschutt, Recyclingbaustoffe und mineralische Reststoffe (Hütten-schlacke, Bergematerial u. ä.). Auch diese Materialien müssen hinsichtlich ihres Schadstoffpotentials und ihrer physikalischen Beschaffenheit beurteilt werden. Länderübergreifende Regelungen oder bundeseinheitlich abgestimmte Listen in bezug auf Baggergut gibt es bislang nicht.

In BERTSCH und KÖTHE [7, 8] sind zahlreiche Prüflisten zusammengestellt sowie ihre Anwendbarkeit für Baggergut aufgezeigt.

Zuordnungswert (Obergrenze der Einbauklasse)		Z0	Z1		Z2	Z3	Z4	Z5
			Z1.1	Z1.2				
		uneingeschränkter Einbau	eingeschränkter offener Einbau	eingeschränkter Einbau mit definierten tech. Sicherungsmaßnahmen in hydrogeologisch günstigen Gebieten mit Erosionsschutz	eingeschränkter Einbau mit definierten tech. Sicherungsmaßnahmen	Einbau/Ablagerung in Deponien		
						Deponieklasse I (TA SieAbfall)	Deponieklasse II (TA SieAbfall)	Sonderabfalldeponie (TA Abfall)
		Zuordnungswerte im Feststoff für Boden						
Parameter	Dimension							
Festigkeit²⁾								
Flügelstabilität	kN/m ²	--	--	--	--	≥25	≥25	> Z4
Axiale Verformung	%	--	--	--	--	≤20	≤20	
Einaxiale Druckfestigkeit	kN/m ²	--	--	--	--	≥50	≥50	
Organischer Anteil des Trockenrückstandes der Originalsubstanz²⁾								
bestimmt als Glührückstand	Masse-%	--	--	--	--	≤3	≤5	
bestimmt als TOC	Masse-%	--	--	--	--	≤1	≤3	
Extrahierbare lipophile Stoffe der Originalsubstanz	Masse-%	--	--	--	--	≤0,4	≤0,8	
pH-Wert ¹⁾	mg/kg	5,5 - 8	5,5 - 8	5 - 9	--	--	--	
EOX	mg/kg	1	3	10	15	--	--	
Kohlenwasserstoffe	mg/kg	100	300	500	1000	--	--	
Σ BTEX	mg/kg	<1	1	3	5	--	--	
Σ LHKW	mg/kg	<1	1	3	5	--	--	
Σ PAK n. EPA ¹⁾	mg/kg	1	5	15	20	--	--	
Σ PCB (Congenere nach DIN 51527)	mg/kg	0,02	0,1	0,5	1	--	--	
Arsen	mg/kg	20	30	50	150	--	--	
Blei	mg/kg	100	200	300	1000	--	--	
Cadmium	mg/kg	0,6	1	3	10	--	--	
Chrom (ges.)	mg/kg	50	100	200	600	--	--	
Kupfer	mg/kg	40	100	200	600	--	--	
Nickel	mg/kg	40	100	200	600	--	--	
Quecksilber	mg/kg	0,3	1	3	10	--	--	
Thallium	mg/kg	0,5	1	3	10	--	--	
Zink	mg/kg	120	300	500	1500	--	--	
Cyanide (ges.)	mg/kg	1	10	30	100	--	--	
		Zuordnungswerte im Eluat für Boden						
pH-Wert ¹⁾		6,5 - 9	6,5 - 9	6 - 12	5,5 - 12	5,5 - 13	5,5 - 13	> Z4
el. Leitfähigkeit	µS/cm	500	500	1000	1500	≤10000	≤50000	
Chlorid	mg/l	10	10	20	30	--	--	
Sulfat	mg/l	50	50	100	150	--	--	
Cyanide (ges.) ¹⁾	µg/l	<10	10	50	100	--	--	
Cyanide, leicht freisetzbar	mg/l	--	--	--	--	≤0,1	≤0,5	
Phenolindex ¹⁾	µg/l	<10	10	50	100	--	--	
Arsen	µg/l	10	10	40	60	≤200	≤500	
Blei	µg/l	20	40	100	200	≤300	≤1000	
Cadmium	µg/l	2	2	5	10	≤50	≤100	
Chrom (ges.)	µg/l	15	30	75	150	--	--	
Chrom-VI	µg/l	--	--	--	--	≤50	≤100	
Kupfer	µg/l	50	50	150	300	≤1000	≤5000	
Nickel	µg/l	40	50	150	200	≤200	≤1000	
Quecksilber	µg/l	0,2	0,2	1	2	≤5	≤20	
Thallium	µg/l	<1	1	3	5	--	--	
Zink	µg/l	100	100	300	600	≤2000	≤5000	
TOC	mg/l	--	--	--	--	≤20	≤100	
Fluorid	mg/l	--	--	--	--	≤5	≤25	
Ammonium-N	mg/l	--	--	--	--	≤4	≤200	
AOX	mg/l	--	--	--	--	≤0,3	≤1,5	
Wasserlöslicher Anteil (Abdampfdruckstand)	Masse-%	--	--	--	--	≤3	≤6	

1,2) spezielle Anmerkungen im Original der LAGA (1994) und¹⁾ der TA Siedlungsabfall²⁾ sind zu beachten

Abb. 5.3.5-1: Darstellung der einzelnen Einbauklassen für Bodenaushub mit den dazugehörigen Zuordnungswerten (Z 0 – Z 5) nach LAGA, 1994 (modifiziert und ergänzt von KÖTHE, 1995 [29])

Die verschiedenen Regelungen sind nach ihren Zuständigkeitsbereichen (Bundesländer, Bundesrepublik, Ausland) geordnet. Bevor eine Einreihung anhand dieser Prüfwerte erfolgt, sollte der sogenannte regionaltypische geogene Hintergrund im Baggergut (Boden) bekannt sein. Durch natürliche Anreicherungen in der obersten Erdkruste können bestimmte Inhaltsstoffe geogen erhöht sein (z. B. im Bereich von Erzvorkommen). Für synthetisch geschaffene organische Schadstoffe (z. B. PCB) ist eigentlich von einem Hintergrundwert Null auszugehen, der jedoch in der Praxis nicht mehr erreicht wird, da bereits eine ubiquitäre Verteilung vorliegt.

Die Zusammenstellung der verschiedenen Regelungen und deren Beurteilungswerte erfaßt die Medien Abfall, Altlasten, Baggergut, Bauschutt, Bodenaushub und mineralische Reststoffe, da in Ermangelung an eine bundesübergreifende Regelung für Baggergut die verschiedensten Regelungen angewendet werden. Diese Listen sind als Interimslösung zu verstehen, zumindest so lange, bis ökotoxikologisch zutreffende Beurteilungskriterien erarbeitet worden sind.

Im Zusammenhang mit der Erarbeitung eines Bundes-Bodenschutz-Gesetzes (Entwurf BBodSchG, Stand 21. 3. 95 [10]) und den einzelnen Bodenschutzgesetzen der Länder sollen im Rahmen einer untergesetzlichen Regelung ebenfalls Bodenwerte genannt werden, wobei es aber im wesentlichen um deren Rolle im Naturhaushalt bzw. um Altlastensanierung geht.

Auf die länderübergreifende Arbeit der LABO [34] mit ihren Hintergrund- und Referenzwerten für Böden sei hiermit verwiesen.

