

Ergebnisse eines Naturversuchs am Rhein hinsichtlich Anwendbarkeit und Belastbarkeit technisch-biologischer Ufersicherungen an Binnenwasserstraßen

Dipl.-Ing. P. Fleischer, Dr.-Ing. Renald Soyeaux
Bundesanstalt für Wasserbau Karlsruhe

Die Anwendbarkeit technisch-biologischer Ufersicherungen als ökologische Alternative zum Schüttsteindeckwerk an Bundeswasserstraßen wird seit einigen Jahren von BAW und BfG in einem gemeinsamen Forschungsprojekt untersucht. Den Schwerpunkt bildet derzeit ein groß angelegter Naturversuch am Rhein bei Worms. Bisherige Ergebnisse und daraus bereits abgeleitete Arbeitshilfen und Dimensionierungsgrundlagen für die Planung und Ausführung von alternativen Ufersicherungen im Bereich der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung werden im Folgenden vorgestellt. Diese werden insbesondere für die im Rahmen des „Blauen Bandes Deutschland“ in den nächsten Jahren vorgesehenen Maßnahmen zur Renaturierung von Wasserstraßen von Bedeutung sein.

1. Veranlassung

Mit dem Kabinettsbeschluss vom 1. Februar 2017 hat die Bundesregierung das Bundesprogramm „Blaues Band Deutschland“ beschlossen, mit dem in den nächsten 30 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 einerseits um die Renaturierung der ca. 2.800 km Nebenwasserstraßen, die nur noch wenig oder gar nicht mehr von der Berufsschifffahrt genutzt werden, und andererseits um die Schaffung vernetzter „ökologischer Trittsteine“ im Bereich der viel befahrenen Strecken des sogenannten Hauptnetzes. Damit trägt der Bund in Zusammenarbeit mit den Ländern den neuen ökologischen Anforderungen an Wasserstraßen Rechnung, die im Jahr 2000 in der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie formuliert wurden.

Eine Möglichkeit für ökologische Aufwertungen im Uferbereich, um mehr Lebensraum für Tiere und Pflanzen zu schaffen, ist der Rückbau der in der Regel vorhandenen technischen Schüttsteindeckwerke oder deren Ersatz durch umweltfreundlichere technisch-biologische Uferschutzmaßnahmen. Dazu muss entschieden werden, wo gegebenenfalls ganz auf Ufersicherungen verzichtet werden kann bzw. welche alternativen Maßnahmen anwendbar und unter den gegebenen Bedingungen dauerhaft den jeweils erforderlichen Uferschutz garantieren können. Hierfür werden Konzepte, technische Grundlagen und Dimensionierungsmethoden analog zum bestehenden technischen Regelwerk (GBB, 2010/ MAR, 2008) benötigt.

Die Bundesanstalt für Wasserbau (BAW) und die Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) arbeiten bereits seit einigen Jahren an einem gemeinsamen Forschungsprojekt, um die Grundlagen für einen alternativen Uferschutz an Binnenwasserstraßen zu schaffen. Wichtige Ergebnisse aus diesem Projekt und daraus abgeleitete erste Bemessungsgrundlagen liegen vor und werden im folgenden Beitrag vorgestellt.

2. Forschungsziele und -inhalte

Das Ziel des Projektes ist die Ermittlung der Anwendbarkeit, der Belastbarkeit und der ökologischen Wirksamkeit von technisch-biologischen Ufersicherungen an Binnenwasserstraßen. Dabei geht es insbesondere um Fragen der Dimensionierung, des Einbaus, der Langzeitstabilität, der Unterhaltung und der Kosten. An Wasserstraßen sind besonders die schiffsinduzierten hydraulischen Uferbelastungen - Wasserspiegelabsenk, Wellen, Strömungen - zu berücksichtigen, die bei freifließenden Flüssen zusätzlich zur natürlichen Strömung auftreten. Uferschutzmaßnahmen sind in der Regel erforderlich, um einwirkungsbedingte Oberflächenerosionen, hydrodynamische Bodenverlagerungen und Böschungsrutschungen zu verhindern (GGB, 2010). Stabile Ufer schützen das angrenzende Gelände und gewährleisten die Sicherheit und Leichtigkeit der Schifffahrt.

