

Der Cottbuser Ostsee – Erosionssicherung des Flutungsbauwerkes

Simon Ebbert
Hartmut Hangen
Stefan Nagel
Markus Wilke
Stephan Loos

Der Tagebau Cottbus–Nord lieferte über 30 Jahre lang rund 220 Mio. Tonnen Braunkohle in das nahe gelegene Braunkohlekraftwerk Jänschwalde. Nachdem die Förderung im Dezember 2015 abgeschlossen wurde, haben die Vorbereitungen für die Umwandlung des Tagebaurestloches in einen See begonnen. Das aus dem Hammergraben übergeleitete Wasser wird über eine Flutungsanlage bis auf den Grund des zukünftigen Ostsees geleitet. Um den im Bereich der Flutungsanlage anstehenden Sandboden gegen Erosion zu schützen und somit eine dauerhafte Funktion der Anlage zu gewährleisten, wird die gesamte Flutungsanlage mit einem Deckwerkssystem versehen. Aufgrund der vorgesehenen maximalen Abflussleistung von bis zu 5 m³/s, der starken Neigung von bis zu 28° sowie um einen flächenhaften Erosionsschutz zu gewährleisten, besteht diese aus einer geotextilen Betonmatte, die ein kohärentes Deckwerk mit einer durchschnittlichen Dicke von 17 cm darstellt. Die vorkonfektionierte Betonmatte wird auf das aus dem anstehenden Boden modellierte Gerinne gelegt und mit Ort-Beton verfüllt. Bedingt durch den flexiblen Charakter der textilen Schalung passt sich die befüllte Betonmatte perfekt an die modellierte Gerinnestruktur an.

Stichworte: Erosionssicherung, Betonmatte, Tagebaurestrraum

1 Einleitung

Der Tagebau Cottbus–Nord lieferte über 30 Jahre lang rund 220 Mio. Tonnen Braunkohle in das nahe gelegene Braunkohlekraftwerk Jänschwalde. Nachdem die Förderung im Dezember 2015 abgeschlossen wurde, haben die Vorbereitungen für die Umwandlung des Tagebaurestloches in einen See begonnen. Nach abgeschlossener Flutung, voraussichtlich in den Jahren 2023 – 2025, wird der dann entstandene Cottbuser Ostsee mit 19 km² Oberfläche der größte Bergbaufolgesee Deutschlands sein. Neben Arbeiten im Tagebaurestrraum, wie zum Beispiel der Verdichtung der aus verkipptem Boden bestehenden Ufer, wird zur kontrollierten Flutung der Cottbuser Ostsee an dessen Westböschung eine Flutungsanlage errichtet. Über dieses Bauwerk wird der Cottbuser Ostsee mit aus der Spree entnommenem Wasser gespeist werden. Insgesamt werden etwa 280 Mio. m³ Wasser über die Flutungsanlage fließen. 126 Mio. m³ davon wird der Cottbuser Ostsee fassen, der Rest dient der Auffüllung des umliegenden entwässerten Gebirges. (LEAG 2017)



Abbildung 1: Ansicht Tagebaureistraum Cottbus Nord (Quelle: LEAG)

Um den im Bereich der Flutungsanlage anstehenden Sandboden gegen Erosion zu schützen und somit eine dauerhafte Funktion des Bauwerkes zu gewährleisten, wird die Flutungsanlage mit einem Deckwerkssystem versehen. Aufgrund der vorgesehenen maximalen Abflussleistung von bis zu $5 \text{ m}^3/\text{s}$, der starken Neigung von bis zu 28° sowie um einen flächenhaften Erosionsschutz zu gewährleisten, besteht diese aus einer geotextilen Betonmatte, die ein kohärentes Deckwerk mit einer durchschnittlichen Dicke von 17 cm darstellt. Die vorkonfektionierte Betonmatte wird auf das aus dem anstehenden Boden modellierte Gerinne gelegt und mit Ort-Beton verfüllt.