Zur Beurteilung von Baggergut wurden sehr häufig die Bodengrenzwerte der Klärschlammverordnung (AbfKlärV, 1992 [27]) herangezogen. Für Baggergut kann diese Verordnung streng genommen nur dann gelten, wenn das Baggergut landwirtschaftlich verwendet werden soll. Dies ist jedoch aufgrund der Beschränkung von 5 t pro Hektar in 3 Jahren nicht sehr sinnvoll.

Für die Landlagerung von Baggergut auf Spülfeldern und auf ungesicherten Flächen, die aber zur umweltverträglichen Ablagerung hydrogeologisch geeignet sind, wird zur Bewertung eine pragmatische Vorgehensweise empfohlen, wie sie beispielsweise von der LAGA [35] in den technischen Regeln über mineralische Reststoffe/Abfälle vorgeschlagen wird. Die einzelnen Zuordnungswerte in den Klassen Z 0 bis Z 5 der LAGA, ergänzt mit den Werten der TA-Siedlungsabfall I und II sowie der TA-Abfall, sind in Tab. 5.3.5-1 zusammengestellt (nach KÖTHER, 1995 [29]).

Die Anlagenbetriebe im Zuge der Verwertung von Baggergut regelt das Bundes-Immissions-Schutzgesetz (BImSchG [11]).

6. Umgang mit Baggergut und Restschlamm

6.1 Weitere Vorgehensweise

Die prinzipielle Vorgehensweise sowie die einzelnen Schritte, die beim Umgang mit Baggergut und Restschlämmen nacheinander durchlaufen werden, sind nachfolgend in Blöcken zusammengestellt (Tab. 6.1-1). Die sich daraus ergebenden verschiedenen Möglichkeiten Baggergut zu vermeiden oder unterzubringen, sind mit einzelnen Beispielen in den Anlagen zusammengestellt.

Grundlage für die Auswahl geeigneter Unterbringungsmöglichkeiten ist eine umfassende Kenntnis der bodenphysikalischen und chemischen Beschaffenheit des Baggergutes, wie z. B. Korngrößenverteilung, organischer Anteil, Schadstoffverteilung, Grad der Belastung etc. (vgl. Kap. 3). Dafür muß das potentielle Baggergut über die Fläche und die Tiefe des Baggerbereiches repräsentativ beprobt werden. Die Analytik sollte im Feststoff möglichst in der Kornfraktion < 20 µm erfolgen, um Konzentrationswerte von Baggergutproben unterschiedlicher Kornverteilung fachlich vertretbar vergleichen zu können (zusätzlich kann die Fraktion < 2 000 µm analysiert werden). Auf weitere Details der Beprobung und der Analytik wird an dieser Stelle nicht eingegangen.

		Beispiele
1.	Vermeiden Prüfen, ob durch wasserbauliche Maßnahmen der Anfall von Baggergut reduziert oder vermieden werden kann	
2.	Verwenden (unmittelbar ohne Aufbereitung und Zwischenlagerung, bzw. Unterbringung als „Wirtschaftsgut“)	
2.1	Verwenden an Land - Nutzungsspezifisch in der Land- oder Forstwirtschaft - Ungesicherte, aber geeignete Fläche (Aufschüttung, Landschaftsbau, Damm, Lärmschutzwall o.ä.)	(1) (2)
2.2	Verwenden im Gewässer - Kiesgrubenverfüllung - Wasserbau (Ufervorspülung, Hinterfüllung) - Abgetrennter Gewässerteil	(3) (4) (5)
3.	Umlagern im Gewässer - Umlagern - Umlagern als Geschiebezufuhr	(7) (8)
4.	Verwerten an Land	
4.1	Verwerten ohne Aufbereitung - Nutzungsspezifisch (Land-/Forstwirtschaft) - Landschaftsbau, Auffüllung (sofern keine unmittelbare Verwendung möglich) - Auf ungesicherter, aber geeigneter Fläche, wie z.B. Material mit den Wertestufen Z 1 (1.1 + 1.2) und Z 2 nach LAGA (sofern keine unmittelbare Verwendung möglich) - Spülfeld (je nach Vorgehensweise kann Baggergut entweder ohne Aufbereitung aufgespült oder auch als technische Aufbereitung betrachtet werden, bei der Baggergut entwässert oder nach Korngröße getrennt sedimentiert wird) - Bergwerkversatz	(1) (2) (2) (9) (10)
Beispiele		
4.2 Verwerten mit technischer Aufbereitung		
Aufbereitungsschritt		Verwertungsmöglichkeit
Abtrennung		
- Korngrößenklassierung	(11)	Schlickhügel (12) Baustoffindustrie (Grobkorn) (13) (Feinkorn) (14)
- Bodenwäsche	(15)	Gewaschener Boden (Feinkorn) (15)
- Flotation	(16)	abgereichertes Feinkorn (14) - Dichtungsmaterial (19)
- Extraktion (chemisch/bakteriologisch)	(17)	- Wiedereinbau (15) - Land-/Forstwirtschaft (1)
- Thermische Abreicherung	(18)	angereicherter Rest (26,27)
Zerstören		
- Biologischer Abbau (organische Schadstoffe u. Stickstoffverb.)		
- Chemische Oxidation (anorganische/organische Schadstoffe)		abgereichertes Feinkorn (wie oben) (14)
- Verbrennung (organische Schadstoffe)	(20)	
Einbindung		
- Thermische Einbindung		Ziegel/Klinker (21) Zement (22) Pellet, Blähton (23) Verglasung, Schaumglas (24)
- Verfestigung		REA-Gips (25) Kalk / Flugasche / Zement
5.	Einbringen in Gewässer - Kiesgrubenverfüllung - Wasserbau - Abgetrennter Gewässerteil - Stluffer	(3) (4) (5) (6)
6.	Beseitigung - Deponie (TASi-I, TASI-II, TA-Abf.) - Untertagedeponie (TASo)	(26)

Tab. 6.6-1: Unterbringungsmöglichkeiten von Baggergut und Restschlamm mit Fallbeispielen

Erst nach Ermittlung aussagekräftiger und genauer Eingangsdaten aus der Voruntersuchung kann entschieden werden, ob eine sinnvolle Unterbringung nach dem Stand der Technik überhaupt möglich ist und wie der nicht verwertbare Reststoff aus der Behandlung beseitigt werden kann.

6.2 Entscheidungsfindung

Die Entscheidungsfindung über die Unterbringung von Baggergut und Restschlamm erfolgt, wie im Diagramm (Tab. 6.6-1) dargelegt. Es muß nun schrittweise geprüft werden, ob Baggergut nach einem der vorliegenden Fallbeispiele oder einer Mischform aus den verschiedenen Möglichkeiten untergebracht werden kann. In den Anlagen sind die wichtigsten Fallbeispiele kurz beschrieben.

1. Schritt:

Prüfen, ob eine **Vermeidung** möglich ist. (I.a. ist es nur sehr eingeschränkt möglich, durch wasserbauliche Maßnahmen die Sedimentation von Baggergut zu vermeiden.)

2. Schritt:

Entscheidung über die Vermeidung.

Wenn eine Vermeidung nicht möglich ist:

3. Schritt:

Prüfen, ob eine unmittelbare **Verwendung** möglich ist. (Die Betonung liegt auf unmittelbar, ohne Zwischenlagerung oder Aufbereitung, da dann das KrW-/AbfG keine Anwendung findet.) Das Verwenden muß (nach WHG) so erfolgen, daß keine Gefahr für das oberirdische Wasser oder Grundwasser zu befürchten ist.

