

### / BODEN /

## Tagebausanierungen mit Hilfe geotextiler Container

Im Zuge der Rekultivierung von Tagebauen und der häufig damit einhergehenden Flutung des Restlochs sind in der Regel technische Sicherungsmaßnahmen der Böschungen erforderlich. Konventionelle Verbaumaßnahmen stoßen hier an ihre Grenzen, wohingegen geotextile Containersysteme weiterführende Lösungen bieten. Nachfolgend werden beide Arten der Sicherung diskutiert.

Markus Wilke und Frank Flügge

Die Umgestaltung und Umnutzung der ehemaligen Tagebaugelände geht einher mit geotechnischen und wasserbaulichen Herausforderungen. Auf Grund des aufgehenden Wasserspiegels und der bodenmechanischen Eigenschaften des Kippenmaterials stellt vor allem die Sicherung der Böschungen der sich in der Flutung befindenden Restlöcher hohe Anforderungen an Planung und Bauausführung.

Die Anfälligkeit der locker geschütteten Böden für Wasser, nachträglich aufgebrauchte Lasten und dynamische Einwirkungen in Kombination mit geringer Kohäsion bei gleichzeitiger steiler Böschungsneigung führt vor allem im Zuge der Flutung zu Bodenumlagerungen. Die Ausmaße dieser Bodenumlagerungen können von kleinen lokalen Erosionserscheinungen bis hin zu einem globalen Versagen von ganzen Böschungsabschnitten reichen. Böschungsbefestigungen werden bei der Tagebauflutung in der Regel viele Jahre vor Erreichen der endgültigen Stauziele und ausschließlich im oberen Bereich der Böschung hergestellt. Zur Stabilisierung der Böschungsoberfläche werden aufgrund der immensen Flächengrößen vorrangig ingenieurbio-logische Sicherungen vorgenommen. Diese Maßnahmen kommen häufig in Kombination mit Schüttsteindeckwerken oder technischen Systemen wie Erosionsschutzmatten, Gabionen usw. zum Einsatz. Zunehmend werden aber auch Sonderlösungen auf Basis geotextiler Container-elemente verwendet. Die Einsatzbereiche sowie Vor- und Nachteile der einzelnen Bauweisen werden näher beleuchtet.

### Konventionelle Sicherungsvarianten

#### Ingenieurbio-logische Sicherungen

Die einfachste Form der biologischen Sicherung sind Grasflächen, bei denen durch den Einfluss des sich ausbildenden Wurzelhorizonts der Boden gehalten und gegen Umlagerung gesichert wird. Im Laufe der letzten Jahrzehnte wurden die unterschiedlichsten ingenieurbio-logischen Maßnahmen systematisch wissenschaftlich in Bezug auf Wirkungsweise, Leistungsfähigkeit, Anwendungsgebiete, Pflege und Unterhaltung untersucht und deren Entwicklung deutlich vorangetrieben [1]. Die Palette der möglichen Maßnahmen erstreckt sich von Röhrichtanpflanzungen über die Anlage von Gehölzen und den Einbau von Faschinen bis hin zur Errichtung von Krainerwänden.

Die Herausforderung besteht in der Selektion der für den jeweiligen Standort geeigneten Maßnahme, unter Berücksichtigung der

Jahreszeitabhängigen Konstruktion sowie der erforderlichen Pflege und Unterhaltung. Des Weiteren bedarf es bis zum Erreichen des voll umfänglichen Schutzes des zu sichernden Abschnittes einer Entwicklungsphase, die sich unter Umständen je nach Bauweise und klimatischen Bedingungen über mehrere Vegetationsperioden erstrecken kann. Grundlegender Nachteil der ingenieurbio-logischen Bauweise ist die geringere hydraulische Belastbarkeit im Vergleich zu konventionellen bzw. geotextilen Bauweisen.

#### Schüttsteindeckwerke

Für Bereiche mit höherer hydraulischer Beanspruchung hat sich das klassische Schüttsteindeckwerk seit langem bewährt. Für Details hinsichtlich der Bemessung und Konstruktion von Schüttsteindeckwerken kann exemplarisch auf die Empfehlungen des Ausschusses für Küstenbauwerke verwiesen werden [2].

