

# MOBILE BAGGERGUT-ENTWÄSSERUNG MIT GEOTEXTILEN SCHLÄUCHEN–VERDENER GROßVERSUCH

Markus Wilke

HUESKER Synthetic GmbH, 48712 Gescher

Jörn Adameit

Matthäi Bauunternehmung, 27283 Verden

Stefan Cantré

Universität Rostock, 18059 Rostock

**KURZFASSUNG:** In einem groß angelegten Praxisversuch wurde Baggergut aus dem Sportboothafen Höltenwerder bei Verden an der Aller mit einem mobilen Schneidkopfsaugbagger in geotextile Schläuche gepumpt und darin entwässert. Um das Entwässerungsverhalten des feinkörnigen Baggergutes zu verbessern, wurde das Gemisch aus Sediment und Wasser mit einem polymeren Flockungshilfsmittel unter Zuhilfenahme einer mobilen Polymermischstation konditioniert. Das Projekt wurde durch die Firma Matthäi Wasserbau GmbH initiiert und in Kooperation mit den Firmen Huesker Synthetic GmbH und J.F. Knauer GmbH durchgeführt. Wissenschaftlich begleitet wurde es durch den Lehrstuhl für Landeskulturelle Ingenieurbauwerke der Universität Rostock.

## 1 EINLEITUNG

Im Angesicht von jährlich 46 Millionen Kubikmeter Baggergut aus Unterhaltungsbaggerungen in deutschen Gewässern [BMVBW] und der damit einhergehenden Frage des Umgangs und der Weiterverwendung, bedarf es innovativer, wirtschaftlicher und ökologisch verträglicher Verfahren zur Baggergutaufbereitung. Die Handhabung des Baggergutes wird maßgeblich erschwert durch die flüssige bis breiige Konsistenz des geförderten Sedimentes. Somit ist eine Entwässerung Grundlage für jeglichen weiteren Umgang mit dem Sediment-/Wassergemisch. Das Spektrum der anschließenden Entsorgung des entwässerten Materials reicht, je nach Beschaffenheit, von einer erforderlichen Deponierung bis zur Weiterverwendung.

Eine solche Unterhaltungsbaggerung mit fachgerechter Entsorgung des geförderten Materials wurde für den Verdener Sportboothafen, gelegen am Unterlauf der Aller, dem größten Nebenfluss der Weser, im Mai 2010 erforderlich.

Über Jahrzehnte hatten sich im Hafenbecken circa 1000 m<sup>3</sup> kontaminierten Sediments abgelagert. Anstatt diese Maßnahme in konventioneller Weise durchzuführen adaptierte die Firma Matthäi [MATTHÄI] ein international erprobtes, in Deutschland jedoch bislang nicht praktiziertes Verfahren der Entwässerung mit geotextilen Schläuchen.

Das Verfahren besteht aus drei elementaren hintereinandergeschalteten Prozessschritten: (1) Förderung, (2) Flockungshilfsmittelzugabe und (3) Entwässerung. Nach Beendigung der Entwässerung und der optionalen anschließenden Trocknung (in Abhängigkeit der Verweildauer des entwässerten Baggerguts) kann der Abtransport bzw. die Weiterverwendung des nun stichfesten Materials erfolgen. Die Zugabe von Flockungshilfsmitteln beschleunigt und verbessert die Trennung der festen von der flüssigen Phase der geförderten Suspension. In der Regel ermöglicht erst die Zugabe der auch Polymere genannten Flockungshilfsmittel eine zufriedenstellende Fest-Flüssig-Trennung (vor allem für sehr feinkörnige Sedimente und stark organische Schlämme). Innerhalb der geotextilen Schläuche verläuft die Separation ähnlich einer klassischen Kuchenfiltration, indem das permeable Gewebe das Abfließen des Wassers ermöglicht, wohingegen die Fest-

stoffpartikel innerhalb des Schlauches zurückgehalten werden und an der Schlauchinnenseite einen Sekundärfilter (Filterkuchen) bilden. Die Wasserdurchlässigkeit des Sekundärfilters ist abhängig von der Sedimentzusammensetzung und dem Flockungserfolg.

