



Sedimentkonditionierung

Die kostengünstige und umweltschonende
Methode der Nassbaggerei

Eine gut ausgebaute und damit leistungsfähige Verkehrsinfrastruktur ist die wesentliche Voraussetzung für Wirtschaftswachstum und damit für Wohlstand und Beschäftigung in Deutschland. Von zentraler Bedeutung für die Exportnation Deutschland sind vor allem die Wasserstraßen. Die verkehrlich bedeutenden Wasserstraßen in Deutschland stehen als Bundeswasserstraßen überwiegend unter der Verwaltung der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes, einer zum Geschäftsbereich des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung gehörenden Behörde. Diese Behörde ist auch für die Unterhaltung der Wasserstraßen verantwortlich.

Jährlich werden in Deutschland ca. 46 Mio. m³ gebaggert und mehr als 500 Mio. € für die Unterhaltung der Bundeswasserstraßen und Häfen ausgegeben. Hierbei werden die Sedimente in den Häfen oder Fahrrinnen ausgebaggert und größtenteils verklappt. Da die Verklappung die Umwelt belasten kann, ist sie für viele Stoffe durch diverse internationale und nationale Vereinbarungen geregelt. Zum Beispiel gibt es für das Verklappen von Baggergut, das bei der Ausbaggerung von Fahrrinnen und Häfen anfällt, detaillierte Regelungen. Dies zeigt, dass diese Methode der Nassbaggerei nicht mehr den heutigen Anforderungen entspricht.

Zukunftsfähige Infrastrukturen müssen bedarfsgerecht und umweltschonend sein. Dies war das Ziel jahrzehntelanger Forschungsarbeit - und die Arbeit hat sich gelohnt. Mit der Sedimentkonditionierung steht nun ein Verfahren zur Verfügung, das Kosteneinsparungen von mindestens 50% ermöglicht und Eingriffe in die Natur auf ein Minimum begrenzt. So wurden z.B. im Hafen von Emden ca. 4 Mio. m³ pro Jahr gebaggert, heute 0 m³. Die Kosten konnten von 12 Mio. € pro Jahr auf 2 Mio. €

pro Jahr reduziert werden.

Immer mehr Länder ändern ihre Verfahren zur Unterhaltung von Wasserstraßen - weg vom konventionellen Ausbaggern hin zur Sedimentkonditionierung. Systematische Anstrengungen unternehmen hierbei z.B. Länder wie Belgien, Brasilien, China, Frankreich, Italien oder die USA.

Nachfolgend sind die wichtigsten Informationen über die Sedimentkonditionierung aufgeführt, so dass Sie sich selbst von den Vorteilen des Verfahrens überzeugen können.

Erläuterungen zum Verfahren

Kein Baggern, sondern nur Sedimentverflüssigung vor Ort:

Das Verfahren nutzt die physikalische Eigenschaft von Schlack aus, sich durch „Umrühren“ verflüssigen zu lassen. Mit einer geeigneten Bagbertechnik können deshalb Schlackablagerungen, die unbehandelt ein Hindernis für Schiffe darstellen, vor Ort (in situ) so konditioniert werden, dass sie wie eine Flüssigkeit, also im Prinzip wie Wasser, durchfahren werden können und damit schiffbar sind. Die Entnahme von Schlackmaterial ist dadurch nicht mehr erforderlich.

Dort, wo der Schlack mit größeren Anteilen (> 10% Volumenanteil) Sand vermischt ist, wird beim Konditionierungsvorgang der Sand vom Schlack getrennt und kann entweder gleich beim Baggervorgang in den Laderaum des Baggers aufgenommen werden, oder er wird später unterhalb der konditionierten Schlackschicht separat ausgebaggert.

