

Prof.Förstner/Dr.Calmano:"Verfestigung von Baggerschlämmen"

VERFESTIGUNG VON BAGGERSCHLÄMMEN

Prof. Dr. Ulrich Förstner und Dr.-Ing. Wolfgang Calmano

Vorbemerkung: Nach der zur Zeit gültigen Definition zählen kontaminierte Gewässersedimente und Baggerschlämme nicht zu den "Altlasten", obwohl sie in bestimmten Erscheinungsformen durchaus vergleichbare Probleme verursachen können und ähnliche Sanierungsstrategien erforderlich machen. Seit längerem bekannt sind die Bodenkontaminationen durch **Minenabfälle in Überflutungsbereichen** von Flüssen, z.B. der Oker und Innerste aus dem Harz-Bergbau (1). Auch die Beseitigung von Baggerschlämmen im sog. "**Landschaftsbau**" ohne spezifische Sicherung besitzt den Charakter der "wilden Deponie" (2) und damit das Potential für eine zukünftige "Altlast". Während bei den "klassischen" Altlasten die Probleme mit den organischen Inhaltsstoffen häufig im Vordergrund stehen, wurden in den Baggerschlämmen bisher überwiegend die Schwermetalle als kritische Bestandteile gesehen. Insofern kann das Beispiel der Verfestigung von Baggerschlämmen im vorliegenden Beitrag als eine der **Möglichkeiten der chemischen Behandlung metallbelasteter Abfälle** betrachtet werden. Andere Behandlungsmethoden, die nur kurz beschrieben werden, sind die Auslaugung durch Säuren und die Ablagerung unter stabilen anoxischen Bedingungen, die ebenfalls den Charakter einer chemischen Stabilisierung metallkontaminierter Abfallsubstanzen besitzen.

1. Einleitung

In der Bundesrepublik Deutschland fallen nach Erhebungen der Wasser- und Schifffahrtsverwaltungen jährlich ungefähr 50 Mill. m³ Baggergut im Küstengebiet und im Binnenland an. Regelmäßige **Baggertätigkeit** findet in den staugeregelten Flußabschnitten des Neckars, des Mains, der Mosel, der Saar und der Weser statt; in anderen Gebieten, z.B. an der Ruhr, müssen in größeren Zeitabständen aus Staueen und Regenrückhaltebecken eingeschwemmte Schlämme ausgebaggert werden. Besondere Anstrengungen müssen im **Mündungsgebiet der Tideflüsse** unternommen werden, um die seeschiffstiefen Hafeneinfahrten gegen die Sedimentation von Schwebstoffen offen zu halten.

Die bei den Unterhaltungsbaggerarbeiten anfallenden Bodenmassen wurden früher verwendet, um tiefliegende Flächen aufzuhöhen; die hohen Nährstoffgehalte des Schlicks förderten die damalige Entwicklung. Nachdem die starke Belastung der Flußsedimente mit **Schadstoffen** bekannt wurde und insbesondere nach den Befunden über die Pflanzenaufnahme von giftigen Spurenelementen aus kontaminierten Böden hat sich die Unterbringung des Baggergutes vom reinen Mengen- immer stärker zum **Qualitätsproblem** entwickelt.

Prof.Förstner/Dr.Calmano:"Verfestigung von Baggerschlämmen"

Nach den Kartierungen der Bundeswasserstraßenverwaltungen sind ca. 10-15 Mill. m³ Baggermaterial über die derzeit gültigen "Bodengrenzwerte" nach §4(4) AbklärV hinaus mit Schwermetallen belastet; reduziert man zukünftig die Grenzwerte für Schadstoffe (z.B. bei Cadmium von 3 mg/kg auf 1 mg/kg) so könnte leicht nahezu die gesamte Baggergutmenge über den Bodengrenzwerten liegen (2). Obwohl die Masse der Sedimente, eine "natürliche" Herkunft besitzt, sind die Gehalte an potentiell giftigen Stoffen wesentlich durch anthropogene Einflüsse überprägt. Der Vergleich der Hamburger Hafenschlick- mit den natürlichen (geochemischen) Hintergrundwerten in Tabelle 1 zeigt, daß ausgerechnet die beiden Beispiele der "schwarzen Liste" am stärksten angereichert sind: Cadmium - x 50; Quecksilber - x 20; Blei und Zink - x 15; Kupfer - x 10.

Tabelle 1: Schwermetallgehalte im Hafenschlick von Hamburg

	Cadmium mg/kg	Quecksilber mg/kg	Zink mg/kg	Blei mg/kg	Kupfer mg/kg	Chrom mg/kg
--	------------------	----------------------	---------------	---------------	-----------------	----------------

Hamburger	15 *	8 *	1760	280	517	172
Hafenschlick (6-20)		(3-12)				
Tongestein	0.3	0.4	90	20	56	60
"Bodengrenzwert"						
§4(4) AbklärV	3	2	300	100	100	100

* 80%-Bereiche der Proben mit mehr als 10% Glühverlust (3)

Als **Beseitigungsalternativen** werden z.Z. die Ablagerung auf Spülfeldern, die Deponierung in Vertiefungen, die Eingabe in die fließende Welle (Umlagerung), sowie die Verklappung im Meer praktiziert (4-6).