Die maßgebliche Effizienz des Verfahrens mittels geotextiler Schläuche liegt in der Kombination der Vorteile der mechanischen Entwässerung (z.B. beschleunigte Entwässerung, keine Wiedervernässung, geringerer Platzbedarf im Vergleich zu einem Spülfeld) mit den Vorteilen eines Spülfeldes (geringer Energieverbrauch, relativ unkompliziertes System).

Die eigentliche Innovation des Verdener Großversuchs liegt in der Kombination dreier vollständig mobiler Technologien, die eine große Flexibilität offerieren. Abgesehen von der Vorbereitung des erforderlichen Entwässerungsfeldes, das ortsgebunden im Vorfeld präpariert werden muss, handelt es sich bei dem Schwimmbagger, der Flockungshilfsmittelansatz- und Dosierstation sowie den geotextilen Schläuchen um leicht und schnell zu transportierende Systeme.

Wissenschaftlich begleitet, dokumentiert und bewertet wurde der Versuch durch den Lehrstuhl für Landeskulturelle Ingenieurbauwerke der Universität Rostock, wo seit 10 Jahren zum Thema Entwässerung mit geotextilen Schläuchen geforscht wird (vgl. [Cantré, 2008, Cantré/Saathoff, 2011]).

## 2 SCHEMATISCHER ABLAUF UND AUFBAU

Die Versuchsdurchführung lässt sich an Hand einer zusätzlichen Komponente (Vorlagecontainer) und deren Arrangement im Prozessschema in zwei Phasen gliedern. Nachfolgend werden die beiden Versuchsaufbauten und Phasen erläutert.

### 2.1 System mit Vorlagecontainer

Der schematische Aufbau ist in Abbildung 2.1-1 ersichtlich. Zwischen Saugbagger und Polymerstation ist ein Vorlagecontainer angeordnet. Dieser Container fungiert als Puffer zwischen Förderung und Polymereinmischung und dient

zur Homogenisierung des geförderten Sediment-Wassergemisches. Optional kann bereits in der Vorlage eine Separation der Grobfraction von den Feinstpartikeln erzielt werden. Aus der Vorlage heraus wird das Sediment mit einer zusätzlichen Schlammpumpe in die Entwässerungsschläuche gefördert. Bei unzureichender Dimensionierung des Zwischenspeichers, zu hoher Leistung des Förderequipments oder einem unausgewogenen Verhältnis zwischen der Förderleistung des Saugbaggers und der Schlammpumpe kann es zu „Zwangspausen“ des Saugbaggers kommen.

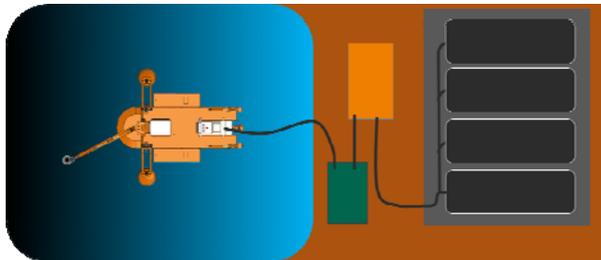


Abbildung 2.1-1 System mit Saugbagger, Vorlagecontainer (grün), Polymermischstation (orange) und Entwässerungsschläuchen (v.l.n.r., Draufsicht) [MATTHÄI]

Im Falle des Verdener Großversuchs wurde die Anordnung einer Vorlagemulde nach anfänglicher Verwendung als nicht praktikabel verworfen.

## 2.2 Direkte Bespülung

Abbildung 2.2-1 zeigt das fortan verwendete System ohne Vorlagebehälter. Die geotextilen Schläuche wurden nun direkt bespült. Diese Art der Ausführung stellt hohe Anforderungen an die Technik der Polymereinmischung und Dosierung. Schwankungen des Schlammstromes und Änderungen der Schlammcharakteristika (vor allem Trockensubstanzgehalt des Gemisches) infolge der Förderung und Inhomogenitäten des gepumpten Gemisches müssen hinsichtlich der Polymerzugabe und Dosierung aufgefangen werden können. Dies ist nur durch eine Automatisierung oder einen hohen manuellen Aufwand möglich.

