

Geotextile Container und Schläuche zur Entwässerung von Schlämmen: Funktionsprinzip - Abdichtungsmaßnahmen - Anwendungsmöglichkeiten

Dipl.-Ing. Markus Wilke

Dipl.-Ing. Hartmut Hangen

1. Einleitung

Nassgebagerte Sedimente oder Schlämme bereiten Probleme sowohl im Hinblick auf den Transport (u. a. thixotropes Verhalten) als auch der stofflichen Verwertung, falls eine Schadstoffbelastung durch z. B. TBT oder Schwermetalle die unbedenkliche Weiterverwendung nicht ermöglichen. Die Verwertung kann sich gemäß LAGA [10] über die Verwendung in bodenähnlichen Anwendungen, den eingeschränkten Einbau in technischen Bauwerken bis hin zur erforderlichen Deponierung erstrecken. Im Sinne der Deponieverordnung [5] fallen Baggergut und Schlämme aus industriellen Prozessen in die Kategorie des Straßenaufbruchs sowie der mineralischen Abfälle, bezeichnet als spezifische Massenabfälle. Vor allem bei feinkörnigem Baggergut mit höheren organischen Anteilen gestaltet sich die Zuordnung zu dieser Kategorie als schwierig. Die geringe Scherfestigkeit von Baggergut bei hohem Wassergehalt und der hohe organische Anteil kollidieren mit elementaren Zuordnungskriterien für Deponien. Die geringe Scherfestigkeit verringert die mechanische Stabilität der Deponiekörper. Die organischen Bestandteile unterliegen grundsätzlich biologischen und chemischen Abbauvorgängen, die zu Emissionen und nachträglichen Setzungen im Deponiekörper führen können [3].

Eine Behandlung des Baggergutes oder auch von industriellen Schlämmen zur Verringerung des Volumens, Erleichterung der Handhabung und Begünstigung der Beseitigung ist somit nicht nur im Sinne der Deponieverordnung erstrebenswert bzw. erforderlich, sondern ebenfalls im Sinne der unbedenklichen stofflichen Verwendung in technischen Bauwerken. Für Schlämme bzw. Suspensionen mit geringen Feststoffgehalten besteht der erste Schritt dieses Behandlungsprozesses in der Regel aus der Reduktion des Wassergehaltes, der eine Klassifizierung des entwässerten Materials nachfolgt. Zu der Entwässerung des Materials existieren bewährte herkömmliche mechanische Verfahren, wie z. B. die Entwässerung mittels Siebbandpressen, Kammerfilterpressen oder Zentrifugen. Als Alternative zu diesen kostenintensiven Methoden bietet sich an, die Entwässerung der feinkörnigen Schlämme unter

Verwendung von geotextilen Filterschläuchen (siehe Abbildung 1) durchzuführen. Die Anfänge dieser innovativen Technik reichen zurück bis in die Mitte der neunziger Jahre [14].



Abbildung 1: Entwässerungsschlauch nach Beendigung der Befüllung (Umfang $U = 15$ m)

Der Einsatz dieser Technik in Deutschland befindet sich in den Anfängen und gewinnt zunehmend an Akzeptanz. Nachfolgend soll ein Überblick über die Funktionsweise dieses Systems und die verschiedenen Systemkomponenten gegeben sowie das breite Anwendungsspektrum aufgezeigt werden.

2. Systementwässerung mittels geotextiler Schläuche

2.1 Schematischer Ablauf des Entwässerungsprozesses

Bei der Entwässerung mittels geotextiler Schläuche handelt es sich im Verfahrenstechnischen Sinne um eine Filtration, d. h. es erfolgt eine mechanische Trennung eines Stoffgemisches, hier Suspension, bei der der Feststoff von der flüssigen Phase separiert wird. Die Methode „Geotextiler Entwässerungsschlauch“ ist ein passives, statisch gravimetrisches Verfahren, das zwischen den extensiven rein statischen Entwässerungsmethoden (z. B. Spülfelder) und den mechanischen Verfahren (z. B. Siebbandpressen, etc.) angesiedelt werden kann.