Da es sich um Maßnahmen mit Pflanzen als lebende Baustoffe handelt, sind neben den durchgeführten Literaturrecherchen, theoretischen Betrachtungen, Modell- und Laborversuchen (Fleischer, Soyeaux, 2016) insbesondere praktische Erfahrungen von großer Bedeutung. Dementsprechend wurden u. a. erste Anwendungen technisch-biologischer Ufersicherungen an Wasserstraßen, z. B. an der Weser (BAW, BfG, 2008), begutachtet. Seit 2011 wird in Zusammenarbeit mit dem WSA Mannheim ein groß angelegter Naturversuch am Rhein bei Worms durchgeführt, bei dem neun verschiedene alternative Uferschutzmaßnahmen unter Wasserstraßenbedingungen getestet werden. Der Versuch wird von einem umfangreichen Monitoring begleitet.

Alle bisherigen Ergebnisse aus dem Forschungsprojekt sind in einem speziell zu dieser Thematik eingerichteten Internetportal abrufbar (<http://ufersicherung.baw.de/de>). Die Untersuchungen dauern noch an. Für den Naturversuch erfolgen 2017 die Auswertungen der Monitoringergebnisse nach 5jähriger Betriebszeit und auf dieser Grundlage eine Bewertung der technisch-biologischen Ufersicherungen. Erste Ergebnisse aus technischer Sicht hinsichtlich der Gewährleistung der Uferstabilität werden im Folgenden diskutiert.

3. Naturversuch am Rhein

3.1 Randbedingungen und Maßnahmen

Für den Naturversuch wurde ein durch Schifffahrt (ca. 120 Güterschiffe pro Tag) und Hochwasser stark belasteter Abschnitt am Oberrhein (km 440,6 bis 441,6, rechtes Ufer) bei Worms ausgewählt. Ziel war es, die Anwendungsgrenzen verschiedener Ufersicherungen mit Pflanzen an Binnenwasserstraßen unter extremen Bedingungen auszuloten.

Die alternativen Ufersicherungen wurden zwischen Mittelwasserstand (MW) und Böschungsoberkante (BOK) auf einer 1:2,5 bis 1:3 geneigten Böschung eingebaut. Unterhalb Mittelwasser blieb die alte Steinschüttung erhalten. Die weiteren Randbedingungen sind ausführlich in (BAW, BfG, 2012) und (Behrendt et al., 2015) dargestellt.

In 4 Versuchsfeldern (VF) wurde die Steinschüttung entfernt und durch Ufersicherungsmaßnahmen ersetzt, bei denen primär die eingebauten Pflanzen den Uferschutz gewährleisten sollen: Weidenspreitlagen (VF 2 und 3), Röhrichtgabionen und Steinmatratzen (VF 5) und Pflanzmatten (VF 7). In weiteren 4 VF wurden verschiedene Möglichkeiten der ökologischen Aufwertung der vorhandenen, nicht zurückgebauten Steinschüttungen getestet, die weiterhin den Uferschutz gewährleisten: Eine Begrünung mit Weidensetzständen, Weidenfaschinen, Busch- und Heckenlagen (VF 1), eine Strukturverbesserung mit Kies, großen Einzelsteinen und Todholzfascinen (VF 4), eine

Begrünung mit Alginat und einer Nassansaat (VF 6) sowie verbesserte Wuchsbedingungen für Röhrichte durch einen Steinwall (VF 8). Um zum Vergleich die Entwicklung des ungeschützten Ufers beurteilen zu können, blieb die Uferböschung im VF 9 am stromab liegenden Ende der Versuchsstrecke nach Rückbau der Steinschüttung ohne Schutzmaßnahmen (BAW, BfG, 2012). Im Folgenden geht es schwerpunktmäßig um die Maßnahmen der VF 2, 3, 5 und 7, bei denen die Pflanzen langfristig den Uferschutz gewährleisten sollen.

