

# Hochwasserbedrohungen - Neue Sicherheiten im Deichbau mit Geokunststoffen

Prof. Dr.-Ing. Georg Heerten, NAUE GmbH & Co. KG, Espelkamp,  
Dr.-Ing. Michael Heibaum, Bundesanstalt für Wasserbau (BAW), Karlsruhe,  
Dr.-Ing. Ronald Haselsteiner, Fichtner GmbH & Co. KG, Stuttgart,  
Dipl.-Ing. Katja Werth, BBG Bauberatung Geokunststoffe GmbH & Co. KG, Espelkamp

*Die Standsicherheit von Deichen an Flussläufen wird im Hochwasserfall im Wesentlichen durch zwei hydraulische Einwirkungen gefährdet, nämlich durch die Durchsickerung des Deichkörpers und die Überströmung der Deichkrone. Während eine Durchströmung durch den Einbau einer geeigneten Dichtung verhindert oder zumindest begrenzt werden kann, erfordert die Sicherung gegen Überströmen entsprechende konstruktive Maßnahmen an Krone, landseitiger Böschung und Böschungsfuß, damit bei unplanmäßiger Überströmung eine Überbeanspruchung nicht zum Versagen des Deiches führt. Für beide Fälle stehen Lösungen mit Geokunststoffen zur Verfügung. Nach mehrjähriger Einsatzzeit als Deichdichtung wurden Bentonitmatten an Deichen in Deutschland unter fachtechnischer Begleitung aufgedeckt und ihre Funktionstüchtigkeit untersucht. Sowohl diese Ergebnisse als auch Erkenntnisse aus Modellversuchen zur Erhöhung der Widerstandsfähigkeit von Deichen bei Überströmen bestätigen die Wirksamkeit von Geokunststoffen als Sicherungselemente im Deichquerschnitt. Mit in den Deichkern integrierten, oberflächennahen oder die Vegetation unterstützenden Erosionsschutzsystemen aus Geokunststoffen kann das konventionelle Verhalten von überströmten Deichen entscheidend verbessert und je nach Bemessungsgrößen ein Bruch auch vollständig verhindert werden. Konstruktionsprinzipien, Bemessungshinweise und die technische Umsetzung zur Einbindung derartiger Konstruktionen in Ertüchtigungsmaßnahmen können aus den neuesten Erkenntnissen abgeleitet werden. Somit steht der baupraktischen Umsetzung nach Meinung der Autoren nichts mehr im Wege.*

## 1. Einleitung

Nach den vergangenen Hochwasserereignissen an den Flussläufen in Deutschland wurden in großem Umfang Deichquerschnitte unter Einsatz von Geokunststoffen realisiert.

Der Einsatz von Filtervliesstoffen für einen filterstabilen und erosionsfesten Übergang zwischen Deichkern und luftseitigem Drän- und Auflastkörper oder die Anordnung von geosynthetischen Tondichtungsbahnen (GTD, Bentonitmatten) als wasserseitige Oberflächendichtung sind als etablierte Bauweisen in aktuellen Regelwerken verankert.

Die Wirkungsweise von in den Deich integrierten Sicherungsmaßnahmen aus Geo-

kunststoffen wurde an unterschiedlichen Forschungseinrichtungen untersucht und für diese Bauweisen eine hohe Widerstandsfähigkeit im Lastfall Überströmung dokumentiert.

Erosionsprozesse an der Binnenböschung und Deichbrüche mit plötzlicher Breschenbildung können mit Geokunststoffbauweisen verhindert werden. Somit steht selbst bei Überschreitung des Bemessungshochwassers und Überströmen des Deiches mehr Zeit für Notsicherungs- und Evakuierungsmaßnahmen zur Verfügung.

Die Umsetzung dieser Sicherungsmaßnahmen aus Geokunststoffen, nach (16) auch als Verbundbauweisen bezeichnet, ist für planmäßig betriebene Überströmstrecken an Hochwasserrückhaltebecken oder Hochwasserschutzdeichen möglich.

## 2. Deichdichtung mit Geosynthetischen Tondichtungsbahnen

### 2.1 Allgemeines

Ende der 80er Jahre wurde mit der vernadelten Bentonitmatten ein neues Bauprodukt für die Geotechnik entwickelt. Mit ca. 1 cm Bentoniteinlage – schubkraftübertragend und erosionssicher zwischen Geotextilien verpackt – wurde eine fabrikmäßig hergestellte Alternative zur herkömmlich erdbautechnisch hergestellten Tondichtung in die Baupraxis eingeführt. Die Absperrdämme und die Sekundärdichtung unterhalb der Asphaltabdichtung des Bayerischen Lechkanals waren die ersten großmaßstäblichen Anwendungen dieses neuen Bauproduktes im Wasserbau. Nach (1) werden Bentonitmatten (geosynthetische Tondichtungsbahn, GTD) ebenso den mineralischen Dichtungssystemen zugeordnet wie klassische Ton- und Lehmdichtungen.