Bei der Befüllung handelt es sich um einen repetitiven Prozess bei dem der Schlauch wiederholt mit Schlamm beschickt wird (siehe Abbildung 2). Direkt nach Beginn des Befüllvorganges startet die Abtrennung der festen Komponente aus der kontinuierlichen Flüssigkeitsphase an der permeablen Trennfläche, bestehend aus der geotextilen Schlauchhülle. Somit handelt es sich prinzipiell um eine Oberflächenfiltration, bei der die Stoffe, welche das Filtermedium nicht passieren können, auf der äußeren (hier inneren) Oberfläche des Filtermediums abgetrennt werden. Sie akkumulieren sich dort und bilden den Filterkuchen. Hinsichtlich der Oberflächenfiltration kann zwischen einer statischen und einer dynamischen Filtration, bei der dem Filterkuchenaufbau aktiv entgegengewirkt wird, unterschieden werden. Der Filterkuchen wirkt auf Grund seiner Struktur selbst wie ein Filtermittel und bestimmt wesentlich die Partikelabscheidung (sogenannte Kuchenfiltration). Der Aufbau des Filterkuchens beginnt im Anfangsstadium der Filtration mit dem Überbrücken der Poren des Filtergewebes. Dieser Vorgang wird im Allgemeinen als sogenannte „Brückenbildung“ bezeichnet. Bis zur vollständigen Brückenbildung ist mit einem „Trübstoß“, einem Durchtritt von Feinstpartikeln, zu rechnen. Auf Grund der fortschreitenden Partikelansammlung nimmt die Kuchenfilterdicke mit fortwährender Dauer zu, wodurch sich der Durchströmungswiderstand erhöht. In der Regel weist der Filterkuchen eine feinere Porenstruktur als das Filtermedium auf, so dass sich die Feinststoffretention mit zunehmender Dauer verbessert.

Die klassische Kuchenfiltration kann folglich in zwei Phasen gegliedert werden. Die erste Phase bestehend aus der Brückenbildung bzw. der Ausbildung eines stabilen Filterkuchens, in der dem Filtermedium eine elementare Bedeutung zukommt und in dem es zu einem „Trüblauf“ kommen kann. In der nachfolgenden zweiten Phase übernimmt der Filterkuchen die Partikelabscheidung und das Filtermittel übernimmt die Stützfunktion des Filterkuchens.

Die Filterkuchenstruktur ist sowohl über die Dicke als auch über die Zeit veränderlich. Durch über den Filterkuchen vorherrschende unterschiedliche Druckverhältnisse kommt es im Allgemeinen im Bereich direkt am Filtermedium zur stärksten Kompression des Filterkuchens und somit auch zum geringsten Porenvolumen bzw. zum höchsten Filtratwiderstand. Die Kompressibilität des Filterkuchens wird im Wesentlichen bestimmt durch seine Struktur, die mögliche Umlagerung der Partikel, die Partikelform und deren Materialeigenschaften. Generell kann davon ausgegangen werden, dass Suspensionen aus Agglomeraten, die sich z. B. durch die Zugabe von Flockungshilfsmitteln ergeben, einen lockeren, gut durchströmbareren Filterkuchen bilden, der jedoch bei einer Druckbeanspruchung die Tendenz zu einer Verdichtung (Verringerung der Porosität, Erhöhung des Filterkuchenwiderstandes) aufweist, da die Partikelstruktur und die Partikeleigenschaften weiterführende Umlagerungen ermöglichen.

Die zeitliche Entwicklung des hydraulischen Fließwiderstandes des Filterkuchens bestimmt maßgeblich den Filtratfluss und damit auch die Effektivität und Funktionalität des Systems.

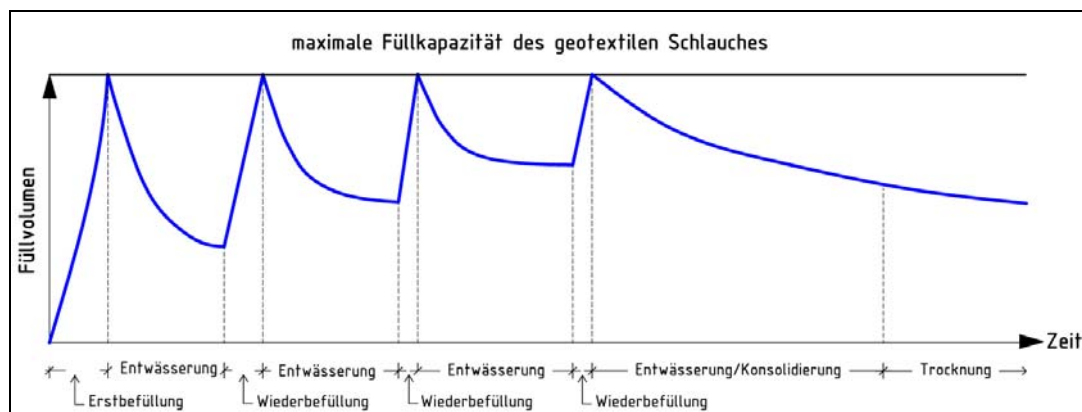


Abbildung 2: Schematischer Ablauf der Befüllung und des Entwässerungsprozesses eines geotextilen Filterschlauches