Für Tagebaue stellen auf Grund der Flutung und des damit einhergehenden Anstiegs des Wasserspiegels vor allem der Fußpunkt des Schüttsteindeckwerkes bzw. die Einbindung in die existierende Böschung einen neuralgischen Punkt dar. Infolge des aufgehenden Wasserspiegels und der geotechnischen Eigenschaften des Kippenmaterials ist es häufiger schon zur Unterminierung bereits auf Niveau des Stauendziels installierter Schüttsteindeckwerke gekommen.

Mögliche Maßnahmen bei einer derartigen Problemstellung können sein [3]:

- Minderung der äußeren Einwirkung (z. B. Bau eines Wellenbrechers),
- flach geböschte Kiesvorlage unterhalb des Fußpunktes,

#### / Kompakt /

- Die Sicherung der Böschungen, der sich in der Flutung befindenden Tagebaurestlöcher, stellt geotechnische und wasserbauliche Aufgaben.
- Geotextile Container sind ein probates Mittel bei der Sanierung von Bergbaugeländen und erweitern das zur Verfügung stehende Spektrum an Werkzeugen.
- Hinsichtlich der Anwendbarkeit von geotextilen Containern existiert sowohl bei Planern als auch bei Behörden und Anwendern eine gewisse Unsicherheit, die aufzulösen ist.



**/ BODEN /**

- Ausbildung einer horizontalen Fußvorlage aus Wasserbausteinen,
- Verbau mit geotextilen Containern.

Problematisch wird die Ausführung von Deckwerken aus Wasserbausteinen bei steileren Neigungen und größeren Böschungslängen. Besonders im Fall der Kliffausbildung, gleichbedeutend mit einem annähernd vertikalen Geländeversprung mehrerer Meter Höhe, ist der Schüttsteindeckwerksbau nahezu ausgeschlossen, da umfassende Profilierungsmaßnahmen zwecks Abflachung der Böschung erforderlich wären. In der Regel werden Kliffe in Tagebauen bis zu einer Höhe von 0,5 m noch als akzeptabel angesehen [3]. Darüber hinausgehende größere Kliffhöhen stellen eine ernsthafte Gefahr für angrenzende Bereiche dar und machen Sicherungsmaßnahmen erforderlich.

**Erosionsschutzsysteme aus Kunststoffen, Stahldraht usw.**

Auch oberflächliche flächige Erosionsschutzsysteme in Form von Matten oder Matratzen kommen vermehrt zum Einsatz. Es existiert eine Vielzahl verschiedenster Produkte gefertigt aus unterschiedlichsten Rohstoffen (z. B. Kunststoffe, Metall, natürliche Werkstoffe etc.). Prinzipiell kann hierbei zwischen Matten ohne zusätzliche In-situ-Verfüllung und Matratzen, die lokal mit einem Material (Steine, Boden etc.) verfüllt werden, unterschieden werden.

Im Bereich der Matten können als zweidimensionale Erosionsschutzsysteme Vliesstoffe und Gewebe verwendet werden. Dreidimensionale Produkte aus Wirrgelegen oder auch aus Gitterstrukturen etc. ermöglichen die Einlagerung von Boden und bieten Pflanzen den Raum für die Ausbildung ihres Wurzelwerkes [4]. Alle diese Systeme bedürfen einer nachträglichen Begrünung zur Gewährleistung eines dauerhaften Erosionsschutzes und sind somit nicht für den permanenten Einsatz unterhalb des Wasserspiegels geeignet. Darüber hinaus sind sie nicht in der Lage, stärkeren hydraulischen Beanspruchungen zu widerstehen.

Aus Stahldraht gefertigte Gabionen gefüllt mit Steinen oder auch Geozellen gefüllt mit Kies ermöglichen eine Sicherung von Bereichen unterhalb der permanenten Wasserspiegellage. Kostenintensive Gabionenstrukturen, als ein nicht adaptives, höher belastbares Deckwerkssystem, erfordern einen stabilen Untergrund und können nur an flach geböschten Abschnitten zum Einsatz kommen.

**Alternativlösungen auf Basis geotextiler Container**

Geotextile Container können auf eine lange Historie zurückblicken, die bereits in den Sechzigerjahren des letzten Jahrhunderts startete [5]. Nachfolgend wird das grundlegende Prinzip geotextiler Container erläutert, wobei der Begriff des geotextilen Containers als Obergriff verwendet wird. Container im Sinne von per Klappschute eingebauten Elementen für große Wassertiefen werden in Rahmen dieses Beitrages nicht weiter abgehandelt.

