

Entwässerung von Baugrubenrückständen mit geotextilen Schläuchen

Dipl.-Ing. Markus Wilke
Dipl.-Ing. Hendrik Geissler
Huesker Synthetic GmbH

1. Einleitung

Im Zuge der Herstellung tiefer Baugruben oder bei oberflächennah anstehendem Grundwasser kann die Fertigung einer horizontalen Dichtebene unter Wasser notwendig werden. Um die reibungslose Installation einer Unterwasserbetonsohle gewährleisten zu können, kann die Entnahme der infolge des konventionellen Baugrubenaushubs an der Sohle sedimentierten Feinstpartikel erforderlich sein. Dies kann im Rahmen einer hydraulischen Förderung mittels Bautaucher, Saugbagger oder Schlammpumpe erfolgen.

Unabhängig vom gewählten Verfahren stellt sich nach der Förderung der Baugrubensedimente die Frage der weiteren Handhabung, Lagerung und finalen Entsorgung. Die gering Feststoff-haltige Suspension ist nahezu nicht zu transportieren und auf Grund dessen bedarf es in der Regel einer direkt auf der Baustelle erfolgenden Behandlung. Für Schlämme besteht der erste Schritt dieses Behandlungsprozesses herkömmlicherweise aus der Reduktion des Wassergehaltes. Zu diesem Zweck existieren konventionelle, mechanische, kostenintensive bzw. energieaufwendige Entwässerungsverfahren (wie z.B. Kammerfilterpresse, etc.) mit beschränkten Prozesskapazitäten im Hinblick auf die anfallenden Volumina. Vor allem bei innerstädtischen Baugruben muss in den meisten Fällen die flächenintensive Herstellung eines Spülfeldes auf Grund der beengten Platzverhältnisse ausgeschlossen werden. Alternativ zu diesen Entwässerungstechniken kann der Einsatz geotextiler Entwässerungsschläuche erfolgen.

2. Prinzipielle Erläuterung des Verfahrens der Entwässerung mit geotextilen Schläuchen

2.1. Systembestandteile und Anordnung

Das System der Entwässerung mittels geotextiler Schläuche setzt sich aus vier elementaren Komponenten/Prozessschritten zusammen, die projektspezifisch modifiziert werden können:

- a) Produktion bzw. Förderung des Schlammes
- b) Aufbereitung und Konditionierung des Schlammes

- c) Entwässerung des Schlammes in geotextilen Schläuchen
- d) Entsorgung des entwässerten Materiales und Aufbereitung des Filtrats

Je nach Ursprung und Herkunftsort des Schlammes (z.B. industrieller Prozess im Gegensatz zu einer Sedimentablagerung in einer Baugrube) kann die Entwässerung direkt und kontinuierlich in den Prozess integriert werden oder muss als Kampagne durchgeführt werden. Im Rahmen einer Räumkampagne mittels Nassbaggerung kann die Bespülung der geotextilen Schläuche direkt erfolgen oder alternativ die vorgeschaltete Befüllung eines Zwischenspeichers, einer sogenannten Suspensionsvorlage. Ein Vorlagebehälter kann zur Homogenisierung des Schlammes verwendet werden, es kann dort eine Abscheidung sehr grober Schlammbestandteile erfolgen oder die Vorlage kann als Puffer fungieren. Bei Anwendungen für Baugruben wird in der Regel auf Grund der vorherrschenden beengten Platzverhältnisse und der nicht vorhandenen Erforderlichkeit hierauf verzichtet.

Die Konditionierung des Schlammes mit Flockungshilfsmitteln (FHM) wird dem Zwischenspeicher nachgeschaltet oder erfolgt bei der zum Einsatz kommenden Direktbespülung unter Verwendung entsprechendem Equipments problemlos "inline". Die Wirkungsweise der Flockungshilfsmittel, auch Polyelektrolyte oder Polymere 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.