Voraussetzung für das Verwenden:

- Es müssen Unterbringungsflächen zur Verfügung stehen oder geschaffen werden, wie z. B. für die Landlagerung: Lärmschutzwall, Flächenaufhöhung, Landschaftsbau, für die Unterbringung im Gewässer: Kiesgrube oder abgetrennter Gewässerteil.
- Nach der LAGA-Richtlinie über mineralische Reststoffe dürfen die Z2-Werte nicht überschritten werden, d. h. für die Landlagerung gelten die vorgeschriebenen Feststoffanalysenwerte und für die Unterbringung im Gewässer die Eluatanalysenwerte.
- Die bodenmechanischen, biologischen und ökotoxikologischen Bedingungen zur Verwendung müssen ebenfalls eingehalten werden.

Anmerkung: Je nach Fragestellung kann die Unterbringung von Baggergut, wenn sie unmittelbar erfolgt, als Verwenden oder, wenn zwischengelagert wird, als Verwerten an Land bezeichnet werden. Die Unterbringung von Baggergut in einem abgetrennten Teil der Wasserstraße ist ein Verwenden und außerhalb der Wasserstraße ein Einbringen.

4. Schritt:

Entscheidung über die Verwendung.

Wenn eine Verwendung nicht möglich ist:

5. Schritt:

Prüfen, ob ein **Umlagern** (nach WaStrG) in der Wasserstraße möglich ist. Voraussetzung ist, daß die in Abschnitt 4 und 5 genannten technischen Kriterien eingehalten werden können:

- Die wasserrechtlichen Belange der Länder dürfen nicht eingeschränkt werden (in diesem Fall ist Einvernehmen erforderlich).
- Das umzulagernde Baggergut darf nicht über das zweifache des aktuellen Schadstoffgehaltes der betroffenen Wasserstraße belastet sein (Frachtbetrachtung).
- Die technischen Kriterien beim Umlagern müssen eingehalten werden (Verschlechterungsverbot).

- Dies gilt gleichermaßen für die bodenmechanischen, biologischen und ökotoxikologischen Vorgaben. (Beim Umlagern außerhalb der Wasserstraße: siehe Einbringen).

6. Schritt:

Entscheidung über die Umlagerung.

Wenn eine Umlagerung – zumindest von Teilmengen – nicht möglich ist:

7. Schritt:

Prüfen, ob eine Entsorgung im Gewässer außerhalb der Wasserstraße möglich ist, d. h. ein **Einbringen**.

Voraussetzung:

Es muß eine Kiesgrube mit Wasserstraßenanbindung oder ein abgetrennter Gewässerteil außerhalb der Wasserstraße für die Entsorgung zur Verfügung stehen oder geschaffen werden können, und zwar in hydrogeologisch geeigneter Lage außerhalb von Wasserschutzgebieten.

- Nach WHG muß sichergestellt sein, daß keine Schadstoffe das Oberflächen- oder Grundwasser beeinträchtigen.
- Korrekterweise müssen bei einer Einbringung von Baggergut in Kiesgruben (bzw. unter Wasser) keine Zielvorgaben eingehalten werden, wenn das Baggergut bis zur „Undurchlässigkeit“ konsolidiert (dies ist von der Korngrößenzusammensetzung her nachzuweisen) – denn dann können auch keine Schadstoffe ausgetragen werden.
- Die biologischen und ökotoxikologischen Vorgaben müssen eingehalten werden.

8. Schritt:

Wenn ein Einbringen von Baggergut außerhalb der Wasserstraße nicht möglich ist:

9. Schritt:

Prüfen, ob eine **Verwertung** ohne oder mit Aufbereitung möglich ist. Es ergeben sich folgende Möglichkeiten:

- Baggergut, das nicht unmittelbar verwendet werden kann und z. B. zwischengelagert werden muß, kann verwertet werden im Landschaftsbau, Lärmschutzwall, Muldenverfüllung, Bodenaustausch, o. ä.
- Auch ein Aufspülen mit und ohne technische Aufbereitung ist eine Möglichkeit, Baggergut zu verwerten.
- Voraussetzung: Das Baggergut darf nach LAGA-Reststoffrichtlinie nur bis zur Wertestufe Z2 belastet sein (Feststoffanalytik).

Die technischen Aufbereitungsmöglichkeiten für Baggergut und Restschlamm, wie z. B. Abtrennung, Zerstören bzw. Einbinden der Schadstoffe, sind entsprechend den Vorgaben des BimSchG (bei der Zulassung der Anlagen) durchzuführen. Die dabei anfallenden unbelasteten Teilströme können entsprechend den Vorgaben (bzw. Einschränkungen) verwertet werden. Die wichtigsten Beispielfälle sind in den Anlagen zusammengestellt. Der nicht aufbereitbare Rest muß beseitigt werden.

10. Schritt:

Entscheidung über die Verwertung.

Wenn keine Unterbringung von Baggergut und Restschlamm möglich ist oder wenn hochbelastete Teilströme bei der Aufbereitung anfallen, die nicht mehr verwertet werden können, so bleibt nur noch ein Weg:

11. Schritt:

Beseitigung. Das Abfallgesetz kennt hier drei Möglichkeiten, die auch die LAGA übernommen hat:

- Stufe Z3: nach TA-Siedlungsabfall I
- Stufe Z4: nach TA-Siedlungsabfall II
- Stufe Z5: nach TA-Abfall (Sonderabfall).

Voraussetzung:

- das zu beseitigende Baggergut bzw. Restschlämme müssen entwässert sein.
- Material, das nach TA-Si I/II beseitigt wird, darf nur 5 % organisches Material enthalten.

12. Schritt:

Ende – Sollte keine Möglichkeit der Unterbringung gefunden worden sein, nochmals beim 1. Schritt beginnen.

Zur Ausführung kommt i. a. die wirtschaftlichste Variante, die die ökologisch erforderlichen Vorgaben eben noch erfüllt:

Die Einvernehmensbehörde ist frühzeitig in das Verfahren einzubinden, um Konfliktpotential abzubauen.

Die verschiedenen Wertestufen der LAGA-Reststoffrichtlinie sowie nach TA-Si und TA-Abf sind getrennt nach Feststoff- und Eluatwerten in Abb. 5.3.5-1 zusammengestellt.

7. Verfahrensablauf

Im folgenden wird beispielhaft das Vorgehen bei der Planentscheidung einer Maßnahme beschrieben.

7.1 Handlungsbedarf

Baggergut fällt an im Zuge der Gewässerunterhaltung und des Gewässerausbaus. Bei der Reinigung kontaminierter Böden durch Bodenwaschverfahren werden feinkörnige Bodenmaterialien als Teilstrom abgetrennt (Restschlämme aus Bodenwaschverfahren).

7.2 Voruntersuchungen

Die Ergebnisse der Voruntersuchungen bilden die Grundlage für die Auswahl geeigneter Verwendungs- und Entsorgungsalternativen. Hierzu sind Aussagen über die Eigenschaften des zu behandelnden Materials (stoffspezifische Kriterien) und Angaben aus dem Umfeld der Maßnahmen erforderlich. Hierunter fallen z. B. Daten aus den Bereichen Gewässergüte, Wassermengenwirtschaft, Abflußgeschehen, Verkehr, Gewässerbiologie und Landschaft. Verfügbare Daten sind zusammenzustellen; evtl. ist die vorhandene Datenbasis durch gutachterliche Untersuchungen zu ergänzen. Bereits in diesem Stadium sind technische Bedingungen wie mögliche Aufbereitungs- und Behandlungsverfahren (technische Kriterien) zu berücksichtigen sowie Schutzmaßnahmen hinsichtlich möglicher Gefährdungspfade aufzuzeigen.

