

Umweltfreundliche Alternativen zum Schüttsteindeckwerk an Binnenwasserstraßen

Petra Fleischer

Abstract

With the use of technical-biological bank protection as an alternative to riprap, the banks of inland waterways can be protected and at the same time enhanced ecologically. Based on extensive research, various work tools and a first conservative design concept for the planning and execution of these natural bank protection measures are already available.

Zusammenfassung

Mit der Anwendung von technisch-biologischen Ufersicherungen als Alternative zum Schüttsteindeckwerk können die Ufer von Binnenwasserstraßen gesichert und gleichzeitig ökologisch aufgewertet werden. Auf der Grundlage umfangreicher Forschungen stehen für die Planung und Ausführung dieser naturnahen Ufersicherungen bereits verschiedene Arbeitshilfen und auch ein erstes, auf der sicheren Seite liegendes Dimensionierungskonzept zur Verfügung.

1 Veranlassung

Die überwiegend geböschten Ufer der Binnenwasserstraßen sind in Deutschland bisher in der Regel technisch mit Schüttsteindeckwerken gesichert. Ziel sind stabile Ufer zum Schutz des angrenzenden Geländes und zur Gewährleistung der Sicherheit und Leichtigkeit der Schifffahrt. Seit Einführung der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie im Jahr 2000 sind zunehmend ökologische Aspekte zu berücksichtigen, um eine vielfältige Uferstruktur, mehr Lebensraum für Tiere und Pflanzen zu schaffen und die Artenvielfalt zu fördern. Mit dem Kabinettsbeschluss vom 1. Februar 2017 hat die Bundesregierung konkret das Bundesprogramm „Blaues Band Deutschland“ beschlossen, mit dem in den nächsten Jahren ökologische Aufwertungen an Bundeswasserstraßen vorgesehen sind (http://www.blaues-band.bund.de/Projektseiten/Blaues_Band/DE/00_Home/home_node.html). Dabei geht es um die Renaturierung der ca. 2.800 km Nebenwasserstraßen, die nur noch wenig oder gar nicht mehr von der Berufsschifffahrt genutzt werden und um die Schaffung vernetzter „ökologischer Trittsteine“ im Bereich der viel befahrenen Strecken des sogenannten Hauptnetzes.

Eine Möglichkeit für ökologische Aufwertungen im Uferbereich ist der Rückbau der vorhandenen technischen Schüttsteindeckwerke oder deren Ersatz durch umweltfreundlichere technisch-biologische Uferschutzmaßnahmen. Dazu muss geprüft werden, wo gegebenenfalls ganz auf Ufersicherungen verzichtet werden kann bzw. welche naturnäheren Schutzmaßnahmen anwendbar sind und unter den gegebenen Bedingungen dauerhaft den jeweils erforderlichen Uferschutz garantieren können. Hierfür werden gegenwärtig im Rahmen eines gemeinsamen Forschungsprojektes der Bundesanstalt für Wasserbau (BAW) und der Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) die technischen und ökologischen Grundlagen und Dimensionierungskonzepte analog zum bestehenden technischen Regelwerk erarbeitet.

2 Anforderungen an Uferschutzmaßnahmen

Die Standsicherheit der Ufer an Binnenwasserstraßen ist in erster Linie von den hydraulischen Belastungen infolge Schifffahrt und gegebenenfalls Hochwasser abhängig. Zu den schiffsinduzierten Einwirkungen gehören Strömungen (Rückströmung und Wiederauffüllungsströmung), Wellen (Bug-, Heck- und Sekundärwellen) und der Wasserspiegelabsenk (GBB, 2010), zu den hochwasserbedingten Belastungen Strömungen und Wasserspiegelschwankungen. Strömungen und Wellen können am Ufer zu Oberflächenerosion führen. Außerdem können infolge eines schnellen Wasserspiegelabsinks im Boden Porenwasserüberdrücke entstehen, die die Böschung soweit destabilisieren, dass es zu hydrodynamischen Bodenverlagerungen und böschungsparallelem Abgleiten im Uferbereich kommt (Holfelder et al., 2006). Porenwasserüberdrücke treten auf, wenn die Absenkgeschwindigkeit größer als die Durchlässigkeit des Bodens ist. Besonders gefährdet sind Ufer mit steilen Böschungen, die aus gering durchlässigen, nicht kohäsiven Böden bestehen.