Abb. 2.1 Effekt der Zugabe von Polymeren: Schlammsuspension; Suspension nach Zugabe des Flockungshilfsmittels; Filtrat nach Verwendung eine speziellen Filtergewebes (von links nach rechts)

In Bezug auf die Bemessung des geotextilen Entwässerungsschlauches muss zwischen der Schlauchstatik zur Berechnung der erforderlichen Zugfestigkeit des Filtergewebes und der Bestimmung der erforderlichen Filtrationseigenschaften (Permeabilität und Öffnungsweite) unterschieden werden. Hinsichtlich der Zugfestigkeit und deren rechnerischer Bestimmung sei hier auf Leshchinsky (1996) verwiesen. Trotz vorhandener theoretischer Ansätze ist die Wahl eines adäquaten Schlauchmaterials bzw. die Bestimmung dessen hydraulischer Charakteristika in Kombination mit einem geeigneten Polymer nur durch Versuche zu erzielen. Im Vorfeld einer Baumaßnahme ist somit unter allen Umständen durch eine Schlammprobenentnahme und anschließende Laborversuche ein den Schlammcharakteristika entsprechendes Polymer zu wählen. Anschließend kann die Durchführung unterschiedlicher Labor- und Feldversuche (z.B. "Hanging- oder Shopping-bag-test", etc.) erfolgen, um die Wirkungsweise von Flockungshilfsmitteln in Kombination mit Filtergewebe zu bestimmen. Die Aussagekraft dieser Versuche hinsichtlich ableitbarer Parameter variiert, jedoch ermöglichen alle eine elementare Aussage in Bezug auf die Durchführbarkeit einer Filtration.

Nach der Entwässerung des Schlammes bietet sich einerseits die Möglichkeit den Schlauch inklusive des eingekapselten Materials als permanenten Deponiekörper zu verwenden oder andererseits den Schlauch zu öffnen und das stichfeste, entwässerte Material fachgerecht zu entsorgen. In diesem Kontext sollte erwähnt werden, dass es sich bei den geotextilen Entwässerungsschläuchen um ein "Ein-Weg-System" handelt, d.h. eine Öffnung des Schlauches ist mit einer nicht möglichen Wiederverwendung gleichzusetzen. Das während der Entwässerung austretende Filtrat kann je nach Beschaffenheit dem Prozess wieder zugeführt, d.h. in die Baugrube zurückgepumpt, zwecks Kontrolle zwischengelagert oder auch direkt in ein Gewässer eingeleitet werden.

Zur kontrollierten Ableitung des Filtrats und zwecks stabiler Lagerung der Entwässerungsschläuche ist die Errichtung eines temporären Entwässerungsfeldes erforderlich. Je nach Grad der Kontamination des Filtrates und des Schlammes muss das Dichtungssystem des Entwässerungsfeldes darauf abgestimmt werden. Unabhängig von deren Beschaffenheit ist hingegen in jedem Fall die Auflagerfläche der Schläuche erosionssicher auszubilden, um die Abtragung des anstehenden Untergrundes infolge des aus dem Schlauch austretenden Wassers zu verhindern. Darüber hinaus sollte das Feld in Relation zu der Lage der Schläuche weder übermäßige Längs- ($< 1,0\%$) noch Querneigungen ($< 0,1\%$) aufweisen. Unter Ausnutzung lokaler Gegebenheiten können aber auch z.B. Klärschlammbecken oder Parkplätze zu einem Entwässerungsfeld umfunktioniert werden.

2.2. Verfahrenstechnisches Prinzip

Die Entwässerung mittels geotextiler Schläuche ist im verfahrenstechnischen Sinne eine Filtration mit zyklischer Befüllung des Schlauches. Darüber hinaus handelt es sich um 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.

