

Der Aufbau der Überdeckung bzw. Abdichtung von Schlammteichen 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 aufwändig chemisch stabilisiert oder anders vorbehandelt zu werden. Die Fläche wird begehbar, und Baufahrzeuge können die Fläche vorsichtig befahren und abdecken ohne einzusinken.

### Entwurfsplanung

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

\*Huesker Synthetic GmbH, Gescher

## Schlammteichabdeckungen mit Geokunststoffen

von Dipl.-Ing. Ole Syllwasschy\* und Dipl.-Ing. Oliver Detert\*

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



Abbildung 1: Altlast Schlammbecken.

Fotos und Grafiken: Huesker

Je nach Ablagerungsgeschichte, Entwässerungsbedingungen und Witterungen können auch die hydraulischen und mechanischen Eigenschaften des Schlammes starken Schwankungen unterliegen, so dass 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 Schlammereigenschaften, 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.

### Bemessung

Für die rechnerischen Nachweise muss jedoch festgehalten werden, dass sich das Systemverhalten mit gängigen Bruchmechanismen nicht genau darstellen lässt. Für eine ausreichende Genauigkeit der Bestimmung der erforderlichen Festigkeiten haben sich jedoch analytische Berechnungsverfahren mit kreisförmigen oder polygonalen Gleitkörpern als sinnvoll erwiesen. Diese Nach-

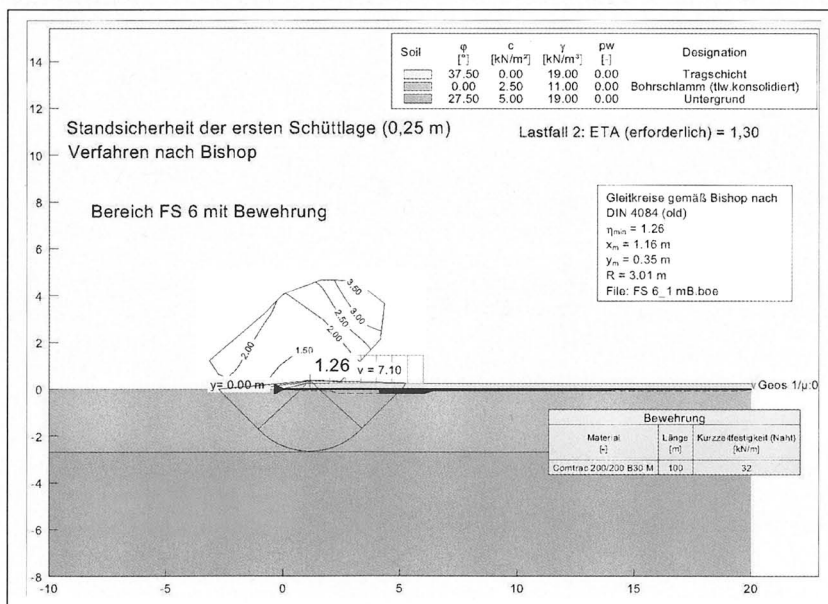


Abbildung 2: Statische Bemessung am Beispiel Bishop



Abbildung 3: Tagebaurestloch „Grube Hoffnung“

weise und eine umsichtige Bauablaufplanung haben bisher immer zu einem erfolgreichen Abschluss der Baumaßnahme geführt. Gegenüber Nachweisen, die auf Momentengleichgewicht beruhen (im allgemeinen Gleitkreise) bieten Starrkörperbruchmechanismen (Blockgleiten, Janbu etc.) teilweise Vorteile bei der Berücksichtigung der am System angreifenden Bewehrungskräfte. Bei Gleitkreisen kann je nach Wahl des Mittelpunktes die Bewehrungskraft wegen des geringen Hebelarms unter Umständen nur unzureichend berücksichtigt werden.

Der Aufbau der Abdeckungsschichten und deren Bodenparameter sind für den Bauzustand in den einzelnen Phasen der Überschüttung zu berücksichtigen. Kritisch erweisen sich meistens die Anfangszustände, d.h. die ersten Schüttphasen. Im Allgemeinen sind dies die ersten Lagen bis zu einer Höhe von ca. 0,6 bis 1 m. Hier fehlt bei normalem Einbaugerät bzw. sehr schlechten Untergründen die notwendige Scherfestigkeit bzw. Gegenpressung durch Auf-

last, die einen Gelände- oder Grundbruch verhindern kann. Abhilfe schafft in vielen Fällen der Einsatz von sehr leichtem Gerät, wie Pistenbullys, die bei geringem Eigengewicht und breiten Kettenlaufwerken eine sehr geringe Flächenpressung aufweisen, sowie ein möglichst geringer Schichteinbau von maximal 30 cm.