Fragen und Antworten

(1) „Die Umrührmethode funktioniert vielleicht in Hafenbecken, aber nicht in Tide-Flüssen“

Antwort:

Die Verflüssigung von Schlick funktioniert grundsätzlich in jedem Gewässer, in Flüssen wird sie durch die Strömung noch unterstützt. Die messtechnische Überwachung des Resultates ist in einem Tidefluss allerdings aufwendiger, weil der Flüssigschlick mit der Tideströmung periodisch stromauf und stromab verfrachtet wird.

Erläuterung:

Mobile Schlickablagerungen gibt es in Tideflüssen primär im Bereich der so genannten Trübungszone; das ist der Bereich des Tideflusses, in dem Salz- und Süßwasser aufeinandertreffen, wobei die Trübung primär hydrodynamische Ursachen hat. Aufgrund der höheren Dichte strömt das Salzwasser bei Flut überwiegend sohnlah stromauf und das Süßwasser bei Ebbe oberflächennah Richtung Meer. Schwebstoffe, die absinken, werden auf diese Weise wieder stromauf transportiert und konzentrieren sich dabei an der Flusssohle.

Aufgrund der relativ hohen Strömung können sie sich an der Sohle nicht dauerhaft ablagern und bilden vielerorts hochkonzentrierte mobile Schlicksuspensionen, so genannten Fluid Mud. Fluid Mud ist von seinem Fließverhalten her prinzipiell vergleichbar mit dem durch Schlickkonditionierung erzeugten Flüssigschlick und dort, wo dieser im Fluss nachgewiesen werden kann, aufgrund des ständigen Hin- und Hertransportes, in jedem Fall schiffbar.

(2) „Durch das Schlickumrühren wird eine starke Wassertrübung erzeugt“

Antwort:

a) Ein Aufrühren des Schlick bzw. Vermischen des Schlick mit dem darüber liegenden Wasserkörper ist für die Schlickverflüssigung nicht erforderlich.

b) Bei einer richtigen Auswahl und Betriebsweise des Konditionierungsgerätes kann die Verflüssigung deshalb auch trübungsfrei durchgeführt werden.

Erläuterung:

Im Gegensatz zur herkömmlichen Baggerung soll der Schlick nicht von der Baggerstelle entfernt werden, sondern es soll nur seine Festigkeit (Zähigkeit) soweit herabgesetzt werden, dass er von Schiffen gefahrlos passiert werden kann. Trübung kann deshalb nur bei einem unsachgemäßen Einsatz der dafür ausgewählten Bagger- bzw. Konditionierungstechnik erfolgen:

a) Bei einem Wasserinjektionsgerät z.B. dadurch, dass mit viel zu hohen Drücken gearbeitet wird:

An dieser Stelle sei angemerkt, dass Wasserinjektionsverfahren üblicherweise zur Remobilisierung von Schlick eingesetzt werden, d.h. mit dem Ziel, möglichst viel Schlick bei abfließendem Wasser vom Baggerort zu entfernen – dabei muss die Wassertrübung naturgemäß sehr hoch sein. Diese Verfahrensweise wird von einigen Kritikern wohl fälschlicherweise auch für unser Schlickverflüssigungsverfahren angenommen.

b) Beim Einsatz eines herkömmlich konstruierten Laderaumsaugbaggers (Hopper Dredger) kann es kurzzeitig zu einer Trübungserhöhung in den tieferen Wasserschichten kommen, wenn die Rückführung des verflüssigten Schlicks über die Bodenklappen des Laderaums erfolgen muss.

Vollkommen trübungsfrei geht dies aber, wenn der Flüssigschlick über ein z.B. am Saugrohrträger montiertes separates Rohr oder ein doppelwandiges Rohr direkt wieder auf der Gewässersohle abgelegt wird.

(3) „Durch das Schlickumrühren verschlechtert sich die Wasserqualität“

Antwort:

Das Gegenteil ist der Fall, die Wasserqualität verbessert sich stetig bei jedem neuen Konditionierungsvorgang.

Erläuterung:

Bei der Verflüssigung wird der Schlick zugleich mit Sauerstoff versorgt. Die im Schlick enthaltenen organischen Nährstoffe sowie Ammonium werden dadurch abgebaut (oxidiert).