**Geotextile Container**

Geosynthetische Container bestehen aus einer geotextilen Hülle, die mit Erdbaustoffen (vorzugsweise Sand) oder Beton gefüllt und anschließend verschlossen wird. Je nach Größe und Art des Con-

tainersystems erfolgt die Befüllung mechanisch mittels Bagger und Trichter oder hydraulisch mit einer Feststoffpumpe. Die Containergrößen variieren von sogenannten Handsäcken mit ca. 25 kg Inhalt über ein bis zwei Kubikmeter fassende Sandsäcke bis hin zu mehreren hundert Kubikmeter fassenden sogenannten geosynthetischen Schläuchen oder Matten. Die präzise Festlegung der unterschiedlichen Elementabgrenzungen kann je nach Literaturquelle variieren [6, 7].

In der Regel werden kleinformatigere Sandsäcke aus Vliesstoffen und großformatigere Schläuche aus Geweben oder aus Geoverbundstoffen gefertigt. Untersuchungen bezüglich des ökologischen Potenzials von Geotextilien haben eine hohe Akzeptanz der Marinen Flora und Fauna sowohl in der Nordsee [8] als auch im Mittelmeer [9] festgestellt. Die geotextile Oberfläche wird schnell und nachhaltig kolonialisiert, wodurch die geotextile Struktur unterhalb der „ökologischen“ Schutzschicht nicht mehr erkennbar ist (Bild 1).

Bei dieser Art der Verwendung oder auch bei der permanenten Überbauung ist eine Freisetzung von Mikroplastik nicht zu erwarten. Hierzu sei auf die detaillierte Auseinandersetzung mit dieser komplexen Thematik bei Ebbert et al. [10] verwiesen.

Die Verwendung von geosynthetischen Containerlösungen bietet elementare Vorteile gegenüber konventionellen Bauweisen. Durch die filterstabile Verpackung des eingefüllten Materials wird dessen Erosion verhindert. Der Einsatz lokaler vorhandener Erdbaustoffe als Füllmaterial minimiert sowohl den Transportaufwand als auch die Kosten. Bekannt aus dem Englischen als so genannte „soft solution“ („sanfte Lösung“) tritt durch die Verfüllung mit Sand und die daraus resultierende Elementflexibilität ein verändertes bzw. „gemildertes“ Kolk- und Erosionsverhalten unmittelbar um die geosynthetischen Elemente auf. Im Vergleich zu oberflächlichen Deckwerkssystemen ermöglichen geotextile Container nicht



**Bild 1:** Durch die Marine Flora und Fauna kolonialisierte Oberfläche eines Riffwellenbrechers aus geotextilen Schläuchen im Mittelmeer ca. ein Jahr nach Installation



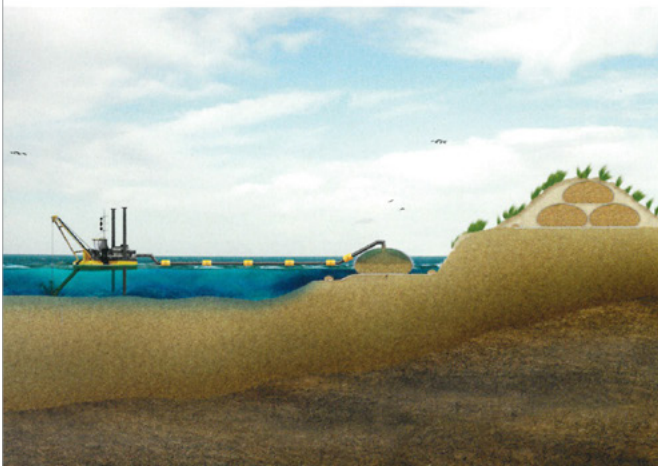
**/ BODEN /**



**Bild 2:** Typischer Befüllvorgang eines geotextilen Sand Bags mit Hilfe eines mobilen Trichters



**Bild 3:** Installationsvorgang des 1-m<sup>3</sup>-Sandsackes mit Hilfe eines modifizierten Sortiergreifers



**Bild 4:** Schematische Illustration des hydraulischen Befüllvorganges eines geotextilen Schlauches mittels eines Saugbaggers

nur den Bau eines Deckwerkes, sondern auch die Schaffung räumlicher Strukturen. Nachfolgend ein kurzer Überblick über die gängigen geotextilen Containerlösungen.

