

C Die Schlickdeponie Feldhofs

Dipl.-Ing. Reiner Knies, Hamburg

Die Schlickdeponie Feldhofe

1. Einleitung

Schwebstoffe und Sedimente sind integraler Bestandteil von Gewässersystemen. Flüsse sammeln von den Landflächen abgeschwemmte mineralische und organische Bestandteile und transportieren sie Richtung Meer. Gleichzeitig werden von dort mineralische organische Teilchen mit der Tide in die Ästuarie hineingetragen. Dieses Material setzt sich in den strömungsberuhigten Bereichen als Sediment ab. So haben viele Häfen- und Wasserstraßenbetreiber die regelmäßige Aufgabe, diese Sedimentablagerungen zu entfernen. Zum Beispiel müssen in Hamburg jährlich 2 bis 4 Millionen Kubikmeter Sedimente gebaggert werden, um sichere Wassertiefen für die Schifffahrt und damit die ständige Funktionsfähigkeit des Hafens zu gewährleisten. Hierzu wurde ein Konzept entwickelt, das aus den Elementen Vermeidung durch wasserbauliche Maßnahmen, Umlagerung der Sedimente im Gewässer bis hin zur Behandlung, Verwertung und Beseitigung belasteter Sedimente an Land besteht.

2. Sedimenthaushalt der Elbe

Die Elbe als einer der größten Ströme Mitteleuropas entwässert ein Gebiet von rd. 150.000 km² und hat bereits den größten Teil ihres 1091 km langen Weges zurückgelegt, wenn sie Hamburg erreicht. Die Elbe transportiert Schwebstoffe stromabwärts. Unterhalb Hamburg vermischt sich das Süßwasser der Elbe mit dem Nordseewasser und den Meeresschwebstoffen zu einer Trübungszone mit einem für Tideflüsse typischen hohen Schwebstoffgehalt. Als Folge weisen die großen Sedimentmengen eine relativ geringe Schadstoffbelastung auf. Deshalb sind übergreifende, flussgebietsbezogene Handlungskonzepte erforderlich, die einen sinnvollen ökonomischen und ökologischen Umgang mit nahezu unbelastetem Schlick erlauben. Der feinkörnige Schlick stellt zwar den bevorzugten Schadstoffträger dar, ist aber auch für das aquatische Ökosystem, so das Wattenmeer und die Marschen, von Bedeutung. Diese Konzepte sollen auch dazu beitragen, ökologische Auswirkungen von Umlagerungen zu minimieren.

3. Das Hamburger Baggergutkonzept

Baggerarbeiten sind in den meisten Häfen der Welt erforderlich und bereits seit Jahrhunderten waren Hafenstädte und Küstenanrainer durch Baggerungen bemüht, die für die Schifffahrt erforderlichen Wassertiefen aufrecht zu erhalten.

Das Hamburger Baggergutkonzept umfasst Maßnahmen zur Verminderung der Sedimentation und zur Aufbereitung und umweltsicheren Deponierung von belastetem Schlick an Land. Außerdem werden Möglichkeiten untersucht, Teile des Baggergutes zu verwerten. Seit Anfang der 90er Jahre hat die Reduzierung der Schadstoffbelastung der Elbesedimente durch die veränderte Situation in Osteuropa und die deutsche Einheit Hamburg ermöglicht, wie überall auf der Welt sein Baggergutkonzept durch Umlagerung von geringer belasteten Sedimenten im Gewässer zu ergänzen. Mit dieser wirtschaftlichsten Möglichkeit der Wassertiefeninstandhaltung umfasst das Hamburger Baggergutkonzept folgende Bausteine:

4. Vermeidung von Baggergut

Langfristige Feld- und Modelluntersuchungen der hydraulischen Verhältnisse führten zu der Erkenntnis, dass die Sedimentationsmengen insbesondere von der Gestaltung der Hafenbecken, den Strömungsverhältnissen und den eingesetzten Baggermethoden abhängen. Im Hafen Hamburg wurde eine spezielle Strömungsumlenkwand entwickelt und erprobt, die der überdurchschnittlichen Sedimentationsrate in den Hafeneinfahrten entgegenwirkt.