### Setzungen

Die Setzungen durch Konsolidation können insbesondere bei qualifizierten Abdichtungen mit erforderlichen Mindestgefällen für die Oberflächenentwässerung in den Dränschichten von großer Bedeutung sein. Kompressionsversuche des Schlammes, die im Rahmen der Baugrunderkundung durchgeführt wurden, ermöglichen eine relativ genaue Prognose des Zeit-Setzungsverhaltens.

Sind hierzu jedoch keine Angaben vorhanden, was leider häufig der Fall ist, so sind anhand der vorhandenen Parameter nur Schätzungen der Steifemoduln möglich. Mit einem Sicherheitszuschlag zu



Abbildung 4: Schlammoberfläche



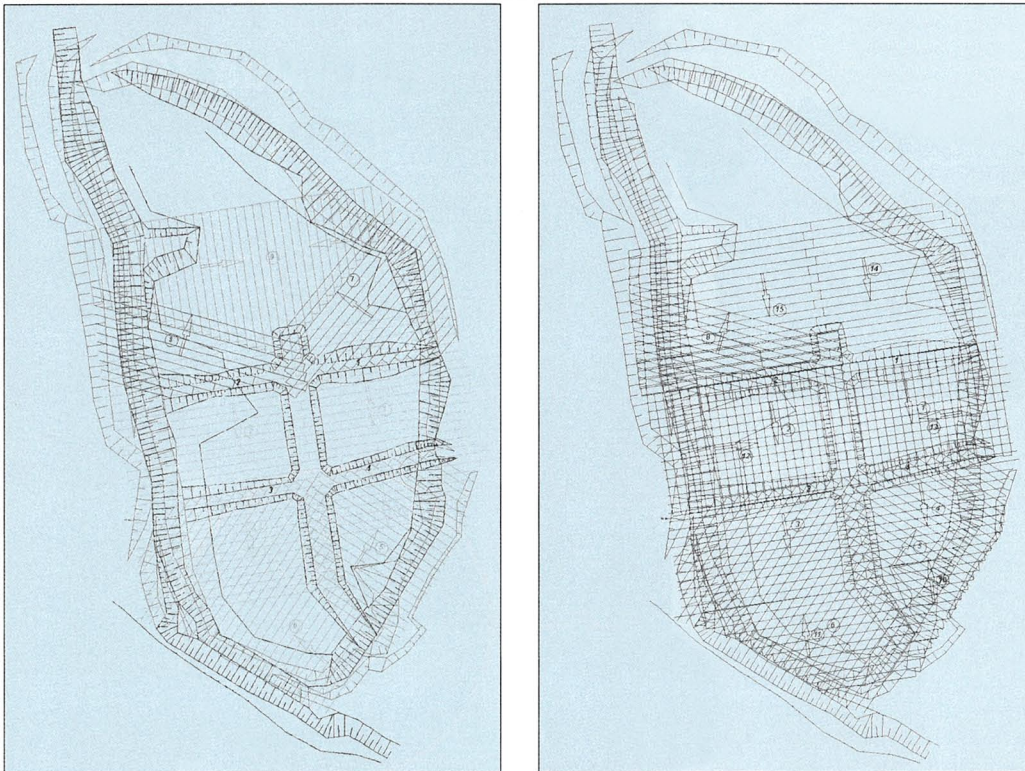


Abbildung 5: Verlegeplan und Lage der Geogitter

der hieraus gewählten, überhöhten Einbauhöhe sollten die erforderlichen Gefälle eingehalten werden können. Es kann sich als sinnvoll erweisen zusätzlich an ausgewählten Stellen Setzungspegel auf der Bewehrungslage anzuordnen, um das prognostizierte Setzungsverhalten durch Beobachtung zu verifizieren. So ist es noch möglich, Korrekturen im Profil einzuplanen, bevor die neigungsrelevanten Schichten oder Abdichtungskomponenten eingebaut werden.

### Materialwahl der Bewehrung

Das Material für die Bewehrung kann grundsätzlich mit unterschiedlichen Verfahren und Webtechniken hergestellt werden. Es können Gewebe und Geogitter genutzt werden oder Kombinationen aus Geogitter und Vlies oder Gewebe. Die Funktionen des Geogitters bzw. des Gewebes sind primär die Zugkraftübertragung, bei Schlammteichen also die Verteilung der Belastung über eine große, durch Auflast oder in

einem Ankergraben verankerte Fläche. Gewebe können zusätzlich, je nach der Körnungsverteilung des Untergrundes, eine Trenn- und Filterfunktion übernehmen.