**Sand Bags**

Geotextile Sandcontainer mit einem Füllvolumen von ca. 0,05 – 2,5 m<sup>3</sup> werden auch als „Sandsäcke“ bezeichnet. Es handelt sich in der Regel um im unverfüllten Zustand rechteckige an den Längsseiten vernähte geotextile Container, die vorzugsweise mit Sand verfüllt und anschließend mit Hilfe von transportablen Handnähmaschinen verschlossen werden (**Bild 2**). Als Standardbauweise in Deutschland haben sich 1-m<sup>3</sup>-Sand-Bags (unbefüllte Abmessungen: 1,45 m x 2,38 m) aus einem BAW zertifiziertem Wasserbauvliesstoff etabliert. Bemessungsgrundlagen und Konstruktionsempfehlungen sind national in dem Regelwerk des Landes Mecklenburg-Vorpommern „Entwurfs- und Ausführungsgrundsätze im Küstenschutz M-V: Uferlängswerke – Geotextilwälle“ [11] sowie in internationalen Werken von Bezuijen [6] und Pianc [7] zu finden. Die Vorteile der kleinformatischeren Sandsäcke liegen in dem geringen Aufwand an Installationsequipment sowie in dem prinzipiell einfachen Einbauablauf (**Bild 3**).

**Schläuche**

Geotextile Schläuche sind nach der Verfüllung längliche, im Querschnitt annähernd ellipsenförmige Container aus Geweben oder Geoverbundstoffen. In der Regel werden die Schläuche nach Auslage am Installationsort in-situ hydraulisch mit einem Sand/Wassergemisch verfüllt. Direkt nach Start der hydraulischen Befüllung drainiert das Transportmedium (Wasser) aus dem Schlauch durch die permeable Hülle. Die Sandpartikel werden durch das Geotextil innerhalb des Schlauches zurückgehalten und lagern sich dort ab (**Bild 4**). Die Schlauchgrößen für wasserbauliche Anwendungen liegen in der Regel im Durchmesser bei 1,0 m bis zu 5,0 m, bei einer Länge von 10,0 m bis zu 50,0 m. Ein wesentlicher Vorteil der geosynthetischen Schläuche, abgesehen von der Lagestabilität bei hydraulischen Einwirkungen, ist das schonende Installationsverfahren, das sich durch einen geringen Einfluss auf die Umwelt auszeichnet. Umfangreiche Baustofftransporte per LKW über Land können weitgehend eingespart werden. Im Vergleich zu Strukturen aus Sandsäcken können Schlauchkonstruktionen dazu beitragen, den Arbeitsaufwand deutlich zu senken, sowie auch den Einsatz von Geotextilien für eine vergleichbare räumliche Struktur um etwa ein Drittel zu reduzieren.

**Geotextile Matten**

Bei „Geotextilen Matten“ handelt es sich um ein flächenhaftes geosynthetisches Element mit einer im Verhältnis zur Fläche sehr geringen Aufbauhöhe, welches in-situ mit einem Material verfüllt wird. Prinzipiell kann zwischen zwei Arten von Matten unterschieden werden:

- Schlauchmatten
- Betonmatten

Schlauchmatten bestehen aus mehreren kontinuierlich miteinander verbundenen kleineren Schlauchelementen, die hydraulisch mit einem Sand-Wasser-Gemisch verfüllt werden. Die Anwendung dieser Matten erstreckt sich von dem klassischen Erosionsschutz



**/ BODEN /**

bis hin zur Verwendung als lastverteilendes Element bei der Gründung von Schlauchwellenbrechern (**Bild 5**).

Betonmatten dienen als eine geotextile Schalung für die Herstellung eines kontinuierlichen fugenfreien Betondeckwerkes. Hierzu wird die Schalungsmatte vor Ort mit einem ausreichend fließfähigem Beton verfüllt. Durch die besondere Betonieretechnik in ca. 5 m breiten Betonierabschnitten kommt es zur Ausbildung von sogenannten Pressfugen, bekannt aus dem fugenlosen Industriebodenbau. Hierdurch lässt sich eine kohärente Betonplatte erstellen. Mittels Vernähung mehrerer 5 m breiter Mattenbahnen können bis zu 1000 m<sup>2</sup> große Panels gefertigt werden. Die unterschiedlichen Mattentypen ermöglichen die Herstellung sowohl eines permeablen als auch eines impermeablen Deckwerkes (**Bild 6**). Hauptanwendungsbereiche liegen im Bereich der Kanalauskleidung, der Böschungs- bzw. Sohlsicherung und für Überströmstrecken. Als elementarer Vorteil hat sich bei dieser Bauweise herausgestellt, dass Betonmatten auch bei steilen und übersteilen Böschungen eingebaut werden können. Des Weiteren stellt die Installation unter Wasser kein Problem dar.

