

# SCHLAMMTEICHABDECKUNGEN MIT PROJEKTSPEZIFISCH GEFERTIGTEN GEOKUNSTSTOFFEN

O. Syllwasschy

Huesker Synthetic GmbH, Gescher

O. Detert

Huesker Synthetic GmbH, Gescher

**KURZFASSUNG:** Die Oberflächenabdeckung von Grubendeponien, welche mit extrem weichen Böden und Schlämmen gefüllt sind, erfordert projektspezifisch genau angepasste Lösungen sowohl für den Bauablauf als auch die Produktauswahl. In der Vergangenheit haben sich mehrlagige Systeme aus Geokunststoffen und mineralischen Komponenten bereits in vielen Fällen als zeitsparende und kostengünstige Bauweise bewährt. Anhand zweier aktueller Projekte werden Besonderheiten in der Produktwahl, der Planung und des Bauablaufes vorgestellt. Hauptaugenmerk liegt hierbei auf der Darstellung der Ausführung, während Bemessung und Ausführungsplanung nur kurz angeschnitten werden.

The cover of sludge lagoons filled with very soft soils and sludges requires well adapted project solutions for time schedule as well as for the reinforcing material. In the past multilayer systems consisting of geosynthetics and mineral components showed in several projects that they are cost effective and time-saving construction methods. On the basis of two topical projects characteristics of choice of reinforcement, design and work schedule will be presented. Main emphasis is put on presenting the execution, whereas design and work schedule are just shortly touched on.

## 1 EINLEITUNG

Der Aufbau der Überdeckung bzw. Abdichtung richtet sich im Normalfall nach den Vorgaben des Auftraggebers bzw. der zuständigen Genehmigungsbehörden und der geplanten Folgenutzung. Er kann im einfachsten Fall aus einem Geokunststoff und Füllboden oder aber auch aus mehreren Lagen Geotextilien mit einer hochwertigen Überdeckung und qualifizierter Oberflächenabdichtung bestehen.

Die Geokunststoffbewehrung stabilisiert den weichen Untergrund und ermöglicht den Aufbau der Abdeckungsschichten. Der Schlamm bleibt in seiner ursprünglichen Form erhalten. Er braucht nicht zusätzlich aufwendig chemisch stabilisiert oder anders vorbehandelt zu werden. Die Fläche wird begehbar und Baufahrzeuge können die Fläche vorsichtig befahren und abdecken ohne einzusinken.

Die Abdeckung von Schlammteichen erfordert somit eine der Situation angepasste Bemessung der erforderlichen Zugfestigkeit sowie eine auf die jeweilige Situation abgestimmte Bauweise.

- Schichtung und maximale Tiefen des weichen Untergrundes
- Beckendimensionen
- Wasserstände
- Verkehrslasten aus Einbaugeräten

Je nach Ablagerungsgeschichte, Entwässerungsbedingungen und Witterungen können auch die hydraulischen und mechanischen Eigenschaften des Schlammes starken Schwankungen unterliegen, so dass auch hier sowohl über die Fläche verteilt als auch im Tiefenprofil Abweichungen auftreten können. Je nach Verteilung und Einbauverfahren kann es sinnvoll sein entweder örtlich unterschiedlich starke Bewehrungen einzubauen, z.B. bei großen Becken mit sehr inhomogenen Schlammparametern, oder die schlechtesten Schlammparameter für die gesamte Fläche zugrunde zu legen, z.B. bei kleinen Becken oder Becken, wo die unterschiedlichen Schlammbereiche nicht genau bekannt sind (Abb. 2-1)

## 2 ENTWURFSPLANUNG

Grundlage der Bemessung ist eine umfangreiche Erkundung des Baugrundes. Dies kann mit einem erhöhten Arbeitsaufwand im Vergleich zu herkömmlichen Projekten verbunden sein. Oftmals sind die Ablagerungen nicht direkt, sondern aufgrund der weichen bis flüssigen Konsistenz nur bei extremer Witterung (langer Frost oder Trockenheit) oder mit Hilfsmitteln wie Pontons oder Booten begehbar.