Neben der weit verbreiteten und häufigen Anwendung im Umweltschutz wurden in den zurückliegenden Jahren auch viele Wasserbauwerke mit vernadelten Bentonitmatten erfolgreich realisiert und Weiterentwicklungen der Produkte für den Unterwassereinbau umgesetzt (1). Große Beachtung finden vernadelte Bentonitmatten bei der Deichertüchtigung, da mit diesen Produkten eine kostengünstige Dichtung im Deich realisiert werden kann (11, 12). Der Bentonit ist erosionsfest zwischen Deck- und Trägergeotextil eingekapselt, ein Auswandern dieser mineralischen Dichtungsschicht wird auch unter turbulenter Anströmung nachweislich verhindert (1).

Nach dem Elbe-Hochwasser 2002 sind bis Ende 2007 in Deutschland bei ca. 160 Bauprojekten des Hochwasserschutzes ca. 2,4 Mio. m<sup>2</sup> vernadelte Vliesstoffe, ca. 330.000 m<sup>2</sup> Geogitter eingesetzt und ca. 770.000 m<sup>2</sup> Deichdichtungen mit geosynthetischer Tondichtungsbahn realisiert worden (Bild 1) (12, 13).

### 2.2 Aktuelle Aufgrabungsergebnisse

Zur Berücksichtigung klimatischer Einflüsse wird nach (4) grundsätzlich für mineralische Dichtungen – erdbautechnisch aus bindigem Boden und geosynthetisch als Tondichtungsbahn – eine überlagernde Deckschichtmächtigkeit von 80 cm empfohlen. Funktionale Vorteile von Bentonitmatten sind geringe Setzungsempfindlichkeit ohne Beeinträchtigung der Durchlässigkeitseigenschaften, konstante Qualitätseigenschaften auch nach dem Einbau sowie gutes Reibungsverhalten. Mögliche Auswirkungen von Durchwurzelung und/oder Nagetierbefall müssen jedoch ebenso beachtet werden wie bei klassischen Dichtungen aus bindigem Boden. Diese Auswirkungen sind aber durch Gestaltung der projektbezogenen Querschnittsgeometrie des Deiches, Einsatz nichtbindiger, wühltierunfreundlicher Deckschichten (Bild 2) oder durch technische Zusatzmaßnahmen beherrschbar. Weitere Hinweise zur Planung und Ausführung mit geosynthetischen Tondichtungsbahnen sind in (1, 2, 4, 5, 15) zu finden.

Sowohl an den Deichen der Lippe (Haltern-Lippamsdorf in Nordrhein-Westfalen) als auch an der Kinzig (Offenburg / Baden-Württemberg) wurden kürzlich Aufgrabungen von Bentonitmatten nach sechs und 12-jähriger Liegezeit unter fachtechnischer Begleitung der ICG Leonhardt - Veith GmbH & Co. KG Ingenieur Consult Geotechnik sowie der Bundesanstalt für Wasserbau in Karlsruhe (BAW) durchgeführt. Die Ergebnisse wurden erstmals anlässlich des Wasserbaukolloquiums an der TU Dresden präsentiert (7).

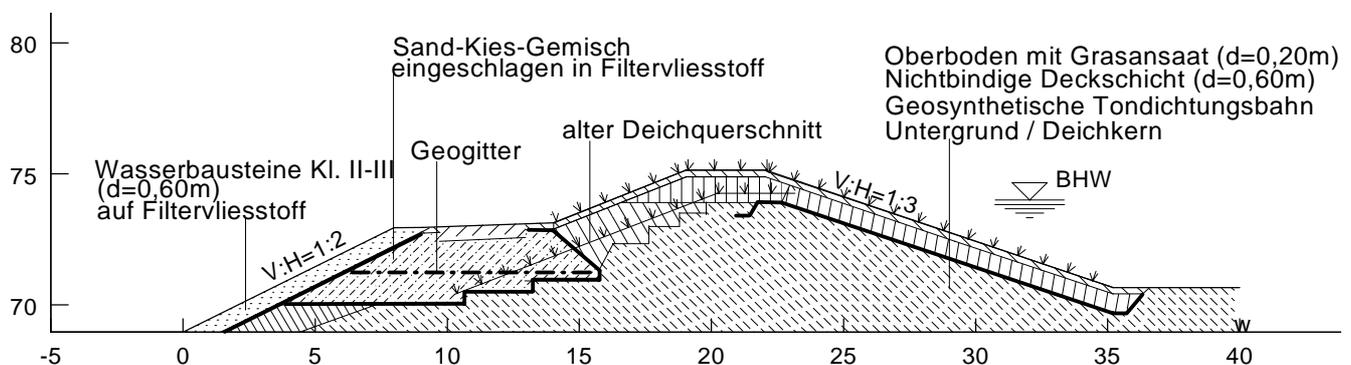


Bild 1: Regelquerschnitt eines sanierten Elbedeiches bei Bösewig / Sachsen-Anhalt (12)



Bild 2: Deichertüchtigung an der Kinzig (2001): Überschütten der GTD mit Kiessand als "wühltierunfreundliche" Deckschicht (rechts)