2. Mechanische und chemische Stabilisierung von Schlämmen

Verfahren zur **Verfestigung von Abfallstoffen** haben das Ziel, durch eine verstärkte Einbindung die Abgabe-Rate von Schadstoffen an die Biosphäre zu verringern bzw. die Austauschprozesse zu verzögern (7). Dabei können zwei Stufen unterschieden werden:

- Im günstigen Fall sollte ein Material hergestellt werden, welches für **erdbauliche Zwecke** herangezogen werden kann, wie Geländeauffüllung, Straßenunterbau, Deichbau, Bau von Lärmschutzwällen und dergleichen, so daß für gewisse Massenabfälle auf Deponien ganz verzichtet werden kann;
- in weniger günstigen Fällen könnte ein Verfestigungsverfahren geeignet sein, ein Material so vorteilhaft zu verändern, daß es auf nahegelegene oder weniger aufwendig zu erschließende Deponieflächen verbracht werden kann.

Prof.Förstner/Dr.Calmano:"Verfestigung von Baggerschlämmen"

Die **Bewertung der Wirksamkeit** stellt in vielen Fällen eine schwierigere Aufgabe dar als die eigentliche Verfestigungsmaßnahme. Dies liegt in erster Linie an dem Mangel an Informationen über das **Langzeitverhalten** von Schadstoffen, sowohl im Originalabfall als auch im verfestigten Material. Einheitliche Kriterien liegen bislang nur spärlich vor und sind dann meist wegen ihrer Einfachheit allseitiger Kritik ausgesetzt, wie z.B. der Auslaugtest "S 4" der Deutschen Einheitsverfahren zur Wasser- und Schlammuntersuchung oder der Standard Elutriate Test des U.S.Army Corps of Engineers/Environmental Protection Agency. In einem Forschungsvorhaben des Umweltbundesamtes untersuchen wir z.Z. die Möglichkeiten für die Anwendung von chemischen, mineralogischen, biologisch-ökotoxikologischen und Baustoff-Testverfahren bei der Bewertung von Stabilisierungsmaßnahmen an kontaminierten Baggerschlämmen.

Aufgrund der Mineralzusammensetzung der Baggerschlämme kann man an eine **Verwendung in Baumaterialien** denken. Die Studie des Battelle-Instituts über "Neue Technologien zur Behandlung von Baggerschlick" (8) verzeichnet einige alternative "Lösungsmöglichkeiten mit höherer Priorität", die das hochgesteckte Ziel einer Material-Wiederverwertung (Recycling) besitzen (9):

- Zusatzstoff bei der Bausteinherstellung
- Rohstoffersatz zur Faserherstellung
- Zusatz bei der Zementherstellung
- Verfestigung zu Schlickstein

Ausgangsmaterialien sind entweder entwässerte oder durch Laugung vorbehandelte Baggerschlämme. Ziegeleierzeugnisse, bei denen feinkörnige Baggerschlämme eingesetzt werden können, umfassen Produkte mit porösen Scherben wie Mauerziegel, Deckenziegel und Dachziegel, sowie Produkte mit dichtem Scherben wie Klinker und Riemchen; anlagentechnisch werden keine Probleme bei einem Einsatz des Schlicks gesehen. Hinsichtlich der Verwendung von Hamburger Hafenschlick in thermischen Verfahren ergeben sich jedoch Schwierigkeiten durch hohe Gehalte an leichtflüchtigem Quecksilber, die eine aufwendige Abluftreinigung erforderlich machen.

Die Verwendung kontaminierter Schlämme in **Baumaterialien** bringt grundsätzliche Probleme mit sich, weil damit Schadstoffe in der Umwelt verteilt werden. Für den daraus entstehenden Bauschutt könnte die Forderung nach verschärften Deponiebedingungen aufkommen. Auf der anderen Seite ist jedoch die **Einbindung von Schadstoffen** stärker und die "Verfügbarkeit" für Organismen geringer als in dem Ausgangsmaterial. Bei der Bewertung der Umweltverträglichkeit von festen Abfallstoffen wird deshalb der Frage der Bindungsfestigkeit von Schadstoffen ein höherer Stellenwert beizumessen sein als der bisherigen ausschließlichen Konzentrationsbetrachtung.

Prof.Förstner/Dr.Calmano:"Verfestigung von Baggerschlämmen"

3. Chemismus und Reaktionen in Baggerschlämmen

Der Schlick des Hamburger Hafens, der hier beispielhaft abgehandelt werden soll, enthält Schluff- und Tonbestandteile aus dem Gesteinsabrieb und von den Böden aus dem Einzugsgebiet der Elbe. Schwebstoffe, die in den Hafenbecken und anderen Ruhezeiten zu Boden sinken, werden auch mit Abwässern eingeleitet oder durch Gewässerorganismen neu gebildet.

