

ANWENDUNGSMÖGLICHKEITEN VON GEOKUNSTSTOFFEN BEI DER RENATURIERUNG VON TAGEBAURESTLÖCHERN AM BEISPIEL EINER GEOKUNSTSTOFFBEWEHRTEN BLOCKSTEINMAUER

Dipl.-Ing. Sören Schmidt
Huesker Synthetic GmbH, Gescher

Peter Matthes
Godelmann Pflastersysteme, Högling

Dipl.Ing. (FH) Andreas Voigt
Godelmann Pflastersysteme, Potsdam

KURZFASSUNG: Im Zuge der landschaftlichen Umgestaltung von Tagebaurestlöchern sind eine Vielzahl von geotechnischen Herausforderungen zu lösen. Je nach Folgenutzung kommen hier insbesondere Böschungs- und Erosionsschutzmaßnahmen zum Tragen. Im Falle des Tagebaurestlochs Espenhain wurde eine weitergehende Nutzung des Areals als Freizeit- und Erholungsgebiet für den Süden Leipzigs vorgesehen. Hierzu wird der Wasserspiegel des s.g. Störmthaler Sees angehoben und u.a. ein Segelhafen an der Grunaer Bucht angelegt. Durch den schnell steigenden Wasserspiegel war eine enge Zeitschiene für den Bau der Hafenanlage vorgegeben und die Projektplanung entschied sich, die Kaimauer der Hafenanlage als geokunststoffbewehrte Blocksteinmauer auszuführen. Ferner konnten mit diesem System die hohen Anforderungen an die gestalterischen Vorgaben des Architekten erfüllt werden. Mit Blick auf das stark sulfathaltige Flutungswasser waren bei der Auswahl der Geogitter und des Betons zusätzliche Anforderungen an die Beständigkeit zu erfüllen. Durch die Verwendung von hoch beständigen Geogittern aus dem Rohstoff Polyvinylalkohol sowie einer speziellen Betonrezeptur konnten diese jedoch problemlos nachgewiesen werden. Im Rahmen dieser Veröffentlichung sollen die speziellen Randbedingungen und Anforderungen bei der Rekultivierung von Tagebaurestlöchern dargestellt und Lösungsmöglichkeiten durch den Einsatz von Geokunststoffen aufgezeigt werden. Der Bau einer geokunststoffbewehrten Blocksteinwand als Kaimauer wird in diesem Zusammenhang einen besonderen Schwerpunkt einnehmen.

ABSTRACT: In the course of renaturation of opencast mining holes there are lots of geotechnical challenges to solve. Depending on the subsequent use in particular slope and erosion control measures have to be investigated. In case of the opencast mining hole in Espenhain the concept for reuse was to transform the site situated in the south of Leipzig to a leisure and recreation area. For this, the water level of the developing lake called „Störmthaler See“ will be raised and a marina on the bay called „Grunaer Bucht“ is going to be built. Due to the rapidly rising water level and a close time line for completion of the harbor wall the project management decided in favour of the construction method for the quay of the port facility as geosynthetic-reinforced-block-wall. Furthermore, this system met with the high demands on the design specifications of the architect. As a result of the high sulphate concentration of the flooding water geogrids and concrete needed to fulfill additional requirements regarding durability. By using highly resistant geogrids made from polyvinyl alcohol and a special concrete composition these extra demands could be met without difficulty. In the scope of this publication special boundary conditions as well as requirements in the recultivation of disused opencast pits shall be presented and possible solutions are to be shown. In this connection special focus will be placed on the erection of a geosynthetic reinforced blockwall.

1 EINLEITUNG

Der Störmthaler See liegt auf dem Gebiet der Gemeinde Großpösna in der Teilregion Leipziger Neuseenland. Das eigentliche Planungsgebiet der Baumaßnahme „Segelhafen Grunaer Bucht am Störmthaler See“, die nach §4 des Verwaltungsabkommens Braunkohlesanierung im wesentlichen durch den Freistaat Sachsen finanziert wird, befindet sich am nord-nordöstlichen Ende der Magdeborner Halbinsel. Hier entsteht auf einer Fläche von 12,6 ha ein Wassersportzentrum mit Hafenanlage, Surfstrand und Schiffsanleger, das ein besonderes Highlight im Rahmen der Renaturierung des ehemaligen Tagebaus und der Eingliederung in die Leipziger Seenplatte darstellt. Bauträger der Maßnahme und Eigentümer an den betreffenden Wasserflächen ist die LMBV (Lausitzer und Mitteldeutsche Bergbau-Verwaltungsgesellschaft mbH). Die zu errichtende Hafenanlage sowie der Aussichtsturm an deren nordöstlichen Ende wurden als geokunststoffbewehrte Blocksteinmauer geplant und realisiert. Entscheidende Auswahlkriterien für diese Bauweise waren u.a. die zu er-