Direkt nach Beginn des Befüllvorganges startet die Abtrennung der festen Komponente aus der kontinuierlichen Flüssigkeitsphase bzw. die Ausbildung des Filterkuchens an der permeablen Trennfläche, in diesem Fall der geotextilen Schlauchhülle. Der Filterkuchen wirkt auf Grund seiner Struktur selbst wie ein Filtermittel und bestimmt wesentlich die Partikelabscheidung im fortgeschrittenen Stadium (sogenannte Kuchenfiltration). Der Aufbau des Filterkuchens beginnt im Anfangsstadium der Filtration mit dem Überbrücken der Poren des Filtergewebes, auch als „Brückenbildung“ bezeichnet. Bis zur vollständigen Brückenbildung ist mit einem „Trübstoß“, einem Durchtritt von Feinstpartikeln, zu rechnen. In der Regel weist der Filterkuchen eine feinere Porenstruktur als das Filtermedium auf, so dass sich die Feinststoffretention unmittelbar nach Beginn des Filtrationsprozesses und der Ausbildung des Filterkuchens nachhaltig verbessert.

Auf Grund der besonderen geometrischen Form des Filtermediums mit einer annähernd ellipsoförmigen Gestalt, kommt es bei der Entwässerung mittels geotextiler Schläuche zu einigen verfahrenstechnischen Besonderheiten. Infolge des Pumpvorganges entsteht ein Überdruck innerhalb des geotextilen Entwässerungsschlauches, der einen der Druckfiltration ähnlichen Zustand erzeugt. In der Entwässerungsphase handelt es sich hingegen maßgeblich um eine reine Schwerkraftfiltration. Durch die Geometrie und das Eigengewicht des Füllmaterials steht die geotextile Schlauchhülle konstant unter einer geringen Zugspannung, die einen minimalen Überdruck innerhalb erzeugt, der die Infiltration von z.B. Regen in den Schlauch 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. In diesem Fall akkumulieren sich die größeren Partikel um den aktiven Einfüllstutzen, wohingegen die Feinstpartikel über die Länge des Schlauches sedimentieren. Dieser Sedimentations- und Fraktionierungsprozess liegt mitbegründet in der Korndichte der Schlammpartikel, einem der entscheidenden Einflussfaktoren auf das Entwässerungsverhalten sowie einem der elementaren Gründe für das unterschiedliche Schwerkraftfiltrationsverhalten von organischen und mineralischen Schlämmen.

3. Ausführungsbeispiele und Erfahrungen

Nachfolgend werden zwei ausgeführte Beispiele für die Verwendung von Entwässerungsschläuchen im Rahmen der Herstellung von Baugruben erläutert und die gewonnenen Erkenntnisse dargelegt.

3.1. Baugrube A66, Neuhof

Bis zum Jahr 2014 soll der ca. 7 km lange Lückenschluss der A 66 zwischen den Anschlussstellen Neuhof-Süd und Fulda-Süd abgeschlossen sein. Das Herzstück dieses Abschnitts ist dabei der ca. 1,6 km lange, ca. 25 m breite und 10 m hohe Tunnel durch Neuhof, der in offener Bauweise durch die ARGE A66 Neuhof Bickhardt Bau AG/Herrmann Kirchner Hoch- und Ingenieurbau GmbH/Hochtief Solutions AG erstellt wird.



Abb. 3.1 Ansicht der Baugrube mit Saugbagger (Watermaster) und Entwässerungsschläuchen

Zur Herstellung der Sohle im Frühjahr bis Herbst 2012 wurden ca. 15.000 m³ Unterwasserbeton eingebaut und ca. 20.000m³ Schlamm aus der in drei Abschnitten eingeteilten Baugrube mittels der Entwässerungsschläuche behandelt.