Durch die **Oxidation sulfidischer Komponenten** und durch den **Einfluß saurer Niederschläge** - insbesondere bei Ablagerung auf Land - können in gering gepufferten Schlämmen die pH-Werte nachhaltig gesenkt werden. Zur Ermittlung der **Pufferkapazität** von Baggerschlämmen haben wir u.a. "Titrationsversuche" durchgeführt: Für gut gepufferte Schlämme (z.B. Neckarbaggergut mit ca. 20% Karbonatanteil) wird die pH-Absenkung in einer 10%igen Feststoffsuspension nach Zugabe von 5 mmol (H)/g Feststoff bei <2 pH-Stufen liegen, während gering gepufferte Schlämme (z.B. aus der Elbe) >4 pH-Einheiten gesenkt werden ((10); siehe auch Abbildung 1).

Durch die pH-Absenkung, die durch die **bakterielle Vermittlung** stark beschleunigt wird (11), werden auch die Metalle teilweise remobilisiert. Es sind vor allem Bakterien der Species Thiobacillus, die nach einer Senkung des pH-Wertes im Hafenschlick von Hamburg von ca. 7,5 auf 4-5 - z.B. durch Zugabe von schwefeliger Säure - eine weitere Absenkung des pH-Wertes auf 2-3 bewirken. (Dies hat auch dazu geführt, daß auf den Spülfeldern nach einigen Monaten der Nutzung der pH-Wert stark abgefallen ist, verbunden mit der entsprechend erhöhten Aufnahme von Schwermetallen in Nutzpflanzen (12)).

Die Frage war, ob man diesen Effekte der **Metallmobilisierung** auch für eine "chemische Entgiftung" würde einsetzen können. Für die chemische Laugung von kontaminierten Baggerschlämmen aus dem Neckar wurde von Müller und Riethmayer (13) ein Verfahren vorgestellt, dessen **Maximalkapazität** bei vollkontinuierlichem Betrieb bei ca. 175.000 m³ liegt. Das durch Hydroxid- und Karbonatfällung gereinigte Wasser kann in den Vorfluter eingeleitet werden; aus 1 Tonne Neckarsediment erhält man rund 530 kg "entgifteten" Schlamm und 42 kg Metallkonzentrat (13). Die Tabelle 2 zeigt Ergebnisse unserer Untersuchungen zur Entgiftung von Baggerschlämmen aus dem Hamburger Hafen mit Hilfe eines kombinierten Verfahrens von **chemischer und bakterieller Laugung** (14). Generell werden zwar hohe Prozentanteile an Cadmium freigesetzt, doch liegen z.B. die Gehalte an Chrom und Blei auch nach dieser Behandlung häufig über den Werten §4 AbklärV. Gegen eine Verwendung dieser Feststoffe in Baumaterialien oder im Landschaftsbau ist dagegen nichts einzuwenden, da die nach der Säureextraktion verbliebenen Metallanteile auch längerfristig kaum noch biologisch verfügbar sind.

Prof.Förstner/Dr.Calmano:"Verfestigung von Baggerschlämmen"

Tabelle 2: Mit Schwefeldioxid und bakterieller Laugung aus Elbe-Schlick extrahierbare Metallanteile (14)

	Cd	Pb	Zn	Cu	Cr	Ni	Mn
Schwefeldioxid	98%	54%	91%	38%	44%	68%	88%
Bakterielle Laugung	99%	18%	95%	84%	45%	66%	91%

Für das Verhalten von Schwermetallen nach der Ablagerung spielen **Redoxveränderungen** im Sediment eine besonders wichtige Rolle. Dies gilt vor allem für die Oxidation anaerober Schlämme, bei der - wie oben gezeigt - für eine Reihe von toxischen Metallen eine Remobilisierung erfolgt. Die kombinierte Wirkung von pH-Senkung und Eh-Erhöhung wurde zuerst von Gambrell und Kollegen (15) untersucht; es wurde festgestellt, daß der Übergang von reduzierenden, schwach alkalischen Verhältnissen in ein saures, oxidiertes Milieu zu einer nachhaltigen Remobilisierung von Schwermetallen führen kann. Solche Bedingungen waren vor allem bei der Landdeponie von anaeroben Baggerschlämmen zu erwarten, und dort in erster Linie bei einer **flächenhaften Aufspülung**. Wir haben diesen Effekt durch einen Vergleich der Bindungsformen in den anaeroben Originalproben und nach Oxidation an Schlickproben aus dem Hamburger Hafen nachgewiesen ((16); für die Charakterisierung der **Bindungsformen** wurde eine sechsstufige **chemische Extraktionssequenz** eingesetzt (17)): Am größten waren die Veränderungen bei den Cadmium-Bindungsformen; verglichen mit den Resultaten an der un-oxidierten Originalprobe bewirkt die Zufuhr von Sauerstoff zunächst einen Übergang der stabilen Sulfidbindung in leicht reduzierbare Phasen, und bei der weiteren Behandlung entstehen karbonatische und kationenaustauschbare Phasen. Das bedeutet insgesamt eine **Schwächung der Feststoffbindung**; eine Senkung des pH-Wertes, aber auch ein erhöhter Eintrag organischer Komplexbildner oder eine Zunahme des Salzgehaltes bewirkt dann eine verstärkte Freisetzung der Metalle aus dem Sediment.