7.3 Gutachterliche Beurteilung

Die gutachterliche Beurteilung der Ergebnisse der Voruntersuchung erfolgt unter Einbeziehung rechtlicher und technischer Bewertungsmaßstäbe und führt zur Erstellung eines Verwendungs- und Entsorgungskonzeptes. In Abhängigkeit von der Menge der Einzelfractionen, dem Kornaufbau, dem Schadstoffgehalt und den chemischen und physikalischen Eigenschaften des Materials sind verschiedene Verwendungs- oder Entsorgungsmöglichkeiten denkbar (s. hierzu Kap. 6). Im Hinblick auf eine ggfs. erforderliche Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) sind Entsorgungsalternativen darzulegen und zu dokumentieren. Darzustellen sind in diesem Zusammenhang auch die Transportmöglichkeiten und -kapazitäten sowie die technischen Einrichtungen, die der Verwendung bzw. Entsorgung dienen und die vorgesehene Endstufe der Verwendung oder Entsorgung.

7.4 Abstimmung über Vorgehensweise

Frühzeitig ist die geplante Maßnahme mit der zuständigen Genehmigungs- und Fachbehörde abzustimmen. Schwerpunkte dieser Abstimmung sind das erforderliche rechtliche Verfahren, Art und Umfang der Antragsunterlagen und der zu erwartende zeitliche Ablauf.

7.5 Öffentlich-rechtliches Verfahren

In Abhängigkeit von der Art und dem Träger der Maßnahme kann entweder ein Planfeststellungs- oder ein Plangenehmigungsverfahren durchgeführt werden. Das Verfahren kann – je nach Sachlage – nach dem Wasserstraßengesetz, dem Wasserhaushaltsgesetz oder dem Abfallgesetz durchgeführt werden. Im Zuge der Konzentrationswirkung des Planfeststellungsverfahrens werden Belange nach anderen Gesetzen (Landschaftsgesetz, Naturschutzgesetz, Landeswassergesetze, Immissionsschutzgesetz, Wasserschutzgebietsverordnungen u. a.) mit berücksichtigt.

Bergrechtliche Verfahren sind – soweit erforderlich – gesondert zu führen.

7.5.1 Anhörung der Träger öffentlicher Belange

Zwecks Feststellung der Interessen und Belange der durch die beabsichtigten Maßnahme betroffenen Träger öffentlicher Belange wird üblicherweise ein Behördenanhörungsverfahren durchgeführt. Die Stellungnahmen der Beteiligten fließen in das Genehmigungsverfahren ein.

7.5.2 Anhörung der Öffentlichkeit

Im weiteren Verfahrensverlauf des Planfeststellungsverfahrens wird der Plan offengelegt und eine Frist für die Erhebung von Einwänden gesetzt. Nach Ablauf der Frist werden die erhobenen Einwände öffentlich verhandelt. Nicht ausgeräumte Widersprüche werden dabei zurückgestellt und später durch die Planfeststellungsbehörde entschieden. Der Betroffene hat dagegen Klagegerecht.

Für Plangenehmigungsverfahren entfällt in der Regel die Anhörung der Öffentlichkeit.

7.6 Ausführung

Nach Abschluß des öffentlich-rechtlichen Verfahrens (Erteilen des Planfeststellungsbeschlusses bzw. Ergehen der Plangenehmigung) erfolgt die Ausführung der Maßnahme. In der Regel wird es sich um mehrere Lose handeln, die Gewinnung, Verarbeitung, Transport, Verwendung und Entsorgung des Materials beinhalten. Zu beachten ist bei Trägern öffentlicher Belange die Ausschreibungspflicht. Bei größeren Maßnahmen ist die Vorschrift der EU-weiten Ausschreibung im offenen oder geschlossenen Verfahren zu berücksichtigen. Nach der Vergabe beginnt die Ausführung der Maßnahme. Die Grundsätze der Qualitätssicherung sind zu beachten.

8. Literatur

- [1] Abfallgesetz – AbfG (1986): Gesetz über die Vermeidung und Entsorgung von Abfällen vom 27. August 1986. – BGBl. Jrg. 1986, Teil I, Bonn.
- [2] ARGE-ELBE (Arbeitsgemeinschaft zur Reinhaltung der Elbe): Güteklassen-Entwurf vom 11. März 1994.
- [3] Arge-Schlicktechnik (1988): Entwicklung eines WSV-spezifischen Deponiekonzeptes für die Lagerung belasteten Baggergutes (FE-Vorhaben Nr. 30210/87 des BMV), Phase I: Bestandsaufnahme und Bewertung der heutigen Situation.
- [4] Arge-Schlicktechnik (1990): Die subaquatische Ablagerung von schadstoff-belastetem Baggergut in Kiesgruben. – Studie –, WSV-spezifisches Deponiekonzept (FE-Vorhaben Nr. 30271 des BMV).