Die bisher überwiegend angewendeten Schüttsteindeckwerke bestehen in der Regel aus einer 40 bis 80 cm dicken Schicht aus losen oder verklammerten Wasserbausteinen, verlegt auf einem Geotextil- oder Mineralkornfilter. Sie werden mit einem ausreichenden Flächengewicht bemessen, so dass die Böschungsstandsicherheit auch bei auftretenden Porenwasserüberdrücken gewährleistet ist. Die Größe bzw. das Gewicht der Einzelsteine einer losen Steinschüttung werden so dimensioniert, dass sie bei den hydraulischen Belastungen lagestabil sind und im Verbund die Böschung vor Oberflächenerosion schützen (GBB, 2010).

Bei technisch-biologischen Ufersicherungsmaßnahmen wird der Uferschutz langfristig entweder allein durch Pflanzen, z. B. in Form von Weidenspreitlagen oder begrünten Böschungsschutzmatten, oder durch eine Kombination aus Pflanzen und technischen Komponenten, z. B. in Form von Röhrichtgabionen oder begrünte Steinschüttungen, gewährleistet. Rein pflanzliche Ufersicherungen besitzen in der Regel kein signifikantes Flächengewicht. Bei Auftreten von Porenwasserüberdrücken kann das Ufer nur durch

die Wurzeln stabilisiert werden, die die Scherfestigkeit des Bodens erhöhen bzw. zu einer Art Bodenvernagelung führen. Wurzeln und oberirdische Sprosse können allein oder in Verbindung mit technischen Komponenten vor Erosion schützen. In jedem Fall kommt der Vitalität und der Entwicklung der Pflanzen, insbesondere deren Wurzeln, eine zentrale Bedeutung bei der Gewährleistung des Uferschutzes zu.

Bei der Verwendung von Pflanzen als lebende Baustoffe müssen im Vergleich zur Steinschüttung zusätzliche Einflussfaktoren berücksichtigt werden. Pflanzen haben keine genormten Eigenschaften, es sind verschiedene Entwicklungszustände zu betrachten. Witterungs- und Lichtverhältnisse sowie veränderliche Wasserstände (Überflutungen, Trockenzeiten) haben Einfluss auf die Pflanzenentwicklung. Auch Parasiten können die Pflanzen schädigen und dadurch den Uferschutz gefährden. Es gibt spezielle Anforderungen an die Unterhaltung, z. B. aus dem Hochwasserschutz.

An Wasserstraßen ist der Anfangszustand nach dem Einbau der technisch-biologischen Ufersicherungen besonders kritisch. Die Pflanzen müssen erst Wurzeln und Sprosse zur Gewährleistung des Uferschutzes bilden, die hydraulischen Belastungen wirken dagegen sofort. In dieser Phase sind deshalb in der Regel konstruktive Zusatzmaßnahmen, z. B. spezielle Befestigungen und temporäre Filter, erforderlich, die ein schnelles und zuverlässiges Wurzelwachstum in den Untergrund ermöglichen und in dieser Phase zum Uferschutz beitragen.

3 Untersuchungen und Ergebnisse

Das Ziel des Forschungsprojektes ist die Ermittlung der Anwendbarkeit, der Belastbarkeit und der ökologischen Wirksamkeit von technisch-biologischen Ufersicherungen an Binnenwasserstraßen. Dabei geht es insbesondere um Fragen der Bauausführung, der Anfangs- und Langzeitstabilität, der Unterhaltung, der Kosten und der Dimensionierung von Ufersicherungsmaßnahmen unter Verwendung von Pflanzen. Hierzu wurden neben umfangreichen Untersuchungen im Bestand zur Erfassung bisheriger Erfahrungen bereits verschiedene Labor-, Modell- und Naturversuche durchgeführt.