Aus geochemischer Sicht stellt die Ablagerung unter **stabilen anoxischen Bedingungen** die wirksamste Methode für die Beseitigung großer Mengen an reduzierten, schwermetallkontaminierten Schlämmen dar. Das **marine Milieu** erscheint dabei besonders günstig wegen der hohen Stabilität der sulfidischen Schwermetallphasen verglichen mit karbonatischen und oxidischen Bindungsformen. Diese Bedingungen sind exemplarisch für den Bau einer künstlichen Halbinsel an der Küste vor Rotterdam untersucht worden (18), wo in einer 20 m tiefen, ca. 300 Hektar großen und mit einem 20 m hohen Ringdeich eingefassten Ausgrabung während 15 Betriebsjahren ca. 150 Mill. m³ Baggerschlamm aus dem Hafen von Rotterdam abgelagert werden sollen. Neben diesem Beispiel vor Rotterdam sind mehrere Projekte in Bearbeitung, bei denen Baggerschlämme in **Vertiefungen auf dem Meeresboden** abgelagert und mit inerten Sedimenten abgedeckt wurden (19-21).

Prof.Förstner/Dr.Calmano:"Verfestigung von Baggerschlämmen"

4. Verfestigung von Baggerschlamm bei einer Landdeponie

Neben den vorgenannten Deponierungsverfahren (i) auf Spülfeldern, (ii) in/auf Inseln im Küstenvorfeld und (iii) als Sedimenteinträgerungen im Meeresboden sind die "klassischen" Abfallbeseitigungs-Methoden einer Einlagerung in ausgebeuteten Bodenabbaufächen bzw. Steinbrüchen oder eine Deponie über Geländeniveau zu nennen (nach Senatsbeschluß stellt die Schlickablagerung in Hügelform in Hamburg keine Abfallbeseitigung dar). Eine ursprünglich für den "Suchraum Obergeorgswerder" erstellte Entscheidungsgrundlage zur ökologischen Beurteilung enthielt u.a. ein **langfristiges Deponiekonzept** für ein Volumen von 5 Mill. m³ klassierten Elbeschlicks (22). Die Gesamthöhe soll ca. 30-40 m betragen. Zur Ableitung der Poren- und Sickerwässer sowie zur Gasabführung sind über den Schlick-Lagen von 1.5 m Schichtdicke jeweils Sandschichten aufzubringen, die das Wasser entsprechend dem Gefälle mehreren Sandkernen zuleiten. Innerhalb der Sandkerne sickert das Wasser zur Deponiesohle, von wo es zum Deponierand fließt und ggfls. aufbereitet wird.

Offene Fragen bestehen sowohl hinsichtlich des "Wasserpfad" als auch bei der Gasproduktion: Tritt eine Versauerung der Bodenlösungen auf, die beim Spülfeldbetrieb zu Problemen geführt hat? Wie wirkt sich der Eintrag von Ammonium auf den Gütezustand der Vorfluter aus? Wie hoch ist die Versickerung ins Grundwasser bei funktionierender Basisdrainage? Können diese Effekte durch Zugabe von Stabilisatoren, z.B. Kalk, Zement oder Flugasche, verhindert werden?

Zur Stabilisierung von Baggerschlämmen auf Landdeponien haben wir Experimente durchgeführt mit **Kalkhydrat, Kalkstein, Zement und Flugasche** in verschiedenen Mischungsverhältnissen zum originalen Hafenschlick von Hamburg (Tabelle 3). Die Mischungen unterscheiden sich stark in ihren pH-Werten.

Tabelle 3: Mischungen von Baggerschlamm und Zuschlagsstoffen für die vorliegenden Untersuchungen

Probe	Hafen-schlick	Kalkhydrat	Kalkstein	Zement	Flugasche	pH-Wert
1	100g	-	-	-	-	7.74
2	80g	10g	10g	-	-	11.76
3	80g	-	20g	-	-	8.68
4	80g	10g	-	10g	-	11.43
5	80g	-	-	10g	10g	11.44

Prof.Förstner/Dr.Calmano: "Verfestigung von Baggerschlämmen"

Die Titrationskurven zweier Beispiele sind in Abb. 1 wiedergegeben: Bei einem hohen Anfangs-pH-Wert bei Zugabe von Zement oder Calciumhydroxid können sich lösliche Metallbasen bilden und Geruchsprobleme durch Ammoniak entstehen.