- [5] *Arge-Schlicktechnik* (1992): Ökologische Auswirkungen bei der Verbringung schadstoffbelasteten Baggergutes aus der Mittelweser in aufgelassenen Kiesgruben. Studie - Hamburg.
- [6] *Bertsch, W. & Knöpp, H.* (1990): Über die Unterbringung von Baggergut in Kiesgruben als „Unterwasserdeponie“. Z. dt. geol. Ges. 141, 393-398, Hannover.
- [7] *Bertsch, W. & Köthe, H.* (1994): Baggergut, Teil 2: Beurteilungskriterien für die Verwertung, Verwendung, Landlagerung und Beseitigung von belastetem Baggergut. - Bericht EFG 0854, Koblenz.
- [8] *Bertsch, W. & Köthe, H.* (1995): Beurteilungskriterien für die Verwendung, Verwertung, Landlagerung und Beseitigung von belastetem Baggergut. Müllhandbuch, KZ 3482, im Druck.
- [9] BLAK QZ (Bund/Länder-Arbeitskreis „Gefährliche Stoffe - Qualitätsziele für oberirdische Gewässer“), (1989): Konzeption zur Ableitung von Qualitätszielen zum Schutz oberirdischer Binnengewässer vor gefährlichen Stoffen, Stand: 10. Oktober 1989 (unveröffentlicht).
- [10] Bundes-Bodenschutzgesetz - BBodSchG, Entwurf vom 21. März 1995. Gesetz zum Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen und zur Sanierung von Altlasten. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit [Hrsg.], Bonn.
- [11] Bundes-Immissionschutzgesetz - BImSchG vom 14. Mai 1990, geändert 22. April 1993; 600. Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge. - BGBl. IS. 880 & IS. 466, Bonn.
- [12] *Bundesanstalt für Gewässerkunde - BfG* (1994): Baggergut, Teil 1: Verwertung und Unterbringung. - Bericht BfG 0772, Koblenz, Berlin.
- [13] *Bundeswasserstraßengesetz (WaStrG)*: Neufassung vom 23. August 1990: Bundesgesetzblatt 45, 1818-1833.
- [14] *Detzner, H.-D.* (1995): Treatment of Hamburg Harbour Sediments at the METHA III Treatment Facility. - Vortrag auf der internationalen Konferenz „Sediment Remediation '95“ vom 8.-10. Mai 1995 in Windsor, Ontario, Kanada.
- [15] DIN 4047: Landwirtschaftlicher Wasserbau, 1985
- [16] DIN 18196: Erdbau, 1970
- [17] DIN 19732: Bodenbeschaffenheit - Bestimmung des standörtlichen Verlagerungspotentials von nichtsorbierten Stoffen, Entwurf 1995
- [18] *DVWK* (1991): Sanierungsverfahren für Grundwasserschadensfälle und Altlasten - Anwendbarkeit und Beurteilung. DVWK-Schriften 98, Verlag P. Parey, Hamburg und Berlin.
- [19] *Eibschlickforum* (1994): Abschlußbericht über die Arbeit des Niedersächsischen Eibschlickforums (Prof. Dr. H. Donner u.a.) der Uni Lüneburg.
- [20] *Fink, P. & Hampel, H.-J.* (1994): Einführung in die Problematik der Sedimentverwertung. - Vortrag auf dem 5. Eibschlickforum am 15. Juli 1994 in Lüneburg, i.A. der Freien und Hansestadt Hamburg; Lahmeyer International, Frankfurt/M.
- [21] *Fischer, B. & Köchling, P.* (1994): Praxisratgeber Altlastensanierung, Stand Juli 1994. - Loseblattsammlung, WEKA-Verlag, Augsburg.
- [22] *Förstner, U.; Calmano, W.; Ahlf, W.; Kersten, M.* (1989): Ansätze zur Beurteilung der „Sedimentqualität“ in Gewässern. Vom Wasser 73, 25-42.
- [23] *Harbauer, GmbH & Co. KG* (1994): Der Sanierungsfall Chemische Fabrik Marktredwitz - TerraTech 1
- [24] *Hindl, R. & Fleige, H.* (1991): Schwermetalle in Böden der Bundesrepublik Deutschland - geogene und anthropogene Anteile. - Umweltbundesamt Berlin, Texte 10/91, Forschungsbericht 10701001, UBA-FB 91-020, Berlin.
- [25] IKSr - Internationale Kommission zum Schutze des Rheins (1993): Statusbericht Rhein, Internationale Kommission zum Schutze des Rheins, Koblenz.
- [26] IKSr Internationale Kommission zum Schutze des Rheins (1994): Konventionelle geogene Schwermetallgehalte für Schwebstoffe. Arbeitsgruppe P 64/53, (unveröffentlicht).
- [27] Klärschlammverordnung - AbfKlärV vom 15. April 1992 - BGBl. Jhrg. 1992, Teil I, 912-934, Bonn.
- [28] *Knöpp, H.* (1989): Flußsedimente und Hafenschlamm sowie Beseitigung und/oder Verwertung von Fluß- und Hafenschlämmen. - Müll-Handbuch Bd. 3, Lfg. 4/1989, Kennzahlen 3009 und 3475, E. Schmidt-Verlag, Berlin.
- [29] *Köthe, H.* (1995): Management of contaminated dredged material in the Federal Republic of Germany. - Vortrag auf der internationalen Konferenz „Sediment Remediation '95“ vom 8.-10. Mai 1995 in Windsor, Ontario, Kanada.
- [30] *Köthe, H., Bertsch, W., Heinz, B., Kellermann, R., Scheier, M.* (1995): Die rechtlichen Vorgaben beim Umgang mit Baggergut aus Bundeswasserstraßen. - Korrespondenz Abwasser 42 (9).
- [31] Kreislaufwirtschaft- und Abfallgesetz - KrW-/AbfG vom 15. April 1994, Beschlußempfehlung des Ausschusses nach Artikel 77 des Grundgesetzes (Vermittlungsausschuß) zu dem Gesetz zur Vermeidung von Rückständen, Verwertung von Sekundärrohstoffen und Entsorgung von Abfällen. - Deutscher Bundestag, 12. Wahlperiode, Drucksache 12/8084 vom 23. 6. 94, Bonn.
- [32] *Laier, W.* (1993): Die Unterbringung von schwach belastetem Baggergut aus Bundeswasserstraßen an hydrogeologisch besonders geeigneten Stellen - dargestellt am Beispiel der Saar. - Deutsche Gewässerkundl. Mitt. 37 (5/6), 138-141.
- [33] Landesanstalt für Umweltschutz, Baden-Württemberg (1993): Handbuch Bodenwäsche: Materialien zur Altlastenbearbeitung.
- [34] *LABO* (1995); *Bund-Länderarbeitsgemeinschaft Boden*: Hintergrund und Referenzwerte für Böden.
- [35] *LAGA* (1994); *Länderarbeitsgemeinschaft Abfall*: Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen/Abfällen. Technische Regeln (Stand: 1. März 1994).
- [36] *Mannesmann/Mohsman* (1993): Boden- und Hafenschlammсанierung - Reststoffaufbereitung. - Sonderdruck zur IFAT 1993.
- [37] *Müller, D., Clasen, H., Harres, H. P., Schreiner, H., Seuffert, O.*, (1995): Wasserwirtschaftliche Bedeutung der Festlegung und Freisetzung von Nährstoffen durch Sedimente in Fließgewässern. - Bericht im Auftrag des DVWK-FA 4.11.
- [38] *Müller, G.* (1971): Schwermetalle in den Sedimenten des Rheins - Veränderungen seit 1971. Umschau 79, 778-783.
- [39] *Müller, G.* (1992): Klärschlamm wird Rohstoff: Entsorgung-Magazin, 16-22.
- [40] *Nordaci/Grehl* (1994): Verfahren zur Aufbereitung und Verwertung von Sedimenten aus Gewässern. - Informationsbeschreibung des Firmenkonsortiums.
- [41] *Paul, J.* (1992): Feststofftransport und Trübung bei der Umlagerung von Baggergut. - BfG-Bericht 0665, Koblenz.
- [42] *PIANC* (1984): Classification of Soils and Rocks to be Dredged. - Supplement to Bulletin No 47, Brussels.
- [43] *PIANC* (1986): Permanent International Association of Navigation Congresses: Die Ablagerung von Baggermaterial im Meer. - Supplement to Bulletin No 52, Brussels.
- [44] *PIANC* (1990): Management of Dredged Material from Inland Waterways, Report of Working Group 7 of the PTC I. - Supplement to Bulletin No 70, Brussels.
- [45] *PIANC* (1992): Beneficial uses of Dredged Material - A Practical Guide, Report of PIANC Working Group 19 of the PTC II; Brussels.
- [46] *Schmidt, C.* (1994): Zusammenstellung von Orientierungs-, Richt- und Grenzwerten zur Bewertung von Sedimenten, Schwebstoffen und Baggergut. - Strom- und Hafenbau, Hamburg.
- [47] *Schudoma, D.* (1993): Ableitung von Zielvorgaben zum Schutz oberirdischer Binnengewässer für die Schwermetalle Blei, Cadmium, Chrom, Kupfer, Nickel, Quecksilber und Zink (erarbeitet im Auftrag von BLAK QZ), UBA - Berlin.
- [48] *STROM- und HAFENBAU HAMBURG* (1993): Informationen zum Hamburger Baggergut. - Weißbuch der Wirtschaftsbehörde Strom- und Hafenbau der Freien und Hansestadt Hamburg.
- [49] *Taat, J., van Meurs, G.A.M., Tamminga, P.-G., Loxham, M.* (1988): Untersuchung der Umweltfolgen bei der Ablagerung von Hafenschlick auf einer Küstennähe, künstlichen Insel. - Altlastensanierung '88, 2. Intern. TNO/BMFT-Kongreß in Hamburg, 1349-1357.
- [50] *TA-Abfall* (1991): Gesamtfassung der Zweiten allgemeinen Verwaltungsvorschrift zum Abfallgesetz. Teil 1: Technische Anleitung zur Lagerung, chemisch/physikalischen, biologischen Behandlung, Verbrennung und Ablagerung von besonders überwachungsbedürftigen Abfällen vom März 1991. - GMBI Nr. 8, 139-214.
- [51] *TA-Siedlungsabfall* (1993): Dritte Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Abfallgesetz. Technische Anleitung zur Verwertung, Behandlung und sonstigen Entsorgung von Siedlungsabfällen vom 14. 5. 93. - Bundesanzeiger Jhrg. 45, Nr. 99a, Bonn.
- [52] *Turekian, K.K. & Wedepohl, K.H.* (1961): Distribution of the Elements in Some Major Units of the Earth's Crust. - Bulletin of the Geological Society of America, Vol. 72, 175-191.
- [53] *Wasserhaushaltsgesetz - WHG* (1986): Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushaltes. - BGBl. Jhrg. 1986, Teil 1, Bonn.
- [54] *Wiedemann, H. U.* (1982): Verfahren zur Verfestigung von Sonderabfällen und Stabilisierung von verunreinigten Böden. - UBA-Berichte 1/82, E. Schmidt-Verlag, Berlin.
- [55] *Zimmer, M. & Ahlf, W.* (1994): Erarbeitung von Kriterien zur Ableitung von Qualitätszielen für Sedimente und Schwebstoffe (Literaturstudie). UBA-Texte 69/94, Berlin.