Mit speziellen Scherversuchen konnte beispielsweise nachgewiesen werden, dass Weiden (Purpur-, Korb- und Silberweiden) nach einer Vegetationsperiode unter ungestörten Laborbedingungen, d. h. ohne hydraulische Belastungen in der Anwachsphase, ausreichende Wurzeln für den Uferschutz bilden können. Dazu wurden Weidenäste in speziellen 1 m hohen Kästen (Grundfläche: 50 cm x 50 cm) auf Sandboden verlegt. Nach Wachstum über eine Vegetationsperiode wurde die Scherfestigkeit des durchwurzelteten Bodens in drei Ebenen ermittelt (Eisenmann, 2015). Abbildung 1 zeigt die gegenüber dem Boden ohne Wurzeln erreichte Scherfestigkeitserhöhung („Wurzelkohäsion“) in Abhängigkeit der Wurzeltrockenmasse. Danach werden im relevanten Bodenbereich Werte erreicht, die theoretisch ein Abgleiten von 1:3 geneigten Böschungen bei den an Binnenwasserstraßen üblichen Absunkwerten verhindern.

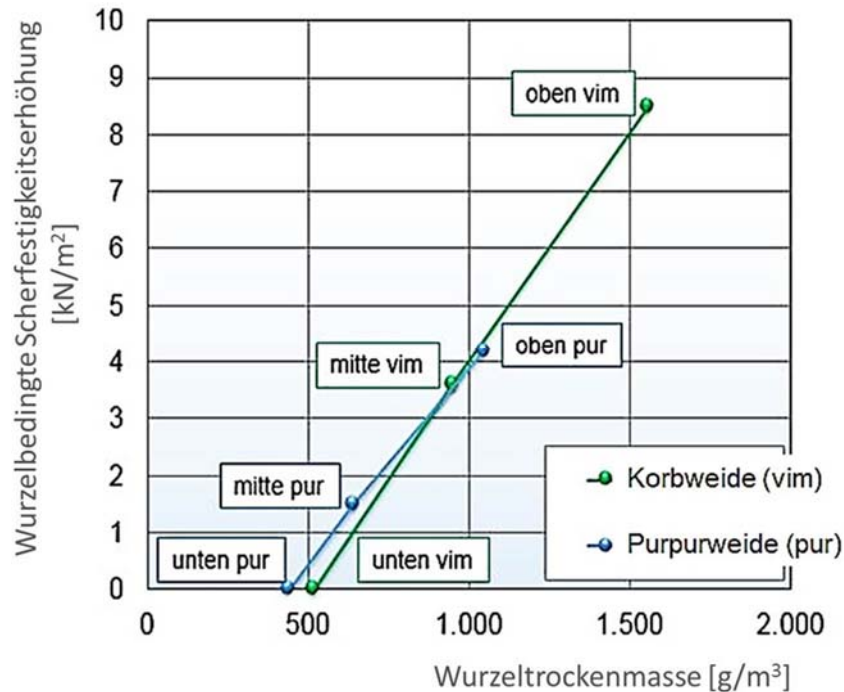


Abb. 1: Wurzelbedingte Scherfestigkeitserhöhung des Bodens in Abhängigkeit von der Wurzeltrockenmasse, Weidenspreitlage nach einer Vegetationsperiode (Eisenmann, 2015)

Hinsichtlich der Gewährleistung der Filterstabilität gibt es ähnliche Ergebnisse. Mit speziellen Filterversuchen konnte nachgewiesen werden, dass Spreitlagen aus Korb- oder Silberweiden bereits nach einem bzw. drei Monaten ungestörten Wachstums im Vergleich zum Einbauzustand deutlich Boden zurückhalten können (Sokopp, 2017). Das bedeutet, dass das sich bildende oberflächennahe Wurzelgeflecht bei typischen hydraulischen Belastungen an Wasserstraßen prinzipiell Filterfunktion übernehmen kann.