2 Erosionssicherung mittels geotextiler Betonmatten

Im Rahmen der Flutung des Cottbuser Ostsees soll das Wasser direkt über das bestehende Böschungssystem auf den Grund des künftigen Ostsees geführt werden. Zur Vermeidung von Erosion durch das die Böschung herabfließende Wasser, muss die Böschung gegen Erosion sicher geschützt werden. Neben herkömmlichen Erosionssicherungen, wie zum Beispiel Schüttsteindeckwerken, können auch geotextile Betonmatten zur Erosionssicherung eingesetzt werden. Diese passen sich, bedingt durch ihren flexiblen Charakter, an die Oberflächenstruktur bestmöglich an und ermöglichen den Erosionsschutz selbst auf solchen komplexen Geometrien. Der Einbau erfolgt in zwei Schritten. Im ersten Schritt wird die noch ungefüllte Betonmatte auf dem zu schützenden Untergrund ausgelegt, im zweiten Schritt wird die ausgelegte Matte mit Ort-Beton verfüllt.

Um den Erosionsschutz mittels Betonmatten herzustellen, können unterschiedliche Produkte zum Einsatz kommen. Die Auswahl des verwendeten Produktes richtet sich nach den Randbedingungen und Anforderungen an den Erosionsschutz. Grundsätzlich wird unterschieden in permeable und impermeable geotextile Betonmatten. Die Permeabilität einer Betonmatte wird durch das Einweben von Filterpunkten gewährleistet. Betonmatten mit Filterpunkten bieten die

Möglichkeit eines Wasseraustauschs zwischen Boden und freiem Wasserspiegel und erlauben somit den Abbau hydraulischer Potentialunterschiede, wodurch Schäden an der Erosionssicherung durch beispielsweise Auftrieb vermieden wird. Je nach Größe der Filterpunkte besteht ebenfalls die Möglichkeit einer Begrünung der Betonmatte im Anschluss an den Einbau (vgl. Kapitel 5).



Abbildung 2: Geotextile Betonmatten, exemplarisch (links: mit Filterpunkten; rechts: ohne Filterpunkte)

Geotextile Betonmatten ohne Filterpunkte unterbinden den Wasseraustausch zwischen Boden und freiem Wasserspiegel und werden daher nur in Bereichen eingesetzt, in denen keine hydraulischen Potenzialunterschiede auftreten können. Bedingt durch die wasserundurchlässige Eigenschaft der Matte, kann diese jedoch auch als Abdichtung eingesetzt werden.

2.1 Eigenschaften des Füllbetons

Der Frischbeton muss eine fließfähige bis sehr fließfähige Konsistenz aufweisen (mindestens Konsistenzbereich F6 mit einem Ausbreitmaß ≥ 63 cm, gem. DIN EN 12350). Hierzu ist i.d.R. die Zugabe von Betonzusatzmitteln (Fließmittel) erforderlich. Die Verwendung kolloidaler Mörtel hat sich erfahrungsgemäß bewährt.

Als Füllmaterial ist ferner selbstverdichtender Beton (SVB) nach DIN 1045-2 (EN 206-1) empfehlenswert. Für die Wahl der richtigen Expositionsklassen ist außerdem die ZTV-W-LB215 zu empfehlen.

Rundkörnige Zuschläge sind gebrochenem Material vorzuziehen. Darüber hinaus sollte die maximale Korngröße 8 mm nicht überschreiten.

3 Die Flutungsanlage

Die Flutungsanlage, dessen hydrodynamische Funktion durch das IWD der TU Dresden untersucht wurde, wird über ein 145 m langes Rohr DN 1600 mit dem Hammergraben, einem Seitenarm der Spree, verbunden. Es setzt sich aus einem temporären und einem dauerhaften Einlaufbauwerk zusammen, die beide mit einer Betonmatte gegen Erosion geschützt werden. Die Entnahme des Wassers aus dem Hammergraben in das Rohr, erfolgt über ein Entnahmebauwerk.

Abbildung 3:Abbildung 3 zeigt, beginnend mit der oben liegenden Gabionenwand, einen Längsschnitt durch die gesamte Flutungsanlage, aus dem die Lage aller relevanten und im Folgenden erläuterten Bestandteile hervorgeht.