Dieser oxidative Nährstoffabbau bewirkt zugleich auch eine Verringerung der chemischen Sauerstoffzehrung, weil den mikrobiologischen Prozessen, die dafür verantwortlich sind, ebenfalls die Nährstoff- und Energiequellen entzogen werden.

Wenn die Schlickkonditionierung mit einem Wasserinjektionsgerät erfolgen soll und es sich dabei um einen stark chemisch sauerstoffzehrenden Schlick handelt, sollte die Umstellung auf das Konditionierungsverfahren zweckmäßigerweise in der kalten Jahreszeit beginnen, weil dann physikalisch mehr Sauerstoff zum Abbau der chemischen Sauerstoffzehrung im Wasser gelöst ist und der Sauerstoffhaushalt nicht auch noch durch den oxidativen mikrobiellen Nährstoffabbau belastet wird. Die mikrobiologischen Prozesse machen sich erst wieder bei Wassertemperaturen von $> 10^{\circ}\text{C}$ in der Sauerstoffbilanz bemerkbar. Bei Verwendung eines Laderaum-

saugbaggers wird der Schlick dagegen direkt aus der Luft mit Sauerstoff versorgt, so dass eine zusätzliche Sauerstoffzehrung im Gewässer unterbleibt.

(4) „Durch das Umrühren wird die faunistische Lebensgemeinschaft im Sediment zerstört“

Antwort:

Das Gegenteil ist der Fall, denn die Sauerstoffsituation im Sediment verbessert sich durch die Konditionierung stetig und die Kleinlebewesen im Sediment (Meiofauna) sind ohnehin an die zeitweilige, durch die (Tide-)Strömung und durch die Schifffahrt verursachte hydrodynamische „Belastung“ ihres Lebensraumes angepasst.

Erläuterung:

Im Gegensatz zur herkömmlichen Verfahrensweise, dem Ausbaggern, bleibt das Sediment und die in ihm lebenden Kleinlebewesen am Ort. Herkömmlich entnommenes Baggergut wird dagegen entweder an Land deponiert, an Orten im Fluss verklappt wird, wo es sich nicht ablagern kann oder vom Süßwasser- ins Meerwasser verfrachtet, wo die Süßwasserfauna nicht überlebt. Ausbaggern bedeutet in jedem Fall eine Zerstörung der vorhandenen Lebensgemeinschaft, während die Konditionierung nur die technisch durchgeführte Variante einer ansonsten in Schlicklebensräumen durch Strömung und Wellen verursachten Sedimentumlagerung ist, an die die Sedimentfauna angepasst ist.

(5) „Wenn kein Schlick mehr entnommen wird, nimmt die Verschlickung doch zu“

Antwort:

Das Gegenteil ist der Fall: Die z.B. in einem Hafenbecken vorhandene Flüssigschlicklage funktioniert gleichzeitig als Barriere für neue, von außen kommende Schlickpartikel.

Erläuterung:

Verschlickung bzw. Sedimentation setzt voraus, dass sich die im Wasser herantransportierten Feststoffe ungestört am Gewässergrund ablagern und verfestigen können. Durch das Erzeugen und Aufrechterhalten einer Flüssigschlicklage wird dieser Prozess unterbunden. Da das umgebende schwebstoffhaltige Wasser eine deutlich geringere physikalische Dichte als der Flüssigschlick hat, erfolgt über den Wasserkörper kein zusätzlicher Feststoffeintrag.

Einen begrenzten Austausch (keine Zunahme!) von Feststoffmaterial gibt es lediglich in der Hafeneinfahrt durch die Tideströmung. Langfristig bleibt deshalb z.B. das Feststoffinventar in der Flüssigschlicklage eines Hafenbeckens konstant.