wartenden Baukosten, die im allgemeinen etwa 20-25% unter denen für konventionelle Stützwände (wie z.B. Winkelstützmauern aus Ortbeton) liegen. Zusätzlicher Vorteil ist die vergleichsweise große Verträglichkeit des Gesamtsystems gegenüber differentiellen Setzungen, insbesondere bei inhomogenem Baugrund. Da nach der Abbautätigkeit und anschließenden Flutung von Braunkohletagebauen meist eine starke Versauerung der Gewässer mit pH-Werten zwischen 2,5 und 3,5 einsetzt, mußte die Stützkonstruktion erhöhte Anforderungen an die Dauerhaftigkeit im sauren Milieu erfüllen.

Ein häufig im Bereich von Abbauflächen anzutreffendes Problem stellen die unzureichende Standsicherheit des aufgelockerten Untergrundes sowie fließgefährdete Böschungen für Folgenutzungen und angrenzende Baugebiete dar. Für diesen Fall bieten sich ebenfalls geotechnische Sicherungskonzepte unter Zuhilfenahme von Geokunststoffen an, auf die am Ende des Beitrags kurz eingegangen wird.

2 GESTALTUNGSKONZEPT DES HAFENBEREICHS

Die Hafenummauer an der Grunaer Bucht sollte gemäß dem Gestaltungskonzept des beauftragten Architekturbüro (DENK Architekten Ingenieure Leipzig) zwei wesentliche Anforderungen erfüllen. Zum einen sollte sich die Mauer bestmöglich ins Landschaftsbild einfügen, zum anderen mußte eine Bauweise gefunden werden, die eine zügige und effektive Realisierung trotz der geschwungenen Linienführung der Hafenummauer sowie der äußerst knapp bemessenen Bauzeit von August bis Nov. 2010 ermöglichte. Die Entscheidung fiel zugunsten des innovativen Stützwandsystems der sogenannten kunststoffbewehrten-Erde (KBE). Im konkreten Fall wurde eine 4 m hohe mit hochzugfesten Geogittern rückverankerte Blocksteinwand errichtet. Das modulare System bietet mit einer Vielzahl von Formsteinen in unterschiedlichsten Farben und Oberflächenstrukturierungen maximale Flexibilität hinsichtlich der Wandgestaltung, so dass die Vorgaben des Architekten vollständig erfüllt werden konnten.



Bild 1: Gestaltungskonzept Grunaer Bucht

3 BAUGRUND UND UMWELTEINWIRKUNGEN

Zur Baugrunderkundung wurden im Bereich der zukünftigen Hafenanlage Rammkernsondierungen und schwere Rammsondierungen durchgeführt. Danach besteht der Baugrund aus tertiären Formsanden (schluffige mittelsandige Feinsande), die ausreichende Tragfähigkeit für die vorgesehene Konstruktion bieten und für die im Scherversuch nach Verdichtung auf $D_{pr}=95\%$ ein Reibungswinkel von 34° nachgewiesen werden konnte. Um neben der Tragfähigkeit von Baugrund und Stützkonstruktion auch die Dauerhaftigkeit der bewehrten Blocksteinwand zu gewährleisten, wurden im Rahmen der Ausschreibung spezielle Vorgaben für die zu erwartenden Umwelteinwirkungen definiert. In DIN 1045 sind Anforderungen an den Beton in Abhängigkeit von den möglichen korrosiven Einwirkungen durch Expositionsclassen festgelegt. Betonzusammensetzung, Mindestdruckfestigkeitsclassen und Nachbehandlungsdauer der Betonblocksteine wurden anhand der Anforderungen für die Expositionsclassen XA2 festgelegt. Wegen des hohen Sulfatgehalts der Flutungswässer (niedriger pH-Wert) einerseits und dem alkalischen Milieu der Betonsteine (hoher pH-Wert) andererseits, wurden auch an den Rohstoff der Geokunststoffbewehrungen hohe Anforderungen an die Dauerhaftigkeit gestellt, die mit der Wahl von Polyvinylalkohol erfüllt

wurden. Zum gegenwärtigen Zeitpunkt liegt der pH-Wert des Gewässers bei 5,9. Im Endzustand soll jedoch ein neutraler Wert erreicht werden.