Die Laboruntersuchungen zielten auf Erkenntnisse möglicher Materialveränderungen nach der mehrjährigen Liegezeit ab. Im Vergleich zum neuwertigen Produkt wurden nach (7) keine signifikanten Qualitätsunterschiede festgestellt und damit den untersuchten Bentonitmatten eine volle Funktionstüchtigkeit nach bis zu 12 Jahren im eingebauten Zustand bescheinigt. Das "Hochleistungsprodukt" Bentonitmatte mit nur 1 cm hochwertiger Bentonitschicht hat alle Erwartungen erfüllt. Die aufgedeckten Bentonitmatten wiesen mit Durchlässigkeitsbeiwerten von  $k = 2,5 \times 10^{-11}$  m/s bis  $8 \times 10^{-11}$  m/s eine hydraulische Leistungsfähigkeit entsprechend den Eignungsprüfungen vor Einbau und Ausführung auf. Weitere Ergebnisse aus anderen Aufgrabungen stehen noch aus. Die damalige Ausführung der beiden vor genannten Deichertüchtigungsmaßnahmen wird nachfolgend erläutert.



Bild 3: Lippedeich-Sanierung (1994): Einbau der GTD Bentofix als Deichdichtung (14)

### 2.2.1 Lippedeiche / Nordrhein-Westfalen (Liegezeit der GTD: 1994 – 2006)

Die im Bergsenkungsgebiet gelegenen Deiche beidseitig der Lippe im Raum Haltern-Lippamsdorf und Marl im Ruhrgebiet wurden 1994 ertüchtigt. Zum Hochwasserschutz der umliegenden Wohngebiete und der nahe gelegenen Zeche Auguste Victoria wurden die Deiche 1994 im Auftrag des Lippeverbandes mit den vor Ort vorhandenen Waschbergen aus der Kohlegewinnung um 50 cm erhöht. Eine Dichtung war sowohl aus Standsicherheitsgründen als auch aus zum Schutz des Grundwassers (Auslaugung der Waschberge) erforderlich. Die Beschaffung von Ton oder Lehm Boden wurde als unwirtschaftlich bewertet und hätte einen aufwendigen Einbau- und Kontrollaufwand an den 1:n = 1:2 geneigten Böschungen während der Bauphase mit sich geführt. Zudem wäre die Einbauzeit auf die niederschlagsarmen Monate begrenzt gewesen. Aus diesen Gründen wurde als Alternative beidseitig der Lippe eine schubkraftübertragende, vernadelte geosynthetische Tondichtungsbahn flächenhaft als Dichtungselement verlegt und mit Sand, Schotter und Oberboden in einer Mächtigkeit von 40 cm bedeckt (Bild 2). Beim Süddeich wurden die neu aufgebrachten Waschberge von der GTD eingeschlossen. Beim Norddeich wurde die GTD zudem im Deichfußbereich an eine Stahlspundwand zur Anbindung an den undurchlässigen Untergrund angeschlossen. Im Hinblick auf mögliche Setzungen des im Bergsenkungsgebiet gelegenen Deiches konnte ein flexibler Anschluss der setzungsunempfindlicheren GTD an das starre Bauwerk realisiert werden, wodurch auch unter Verformungseinfluss eine ausreichende Dichtigkeit im Anschlussbereich sichergestellt wurde.

### 2.2.2 Kinzigdeiche

Die Gewässerdirektion Südlicher Oberrhein / Hochrhein begann bereits im Jahre 1987 mit der Ertüchtigung der teilweise über 100 Jahre alten Deiche an der Kinzig nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik. Hochwasserereignisse in den Jahren 1990 und 1991 zeigten bereits kritische, die Standsicherheit gefährdende Belastungszustände entlang der ca. 160 km langen Deichstrecken. Es wurde ein umfangreiches Kinzigdeich-Sanierungsprogramm konzipiert, das in den Jahren 2000/01 umgesetzt wurde. Dabei wurden die Deiche in definierten Abschnitten im Mittel zwischen 60 cm und 80 cm erhöht, verstärkt und wasserseitig eine vernadelte,

schubkraftübertragende geosynthetische Tondichtungsbahn angeordnet (14). Nach den Verlegearbeiten in Abschnitten von jeweils 100 m wurde eine 60 cm starke verdichtete Kiessandschicht als "wühltierunfreundliche" grobkörnige Deckschicht mit 20 cm Oberboden auf die 1:n = 1:2,8 geneigte Böschung aufgebracht und anschließend Maßnahmen zur Herstellung einer geschlossenen Grasdecke vorgenommen. Der Kiessand wurde direkt aus der Kinzigsohle entnommen, wodurch gleichzeitig Gewässerunterhaltung betrieben werden konnte. Für die linke Seite bei Weier wurden insgesamt 36.000 m<sup>2</sup> geosynthetische Tondichtungsbahn als Deichdichtung eingebaut (Bild 3). Aufgrund der Transportkosten wäre der Einbau einer erdbautechnisch herzustellenden mineralische Dichtung aus bindigem Boden aus Sicht der Gewässerdirektion unwirtschaftlich gewesen. Die Umsetzung und Qualitätssicherung erfolgte im Einvernehmen mit dem Bodengutachter und der BAW.