(6) „Konditionierungsaufträge sind für die Baggerfirmen nicht lukrativ“

Antwort:

Die Basis für einen derartigen Auftrag sind keine Kubikmeter-Verträge sondern Pflegeverträge. Im Verhältnis zu seinem operativen Aufwand verdient der Unternehmer dabei deutlich mehr, als beim „Einsammeln“ ausgeschriebenener, aber nicht garantierter und bei fachlich kor-

rekter Peilung oberhalb der Solltiefe gar nicht vorhandener, Kubikmeter Schlick.

Erläuterung:

Bei ausreichendem Know-How und einer regelmäßigen messtechnischen Kontrolle der Schiffbarkeit des konditionierten Schlicks, ist der operative Aufwand beim Schlickkonditionieren in jedem Fall deutlich geringer als beim herkömmlichen Entnehmen, Transportieren, Verklappen oder Deponieren des Baggerguts. Beim Konditionieren bleibt das Gerät ständig vor Ort, beim Ausbaggern sind zumeist Mehrfachfahrten von der Baggerstelle zu den (weit entfernten) Klappstellen oder den Übergabestellen an die Deponie (mit einem weiteren logistischen und Zeitaufwand für das Einbringen in Zwischenlagerbecken oder Spülfelder).

Bei einem Pflegevertrag bekommt der Unternehmer auch dann (regelmäßig) Geld, wenn sein Gerät nicht arbeitet, während beim Kubikmetervertrag, wie bereits erwähnt, nicht garantiert ist, dass die ausgeschriebenen Mengen dann auch tatsächlich vor Ort aufzufinden sind. Bei einem Pflegevertrag erfolgt der Einsatz des Baggergerätes nur bei Bedarf. Bei einem Kubikmetervertrag sind hohe Leistungen gefragt, es wird immer so viel gebaggert, wie möglich, auch wenn dies aus nautischen Gründen gar nicht mehr erforderlich ist.

(7) „Schlickkonditionierung wird von den Nautikern nicht akzeptiert“

Antwort:

Dies ist nicht der Fall, denn gerade die für weltweite nautische Standards zuständige Institution PIANC erhebt die KSIS-Strategie („Keep Sediments In Sys-

tem") mittlerweile zum wichtigsten Präventivprinzip für die Verringerung des Baggerbedarfs. Unsere Sedimentkonditionierungsmethode wird explizit im Abschlussbericht der PIANC-Working Group 43 „Minimising Harbour Siltation“ dafür als zukunftsweisend genannt.

Erläuterung:

Um in Schlickgebieten Baggermengen und -kosten einsparen zu können, benötigt man eine zuverlässige Nachweismethode für die Schiffbarkeit von Schlickablagerungen. Durch Peilungen allein ist dies nicht möglich. Bei der parallelen Verwendung unterschiedlicher Peil(Ultraschall)frequenzen können damit zwar möglicherweise Schichten in einem Sedimentkörper erkannt, aber nicht deren Festigkeit bestimmt werden.

Aus diesem Grund werden zur Gewinnung von Konsistenzinformationen in Schlickrevieren vielerorts auch Dichtesondierungen durchgeführt. Als Richtwert für die Grenze zum nicht mehr schiffbaren Teil des Sedimentes wird bisher von der PIANC der Dichtewert 1.2 t/m^3 empfohlen. Fast jeder Hafen und jede Wasserstraßenverwaltung in Europa hat jedoch mittlerweile ihren eigenen revierspezifischen Richtwert (von 1.15 t/m^3 bis 1.25 t/m^3), unabhängig von der angewendeten Baggermethode.

Insofern hat die Akzeptanz einer, mit welcher Messmethode auch immer, nachgewiesenen Nautischen Tiefe primär nichts mit der Frage der Baggertechnik zu tun. Allein die Konditionierung bietet aber die Möglichkeit, die Konsistenz des Sedimentkörpers an z.B. von Nautikern akzeptierten Dichtewerte aktiv anzupassen. Die von uns entwickelte Nachweismethode bietet neben der Dichtebestimmung noch eine (physikalisch von der Dichte unabhängige) Zähigkeitsmessung des Schlicks an. Dieses Messsystem wird neben der Konditionie-

rungsmethode im PIANC WG 43-Bericht ebenfalls empfohlen.