Anlagen

Im ausführlichen Anlagenteil sind 26 Fallbeispiele – ohne Anspruch auf Vollständigkeit – zur Behandlung von Baggergut und Restschlämmen zusammengestellt. Die Reihung folgt den in Tab. 6.6-1 angeführten Unterbringungsmöglichkeiten.

Stellvertretend für diese Vielzahl wurden fünf Beispielfälle (3, 7/8, 12, 16) ausgewählt, die die wesentlichen Verfahrensschritte kurz erläutern.

Erläuterung 3:

Baggergut-Unterbringung in Kiesgruben

Beispiel 3	
Verfahren	Verwenden im Gewässer
Ausführung	Unterbringung in Kiesgruben, die mit der Wasserstraße verbunden sind.
Daten zur Bewertung	
- Herkunft	Rhein, Weser
- Menge	200.000 m ³
- Bodenkennwerte	nicht relevant (Sand und Schluff, schwach tonig), Konsolidierung bis zur "Undurchlässigkeit" muß jedoch gewährleistet sein.
- Chem. Beschaffenheit	nicht relevant, da undurchlässig
- Spezielle Kriterien	Hydrogeologisch geeignete Lage, Oberfläche gegen Erosion und Verfügbarkeit sichern.
- Rechtliche Einordnung/ Regelwerke	- kein Abfall nach AbfG und KrW-/AbfG
Beispiele:	Kiesgrube am Erfelder Altrhein Kiesgrube an der Mittelweser

Einen Lösungsansatz zur Unterbringung von Baggergut in Kiesgruben unter der Wasseroberfläche gibt KNÖPP (1989 [28]). Von feinkörnigem Material ist bekannt, daß es seiner dichtenden Eigenschaften wegen nur eine sehr geringe Durchlässigkeit für Wasser aufweist. Die hydraulische Leitfähigkeit des Feinkornes entspricht u. a. unmittelbar den Anforderungen von Material für Basisdichtungen für gesicherte Deponien. Von Baggergut ähnlicher Korngrößenzusammensetzung kann man daher erwarten, daß ebenfalls eine Selbstdichtung eintritt. Wenn aber Baggergut nicht mehr durchströmt wird, können auch keine Schadstoffe ausgetragen werden. KNÖPP hat daher vorgeschlagen, Baggergut geeigneter Körnung in wasserstraßennahen Kiesgruben unterzubringen, sofern sich diese in hydrogeologisch geeigneter Lage befinden. Das Baggergut wird demnach nur unter Wasser umgelagert, wobei als Nebeneffekt die Wasserstraße gereinigt wird.

In einer Arbeit von BERTSCH und KNÖPP (1990 [6]) werden einige Aspekte der Unterwasserablagerung von Baggergut näher erläutert. Besonders auf den modellhaften, theoretischen Ansatz wird eingegangen. Entscheidend für die Praxis sind Kornverteilung und hydraulische Leitfähigkeit sowie die hydrogeologischen und technischen Voraussetzungen.

Die wesentlichen Vorteile lassen sich so beschreiben:

- Keine Durchströmung des Baggergutes durch Grundwasser, d. h. keine Auslaugung

- Eine geringe Elution ist nur an der Außenhaut des Monolithen möglich nach Maßgabe der Diffusion
- Wenn keine Auslaugung auftritt, spielt der Schadstoffgehalt im Baggergut für den Austrag ins Grundwasser keine Rolle mehr
- Keine Frostrisse wie bei der Landlagerung, d. h. keine zusätzliche Elution
- Kein Einfluß durch sauren Regen wie bei der Landlagerung
- Das chemische Milieu im Baggergut bleibt bei der Lagerung unter Wasser im anaeroben Bereich (wie im Fluß), d. h. Schwermetalle bleiben in der stabilen sulfidischen Phase
- Wirtschaftlich attraktives Verfahren – im Vergleich zur Hausmüll- oder Sondermülldeponie
- Deponieflächen werden nicht durch – im Vergleich zu Hausmüll – sehr mäßig belastetes Baggergut beansprucht
- Alternative Lösung zur Gestaltung offener, übertiefer Kiesgruben
- Entstehung von Feuchtgebieten

Gewisse Defizite sind zu erkennen – z. T. aufgrund zu kurzer Beobachtungszeiten im Bereich:

- Konsolidierungszeiten des entstehenden Baggergut-Monolithen
- Ausquetschen von Porenwasser während der Konsolidierung
- Hydraulische Leitfähigkeit nach der Konsolidierung
- Langzeitaspekte

Erläuterung 7:

Umlagern

Beispiel 7/8	
Verfahren	Umlagern im Gewässer
Ausführung	Umlagern (7) Umlagern als Geschiebezufuhr (8)
Daten zur Bewertung	
- Herkunft	Wasserstraße (Rhein)
- Menge	5 000 m ³
- Bodenkennwerte	rollig (Sand, schwach tonig, schwach schluffig, kiesig)
- Chem. Beschaffenheit	Belastung nicht über dem Zweifachen des Schwebstoffgehaltes (vgl. Abschn. 5.3.3)
- Spezielle Kriterien	Einhalten des Verschlechterungsverbotes, Umlagern an Abfluß, Temperatur und Sauerstoffgehalt koppeln Belastung an die Schwebstofffracht koppeln
- Rechtliche Einordnung/ Regelwerke	Wird sich in der Regel im Rahmen der Verfahren gem. §§ 7 Abs. 3, 14 Abs. 1 WaStrG abwickeln lassen. Beachtung von § 26 WHG
Beispiele:	Landeshäfen am Rhein

Das Umlagern von Sedimenten in Gewässern ist das althergebrachte Verfahren zur Unterhaltung der Schifffahrtsrinne und des Abflußprofils.

Eine Umlagerung (von Baggergut) in einem Gewässer findet dann statt, wenn im Zuge von Unterhaltungs- und Ausbaumaßnahmen im Bereich von Schifffahrtswegen (Fahrrinnen, Reeden) Baggergut gebaggert, geeggt oder mit dem Jetstrahl gelöst und gezielt im gleichen Gewässer, nur an anderer Stelle, wieder abgelagert wird.