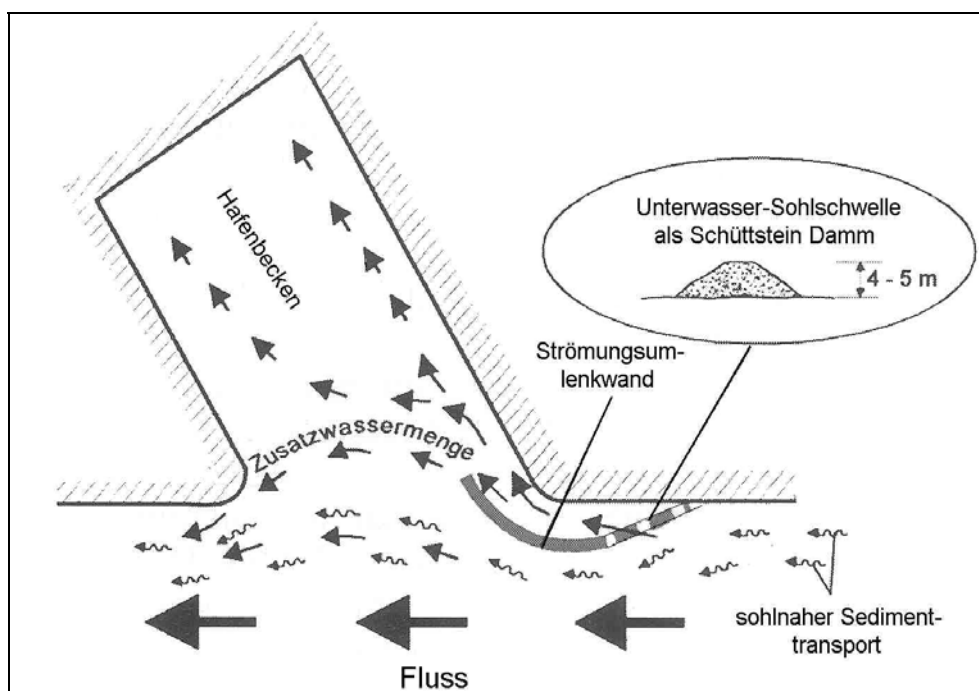


Bild 1: Wirkung einer Strömungsumlenkwand mit Unterwassersohlschwelle

Die Strömungsumlenkwand in der Köhlfleeteinfahrt, dargestellt ist die prinzipielle Wirkungsweise in Bild 1, hat die Sedimentation in diesem Bereich insgesamt um rund 40 % vermindert. Der Einsatz weiterer Umlenkwnde auch in anderen Hafenbereichen wird untersucht. Er ist allerdings nicht zuletzt auch aufgrund nautischer Anforderungen nicht in jedem Fall möglich.

5. Umlagerung von Baggergut

Schwebstoffe und Sedimente haben schon immer die Entwicklung eines Flusses geprägt, der im Meer mündet. Sofern ökologisch verträglich, ist es nur konsequent und richtig, Sedimente im Gewässer umzulagern. Zudem stellt die Sedimentumlagerung das wirtschaftlichste Verfahren dar.

Die Entwicklung der Schadstoffbelastung der Sedimente hat es auch Hamburg ermöglicht, geringer belastetes Sediment im Gewässer umzulagern. Das Umlagern im Gewässer wurde Mitte der 90er Jahre in einem zweijährigen Großversuch erprobt. In einem gemeinsamen Handlungskonzept haben die Behörde für Umwelt und Gesundheit und die Behörde für Wirtschaft und Arbeit Randbedingungen für ein umweltverträgliches Umlagern vereinbart. Dabei verbleiben die gebaggerten Sedimente im Gewässer, sie werden lediglich an eine andere, die Schifffahrt nicht störende Stelle verbracht, ohne den großräumigen Feststoffhaushalt zu stören.

Nicht umlagerfähiges Material, das zur Erhaltung der Solltiefen entfernt werden muss, wird gebaggert und an Land behandelt. Jährlich werden in Hamburg rd. 1,4 Mio. m³ Baggergut der Elbe entnommen, behandelt und verwertet oder deponiert.

Das im Zuge der Unterhaltungsbaggerungen anfallende und an Land verbrachte Baggergut wird als Abfall im Sinne des Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetzes angesehen. Den im Gesetz definierten Grundsätzen der Kreislaufwirtschaft zufolge sind Abfälle in erster Linie zu vermeiden, in zweiter Linie zu verwerten und erst, wenn dies nicht möglich ist, zu beseitigen.

Diesen Grundsätzen ist bei der Entwicklung des Baggergutkonzeptes von Anfang an gefolgt worden. Allein schon die großen Mengen machen eine Deponierung auf Dauer sowohl wirtschaftlich wie ökologisch unsinnig und nicht vertretbar. Deshalb wurde bei der Suche nach Lösungen zur Unterbringung des Baggergutes ein Schwerpunkt auf die Verwendung / Verwertung des Materials gelegt, über die Jahre wurde eine Vielzahl von Ansätzen und Techniken untersucht und entwickelt.

6. Baggergutbehandlung - Die Trocknungsfelder

Die einzelnen Felder haben eine Oberfläche von jeweils ungefähr 2-4 ha und nehmen insgesamt eine Fläche von rd. 100 ha in Anspruch. Sie sind auf alten, früher konventionell bespülten Feldern errichtet und mit einer Schicht aus besonders ausgewähltem Schlick zum Grundwasser hin abgedichtet.

Das Baggergut wird mit Hilfe von Cutterbaggern oder aber direkt von Hopperbaggern mit möglichst hohem Feststoffgehalt in die Trocknungsfelder gepumpt. Nachdem sich der Schlick gesetzt hat, wird das Überstandswasser abgezogen und der eigentliche Trocknungsvorgang kann beginnen. Sobald die Schlickoberfläche soweit abgetrocknet ist, dass sich erste Trocknungsrisse zeigen, wird der in das Trocknungsfeld eingebrachte Schlick für die weitere Trocknung zu Mieten aufgesetzt.



Bild 2: Ansicht der Trocknungsfelder Moorbург-Mitte

Das Überstandswasser wird gesammelt und von dort zur Spülfeldabwasserreinigungsanlage (SARA) geführt. Erst nach Behandlung in der SARA wird das Wasser zurück in die Elbe geleitet.

Diese einfache Methode ist die kostengünstigste Art der Baggergutbehandlung an Land, aber sie hängt vom Wetter ab und benötigt große Flächen, die im Ballungsraum Hamburg nur begrenzt zur Verfügung stehen. Um diese Schwierigkeiten in Hamburg zu überwinden, wurde mit großem finanziellem und wissenschaftlichem Aufwand eine neue Technologie für den umweltbewussten Umgang mit schadstoffbelastetem Baggergut entwickelt. In der METHA (MEchanische Trennung von HAFensedimenten) wird der Schlick vom Sand getrennt und soweit entwässert, dass er in Monodeponien umweltsicher und den bautechnischen Anforderungen entsprechend eingebaut werden kann.

7. Baggergutbehandlung – Die METHA

In der im März 1993 in Betrieb genommenen Großanlage zur Baggergutaufbereitung, die ein Investitionsvolumen von rd. 68 Millionen € erforderte, werden jährlich ca. 500.000 - 600.000 t Trockenmasse entsprechend bis zu 1 Millionen m³ Profilmaß verarbeitet.