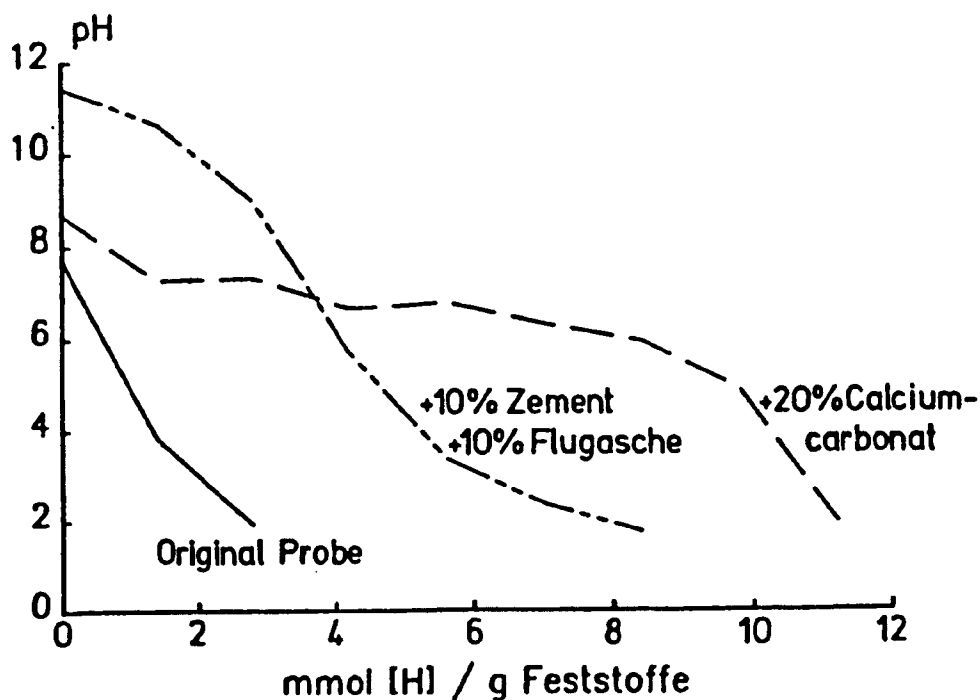


Abbildung 1: Wirkung von Calciumkarbonat- und Zement/Flugaschen-Zusätzen auf die chemische Stabilität von feinkörnigen Hafensedimenten (Elbe/Hamburg), dargestellt an den Veränderungen der pH-Werte von Feststoff-Suspensionen.

Günstiger ist die Zugabe von Kalk - z.B. von Kreidekalk - mit dem über einen weiten Bereich des Säureeintrags pH-Werte um den Neutralpunkt gewährleistet werden können. Wie zu erwarten war sind die Eluate in den Mischungen mit höheren pH-Werten (Kalkhydrat, Kalkhydrat/Zement, Zement/Flugasche) an einigen Schwermetallen angereichert. Dies gilt insbesondere für Kupfer und Nickel, von denen zwischen 10% und 20% der Originalgehalte eluiert werden können (Tabelle 4). In denselben Eluaten liegen auch die TOC-Werte deutlich über den entsprechenden Daten der neutralen Schlämme.

Der Einfluß eines Säure-Eintrags auf die Metallfreisetzung aus den stabilisierten Proben ist in der Tabelle 5 für das Beispiel der Kalkstein-Addition dargestellt. In der Originalprobe werden durch die Ansäuerung auf pH 3 sehr hohe Anteile an Cadmium (60%), Zink (56%) und Nickel (38% der Ausgangskonzentrationen) freigesetzt. Eine gleiche Säurezugabe zu der stabilisierten Probe bewirkt nur noch bei

Prof.Förstner/Dr.Calmano:"Verfestigung von Baggerschlämmen"

Tabelle 4: Eluierbarkeit von Metallen durch Wasser* (in Prozent der Metallgehalte in der Originalprobe)

Metall	Hafen- schlick	Kalkstein (Kreide)	Kalkhydrat	Kalkhydrat/ Zement	Zement/ Flugasche
Arsen	1%	5%	1%	-	-
Cadmium	-	-	-	-	-
Kupfer	-	-	21%	16%	17%
Nickel	-	1%	18%	15%	10%
Blei	-	-	-	-	-
Zink	-	-	-	-	-
pH	7.5	7.8	12.3	12.0	12.0
TOC µg/l	44	46	259	307	277

nach S 4 der Deutschen Einheitsverfahren

Nickel eine signifikante Freisetzung, die jedoch bei dem geringen anthropogenen Anteil dieses Metalls nicht sehr relevant erscheint. Wesentlich stärker ins Gewicht fällt die Zunahme der **Arsen-Mobilisierung**, die eine der Problem-Substanzen in Deponie-Materialien darstellt:

Tabelle 5: Mobilisierung von Metallen (in Prozent der Anteile in der Originalprobe) bei Säurezugabe zu originalen und mit 20% Kalk verfestigten Hafenschlickproben