3.2 Monitoring

Zur Beurteilung der Entwicklung und Stabilität der einzelnen Maßnahmen und deren ökologischer Wirksamkeit wurde in den ersten 5 Jahren nach Einbau (2011 bis 2016) ein umfangreiches Monitoringprogramm (BAW, BfG, 2010) realisiert. Dabei wurden regelmäßige Uferinspektionen durchgeführt, Entwicklungszustände fotografisch dokumentiert, Querprofile eingemessen, die hydraulische Uferbelastung in einzelnen Messkampagnen erfasst, Porenwasserdrücke im Boden im Böschungsbereich gemessen, Wetterdaten und Wasserstände aufgezeichnet sowie Kartierungen der Vegetation und Fauna durchgeführt.

3.3 Ergebnisse

3.3.1 Allgemeines

Lose Steinschüttungen gewährleisten die Standsicherheit der Uferböschung nach (GBB, 2010) durch ein ausreichendes Flächengewicht (Verhinderung von hydrodynamischer Bodenverlagerung und oberflächennahem Abgleiten der Uferböschung) und durch eine ausreichende Größe bzw. ein ausreichendes Gewicht der Einzelsteine (Verhinderung von Oberflächenerosion). Ein filterstabiler Aufbau mit Geotextil- oder Kornfilter verhindert Bodenaustrag (MAR, 2008).

Technisch-biologische Ufersicherungen bestehen entweder nur aus Pflanzen (z. B. Weidenspreitlagen oder Pflanzmatten) oder aus einer Kombination aus Pflanzen und technischen Bestandteilen (z. B. Röhrichtgabionen oder begrünte Steinschüttungen). Pflanzen können die Uferstandsicherheit langfristig auch ohne Flächengewicht durch ihr Wurzelsystem und die oberirdischen Sprosse gewährleisten (Fleischer, Eisenmann, 2012). Die Filterstabilität kann durch ein oberflächennahes Wurzelgeflecht erreicht werden. Bei kombinierten Bauweisen trägt zusätzlich das durch technische Bestandteile, wie z. B. Steine, gegebene Flächengewicht zum Uferschutz bei.

Die Mechanismen der uferstabilisierenden Wirkung von Pflanzen werden im Rahmen des Naturversuchs erstmals unter den Bedingungen eines freifließenden Flusses mit großen Wasserspiegelschwankungen untersucht.

3.3.2 Einwirkungen

Die Uferschutzmaßnahmen waren in den ersten 5 Jahren Belastungen aus Hochwasser mit wechselnden Wasserständen, Schifffahrt und Wettereinflüssen ausgesetzt. In Bild 1 ist die Ganglinie des Rheins am Pegel Worms von 2011 bis 2017 dargestellt. Sie zeigt in diesem Zeitraum Wasserspiegelschwankungen von mehr als 6 m. Blau hinterlegt ist der Höhenbereich, in dem die technisch-biologischen Ufersicherungsmaßnahmen auf der Uferböschung angeordnet sind. Es ist erkennbar, dass bereits unmittelbar nach Einbau Anfang 2012 mehrere Hochwasser auftraten. Auch danach waren die Ufersicherungen immer wieder in unterschiedlicher Höhe bis zum vollständigen Einstau bei Wasserständen

oberhalb der Böschungsoberkante (BOK) und mit unterschiedlicher Dauer (z. B. maximal ca. 12 Wochen ohne Unterbrechung bis 1 m über MW) eingestaut.

Bei Wasserständen zwischen MW und HSW (höchster schiffbarer Wasserstand) wirkten schiffsinduzierte Belastungen gleichzeitig mit der natürlichen Strömung auf die neuen Uferschutzmaßnahmen. Die Kombination aus Auftrieb, Strömung, Wellen und Wasserspiegelabsenk führte selbst bei geringen schiffsinduzierten Einwirkungen zu besonderen Belastungen. Die unteren Böschungsbereiche waren aufgrund des häufigeren Einstaus stärker belastet als die oberen Bereiche.