Zunächst pumpt ein Schutensauger das mit Wasser versetzte Baggergut in ein 300.000 m³ fassendes Sammelbecken. Ein Trommelsieb sortiert alle über einen Zentimeter großen Bestandteile wie Steine und Unrat aus. Dann wird das Sediment in einem Tank zu einer gleichmäßigen Masse vermischt.



Bild 3: Luftaufnahme Baggergutbehandlungsanlage METHA

Im nächsten Verfahrensschritt wird der feinkörnige Schlick durch hohe Zentrifugalkräfte nach oben, der grobkörnigere Sand nach unten verwirbelt. Der Schlick erhält seine erste Sortierung. Der Sand mit einem Schlick-Restanteil gelangt jetzt in den Aufstromsortierer, die zweite Trennstufe.

Aufgrund der Dichte und Partikelgröße erfolgt die Trennung von Schlick und Sand im von unten nach oben fließenden Aufstromwasser. Gemeinsam mit dem Schlick aus den Hydrozyklonen wird er zur Eindickung weitergeleitet. Der Sand aus dem Aufstromsortierer wird durch ein Entwässerungssieb auf rd. 85 % Trockenanteil entwässert und über Förderbänder zur weiteren Verwertung als Baustoff abtransportiert.

Der mit Wasser versetzte Schlick enthält noch immer einen Restanteil Sand. Er wird deshalb in eine Feinsandtrennungsanlage zugeleitet. Zunächst sorgen 64 kleinere Hydrozyklone dafür, dass Schlick und Feinsand durch Zentrifugalkraft voneinander getrennt werden. In einem Wendelscheider werden die restlichen organischen Bestandteile wie Kohleteilchen und Pflanzenreste abgetrennt. Der gereinigte Feinsand wird entwässert und verwertet.

Zurück zur Schlickfraktion: Für einen wirksamen Trennprozess war es zuvor notwendig, den Schlick mit viel Wasser zu versetzen. Jetzt muss er wieder entwässert werden. Dazu werden die im Wasser enthaltenen Schlick-Feststoffe durch Flockungsmittel eingedickt und durch Siebband- oder Kammerfilterpressen entwässert. Dabei wird ein Trockensubstanzanteil von etwa 55 % erreicht. Die Verfahrenstechnik ermöglicht eine produkt- und verwertungsspezifische Fertigung des Dichtungsmaterials.

Das Wasser aus den einzelnen Prozessstufen wird in einem geschlossenen Kreislauf geführt und im METHA-Betrieb wieder verwendet. Überschüssiges Wasser wird in der benachbarten Spülfeldabwasser-Reinigungsanlage (SARA) gereinigt und anschließend in die Elbe geleitet.

Die Klassierung und Teilentwässerung des Baggergutes führt zu folgenden Produkten:

- (1) Schlick als Dichtungsbaustoff und zur Deponierung
- (2) Sand als Drainagebaustoff und als konstruktiver Erdbaustoff
- (3) Feinsand.

8. Deponierung – Die Schlickdeponie Feldhofe

Um die Unterbringung des klassierten und entwässerten Schlicks sicherzustellen, ist - zusätzlich zur Schlickdeponie Francop - eine hügelförmige Schlickdeponie am Standort Feldhofe erforderlich. In dieser Deponie sollen jährlich ca. 350.000 m³ Schlick untergebracht wer-

den. Die Deponie Feldhofe wird in ihrem Betriebszeitraum mit ca. 9 Mio. m³ Schlick befüllt werden und im Endbauzustand eine Höhe von NN +38 m erreichen.



Bild 4: Ansicht der in Bau befindlichen Deponie Feldhofe

Für die Errichtung und den Betrieb der Monodeponie für Schlick einschließlich der notwendigen Nebeneinrichtungen wurde auf der Grundlage § 31 KrW-/AbfG die Planfeststellung beantragt. Die Genehmigung wurde mit Beschluss vom 03. August 2001 erteilt.

8.1 Konzept der Schlickdeponie

Die Schlickdeponie wird auf der 1976 in Feldhofe angelegten Teilaufhöhung errichtet. Die Teilaufhöhung liegt im Südosten Hamburgs in einem Poldergebiet östlich der BAB A1 und südlich der S-Bahnstrecke Hamburg-Bergedorf. Nach Osten erstrecken sich für die Ausweitung des Gewerbegebietes Allermöhe vorbereitete Flächen. Westlich der Teilaufhöhung wird auf bislang landwirtschaftlich genutzten Flächen ein Güterverteilzentrum errichtet.

Die im Bau befindliche Schlickdeponie wird eine Grundfläche von ca. 79 ha aufweisen. Zusätzlich wird während der Bauzeit eine Bereitstellungsfläche von ca. 11 ha benötigt. Auf dieser Bereitstellungsfläche werden die für den Deponiebau notwendigen Baustelleneinrichtungen und Zusatzanlagen untergebracht.

Die Konzeption der Deponie Feldhofe ist mit der ebenfalls im Bau befindlichen Deponie Francop grundsätzlich vergleichbar. Allerdings ermöglichen die in Francop gewonnenen Erkenntnisse zum Betrieb des Entwässerungssystems und zu den bodenmechanischen Eigenschaften des Schlicks eine Optimierung der technischen Konzeption der Deponie Feldhofe.



8.2 Sicherung des Altspülfeldes

Ein Altspülfeld wurde von 1976 bis 1989 zur Baggergutablagerung betrieben und stellt heute eine Altlast dar. Es abzutragen ist weder ökonomisch noch ökologisch eine sinnvolle Alternative und deshalb wurde beschlossen, das Altspülfeld an seiner Oberfläche durch eine Dichtung vor eindringendem Regenwasser zu schützen.