Abb. 3.2 Entwässerungsschlauch auf dem Entwässerungsfeld im Betrieb

Durch die beengten Verhältnisse auf der Baustelle waren die für die Entwässerung benötigten Flächen nur zeitweilig verfügbar und um einen optimalen Ausnutzungsgrad der verfügbaren Flächen zu erzielen, war eine projektspezifische Konfektion mit individuellen Schlauchabmessungen erforderlich. Das Beckensediment wurde über eine mobile Polymeransatz- und -aufbereitungsstation mit Flockungshilfsmitteln versetzt und anschliessend in den Schläuchen entwässert. Zur Schlammförderung wurde zunächst eine schwimmende Spezialbaumaschine vom Typ Watermaster eingesetzt, im weiteren Verlauf der Baumaßnahme übernahmen jedoch Bautaucher diese Aufgabe, da sich im vorliegenden Projekt dieses Vorgehen als vorteilhafter erwies. Der maximal erzielte Trockenrückstand des entwässerten Materials lag nach ca. 3 Wochen bei 69 Masse-%.



Abb. 3.3 *Abtransport des entwässerten Materials*

3.2. Baugrube Hamburg-Harburg

Im Zuge der Umgestaltung des Geländes im Harburger Hafen in Hamburg wurde zur Errichtung eines Bauwerks eine gespundete Baugrube errichtet. Um die Beräumung der Baugrubensohle vor der Betonage der Unterwasserbetonsohle durchzuführen wurden zwei Verfahren in Kombination zum Einsatz gebracht. Die großvolumige Entnahme des sedimentierten Materials wurde durch eine Hydraulikbagger geführte Schlammpumpe getätigt. Anschließend wurde mittels Bautaucher eine Nachprofilierung der Sohle ausgeführt. Das geförderte Material wurde unter der Zugabe von Flockungshilfsmitteln mit Hilfe zweier Schläuche entwässert, wobei das Filtrat aufgefangen und in die Baugrube zurückgeführt wurde.

Im Zuge des Projektes wurde sowohl das Material vor und nach der Behandlung/Entwässerung als auch das Spülwasser bzw. das Filtrat beprobt und analysiert.



Abb. 3.4 Ansicht der Baugrube mit Förderequipment

3.2.1. Projektbegleitende Analytik

Vor Beginn der Maßnahme wurde das an der Sohle sedimentierte Material im Hinblick auf eine stoffliche Verwertung als LAGA Z-2 klassifiziert.

Während der Durchführung des Projektes wurde das Prozesswasser über einen Zeitraum von zwei Wochen viermal analysiert. Hierzu wurden Proben im Zulauf vor der Zugabe des Flockungshilfsmittels und im Ablauf nach der Filtration durch die geotextilen Entwässerungsschläuche vor Rückgabe des Wassers in die Baugrube entnommen.

Anhand der ausgewerteten Daten konnte festgestellt werden, dass Partikel und an Partikel gebundene Substanzen und Nährstoffe durch die Filtration über die geotextilen Schläuche zurückgehalten wurden. Die abfiltrierbaren Stoffe verringerten sich um ein Vielfaches von maximal 556 mg/L auf maximal 25 mg/L (vgl. Abbildung 3.5). Der Gesamtphosphorgehalt als auch Eisen, Mangan und Aluminium wurden stark abgesenkt. Exemplarisch hierfür ist der Verlauf der Aluminiumkonzentration in Abbildung 3.6 ersichtlich. Auf wasserlösliche Substanzen wie Salze hatte das Verfahren keinen reduzierenden Einfluss.