	Original-Probe		+ 20% Kalkstein	
	pH 5	pH 3	(pH 6.8)	(pH 5.9)
Arsen	2.1	12.2	7.6	25.9
Cadmium	7.4	62.5	-	0.4
Kupfer	0.2	3.8	0.1	0.1
Nickel	10.7	37.6	1.8	5.2
Blei	0.1	0.3	0.1	0.1
Zink	13.4	56.2	0.3	2.0

Prof.Förstner/Dr.Calmano:"Verfestigung von Baggerschlämmen"

5. Ausblick

Kostenschätzungen über Verfestigungsmaßnahmen sind z.Zt. noch mit vielen Unsicherheiten verbunden; insbesondere gilt dies für die Ablagerung von verfestigtem Schlick auf einer Landdeponie, bei der die Frage der Notwendigkeit sowohl von Basisabdichtungen als auch einer Sickerwasseraufbereitung noch diskutiert wird. Nach einer Schätzung des Battelle-Instituts dürfte die Verfestigung mit Zement je nach Einsatz von Bindemittel - 10% bzw. 15% Zement - zwischen 30 DM und 55 DM/Kubikmeter entwässerten Schlick kosten (23).

Unter den derzeit diskutierten Varianten für die Unterbringung von klassiertem, teilentwässerten Hafenschlick aus der Elbe in einer hügelartigen Lagerstätte auf dem alten Spül-feld Francop (im Vordeichsgelände der Alten Süderelbe) gibt es auch ein Konzept, bei dem die Schichtlagen von Schlick mit Bindemittel (Kalk, Zement, Kohleflugaschen) verfestigt werden. Als vorteilhaft wird bei dieser Variante die geringere **Wasserdurchlässigkeit des Deponiekörpers** und - bei den hohen pH-Werten der Zuschlagstoffe - die reduzierte Gasbildung angesehen. Möglicherweise können bei einer solchen Ablagerungsform die Basis- und ggfls. auch die Oberflächenabdichtungen deutlich reduziert werden.

Zur Zeit werden Versuche zur Beeinflussung der **Gasproduktion** durch die chemischen Stabilisatoren durchgeführt (in Zusammenarbeit mit Dipl.-Ing. D. Krause und Prof. Dr.-Ing. R. Stegmann). Original- und stabilisierte Proben werden dabei unter Luftabschluß in 120-Liter-Plastikbehältern mit einer automatischen Sickerwasser-Rückführung bei 30°C über mehrere Monate getestet. Erste Ergebnisse über die Produktion von Gas und Sickerwasser zeigen, daß die Stoffwechselprozesse in den chemisch stabilisierten Proben eine andere Entwicklung als in den Originalproben nehmen. Bei Zugabe von Kalkstein wird der mikrobielle Abbau der organischen Substanz behindert, so daß z.B. nach 4 Wochen kein Methan gefunden wurde.

Eine anderer Aspekt der Verfestigungsversuche betrifft die Form der Festlegung von toxischen Schwermetallen in den um- und **neugebildeten Mineralphasen** nach Zugabe von Stabilisierungsmitteln wie Kalkhydrat, Zement, Flugasche, Gips und Rotschlamm. Hier werden im Rahmen eines BMFT-Vorhabens von Dr. R. Khorasani verschiedene mineralogische Untersuchungsmethoden eingesetzt - Rasterelektronen- und Lichtmikroskopie sowie röntgenographische Verfahren -, deren Befunde mit den Ergebnissen von Baustoffprüfverfahren und Elutionsversuchen verglichen werden. Wir erwarten aus diesem Spektrum an Prüfverfahren Informationen über das Langzeitverhalten der verfestigten und stabilisierten Schlämme.

Prof.Förstner/Dr.Calmano:"Verfestigung von Baggerschlämmen"