Diese vollflächig hergestellte unterste Dichtungsschicht übernimmt weiterhin die Aufgabe, das aus dem oberhalb eingelagerten Schlickmaterial herrührende Poren- und Sickerwasser zu fassen und abzuleiten. Die 1,5 m mächtige Schicht aus Dichtungsschlick wird im Hinblick auf ihre Funktion als „Basale Sohldichtung“ bezeichnet. Die „Basale Sohldichtung“ wird lagenweise aus jeweils 0,5 m starken Schlickschichten hergestellt und weist ein nach innen gerichtetes Gefälle auf. Da sich der Untergrund und auch das Altspülfeld aufgrund der Auflast durch den eingelagerten Schlick vor allem im mittleren Bereich setzen werden, wird das Gefälle noch verstärkt.

Deponie Feldhofe / Systemschnitt

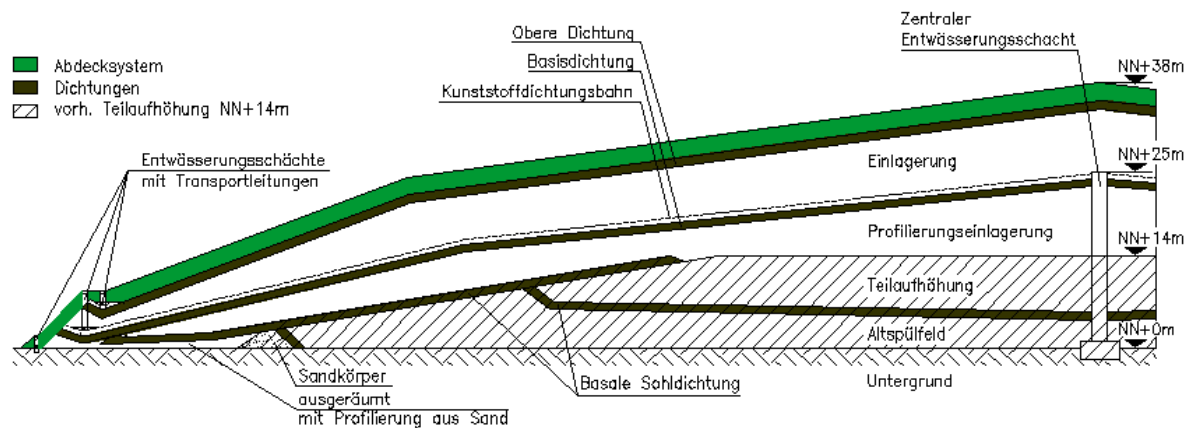


Bild 6: Querschnitt der Schlickdeponie Feldhofe (schematisch)

Oberhalb der „Basalen Sohldichtung“ wird zur Profilierung Schlick eingebaut. Zwischen zwei Schlickschichten, die jeweils 1,5 m mächtig sind, liegt jeweils eine 30 cm starke Sandschicht für die Entwässerung. Der Einbau wird solange fortgesetzt, bis für den gesamten Deponie-

reich ein dachförmiges Profil mit einem nach außen gerichteten Gefälle erreicht wird. Hierauf wird die Basisdichtung errichtet.

8.3 Dichtungssystem

Die Basisdichtung ist das Herzstück im Dichtungssystem der Deponie, sie wird als Doppeldichtung ausgeführt. Sie besteht aus einer 2,5 mm starken wasserdichten und extrem widerstandsfähigen Kunststoffbahn und einer darunter liegenden 1,5 m mächtigen Schlickschicht. Zwischen der Schlickdichtung und der Kunststoffbahn liegt eine 30 cm starke Dränageschicht aus Sand, die zum einen eine einwandfreie Verlegung der Kunststoffbahn ermöglicht und in der zum anderen das aus der auflastbedingten Konsolidierung stammende Porenwasser der Schlickdichtung abfließen kann. Dieser Effekt führt ebenfalls zur Ausführung einer Doppeldichtung.

Die Einlagerungen zwischen Basisdichtung und oberer Dichtung bestehen ebenfalls aus 1,5 m mächtigen Schlickschichten und zwischengelagerten 30 cm starken Dränageschichten aus Sand. Die Begrenzung der gewählten Schichtdicke erfolgt aus statischen Gründen.

Die Oberflächenabdichtung der Deponie besteht aus einer 1,5 m starken mineralischen Schlickdichtung. Hierauf folgt eine Dränageschicht aus Sand. Den oberen Abschluss der Deponie bildet eine zur Bepflanzung geeignete bis zu 1,5 m dicke Bodenschicht. Dieses Konzept einer oberen Deponieabdichtung erfüllt alle Forderungen und Voraussetzungen der aktuellen Deponiegesetzgebung oder ist als gleichwertig anzusehen. Alle Schlickdichtungen werden aus drei einzeln verdichteten 50 cm mächtigen Schichten aus ausgewähltem Schlick hergestellt, an den nachfolgende Anforderungen gestellt werden.