(8) „Wie wird garantiert, dass die Umstellung auf Schlickkonditionierung auch funktioniert?“

Antwort:

Die Umstellung geschieht auf der Basis eines vorab durchgeführten, erfolgreichen Praxistests.

Erläuterung:

Zur Vorbereitung des Praxistests wird zunächst das Schlickinventar im Baggerrevier und das Fließverhalten des Schlicks im Labor ermittelt. Lässt sich dieser Schlick verflüssigen, dann wird anhand der Messergebnisse über die Schlickmächtigkeitsverteilung ein repräsentatives Versuchsareal für ein erstes Konditionierungsexperiment abgegrenzt. Das Konditionierungsexperiment wird zu einem Zeitpunkt durchgeführt, an dem die im Baggerrevier geforderte Solltiefe noch nicht unterschritten ist. Die Konditionierung erfordert in der Regel einen halbtägigen Einsatz eines dafür geeignetes Gerätes (Wasserinjektions- oder Hopperbagger).

In den darauf folgenden Tagen und Wochen werden regelmäßige Nachpeilungen und vertikale Konsistenz-Scans des verflüssigten Schlicks durchgeführt. Es wird dabei der jeweils (noch) vorhandene Zugewinn an Nautischer Tiefe geprüft, wobei dafür die von den Nautikern vor Ort akzeptierten Richtwerte zu Bestimmung der Nautischen Tiefe herangezogen werden.

In der Regel bleibt die beim ersten Eingriff aus konsolidiertem Schlick erzeugte Flüssigschlicklage 4 bis 12 Wochen schiffbar.

Wenn die Wirtschaftlichkeitsberechnungen ergeben, dass Konditionierungseinsätze in entsprechenden Zeitintervallen kostengünstiger sind als das bisherige Ausbaggern und Entsorgen des Baggerguts, könnte z.B. ein entsprechender Pflegevertrag entworfen und auf dieser Ausschreibungsgrundlage dann auch Angebote von Baggerfirmen eingeholt werden. Integraler Bestandteil eines Konditionierungsauftrags wäre in jedem Fall ein maßnahmebegleitendes Erfolgsmonitoring.

Generell ist die Konditionierungsmethode auch in Baggerrevieren mit Sandgehalten größer als 10 Vol.% anwendbar, denn bereits mit einer normalen Laderraumsaugbagger-Technik kann der im Schlick vorhandene Sand herausgefiltert (herausklassiert) werden, wobei der viskose Anteil des Baggerguts gleichzeitig verflüssigt wird und danach in das Gewässer zurückgegeben werden kann. Der Sand kann, weil er zudem auch keinesfalls kontaminiert ist, wirtschaftlich verwertet werden.

(9) „Gibt es einen negativen Einfluss auf Schiffe, die Wasser für ihre Motorenkühlung benötigen?“

Antwort:

Nein, denn der Verflüssigungsgrad des schiffbaren Schlicks entspricht in etwa der von Speiseöl und beim Pumpen durch den Kühlkreislauf wird die Viskosität des Flüssigschlicks noch weiter herabgesetzt. Aufgrund der höheren Dichte dieses Mediums gegenüber Wasser ergibt sich sogar noch eine bessere Kühlleistung.

Erläuterung:

Die Bemessung der Schiffbarkeit eines konditionierten (verflüssigten) Schlicks geschieht nach physikalisch exakt definierten rheologischen Kriterien. Ein regelmäßi-

ges Monitoring stellt sicher, dass die Bemessungswerte im Bereich der geforderten Solltiefen eingehalten werden.

