

# HENRY

Hydraulic Engineering Repository

Ein Service der Bundesanstalt für Wasserbau

---

Conference Paper, Published Version

## **Wilke, Markus; Krüger, Benjamin; Schüll, Markus; Tschernutter, Peter Sicherung überströmbarer Damm- und Deichscharten mittels geosynthetischer Betonmatten**

Dresdner Wasserbauliche Mitteilungen

Zur Verfügung gestellt in Kooperation mit/Provided in Cooperation with:

**Technische Universität Dresden, Institut für Wasserbau und technische  
Hydromechanik**

---

Verfügbar unter/Available at: <https://hdl.handle.net/20.500.11970/103557>

Vorgeschlagene Zitierweise/Suggested citation:

Wilke, Markus; Krüger, Benjamin; Schüll, Markus; Tschernutter, Peter (2012): Sicherung überströmbarer Damm- und Deichscharten mittels geosynthetischer Betonmatten. In: Technische Universität Dresden, Institut für Wasserbau und technische Hydromechanik (Hg.): Staubauwerke - Planen, Bauen, Betreiben. Dresdner Wasserbauliche Mitteilungen 47. Dresden: Technische Universität Dresden, Institut für Wasserbau und technische Hydromechanik. S. 275-284.

### **Standardnutzungsbedingungen/Terms of Use:**

Die Dokumente in HENRY stehen unter der Creative Commons Lizenz CC BY 4.0, sofern keine abweichenden Nutzungsbedingungen getroffen wurden. Damit ist sowohl die kommerzielle Nutzung als auch das Teilen, die Weiterbearbeitung und Speicherung erlaubt. Das Verwenden und das Bearbeiten stehen unter der Bedingung der Namensnennung. Im Einzelfall kann eine restriktivere Lizenz gelten; dann gelten abweichend von den obigen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Documents in HENRY are made available under the Creative Commons License CC BY 4.0, if no other license is applicable. Under CC BY 4.0 commercial use and sharing, remixing, transforming, and building upon the material of the work is permitted. In some cases a different, more restrictive license may apply; if applicable the terms of the restrictive license will be binding.



## **Sicherung überströmbarer Damm- und Deichscharten mittels geosynthetischer Betonmatten**

Markus Wilke  
Benjamin Krüger  
Markus Schüll  
Peter Tschernutter

Geosynthetische Betonmatten bestehen aus zwei hochfesten, miteinander verbundenen Gewebelagen, deren Zwischenräume mit fließfähigem Mörtel oder feinkörnigem Beton verfüllt werden. Sie stellen eine wirtschaftliche und technisch hochwertige Möglichkeit dar, überströmbare Dammabschnitte im Zuge eines Neubaus oder im Rahmen einer nachträglichen Ertüchtigung gegen Oberflächenerosion zu sichern.

Die Belastbarkeit derartiger Konstruktionen wurde 2010 anhand von hydraulischen Modellversuchen an der TU Wien untersucht. Anwendungsbeispiele belegen die praktischen Vorteile dieser Bauweise hinsichtlich des Einbaus und der Betriebsdauer gegenüber herkömmlicher Systeme.

### **1 Einleitung**

Im Zuge der erhöhten Gefährdung durch Hochwasserereignisse steigt die Notwendigkeit zur Sanierung, Ertüchtigung und Neuerrichtung von Schutzsystemen in Form von Dämmen und Deichen. Um ein Versagen im Hochwasserfall auszuschließen und zur gezielten Kappung von Hochwasserscheiteln, sind potentiell oder planmäßig überströmbare Abschnitte, wie Überlaufscharten und -schwelle erosionssicher auszubilden. Zur Gestaltung einer entsprechenden Sicherung, bieten sich, je nach Anforderung (naturnahe Bauweise, Zugänglichkeit/Baustellenlogistik, hydraulische Einwirkungen, Kosten etc.) verschiedene konstruktive Maßnahmen an. Herkömmliche Bauweisen für derartige Abschnitte bestehen aus geschütteten Steindeckwerken, einem Steinsatz, Mastix-Schotterdeckwerken oder auch geosynthetischen Gabionen, sogenannten Netzkammerdeckwerken.