**Anwendungsbeispiele**

Zur Veranschaulichung der Einsatzmöglichkeiten geotextiler Container an Tagebaurestseen werden einige Projektbeispiele illustriert.

**Großräscher See (Ilsesee), 2006**

Der aus der Flutung des Restlochs des Tagebaus Meuro entstehende Großräscher See, südlich der Stadt Großräschen und westlich des Senftenberger Ortsteils Sedlitz gelegen, wird mit Erreichen des finalen Stauzieles auf 100 m über Normalnull im Jahre 2020 bei einer Tiefe von max.55 m eine Fläche von 771 ha abdecken. Ein Großteil der seit März 2007 in den See eingeleiteten 153 Mio. m<sup>3</sup> Wasser wird über das zur Flutung errichtete Einlaufbauwerk eingespeist.

Um den maximal zu erwartenden Zustrom von ca. 7.200 m<sup>3</sup>/h sicher aufnehmen zu können, wurde unterhalb des Einspeiserohrs ein ungefähr 60 m langes und 30 m breites Tosbecken errichtet.

Das Tosbecken wurde im Jahr 2006 mit einer Betonmatte ausgekleidet, um die Voraussetzungen für einen ungestörten Flutungsablauf zu schaffen (**Bild 7**). Hierzu wurden werkseitig vorkonfektionierte Panels im Becken ausgelegt und in-situ mit ausreichend fließfähigem Beton verfüllt. Die Panelverbindung zur Herstellung der durchgehend fugenfreien Betonplatte erfolgte bauseitig mit Hilfe von Industriereißverschlüssen (**Bild 8**). Die Tosbeckenauskleidung hat sich im Betrieb über einen Zeitraum von mehr als 10 Jahren bewährt.

**Blunoer Südsee (2016)**

Der Blunoer Südsee ist ein Bestandteil der Lausitzer Seenkette, entstanden durch die Flutung des Restlochs Nordschlauch des ehemaligen Tagebaues Spreetal. Wenn die im Jahr 2005 begonnene Flutung nach heutigem Stand in 2023 bei einem Endwasserstand von 104 Meter über Normalhöhenull (NHN) angelangt sein wird, wird das Gewässer eine Fläche von knapp 350 ha umfassen, bei einem Wasservolumen von ca. 64 Mio. m<sup>3</sup>.

Zeitweise lag der Wasserstand bei ungefähr drei Meter unter dem geplanten Mindestwasserstand, wodurch die untere unge-



© Huesker Synthetic GmbH

**Bild 5:** Verfüllte Schlauchmatte als Fundamentsmatte für einen Schlauchwellenbrecher



© Huesker Synthetic GmbH

**Bild 6:** In der Befüllungsphase befindliche Betonmatte



© Huesker Synthetic GmbH

**Bild 7:** Installation der Betonmatte Incomat Flex 20.118 im Tosbecken



**/ BODEN /**



**Bild 8:** Mit Betonmatte gesicherter Bereich unterhalb des Einlaufrohres



**Bild 9:** Mit Sandcontainern des Typs SoilTain gesichertes Nordufer



**Bild 10:** Fertiggestellter Abschnitt der Kliffsicherung Lieske mit SoilTain-Küstenschutzschläuchen

sicherte Steilböschung dem Wellenschlag ausgesetzt war. Durch die Rückverlagerung der unteren Steilböschung in das bereits gestaltete Ausgleichsprofil wurde die Standsicherheit der oberen Steilböschung gefährdet. Somit wurden zusätzliche Sicherungsmaßnahmen des Randsaumes des Nordschlauches des ehemaligen Tagebaus Spreetal-Nord erforderlich.