Auf Grund der besonderen geometrischen Form des Filtermediums als Ellipse, kommt es bei dem Verfahren der Entwässerung mittels geotextiler Schläuche zu einigen Besonderheiten bzw. Abweichungen im Vergleich zu der klassischen Funktionsweise der Kuchenfiltration. Die Geometrie des Schlauches in Kombination mit der hydraulischen Befüllung, vor allem mit größeren Förderleistungen, bedingt sowohl eine einaxiale und radiale als auch tangentielle Filtration. Des Weiteren stellen die elliptische Form und die daraus resultierenden Zugspannungen zusätzliche Anforderungen an das Filtermedium (Gewebe) (vgl. [6]). Infolge des Pumpvorganges entsteht ein Überdruck innerhalb des geotextilen Entwässerungsschlauches, der einerseits wie bei einer Druckfiltration die Geschwindigkeit des Prozesses erhöht und andererseits zu einer Kompression des Filterkuchens und der damit verbundenen Erhöhung des Filtratwiderstandes führen kann. In der Entwässerungsphase handelt es sich hingegen maßgeblich um eine reine Schwerkraftfiltration. Die hydrostatische Filtration wird begünstigt durch ein möglichst grobporiges Kapillarsystem innerhalb des Filterkuchens. Im Allgemeinen wird dies durch eine vorgeschaltete Zugabe von Flockungshilfsmitteln, auch als Polymere bezeichnet, erreicht. Durch die Geometrie und das Eigengewicht des Füllmaterials steht die geotextile Schlauchhülle konstant unter einer geringen Zugspannung, die einen geringfügigen Überdruck innerhalb erzeugt, der die Infiltration von z. B. Regen in den Schlauch bzw. das bereits entwässerte Material verhindert. Im Falle längerer Schläuche und stark inhomogener Suspensionen kann es in Abhängigkeit des Pumpdruckes und der Befüllmethode in Längsrichtung des Schlauches zu einer Fraktionierung/Entmischung der Partikel, ähnlich dem eines Spülfeldes, kommen.

Die zyklische Befüllung des Schlauches mit Unterbrechungen des Pumpvorganges (vgl. Abbildung 2) führt zu einem diskontinuierlichen Filtrationsprozess, bei dem sich die Druckfiltration infolge des Befüllvorganges mit der Schwerkraftfiltration der Entwässerungsphase abwechselt. Hiermit einher geht eine unterschiedlich stark voranschreitende Konsolidierung des Filterkuchens, der am Ende des gesamten Prozess, nach Öffnung des Schlauches als stichfestes Material abgebaggert und entsorgt werden kann.

2.2 Systemkomponenten

Die Systementwässerung mittels geotextiler Schläuche, bei der die Entwässerungsschläuche am Ende des Stoffstroms stehen, setzt sich aus mehreren Komponenten zusammen. Das System besteht aus vier elementaren Prozessschritten (vgl. Abbildung 3):

1. Produktion bzw. Förderung des Schlammes
2. Aufbereitung und Konditionierung des Schlammes
3. Entwässerung des Schlammes in geotextilen Schläuchen
4. Entsorgung des entwässerten Materials und Aufbereitung des Filtrats

Projektspezifisch können zusätzliche Schritte (z. B. eine Siebung, Sedimentation) in den Prozess integriert werden oder einzelne Komponenten aus dem Prozess herausgelöst werden.

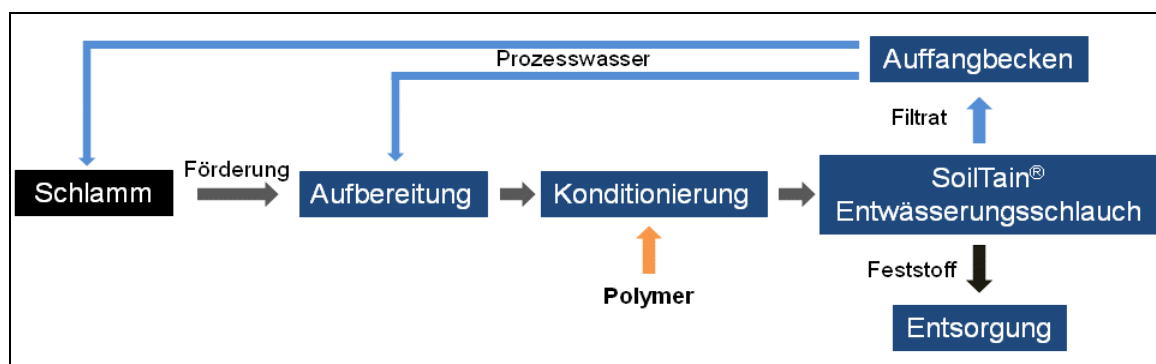


Abbildung 3: Flussdiagramm des Entwässerungsprozesses mittels geotextiler Schläuche