Für die Bemessung sind folgende Angaben notwendig:

- Bodenmechanische Parameter des Untergrundes und des Füllmaterials
- Aufbau der Abdeckung



Abbildung 2-1 Alllast Schlammbecken



Hilfe von Traversen an Winden oder Baugerät gezogen ausgerollt werden. In Grenzfällen ist die Begehrbarkeit nach oder beim Verlegen des Trennvlieses oder der Bewehrung gegeben, so dass noch vor Kopf verlegt werden kann. Vorteilhaft bei einer direkten Begehrbarkeit ist die bessere Kontrolle der Verlegung und Position. Ist das Becken nicht begehrbar und werden die Geokunststoffe über Seile gezogen, hat es sich bei kleineren Abmessungen als vorteilhaft erwiesen seitliche Führungsseile an den Bahnen anzubringen und sie so seitlich in Position zu ziehen.

Ein besonderer Fall stellt die Verlegung in wassergefüllten Becken dar. Hier bietet es sich an von Pontons aus vorgefertigte Panels zu verlegen und gleichzeitig mit Boden zu beschweren.

### 3 FALLBEISPIELE

#### 3.1 Tagebaurestloch "Grube Hoffnung"

Die ehemalige Tongrube, südöstlich der Stadt Helmstedt bei Völpke auf dem Gebiet der ehemaligen DDR gelegen, wurde nach ihrer Stilllegung als Sonderabfalldeponie genutzt (Abb. 3.1-1). Die Geologie bot hier ein natürliches, basisgedichtetes Tonbecken, welches sowohl mit Schlämmen als auch mit anderen, unterschiedlichsten Sonderabfällen befüllt wurde. Die wesentlichen Bestandteile waren Aschen und Kohletrübe, also Rückstände aus der Kohleveredelung.



Abbildung 3.1-1 Tagebaurestloch Grube Hoffnung

Nach Deponieschließung füllte sich das Becken durch Niederschlagswasser bis teilweise mehr als 2 m über Schlammoberfläche an. Die zuständige Genehmigungsbehörde ordnete 2002 eine Abdeckung der offenen Grube an, um so einen direkten Kontakt zur Umwelt zu vermeiden als auch das weitere Eindringen von Oberflächenwasser zu reduzieren. Die Überdeckung sollte an den tiefsten Stellen bis zu 5 m hoch sein, eine Abdichtung war in Form einer 30 cm dicken Tondichtung vorgesehen. Als spätere Nutzung war eine Grünfläche vorgesehen, die sich harmonisch in die leicht gewellte Landschaft integriert.

Der Schlamm wies thixotrope Eigenschaften auf, zeigte an der Oberfläche eine schollenförmig gerissene Kruste, in welcher sich blaue und weiße Salzkristalle unter der schwarzbraunen Oberfläche ausbildeten (Abb. 3.1-2). Die Grube blieb vom Betriebsende bis zum Beginn der Bauarbeiten unberührt, sodass nur eine natürliche Konsolidierung eintreten konnte. Dies zeigte sich auch bei den vorgenommenen Sondierungen, welche gerade im wasserbedeckten Bereich undrännierte Scherfestigkeiten im Bereich von  $c_u = 0,5 \text{ kN/m}^2$  oder weniger ergaben.