Durch Baggergutumlagerungen werden dem Gewässer keine ortsfremden Bodenmengen hinzugefügt, so daß dabei auch keine Schadstoffzufuhr erfolgen kann (außer es wird eine Altlast erfaßt). Die Umlagerung von Baggergut kann zur Stabilität des morphologischen Gleichgewichts im Gewässer beitragen. Das gezielte technische Umlagern von Gewässersedimenten ist den ständigen natürlichen Umlagerungsvorgängen im Gewässer, verursacht durch Strömungen, sehr ähnlich. Der technische Vorgang der Umlagerung bewirkt jedoch nur einen Bruchteil derjenigen Umlagerungen, die in den natürlichen Kräften ihre Ursache haben. Selbst wenn die Baggergutumlagerungen in den Schifffahrtsstraßen ganz eingestellt würden, bliebe der derzeitige Schadstoffeintrag in die Nord- und Ostsee unverändert.

Wie bei den natürlichen Sedimentumlagerungen entstehen auch bei den technischen Umlagerungen örtlich und zeitlich beschränkte Trübungs- und Sauerstoffzehrungseffekte (MÜLLER et al., 1995 [37]), die sich jedoch durch technische Maßnahmen unter Beachtung des sogenannten Verschlechterungsverbotes und die Wahl bestimmter Bagbertechniken und Baggergeräte reduzieren lassen.

Als Verbringungsareale werden häufig Bereiche von Übertiefen oder Seitenbereiche der Wasserstraße, die nicht der Schifffahrt dienen, genutzt. Beim Umlagern des Baggergutes in die fließende Welle und beim Sedimenteggen ist der Verbringungsort nicht genau definiert.

Als pragmatischer Ansatz wird empfohlen, das belastete Baggergut nur dann umzulagern, wenn die Belastung das zweifache des Schadstoffgehaltes im Schwebstoff nicht überschreitet. Zum anderen muß das Umlagern frachtbezogen betrachtet werden. Im Einzelfall ist also eine Frachtbetrachtung anzustellen, in der abzuklären ist, welche Auswirkungen umzulagerndes und belastetes Baggergut auf die im Gewässer momentan vorliegende und ebenfalls belastete Schwebstoffmenge hat und ob dies den Schwebstoff oder auch sedimentiertes Sohlsediment nachhaltig beeinträchtigt.

Erläuterung 8 (ohne Beispiel):

Umlagern von Baggergut als Geschiebezufuhr

Die Geschiebebilanz im Gewässerbett entscheidet letztendlich darüber, ob

- gebaggerte Sedimente an anderer Stelle im Gewässer wieder eingebracht werden müssen, um eine weitergehende Erosion zu vermeiden,
- Mindestquerschnitt von Schifffahrtsrinnen und Hochwasser-Abflußprofil dazu zwingen, das abgelagerte Sediment aus dem Gewässer zu entfernen.

Für die Wertung und Entscheidung sind Informationen über die morphologischen Abweichungen von den planfestgestellten Sohlfprofilen, über die Geschiebebilanz und über die Korngrößenverteilung des Baggergutes und der potentiellen Verklappstelle erforderlich. Feinstkorn und Schwebstoffe erfüllen nicht die Kriterien, die an eine Geschiebe/Sedimentzugabe gestellt werden.

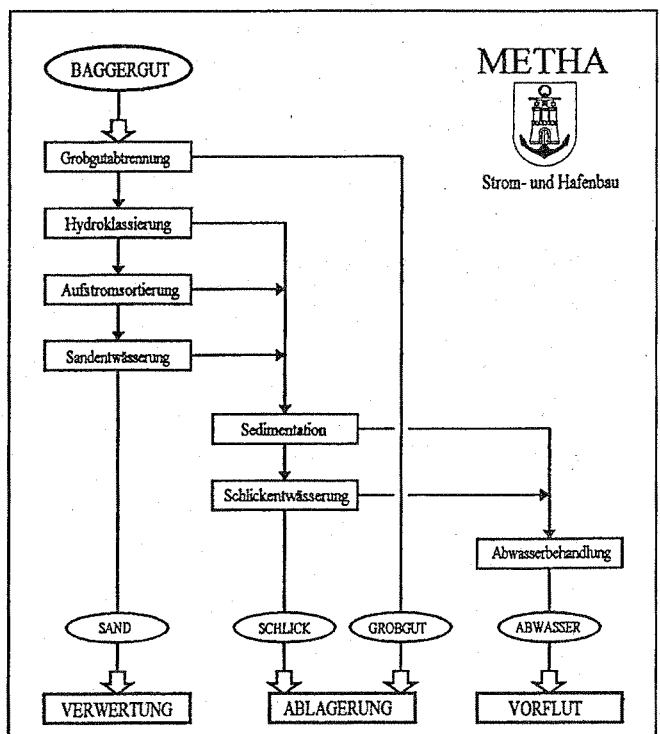
Die Belastung des zu verklappenden Baggergutes sollte das zweifache der Schadstoffbelastung des Schwebstoffes nicht überschreiten und an die Schwebstofffracht gekoppelt werden.

Erläuterung 12:

Aufbereitung nach Korngrößen (METHA) und Ablagerung als Schlickhügel [48]

Beispiel 12	
Verfahren	Verwerten mit technischer Aufbereitung
Ausführung	Korngrößenklassierung: Mechanische Trennung des Hamburger Hafenschlicks und Ablagerung als Schlickhügel
Daten zur Bewertung	
- Herkunft	Hamburger Hafen (Unterhaltungsbaggerung)
- Menge	2 Mio m ³ /a (600.000 t TS) Sand: 180.000 m ³ /a entspr. 300.000 t TS/a Schlick: 525.000 m ³ /a entspr. 300.000 t TS/a
- Bodenkennwerte	Schluff (Schlick) und Sand Restfeuchte: < 45 Gew. % Scherfestigkeit: > 20 kN/m ² Durchlässigkeit: < 1.10 ⁻⁹ m/s
- Chem. Beschaffenheit	Die Fraktion < 63 µm ist belastet mit SM und organischen Schadstoffen (bis LAGA Z2)
- Spezielle Kriterien	(vgl. Erläuterung und Literatur)
- Rechtliche Einordnung/ Regelwerke	Behandlungsanlage und Schlickhügel nach Baurecht
Beispiele:	METHA-Hamburg (Mechanische Trennung und Entwässerung von Hafensedimenten) Francop - Hamburg

In Abhängigkeit der gegebenen Kornverteilung eines Sedimentes ist besonders im Falle hoher Sand und Kiesanteile im Baggergut die Trennung sinnvoll. Im Falle Hamburgs arbeitet die realisierte METHA als großtechnische Anlage zur Behandlung von Baggergut mit einer zweistufigen Trennung bestehend aus Hydrozyklonen und Aufstromsortierer. Die erforderliche Entwässerungstechnik ist auf den Einzelfall abgestimmt.