Schlick in Dichtungsschichten		
1. Materialanforderungen		
Anfangsscherfestigkeit (rechnerische)	c_u	$\geq 6 \text{ KN/m}^2$
Einbauwassergehalt	w	$= 60 - 150 \%$
Feinkornanteil ($< 0,02 \text{ mm}$)		mindestens 20 %
Ohne fremde Bestandteile (z. B. Röhrenpflanzen)		
2. Einbauanforderungen		
Einbau in mindestens drei Lagen je $d \leq 0,5 \text{ m}$		
Verdichtung durch mindestens zweimaliges Überfahren mit mittelschweren Planiertraupen ($G \approx 15 \text{ t}$)		
Gesamtschichtdicke $d = 1,5 \text{ m}$ (max. Toleranz $\pm 0,1 \text{ m}$)		
hohlraumfreier Einbau		
Durchlässigkeitsbeiwert im eingebauten und verdichteten Zustand $k \leq 1 \cdot 10^{-9} \text{ m/s}$ (bei $i = 30$ im Laborversuch nach DIN 18130)		

Tab. 1: Anforderungen an Schlick in Dichtungsschichten

8.4 Entwässerungssysteme

Das Entwässerungssystem der Schlickdeponie Feldhofe wird durch Entwässerungsebenen auf den Dichtungsschichten geprägt. Auf diesen Dichtungsschichten werden Sanddränageschichten angeordnet, in denen anfallendes Poren- und/oder Sickerwasser entweder zur Hügelmitte („Basale Sohldichtung“) oder zum Hügelrand (Basisdichtung, Obere Dichtung) mit freiem Gefälle abgeführt wird. Die im Deponiekörper in Wechsellage mit dem eingelagerten Schlick vorgesehenen 30 cm mächtigen geeigneten Sanddränageschichten übernehmen dabei das ausgepresste Poren- und Sickerwasser und führen es den Entwässerungsleitungen und -schächten zu. An den tiefliegenden Sammelpunkten wird das Wasser in Rohrleitungen gefasst und vor dem Einleiten in den Vorfluter einer Abwasserbehandlungsanlage zugeführt.

Poren- und Sickerwässer aus dem inneren Deponiebereich unterhalb der Basisdichtung werden in der Sanddränageschicht auf der „Basalen Sohldichtung“ zu einem zentralen Entwässerungsschacht und anschließend über eine Ablaufleitung zum Hügelrand geleitet. Der zentrale Entwässerungsschacht wird seine planmäßige Funktion dann erfüllt haben, wenn nach Herstellung der Basisdichtung die Sickerwasserströme wegfallen und aufgrund von

Setzungen nur noch geringe Porenwassermengen anfallen werden. Daher kann der zentrale Schacht dann aufgegeben und verfüllt werden.

Die Entwässerung des Hügels oberhalb der Basisdichtung erfolgt ebenfalls in Sanddränageschichten mit freiem Gefälle von einem zentralen Hochpunkt zum Randbereich der Deponie. Damit die Dränagewirkung der Sandschichten langfristig gesichert ist, werden sie entsprechend der erwarteten Setzungen mit einem überhöhten Gefälle eingebaut. Nach dem Abklingen der Setzungen nach Fertigstellung der Deponie wird immer noch ein Mindestgefälle bestehen, das die rückstaufreie Poren- und Sickerwasserableitung sicherstellt. Anfallendes Poren- und Sickerwasser wird in einer umlaufenden randlichen Mulde der Basisdichtung gefasst und über Rohrleitungen der Abwasserbehandlungsanlage zugeleitet.

Die im Deponiekörper erfassten Wässer sind durch den Kontakt mit Schlick schadstoffbelastet. Vor ihrer Einleitung in einen Vorfluter müssen sie daher in einer Abwasserbehandlungsanlage gereinigt werden, bis sie den Einleiterwerten entsprechen.