Literatur

- (1) Nowak, H., Preul, F. (1971): Untersuchungen über Blei- und Zinkgehalte in Gewässern des Westharzes. Beih. Geol. Jahrb. 105, 68 S.
- (2) Knöpp, H. (1986): Beseitigung kontaminierten Baggergutes - Sachzwänge, Lösungen und Schlußfolgerungen. Vortrag anl. 19. Essener Tagung "Technik im Zeichen des Umweltschutzes". Kurzbericht No. 42, 3 S.
- (3) Christiansen, H., Öhlmann, G., Tent, L. (1982): Probleme im Zusammenhang mit dem Anfall von Baggergut im Hamburger Hafen. Wasserwirtschaft 72, 385-389.
- (4) Förstner, U. (1982): Baggerschlammprobleme in der Bundesrepublik Deutschland. Sicherheit in Chemie und Umwelt 2, 97-99.
- (5) Knöpp, H. et al. (1982): Wird das Baggern an öffentlichen Gewässern zum Umweltproblem? Jahresbericht 1981 der Bundesanstalt für Gewässerkunde Koblenz, S. 1-38.
- (6) Schenkel, W. (1984): Baggergut in der Bundesrepublik Deutschland - Anfall und Beseitigung. In: Fachseminar Baggergut, Strom- und Hafenausbau FHH Hamburg, S. 5-26.
- (7) Wiedemann, U. (1982): Verfahren zur Verfestigung von Sonderabfällen und Stabilisierung von verunreinigten Böden - Stand der Erkenntnisse und Anwendungsmöglichkeiten. UBA Berichte 1/82, Erich Schmidt Verlag Berlin, 149 S.
- (8) Battelle-Institut e.V. Frankfurt (1982): Neue Technologien zur Behandlung von Baggerschlick. Durchführbarkeitsstudie Stufe I: Sammlung, Vorauswahl und Beschreibung der aussichtsreichsten Lösungsmöglichkeiten. August 1982, 184 S.
- (9) Därr, G.-M. (1984): Baggergut als Sekundärrohstoff zur Herstellung von Baumaterialien. In: Fachseminar Baggergut, Strom- und Hafenausbau, FHH Hamburg, S. 389-403.
- (10) Förstner, U. et al. (1985): Mobility of heavy metals in dredged materials - upland vs. marine disposal. Proc. Int.Conf.Heavy Metals in the Environment, Athen, 34-36
- (11) Singer, P.C., Stumm, W. (1970): Acidic mine drainage: the rate-determining step. Science 167, 1121-1123
- (12) Herms, U., Tent, L. (1982): Schwermetallgehalte im Hafenschlick sowie in landwirtschaftlich genutzten Hafenschlamm-Spülfeldern im Raum Hamburg. Geol.Jb. F 12, 3-11
- (13) Müller, G., Riethmayer, S.(1982):Chemische Entgiftung: das alternative Konzept zur problemlosen und endgültigen Entsorgung schwermetallbelasteter Baggerschlämme. Chemiker-Ztg. 106, 289-292.

Prof.Förstner/Dr.Calmano:"Verfestigung von Baggerschlämmen"

- (14) Calmano, W.(1984):Verfahren zur Entfernung von Schwermetallen aus Baggerschlick - Stand der Untersuchungen, offene Fragen, Probleme der Umsetzung. In: Fachseminar Baggergut, Strom- und Hafenbau FHH/Hamburg, S. 271-285
- (15) Gambrell, R.P. et al. (1977): Transformation of heavy metals and plant nutrients in dredged sediments as affected by oxidation/reduction potential and pH. DMRP U.S. Army Corps of Engineers, Rept. D-77-4, 309 S.
- (16) Kersten, M. et al.(1985): Freisetzung von Metallen bei der Oxidation von Schlämmen - umweltchemische Aspekte der Baggergutdeponierung. Vom Wasser 65, 21-35
- (17) Förstner, U., Calmano, W. (1982): Bindungsformen von Schwermetallen in Baggerschlämmen. Vom Wasser 59,83-92
- (18) Stadt Rotterdam/Rijkswaterstaat (1984): Grootchalige locatie voor de berging van baggerspecie uit het benedenrivierengebied. Projektbericht/Umweltverträglichkeitsstudie, Okt. 1984, 334 S.
- (19) Morton, R.W. (1980): "Capping" procedures as an alternative technique to isolate contaminated dredged material in the marine environment. Hearing House of Representatives, Dumping Dredged Spoil, 96th Congress, U.S.G.P.O. Ser. 96-43, S. 623-652, Washington D.C.
- (20) Bokuniewicz, H.J. (1982): Submarine borrow pits as containment sites for dredged sediments. In: Kester, D.R. (Hrsg.) Dredged-Material Disposal in the Ocean, Waste in the Ocean, Vol. 2, S. 215-227, Wiley New York
- (21) Brannon, J.M. et al. (1984): Efficiency of capping contaminated dredged material. Proc.Conf.Dredging and Dredged Material Disposal '84, Vol. 2, S. 664-673.
- (22) Dührkop, H. (1984): Bodenmechanische und grundbautechnische Probleme bei der Aufschüttung getrockneten Schlicks in Hügelform. In: Fachseminar Baggergut, Strom- und Hafenbau, FHH Hamburg, S. 361-378.
- (23) Battelle-Institut e.V. Frankfurt (1985): Neue Technologien zur Behandlung von Baggerschlick - Durchführbarkeitsstudie Stufe II: Detaillierung. Endbericht Teil 1: Verfestigung von Hafenschlick. 35 S.

Anschrift der Verfasser:

Arbeitsbereich Umweltschutztechnik
Technische Universität Hamburg-Harburg
Eißendorfer Str. 38
2100 Hamburg 90

DISKUSSION

Dipl.-Ing. Peterson, Bremen

Frage: Der Neckarschlamm wird in einem Verfahren der Fa. Züblin thermisch behandelt und zu Baustein verarbeitet. Ist solch ein Verfahren für die Schlämme aus dem Hamburger Hafen denkbar?