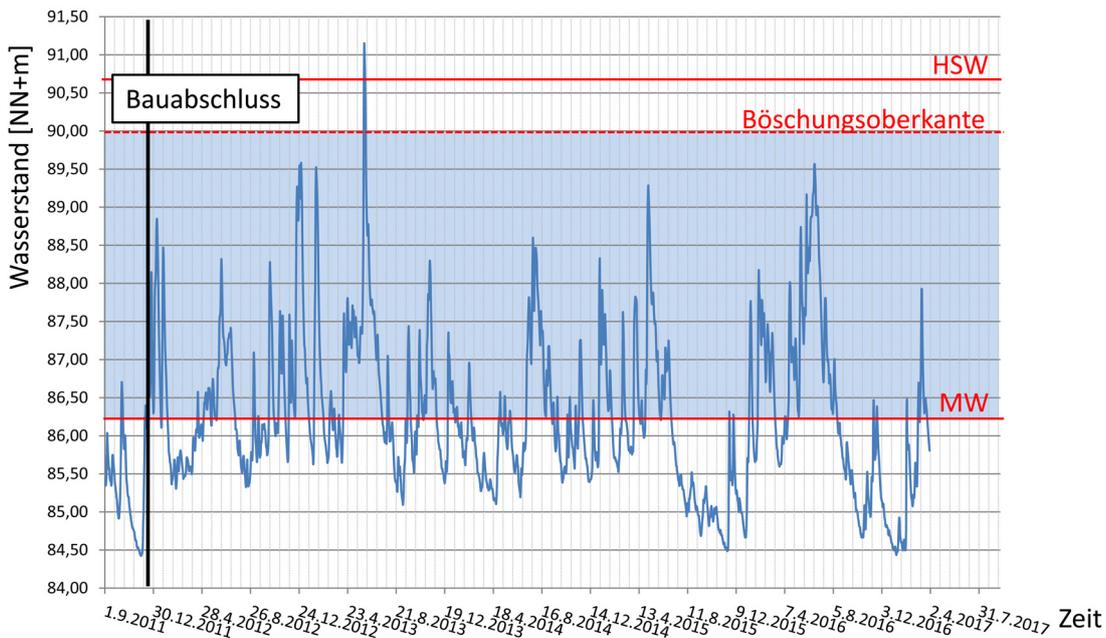


Bild 1: Ganglinie Pegel Worms (2011 bis 2017)

Die in zwei 3-tägigen Messkampagnen bei Wasserständen von 2 m bis 3 m oberhalb MW gemessenen schiffsinduzierten Wellenhöhen waren mit maximal 30 cm relativ gering. Theoretisch können nach (GBB, 2010) bei ufernaher Fahrt und maximal möglichen Schiffsgeschwindigkeiten Wellenhöhen bis zu 1 m am Ufer auftreten. Diese Fahrsituationen sind allerdings eher selten und messtechnisch bisher nicht erfasst worden. Als Reaktion des Bodens auf schnellen Wasserspiegelabsenk wurde das Auftreten von Porenwasserüberdrücken im VF 3 messtechnisch nachgewiesen. Aufgrund des überwiegend anstehenden relativ durchlässigen, sandig-kiesigen Bodens und der gleichzeitig gemessenen geringen Absunkwerte blieben allerdings auch die Porenwasserüberdrücke gering (BAW, BfG, WSA, 2016).

In 5 m Uferabstand, d. h. etwa über dem Böschungsfuß wurden bisher mittlere Strömungsgeschwindigkeiten bis maximal 1,1 m/s gemessen. In einer speziellen Messkampagne 2015 wurden bodennah zwischen den aufgewachsenen Weidensprossen (VF 3) 0,05 m/s bis 0,65 m/s erfasst (BAW, BfG, WSA, 2016). Die Weidensprosse führen auf der Böschung insgesamt zu einer Reduzierung der Strömungsgeschwindigkeit, lokal können im Bereich einzelner Sprosse jedoch auch Verwirbelungen mit großen Strömungsgeschwindigkeiten auftreten.