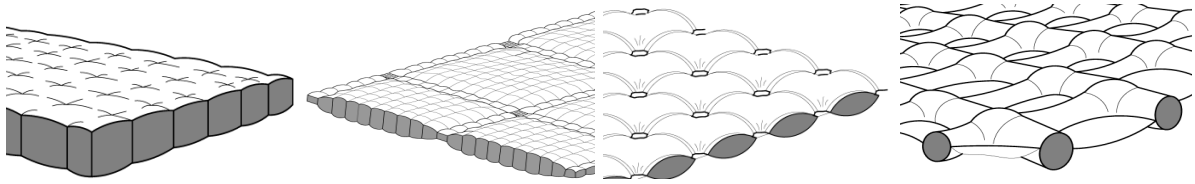
Eine weitere innovative Option mit einem bewährten Konstruktionselement zur Ausbildung von überströmbar Abschnitten ist die Verwendung geosynthetischer Betonmatten. Die praktischen Vorteile dieser Bauweise liegen vor allem in der relativ kurzen Bauzeit, der flexiblen Gestaltung der Baustelleneinrichtung (keine Notwendigkeit von schwerem Gerät im unmittelbaren Einbaubereich) und der Ausbildung eines flächenhaften, kohärenten Deckwerks.

An der TU Wien wurden im Jahr 2010 hydraulische Modellversuche im Maßstab 1:4 durchgeführt, um genauere Erkenntnisse über die Verwendbarkeit von Betonmatten für überströmbar Abschnitte zu gewinnen. Die Ergebnisse zeigten, dass ein solcher Deckwerksaufbau im Vergleich zu herkömmlichen Bauweisen deutlich höheren hydraulischen Belastungen standhält und selbst mit erheblich steileren Böschungsneigungen standsicher ausführbar ist [vgl. *Tschernutter (2010)*]. Verschiedene Varianten geosynthetischer Betonmatten lassen sich durch die Möglichkeit einer nachträglichen Begrünung bzw. einer Überdeckung optisch ansprechend ins Landschaftsbild eingliedern. Im Folgenden werden die in den Modellversuchen gewonnenen Erkenntnisse dargestellt und Vergleiche mit obig genannten Deckwerksalternativen erläutert. Zudem werden Ansätze zur rechnerischen Nachweisführung und der Abschätzung der hydraulischen Wirksamkeit derart ausgebildeter Überlaufbauwerke vorgestellt. Anhand von Ausführungsbeispielen werden die genannten Aspekte praktisch veranschaulicht.

## 2 Systembeschreibung

Eine geosynthetische Betonmatte besteht aus einem hochfesten Doppelgewebe dessen synthetische Textillagen entweder mittels Abstandshaltern verbunden oder miteinander verwebt sind. Der dazwischen liegende Hohlraum wird nach dem planmäßigen Verlegen der Matte mit fließfähigem Beton verfüllt. Auf diese Weise lässt sich auf geneigten oder unregelmäßigen Oberflächen ein fugenfreies, passgenaues Betondeckwerk erstellen ohne dass aufwändige Schalungsarbeiten durchgeführt werden müssen.

Die Produktionsmethode erlaubt es permeable Matten unterschiedlicher Oberflächenstruktur oder wasserundurchlässige Matten mit einem durchgehenden nahezu konstanten Betonquerschnitt herzustellen. Letztere können gemäß *EAO (2002)* auch als Oberflächenabdichtung an Wasserstraßen eingesetzt werden. Die Dicke des Deckwerks lässt sich zwischen ca. 8 und 60 cm variieren und somit optimal entsprechend den vorliegenden Einwirkungen anpassen. Eine Übersicht der verschiedenen Betonmattentypen liefert Abbildung 2.



**Abbildung 1:** Übersicht der verschiedenen Betonmattentypen (von links nach rechts mit Zunahme der Permeabilität: Incomat<sup>®</sup> Standard (wasserundurchlässig), Incomat<sup>®</sup> Flex, Incomat<sup>®</sup> Filterpunkt (FP) und Incomat<sup>®</sup> Crib)

Die synthetische Gewebehülle übernimmt nicht nur die Funktion einer verlorenen Schalung während des Betonierens, sondern dient nach der Fertigstellung auch als Filter in den dafür vorgesehenen Gewebebereichen („Filterpunkten“). Der Einbau von Betonmatten (Vorbereiten des Planums, Verlegen, Befüllen) ist sowohl im Trockenen, als auch unter Wasser möglich.