4 BAUKONSTRUKTION

Die Unterkante des Schotterfundaments der Blocksteinmauer liegt mit 114,5 m ü.NHN auf Höhe der durchschnittlichen Seegrundoberfläche im Uferbereich des Planungsgebietes. Die Blocksteinmauer weist eine Höhe von 4,0 m auf, so dass deren Oberkante 118,5 m ü. NHN erreicht und damit einen Freibord von 1,5 m gegenüber dem Endwasserspiegel des Sees einhält. Die erste Lage der Hohlkammersteine wurde in das Schotterfundament eingebettet, entsprechend dem vorgesehenen Wandverlauf ausgerichtet und mit einem gebrochenen Material der Körnung 5/32 mm verfüllt und verdichtet. Das gleiche Material wurde auch als Füllmaterial für den bewehrten Stützkörper verwendet, um eine gute Drainagewirkung zu erzielen und ein mögliches Ausspülen von Feinanteilen bei schwankendem Wasserspiegel auszuschließen. Die Geokunststoffbewehrungen vom Typ Fortrac[®] MP wurden lagenweise zwischen die Blocksteine eingelegt und bilden zusammen mit dem Füllboden ein Verbundsystem. In diesem Verbundkörper übernehmen die Geokunststoffe die Zugkräfte, die Bodenkörner leiten die Druckkräfte ab. Die kraftschlüssige Verbindung zwischen Geokunststoff und verfüllten Blocksteinen erfolgt durch Reibungs- und Formverbund. Die patentierte Frontlippe der verwandten Hohlkammersteine vom Typ Allan Block[®] macht darüber hinaus zusätzliche Verbindungselemente zur Lage-sicherung überflüssig und garantiert eine einheitlichen Frontneigung, die projektspezifisch mit 87° festgelegt wurde. Die Länge der Geokunststoffbewehrungen, der Lagenabstand sowie die Zugfestigkeit der Geokunststoffe sind das Ergebnis der statischen Bemessung, die unter Beteiligung der Fa. Huesker Synthetic GmbH im partiellen Sicherheitskonzept gemäß DIN 4084:2009 in Verbindung mit den Empfehlungen für den Entwurf und die Berechnung von Erdkörpern mit Bewehrungen aus Geokunststoffen (EBGEO 2010) erstellt wurde. Die Bauweise hat sich bereits bei zahlreichen Vorhaben im In- und Ausland bewährt und wurde selbst bei hohen statischen und dynamischen Verkehrsbelastungen als Stützkonstruktion von übergeordneten Verkehrswegen realisiert (HANGEN et al., 2009).

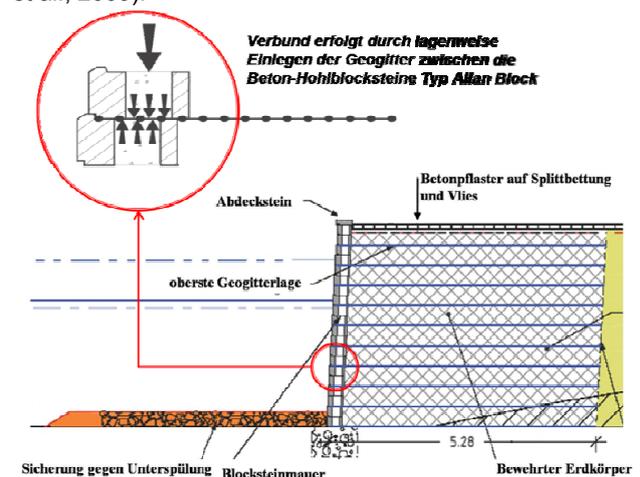


Bild 2: Regelquerschnitt Blocksteinmauer

Parallel zur Errichtung des bewehrten Erdkörpers wurden die im Planungsgebiet anfallenden Formsande, vom bewehrten Erdkörper durch ein Vliesstoff getrennt, als Hinterfüllboden wieder eingebaut. Der obere Abschluß der

Blocksteinmauer wurde mit speziellen Abdecksteinen versehen, die mittels hochwertigem wasserfesten Steinkleber befestigt wurden. Schließlich wurde die Seesohle vor der Hafenanlage durch eine bis zu 50 cm starke Schüttung aus Wasserbausteinen vor Unterspülung geschützt.