Neben langem Überstau wirkten sich auch wiederkehrende Trockenperioden mit sehr niedrigen Wasserständen negativ auf die Pflanzenentwicklung aus. In der Anfangszeit belastete starker Frost bis -20°C ohne schützende Schneedecke die jungen Pflanzen.

3.3.3 Ausgewählte Ergebnisse

Nach 5-jähriger Testzeit an einem freifließenden Fluss mit großen Wasserstandsschwankungen haben sich bereits die maßgebenden Belastungsmechanismen gezeigt, die die Entwicklung und Stabilität der verschiedenen Ufersicherungsmaßnahmen unter Verwendung von Pflanzen primär beeinflussen. Hinsichtlich der Gewährleistung des Uferschutzes haben sich erwartungsgemäß alle Maßnahmen, in denen die Steinschüttung erhalten blieb und unterschiedlich ökologisch aufgewertet wurde, sehr gut bewährt. Für die Maßnahmen, in denen die Pflanzen oberhalb Mittelwasser primär den Uferschutz gewährleisten müssen, konnten die „Knackpunkte“ und Anwendungsgrenzen ermittelt werden. Auch wenn die konkreten Auswertungen noch andauern, werden bereits erkannte Grenzen im Folgenden dargestellt (BAW, BfG, WSA, 2016).

Lebende Baustoffe

Technisch-biologische Ufersicherungsmaßnahmen sind Maßnahmen mit Pflanzen als lebende Baustoffe. Im Gegensatz zu den bisher als Uferschutz eingesetzten Wasserbausteinen verändern sich die Pflanzen permanent über die gesamte Lebenszeit. Ihre Entwicklung wird nicht nur von den hydraulischen Einwirkungen beeinflusst, sondern ist zusätzlich abhängig von Witterung und Wetter, Trockenheit, Einstau, Schädlingen und konkurrierenden Pflanzen.

Befestigungen

Besonders kritisch ist die Anfangszeit, wenn die eingebauten Pflanzen noch sehr empfindlich sind und erst Sprosse und Wurzeln für ausreichenden Halt und zur Gewährleistung des Uferschutzes ausbilden müssen. In dieser Phase sind insbesondere bei rein pflanzlichen Ufersicherungsmaßnahmen ohne signifikantes Eigengewicht zusätzliche Sicherungselemente erforderlich, wie z. B. ausreichende Befestigungen (Pflöcke und Querriegel), und gegebenenfalls temporäre Filtermatten.

Der Naturversuch hat gezeigt, dass der für das Wurzelwachstum der eingebauten Pflanzen oder Pflanzenteile erforderliche dauerhaft flächige Bodenkontakt bei häufigem Überstau und gleichzeitigen natürlichen und schiffsinduzierten Belastungen nicht in jedem Fall ausreichend zu realisieren ist.

Die leichten Pflanzmatten auf Kokosbasis mit den vorgezogenen Röhrchen (VF 7) wurden beim Einbau punktuell mit Holzpflocken und parallel zur Uferlinie mit Querriegeln im Abstand von ca. 1 m befestigt. Bei Überstau geraten die Pflanzmatten unter Auftrieb, so dass sie durch Wellen und Strömungen zwischen den Befestigungen ständig auf und ab bewegt werden. Wenn die Pflöcke nicht tief genug in den Boden einbinden, werden auch sie gelockert und herausgezogen. Die sich entwickelnden Pflanzen können dadurch nicht in den anstehenden Boden wurzeln. Zwischenzeitlich während niedriger Wasserstände eingewachsene Wurzeln reißen bei Überstau immer wieder ab. In der Folge sterben die Pflanzen langfristig ab (Bild 2, links). Der gewünschte Uferschutz wird nicht erreicht.