Ein wesentlicher Vorteil dieser Bauweise gegenüber konventionellen Varianten (z.B. Steinsatz, Rasengittersteine, Mastixschotter, u.a.) besteht in der Möglichkeit erheblich steilere Böschungsneigungen auszuführen. Für eine Steinschüttung ist gemäß *LU BW (2003)* eine maximale Neigung von 1:4 zulässig, für einen Steinsatz oder Rasengittersteine gar 1:6. Böschungen mit Deckwerken aus Betonmatten können problemlos mit Neigungen von 1:3 oder steiler ausgeführt werden, sofern dies die Standsicherheit des Dammkörpers zulässt. Dies führt zu einer deutlich geringeren Dammkubatur und somit einer Einsparung an Platz und Kosten.

Um das Bauwerk optisch anspruchsvoll in das Landschaftsbild zu integrieren bietet es sich an das Deckwerk mit einer dünnen Humusschicht zu versehen und durch Ansaat gezielt die Ausbreitung von Vegetation zu fördern. Im Fall eines Extremhochwassers kann eine derartige Überdeckung im Sinne einer Opferschicht erodiert werden. Die darunter liegende Betonmatte bleibt intakt und gewährleistet weiterhin die Standsicherheit des Dammes. Begünstigt wird diese Vorgehensweise durch die strukturierte Oberfläche der Betonmatte, die eine gute Verzahnung mit dem Oberboden ermöglicht.

Ein Deckwerk aus geosynthetischen Betonmatten kann, nach dem Aushärten des Betons, als selbsttragend angesehen werden. Bei der rechnerischen Nachweisführung für ein solches kohärentes System, kann demnach auf einen Nachweis der Erosionsbeständigkeit von Einzelelementen verzichtet werden. Die Sicherheit gegen Abgleiten des Gesamtsystems kann durch eine Einbindung im Fußbereich und/oder die Ausbildung eines Ankergrabens auf der Dammkrone erhöht werden.



**Abbildung 2:** Luftseitige Dammböschung während des Einbaus (links) und fertiggestellter Überströmabschnitt nach Begrünung (rechts)

Beim Ansatz der hydraulischen Belastung des Deckwerks im Zuge der Bemessung kann der Anteil des Gesamtabflusses, der das Deckwerk durchströmt, selbst bei Verwendung permeabler Mattentypen, in der Regel vernachlässigt werden.

Die Wirtschaftlichkeit des Betonmatten-Deckwerks gegenüber alternativen Lösungen ergibt sich aus der Wahl der verwendeten Rohstoffe (Kosten, Verfügbarkeit, Lieferwege etc.) und des zügigen Baufortschritts. Anhand von Erfahrungswerten kann für den Einbau einer geosynthetischen Betonmatte bei der Errichtung einer Überströmstrecke veranschlagt werden, dass sich pro Arbeitstag bei entsprechender Arbeitsvorbereitung und Planung deutlich über 1000 m<sup>2</sup> Deckwerk herstellen lassen. Ein auch aus den relativ hohen Einbauleistungen resultierender Vorteil sind die geringen Kosten im Vergleich zu konventionellen Systemen. Tabelle 1 gibt Anhaltswerte der zu erwartenden Kosten im Vergleich zu anderen Deckwerken. Die Werte basieren auf *Queißer (2005)*, *LfU BW (2004)* und Erfahrungswerten bei der Ausführung von Überströmstrecken mit geosynthetischen Betonmatten.

**Tabelle 1**      Überschlägiger Kostenvergleich verschiedener Deckwerkssysteme

Deckwerkstyp	Kostenschätzung
Steinschüttung	92 - 139 €/m <sup>2</sup>
Mastix-Schotter	82 - 128 €/m <sup>2</sup>
Geosynthetische Betonmatte	50 – 60 €/m <sup>2</sup>

Diese (unverbindlichen) Werte aus z.T. unterschiedlichen Projekten mit abweichenden Abmessungen, Neigungen etc., können lediglich als überschlägige Orientierung und keinesfalls als Planungsgrundlage verwendet werden. Die Indikation ist jedoch eindeutig.