Antwort: In dem Vortrag war auf die Baustoffherstellung aus Baggerschlämmen nicht eingegangen worden (s. vorliegender Text). Herr Peterson spricht den Leichtzuschlagstoff (Blähtonersatz) der Fa. Züblin an, bei dem Neckarsediment mit Zusatzstoffen wie Ton, Flugasche, Rotschlamm und Altöl gemischt, granuliert und vorgetrocknet wird; das Granulat wird in einem Drehofen gebrannt, die Abluft in einer dreistufigen Filteranlage gereinigt und mit einer Temperatur von ca. 90°C abgegeben. Hinsichtlich der Verwendung von Hamburg Hafenschlick in thermischen Verfahren sind vor allem Schwierigkeiten durch die hohen Gehalte an leichtflüchtigem Quecksilber - das größtenteils aus industriellen Emissionen in den Elbe-Oberliegerstaaten stammt, während die Quecksilberkonzentrationen in den Neckarsedimenten relativ gering sind - zu erwarten. Falls die erforderliche Abluftreinigung auch solche Emissionen minimieren kann, könnten Sinterprodukte aus Baggerschlämmen, deren chemische Eluierbarkeit nach unseren Erfahrungen relativ gering ist, in bestimmten Bausektoren (z.B. in Dränschichten von Deponien, Tiefbaumaßnahmen im Hafengebiet) Anwendung finden.

Frage: Bei Ölunfällen sinkt häufig schweres Heizöl auf den Hafensboden ab. Welche Ölbeseitigungsmaßnahmen werden vor Ablagerung des Baggergutes bzw. zur Verfestigung vorgenommen?

Prof. Förstner

Verfestigung von Baggerschlämmen

Antwort: Es werden in einigen Bereichen des Hamburger Hafens relativ hohe Gehalte an Schweröl im Schlick gefunden. Mir ist nicht bekannt, daß diese Schlämme vor der Deponierung auf Spülfeldern besonders behandelt wurden. Es bietet sich für die Stabilisierung von stark ölbelastrten Schlämmen u.a. das DCR-Verfahren ("Dispersion durch chemische Reaktion") an, bei dem gebrannter Kalk zugegeben wird, der mit Reaktionsverzögerern behandelt (hydrophobiert) wurde.

Dr.-Ing. Zangl, Lustadt

Frage: Wo werden die Deponien angelegt? Im Flachland, in alten Steinbrüchen? Wie sieht es mit den Rekultivierungsmöglichkeiten aus?

Antwort: Das mittelfristige Konzept der Baggergutbeseitigung in Hamburg enthält die Alternativen der Deponierung auf ehemaligen Spülfeldern (Flachland), in einer Untersediment- oder Inseldeponie im Küstenvorfeld, bzw. die Ablagerung in Steinbrüchen. Für die letztgenannte Alternative werden z.Z. die Möglichkeiten zweier Standorte in Schleswig-Holstein untersucht. Mit besonderem Nachdruck wird die Ablagerung in einem ausgebeuteten Kalksteinbruch bei Lägerdorf geprüft. Für die Frage der Rekultivierung sind in dem Gutachten für den "Suchraum Schlicklagerstätte Obergeorgswerder" (inzwischen aus politischen Gründen aufgegeben) eine Reihe von Überlegungen angestellt worden, die sich an die Erfahrungen mit Hausmülldeponien anlehnen. Eine offene Frage war auch hier der Einfluß der Gase aus der Deponie auf die Vegetation.

Prof. Förstner

Verfestigung von Baggerschlämmen'

Frage: Warum versucht man nicht eine so gute Verfestigung, daß z.B. Betonfertigteile hergestellt werden können (z.B. Bordsteine, Mineralbeton für Frostschuttschichten)?

Antwort: Einige Aspekte der Baustoff-Problematik sind in dem ausführlichen Text dieses Vortrages abgehandelt worden. Ergänzend sei jedoch auf eine Markt- und Wirtschaftlichkeitsanalyse des Battelle-Instituts auf der Basis einer Befragung von potentiellen Verwendern dieser Produkte in den Untersuchungsgebieten Hamburg und Bremen hingewiesen (eine Kurzfassung "Lösungsmöglichkeiten zur Verwertung und Unterbringung von Baggerschlick - Überblick" von M. Frey ist in dem Seminarband "Baggergut", Strom- und Hafenaubau, Freie und Hansestadt Hamburg 1984, S. 379-388, enthalten). Es ergab sich, daß die technischen Produktafordernngen häufig erfüllt werden; außerdem ist die Verarbeitbarkeit mit bestehenden Anlagen in der Regel gegeben. Man stellt trotzdem fest, daß z.Z. keine besondere Neigung zum Einsatz von Baggerschlämmen in Baustoffen besteht. Ich erkläre dies durch die anhaltende Unsicherheit über die Bedeutung der Schadstoffkomponenten in diesen Produkten, die auch eine Subventionierung dieser Verfahren-die bei der aktuellen Wettbewerbssituation wohl erforderlich wäre - von staatlicher Seite bisher verhindert hat.