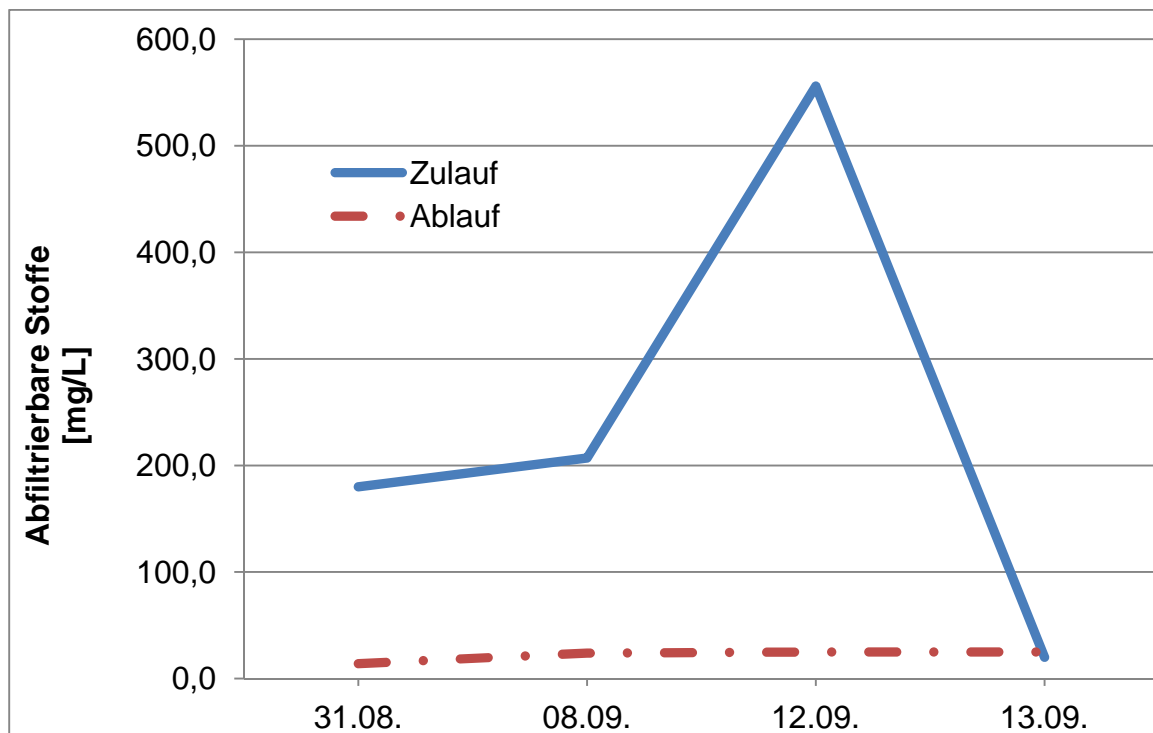


Abb. 3.5 Verlauf der Konzentration der abfiltrierbaren Stoffe im Zulauf vor Zugabe des Flockungshilfsmittels und im Ablauf nach Filtration mittels der geotextilen Schläuche