### 3 Versuchsdurchführung an der TU Wien

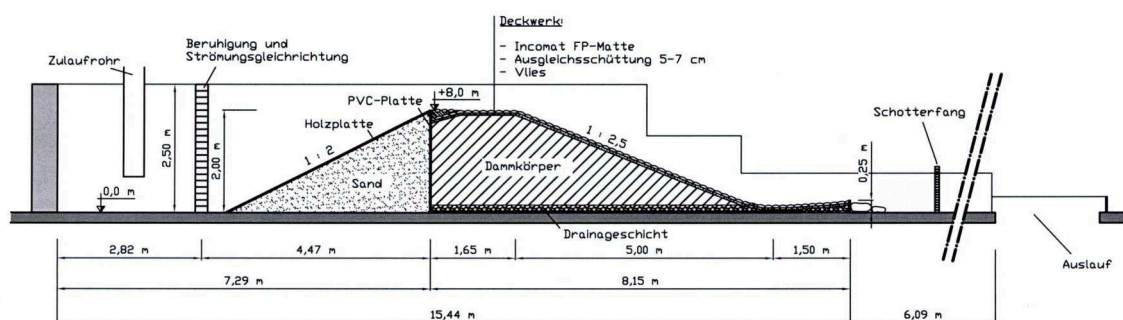
Um genauere Angaben über die Belastbarkeit von Deckwerken aus geosynthetischen Betonmatten zu gewinnen und um eine unabhängige Einschätzung der Eignung dieser Bauweise zu erhalten, wurden hydraulische Überströmversuche an einem physikalischen Modell im Maßstab 1:4 am Institut für Wasserbau und Ingenieurhydrologie der Technischen Universität Wien durchgeführt.

Der Versuchsaufbau in einem 2,02 m breiten Kanal bestand aus einem Dammkörper aus sandigem Kies (Körnung 0 – 40 mm) mit einer luftseitigen Neigung von 1:2,5. Das Tosbecken, der Rampen- und auch der Kronenbereich wurden mit der zu untersuchenden Betonmatte ausgekleidet und diese mit Beton gefüllt.

Zwei verschiedene Betonmattentypen kamen zum Einsatz (vgl. Abbildung 1):

1. Die permeable Filterpunktmatte (FP) verfügt über Filterpunkte, die in regelmäßigen Abständen über die Matte verteilt angeordnet sind.
2. Die Crib-Matte weist ein röhrenartiges Gitterprofil auf, dessen Feldbereiche nicht mit Beton verfüllt werden und somit ebenfalls als großflächige durchlässige Filterpunkte fungieren.

Im Kronenbereich wurde die Betonmatte gemäß den grundsätzlichen konstruktiven Empfehlungen in einen, mit Beton verfüllten Ankergraben geführt. Im Fußbereich wurde eine derartige Konstruktion durch eine Fixierung an der Endschwelle simuliert.



**Abbildung 3:** Längsschnitt durch den Versuchsstand

Die Durchflussmengen lagen zwischen 0,5 und 2,5 m<sup>3</sup>/(s\*m) (Werte entsprechend den in der Natur auftretenden spezifischen Abflüssen), wobei die Spitzenabflussmengen über 2,0 m<sup>3</sup>/(s\*m) nur kurzzeitig (0,5 h Natur) auftraten. Zum Vergleich: Bei der Planung von überströmbaren Dammschnitten werden

für gewöhnlich spezifische Abflüsse zwischen 0,5 und 1,0  $\text{m}^3/(\text{s} \cdot \text{m})$  angesetzt [LU BW (2003)]. Während der Versuchsdurchführung wurden an verschiedenen Stellen des Überströmbereichs die Wassertiefe und die Fließgeschwindigkeit gemessen. Die Messungen wurden jedoch, vorwiegend bei niedrigen Abflussmengen, durch einen hohen Lufteintrag erheblich erschwert. Dieser ist hinsichtlich des Energieabbaus als positiv zu bewerten und lässt sich durch die relativ hohe Rauigkeit des Deckwerks erklären. Eine Übersicht über die durchgeführten Versuche ist untenstehend in Tabelle 2 gegeben.