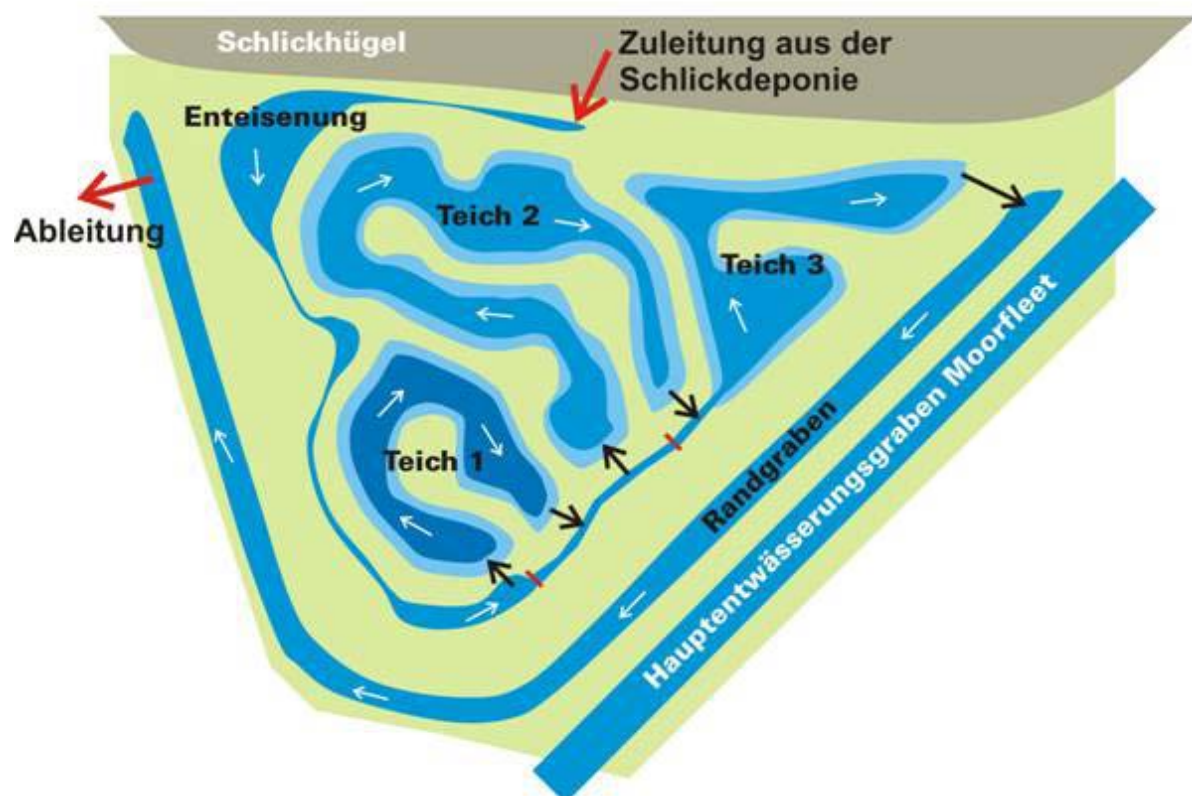


Bild 7: Abwasserbehandlungsanlage der Deponie Feldhofe

Die Abwasserbehandlungsanlage wird in Form naturnaher Teiche am südlichen Rand der Deponie errichtet. Da auch nach Fertigstellung der Deponie noch schadstoffhaltige Wässer anfallen werden, wird die Behandlungsanlage länger betrieben werden müssen. Die gereinigten Wässer werden über einen Pumpenschacht und eine Ablaufleitung über den Wasserkanal in ein Hafenbecken geleitet.

8.5 Gasfassungssystem

Schlick enthält Reste organischer Stoffe, die mit der Zeit zersetzt werden. Die entstehende geringe Menge Methan entweicht entweder über die Abdeckschicht oder die Sanddränage. Die über die Abdeckschicht entweichende Menge wird während der Passage zu CO₂ oxidiert. Methan, das über die Sanddränage entweicht, wird über am Hochpunkt der Deponie in den Sanddränageschichten verlegten geschlitzten Rohren gefasst, zu einem Gasbrunnen geleitet und nach Bedarf über einen Biofilter geleitet.

9. METHA-Material für den Bau von Oberflächenabdichtungen

Der Fabrikationsprozess der METHA ermöglicht eine Produktion von Dichtungsschlick, der bei sachgerechtem Einbau mit vergleichbarer Sicherheit wie bei anderen mineralischen Dichtungsmaterialien, wie z. B. Mergel, einen Durchlässigkeitsbeiwert gewährleistet, der den in Tabelle 2 des Anhangs 1 der Deponieverordnung einhält. Eine durch Auflast herbeigeführte Verdichtung des Materials führt zu einer weiteren Reduzierung des Durchlässigkeitsbeiwertes. Aufgrund dieser geringen Wasserdurchlässigkeit eignet sich der Schlick für den Bau von Dichtungsschichten. Das in der mechanischen Trennanlage für Hafenschlick aufbereitete Baggergut weist im Einbau im Median einen k_f -Wert von $7,1 \cdot 10^{-10}$ m/s auf und kann mit den in der nachfolgenden Tabelle zusammengestellten Bodenkennwerte beschrieben werden:

Bezeichnung	n	Einheit	Mittelwert	Median
Anfangs-Scherfestigkeit Laborflügelsonde c_u	59	KN/m ²	23	20
Rechnerische Endscherfestigkeit	-	-	$\varphi = 20^\circ$ $\varphi = 25^\circ$	$c = 10 \text{ KN/m}^2$ $c = 10 \text{ KN/m}^2$
Abwurfichte	-	t/m ³	1,25	
Wichte	22	KN/m ³	15	15
Bodenmechanischer Wassergehalt	77	%	74	72

Kornverteilung	Feinstes	Schluff	Sand
	19,45 %	54,04 %	26,52 %

Tab. 2: Bodenmechanische Kennwerte (1998-2001)

Das Problem von Schlick beim Einsatz als Dichtungsmaterial in Oberflächenabdichtungssystemen liegt darin, dass dieser Baustoff mit all seinen Vorzügen von wenigen vorgeschriebenen bautechnischen Kennwerten im Grundsatz abweicht. Ein Eignungsnachweis für Oberflächenabdichtungssysteme kann gleichwohl für dieses mineralische Dichtungsmaterial hergeleitet werden, so dass der Einsatz von Baggergut zu einer Ressourcenschonung beitragen könnte. Im Detail:

9.1 Organikanteil

Nach Deponieverordnung darf in Verbindung mit der TA Siedlungsabfall und dem Anhang E der TA Abfall bei der Herstellung von Deponieabdichtungssystemen die im Boden verteilte organische Substanz 5 Gewichts-% nicht übersteigen. Die Forderung nach einem Glühverlust ≤ 5 Gewichts-% resultiert aus den Anforderungen an die Setzungsunempfindlichkeit einer Dichtung. Sie muss den Setzungen des Ablagerungsmaterials plastisch folgen können. Weiterhin muss eine Dichtung natürlich langfristig dicht bleiben. Bei hohen Gehalten von abbaubarer organischer Substanz wird üblicherweise Gas gebildet, das zu Wegigkeiten in der Dichtung führt, die nach Abschluss der Gasbildung zu Wegigkeiten für Wasser werden können und somit zu einer potentiell undichten Dichtung führen.

Die organischen Bestandteile des Schlicks sind überwiegend jedoch nur ausgesprochen schwer abbaubar. Bei Einlagerungsmaterial sieht die Deponieverordnung für eine situationsgerechte Berücksichtigung der Abbaurate in § 6 (4) vor, die biologische Abbaubarkeit des Trockenrückstandes der Originalsubstanz über den AT4-Wert zu beschreiben.

Der AT4-Wert des METHA- und Feldschlicks schwankt zwischen 0,13 und 0,40 mgO₂/g TS und liegt damit mindestens um Faktor 10 unter dem geforderten Wert. Daraus lässt sich eindeutig ableiten, dass die vorhandene nur sehr schwer abbaubare organische Substanz des METHA-Materials auch nur zu einer sehr geringen Gasbildung führt.