Als Rohstoffe haben sich Polyester (PES, PET), Polypropylen (PP) und Polyvinylalkohol (PVA) bewährt. Während PES nur in pH-Bereichen von ca. 4 bis 9,5 Anwendung findet, können PP und PVA auch im saureren und höher basischen Bereich von pH = 2 bis 13 eingesetzt werden.

### Verlegung

Grundsätzlich ist bei der Ausführungsplanung zwischen kleinen und großen Becken zu unterscheiden. Unter klein sind hierbei Flächen bis ca. 2 bis 3 ha oder maximale Breiten bis zu 200 m zu verstehen. Diese Größen lassen sich je nach Oberflächenbeschaffenheit noch mit Großpanels am Stück abdecken.

Ein wichtiger Punkt bei der Panelverlegung sind die Platzverhältnisse. Als Baugerät eignen sich optimalerweise Seil-

winden, aber es können auch Bagger und ähnliches Gerät eingesetzt werden, das über einen Ausleger verfügt. Seilwinden haben den Vorteil, dass sie relativ platzsparend aufgebaut werden, synchron betrieben werden können und ein kontinuierliches Ziehen an der Bewehrung möglich wird. Bei anderem Baugerät ist immer ein Nachgreifen bzw. umsetzen notwendig. In jedem Fall ist zu beachten, dass das Großpanel soweit gezogen wird, dass es auch in etwaige Verankerungsbereiche sowohl innerhalb als auch außerhalb des Beckens spannungsfrei eingelegt werden kann. Im Normalfall sollte hier ein Arbeitsstreifen außerhalb des Beckenrandes von 5 bis 7 m ausreichen.

Für Großpanels haben sich Gewebe oder Kombiprodukte bewährt, weil sie sich besser vernähen lassen, als ein Geogitter allein. Der höhere Preis für die Konfektionierung ab Werk und vor Ort wird über die wesentlich verkürzte Verlegezeit mehr als kompensiert. So wird ein Großpanel (z.B. 1 ha) in der Regel problemlos an einem Tag verlegt und ausgerichtet. Kleinere Panels können ab Werk fertig konfektioniert geliefert werden. Die Vor-Ort-Konfektionierung von großen Panels braucht je nach Größe ca. einen bis mehrere Tage.

Es ist optimal eine Seite zu haben, auf der das Panel vorbereitet werden kann. Die gesamte Breite sollte bei 10 bis 15 m liegen. Wenn kein Baustellenverkehr in diesem Bereich notwendig ist, reichen auch ca. 5 bis 7 m aus.

Größere Becken, die lange Bahnen von mehr als 200 bis 300 m erfordern, sollten mit einzeln verlegten Bahnen abgedeckt werden, weil hier die Nahtfestigkeiten nicht mehr ausreichen können, um die Reibungskräfte zwischen Boden und Bewehrung zu übertragen.

Bei der Installation der Bewehrung sind unterschiedliche Randbedingungen zu beachten. Teilweise sind die Schlammbecken begehbar. Für diesen Fall



Abbildung 6: Profilierung der Böschungen auf 1:3



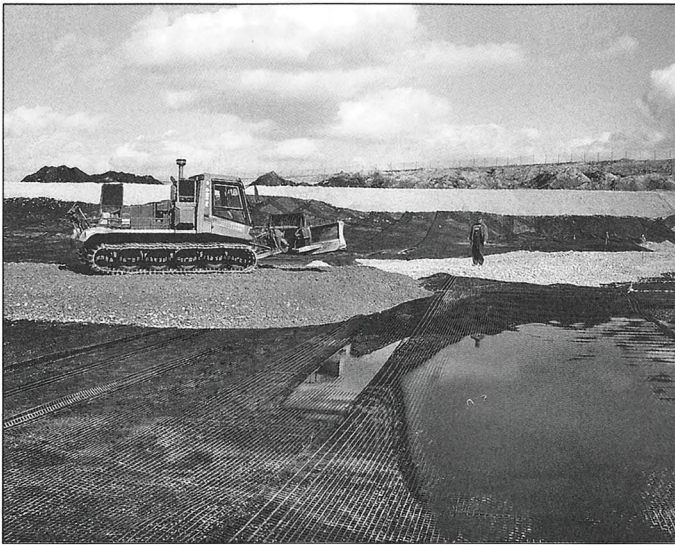


Abbildung 7:  
Pistenbully  
beim Einbau

kann bei großen Becken die Bewehrung vor Kopf per Hand oder mit Hilfe von Traversen an Winden oder Baugerät gezogen ausgerollt werden. In Grenzfällen ist die Begehbarkeit nach oder beim Verlegen des Trennvlieses oder der Bewehrung gegeben, so dass noch vor Kopf verlegt werden kann. Vorteilhaft bei einer direkten Begehbarkeit ist die bessere Kontrolle der Verlegung und Position. Ist das Becken nicht begehbar 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.