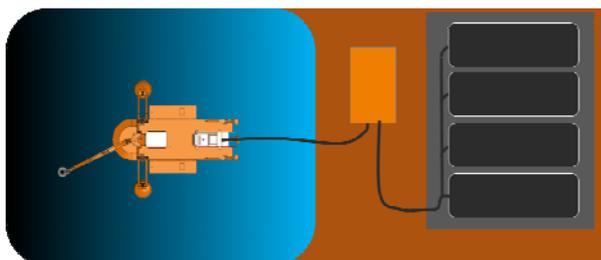


Abbildung 2.2-1 System ohne Vorlagecontainer (Draufsicht) [MATTHÄI]

Die Vorteile der direkten Bespülung liegen in der Eliminierung einer potentiellen Engstelle (Vorlage) und dem damit verbundenen höheren möglichen Durchsatz des Systems. Des Weiteren wird das System hinsichtlich der Baustelleneinrichtung und der benötigten Systemkomponenten (zusätzliche Schlammpumpe, Vorlage) weiter vereinfacht.

## 3 SYSTEMKOMPONENTEN

Das mobile System besteht aus den drei Komponenten Saugbagger, Polymermischstation und geotextiler Entwäs-

serungsschlauch. Diese Systemkomponenten werden nachfolgend beschrieben.

### 3.1 Watermaster

Zur Förderung des Sediments kam der Schneidkopfsaugbagger Watermaster Classic III der Firma Matthäi zum Einsatz. Der amphibische Nassbagger mit einer Pumpleistung von 500 m<sup>3</sup>/h eignet sich besonders für den Einsatz auf dem Wasser und im Übergangsbereich zum Ufer mit sehr geringen Wassertiefen.



Abbildung 3.1-1 Watermaster Classic III [MATTHÄI]

Für weitergehende technische Daten sei hier auf das Datenblatt des Watermasters verwiesen (siehe [MATTHÄI]).

### 3.2 Polymermischstation

Der in Verden eingesetzte Floctainer<sup>®</sup> [KNAUER] besteht aus einer Polymeransatzstation und einer Dosiereinrichtung, die in einem Standardbaucontainer kombiniert integriert sind.



Abbildung 3.2-1 Baucontainer mit integrierter Polymeransatz- und dosierstation sowie durchgeführter Spüleleitung [HUESKER]

Das verwendete Mischsystem Floctainer<sup>®</sup> birgt mehrere essentielle Vorteile. Die vollautomatische Steuerung der Polymerzugabe basiert auf der stetigen Kontrolle der Partikelkonzentration innerhalb des Schlammstromes (durch eine zwischengeschaltete TS-Sonde) und einer entsprechenden Nachregulierung der Polymerzugabe. Dies verhindert eine Über- bzw. Underdosierung des Flockungshilfsmittels. Eine Kolmation des Filtergewebes durch ungeflockte Feinstpartikel bzw. eine Überdosierung des Polymers wird somit verhindert.

Darüber hinaus ist durch eine spezielle mechanische Einmischtechnik und die daraus resultierende erhöhte Mischenergie und verbesserte Flockung die Verwendung einer höher konzentrierten Polymerlösung möglich. Resultat ist eine Reduktion des zum Herstellen einer Gebrauchslösung erforderlichen Prozesswassers und eine

potentielle Einsparung der erforderlichen Polymermengen von bis zu 25%.

### 3.3 Geotextile Schläuche und Entwässerungsfeld

Die geotextilen Schläuche (SoilTain®) [Huesker] mit einer Länge von 35 m und einem Umfang von 15 m wurden aus einem Polypropylen-Spleissgarn gefertigt.



Abbildung 3.3-1 Zur Befüllung vorbereitete Entwässerungsschläuche auf dem Entwässerungsfeld [HUESKER]

Wie in Abbildung 3.3-1 und 3.3-2 ersichtlich, wurden die Entwässerungsschläuche auf dem vorbereiteten Entwässerungsfeld platziert. Um das aus den Entwässerungsschläuchen austretende Wasser kontrolliert ableiten zu können, wurde das Entwässerungsfeld mit Randdämmen versehen und mit einer Folie ausgekleidet. Zwecks Rückführung des Filtrats wurde am tiefsten Punkt der Entwässerungsfläche ein provisorischer Pumpensumpf mit einer Schmutzwasserpumpe installiert, um von dort das Filtrat wieder in das Hafenbecken einzuleiten.