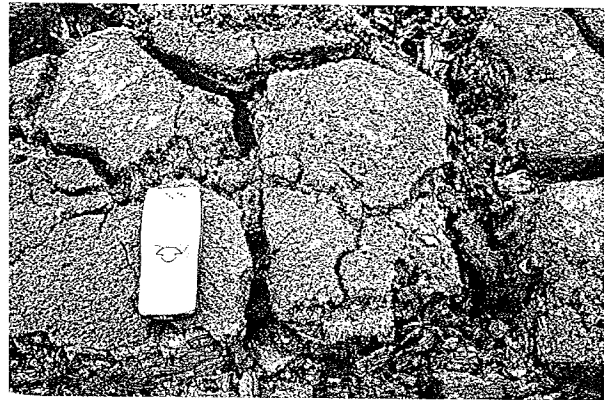


Abbildung 3.1-2 Schlammoberfläche

Bevor die Arbeiten beginnen konnten, mussten 65.000 m<sup>3</sup> Oberflächenwasser abgepumpt, in einer lokal errichteten Kläranlage aufbereitet und einem Vorfluter zugeführt werden. Die Planung erfolgte durch das Büro HPC Harress Pickel Consult in Merseburg und sah für die Geotextillage vor ein Trenn- und Filtervlies in Verbindung mit biaxialen PP-Geogittern zu verlegen. Von der abzudeckenden Fläche waren ca. 50 % begehrbar.

##### 3.1.1 Planungskonzept

Die Planung sah vor zuerst ein 250 g/m<sup>2</sup> Vlies zu verlegen, auf dem dann in Bereichen mit steiferen Schlämmen eine einlagige bzw. in den weichen Bereichen eine zweilagige Bewehrung aus biaxialen PP-Geogittern mit Kurzzeitzugfestigkeiten  $F_k = 60$  bzw. 80 kN/m folgten.



Abbildung 3.1-3 Verlegeplan 1. und 2. Lage Geogitter

Zusätzlich wurde der weichere, südliche Bereich durch Stützdämme in vier kleinere, leichter abzudeckende Becken unterteilt.

##### 3.1.2 Projektausführung

Nach der Profilierung der steilen Randbereiche auf eine Neigung von 1:3 (Abb. 3.1-4) erfolgte die Verlegung von Vlies und Geogitter, welche in Randdämmen durch Auflast verankert wurden (Abb. 3.1-5). In dem begehrbaren Bereich konnten die Vliesrollen von Hand, tlw. mit Hilfe von Traversen verlegt werden. Das Vlies bot bereits eine ausreichende Stabilisierung, dass der Schlamm problemlos und sicher betreten werden konnte, auch wenn lokal durch

Wippen eingebrachte Erschütterungen den Untergrund verflüssigten.

Aufgrund der ausgerundeten Geometrie der Grube war in vielen Bereichen eine mehrfache Überlappung notwendig um eine durchgehende Überdeckung und gleichzeitig zugfeste Verankerung zu ermöglichen.



Abbildung 3.1-4 Profilierung der Böschungen auf 1:3

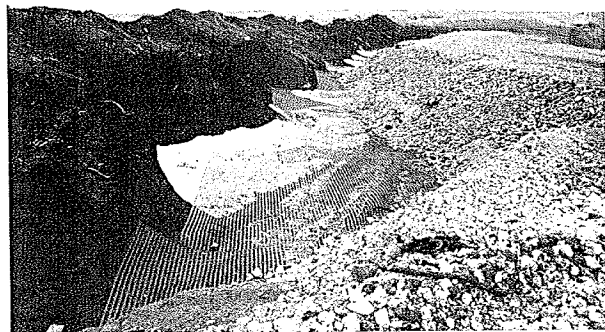


Abbildung 3.1-5 Verankerung im Randwall

Die Überdeckung mit hochwertigem Tragschichtmaterial erfolgte durch einen Pistenbully (Abb. 3.1-6), der das im Randbereich von Dumpfern abgeladene Material in Lagen von ca. 30 cm über die Geogitter verteilte.