**Tabelle 2** Spezifische Abflüsse und Versuchsdauer (Werte in die Natur umgerechnet)

Spezifischer Abfluss $q$ [ $\text{m}^3/(\text{s} \cdot \text{m})$ ]	Versuchsdauer [h]	
	Filterpunkt-Matte	Crib-Matte
0,50	10,0	14,0
1,00	14,0	15,0
1,50	11,0	15,0
2,00	17,0	72,0
2,25	0,5	0,5
2,50	0,5	0,5

Die maximal gemessenen Strömungsgeschwindigkeiten und somit auch die geringsten Fließtiefen traten bei beiden Versuchsreihen (Crib-Matte und Filterpunkt-Matte) im unteren Böschungsbereich auf. Im Bereich des Böschungsfußes war jeweils ein Wiederansteigen der Wasserstände festzustellen. Dieses lässt sich durch die plötzliche Gefälleänderung, eine sich einstellende Deckwalze und den unter Umständen damit einhergehenden Rückstau des Wassers erklären. Da die höchsten Fließgeschwindigkeiten und minimalen Abflusstiefen stets nur punktuell erreicht wurden und sich nicht über einen längeren Böschungsabschnitt einstellten, ist nicht zwingend davon auszugehen, dass die maximal möglichen Fließverhältnisse (maximale Geschwindigkeit, minimale Fließtiefe) erreicht wurden. Die Strömungsgeschwindigkeiten erreichten bei den Versuchsreihen mit der Filterpunktmatte Höchstwerte von 9,5 m/s, während der Überströmung der Crib-Matte sogar 10,5 m/s.

Versuchsabschließend konnte von der TU Wien festgehalten werden, dass Deckwerke aus geosynthetischen Betonmatten der untersuchten Typen (Incomat<sup>®</sup> Crib und Incomat<sup>®</sup> Filterpunkt) spezifischen hydraulischen Abflüssen von 2,0  $\text{m}^3/(\text{s} \cdot \text{m})$ , auch bei Dauerbelastung schadlos standhalten können, sofern die konstruktiven Gesichtspunkte und technischen Empfehlungen gebührend Berücksichtigung finden.

## 4 Anwendungsbeispiele

In 2008 wurde die Überlaufscharte des Regenrückhaltebeckens Neckenmarkt im österreichischen Burgenland mit einer wasserdurchlässigen Betonmatte Incomat<sup>®</sup> Crib gegen Erosionserscheinungen gesichert und anschließend begrünt. Zusätzlich zur circa 14 m langen Böschung der 1:3 geneigten und etwa 100 m breiten Überlaufscharte wurden die Dammkrone und eine Fußvorlage mit 3 knapp 700 m<sup>2</sup> großen, vorkonfektionierten Betonmatteneinheiten, sogenannten Panels, überdeckt und mit Mörtel befüllt. Die einzelnen Panels wurden vor dem Befüllen mittels werkseitig vorkonfektionierter Reißverschlüsse miteinander verbunden. Aus Abbildung 4 lässt sich chronologisch der Bauablauf erkennen. In Abbildung 2 ist zusätzlich der Befüllvorgang sowie der Zustand der Überströmstrecke nach Begrünung ersichtlich.



**Abbildung 4:** Vorbereitetes Planum; Verlegung des vorkonfektionierten Betonmatten-Gewebes; Zustand nach Installation und Befüllung (von links nach rechts)

Das Deckwerk der Hochwasserentlastungsanlage Neckenmarkt wurde für einen maximalen Abfluss von 40 m<sup>3</sup>/s ausgelegt, was entsprechend der Breite der Überströmstrecke einem spezifischen Abfluss von  $q = 0,4 \text{ m}^3/(\text{s} \cdot \text{m})$  ergibt.