Abbildung 3.3-2 Anordnung des Entwässerungsfeldes nördlich des Sportboothafens und Platzierung der geotextilen Schläuche [MATTHÄI]

Bei vorkonfektionierten geosynthetischen Großelementen aus hochzugfesten Geweben, wie den SoilTain® Entwässerungsschläuchen, gilt bei der Fertigung den Nähten besondere Beachtung. Ein weiterer grundlegender Punkt bei der Wahl des Gewebes ist eine ausreichende Wasserablenkkapazität bei einer Öffnungsweite, die optimalen Feinpartikelrückhalt gewährleistet.

## 4 VORUNTERSUCHUNGEN

Prinzipiell sind im Vorfeld derartiger Projekte gewisse Untersuchungen durchzuführen. Die im Rahmen des Pilotversuches durchgeführten Vorversuche werden nachfolgend vorgestellt.

### 4.1 Massenermittlung und Sedimentcharakteristika

Eine vorab durchgeführte Peilung ergab eine zu baggernde Sedimentmenge von 1000 m<sup>3</sup>. Zusätzlich wurden an vier Punkten des Hafenbeckens Sedimentproben entnommen, die sowohl granulometrisch als auch im Hinblick auf Schadstoffe untersucht wurden. Abbildung 4.2-1 zeigt die Sieblinien der untersuchten Proben nach DIN 18123. Drei der Proben weisen sehr ähnliche Sieblinien auf (Hauptbestandteil Schluff mit geringen Sandanteilen), die Kornverteilungskurve der vierten Probe zeigt abweichend davon einen Sand. Der Glühverlust aller entnommenen Materialien liegt zwischen 11 – 14%. Der gravimetrische Wassergehalt bezogen auf die Trockenmasse liegt bei etwa 200%.

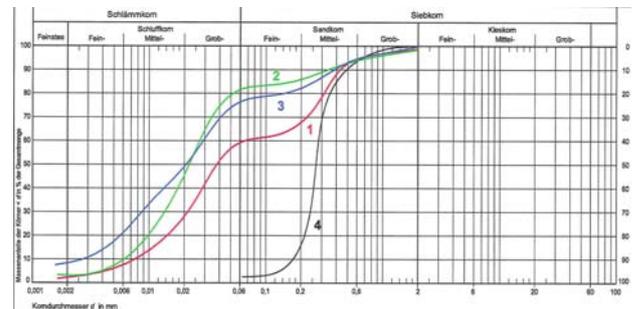


Abbildung 4.1-1 Sieblinien des Verdener Sportboothafensedimentes [JAGAU]

Entsprechend der gemäß LAGA M20 durchgeführten Schadstoffanalyse wurde das Sediment auf Grund der leicht erhöhten Zink-, Blei- und Cadmium-Werte als Z.1.1 Material eingestuft.

### 4.2 Flockungshilfsmittel

Zur Bestimmung eines geeigneten Polymer wurden durch die Firma Knauer Versuche an einer Sedimentprobe mit 20% Trockensubstanzgehalt (volumetrisch) durchgeführt. Auf Grund des sehr engen Zeitplans war die Beschaffung eines trinkwasserzugelassenen Flockungshilfsmittels nicht mehr möglich. Die verwendete Polymeremulsion - mit einer guten Flockenbildung und Trennwirkung - hat eine Zulassung für die Abwasseraufbereitung. Infolgedessen war eine externe Überwachung des zurückgeführten Filtrats unumgänglich. Die auf Basis der Laborversuche ermittelte zu verarbeitende Polymermenge betrug 720 Liter Handelsware.

## 5 VERSUCHSDURCHFÜHRUNG

### 5.1 Durchführung und begleitende Analytik

Das Sediment wurde entsprechend dem Prozessschema in Abbildung 2.2-1 mittels einer DN250-Leitung vom Watermaster über die Polymeransatz- und -dosierstation direkt in die geotextilen Entwässerungsschläuche gepumpt. Auf Grund eines gewissen Ungleichgewichtes zwischen Förderkapazität des Saugbaggers und zur Verfügung stehendem Schlauchvolumen sowie Umbau- und Modifikationsphasen kam es zu kürzeren Förderpausen.