An Wasserstraßen sind die Anwuchsbedingungen in der Regel nicht optimal. Hier wirken schiffsinduzierte Belastungen, Überstau, Trockenzeiten, gegebenenfalls Schädlinge und anderes von Anfang an auf die als Uferschutz eingebauten Pflanzen und beeinflussen deren Wurzelentwicklung. Diese Phänomene können nur in situ untersucht werden.

Da auch viele andere Fragestellungen – wie zum Beispiel Überstauungstoleranzen von Pflanzen bei gleichzeitigen hydraulischen Einwirkungen und Unterhaltungsmöglichkeiten – nur in einem Naturversuch geklärt werden können, werden im Rahmen des Forschungsprojektes seit 2011 verschiedene technisch-biologische Ufersicherungsmaßnahmen in Zusammenarbeit mit dem Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt Mannheim erstmalig unter Wasserstraßenbedingungen getestet. Ausgewählt wurde ein Flussabschnitt am rechten Rheinufer bei Worms von km 440,600 bis km 441,600, der sich durch relativ steile Uferböschungen (1:2 bis 1:3), hohe Schifffahrtsbelastungen (ca. 120 Güterschiffe pro Tag) und sehr große Wasserspiegelschwankungen (größer 7 m) auszeichnet. Die Ufer werden regelmäßig in unterschiedlichen Höhen, zum Teil auch über lange Zeiträume, bei gleichzeitiger Schifffahrtsbelastung eingestaut.

In vier Versuchsfeldern wurden nach Entfernung der vorhandenen Steinschüttung oberhalb Mittelwasser naturnähere Ufersicherungen mit Pflanzen eingebaut (Weidenspreitlagen, Steinmatratzen, vorkultivierte Röhrichtgabionen und Pflanzmatten). In weiteren vier Feldern erfolgte eine ökologische Aufwertung der vorhandenen losen Steinschüttung (LMB_{5/40}) durch verschiedene Maßnahmen (nachträglicher Pflanzeneinbau, Begrünung durch Alginat und Nassansaat, Erhöhung der Strukturvielfalt durch Einbau von Kies und großen Einzelsteinen, Wellenschutz für Röhrichte). Zur Förderung der Fischfauna wurde in einem Versuchsfeld durch Errichtung eines vorgelagerten Steinwalls zusätzlich eine Flachwasserzone geschaffen, in einem anderen Versuchsfeld wurden ins Wasser reichende Totholzfaschinen eingebaut. Im neunten Versuchsfeld wurde die Böschung nach Rückbau der Steinschüttung ohne Schutz belassen, um hier eine natürliche Sukzession zuzulassen. Die Randbedingungen und der Aufbau der Versuchsfelder sind in (Fleischer et al., 2012) dokumentiert.

Der Versuch wird von einem umfangreichen technischen und ökologischen Monitoring begleitet. Dabei konnten in den letzten sechs Jahren bereits sehr viele Erkenntnisse zur Stabilität der verschiedenen alternativen Ufersicherungsmaßnahmen und deren Wirksamkeit hinsichtlich Uferschutz und Ökologie gewonnen werden (BAW, BfG, WSA, 2016), (Fleischer, Soyeaux, 2017).

Hinsichtlich des Anfangszustands nach Einbau haben sich erwartungsgemäß besonders die technisch-biologischen Maßnahmen ohne signifikantes Flächengewicht als kritisch erwiesen. So hat der Naturversuch zum Beispiel gezeigt, dass sich die Wurzeln der in den Pflanzmatten vorgezogenen Kräuter und Gräser unter den gegebenen Randbedingungen in den häufig und lange eingestauten unteren Böschungsbereichen nicht ausreichend entwickeln konnten. Der für das Wurzelwachstum notwendige flächige Bodenkontakt konnte hier mit den gewählten punktuellen Befestigungen, Pflöcken und Querriegeln, in der Anfangsphase nicht erreicht werden. Die Pflanzen gingen bereits in den ersten Monaten ein, so dass der Uferschutz nicht mehr gewährleistet werden konnte.