Schlämme können unter anderem als Teil eines industriellen Prozesses (z. B. in der Aluminiumproduktion als „Rotschlamm“, bei Kläranlagen, etc.) anfallen oder auch durch Sedimentation von Schwebstoffen in z. B. Hafenbecken, Regenrückhaltebecken, Flussläufen oder Kanälen. Im erstgenannten Fall kann die Entwässerung direkt und kontinuierlich in den Pro-

duktionsprozess integriert werden, wohingegen für den zuletzt genannten Fall in gewissen zeitlichen Abständen eine Räumungskampagne durchzuführen ist. Hierbei muss zwischen der Nassbaggerung durch z. B. einen Schneidkopfsaugbagger und der Trockenbaggerung unterschieden werden. Die Trockenbaggerung wird aber in der Regel nicht in Verbindung mit Entwässerungsschläuchen zum Einsatz gebracht, aus welchem Grund dieses Verfahren in diesem Kontext nicht weiter erörtert wird. Per hydraulischer Förderung mittels Saugbagger oder Pumpe kann die direkte Bepflung der geotextilen Schläuche erfolgen oder alternativ die Befüllung eines Zwischenspeichers, einer sogenannten Suspensionsvorlage. Der mit einem Rührwerk versehene Vorlagebehälter ermöglicht die Homogenisierung des Schlammes sowie die Einstellung eines vordefinierten Trockensubstanzgehaltes (TS) durch z. B. die Zugabe von Prozesswasser. Des Weiteren kann an dieser Stelle eine erste Abscheidung sehr grober Schlammbestandteile, z. B. durch Siebe und Rechen, erfolgen. Die Größe der mitgeführten Schlammteilchen hängt stark von der Art der Förderung als auch der Leistung des Fördermittels ab. Vor allem bei sehr großen Pumpleistungen fungiert die Vorlage auch als Puffer, um den Druck innerhalb der Entwässerungsschläuche zu reduzieren. Von der Vorlage werden anschließend mit Hilfe eines Spülleitungssystems die Entwässerungsschläuche beschickt. Hinsichtlich der Beimischung der Flockungshilfsmittel verringert, vor allem bei sehr hohen Förderleistungen, ein Puffer die Wahrscheinlichkeit, dass die sich ausbildende Flocke in Folge der Turbulenz und zu hohen Strömungsgeschwindigkeit innerhalb der Leitungen zerstört wird. Die Konditionierung des Schlammes mit Flockungshilfsmitteln (FHM) kann jedoch bei entsprechendem Equipment auch ohne Probleme bei der Direktbepflung erfolgen. Die Wirkungsweise der Flockungshilfsmittel, auch Polyelektrolyte genannt, besteht in einer Agglomeration der in der Suspensionen enthaltenen Schwebstoffteilchen, wodurch die Entwässerung vereinfacht bzw. in den meisten Fällen erst ein zufriedenstellendes Entwässerungsergebnis ermöglicht werden kann. Mit Zunahme der mineralischen Fraktion des Schlammes wird das potentiell zu erzielende Entwässerungsergebnis, d. h. der Trockensubstanzgehalt des entwässerten Materials, größer, wohingegen mit Zunahme der organischen Fraktion der Schlamm als immer problematischer hinsichtlich der möglichen Entwässerung einzustufen ist.

Nach der Entwässerung bzw. Filtration des Schlammes innerhalb der geotextilen Schläuche kann nach Öffnung des Schlauches das stichfeste und entwässerte Material fachgerecht entsorgt werden. Das während der Entwässerung austretende Filtrat kann je nach Beschaffenheit dem Prozess wieder zugeführt werden, zwecks Kontrolle zwischengelagert oder auch direkt in ein Gewässer eingeleitet werden. Entsprechend der Kontamination und Art des Materials innerhalb der Schläuche kann die Verwendung gemäß LAGA [10] erfolgen oder die anschließende Deponierung bzw. Verbrennung erforderlich sein. Hinsichtlich der Öffnung der

geotextilen Schläuche sollte in diesem Kontext erwähnt werden, dass die Öffnung der Schläuche mit einer nicht möglichen Wiederverwendung gleichzusetzen ist. Es sollte jedoch auch nicht unerwähnt bleiben, dass die Entwässerungsschläuche im Vergleich zu konventionellen Entwässerungsverfahren eine permanente Lagerung/Einkapselung des Filtrationsrückstandes ermöglichen und sich kosteneffizienter betreiben lassen.