Einen besonderen 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.

### 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. Die Geologie bot hier ein natürliches, basisgedichtetes Tonbecken, das sowohl mit Schlämmen als auch mit anderen, unterschiedlichen Sonderabfällen befüllt wurde. Die wesentlichen Bestandteile waren Aschen und Kohletrübe, also Rückstände aus der Kohleveredelung.

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 Gru-

be an, um so einen direkten Kontakt zur Umwelt zu vermeiden und 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 der sich blaue und weiße Salzkristalle unter der schwarzbraunen Oberfläche ausbildeten. 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, die gerade im wasserbedeckten Bereich undrained Scherfestigkeiten im Bereich von  $c_u = 0,5 \text{ kN/m}^2$  oder weniger ergaben.

Bevor die Arbeiten beginnen konnten, mussten  $65.000 \text{ m}^3$  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 Tren- und Filtervlies in Verbindung mit biaxialen PP-Geogittern zu verlegen. Von der abzudeckenden Fläche waren ca. 50% begehbar.

### Planungskonzept

Die Planung sah vor, zuerst ein  $250 \text{ g/m}^2$ -Vlies zu verlegen, auf dem dann in Bereichen mit steiferen Schlämmen eine einlagige bzw. in den weichen Bereichen





Abbildung 8: Einbau der Stützdämme.

Foto: HPC



Abbildung 9: Profilierung der Rekultivierungsschicht.

Foto: HPC

eine zweilagige Bewehrung aus biaxialen PP-Geogittern mit Kurzzeitzugfestigkeiten  $F_k = 60$  bzw.  $80 \text{ kN/m}^2$  folgten.

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

### Projektausführung

Nach der Profilierung der steilen Randbereiche auf eine Neigung von 1:3 erfolgte die Verlegung von Vlies und Geogitter, die in Randdämmen durch Auflast verankert wurden. In dem begehbaren Bereich konnten die Vliesrollen von Hand, teilweise mit Hilfe von Traversen verlegt werden. Das Vlies bot bereits eine ausreichende Stabilisierung, so 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.

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

Der tiefer gelegene, lange Zeit mit Wasser bedeckte Bereich der Grube wies eine wesentlich weichere Konsistenz auf. Hier verschwanden geworfene Steine sofort im Schlamm, teilweise schloss sich der Wurfkrater nach dem Versinken des Steins wieder. Die Untersuchung mit der Scherflügelsonde ergab 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.

Nach Erstellung der Stützdämme aus Betonbruch bis zu Blockgrößen von 1 m konnten die Verlegearbeiten beginnen.

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 vier- bis fünfmal 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. Als Abdichtungselement wurde eine 30 cm dicke Tonlage eingebaut, für die ein Durchlässigkeitsbeiwert von  $k_f < 1 \cdot 10^{-11} \text{ m/s}$  gefordert wurde. Die notwendige Verdichtungsenergie zur Erreichung der erforderlichen Proctordichte konnte problemlos mit einer 16 t schwere Schaufelwalze und dynamischer Verdichtung eingebracht werden. Insgesamt wurden ca. 200.000  $\text{m}^3$  Füllmaterial eingebaut und 80.000  $\text{m}^3$  Oberflächen- und Sickerwasser abgepumpt, behandelt und abgeleitet. Das Projekt wird in Kürze nach ca. 1,5 Jahren Bauzeit abgeschlossen.

### Fazit

Geogitter bieten sich in Verbindung mit einem Trennvlies oder einem Gewebe für alle Beckengrößen an. Kleinere sowie lange aber schmale Becken sind prädestiniert für eine großflächige Panelabdeckung, welche die Verlegearbeiten stark verkürzen kann. Großflächige Be-

cken 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 weisen 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, der die tatsächliche Ausführung gegenüber der Ausführungsplanung oftmals modifiziert und Abläufe der unmittelbaren Situation anpasst und optimiert. ■

**INFO  
Hotline**

Tel.: 02542/701 - 310

Fax: 02542/701 - 481

[www.huesker.com](http://www.huesker.com)