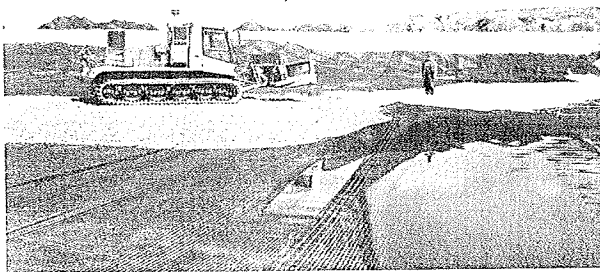


Abbildung 3.1-6 Pistenbully beim Einbau (Bild HPC)

Der tiefergelegene, lange Zeit mit Wasser bedeckte Bereich der Grube wies eine wesentlich weichere Konsistenz auf (Abb. 3.1-7).

Hier verschwanden geworfene Steine sofort im Schlamm, tlw. schloss sich der Wurfkrater nach dem Ver-

sinken des Steins wieder. Die Untersuchung mit der Scherflügelsonde ergab hier kaum verwertbare Ergebnisse.

Die Arbeiten, in dieser Art von Jaeger Umwelttechnik in Berneburg zum ersten Mal ausgeführt, waren nur unter besonderen Vorkehrungen möglich. Dies zeigte sich nachdem in einem Bereich trotz umsichtigem Vorgehen bereits durch Baugerät ein Geländebruch erzeugt worden war.



Abbildung 3.1-7 Extrem weicher Bereich mit Geländebruch

Nach Erstellung der Stützdämme (Abb.3.1-8) aus Betonbruch bis zu Blockgrößen von 1 m konnten die Verlegearbeiten beginnen.

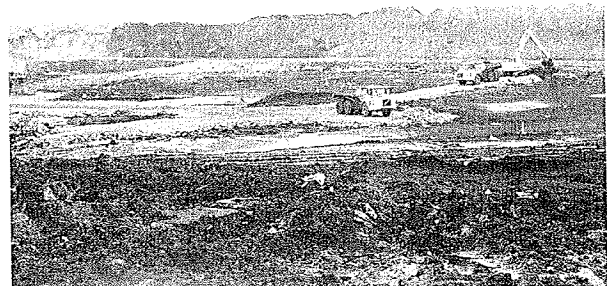


Abbildung 3.1-8 Einbau der Stützdämme (Bild HPC)

Die Verlegung des Vlieses und der Geogitter erfolgte unter Ausnutzung der kalten Witterung bei angefrorener Oberfläche. Zusätzlich wurden die Geotextilrollen seitlich durch Zugseile geführt, um eine genaue Verlegung und Überlappung zu ermöglichen.

Nach der Verankerung der Bewehrung im Randbereich wurde das Tragschichtmaterial in einer ersten, nur 10 cm dicken Schicht von verschiedenen Stellen aus eingeschoben. Sobald der Pistenbully mehr als 4- bis 5-mal über dieselbe Stelle gefahren war, wurde der Schlamm so weich, das an einer anderen Stelle eingebaut werden musste. Nach Einbau der zweiten Lage von ca. 20 cm konnten die nächsten Lagen in 30 bis 50 cm Dicke problemlos eingeschoben werden.

Im Spätsommer 2006 war die Grube bereits großflächig und bis zu Höhen von 5 m über Geogitter-/Schlammebene mit Tragschicht- und Kontourierungsmaterial verfüllt (Abb. 3.1-9). Als Abdichtungselement wurde eine 30 cm dicke Tonlage eingebaut, für die ein Durchlässigkeitsbeiwert von  $k_f < 1 \cdot 10^{-11}$  m/s gefordert wurde. Die notwendige Verdichtungsenergie zur Erreichung der erforderlichen Proctor-

dichte konnte problemlos mit einer 16 t schweren Schaffs- fußwalze und dynamischer Verdichtung eingebracht wer- den. Insgesamt wurden ca. 200.000 m<sup>3</sup> Füllmaterial einge- baut und 80.000 m<sup>3</sup> Oberflächen- und Sickerwasser abgepumpt, behandelt und abgeleitet. Das Projekt wird im Frühjahr 2007 nach ca. 1,5 Jahren Bauzeit abgeschlossen.