2.3 Geotextile Entwässerungsschläuche – Bemessung und Eigenschaften

Im Hinblick auf die Bemessung geotextiler Filterschläuche kann zwischen der Schlauchstatik zur Berechnung der erforderlichen Zugfestigkeit und der Bestimmung eines geeigneten Schlauchmaterials anhand ausgewählter Filter- und Kolmationskriterien unterschieden werden. Auf Basis der linearen Membrantheorie wird üblicherweise die erforderliche Zugfestigkeit der dehnsteifen Schlauchhülle in Abhängigkeit des Umfangs, der Befüllhöhe oder des Pumpdrucks ermittelt [11]. In der Praxis erfolgt die Bemessung mittels Software-Programmen wie GeoCoPS oder SOFFTWIN. Bei zur Hilfe nahme dieser Programme gestaltet sich die Ermittlung der erforderlichen Zugfestigkeit unter Berücksichtigung produktspezifischer Abminderungsfaktoren relativ einfach. Dennoch dürfen bezüglich der Bemessung gewisse Faktoren nicht außer Acht gelassen werden. Abbildung 3 verdeutlicht die exponentielle Zunahme der in der geotextilen Hülle aktivierten radialen Zugkräfte T_c (auf der y-Achse) mit zunehmender Füllhöhe h des Schlauches. Um die Auslastung des Systems zu veranschaulichen, ist auf der x-Achse das Verhältnis der Befüllhöhe des Schlauches h zu dem theoretischen Durchmesser des Entwässerungsschlauches D , der dem Durchmesser eines perfekt geformten Kreises entspricht, aufgetragen. Hierbei sei angemerkt, dass ein höherer Auslastungsgrad eines größeren Schlauches mit einer erheblich vergrößerten Lagerkapazität einhergeht. Projektspezifisch sind folglich diese Faktoren (theoretischer Durchmesser, maximale Befüllhöhe, Kapazität des Schlauches, erforderliche Zugfestigkeit des Gewebes) gegeneinander abzuwägen.

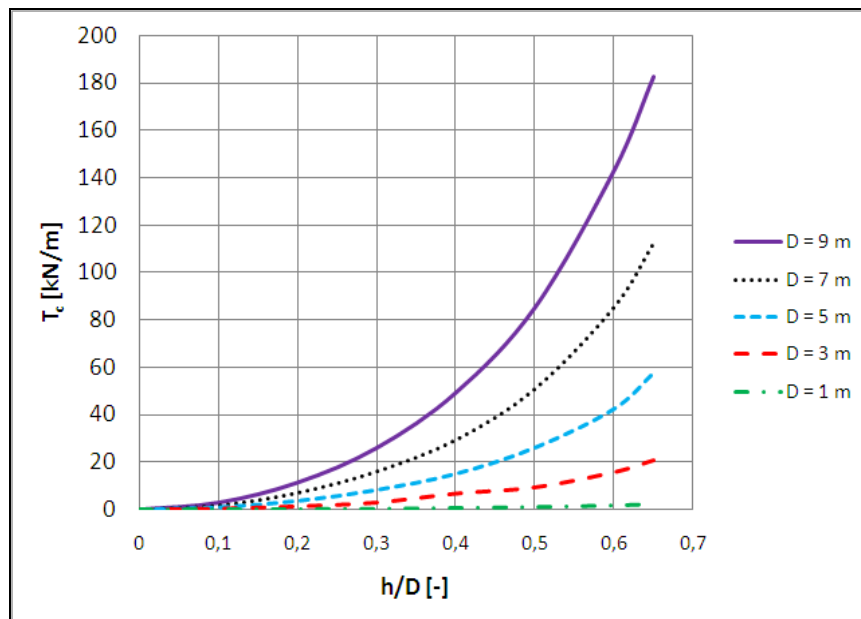


Abbildung 4: Zunahme der radialen Zugspannungen innerhalb der geotextilen Schlauchhülle für Schläuche unterschiedlichen Durchmessers in Abhängigkeit der relativen Füllhöhe

Problematischer als die statische Berechnung der erforderlichen Zugfestigkeit gestaltet sich hingegen die Bestimmung eines geeigneten Gewebes mit entsprechenden Charakteristika (Öffnungsweite und Permeabilität) für die Schlauchhülle, die als Filtermedium für feinkörnige Sedimente oder Suspensionen fungiert.

In diesem Rahmen seien auszugsweise erwähnt klassische Filterkriterien nach Giroud [8]:

$$O_{95} \leq d_{85}$$

mit:

O_{95} : Spezifische Öffnungsweite des Geotextils [μm]

d_{85} : Durchmesser der Bodenpartikel bei 85 % Siebdurchgang [μm]

oder ein nach Aydilek [2] mit Hilfe eines numerischen Simulationsprogrammes (RETAIN) entwickeltes Filterkriterium für schluffige Sande:

$$\frac{O_{95}}{D_{50}} < 1$$

für alle POA's (Percent Open Area) mit:

O_{95} : Spezifische Öffnungsweite des Geotextils [μm]

D_{50} : Durchmesser der Bodenpartikel bei 50 % Siebdurchgang [μm]

Liao [13] entwickelte speziell für die Entwässerung mit geotextilen Schläuchen ein Retentionskriterium:

$$\frac{O_{100}}{D_{85}} \leq 3$$

mit:

O_{100} : Spezifische Öffnungsweite des Geotextils [μm]

D_{85} : Durchmesser der Bodenpartikel bei 85 % Siebdurchgang [μm]

Für zusätzliche Details, weiterführende Filter- und Kolmationskriterien kann in diesem Kontext auf Cantré [4] verwiesen werden. Trotz aller weiteren Auswahlkriterien im Hinblick auf das Filtermedium, darf bei der Betrachtung des Filterverhaltens der Einfluss der Zugabe der Polymere nicht außer Acht gelassen werden (vgl. [16]). Des Weiteren muss prinzipiell zu den Bemessungsansätzen erwähnt werden, dass für eine Berechnung und präzise Abbildung des Prozesses der Entwässerung mittels geotextiler Schläuche folgende Faktoren je nach Ablauf und Schlammbeschaffenheit erschwerend hinzukommen:

- Inhomogene Suspension mit unterschiedlicher Partikelzusammensetzung
- schwankender Volumenstrom im Falle einer direkten Bespülung
- schwankende Feststoffgehalte im Zulauf
- Variation der Schlammbeschaffenheit durch diskontinuierliche Zugabe der Flockungshilfsmittel
- Inhomogenität des Filterkuchens
- turbulente Anströmung des Filtermediums/Filterkuchens

Zur Bestimmung des geeigneten Filtergewebes und vor allem des geeigneten Flockungshilfsmittels sind Vorversuche, wie z. B. ein „Hanging-Bag-Test“ oder ein Druckfiltrationstest, zwingend erforderlich. Neuere Untersuchungen versuchen anhand der „Hanging-Bag“-Versuche Rückschlüsse auf den erforderlichen Zeitraum für das Erreichen eines definierten Trockensubstanzgehaltes bei der Entwässerung durch geotextile Schläuche zu ermöglichen (vgl. [18]). Da jedoch die geometrische Form des „Bags“ wesentlich von dem eines Schlauches abweicht und eine Simulation des Befüllvorganges ähnlich dem eines Entwässerungsschlauches für den „Bag“ nahezu unmöglich ist, entwickelte das Geosynthetic Research Institute (GRI) aus den Vereinigten Staaten von Amerika einen „Pillow“ (Kissen) Test [7], mit

dem sowohl die geometrisch bedingten Effekte als auch der Befüllvorgang besser abgebildet werden können. Die bestmöglichen Ergebnisse liefert ein großmaßstäblicher Feldversuch, dessen Kosten immer in bezug zur Projektgröße abgewogen werden müssen.



Abbildung 5: „Hanging-Bag-Test“ nach Koerner [9]

Bei der Projektausführung ermöglicht nur die Verwendung eines speziellen Filtergewebes in Kombination mit einem geeigneten Flockungshilfsmittel, die beide auf das zu entwässernde Material abgestimmt sind, ein optimales schwebstoffarmes Filtrat und ein zufriedenstellendes Ergebnis. Dass die Auswahl eines geeigneten Gewebes für das Filtrationsergebnis extrem bedeutsam ist, wurde z. B. an Hand von Liao ausgeführten Versuchen bestätigt [12].

2.4 Konstruktive Ausbildung des Entwässerungsfeldes

Je nach Grad der Kontamination des Filtrates und des Schlammes sowie den örtlichen Gegebenheiten muss das Dichtungssystem des Entwässerungsfeldes darauf abgestimmt werden. Ein wesentlicher Vorteil des Systems geotextiler Entwässerungsschläuche liegt in der Mobilität und der relativen Unabhängigkeit von existierender Infrastruktur. Somit liegt die Konstruktion eines temporären Entwässerungsfeldes entsprechend Abbildung 6 und 7 nahe. Dies ist vor allem für zeitlich befristete Räumkampagnen gängige Praxis. Unter Ausnutzung lokaler Gegebenheiten können aber auch z. B. ehemalige Klärschlammbecken bei Verwendung einer mineralischen Drainageschicht zu Entwässerungsplätzen umfunktioniert werden (vgl. Abbildung 8).

Als sehr praktikable Lösung für die Konstruktion des Abdichtungssystems haben sich PE-LD Kunststoffdichtungsbahnen bewährt, da sie werksseitig zu großflächigen Panels verschweißt werden können, wodurch der Arbeitsaufwand auf der Baustelle minimiert werden kann.



Abbildung 6: Zur Aufnahme der Entwässerungsschläuche vorbereitete temporäre Entwässerungsfläche mit Randdamm, Kunststoffdichtungsbahn, Schutzvliesstoff und Drainageschicht