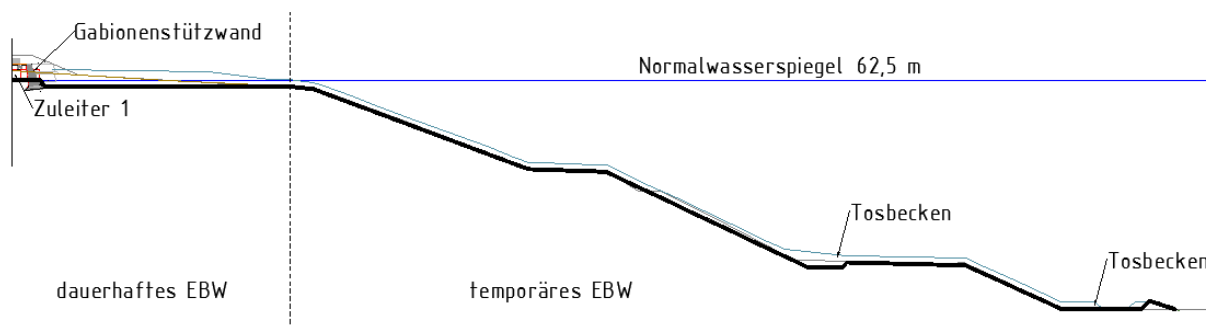


Abbildung 3: Längsschnitt durch die gesamte Flutungsanlage (geändert nach LEAG)

3.1 Dauerhaftes Einlaufbauwerk

In das dauerhafte Einlaufbauwerk mündet das DN 1600 Rohr, welches das Wasser aus dem Hammergraben überleitet. Die Mündung des Rohres liegt in einer Gabionenwand, die damit gleichzeitig den oberwasserseitig gelegenen Abschluss des dauerhaften Einlaufbauwerkes bildet. Der Querschnitt des dauerhaften Einlaufbauwerkes ist trapezförmig, mit einer Trockenwetterrinne, und wird das Wasser bis an die gebaggerte Böschung heranführen. Insgesamt weist der dauerhafte Teil des Bauwerkes eine Sohlbreite von 8 m und eine Länge von 40 m auf. Die Betonmatte wird nur auf der Sohle und einem kleinen Teil der Böschung eingebaut, da die Böschungsbereiche und die Sohle im Anschluss an die Verfüllung der Betonmatte mit Steinkammermatratzen abgedeckt werden. Um die Filterstabilität des Übergangsbereiches zwischen Betonmatte und Steinkammermatratzen zu gewährleisten wird dort ein Wasserbauvlies untergelegt. Nach Fertigstellung ist ausschließlich die Trockenwetterrinne sichtbar. Ferner wird unterhalb der Mündung des Rohres ein geeigneter Steinfindling als strahlbrechendes Element in die Trockenwetterrinne eingebaut.



Abbildung 4: Dauerhaftes Einlaufbauwerk während des Einbaus (links: oberwasserseitiger Teil; rechts: Übergang zur Böschung)

Das Profil des Gerinnes ist aus anstehendem Boden hergestellt worden. Im Anschluss wurde die geotextile Betonmatte, deren durchschnittliche Dicke nach Befüllung 17 cm beträgt, darauf ausgelegt. Im letzten Schritt wurde die Matte mit Beton verfüllt. Abbildung 4 zeigt den Bauzustand, in dem die Betonmatte noch weitgehend ungefüllt ist.

Zur Herstellung des Erosionsschutzes des dauerhaften Einlaufbauwerkes wurde eine geotextile Betonmatte ohne Filterpunkte verwendet, da ein Wasseraustausch zwischen anstehendem Boden und freiem Wasserspiegel aufgrund der Tatsache, dass der Grundwasserstand während der Befüllung künstlich unterhalb des Wasserspiegels gehalten wird, ausgeschlossen ist. Ferner handelt es sich um eine, im Vergleich zu der gesamten Böschungsfäche, nur sehr kleinräumige Versiegelung der Böschung, so dass ein etwaig auftretender Wasseraustausch nur marginal unterbunden werden würde und deshalb vernachlässigbar ist.