Abbildung 3.1-9 Profilierung der Rekultivierungsschicht (Bild HPC)

### 3.2 Bohrspülungsdeponie Victorbur

Die in der Nähe von Aurich gelegene Bohrspülungsdepo- nie Victorbur weist bei Abmessungen von ca. 92 x 86 m eine Fläche von knapp 1 ha auf. Das Becken ist durch eine Kunststoffdichtungsbahn basisgedichtet. Die Deponie sollte nach Auflage der Genehmigungsbehörde mit einer O- berflächenabdichtung aus einer Kunststoffdichtungsbahn und einer integrierten Gasdrainage abgedichtet werden.

Der Zeitrahmen von der Planung im Sommer 2006 bis zur Ausführung im Herbst desselben Jahres war sehr eng gefasst, so dass eine zeit- und zugleich kostengünstige Lösung gesucht wurde.

Das Becken konnte in zwei grundlegende Bereiche un- erteilt werden. Zum einen der mit einer begehbaren Krus- te versehene Südostbereich (Abb. 3.2-1) und der mit Was- ser bedeckte Nordbereich (Abb. 3.2-2).



Abbildung 3.2-1 Deponie Bereich Südost (Bild EN-PRO-TEC)

Die hoch basischen Bohrschlämme wiesen eine sehr weiche bis flüssige Konsistenz auf. An der Oberfläche hat- te sich in einem höher aufgefüllten, teilkonsolidierten Be- reich eine begehbare Kruste gebildet, in den anderen Be- reichen und auch bereits ca. 60 cm unter der Kruste zeigten die SPT-Sondierungen nur noch Schlagzahlen in der Größenordnung von  $N = 0,5$  bis 3 auf.

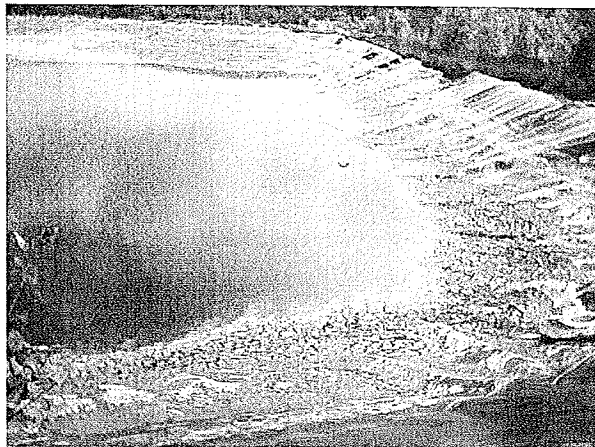


Abbildung 3.2-2 Deponie Bereich Nord (Bild EN-PRO-TEC)

Für die verkippten Bohrschlämme war nur wenig geo- technisches und analytisches Datenmaterial vorhanden bzw. konnte nicht kurzfristig erstellt werden. So konnte die Bemessung nur anhand der SPT-Werte und der Bewer- tung des Planers durchgeführt werden.