### 3. Überströmsicherung

In Abhängigkeit von Überströmungshöhe und Überströmdauer ist bei einer unplanmäßigen Überströmung von Deichen zwangsläufig von einem Deichbruch mit entsprechender Breschenbildung auszugehen ("ungewollte Polder"). Bei einem Anstieg des Hochwassers auf das Niveau der Deichkrone sind Notsicherungsmaßnahmen an ungesicherten Deichstrecken mit einem hohen Risiko für die Einsatzkräfte verbunden, da ein schlagartiges Versagen des Deiches auftreten kann und Einsatzkräfte im schlimmsten Fall nicht rechtzeitig abgezogen werden können. Insbesondere in Gebieten mit hohem Schadenspotential können gemäß dem Nutzen-Schaden-Verhältnis zusätzliche Sicherungsmaßnahmen gerechtfertigt sein, die das Schadensrisiko für das Hinterland signifikant reduzieren.

Die Möglichkeiten, überströmbare Deiche und Dämme auszubilden, sind vielseitig. Nach (6) heißt es: "*Überlaufstrecken sind sorgfältig zu planen, auszuführen und zu unterhalten. ... Bei geringer Belastung genügt ein Abflachen der landseitigen Böschung auf 1:10 bis 1:20 mit gesichertem Böschungsfuß.*" Das Risiko einer mit einem Deichbruch verbundenen schlagartigen Überflutung des Hinterlandes „lässt sich durch Sicherung der landseitigen Böschung gegen Erosion verringern.“ Eine derartige,

durchgängige Sicherung von ganzen Deichstrecken „gehört bisher nicht zur wasserbaulichen Praxis“. In der Norm heißt es weiter: „Bei jeder Deichplanung ist zu überprüfen, ob sich die Katastrophengefahr verringern lässt durch die Ausbildung von gegen Erosion gesicherten Überlaufstrecken in günstig gelegenen Deichabschnitten.“ Unter dem Begriff „Deichplanungen“ sind alle Planungen an Deichen also auch Planungen von Deichertüchtigungsmaßnahmen inbegriffen. In der Praxis wird dieser Forderungen jedoch i.d.R. nicht Folge geleistet (8), wobei in letzter Zeit diesem Sachverhalt nicht zuletzt aufgrund von kostengünstigen Methoden zur Herstellung derartig gesicherter Überströmbereiche verstärkt Augenmerk geschenkt wird. Derzeitig laufen hierzu Planungen innerhalb von Deichertüchtigungsmaßnahmen sowohl in Bayern als auch in Hessen.

Planmäßig überströmbare Deichstrecken bieten den Vorteil, das Retentionsvolumen von hinter den Deichen befindlichen Poldern nutzbar zu machen und durch diesen Rückhalt eine Verbesserung der Hochwassersituation im Unterwasser zu schaffen. Aber auch für gefährdete Gebiete mit einem hohen Schadenspotential sind Sicherungsmaßnahmen zu empfehlen, die einen Deichbruch verhindern. Da die Ausbildung von sehr flach geneigten Böschungen und Überströmstrecken aus Beton oder verklammerten Deckwerken – wie z.B. bei Hochwasserentlastungsanlagen im Talsperrenbau (Schussrinnen) – für Überlaufstrecken bei Deichen i. d. R. nicht wirtschaftlich ist, gewinnen Geokunststoff-Lösungen an Bedeutung (8).

Unter dem Begriff Boden-Geokunststoff-Verbundsystem können Sicherungselemente entworfen werden, die zur Stabilisierung der gefährdeten Binnenböschung beitragen und den Deichbruch mit Breschenbildung verhindern, so dass der Deich im Überlastfall im Querschnitt erhalten bleibt. Mögliche (kombinierbare) Sicherungsmethoden mit einem Boden-Geokunststoff-Verbundsystem sind:

- (I) Oberflächen-Erosionsschutz (in Kombination mit intakter Grasdecke),
- (II) Oberflächennaher Erosionsschutz (bei Verlust der Grasdecke),
- (III) Integrierter Erosionsschutz (Sicherung des Deichquerschnittes).