Im VF 7 waren die Pflanzmatten deshalb nur in der oberen Böschungshälfte erfolgreich (Bild 2, rechts), die innerhalb der 5jährigen Beobachtungszeit wesentlich seltener und weniger andauernd eingestaut war als die untere Hälfte. Die langen Zwischenzeiten ohne Einstau haben oben für die notwendige Entwicklung der Wurzeln ausgereicht. Hat sich erst einmal ein stabiles Wurzelwerk ausgebildet, können auch längere Überstauzeiten ohne größere Schäden aufgenommen werden.

Da im unteren Böschungsbereich mit der Zeit so gut wie keine Pflanzen mehr vorhanden waren und zunehmender Materialaustrag beobachtet wurde, erfolgte hier bereits eine Sanierung mit einer einlagigen Steinschüttung. Mit dieser flächigen Auflast wurde eine stabile Lage der darunter verbliebenen Mattenreste erreicht, so dass sich einzelne Pflanzen jetzt durch die Steinschüttung hindurch entwickeln (Bild 2, rechts). Mit den ursprünglichen Befestigungen (Pflöcke und Querriegel) sind die Pflanzmatten dagegen unter den im unteren Böschungsbereich vorherrschenden langen Einstauzeiten nicht anwendbar.



Bild 2: Mit Pflanzmatten gesicherte Böschung, links: Knapp 2 Jahre nach Einbau (07/2013), rechts: Gute Entwicklung im oberen Bereich, im unteren Bereich bereits saniert (09/2014)

Auch die Weidenäste in den VF 2 und 3 wurden mit Pflöcken und Querriegeln befestigt. Hier zeigte sich, dass das Wurzelwachstum bevorzugt entlang der Querriegel auftrat, da hier der beste Bodenkontakt gegeben war. Die ansonsten übliche Abdeckung der verlegten Weidenäste mit Boden ist an Wasserstraßen mit großen Wasserspiegelschwankungen problematisch. An der Versuchsstrecke wurde die Abdeckung aus sandigem Kies bereits mit dem ersten Hochwasser unmittelbar nach Bauabschluss abgetragen. Trotz nochmaliger Abdeckung zwischen zwei Hochwassern konnte langfristig keine ausreichende Wurzelbildung zwischen den Querriegeln erreicht werden. Lokale Erosionen bei Hochwasser waren die Folge.

Für zukünftige Anwendungen werden ein engeres Raster der Querriegel (Abstand $\leq 0,5$ m) und die Anwendung relativ steifer Weidenäste mit Durchmesser von 2 bis 5 cm empfohlen, um neben einer lückenlosen Verlegung auch einen flächigen festen Bodenkontakt der Weidenäste als Voraussetzung für ein flächenhaftes Wurzelwachstum zu erreichen.

Filter

Der Naturversuch zeigte auch die Notwendigkeit eines filterstabilen Aufbaus der Ufersicherung. Die Pflanzmatten im VF 7 wurden mit verschiedenen Filtermatten (Kokosmatten in der oberen Böschungshälfte, Schafwollvlies und Kunststoffgeotextil in der unteren Böschungshälfte) getestet. Kokosmatten und Schafwollvliese erwiesen sich unter den hydraulischen Belastungen sehr schnell als nicht ausreichend stabil. Die Schafwollmatten hatten sich schon nach 6 Monaten aufgelöst, auch die Kokosmatten wurden relativ schnell beschädigt und zerstört. Lediglich die Kunststoffvliese bieten langfristig ausreichenden Schutz.

Die Filter werden allerdings nur im Anfangszustand benötigt, bis die sich entwickelnden Wurzeln die Filterfunktion übernehmen können. Temporäre Filtervliese müssen gut

durchwurzelbar, ausreichend durchlässig und filterstabil zum anstehenden Boden sein sowie gegenüber den anstehenden hydraulischen Belastungen eine ausreichende Festigkeit besitzen. Aus ökologischen Gründen sollten sie biologisch abbaubar sein. Die gegenwärtig auf dem Markt angebotenen und zum Teil im Naturversuch getesteten natürlichen Geotextilien können diese Anforderungen in der Gesamtheit nicht erfüllen. Deshalb wurde im letzten Jahr in Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer-Institut UMSICHT Oberhausen und weiteren beteiligten Firmen mit der Entwicklung eines Geotextils begonnen, das für mindestens 3 Jahre alle geforderten technischen Eigenschaften erfüllt und sich dann vollständig biologisch abbaut. Die Untersuchungen dauern noch an. Es ist vorgesehen, die neuen Filter ab 2018/19 in einem Naturversuch an einer Wasserstraße zu testen.