3.2 Temporäres Einlaufbauwerk

Das ebenfalls trapezförmige, temporäre Einlaufbauwerk wird das Wasser die Böschung hinab bis auf den zukünftigen Seeboden führen. Analog zum dauerhaften Teil des Bauwerkes wurde das Gerinne, mit einer Sohlbreite von 8 m, aus dem anstehenden Boden profiliert. Die beiden Dämme, die die seitliche Begrenzung des Gerinnes darstellen, weisen eine Höhe von 1,2 m auf. Neben der Gerinnesohle sind, im Gegensatz zum dauerhaften Einlaufbauwerk, auch beide Dämme mit einer Betonmatte gegen Erosion geschützt, die über die gesamte Breite durchgehend ist. Alle Übergänge zwischen anstehendem Boden und Betonmatte werden mit einem Wasserbauvlies sowie Wasserbausteinen versehen. Somit ist die Filterstabilität gewährleistet und eine Unterminierung des Gerinnes, durch zum Beispiel Wellen, wird verhindert.

Über eine Gesamtlänge von 163 m führt das Gerinne über 3 Einzelböschungen und 2 Bermen hinab bis auf das 40 m tiefer liegende untere Tosbecken. Anschließend verteilt sich das Wasser seitlich des Tosbeckens in die Seesohle des späteren Ostsees. Die Böschungen weisen eine Neigung von bis zu 28° auf. Aufgrund der großen Länge und Neigung des Gerinnes besteht der Erosionsschutz aus 7 unterschiedlichen Panels. Das obere Panel überlappt das untere Panel jeweils um mindestens 2 m, was eine Unterspülung der einzelnen Abschnitte verhindert. Die 7 Panels stellen gleichzeitig die Betonierabschnitte dar. Auf der untersten Sohle liegt ein 15 m langes Tosbecken, darüber auf der 1. Berme dann ein 7 m langes Tosbecken sowie auf der zweiten Berme ein weiteres Tosbecken. Über Einschnitte in den seitlichen Begrenzungen des unteren Tosbeckens wird das Wasser gleichmäßig im unteren Bereich des Sees verteilt.



Abbildung 5: Temporäres Einlaufbauwerk (links: Ansicht von der Sohle; rechts: Blick in Fließrichtung von der oberen Berme)

Die verwendete Betonmatte mit einer durchschnittlichen Dicke von 17 cm nach Befüllung, weist aus den bereits dargelegten Gründen (vgl. Kapitel 3.1) keine Filterpunkte auf. Der temporäre Teil des Einlaufbauwerkes wird im gefluteten, finalen Zustand komplett unterhalb der Wasseroberfläche liegen und somit keine Funktion mehr besitzen.

4 Einbau der Erosionssicherung am temporären Einlaufbauwerk

Der Einbau der geotextilen Betonmatten in dem Gerinne ist, beginnend mit dem untersten Tosbecken, gegen die Fließrichtung erfolgt. Im ersten Schritt wurden die vorkonfektionierten Panels in dem profilierten Tosbecken ausgelegt. Aufgrund der großen Breite der Struktur, handelt es sich um zwei Panels, die mit einem Reisverschluss verbunden sind. Somit ist ein nahtloser Übergang gewährleistet. Nachdem der erste Schritt abgeschlossen war, hat die Befüllung der Panels begonnen. Diese erfolgt über eine herkömmliche Betonpumpe, die den Beton in die in die Matte eingnähten Einfüllstutzen pumpt. Für den Fall, dass aufgrund unvorhersehbarer Gründe auf der Baustelle weitere Einfüllstutzen benötigt werden, können diese auch nachträglich auf der Baustelle in die Betonmatte eingesetzt werden.

Bei der vorliegenden Geometrie ist die Befüllung von der Sohle des Beckens aus nach außen hin erfolgt. Somit kann von den Außenseiten Material zugegeben werden, was Spannungen während der Befüllung in der Betonmatte verhindert. Somit kann gewährleistet werden, dass über die gesamte abzudeckende Fläche die gewünschte Betondicke erzielt werden kann. Das Vorsehen von zusätzlichem Material zum Spannungsabbau ist besonders wichtig, wenn auch z.B. auf Böschungskronen eine bestimmte Betondicke erreicht werden soll. Im Umkehrschluss bedeutet dies, dass die zum Abdecken einer bestimmten Fläche benötigte Quadratmeterzahl einer Betonmatte größer sein muss, als die abzudeckende Fläche.