Die Abbildung zeigt das Grundfließbild der METHA-Anlage (METHA – MEchanische Trennung von HAFensedimenten). Das Baggergut wird in Schuten mit einem Fassungsvermögen von 450 m³ bzw. 600 m³ zu einem Schutensauger transportiert, der die gebaggerten Sedimente diskontinuierlich in ein Baggergutspeicherbecken mit einem Gesamtvolumen von etwa 300 000 m³ pumpt. Grobe Bestandteile mit Korngrößen über 80 mm werden mittels Stangensizer abgetrennt, um die nachfolgenden Prozeßstufen zu schützen. Zwei schwimmende Saugbagger (sog. Cutter) werden eingesetzt, um die Sedimente erneut aufzunehmen und zur METHA-Anlage zu fördern. Die Positionen der Saugbagger im Baggergutspeicherbecken werden so gesteuert, daß die Zusammensetzung des Aufgabegutes möglichst gleichmäßig ist. In der ersten Stufe der Klassierung erfolgt eine Trennung des Baggergutes in einem Trommelsieb bei einer Trennkorngröße von 10 mm. Von dort wird die Suspension zu zwei parallel arbeitenden Klassiersträngen gepumpt, wo die Abtrennung und die nachfolgende mechanische Entwässerung des Sandes erfolgt.

In den Klassiersträngen, die für einen Gesamtdurchsatz von 200 t/h (Feststoff) ausgelegt sind, erfolgt zunächst eine Trennung der Bestandteile der Baggergutsuspension durch Hydrozyklone. Feine Schlickpartikel sowie auch gröbere Holz- und Kohleteilchen, die neben den überwiegenden Sandanteilen im Zyklonunterlauf enthalten sind, werden anschließend in einem Aufstromsortierer abgetrennt. Frühere Untersuchungen haben gezeigt, daß zusätzlich zur Klassierung mit dem Trennmerkmal Korngröße eine Sortierung nach der Dichte notwendig ist, um eine optimale Trennung in ein sauberes Sandprodukt und in ein mit den Schadstoffen belastetes Schlickprodukt zu erreichen. Um ein sauberes Sandprodukt mit einer Konsistenz zu erhalten, die den Erfordernissen von Gurtbandförderungen und Baumaschinen entspricht, muß der Unterlauf des Aufstromsortierers auf einem Schwingsieb bis auf eine Restfeuchte von ca. 15 Gew.-% entwässert werden.

Aus der Sicht der Verfahrenstechnik und der Prozeßführung ist die Fest/Flüssig-Trennung des Schlickproduktes wegen des Gehalts an organischem Material und an Tonmineralen sehr schwierig. Die Partikel der Schlicksuspension sedimentieren in zwei parallel betriebenen Lamelleneindickern. Um das Absetzverhalten der Schlickpartikel zu verbessern, erfolgt eine Dualflockung des Aufgabegutes der Lamelleneindicker durch die Zugabe eines kationaktiven und eines anionaktiven Polyelektrolyten. Dadurch erhält man einen klaren Eindickerüberlauf, der zurück in den Prozeß geführt wird.

Die nachfolgende Entwässerung des geflockten Dickschlammes wird in zwei Stufen unter Verwendung einer Siebbandpresse und einer Hochdruckpresse durchgeführt. Die Filtrationsanlage des METHA-Betriebes besteht aus sechs parallel arbeitenden Strängen. Der Gesamtdurchsatz der Preßfiltration beträgt rund 60 t/h (Feststoff). Zum Erreichen optimaler Filtrationsergebnisse ist eine ausreichende Flockung des Aufgabegutes vor der Siebbandpresse erforderlich. Das Schlickprodukt wird bis auf einen Feststoffgehalt von mindestens 55 Gew.-% entwässert. Dieser Wert sichert eine Scherfestigkeit von wenigstens 20 kN/m², die für eine ausreichende Stabilität des Schlicks in der in Hamburg realisierten hügelartigen Ablagerung erforderlich ist.

Die durch Trennung des Baggergutes gewonnene schadstoffarme Sand-/Kiesfraktion steht nach der Entwässerung im allgemeinen uneingeschränkt für Bauzwecke zur Verfügung. Die Feinfraktion kann nach Entwässerung in Abhängigkeit der tatsächlich gegebenen Belastungssituation entweder einer geordneten Ablagerung oder einer Verwertung zugeführt werden.

In Hamburg bestand auf Grundlage des zur Verfügung stehenden Flächenangebotes der einzig machbare Lösungsweg darin, das mechanisch entwässerte Schlickprodukt in einer sicheren oberirdigen Lagerstätte bei gleichzeitiger Sicherung von Altpfölfeldern unterzubringen. Die dabei angewendete Ablagerungstechnologie beinhaltet die nachfolgenden Komponenten:

- Aufbau einer Multibarrieredichtung aus einer Polyethylenfolie mit darüber angeordneter mineralischer Dichtung aus Schlick

- Einbau von Drainageschichten in definierten Abständen über die gesamte Höhe des Schlickhügels zur Fassung von Wasser und Gas.
- Landschaftsgestaltung und Formung des Deponiekörpers unter Berücksichtigung der speziellen Erfordernisse der Umwelt in der Umgebung des jeweiligen Hügelstandortes.

Erläuterung 16:

Flotation

Beispiel 16	
Verfahren	Verwerten mit technischer Aufbereitung
Ausführung	Flotation des Feinkorns
Daten zur Bewertung	
- Herkunft	- Kommunaler Hafenschlamm - Rest aus der Bodenwäsche
- Menge	15.000 m ³
- Bodenkennwerte	Schluff, tonig
- Chem. Beschaffenheit	Belastung mit Zn, Cu, Ni, KW, PAK nach LAGA > Z2
- Spezielle Kriterien	Anlage muß nach BImSchG zugelassen sein
- Rechtliche Einordnung/Regelwerke	Hinsichtlich der Weitergabe der Stoffe zur Verwertung und zur Beseitigung gilt grundsätzlich das AbfG bzw. KrW-/AbfG
Beispiele:	Mannesmann / Mohsman (1993) [36]

Mittlerweile werden auch Flotationsverfahren zur Reinigung von feinkörnigem, schlammigem Material auf dem Markt angeboten (MANNESMANN/MOHSMAN, 1993 [36]). Mittels Hydrozyklon werden „Sand“ (> 30 µm) und „Schlamm“ (< 30 µm) getrennt. Das homogenisierte und sich in Suspension befindliche Feinkornmisch wird danach mit Hilfe von speziellen Reagenzien behandelt. Dabei werden die i. a. hydrophilen Schadstoffteilchen vom Korn abgelöst und hydrophobisiert. Über Schaummittel und eingeblasene Luft werden die abgelösten Schadstoffe an die Oberfläche der Suspension befördert, wo sie abgeschöpft werden.

Bei dieser Schlammflotation lassen sich nach Firmenbeschreibungen auch Feinfraktionen reinigen, die bei Bodenwaschanlagen anfallen oder auch feinkörniges Baggergut.

Das Flotat (Reststoff) kann je nach Menge und Schadstoffgehalt nach folgenden Verfahren weiterbehandelt werden:

- mikrobiologische Behandlung
- NaBoxidation
- Einsatz als Zuschlagsstoff in Kohlekraftwerken
- Hochtemperaturverbrennung
- Deponierung

Wiederum nach Firmenangaben wurde mit einer Pilotanlage (Durchsatz 25–30 m³ pro Tag) mit Hafenschlamm des Hafens Tokamer (Niederlande) gute Reinigungsleistungen für Schwermetalle und organische Schadstoffe erzielt. Die Anlage kann auch auf schwimmender Plattform installiert werden.

Das abgereicherte Feinkorn kann weiter verwertet werden.

Für komplexe Belastungsfälle (Hamburger Elbschllick) waren die erzielten Ergebnisse bislang nicht ausreichend.