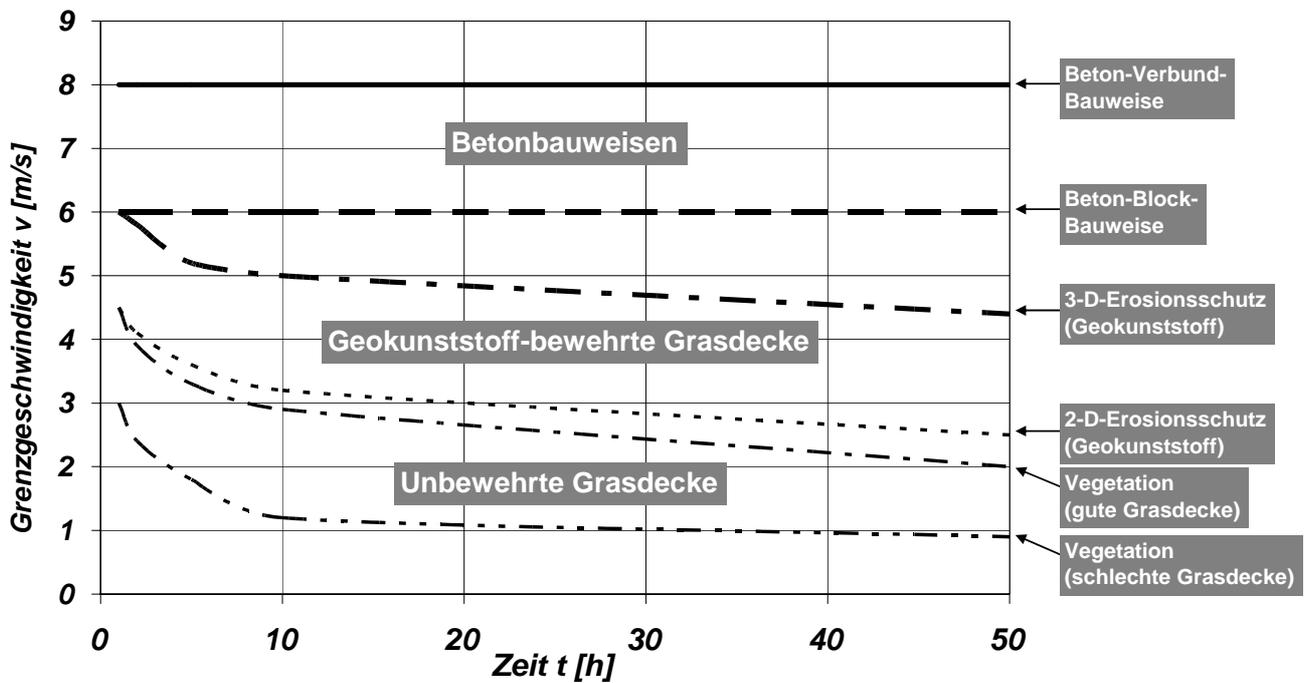


Bild 4: Wirksamkeit von unbewehrten und bewehrten Grasdecken an Dammböschungen bei Überströmung (3)

Bei Methode (I) wird die Binnenböschung mit einer bewehrten Grasdecke verstärkt. In der oberen Lage der Oberbodenschicht werden dreidimensionale Erosionsschutzsysteme aus extrudierten Kunststoffdraht-Wirrlagen flächig angeordnet und anschließend Oberboden mit standortgerechter Ansaatmischung in die Wirrlagen eingearbeitet. Die anwachsenden Feinwurzeln der Grasdecke verzahnen sich in Wirrlage und Untergrund und führen somit zur Stabilisierung der für den Erosionsschutz wichtigen Grasdecke. Der Realisierungsaufwand ist sehr gering, da der Erosionsschutz im Zuge von Vegetationsmaßnahmen durchgeführt werden kann. Bei im Jahr 1987 in Großbritannien durchgeführten Modellversuchen zur Wirksamkeit von bewehrten Grasdecken an überströmten Dammböschungen wurde eine gute Funktionalität für die dreidimensionalen Wirrlagen bestätigt (3). Diese Ergebnisse zur Wirksamkeit von unbewehrten Grasdecken und bewehrten Grasdecken im Vergleich zu Betonbauweisen sind in Bild 4 dargestellt.

Methode (II) stellt ebenfalls wie Methode (I) eine böschungsparelle Sicherung da, die unterhalb der Oberbodenschicht (ca. 20 cm) an der Binnenböschung auch bei Verlust der Grasdecke eine hohe Schutzwirksamkeit aufweist. Dabei werden zugfeste Geogitter-Vliesstoff-Kombinationen (2-dimensional) an der Oberfläche des Deichstützkörpers flächig

angeordnet und mit Bodennägeln fixiert (Bild 5). Bei Verlust der Grasdecke verbleibt ein stabilisiertes Überströmbett. Mit einem geringen Realisierungsaufwand kann eine hohe Schutzwirksamkeit bei Überströmung erreicht werden, wobei ein Verlust der Oberbodenschicht bei Überströmung in Kauf genommen wird.

Methode (III) ist als in den Deich integrierte Sicherungsmaßnahme die bautechnisch sicherste Maßnahme. Ein Bruchversagen wie bei klassischen unbewehrten Deichkörpern kann ausgeschlossen werden. Das lagenweise Verpacken von Boden mit Vliesstoffen oder vorzugsweise Geogittern in Umschlagmethode gilt im Erdbau des Straßenbaus als Standardbauweise bei Ausbildung von bewehrten Steilböschungen und Stützkonstruktionen (Neigungen  $45^\circ$  bis  $90^\circ$ ). Bei Deichen mit vergleichsweise geringerer Böschungsneigung können mit dieser Bauweise hydraulische Überlastfälle auch bei Böschungsneigungen von ca.  $33^\circ$  (ca. 1:1,5) beherrscht werden. Zudem wird bei Ausführung der Binnenböschung entsprechend Bild 6 ein Kaskadenabfluss und damit die Energieumwandlung gefördert und die Strömungsbelastung im Bereich des Deichfußes und im Deichhinterland reduziert. Diese Bauweise ist sehr stabil und birgt unter Berücksichtigung der durchgeführten Versuche nach Meinung der Autoren noch bemerkenswerte Sicherheitsreserven. Die Ausführung ist einfach, bedarf aber aufgrund der zu dimensionierenden