Überstauungstoleranz

Ein weiterer „Knackpunkt“ ist die passende Pflanzenauswahl, die im Naturversuch u. a. zu untersuchen war. An Wasserstraßen mit deutlichen Wasserspiegelschwankungen spielt die Überstauungstoleranz der Pflanzen eine entscheidende Rolle. Die Röhrichtgabionen (VF 5), gefüllt mit Steinen, Boden und vorgezogenen Pflanzen, umhüllt mit einer Kokosmatte und Maschendraht (Schichtdicke ca. 30 cm), besitzen durch ihr Eigengewicht von Anfang an ohne zusätzliche Befestigungen eine gute Lagestabilität auf der Böschung. Das Flächengewicht trägt zum Uferschutz bei, die Filterstabilität ist durch einen zwischen Boden und Gabionen angeordneten Kornfilter gegeben. Hier zeigte sich mit zunehmender Zeit der schädigende Einfluss der periodisch auftretenden, zum Teil sehr langen Überstauzeiten. Anfänglich konnten sich die Pflanzen der Röhrichtzone zwischenzeitlich noch erholen, aber langfristig kam es zum Absterben einer Reihe von Pflanzenarten (Bild 3).

Lediglich die Schlank- und Ufersegge konnten sich unter den gegebenen Bedingungen auch nach 12 Wochen ununterbrochenem Überstau regenerieren und sich langfristig gut entwickeln. Rohr-Glanzgras, Rohr-Schwingel und Weißes Straußgras zeigten dagegen wesentlich geringere Überflutungstoleranzen und erwiesen sich unter diesen Bedingungen als ungeeignet.



Bild 3: Röhrichtgabionen im unteren Böschungsbereich, links: Nach Einbau (10/2011), rechts: 5 Jahre danach (04/2016)

Ein großflächiger Ausfall der Pflanzen schwächt langfristig auch die Stabilität der gesamten Röhrichtgabione. Im Naturversuch führten der Pflanzenverlust und die zunehmende Zerstörung der Kokosummantelung zu vermehrtem Austrag von Boden und nachfolgenden Steinbewegungen innerhalb der Gabionen. Langfristig wird der Kiesfilter

ausgetragen, so dass letztendlich der Uferschutz nicht mehr gegeben ist. Die im Naturversuch ermittelten Überstauungstoleranzen verschiedener Pflanzen sind wichtige Grundlagen für zukünftige Anwendungen.

Unterhaltung

Für einen langfristigen Uferschutz ist in Abhängigkeit der Art der Maßnahmen eine Unterhaltung erforderlich – z. B. zur Förderung der gewünschten Zielvegetation, zur Förderung des Wurzelwachstums und gegebenenfalls zur Vermeidung einer unzulässigen Beeinflussung des Hochwasserabflusses z. B. durch aufwachsende Weiden.

Am Beispiel des Naturversuchs wurden erste Vergleichsberechnungen für einen 11 km langen Rheinabschnitt durchgeführt (Servouse, 2015). Als Variante 1 wurde der Naturversuch am rechten Ufer simuliert mit 3 Jahre alten Weidenspreitlagen auf einer Uferlänge von 110 m (VF 2/ 3), ansonsten wurden Steinschüttungen als Ufersicherung berücksichtigt. In der Variante 2 wurden dieselben Weidenspreitlagen beidseitig auf der gesamten Länge von 11 km angenommen. Der Vergleich mit Steinschüttungen auf beiden Ufern der 11 km hat ergeben, dass die lokal angeordneten Weiden (Variante 1) den simulierten Hochwasserabfluss HQ 100 nur unwesentlich und nur örtlich beeinflussen (rechnerische Wasserspiegelerhöhung < 1 cm). Werden dagegen die gesamten 11 km mit den Weiden gesichert (Variante 2), führt dies bereits zu einem relevanten Anstieg des Wasserspiegels von bis zu 10 cm. Das heißt, die Unterhaltungsmaßnahmen müssen auf Art und Umfang der Uferschutzmaßnahmen und die jeweiligen Randbedingungen abgestimmt werden.