Diese durch den AT4 nachgewiesene Eigenschaft des Schlicks wird durch die realen Gasmessungen auf der Deponie Francop bestätigt. Hier wurden im Rahmen der Monitoring-Untersuchung Gasproduktionsmessungen von Schlickdichtungen mittels unterirdisch installierter Hauben durchgeführt. Die jahresweise stark streuenden Mittelwerte deuten einen jährlichen Kohlenstoffabbau zwischen 2,5 und 7,8 % des Vorrats an. Prognostiziert wird ein exponentieller Rückgang der Mineralisationsrate, da mit dem vorrangigen Abbau der jeweils am leichtesten abbaubaren organischen Substanz die Abbaubarkeit der verbleibenden Substanz damit immer geringer wird. Entsprechend wurde auch im Jahresbericht der Überwachung der Gasemissionen der Deponie Francop die Gasproduktion des eingelagerten Schlicks aufgrund der darin enthaltenen, schwer abbaubaren Organik als gering eingestuft. Im Vergleich zu abgelagertem Hausmüll betrug die Gasproduktion des Schlicks lediglich 5 – 10 %.

Über diesen Nachweis muss der Schlick trotz seines Anteils an organischer Substanz als geeignetes mineralisches Dichtungsmaterial angesehen werden.

9.2 Austrocknungsverhalten

Eine weitere kritische Fragestellung beim Einsatz von Schlick als Dichtungsmaterial in Oberflächenabdichtungssystemen liegt in seiner hohen Schrumpfanfälligkeit bei Wasserentzug. Dabei entstehende Risse können zu einem hydraulischen Versagen der mineralischen Dichtung führen.

Der Aufbau des Abdeckungssystems der Deponien Francop und Feldhofe berücksichtigt die besondere Materialeigenschaften und bezieht gleichfalls die Abweichungen beim Gehalt an organischer Substanz, dem Einbauwassergehalt und der Verdichtbarkeit. Das in Francop realisierte Abdeckungssystem überschreitet die Mindeststärke der Abdeckungsschicht ober-

halb der Dichtung und weist daher hinsichtlich der dauerhaften Funktionsfähigkeit sowohl günstigere als auch ungünstigere Merkmale auf.

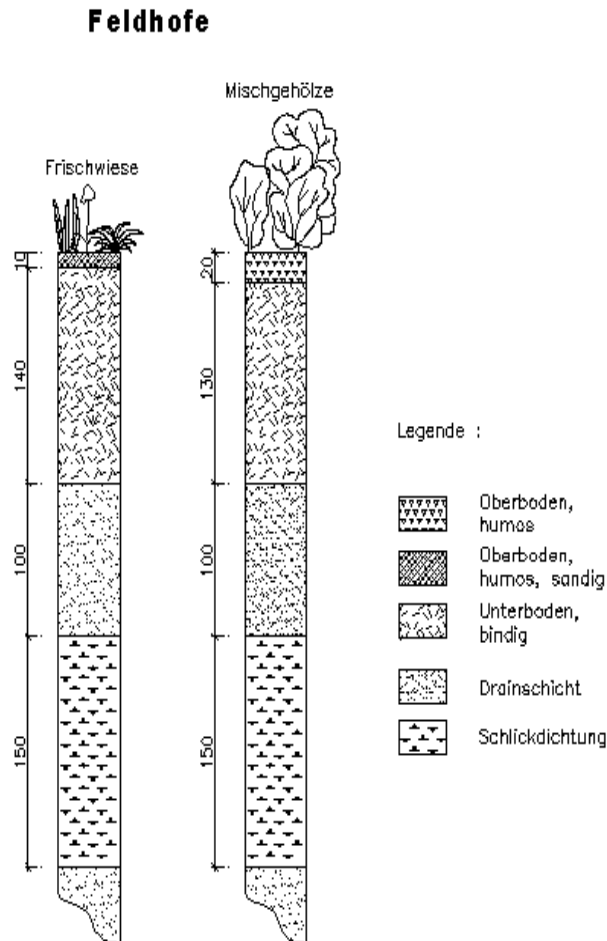


Bild 8: Aufbau des Abdeckungssystems der Deponie Feldhofs

In inzwischen siebenjährigen Messungen an einem Versuchsfeld mit einem für Hamburger Schlickdeponien typischen Schichtaufbau konnte nachgewiesen werden, dass eine dreilagig und unter baustellenpraktischen Bedingungen hergestellte Dichtung aus technisch aufbereitetem Hafenschlick eine konstant hohe Funktionsfähigkeit aufweist. Aufgrund von bilanzierter Wassermengen konnte nach mehreren Betriebsjahren ein k_f -Wert von $4 \cdot 10^{-10}$ m/s ermittelt werden. Damit stellt sich der tatsächlich vorhandene Durchlässigkeitsbeiwert als deutlich niedriger als der geforderte heraus. Damit ist der Nachweis erbracht, dass auch mit alternativen Materialien eine wirksame Deponieabdichtung hergestellt werden kann.

Die mineralische Dichtung erfüllt ihre Funktion jedoch nur in Kombination mit den übrigen Komponenten des Dichtungssystems. Die Dränschicht ist mit einem k_f -Wert von $1 \cdot 10^{-4}$ m/s hergestellt worden und führt mit ihrer Wasserleitfähigkeit zu einer Vergleichmäßigung des Dränschichtabflusses, der die Gefahr der Austrocknung der Dichtung deutlich vermindert. Gleichwohl stellt das Wasserdargebot in der Dränschicht in Verbindung mit der vorhandenen Mächtigkeit keine erhöhte Durchwurzelungsgefahr dar.

Insgesamt wird durch die Versuchsergebnisse nachdrücklich bestätigt, dass mit vergleichsweise einfachen Einbautechniken mit noch plastischem feinkornreichen Sediment eine dauerhaft wirksame Dichtung herstellbar ist. Die hohe Funktionsfähigkeit, die durch Austrocknung oder die Bildung von Schrumpfrissen gefährdet wird, kann durch das konstruktive Element der mächtigen Abdeckschicht sichergestellt werden.