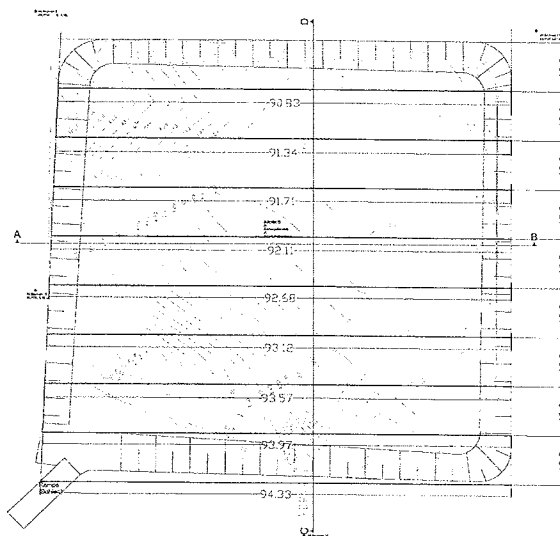


Abbildung 3.2-3 Höhenlinien und vorläufiger Verlegeplan

Aufgrund der abzudeckenden Größe von ca. 1 ha wur- de eine Großpanellösung gewählt (Abb. 3.2-3). Der hohe pH-Wert  $pH = 10,6$  und die erforderliche Zugfestigkeit er- forderten den Einsatz eines Kombinationsproduktes aus einem biaxialen PVA-Geogitter mit einem 300 g/m<sup>2</sup> PP- Vlies. Die Kurzzeitzugfestigkeit lag bei  $F_k = 200$  kN/m. Der Einsatz eines PP-Geogitters bzw. eines Bändchengewe- bes schied aufgrund der schlechten Nähbarkeit bzw. der kleinen übertragbaren Nahtfestigkeiten aus. Trotz des hö- heren Rohstoffpreises überwog der Vorteil der sich aus dem stark reduzierten Arbeitsaufwand für die Verlegung eines Panels ergab gegenüber einer Verlegung in Einzel- bahnen aus einem günstigeren Rohstoff wie Polypropylen.

In Absprache mit dem Planungsbüro EN-PRO-TEC Nordhorn wurde beschlossen das Panel innerhalb und au- ßerhalb des Beckens in einem Graben zu verankern (Abb.3.2-4). Dieses Vorgehen stellt zum einen sicher, dass die Standsicherheit innerhalb des abgedeckten Beckens gewährleistet wird, zum anderen dass der sehr weiche







Abbildung 3.2-8 Verlegung Großpanel mit Seilwinden



Abbildung 3.2-9 Verlegung Großpanel mit Seilwinden und Bagger

Anschließend wurde noch am selben Nachmittag begonnen, das Panel sauber auszurichten (Abb. 3.2-10).



Abbildung 3.2-10 Ausgerichtetes Großpanel

Der innere Verankerungsgraben wurde ab dem nächsten Morgen mit Sand verfüllt, so dass die Verankerung der Bewehrung sichergestellt wurde und Zugkräfte aus der späteren Überschüttung im Beckenbereich abgeleitet werden konnten (Abb. 3.2-11).

Der außenliegende Verankerungsgraben wurde nach der Verfüllung des inneren Verankerungsgrabens und teilweiser Abdeckung der Bewehrung ausgeführt.



Abbildung 3.2-11 Verfüllung des Ankergrabens

Somit war das Panel gegen Wind gesichert und die Platzverhältnisse ermöglichten einen weiterhin schnellen Bauablauf. Die abschließende Überdeckung und Verfüllung erfolgte mit Langarmbagger und Pistenbully vom Rand aus.

Das Gesamtaufbau der Oberflächenabdeckung (Abb. 3.2-12 und 3.2-13) hat eine Gesamthöhe von 1,40 m zuzüglich der Dicke der Ausgleichsschicht.

**Systemzeichnung Oberflächenabdichtungssystem  
unmaßstäblich**

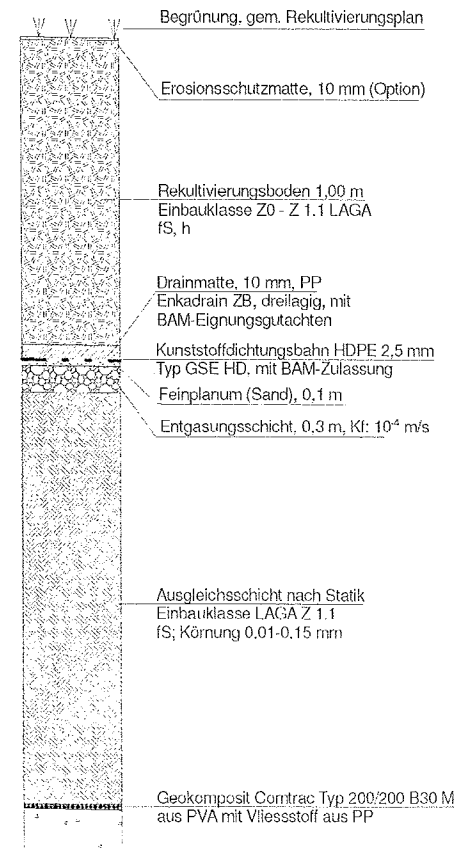


Abbildung 3.2-12 Oberflächenabdichtungssystem (EN-PRO-TEC)