Im Gegensatz dazu wurde in den oberen Böschungsbereichen, die nur selten eingestaut waren, eine gute Wurzelentwicklung im Bereich der Pflanzmatten festgestellt. Das konnte auch durch eine Wurzelgrabung bestätigt werden, die 2017 etwa fünf Jahre nach Einbau im Rahmen einer Masterarbeit der Leibniz Universität Hannover durchgeführt wurde (Heinzner, 2017). Es wurde eine sehr gute Durchwurzelung des Bodens in den oberen 50 cm festgestellt, mit der die Uferböschung ausreichend geschützt ist. In den Bereichen, in denen ein Kunststoffvlies als Filter unter den Pflanzmatten eingebaut war, zeigte sich, dass das Vlies gut durchwurzelt werden konnte (Abb. 2).



Abb. 2: Wurzelausgrabung im Bereich der Pflanzmatten mit Kunststoffvlies, Rhein-km 441,300 (Heinzner, 2017)

Auch im Bereich der Weidenspreitlagen erfolgte eine Wurzelfreigrabung und Begutachtung in Zusammenarbeit mit der Leibniz Universität Hannover (Ziegenhorn, 2017). Nach ca. 5 Jahren Wachstum zeigte sich auch hier eine sehr gute Wurzelentwicklung (Abb. 3) mit Wurzeltiefen bis maximal 1,70 m und einem dichten Wurzelgeflecht in den oberen 70 cm. Aufgrund der ermittelten Wurzeltrockenmasse kann nach Abbildung 1 im relevanten Bereich von einer wurzelbedingten Scherfestigkeitserhöhung des Bodens von etwa 5 kN/m^2 ausgegangen werden, ein Wert, der einen ausreichenden Schutz gegenüber Abgleiten der Böschung garantiert.



Abb. 3: Wurzelausgrabung im Bereich der Weidenspreitlagen, Rhein-km 440,940

Alle bisherigen Ergebnisse des Naturversuchs sind auf dem Internetportal der BAW und BfG zu dieser Thematik veröffentlicht (<http://ufersicherung.baw.de/de>). Die Ergebnisse werden zudem am 18./19.06.2018 in Worms im Rahmen eines Kolloquiums vorgestellt.

4 Arbeitshilfen und Bemessungskonzept

Auf Basis der bisherigen Erfahrungen und Erkenntnisse wurden im Rahmen des Forschungsprojektes erste Arbeitshilfen für Anwendungen von naturnäheren technisch-biologischen Ufersicherungen an Binnenwasserstraßen erstellt. Dazu gehören Kennblätter zu den im Naturversuch am Rhein getesteten Ufersicherungsmaßnahmen (<http://ufersicherung.baw.de/de/arbeitshilfen/kennblaetter>). Diese geben unter anderem Hinweise zu deren Konstruktion und Bauausführung, zu den erforderlichen Befestigungen und temporären Filtern, zur Belastbarkeit und ökologischen Wirksamkeit.

Außerdem wurde auf der Grundlage des aktuellen Wissensstandes ein erstes, auf der sicheren Seite liegendes Bemessungskonzept für Ufersicherungen unter Verwendung von Pflanzen erarbeitet. Dieses ist im DWA-Merkblatt M519 „Technisch-biologische Ufersicherungen an großen und schiffbaren Gewässern“ (DWA, 2016) dokumentiert, an deren Erstellung BAW und BfG maßgeblich beteiligt waren.