10. Fazit

Grundsätzlich kann das Material der METHA die Anforderungen an eine mineralische Dichtung erfüllen und sollte deshalb stets als alternativer Baustoff mit in die Planungen einbezogen werden. Auch wenn es für den behandelten Schlick keinen universellen Einsatzzweck gibt, können die positiven Materialeigenschaften fallweise zu einer Entscheidung über den Einsatz dieses Materials führen. Durch die Behandlung wird Schlick zu einem Industrieprodukt auf natürlicher Basis mit den üblichen Schwankungen um eine einstellbare-Qualität. Als positive Eigenschaften ragen die geringe Empfindlichkeit gegenüber Setzungen, die einfache Bearbeitung des Materials sowie dessen kostengünstige Verfügbarkeit bei ansonsten vergleichbaren Qualitäten gegenüber anderen mineralischen Dichtungsmaterialien heraus.

Vorrangig erscheint damit eine Anwendung beispielsweise bei der Abdeckung von Hausmülldeponien oder Altlasten vorstellbar, da die Schadstoffbelastung des Materials in diesen Fällen nicht zu negativen ökologischen Auswirkungen führt

Literatur

- [1] **Sichere Wassertiefen für den Hamburger Hafen**, Gesamtkonzept – Elbesedimente – Baggerguttechnologie – Perspektiven, *Eine Informationsreihe von Strom- und Hafenbau*
- [2] Glindemann, H., Pröpping, K., Detzner, H.-D. (1997). **Die Hamburger Baggergutunterbringung heute und zukünftig**. *HANSA* **134**(7): S. 61-63

- [3] Rettberg, H. (1997). **Das Hamburger Baggergutkonzept – Ein Rückblick auf die letzten 20 Jahre.** *Jahrbuch der Hafentechnischen Gesellschaft* **51. Bd.:** S. 185-192
- [4] Detzner, H.-D. (1995). **The Hamburg Project METHA: large-scale separation, dewatering and reuse of polluted sediments.** *European Water Pollution Control* **5(5):** S. 38-42.
- [5] Bode, W., Döring, U., Schmidt-Bonde, L., Schramm, W. (1997). **Großversuchsanlage zur Abtrennung von Feinsand aus dem Hamburger Baggergut.** *HANSA* **134(7):** S. 64-67
- [6] Albert, G., Hirschberger, H., Rettberg, H. (1993). **Landlagerung von Baggergut in Hamburg, gezeigt am Beispiel des Schlickhügels in Francop.** *Müll-Handbuch Band 3 Kennzahl 3476:* Erich Schmidt Verlag
- [7] Bredehöft, W., Dansmann, H., Dr. Maaß, V., Präpping, K. (1997). **Schlickhügel in Hamburg - Feldhofe.** *HANSA* **134(7):** S. 71-76
- [8] Werner, Dansmann, Eickhoff, Möbius (1997). **Schlick als Erdbaumaterial - Hafenbeckenverfüllung in Hamburg.** *HANSA* **134(7):** S. 77-83
- [9] Dr. Gröngröft, Dr. Kussmaul, Prof. Dr. Miehlisch (1997). **Ökologische Folgewirkungen der Hafenbeckenverfüllung mit Schlick** *HANSA* **134(7):** S. 58-63
- [10] Dr.-Ing Christiansen, H. (1997). **Erfahrungen mit der Strömungsumlenkwand.** *HANSA* **134(12):** S. 70-73
- [11] Bäätjer, M., Detzner, H.-D. (1997). **Elbsedimente - Ein Zukunftsrohstoff für die Ziegelindustrie.** *HANSA* **134(7):** S. 68-71
- [12] Netzband, A. (1992). **Die Reinigung von Spülfeldabwasser unter besonderer Berücksichtigung der Nitrifikation.** *gwf* **8:** S. 398-403
- [13] Detzner, H.-D., Glindemann, H., Netzband, A., Kaschel, G. (2001). **Baggergut aus der Wassertiefeninstandhaltung - Fallbeispiel "Baggergut aus dem Hamburger Hafen".** *KA-Wasserwirtschaft, Abwasser, Abfall* **49(2)** S. 215-222
- [14] PIANC Arbeitsgruppe ENVICOM 5 **‘Environmental Guidelines for Aquatic, Nearshore and Upland Confined Disposal Facilities for Contaminated Dredged Material’**, April 2002
- [15] Sachstandsbericht **„Die subaquatische Unterbringung von Baggergut in den Niederlanden“**, der im Auftrag von Strom- und Hafenbau von dem niederländischen Consultingunternehmen Depotec in Kooperation mit AKWA, dem Kompetenzzentrum der niederländischen Rijkswaterstaat, erstellt wurde und der beim Vortragenden erhältlich ist (2002)

- [16] Gröngröft, A., Tresselt, K., Berger, K. Harms, C., Miehlisch, G. „**Abdichten mit aufbereiteten Baggergut – Ergebnisse mehrjähriger Feldversuche in Hamburg**“
- [17] Gröngröft, A., Tresselt, K., „**Verwertung von METHA-Material als Ersatzbaustoff im Deponiebau**“ , Gutachterliche Stellungnahme, Januar 2000
- [18] FHH, Behörde für Wirtschaft und Arbeit, Strom- und Hafenbau, Schlickdeponie Feldhofe, Unterlagen zum Antrag auf Planfeststellung gem. KrW-/AbfG
- [19] **Konzept zur Optimierung von Rekultivierungs- und Drainschicht**, das im Auftrag von Strom- und Hafenbau von der Ingenieurgesellschaft melchior + wittpohl erstellt wurde (2002)