Das bedeutet zugleich, dass der Konsistenzübergang zur festen Hafensohle erst unterhalb der Solltiefe beginnt und somit erst von dort an der Schlick mit zunehmender Tiefe fester wird. Gleichzeitig bedeutet dies, dass die Viskosität der Flüssigschlicklage nach oben hin abnimmt, so dass in den Wassertiefen, wo die Kühlwasserentnahme erfolgt, gar kein zähflüssiger Schlick ansteht.

In den 15 Jahren eigener Praxiserfahrung mit den Schiffspassagen im Flüssigschlick (Fluid Mud) des Seehafen Emden, gab es noch nie Hinweise der Schiffsführungen auf eine mögliche Beeinträchtigung der Kühlkreisläufe. Zudem gibt es weltweit Reviere, in denen Schiffe ständig in hochkonzentrierten Feststoffsuspensionen manövrieren. Auch die Ems ist ein entsprechendes Revier. Die sohnahen Feststoffkonzentrationen unterscheiden sich praktisch nicht von denen der Flüssigschlicklage im Emden Hafen. Der einzige Unterschied liegt darin, dass der Flüssigschlick in der Ems regelmäßig hin- und her bewegt wird, während er im Hafenbecken stationär verbleibt und dort statt durch Strömungen baggertechnisch flüssig gehalten wird.

Entscheidend für die „Düninflüssigkeit“ des Flüssigschlicks im Kühlkreislauf der Schiffe, ist aber ohnehin die von der Kühlwasserpumpe erbrachte Scherkräfteinwirkung und die Durchströmungsgeschwindigkeit des Kühlkreislaufs.

Die Scherkräfte der Pumpe sind mit Sicherheit erheblich größer als die der im Fluss vorhandenen Strömung. Eine Kühlkreislauf, der z.B. in der mit großen Mengen Fluid Mud belasteten Ems funktioniert, erbringt deshalb auch eine problemlose Kühlleistung im Flüssigschlick des Emders Hafens.

Die Schlick- bzw. Fluid Mud-Partikel üben zudem keine abrasive Wirkung aus. Ein nachprüfbares Beispiel dafür sind z.B. die Antriebsschrauben und der Pumpenkreisel des in Emden zur Schlickkonditionierung eingesetzten Laderaumsaugbaggers „Meerval“: Nach über 10 Jahren sind diese ansonsten dem Verschleiß ausgesetzten Schiffsteile immer noch wie neu.

(10) „Wie sieht es mit Bauwerken aus, die mit Pfählen gegründet sind; entstehen bei der Schlickkonditionierung Auflockerungen, die sich auf die Standfestigkeit auswirken können?“

Antwort:

Nein, denn die Bemessung der Standfestigkeit erstreckt sich auf diejenigen Bodenschichten, die nach bodenmechanischen Kriterien als standfest gelten und in die nicht ständig durch die Unterhaltungsbaggerei (mit welcher Baggermethode auch immer) eingegriffen wird. In diese tiefliegenden Sediment- bzw. Bodenschichten wird auch durch die Konditionierung nicht eingegriffen.

Erläuterung:

Die Schlickkonditionierung hat das Ziel, die oberhalb der Solltiefe lagernden Schlickschichten zu verflüssigen, statt sie, wie bei einer normalen Unterhaltungsbaggerei, gänzlich zu entfernen.

Im Vergleich zum Ausbaggern wird insofern sogar noch

zusätzliches Material im Hafenbecken belassen. Im Gegensatz zum Rammen, werden durch die Konditionierung auch keine Erschütterungen in tiefere Sediment- bzw. Bodenschichten übertragen. Die Scherkräfteinwirkung erstreckt sich immer nur auf die unmittelbare Umgebung z.B. der Wasserinjektionsdüsen eines Wasserinjektionsgerätes oder des Saugkopfs eines Laderaumsaugbaggers (Hopper Dredger). Beim Laderaumsaugbagger erfolgt der Eingriff in die Festigkeit des Schlicks zudem ausschließlich innerhalb des Baggers bzw. des Saugmundes.