Als Lösung wurde die Sicherung der Nordböschung auf einer Länge von 1.600 m mit einer Kombination aus Sandcontainern und Wasserbausteinen bevorzugt (**Bild 9**). Zum Einsatz kamen rund 14.000 Sandcontainer mit einem theoretischen Füllvolumen von 1 m<sup>3</sup> bei einem Füllgrad von ungefähr 80 %, gefertigt aus einem mechanisch verfestigten Vliesstoff. Das vorgegebene Sanierungsziel der Stabilisierung der unteren Uferböschung wurde unter Einhaltung des vorgegebenen Zeitplanes erreicht.

**Sedlitzer See (2014 – 2017)**

Der Sedlitzer See zählt, wie der Großräschener See und der Blunooer Südsee zu der Lausitzer Seenkette. Als Hinterlassenschaft des früheren Tagebaus Ilse-Ost wird der Sedlitzer See nach der Flutung auf den Zielpegel von 100 m über Normalhöhenull (NHN) im Jahr 2023 die größte Fläche der Seenkette von 1.330 ha vorweisen. Bei einer maximalen Wassertiefe von 27 m wird das Gewässer im Endzustand ein Wasserspeichervolumen von 206 Mio. m<sup>3</sup> besitzen.

An der Nordostböschung des Restloches konnte seit dem Sturm „Kyrill“ am 18./19. Januar 2007 die Formation eines ausgeprägten Kliffs beobachtet werden. Als Folge Wind-induzierter Wellen mit einer Wellenhöhe von mehr als 0,7 m kam es zur weiteren deutlichen Rückverlagerung des Ufers unter Versteilung und Nachbrechen der Böschung. Das Resultat dieser Prozesse waren Abbruchkanten mit einer maximalen Höhe von bis zu 5 m, bei einer mittleren Kliffhöhe von der Böschungsoberkante bis zur Wasserlinie zwischen 3 und 4 m über einer Länge von 1.500 m.

Unmittelbar vor dem Kliff hatte sich eine flach geneigte (1:10) und mindestens 10 m breite Unterwasserböschung mit Wassertiefen kleiner als einem Meter ausgebildet. Nach Abwägung unterschiedlichster Sanierungsansätze wurde im Zuge der Sofortmaßnahme Kliffsicherung Lieske seitens der Lausitzer und Mitteldeutschen Bergbau-Verwaltungsgesellschaft (LMBV) Neuland betreten. Es kam zum erstmaligen Einsatz großformatiger geotextiler Schläuche als Sicherungsmaßnahme an Tagebaurestseen. Um die erforderliche Höhe zum vollständigen Kliffverbau zu erzielen, wurden zwei Lagen hydraulisch verfüllte geotextile Schläuche mit einem Umfang von 12,6 m und einer Füllhöhe von 2,0 m +/- 0,2 m installiert. In Abhängigkeit der erforderlichen Verbauhöhe und der Kliffausbildung kam in Teilbereichen ein Schüttsteindeck zur Anwendung. Die vollständige Sicherungsmaßnahme erstreckt sich über einen Abschnitt mit einer Gesamtlänge von 2,9 km (**Bild 10**). Das Ziel der Sicherungsmaßnahme in Form der Gestaltung einer dauerstärkeren Böschung gegen von Windwellen verursachte Einwirkungen wurde mit Hilfe des umfangreichen Einsatzes verschiedenster Geokunststoffe erreicht.

**Cottbuser Ostsee (2017)**

Der Cottbuser Ostsee, als Überbleibsel des Tagebaus Cottbus-Nord, wird nach vollständiger Flutung im Jahr 2025 mit 19 km<sup>2</sup> Oberfläche der größte Bergbaufolgesee Deutschlands sein. Um die 280 Mio. m<sup>3</sup> Wasser, davon 126 Mio. m<sup>3</sup> zur Füllung des Seestau-



**Bild 11:** Betoniertes Flutungsbauelement vor Inbetriebnahme

raumes, vom Hammergraben, einem Seitenarm der Spree, in das Restloch einzuleiten, wurde im Jahr 2017 eine Flutungsanlage errichtet (Bild 11). An das permanente Einlaufbauwerk oberhalb der Böschung schließt sich eine temporäre Flutungsrinne an. Beide Bauwerke sind gegen Erosionserscheinungen mit einer gleichförmigen Betonmatte durchschnittlicher Dicke von 17 cm ausgekleidet worden. Das trapezförmige Gerinne mit einer Sohlbreite von 8 m und 1,2 m hohen Seitendämmen überwindet bei Steigungen von bis zu 28 Grad und einer Gesamtlänge von 163 m bei drei Einzelböschungen und zwei Bermen eine Höhendifferenz von 40 m. Zur dauerhaften Einleitung des maximalen Abflusses von 5 m<sup>3</sup>/s ist am Fuße der Abflussrinne ein 15 m langes Tosbecken angeordnet, welches ebenfalls mit der durchschnittlich 17 cm dicken Betonmatte gesichert ist. Durch die Verwendung der kohärenten, hydraulisch hochbelastbaren Betonmatte konnten sowohl der Einbau nachhaltig vereinfacht als auch die Konstruktion ökonomischer ausgeführt werden.