Bild 3: Blocksteinmauer mit Sliprampe kurz nach Fertigstellung der relevanten Arbeiten

Trotz eines engen Zeitrahmens für die Realisierung der Hafenanlage konnten alle relevanten Geländeprofilierungen im Trockenen ausgeführt werden. Der Endwasserspiegel von 117,0 m ü. NHN wird voraussichtlich Ende 2011 erreicht.



Bild 4: Auf ca. 115,0 m ü. NHN angestiegener Wasserspiegel etwa drei Monate nach Baubeginn

5 ARCHITEKTONISCHE AKZENTE

Neben der bogenförmigen Hafenanlage in Muschelkalk-Optik stellt der am nordöstlichen Ende errichtete Aussichtsturm gleicher Bauweise ein besonderes touristisches Highlight dar. Die sechseckige Form wurde einer alten Befestigungsanlage nachempfunden.



Bild 5: Aussichtsturm mit noch aufzustellendem Findling

Eine konstruktive und handwerkliche Herausforderung beim Bau des Aussichtsturmes war die Gestaltung der Eckenbereiche, für die die Blocksteine präzise zugeschnitten werden mußten. Die Verlegung der Geokunststoffbewehrungen erfolgte für jeweils zwei sich in der Mitte überlappende Bahnen über die gesamte Breite des Turmes, während die dritte Bahn um 20 cm in der Höhe einer Steinreihe versetzt wurde. Dadurch konnte eine etwaige Reduktion des Reibungsverbands zwischen den Füllboden und mehreren direkt übereinander liegenden Bewehrungselementen im Mittenbereich auf ein Minimum begrenzt werden.

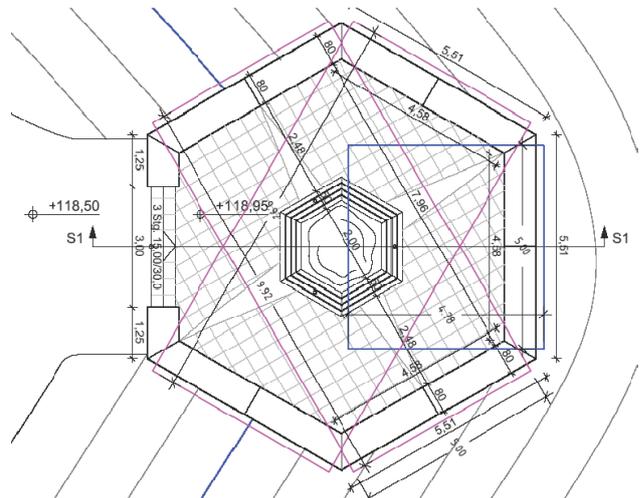


Bild 6: Verlegeplan für den sechseckigen Aussichtsturm

Die Baumaßnahmen am Aussichtsturm konnten ebenfalls im Zeitplan und vollständig im Trockenen abgeschlossen werden. Die erfolgreiche Ausführung der Baumaßnahme war das Resultat einer sehr gut vorbereiteten Planung, das gute Ineinandergreifen der Arbeiten aller am Bau Beteiligten und insbesondere der hervorragenden Ausführungsqualität der Fa. Hellmich GmbH Magdeburg.

6 WEITERE MÖGLICHKEITEN ZUM EINSATZ VON GEOKUNSTSTOFFEN BEI TAGEBAURESTLÖCHERN

Beim Tagebaurestsee Scheibe (Hoyerswerda) kam es durch Erosionsprozesse zum Rückschritt der unbefestigten Uferlinie und zur Kliffbildung mit Höhen von bis zu 2,80 m. Daher wurden Stabilisierungsmaßnahmen gegen welleninduzierte Erosion notwendig.