Nach diesem Konzept werden zunächst die Notwendigkeit und der erforderliche Umfang einer Ufersicherung nach dem technischen Regelwerk (GBB, 2010) geprüft. Dazu wird die erforderliche Schichtdicke eines fiktiven Schüttsteindeckwerkes ermittelt. Sind Porenwasserüberdrücke im Boden relevant, das heißt, ist ein Flächengewicht erforderlich, sollte dieses auch durch die gewählte technisch-biologische Bauweise gewährleistet werden. Das bedeutet, dass in diesem Fall nur Bauweisen mit technischen Komponenten, wie z. B. ein begrüntes Kammerdeckwerk, angewendet werden können. Die stabilisierende Wirkung der Wurzeln wird bei den Berechnungen auf der sichereren Seite zunächst nicht berücksichtigt. Wenn rechnerisch kein Flächengewicht erforderlich ist, sondern lediglich ein Schutz gegen Oberflächenerosion, kann eine rein pflanzliche Maßnahme, z. B. Weidenspreitlagen, zur Anwendung kommen (Söhngen et al., 2016). Eine Übersicht zur Vorgehensweise zeigt Abbildung 4.

Zum Nachweis, inwieweit die gewählten technisch-biologischen Ufersicherungen unter den gegebenen Randbedingungen eine ausreichende Sicherheit gegenüber Oberflächenerosion gewährleisten können, sind im Merkblatt Grenzwerte für aufnehmbare Strömungsgeschwindigkeiten, Schubspannungen und Wellenhöhen hinterlegt. Diese wurden vorerst aus Erfahrungen an Fließgewässern ohne Schifffahrt abgeleitet, da es für Binnenwasserstraßen noch keine ausreichenden Erkenntnisse gibt.

Das BMVI hat das Bemessungskonzept für Planungen an Bundeswasserstraßen mit Erlass vom 02.01.2017 zur Anwendung empfohlen und das DWA-Merkblatt M519 in das „Technische Regelwerk Wasserstraßen“ (TR-W), Abschnitt 7, aufgenommen. Die für

technische Schüttsteindeckwerke auf der Grundlage des GBB (2010) entwickelte Software „GBBSOft“ wurde überarbeitet und entsprechend erweitert. Mit der neuen Software „GBBSOft+“ ist zusätzlich eine vollständige Bemessung von technisch-biologischen Ufersicherungen nach der im Merkblatt M519 empfohlenen Vorgehensweise möglich. Die BAW stellt die Software zur Verfügung und bietet regelmäßig Schulungen dazu an.



Abb. 4: Vorgehensweise bei der Dimensionierung technisch-biologischer Ufersicherungen nach (DWA, 2016)

5 Zusammenfassung und Ausblick

Im Rahmen der bisherigen Untersuchungen konnten bereits wichtige Erkenntnisse zur Ausführung, Konstruktion und Belastbarkeit von technisch-biologischen Ufersicherungsmaßnahmen gewonnen werden. Es gibt erste Erkenntnisse zur ökologischen Bewertung dieser Maßnahmen an Binnenwasserstraßen (Schmitt et al., 2016).

Für die praktische Anwendung dieser naturnäheren Ufersicherungsmaßnahmen als Alternative zum technischen Schüttsteindeckwerk stehen verschiedene Planungshilfen und ein erstes, auf der sicheren Seite liegendes Dimensionierungskonzept mit entsprechender Software GBBSOft+ zur Verfügung. Damit sind wichtige Grundlagen für eine verstärkte Anwendung technisch-biologischer Ufersicherungen an Binnenwasserstraßen vorhanden. Diese werden aktuell bereits umfänglich bei Uferumgestaltungen im Rahmen der Renaturierung der Unteren Havelwasserstraße und bei den Pilotprojekten zum „Blauen Band Deutschland“ am Rhein angewendet.

Weitere Forschungen sind erforderlich und werden durchgeführt. Zu nennen ist dabei insbesondere ein Projekt in Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer Institut Oberhausen, in dem abbaubare Geotextilvliese als temporäre Filter für technisch-biologische Ufersicherungen entwickelt werden. Diese sollen zur Stabilität im kritischen Anfangszustand beitragen und sich mit zunehmender Wurzelentwicklung langfristig vollständig biologisch abbauen.