(11) „Wie oft muss eine Verflüssigung durchgeführt werden, um die gewünschten Bedingungen (Schiffbarkeit des Schlicks) zu erfüllen“

Antwort:

Soll eine Baggerstrecke mit konsolidiertem Schlick auf Konditionierung (Verflüssigung) umgestellt werden, dann sind je nach Intensität des ersten Eingriffs und verwendeter Technik zunächst Wiederholungsintervalle von 4 Wochen bis 6 Monaten sinnvoll. In den Folgejahren können dann die Zeitabstände zwischen den Eingriffen sukzessive vergrößert werden.

Erläuterung:

Die Konditionierung erfordert als Ergänzung ein Messsystem zum Nachweis der sogenannten Nautischen Tiefe. Bewährt hat sich dafür die Mehrfrequenz-Echolotung mit einem parallelen stichprobenartigen Einsatz vertikalprofilierender Sonden zur Messung der (Flüssig)schlickdichte und/oder der (Flüssig)schlick-Zähigkeit. Der operationelle Aufwand für die Konditionierung

richtet sich insofern auch danach, welcher Grenzwert für die Schiffbarkeit von Schlick angestrebt bzw. als „sicher“ von den Nautikern vor Ort akzeptiert wird.

Dem eigenen Messkonzept liegt die 15-jährige Erfahrung mit problemlosen Schiffspassagen im Seehafen Emden zugrunde, die 2-jährige Praxis-Erfahrung mit einem entsprechend erfolgreich umgestellten Revier in Bremerhaven und die Praxis-Erfahrungen aus 3 ebenfalls erfolgreich durchgeführten Konditionierungsexperimenten im Rotterdamer Hafen (Botlek Harbour und 2e Petroleumhaven). Darüber hinaus ist das Messverfahren auch bei der US Army (Corps of Engineers) und dem amerikanischen Umweltministerium EPA anerkannt.

Aus den rheologischen Messergebnissen eines von Schiffen durchfahrenen Flüssigschlicks läßt sich exakt berechnen, welche Widerstandskräfte der darin eingetauchte Teil des Schiffsrumpfes erfährt. Die unter Wasser vom durchfahrenen Schlick ausgehenden Widerstandskräfte ($10 - 100 \text{ N/m}^2$) entsprechen z.B. den Kräften (Staudrücken, Driftkräften), mit denen Wind der Windstärken 3 – 6 (Beaufort-Skala) gegen 1 m^2 Schiffsfläche drückt. Sie liegen also in einem Bereich, der bei Schiffsmanövern oder Schleppereinsätzen beherrscht werden muss und unkritisch niedrig ist. Für die zukünftige Praxis der Schlickkonditionierung bedeutet dies, dass der operative Aufwand sogar noch weiter verringert werden könnte, ohne die Schiffssicherheit zu gefährden. Im Emden Revier sind die Zeitabstände zwischen den Konditionierungseingriffen inzwischen größer als 1 Jahr.

(12) „Kann es bei der Schlickkonditionierung zu Ablagerungen in Hafenbecken- bzw. Kanalsackgassen kommen?“

Antwort:

Dies wäre nur der Fall, wenn die Konditionierung unsachgemäß so durchgeführt wird, dass dabei größere Mengen Schlick aufgewirbelt werden und dieses Feststoffmaterial dann auch in das Kanalende gelangen würde. Bei einem korrekten Konditionierungseinsatz kommt es zu keiner Auflandung.

Erläuterung:

Durch die Konditionierung werden störende Schlickablagerungen verflüssigt. Der erzeugte Flüssigschlick hat das Bestreben, genau wie andere Flüssigkeiten auch, Gefälledifferenzen durch Nachfließen auszugleichen. Im Verlauf eines Konditionierungseinsatzes werden Bereiche einer besonders starken Schlickauflandung deshalb durch Wegfließen des Schlicks nivelliert. Die Kräfte, die das Fließen auslösen, müssen allerdings größer sein als die Fließgrenze des jeweils auf der Gewässersohle lagernden dünnflüssigen, breiigen oder zähflüssigen Schlicks. Diese unterschiedlich fließfähigen Schlickformationen können über die Konditionierung gezielt hergestellt werden, ihr Fließverhalten ist also technisch kontrollierbar.