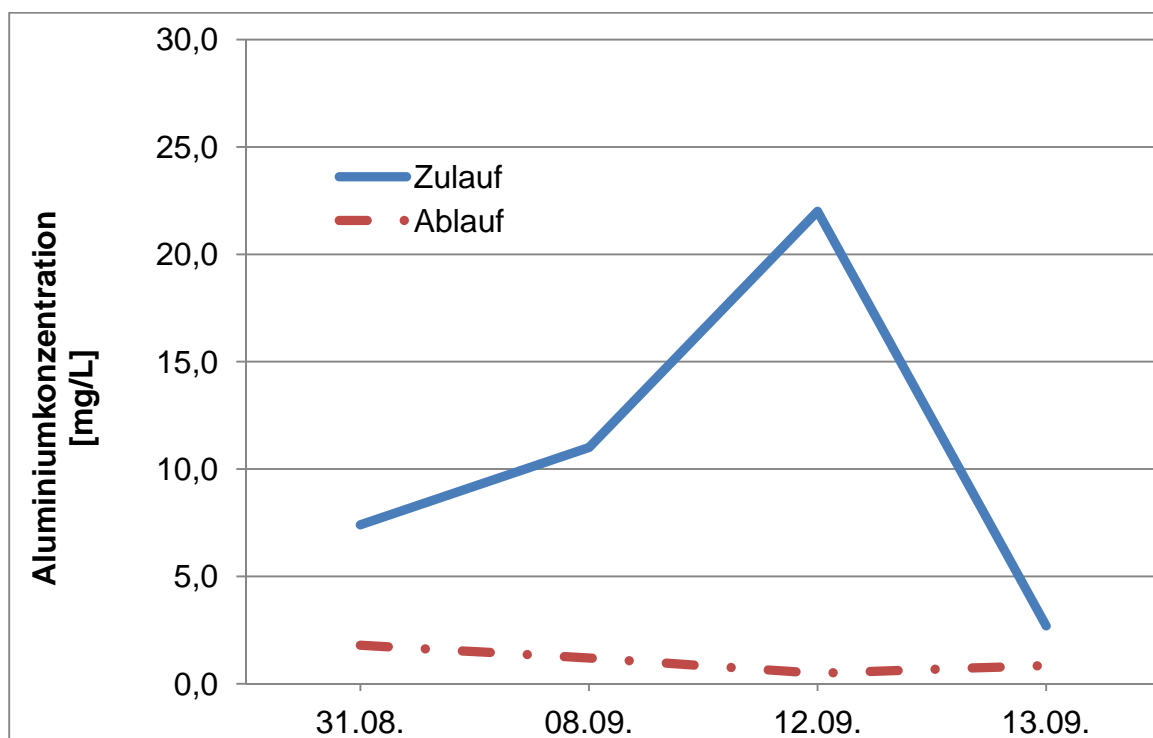


Abb. 3.6 Verlauf der Aluminiumkonzentration im Zulauf vor Zugabe des Flockungshilfsmittels und im Ablauf nach Filtration mittels der geotextilen Schläuche

Kennzeichnend für den Grad der Entwässerung ist der Trockenrückstand des innerhalb der Schläuche befindlichen Materials. Die Ermittlung kann unter anderem nach DIN ISO 11465: 1996-12 oder auch nach DIN 18121-2: 2012-02 erfolgen. Eine Woche nach Abschluss der Räumkampagne wurde der Trockenrückstand über einen Zeitraum von zwei Wochen an Hand dreier Entnahmen aus den Schläuchen nach DIN ISO 11465: 1996-12 bestimmt. Der zeitliche Verlauf ist in Abbildung 3.7 dargestellt. Es konnte eine Woche nach Abschluss der Befüllung keine wesentliche Veränderung innerhalb der nächsten zwei Wochen festgestellt werden.

Darüber hinaus wurde bei der ersten Entnahme ebenfalls eine Analyse hinsichtlich der LAGA-Klassifikation durchgeführt. Hierbei wurden die Ergebnisse der Untersuchung im Vorfeld der Maßnahme bestätigt.