### Zusammenfassung und Ausblick

Neben den aufgeführten Beispielen kamen Geokunststoffe in vielen weiteren Projekten bei der Rekultivierung von ehemaligen Tagebauen erfolgreich zum Einsatz. Hinsichtlich der Anwendbarkeit von geotextilen Containern existiert sowohl bei Planern als auch bei Behörden und Anwendern eine gewisse Unsicherheit. Vor allem im Angesicht der Herausforderungen bei der Flutung von Restlöchern und der Vielzahl der anstehenden Maßnahmen, ist das Potenzial der Geokunststoffe noch lange nicht in vollem Umfang ausgeschöpft worden. Zwar bieten geotextile Container nicht in jedem Fall eine bessere Lösung, dennoch stellen sie ein probates Mittel bei der Sanierung von Bergbaugebieten dar und erweitern das zur Verfügung stehende Spektrum an Werkzeugen deutlich. In Zukunft gilt es, diese Möglichkeiten im Zusammenspiel mit allen Beteiligten abzuwägen und nachhaltige Lösungen zu entwickeln.

### Literatur

- [1] Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft (SMUL) (2005): Ufersicherung – Strukturverbesserung, Anwendung ingenieurbiologischer Bauweisen im Wasserbau. Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft, Dresden, Deutschland.
- [2] Empfehlungen für die Ausführung von Küstenschutzwerken durch den Ausschuss für Küstenschutzwerke (EAK) 2002 (2007): Die Küste, Empfehlungen für Küstenschutzwerke, Westholsteinische Verlagsanstalt Boyens & Co., Heide in Holstein, Deutschland.
- [3] Wagner, H., Wagner, R., Schulz, S., Reinsch, R., Köhler, F. (2013): Sanierung einer erosionsgefährdeten Böschungsbefestigung am Störthaler See, Binnenschifffahrt, Nr. 2, 2013.
- [4] Das Kunststoff-Zentrum (SKZ), Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau (2011): Erarbeitung und Verifizierung von Auswahlkriterien für geosynthetische Erosionsschutzsysteme, Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie, Deutschland.
- [5] Zitscher, F. (1971): Kunststoffe für den Wasserbau, Verlag von Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin-München-Düsseldorf, Deutschland.
- [6] Bezuijen, A., Vastenburg, E.W. (2013): Geosystems – Design Rules and Applications, Leiden, Niederlande.
- [7] PIANC Maritime Navigation Commission Report No. 113 (2011): The Application of Geosynthetics in Waterfront Areas, PIANC Secretariat General, Brüssel, Belgien.
- [8] Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG), Wetzel, A. (2009): Das Ökologische Potential von Geotextilien, Koblenz, Deutschland.
- [9] Mori, E. (2009): Coastal Structures made of Geotextiles filled with Sand: Field and Experimental Research, Florenz, Italien.
- [10] Ebbert, S., Wilke, M., Hessing, C., Elsing, A., Detert, O. (2020): Mikroplastik – Umgang eines Herstellers von Geokunststoffen und technischen Textilien mit dem Thema. In: Altlasten 2020. IHK Karlsruhe, 24./25. Juni 2020. Karlsruhe, ICP Eigenverlag Bauen und Umwelt, S. 27 – 38.
- [11] Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Verbraucherschutz Mecklenburg-Vorpommern (MV) (2013): Regelwerk Küstenschutz Mecklenburg-Vorpommern – Uferlängswerke – Geotextilwälle, Schwerin, Deutschland.

### Autoren

**Dipl.-Ing. Markus Wilke**  
**Dr. agr. Frank Flügge**  
 Huesker Synthetic GmbH  
 Fabrikstraße 13 – 15  
 48712 Gescher  
 E-Mail: wilke@huesker.de  
 E-Mail: fluegge@huesker.de