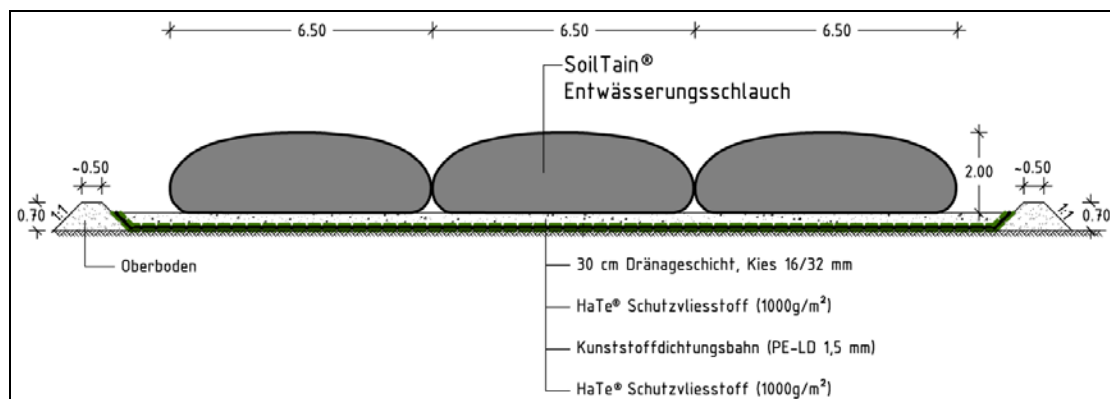


Abbildung 7: Schematischer Querschnitt eines temporären Entwässerungsfelds mit drei positionierten Entwässerungsschläuchen und beispielhaftem Abdichtungssystem

Bedingt durch vorhandene Kontaminationen, kann das temporäre Entwässerungsfeld aber auch mit einem wesentlich höherwertigen Abdichtungssystem versehen werden. Erwähnt sei hier Auerbach [1], wo infolge der mit Öl kontaminierten Schlämme das Entwässerungsfeld

mit zwei voneinander entkoppelten Lagen 1,5 mm starker HD-PE Kunststoffdichtungsbahnen versehen wurde.



Abbildung 8: Permanente Lagerungsfläche und Entwässerungsfeld, bestehend aus einer Stahlbetonwanne mit Drainageschicht und zur Befüllung vorbereiteten Entwässerungsschläuchen im Hintergrund

Unabhängig von der Beschaffenheit des Schlammes oder Filtrats muss der Untergrund erosionssicher ausgebildet werden, um die Erosion des anstehenden Untergrundes infolge des aus dem Schlauch austretenden Wassers zu verhindern.

3. Potentielle Anwendungsgebiete und Ausführungsbeispiele

Entwässert werden können nahezu alle Arten von anfallenden feinkörnigen Suspensionen mit organischen und mineralischen Bestandteilen: Kommunale, Industrielle und Landwirtschaftliche Schlämme sowie marine (kontaminierte) Sedimente.

Um die erfolgreiche Anwendung geotextiler Entwässerungsschläuche in unterschiedlichen Bereichen mit variablen Schlämmen aufzuzeigen, nachfolgend eine beispielhafte kurze Auflistung erfolgreich ausgeführter und laufender Projekte.

Vertematti [17] beschreibt die äußerst erfolgreiche Integration von Entwässerungsschläuchen in eine bestehende Kläranlage in Brasilien, mit deren Hilfe die anfallenden Klärschlammüberschlüsse effizient aufgefangen werden können. Bemerkenswert an diesem Pro-

jekt sind neben der reibungslosen Implementierung außerdem die erzielten Trockensubstanzgehalte des entwässerten hochorganischen Materials, dessen Werte in den Bereichen der maschinellen Entwässerung mittels Zentrifugen liegen.

Auerbach [1] zeigt die mögliche Verwendung von Entwässerungsschläuchen für die Aufbereitung von bei der Ölraffinerie anfallenden Schlämmen auf. Insbesondere die Behandlung und Deponierung von mit Ölrückständen behafteten Schlämmen gestaltet sich nicht nur schwierig sondern auch extrem kostenintensiv. Als alternative und kosteneffiziente Lösung boten sich hier Entwässerungsschläuche an.

Seit 2009 werden die ehemaligen Klärschlammlagunen (siehe Abbildung 9) der russischen Metropole St. Petersburg nahe der Zentralen Mülldeponie mittels geotextiler Schläuche bearbeitet. Hier wurde der in den Kläranlagen der Stadt St. Petersburg anfallende Schlamm in Betonbecken über Jahre hinweg eingelagert. Im Zuge der Umnutzung der umliegenden Flächen soll durch die Beräumung zusätzliche Fläche für industrielle Neuansiedlungen geschaffen werden und ein ökologischer Rückbau der Lagunen erfolgen.



Abbildung 9: Ansicht einer der existierenden bis zu 18 m tiefen Lagunen vor Beginn der Räumungskampagne

Der stark inhomogene und sehr problematische Schlamm, in Bezug sowohl auf enthaltene Schadstoffe (Schwermetallbelastung, etc.) als auch das Entwässerungsverhalten (hoher organischer Anteil), soll nach der Entwässerung dauerhaft in den Schläuchen deponiert wer-

den. Hierzu soll eine adäquate Überdeckung der Schläuche erfolgen. Die Entwässerungsschläuche werden somit in den entstehenden Deponiekörper integriert.



Abbildung 10: Befüllte Entwässerungsschläuche; im Hintergrund die Deponie

2010 erfolgte in dieser Konstellation ein Pilotprojekt für Deutschland. Der Verdener Yachthafen wurde mittels eines amphibischen Schneidkopfsaugbaggers entschlammt, das geförderte Sediment wurde in geotextilen Schläuchen entwässert.