Diese sollten im Falle eines fixen Systemaufbaus mit einer angepassten Pumpleistung bzw. einem größeren Projekt- rahmen, d.h. mehr Schlauchvolumen, nicht mehr auftreten. Abbildung 5.1-1 bis 5.1-4 vermitteln einen Eindruck über die Durchführung des Pilotprojektes.



Abbildung 5.1-1 Befüllter Entwässerungsschlauch [HUESKER]



Abbildung 5.1-2 Entwässerung [HUESKER]



Abbildung 5.1-3 Zustand der Entwässerungsschläuche ca. 2 Monate nach Beendigung der Befüllung [MATTHÄI]



Abbildung 5.1-4 Abfuhr und Entsorgung des entwässerten Materials [MATTHÄI]

Nach Beendigung der Befüllung verweilten die Entwässerungsschläuche bis etwa Ende August, insgesamt also für annähernd 3 Monate, auf dem Entwässerungsfeld. Anschließend wurden die geotextilen Schläuche geöffnet und das nun entwässerte und stichfeste Material abgebaggert. Verwendung fand das Material als Ausgleichsschicht in der Renaturierung einer ehemaligen Kalihalde.

Projektbegleitend wurde die Rückführung des Filtrats in das Hafenbecken überwacht. Das überwachende Labor bewertete die geringe Trübung des eingeleiteten Wassers bei gleichzeitiger Baggerung im Hafen als unkritisch, weshalb lediglich die Parameter TOC und Ammonium im Labor analytisch untersucht wurden. Die bestimmten Werte ließen eine Rückführung in das Hafenbecken zu.

Ergänzend wurde in Wochenintervallen über annähernd den gesamten Projektzeitraum der Trockenrückstand (TR) des in den Schläuchen befindlichen Materials bestimmt. Der gravimetrische TR-Wert kann als Gradmesser für die Qualität der Entwässerung des Baggerguts dienen. Schließlich wurde das entwässerte Baggergut vor der Verwertung beprobt und im geotechnischen Labor der Universität Rostock gemäß LAGA M20 und der Deponieverwertungsordnung analysiert.

## 6 RESULTATE

### 6.1 Massen und Charakteristika des entwässerten Materials

Im Zuge des Projektes wurden 3.798 m<sup>3</sup> Schlamm gepumpt (gemessen mit einem in den Floctainer<sup>®</sup> integrierten Induktiven Durchflussmessgerät, kurz IDM). Als Resultat einer nachträglich durchgeführten Peilung konnte die Entnahme von ca. 900 m<sup>3</sup> Sediment festgestellt werden. Eine geodätische Vermessung der Entwässerungsschläuche ca. 2 Wochen nach Beendigung der Befüllung ergab ein in den Schläuchen enthaltenes Volumen an entwässertem Material von ca. 550 m<sup>3</sup>. In Bezug auf die aus dem Hafenbecken entnommene Sedimentmenge ergibt sich somit eine Volumenreduktion von nahezu 40% innerhalb einer Zeitspanne von ca. 2 Wochen.



Abbildung 6.1-1 Ansicht des entwässerten Materials ca. 3 Monate nach Beendigung der Kampagne [MATTHÄI]

Einhergehend mit der Volumenreduktion trat eine Erhöhung des Trockenrückstandes bzw. eine Reduktion des Wassergehaltes des in den Entwässerungsschläuchen befindlichen Materials ein. Abhängig von Sedimentbeschaffenheit und Probeentnahmestelle lagen die TR-Werte der ersten Proben in einem Bereich von 18,5% bis zu 58% (gravimetrisch bezogen auf die Feuchtmasse). Die Zunahme der Trockenrückstände über die Zeit erfolgte in einem ebenso breit gestreuten Spektrum wie die eingangs

bestimmten Werte. Kurz vor Abfuhr des entwässerten Materials besaß das entwässerte Baggergut einen Trockenrückstand von 50-80% TR (durchschnittlich 65%). Angesichts des hohen Glühverlusts und des hohen Feinkornanteils ist dies ein ausgesprochen gutes Entwässerungsergebnis.