Abbildung 6: Tosbecken (links: unbefüllter Zustand; rechts: linker Auslaufbereich im befüllten Zustand)

Bei der Installation der geotextilen Betonmatte auf den Böschungen sowie dem dauerhaften Einlaufbauwerk, wurde nach dem gleichen Konzept gearbeitet. Nach dem Auslegen und Verbinden der Panels über die Breite, wurde die Matte von der Sohle des Gerinnes hin nach außen gefüllt. Zur Vermeidung von horizontalen Fugen in den Böschungsbereichen ist darauf zu achten, möglichst „frisch in frisch“ zu betonieren. Ein Böschungsabschnitt musste daher jeweils immer in einem Stück durchbetoniert werden. Während des Einbaus der Betonmatte auf der vorliegenden Geometrie sind Einbaugeschwindigkeiten von bis zu 230 m²/4 h erzielt worden.



Abbildung 7: Einbau Böschungsbereiche sowie dauerhaftes Einlaufbauwerk (links: Böschungsbereich; rechts: dauerhaftes Bauwerk)

Der zur Befüllung verwendete Beton sollte die in Kapitel 2.1 dargelegten Eigenschaften aufweisen, da es ansonsten zu Problemen bei der gleichmäßigen Verteilung des Betons in der Matte kommen kann, oder die Einfüllstutzen blockiert werden.

5 Weitere Anwendungsmöglichkeiten geotextiler Betonmatten

Neben der vorstehend beschriebenen Anwendung von geotextilen Betonmatten, gibt es noch weitere Anwendungsmöglichkeiten bzw. Anwendungsbereiche dieses Systems. Im Folgenden wird exemplarisch die Anwendung einer permeablen Betonmatte als Überströmstrecke vorgestellt. Der Einbau des nachfolgend beschriebenen Systems erfolgt analog zu dem bereits beschriebenen Einbau des temporären Einlaufbauwerkes. Ferner ist zu beachten, dass der Einbau einer geotextilen Betonmatte auch unter Wasser erfolgen kann.

5.1 Überströmstrecken

Wie bereits in Kapitel 2 beschrieben, können auch Betonmatten mit Filterpunkten zur Erosionssicherung eingesetzt werden. Ein spezieller Anwendungsbereich, ist die Erosionssicherung von Überströmstrecken. Die folgende Abbildung zeigt eine Dammscharte eines Hochwasserrückhaltebeckens, die mit einer geotextilen Betonmatte ausgekleidet ist. Gerade dieser Bereich ist bei einem Entlastungsereignis einer hohen hydraulischen Belastung ausgesetzt. Im Anschluss an den Einbau besteht bei dem verwendeten System die Möglichkeit der Begrünung, welche einen Überbau als Opferschicht darstellt. Die Betonmatte ist nach erfolgreicher Begrünung nicht mehr sichtbar. Somit passt sich das Bauwerk bestens in die Umgebung ein.



Abbildung 8: Erosionssicherung von Überströmstrecken (links: Einbauzustand; rechts: nach Begrünung)

6 Literatur

LEAG (2017): <https://www.leag.de/de/geschaeftsfelder/bergbau/cottbuser-ostsee/>. Abruf der Informationen am 05.12.2017

Autoren:

Simon Ebbert M.Sc.

HUESKER Synthetic GmbH
Fabrikstraße 13-15
48712 Gescher

E-Mail: ebbert@huesker.de

Stefan Nagel

HUESKER Synthetic GmbH
Handelsplatz 4
04319 Leipzig

E-Mail: nagel@huesker.de

Dipl.-Ing. Hartmut Hangen
Dipl.-Ing. Markus Wilke

HUESKER Synthetic GmbH
Fabrikstraße 13-15
48712 Gescher

E-Mail: hangen@huesker.de
wilke@huesker.de

Dipl.-Ing. Stephan Loos

Sweco GmbH
Berliner Str. 1
03238 Finsterwalde

E-Mail: stephan.loos@sweco-gmbh.de