Im Hafen Leer wird diese Möglichkeit z.B. auch dafür genutzt, den bei Schleusungsvorgängen in den Hafen eingeströmten Flüssigschlick so dünnflüssig zu halten, dass er über eine Pumpe wieder in die Leda zurück befördert werden kann. Dort reicht bereits ein geringes Gefälle der Hafensohle von 1:1000 (1m Höhendifferenz auf 1 km Streckenlänge) aus, dass sich der verflüssigte Schlick in Richtung Pumpe zu bewegt.

Auf diese Weise kann der Flüssigschlick in einem Hafenbecken oder Kanal, wenn gewünscht, zusätzlich auf einem sehr niedrigen Tiefenniveau gehalten werden. Ohne ein aktives Hinausbefördern bleibt der Flüssigschlick konstant auf dem Niveau des natürlichen Transportgleichgewichts zwischen der von außen zugeführ-



ten und der im Hafenbecken durch Konditionierung vorgehaltenen Feststoffkonzentration. Auch sogenannte Toträume, wie Kanalenden, sind in dieses Transportgleichgewicht automatisch mit einbezogen. Wenn es nur um die Schiffbarkeit des Schlicks geht, wird also keine zusätzliche Pumpe benötigt.

Vergleich "Sedimentkonditionierung" - "Ausbaggern und Entsorgen"

Sedimentkonditionierung

- 
- geringe Kosten
 - keine Schlickentnahme
 - kein Zusatzaufwand für Transporte zu Klappstellen, Spülfeldern oder Deponien
 - der Eintrag zusätzlichen Schlicks wird gestoppt
 - Nährstoffbelastung und Sauerstoffzehrung des Schlicks nimmt ab
 - die Schadstoffbelastung des Schlicks nimmt ab
 - Konformität mit internationalen Regularien
 - Reduzierung der Fließgeschwindigkeit und somit geringere Deichbelastung, Erosion,...
 - 100% konform mit EG Wasserrahmenrichtlinie
 - keine Genehmigung für Verklappen erforderlich
-
- 
- es gibt wenig Spezialisten mit dem notwendigen Know-how und der notwendigen Erfahrung

Ausbaggern und Entsorgen

- 
- Baggertechnologien und Verfahren sind seit langem erprobt
 - leistungsstarke Baggerschiffe sind am Markt vorhanden
-
- 
- zusätzliche Kosten für die Entsorgung des Baggerguts
 - Sedimententnahme zerstört die dort angesiedelte Fauna und Flora
 - Ausbaggern führt zu verstärkter Neuablagerung von Sedimenten
 - Deponieren bindet wertvolle Landressourcen im Küstenbereich
 - Genehmigung für Verklappen und Deponieren erforderlich
 - Ausbaggern kann die Standfestigkeit von Unterwasserböschungen und Deichen gefährden

Wichtige Hinweise

Dieses Dokument wurde auf der Grundlage technischer Analysen der Innovision GmbH erstellt.

Soweit die im Dokument enthaltenen Daten von Dritten stammen, übernimmt die Innovision GmbH für die Richtigkeit und Vollständigkeit dieser Daten keine Gewähr, auch wenn sie nur solche Quellen verwendet, die sie als zuverlässig erachtet.

Herausgeber: Innovision GmbH

Sigraser Str. 7

D -92265 Edelsfeld

Internet: [http:// www.innovision-consult.com](http://www.innovision-consult.com)

Autor: Innovision GmbH

© Dezember 2009. Innovision GmbH. Alle Rechte vorbehalten.

Bei Zitaten wird um Quellenangabe gebeten.