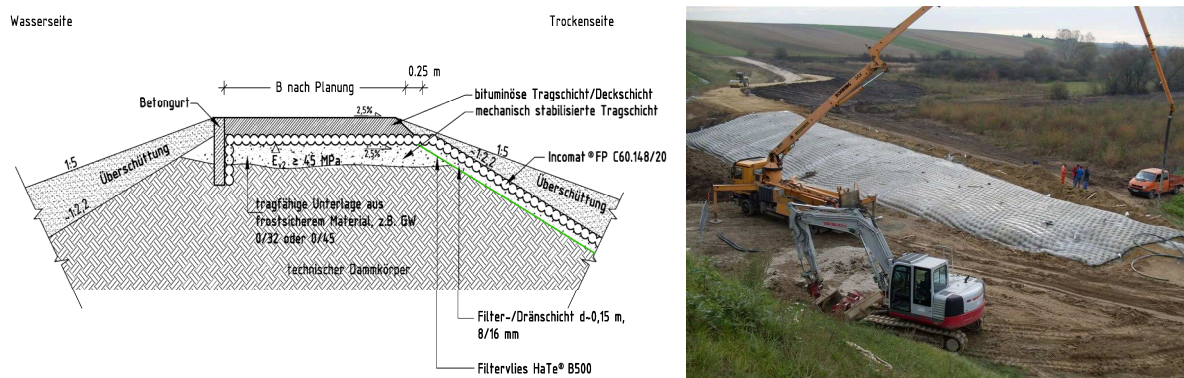
Als ein weiteres Beispiel für den Einsatz einer Überströmstreckensicherungsmaßnahme mittels geosynthetischer Betonmatten kann die Maßnahme Janker Kilb (Niederösterreich) genannt werden. Abbildung 5 zeigt die durchschnittlich 17 cm starke Filterpunkt-Matte während des Füllprozesses. Am Böschungsfuß wurde die Matte durch einen Querriegel gesichert.





**Abbildung 5:** Einbau der Filterpunkt-Betonmatte in Kilb (AUT)

Ein ähnliches Projekt ist in Abbildung 6 dargestellt. Die Entlastungsanlage des Retentionsbeckens Pellendorf (ebenfalls Niederösterreich) wurde mit einer Filterpunktmatte gesichert. Die Dammkrone wurde mit einer befahrbaren Tragschicht versehen, der Böschungsbereich wurde abschließend mit Oberboden angedeckt.



**Abbildung 6:** Schematischer Querschnitt der Krone der Überströmstrecke HWE Pellendorf (links); Mit Betonmatte gesicherte Überströmstrecke der HWE Pellendorf nach Beendigung des Betoniervorganges (rechts)

## 5 Fazit

Die Untersuchungsergebnisse zusammenfassend in Anlehnung an praktische Erfahrungen bei der Ausbildung von Überströmstrecken mit geosynthetischen Betonmatten kann an dieser Stelle festgehalten werden, dass Deckwerksaufbauten mit geosynthetischen Betonmatten im Vergleich zu konventionellen Systemen nicht nur gleichwertig, sondern in vielerlei Hinsicht auch vorteilhaft sind.

Sie stellen oft nicht nur die kostengünstigste Bauweise dar, sondern bieten auch Vorteile auf Grund des zügigen und logistisch flexiblen Einbaus. Die optisch verträgliche Einbindung ins Landschaftsbild lässt sich durch bereits ausgeführte Projekte belegen. Die Versuchsreihen der TU Wien haben gezeigt, welche hohen hydraulischen Beanspruchungen Deckwerke aus geosynthetischen Betonmatten problemlos stand halten können.

Die Vorteile des Betonmattensystems werden an Hand der Tabelle 3 verdeutlicht. Durch eine steilere Neigung der luftseitigen Dammböschung und die damit verbundene Reduktion der erforderlichen Breite der Dammaufstandsfläche kann nicht nur die Kubatur des Dammquerschnittes optimiert werden, sondern dass Deckwerk hält zusätzlich auch höheren hydraulischen Einwirkungen stand.

**Tabelle 3** Zulässige Neigung und maximaler spezifischer Abfluss verschiedener Deckwerkstypen für Überströmstrecken [<sup>1</sup>LfU BW (2004); <sup>2</sup>Tschernutter (2010)]

Deckwerkstyp	Neigung [1:n]	$q_{\max}$ [m <sup>3</sup> /(s*m)]
Steinsatz <sup>1)</sup>	6	≤ 1,0
Steinschüttung <sup>1)</sup>	4	≤ 1,0
Geogittermatratzen <sup>1)</sup>	4	≤ 1,0
Mastix-Schotter <sup>1)</sup>	6	≤ 1,0
Rasengittersteine <sup>1)</sup>	6	≤ 1,0
Bodenverfestigung <sup>1)</sup>	4	≤ 1,0
Betonmatte (Typ Incomat <sup>®</sup> FP und Crib) <sup>2)</sup>	2,5	≥ 2,0