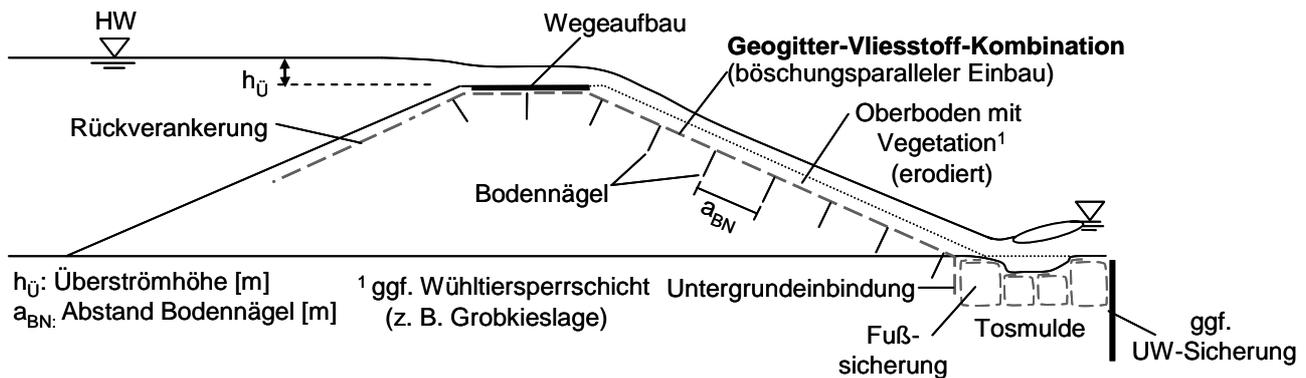


Bild 5: Überströmsicherung nach Methode (II), böschungsparell mit Geogitter-Vliesstoff-Kombinationen und Bodennägeln (8)

horizontalen Einbindelänge im Bereich des Deichkerns eines im Vergleich zu (I) und (II) höheren Realisierungsaufwandes.

Mit Bezug zu den o. g. Methoden (I) bis (III) wurden in 2006 Modellversuche an der Versuchsanstalt für Wasserbau und Wasserwirtschaft der TU München durchgeführt, um die Widerstandsfähigkeit der Deichbinnenböschung unter Einsatz von Geokunststoffen bei Überströmung zu beurteilen. Diese Untersuchungen wurden als Bestandteil eines bayerischen Forschungs- und Entwicklungsvorhabens mit dem Thema „Überströmung von Deichen“ durchgeführt. Das Bayerische Landesamt für Umwelt (LfU) übernahm die fachliche Begleitung des Vorhabens. Ziel der Modellversuche war die Entwicklung von bautechnisch einfachen und kostengünstigen Geokunststoff-Lösungen zur Erosionssicherung bei der Überströmung von Deichen. Es wurden Versuche durchgeführt und ausgewertet, die eine Situation bei Verlust der Vegetationsschicht abbilden (Methode (II) bis (III)). Dabei wurden Wasserbaufiltervliesstoffe, Sandmatten und Vliesstoff-Geogitter-Kombinationen untersucht,

die böschungsparell, horizontal mit und ohne Umschlagmethode an der Binnenböschung eingebaut wurden. Das oberflächennahe, böschungsparelle System mit vernagelter Geogitter-Vliesstoff-Kombination (Methode (II), Bild 7) wurde mit einer Überlaufrate  $q = 300 \text{ l/(s}\times\text{m)}$  bei  $1:n = 1:2,5$  überströmt und das in den Deich integrierte Boden-Geokunststoff-Verbundsystem (Methode (III), Bild 8) wurde mit  $q = 130 \text{ l/(s}\times\text{m)}$  bei einer Neigung  $1:n = 1:1,5$  überströmt. Systeme mit Geokunststoffen in Umschlagmethode und böschungsparell angeordnete Vliesstoff-Geogitter-Kombinationen oder Sandmatten mit konstruktiver Fixierung erwiesen sich als ausreichend widerstandsfähig. Der Versuch zur Wirksamkeit des Oberflächen-Erosionsschutzes (Methode (I)) mit bewehrter Grasdecke aus dreidimensionalen Erosionsschutzmatten zeigte, dass der Verbund von Grasdecke mit Wirrlage eine Erhöhung des Erosionswiderstandsverhaltens bewirken kann. Versuchsdurchführung und Ergebnisse sind in (8) beschrieben.