Abbildung 11: Entwässerung des Hafensedimentes

Wissenschaftlich begleitet wurde das Projekt durch die Universität Rostock, die die effiziente und effektive Funktionsweise des Systems anhand der fortwährenden Versuchsüberwachung bestätigen konnte [15].

4. Fazit

Das Verfahren der Entwässerung von Schlämmen mit feinkörnigen organischen und mineralischen Bestandteilen mittels geotextiler Filterschläuche ist im Begriff sich am Markt zu etablieren. Die Umsetzung einer derartigen Maßnahme erfordert ein professionelles Zusammenwirken mehrerer unterschiedlicher Fachdisziplinen. Dennoch liegen in der Flexibilität, Kapazität und Kosteneffizienz des Verfahrens wesentliche Vorteile gegenüber herkömmlichen Systemen.

Das mögliche Anwendungsspektrum der Entwässerungsschläuche gestaltet sich unglaublich breit.

5. Literatur

- [1] Auerbach, A.; Sheizaf, L.: Refinery oil sludge dewatering with geotextile tubes. 9th International Conference on Geosynthetics, Brazil, 23.-27.05.2010.
- [2] Aydilek, A. H.: A semi-analytical methodology for development of woven geotextile filter selection criteria. Geosynthetics International, Vol. 13, No. 2, pp. 59 – 72, 2006.
- [3] Bundesanstalt für Gewässerkunde (bfg): Bewertungskriterien für die Unterbringung von Baggergut an Land. Koblenz, 2005.
- [4] Cantré, S.: Ein Beitrag zur Bemessung geotextiler Schläuche für die Entwässerung von Baggergut. Universität Rostock, Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät, Institut für Umweltingenieurwesen – UIW. Band 10, Rostock, 2008.
- [5] DepV: Verordnung über Deponien und Langzeitlager (Deponieverordnung). Bundesjustizministerium, 27.04.2009.
- [6] Furie, A. B.; Kuchena, S. M.: The Influence of Tensile Stresses on the Filtration Characteristics of Geotextiles. Geosynthetics International, Vol. 2, No. 2, pp. 455 – 471, 1995.
- [7] Geosynthetic Research Institute (GRI): GRI Test Method GT15 – The Pillow Test for Field Assessment of Fabrics/Additives Used for Geotextile Bags, Containers, and Tubes (Draft). Folsom, USA, 03.08.2009.
- [8] Giroud, J. P.: Quantification of geosynthetic behavior. Geosynthetics International, Vol. 12, No. 1, pp. 2 – 27, 2005.

- [9] Koerner, G. R.; Koerner, R. M.: Geotextile tube assessment using a hanging bag test. *Geotextiles and Geomembranes* 24, pp. 129-137, 2006.
- [10] LAGA: Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen: Teil II: Technische Regeln für die Verwertung, 1.2 Bodenmaterial (TR Boden). Verordnung über Deponien und Langzeitlager (Deponieverordnung). Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA), 05.11.2004.
- [11] Leshchinsky, D.; Leshchinsky, O.; Ling, H. I.; Gilbert, P. A.: Geosynthetic Tubes for Confining Pressurized Slurry: Some Design Aspects. *Journal of Geotechnical Engineering*, Vol. 122, No. 8, pp. 682 – 690, August, 1995.
- [12] Liao, K.; Bhatia, S.: Evaluation on filtration performance of woven geotextiles by falling head, pressure filtration test, and hanging bag tests. 8th International Conference on Geosynthetics, Yokohama, Japan, 18.-22.09.2006.
- [13] Liao, K.; Bhatia, S. K.: Geotextile Tube Dewatering: Filtration Criteria. The First Pan American Geosynthetics Conference & Exhibition, 02.-05.03.2008.
- [14] Pilarczyk, K. W.: *Geosynthetics and Geosystems in Hydraulic and Coastal Engineering*. A.A. Balkema, Rotterdam, The Netherlands, 2000.
- [15] Saathoff, F; Cantré, S.: Untersuchungen zur Entwässerbarkeit von Baggergut aus Spotboothäfen in geotextilen Schläuchen (Abschlussbericht). Universität Rostock, Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät, Institut für Umweltingenieurwesen – UIW. Rostock, 18.10.2010. (unveröffentlicht)
- [16] Satyamurthy, R.; Bhatia, S. K.: Effect of polymer conditioning on dewatering characteristics of fine sediment slurry using geotextiles. *Geosynthetics International*, Vol. 16, No. 2, pp. 83 – 96, 2009.
- [17] Vertematti, J. C; Silva, A.: Dewatering system with linear geofoms on the ETE – Ube-rabinha – DMAE – MG sewage treatment plant. 9th International Conference on Geosynthetics, Brazil, 23.-27.05.2010.
- [18] Weggel, J. R.; Silva, A.: Analysis of fluid discharge from a hanging geotextile bag. *Geotextiles and Geomembranes* 29, pp. 65-73, 2011.