Die Ausgleichsschicht aus feinsandigem Material, mit einer Körnung bis zu 1,5 mm, wurde entsprechend dem er-

forderlichen Gefälle der Oberflächendränage und einer zusätzlichen Überhöhung zur Kompensation von Konsolidierungssetzungen eingebaut. Aufgrund des Zeitdruckes und somit fehlender Kompressionsversuche mussten hier Analogien zu ähnlichen Böden gezogen werden und eine Setzungsprognose erstellt werden. Dies gestaltet sich aufgrund der unbekanntenen chemischen Zusammensetzung der Bohrspülungssuspension als schwierig, so dass ein entsprechender Sicherheitszuschlag zu wählen war.



Abbildung 3.2-13 Oberflächenabdichtungssystem (Bild Fa. Knoll)

Der Einbau der Rekultivierungsschicht (Abb. 3.2-14) erfolgte ebenfalls durch die Kombination aus Pistenbully auf der Fläche und Langarmbagger am Rand. Die Baumaßnahme konnte im Herbst 2006 beendet und die Oberfläche mit Strohmatte gegen Erosion geschützt werden.



Abbildung 3.2-14 Einbau Rekuboden (Bild Fa. Knoll)

ßen an. Kleinere sowie lange aber schmale Becken sind prädestiniert für eine großflächige Panelabdeckung, welche die Verlegearbeiten stark verkürzen kann. Großflächige Becken hingegen sollten mit einzelnen Bahnen abgedeckt werden.

Eine Vielzahl von weltweit ausgeführten Projekten zeigt, dass Schlammteichabdeckungen keine verallgemeinerbaren Merkmale aufweisen und somit nicht direkt vergleichbar sind. Alle Projekte wiesen unterschiedliche Eigenarten und speziell angepasste Produkte sowie Bauabläufe auf. Zusätzlich ist festzustellen, dass viele Baufirmen solche Projekte zum ersten Mal ausführen und trotz optimaler Beratung und Vorbereitung ein projektbegleitender Lernprozess stattfindet, welcher die tatsächliche Ausführung gegenüber der Ausführungsplanung oftmals modifiziert und Abläufe der unmittelbaren Situation anpasst und optimiert.

#### 4 ZUSAMMENFASSUNG

Dieser Aufsatz gibt Empfehlungen, wie Entwurf und Ausführungsplanung von Schlammteichabdeckungen ausgeführt werden können. Es wird erläutert, welche Randbedingungen zu beachten sind, die Verlegeart und Bewehrungsmaterial beeinflussen. Unterschiedliche Rohstoffe erlauben die Anwendung in nahezu jedem chemischen Milieu. Gewebe bzw. Kombiprodukte eignen sich aufgrund der guten Verarbeitbarkeit besonders für Großpanels, zudem sie gleichzeitig eine Trenn- und Bewehrungsfunktion aufweisen. Geogitter bieten sich in Verbindung mit einem Trennvlies oder einem Gewebe für alle Beckengrö-



**10. Informations- und Vortragstagung  
über  
"Kunststoffe in der Geotechnik"**

**München Februar 2007**

**Zeitschrift für  
Bodenmechanik,  
Erd- und Grundbau  
Felsmechanik,  
Ingenieurgeologie  
Geokunststoffe  
Deponien · Altlasten**

**tech**

**Sonderheft 2007  
Special Issue 2007**

**Organ der  
Deutschen Gesellschaft  
für Geotechnik**