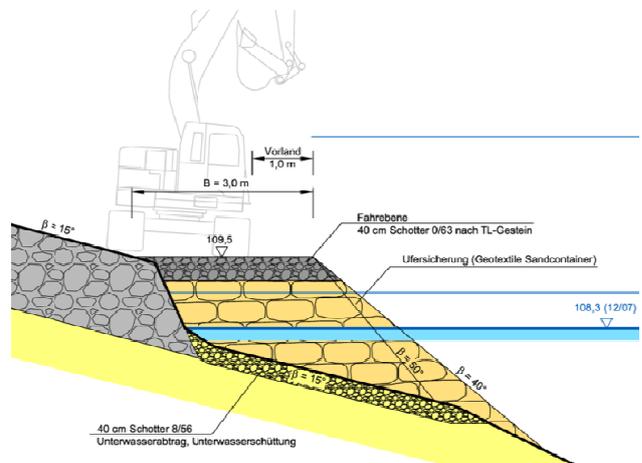


Bild 7: Böschungsstabilisierung mit GSC

In Vor-Kopf-Bauweise wurden unter Verwendung des lokal vorhandenen Sandes geotextile Sandcontainer (GSC) befüllt und in mehreren Lagen ein Stützkörper aufgebaut. Die Dauerhaftigkeit der Vliesstoffcontainer im sauren Milieu wurde durch die Verwendung des Rohstoffs Polypropylen sichergestellt.



Bild 8: Einbau der GSC als Böschungssicherung

Im ehemaligen Tagebaurestloch Meuro (Senftenberg) entsteht bis 2018 ebenfalls in Verantwortung der LMBV der acht Quadratkilometer große Ilse-See. Es wird der letzte in einer Reihe von 30 künstlichen Seen im Lausitzer Revier sein (LMBV). Für die Flutung des Restloches, die über eine punktuelle Einleitung erfolgte, wurden Betonmatten vom Typ Incomat® als Sohlensicherung eingebaut. Dabei bilden zwei miteinander verbundene, hochfeste Gewebelagen aus Polyamid und/oder Polyethylen einen Schalungskörper, der durch Verwebung oder Abstandhalter in seiner Dicke variiert werden kann. Die Verfüllung der Matten erfolgt vor Ort mit einem pumpfähigen Beton.



Bild 9: Sohlensicherung mittels Betonmatten

Bereits in den 1960er Jahren wurde mit der Flutung des Senftenberger Sees begonnen. Mit dem Ilse-See wird das Lausitzer Seenland über 140 Quadratkilometer Wasserfläche verfügen und somit entsteht hier Europas größte künstliche Seenlandschaft.

7 ZUSAMMENFASSUNG

Das ehemalige Tagebaurestloch Espenhain auf dem Gebiet der Gemeinde Großpösna wird derzeit zu einem Freizeit- und Erholungsgebiet umgewandelt. Als Maßnahme nach §4 des Verwaltungsabkommens Braunkohlesanierung wird an der Grunaer Buch des zukünftigen Strömthaler Sees ein Hafenbereich mit geschätzten Baukosten von 675.000 Euro realisiert, finanziert im wesentlichen durch den Freistaat Sachsen in Baurägerschaft der LMBV (Lausitzer und Mitteldeutsche Bergbau-Verwaltungsgesellschaft mbH).

Der Hafenbereich bzw. die Hafenmauer wurde im Hinblick auf die Architektur derart gestaltet, dass eine bestmögliche Integration ins Landschaftsbild gewährleistet würde. Für die Konstruktion der Stützmauer wurde das System einer bewehrten Blocksteinwand gewählt, mit dem gleichzeitig die Anforderungen an die gestalterischen Vorgaben des Architekten erfüllt und die ambitionierte Bauzeit von drei Monaten eingehalten werden konnten. Als Systemkomponenten der Verbundkonstruktion kamen Betonblocksteine und Geokunststoffbewehrungen in Verbindung mit grobkörnigem gebrochenem Mineralgemisch als Füllboden zum Einsatz.

Anhand ausgewählter ehemaliger Tagebaue in Hoyerswerder und Senftenberg wurden weitere Sanierungskonzepte und Möglichkeiten des Einsatzes von Geokunststoffen vorgestellt, die bezüglich Bauzeit, Kosten und Durchführbarkeit wesentliche Vorteile gegenüber konventionellen Bauweisen bieten.

8 LITERATUR

- HANGEN, H; HEROLD, A (2009): Kunststoffbewehrte Erde (KBE) an der Südbrücke in Riga, Lettland; Geotechnik 3/2009
 DIN 1054:2005: Baugrund – Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau, Beuth Verlag
 DIN 4084:2009: Baugrund – Geländebruchberechnungen, Beuth Verlag
 DGGT (2010): Empfehlungen für den Entwurf und Berechnung von Erdkörpern mit Bewehrungen aus Geokunststoffen (EB-GEO), Deutsche Gesellschaft für Geotechnik e.V., 2. Auflage, Ernst & Sohn Verlag GmbH
 LMBV (Lausitzer und Mitteldeutsche Bergbau-Verwaltungsgesellschaft mbH): <http://www.lmbv.de>