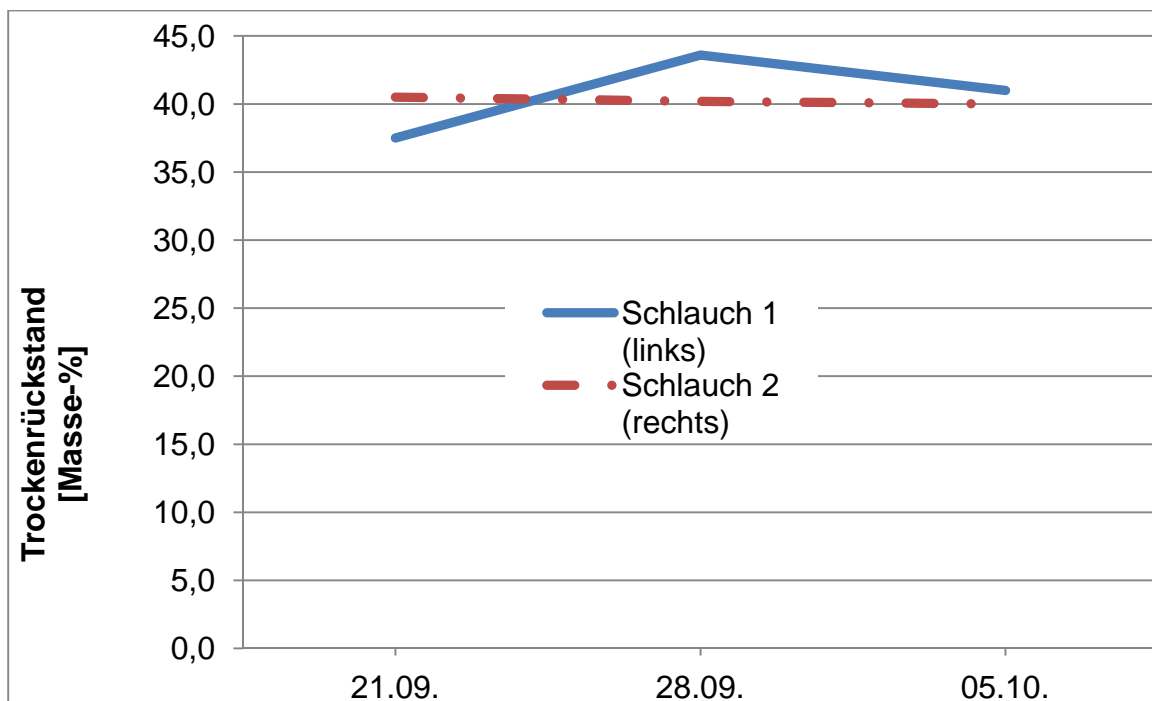


Abb. 3.7 Verlauf des Trockenrückstandes des entwässerten Materials innerhalb der Schläuche nach Beendigung der Befüllung (14.09.) über die Zeit

3.2.2. Fazit

Im Zuge der Baumaßnahme wurden der Einfluss der Flockungshilfsmittel sowohl auf das entwässerte Material als auch das Filtrat analysiert. Auf Basis der vorliegenden Ergebnisse konnte keine nachhaltige Veränderung des im Schlauch abgelagerten Filterrückstandes festgestellt werden. Das Verfahren wirkte sich hingegen positiv auf die Qualität des Rücklaufwassers aus. Partikel, Nährstoffe und Metalle wurden effektiv im Schlauch zurückgehalten bzw. eingekapselt. Die Übertragbarkeit der Ergebnisse ist jedoch nicht pauschal gegeben, da

das Ergebnis stark von den Schlammcharakteristika als auch dem gewählten Flockungshilfsmittel beeinflusst wird.

4. Zusammenfassung und Ausblick

Das Verfahren zur Entwässerung von Schlämmen mittels geotextiler Filterschläuche, welches ursprünglich aus dem Sektor der Umwelttechnik bzw. der Gewässersanierung stammt, wurde erfolgreich in klassische Tiefbaumaßnahmen implementiert. Ausgeführte Projekte belegen seine Praktikabilität und Kosteneffizienz. Vor allem im Hinblick auf große zu behandelnde Schlammvolumina bei gleichzeitig beengten Platzverhältnissen liegen die Vorteile des Verfahrens auf der Hand. Die Umsetzung einer derartigen Maßnahme erfordert jedoch ein professionelles Zusammenwirken mehrerer unterschiedlicher Fachdisziplinen.

5. Literatur

Leshchinsky, D.; Leshchinsky, O.; Ling, H.I.; Gilbert, P.A. (1996): Geosynthetic Tubes for Confining Pressurized Slurry: Some Design Aspects, in Journal of Geotechnical Engineering, Vol. 122, no.8, Hrsg. American Society of Civil Engineers, S. 682-690

Autoren:

Markus Wilke
HUESKER Synthetic GmbH
Fabrikstrasse 13-15, 48712 Gescher
wilke@huesker.de

Hendrik Geissler
HUESKER Synthetic GmbH
Fabrikstrasse 13-15, 48712 Gescher
geissler@huesker.de