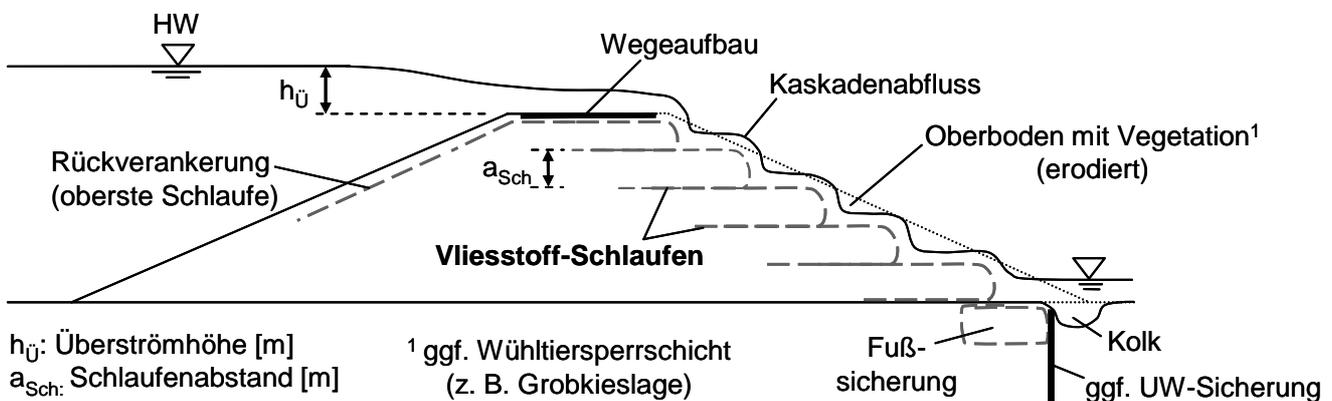


Bild 6: Integrierte Überströmsicherung nach Methode (III) in Umschlagmethode (8)



Bild 7: Methode (II) – Überströmung mit böschungparalleler Sicherung mit Geogitter-Vliesstoff-Kombinationen (vernagelt), Neigung  $1:n = 1:2,5$ ,  $q = 300 \text{ l/(s}\times\text{m)}$  (8)



Bild 8: Methode (III) – Überströmung mit integrierter Sicherung aus Wasserbaufiltervliesstoffen, lagenweise umgeschlagen, Böschungsneigung  $1:n = 1:1,5$ ,  $q = 130 \text{ l/(s}\times\text{m)}$  (8)

#### 4. Zusammenfassung

In Deichen ist der Einsatz von Filtervliesstoffen an der Binnenseite und die Anordnung von geosynthetischen Tondichtungsbahnen (GTD) als wasserseitige Oberflächendichtung in aktuellen Regelwerken verankert. Aufgrabungen an Deichen, die bereits vor über 12 Jahren mit Bentonitmatten als wasserseitige Deichdichtung ertüchtigt wurden, zeigen eine volle Funktionsfähigkeit.

In den Deich integrierte Sicherungsmaßnahmen aus Geokunststoffen ermöglichen eine hohe Widerstandsfähigkeit im Lastfall Überströmung, so dass mehr Zeit für Notsicherungs- und Evakuierungsmaßnahmen zur Verfügung steht. Ausführungsbeispiele und belastbare Ergebnisse im Zusammenhang mit den beschriebenen Bauweisen sind vorhanden.

Einen mit Geokunststoffen ertüchtigten Deichquerschnitt zeigt z. B. Bild 9. Dieser wurde nach dem Oder-Hochwasser 1997 in Polen bei der Sanierung eines Deichbruches realisiert und bietet günstige Voraussetzungen für einen langfristig standsicheren und überströmsicheren Deich. Der Deich wurde mit einer wasserseitigen Oberflächendichtung bestehend aus einer GTD sowie mit integrierter Erosionssicherung durch Verpacken des Deichkerns mit Filtervliesstoffen in Umschlagmethode und mit einer filterwirksamen luftseitigen Entwässerung einschließlich Deichverteidigungsweg ertüchtigt. Ein Bruchverhalten wie bei einem Deich mit konventionellem Querschnittsaufbau nur aus Erdstoffen darf als ausgeschlossen angenommen werden.

Zukünftig werden wirtschaftliche Sicherungsmaßnahmen für den Lastfall Überströmung an Flussdeichen sicherlich eine gesteigerte Rolle spielen, um einerseits Retentionsraum hinter den Deichen im Hochwasserfall zu aktivieren und andererseits das Risiko in Gebieten mit hohem Schadenspotential bis hin zum Katastrophenfall zu minimieren. Zuletzt muss noch angemerkt werden, dass für die Aktivierung von Retentionsraum entlang von Deichen entsprechend lange gesicherte Überströmstrecken ausgebildet werden müssen, um entsprechende Wassermengen ausleiten zu können. Wurde in der Vergangenheit u. a. auch aus wirtschaftlichen Gründen davon abgesehen, lange Strecken entsprechend auszuführen, stellen die gezeigten Methoden eine sichere und wirtschaftliche Möglichkeit dar, diese Aufgabe zu lösen (17).