Somit bieten Betonmatten zur Sicherung von überströmbaren Dammquerschnitten zwei elementare Vorteile: eine Dammquerschnittsoptimierung bei gleichzeitiger Erhöhung der hydraulischen Leistungsfähigkeit. Folglich sind geosynthetische Betonmatten als Sicherung von Dammscharten, Flussdeichen oder Überlaufbauwerken seitens der Planer, Bauherren und ausführenden Firmen als wirtschaftliche und technisch hochwertige Lösung in Betracht zu ziehen.

## 6 Literatur

- BAW (2002): Empfehlungen zur Anwendung von Oberflächendichtungen an Sohle und Böschung von Wasserstraßen (EAO). Mitteilungsblatt der Bundesanstalt für Wasserbau Nr. 85. BAW, Karlsruhe 2002.
- Bieberstein, A. (2004): Überströmbare Dämme – landschaftsverträgliche Ausführungsvarianten für den dezentralen Hochwasserschutz in Baden-

- Württemberg. Forschungsbericht FZKA-BWPLUS, Universität Karlsruhe – Institut für Bodenmechanik und Felsmechanik, Karlsruhe 2004.
- Kubetzek, T. (2009): Standsicherheit von Flussdeichen bei langanstauenden Hochwassern und Deichüberströmung. 1. Darmstädter Ingenieurkongress Bau und Umwelt. TU Darmstadt, FB Bauingenieurwesen und Geodäsie, Darmstadt 2009.
- LfU BW (2004): Überströmbare Dämme und Deichsscharten. Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg – Oberirdische Gewässer, Gewässerökologie 90, Karlsruhe 2004.
- LU BW (2003): Überströmbare Dämme, Dammscharten und Flussdeiche. Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg: BW-PLUS Forschungstransfer Informationsveranstaltung. Sprint-Digital-Druck GmbH, Stuttgart 2003.
- Pilarczyk, K.W. (2000): Geosynthetics and Geosystems in Hydraulic and Coastal Engineering. A.A. Balkema, Rotterdam, Brookfield 2000.
- Queißer, J. (2006): Entwicklung landschaftsverträglicher Bauweisen für überströmbare Dämme. Mitteilungen des Instituts für Wasser und Gewässerentwicklung – Bereich Wasserwirtschaft und Kulturtechnik der Universität Karlsruhe (TH) – Heft 233. Universitätsverlag Karlsruhe, Karlsruhe 2006.
- Steuernagel, J. (2008): Möglichkeiten zur Optimierung von Sanierungsmaßnahmen an Flußdeichen. Technische Universität Darmstadt – Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft, Darmstadt 2008.
- Strasser, W. (2007): Deckwerke für Hochwasserrückhaltedämme. Wasserbaukolloquium 2007 – „Fünf Jahre nach der Flut“, Dresden 2007.
- Tschernutter, P. (2010): Überströmbare Dämme – Bericht über die Versuche mit der Incomat® Crib 10.200-Matte. Technische Universität Wien – Institut für Wasserbau und Ingenieurhydrologie, Wien 2010. (unveröffentlicht)
- Tschernutter, P. (2010): Überströmbare Dämme – Bericht über die Versuche mit der Incomat® FP C 60.148/20-Matte. Technische Universität Wien – Institut für Wasserbau und Ingenieurhydrologie, Wien 2010. (unveröffentlicht)

## Autoren:

Dipl.-Ing. Markus Wilke  
Dipl.-Ing. Benjamin Krüger

HUESKER Synthetic GmbH  
Fabrikstrasse 13-15  
48712 Gescher

Tel.: +49 2542 701-0  
Fax: +49 2542 701-493  
E-Mail: wilke@huesker.de  
E-Mail: krueger@huesker.de

Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Peter  
Tschernutter  
Univ-Ass. Dipl.-Ing. Markus Schüll

Technische Universität Wien  
Institut für Wasserbau und  
Ingenieurhydrologie  
Karlsplatz 13/E222  
A-1040 Wien

Tel.: +431 58801 22201  
Fax: +431 58801 22299  
E-Mail: sekretariat@kw.tuwien.ac.at