Wenn mehr Erfahrungen aus der praktischen Planung und Anwendung von technisch-biologischen Ufersicherungen und weitere Erkenntnisse aus dem Forschungsprojekt vorliegen, wird das jetzige Regelwerk überarbeitet und entsprechend angepasst werden.

6 Literatur

BAW, BfG, WSA (2016): Einrichtung einer Versuchsstrecke mit technisch-biologischen Ufersicherungen, Rhein-km 440,6 bis km 441,6, rechtes Ufer – 5. Zwischenbericht: Monitoringergebnisse 2015. Bundesanstalt für Wasserbau Karlsruhe, Bundesanstalt für Gewässerkunde Koblenz, Wasser- und Schifffahrtsamt Mannheim. <http://ufersicherung.baw.de/de/publikationen/berichte>

DWA (2016): Technisch-biologische Ufersicherungen an großen und schiffbaren Gewässern. Merkblatt M519. Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser, und Abfall e.V. Hennef

GBB (2010): Grundlagen zur Bemessung von Böschungs- und Sohlsicherungen an Binnenwasserstraßen. Bundesanstalt für Wasserbau Karlsruhe. http://www.baw.de/de/die_baw/publikationen/merkblaetter/index.php.html

Eisenmann, J. (2015): Weidenspreitlagen an Binnenwasserstraßen, Untersuchungen zur geotechnischen Standsicherheit. Dissertation. Boku Wien

Fleischer, P.; Soyeaux, R.; Kleinwächter, M.; Schilling, K. (2012): Technisch-biologische Ufersicherungen an Binnenwasserstraßen – Naturversuch am Rhein, km 440,600 bis km 441,600 (rechtes Ufer). Bundesanstalt für Wasserbau, BAW-Brief Nr. 05/2012 (https://izw.baw.de/publikationen/alu/0/BAWBrief_05_2012.pdf)

Fleischer, P., Soyeaux, R. (2017): Ergebnisse eines Naturversuchs am Rhein hinsichtlich Anwendbarkeit und Belastbarkeit technisch-biologischer Ufersicherungen an Binnenwasserstraßen. HTG-Tagung. 14./ 15.09.2017 Duisburg. Tagungsband

Heinzner, K. (2017): Geotechnische und ökologische Wirksamkeit von Pflanzmatten an Binnenwasserstraßen. Masterarbeit. Leibniz Universität Hannover

Holfelder, T.; Kayser, J. (2006): Berücksichtigung von Porenwasserüberdrücken bei der Bemessung von Deckwerken an Wasserstraßen. Beiträge zum 5. Geotechnik-Tag in München. Schriftenreihe der TU München, Heft 38

Schmitt, K., Symmank, L. (2016): The Potential of Technical-biological Bank Protection Measures on Federal Waterways – an applied Research Approach. International Symposium on River Sedimentation. 19. – 22.09.2015, Stuttgart. Conference Proceedings

Söhngen, B., Fleischer, P., Liebenstein, H. (2016): German Guidelines for Designing Alter-native Bank Protection Measures. International Symposium on River Sedimentation. 19. – 22.09.2016, Stuttgart. Conference Proceedings

Sokopp, M. (2017): Die Auswirkungen von Spreitlagen aus Strauch- oder Baumweiden auf die Uferstabilität schiffbarer Binnenfließgewässer. Dissertation. Boku Wien

Ziegenhorn, L. (2017): Geotechnische und ökologische Wirksamkeit von Weidenspreitlagen an Binnenwasserstraßen. Masterarbeit. Leibniz Universität Hannover

Anschrift des Verfassers

Dipl.-Ing. Petra Fleischer
Bundesanstalt für Wasserbau
Kußmaulstraße 17
76187 Karlsruhe
petra.fleischer@baw.de