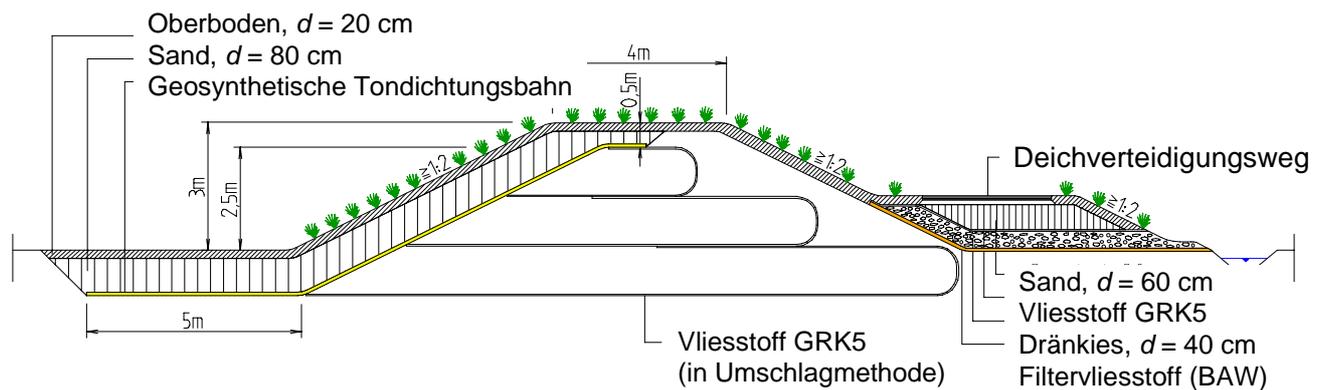


Bild 9: Querschnitt eines sanierten Oderdeiches in Polen (9)

## Quellennachweis

1. BAW: *Empfehlungen zur Anwendung von Oberflächendichtungen an Sohle und Böschung von Wasserstraßen EAO*, Bundesanstalt für Wasserbau, Karlsruhe, 2001
2. BAW: *Richtlinien für die Prüfung von mineralischen Weichdichtungen im Verkehrswasserbau RPW*, Bundesanstalt für Wasserbau, Karlsruhe, 2006
3. CIRIA Report 116: *Design of reinforced grass waterways*. CIRIA Construction Industry Research and Information Association, London, UK, 1987
4. DWA: DWA-Themen, DWA-Arbeitsgruppe WW-7.3, *Dichtungssysteme in Deichen*, Eigenverlag, 2005
5. DGGT: *Empfehlungen zur Anwendung geosynthetischer Tondichtungsbahnen EAG-GTD*, Deutsche Gesellschaft für Geotechnik, Verlag Ernst & Sohn, 2002
6. DIN 19712: *Flussdeiche*. November 1997
7. Fleischer, P., Haarer, R., Heibaum, M.: *Bentonitmatten als Damm- und Deichdichtungen – Erkenntnisse aus Aufgrabungen nach unterschiedlich langen Liegezeiten*. Tagungsband Wasserbaukolloquium 2007 "5 Jahre nach der Flut", TU Dresden, 8./9. Oktober 2007
8. Haselsteiner, R., Mett, M., Strobl, Th.: *Überströmungssicherung von Deichen mit Geokunststoffen*. 5. NAUE-Geokunststoffkolloquium, Bad Lauterberg, 25./26.01.2007
9. Heerten, G.: *Erhöhung der Deichsicherheit mit Geokunststoffen*. 6. Informations- und Vortragstagung über Kunststoffe in der Geotechnik, Fachsektion Kunststoffe in der Geotechnik der DGGT e. V., München, 1999
10. Heerten, G., Horlacher, H.-B.: *Konsequenzen aus den Katastrophenhochwässern an Oder, Donau und Elbe*. Geotechnik 25, Nr. 4, 231ff, Verlag Glückauf, 2002
11. Heerten, G.: *Flussdeiche für lang einstauende Hochwasser*. 10. Darmstädter Geotechnik-Kolloquium, Institut für Geotechnik, TU Darmstadt, März 2003.
12. Heerten, G., Werth, K.: *Anwendung von Geokunststoffen bei der Deichertüchtigung*, Fachtagung Deichertüchtigung und Deichverteidigung in Bayern, Hrsg. Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft, TU München, Wallgau, 13./14. Juli 2006
13. Heerten, G.: *Geokunststoffe im Deichbau*. Tagung des DWA Flussdeiche – Bemessung, Dichtungssysteme und Unterhaltung, Fulda, 23./24. Mai 2007
14. Santo, J.: *Deichsanierung an der Kinzig*. Tagungsband, 3. NAUE-Geokunststoff-Kolloquium, NAUE GmbH & Co. KG, Adorf/Vogtland, 30./31. Januar 2003
15. Saathoff, F., Werth, K.: *Geokunststoffe in Dämmen und Deichen*. Sicherung von Dämmen und Deichen: Handbuch für Theorie und Praxis, 221–237, Hrsg. Hermann und Jensen, Universitätsverlag Siegen, 2003
16. LFU BW (2004): *Überströmbare Dämme und Dammscharten*. Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (LfU BW), 1. Auflage, Karlsruhe
17. Haselsteiner, R., Strobl, Th.; Heerten, G.; Werth, K.; (2007): *Überströmungssicherung von Deichstecken mit Geokunststoffen - Ein wirtschaftlicher Sicherheitsgewinn*. Dresdner Wasserbaukolloquium 2007 "Fünf Jahre nach der Flut", 08. bis 09. Oktober 2007, Dresdner Wasserbauliche Mitteilungen, Heft 35, S. 145 - 156