Auf Grund einer finalen Analyse des entwässerten Materials musste es, abweichend von der ursprünglichen Untersuchung, gemäß LAGA M20 als Z2-Material eingestuft werden. Dies liegt sowohl in den erhöhten Werten für TOC, Blei und Zink als auch in der elektrischen Leitfähigkeit des Eluats begründet.

## 6.2 Polymereinsatz und Filtration

Zu Beginn des Befüllprozesses kam es zu einem für die klassische Kuchenfiltration typischen „Trübstoß“, bei dem geringe Mengen feinsten Sedimentpartikel durch das Gewebe hindurch ausgetragen werden. Der Aufbau des Filterkuchens beginnt im Anfangsstadium der Filtration mit dem Überbrücken der Poren des Gewebes. Sobald sich diese „Brücken“ vollständig ausgebildet haben, die einen stabilen Filter auf der Schlauchinnenseite darstellen, versiegt der Feinstpartikelaustrag. Dieser Effekt war auch in dem Verdener Pilotprojekt zu beobachten. Das Filtrat klarte ab diesem Zeitpunkt merklich auf und wies lediglich auf Grund des Organikgehaltes eine geringfügig grüne Färbung auf.

Um die Feinstpartikel auszuflocken und einen stabilen Filterkuchen zu erhalten war der Einsatz von 790 Litern der Polymeremulsion (Handelsware) notwendig. Somit betrug der Verbrauch bei einer 0,6 %igen Lösung 0,74 kg Wirksubstanz pro t reine Trockensubstanz.

## 7 FAZIT

Der Verdener Großversuch hat die Funktionalität und Effektivität der Entwässerung von Baggergut mittels geotextiler Schläuche bestätigt. Das sehr gute Entwässerungsergebnis mit dieser mobilen Technologie lässt auf weitere Projekte und Anwendungen, nicht nur im Baggergutbereich, schließen. Die im Vergleich zu konventionellen Spülfeldlösungen benötigte Entwässerungszeit ist wesentlich geringer. Somit ist die Effizienz des Verfahrens höher einzustufen.

Auch wenn dieses Verfahren im Vergleich zu herkömmlichen mechanischen Entwässerungsmethoden (z.B. Kammerfilterpressen, etc.) eines geringeren technischen Aufwands bedarf, gilt doch vor allem der Auswahl und Prüfung eines geeigneten Flockungshilfsmittels größte Sorgfalt. Für die Zukunft ist eine breitere Akzeptanz und größere Popularität des Verfahrens der Entwässerung mit geotextilen Schläuchen zu erwarten.

## 8 LITERATUR

- Bundesministerium für Verkehr Bau und Wohnungswesen (BMVBW), Nassbaggerstrategien in Deutschland, Berlin 2004
- Cantré, S., Ein Beitrag zur Bemessung geotextiler Schläuche, Dissertation zur Erlangung des akademischen Grades Doktor der Ingenieurwissenschaften (Dr.-Ing.) an der Agrar- und Umweltwissenschaftlichen Fakultät der Universität Rostock, Rostock, 2008
- Cantré, S., Saathoff, F., Untersuchungen zur Entwässerbarkeit von Baggergut aus Sportboothäfen in geotextilen Schläuchen, Abschlussbericht, Universität Rostock, Rostock 2010
- Cantré, S., Saathoff, F., Design parameters for geosynthetic dewatering tubes derived from pressure filtration tests. In: Geosynthetics International, 2011, 18 (3)

JAGAU Ingenieurbüro Geotechnik + Umwelttechnik, Körnungslinie Sportboothafen Verden, 2010

J.F. Knauer GmbH Industrieelektronik, Deuil-la-Barre Straße 17, 60437 Frankfurt, [www.jfknauer.de](http://www.jfknauer.de)

LAGA (Länderarbeitsgemeinschaft Abfall), Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen : Teil II: technische Regeln für die Verwertung, 1.2 Bodenmaterial (TR Boden), LAGA M20, 2004.

MATTHÄI Bauunternehmen GmbH Co. KG, Bremer Straße 135, 27283 Verden, [www.matthaei.de](http://www.matthaei.de)

HUESKER Synthetic GmbH, Fabrikstraße 13-15, 48712 Gescher, [www.huesker.de](http://www.huesker.de)