Erprobt wurden erste Unterhaltungskonzepte im VF 2 und 3 (BAW, BfG, WSA, 2016). Dabei hat sich gezeigt, dass ein abschnittsweiser Rückschnitt besser ist als ein großflächiger Rückschnitt. Auch hier spielen die großen Wasserspiegelschwankungen am Rhein eine entscheidende Rolle und erschweren die Durchführung und den Erfolg von Unterhaltungsarbeiten. Unmittelbar nach Rückschnitt Anfang 2015 aufgetretene Hochwasser haben die Weiden entsprechend geschädigt.

Die bisher insgesamt aus dem Naturversuch vorliegenden Erkenntnisse und die sich daraus ergebenden Anforderungen an die getesteten Uferschutzmaßnahmen - Weidenspreitlagen, Röhrichtgabionen, vorkultivierte Pflanzmatten und begrünte Steinschüttungen - wurden bereits in Form von Kennblättern zusammengefasst (<http://ufersicherung.baw.de/de/arbeitshilfen/kennblaetter>). Hierin werden Hinweise zu Aufbau, Konstruktion, Bauausführung, Wirkungsweise und Belastbarkeit, Unterhaltung und zum ökologischen Potential der Bauweisen gegeben. In Abhängigkeit der jeweiligen Randbedingungen sind diese technisch-biologischen Uferschutzmaßnahmen bei Beachtung der Vorgaben zielführend an Binnenwasserstraßen anwendbar.

4. Erste Dimensionierungsgrundlagen

Aufgrund des steigenden Bedarfs an einheitlichen Planungsgrundlagen für technisch-biologische Ufersicherungen wurde 2008 bereits parallel zum noch laufenden Forschungsprojekt mit der Erarbeitung einer ersten Planungsgrundlage im Rahmen des DWA e.V. begonnen. Erfahrungen mit ingenieurbioologischen Bauweisen an Fließgewässern ohne Schifffahrt und die bis dahin bereits vorliegenden Ergebnisse aus dem oben genannten BAW/ BfG-Forschungsprojekt sind in das 2016 fertiggestellte DWA-Merkblatt M519 „Technisch-biologische Ufersicherungen an großen und schiffbaren Binnengewässern“ (DWA, 2016) eingeflossen.

Im Merkblatt wird eine Vorgehensweise aufgezeigt, wie die Anwendbarkeit technisch-biologischer Ufersicherungen geprüft und eine konkrete Uferschutzmaßnahme geplant werden kann (Söhngen et al., 2016). Es beinhaltet alle dafür wesentlichen rechtlichen, technischen, ingenieurbioologischen und ökologischen Planungsgrundlagen. Zur Bemessung der Ufersicherungen mit Pflanzen wird ein auf der sicheren Seite liegendes Verfahren, basierend auf dem vorhandenen technischen Regelwerk (GBB, 2010), vorgestellt. Danach muss zunächst geprüft werden, ob theoretisch eine Ufersicherung mit Flächengewicht erforderlich ist. Das ist in der Regel der Fall, wenn maßgebende Porenwasserüberdrücke im Boden auftreten und ein Schutz gegen hydrodynamische Bodenverlagerung bzw. ein Abgleiten der Böschung erforderlich ist. Da die Untersuchungen zur stabilisierenden Wirkung der Wurzeln noch nicht abgeschlossen sind, darf deren Einfluss derzeit noch nicht rechnerisch berücksichtigt werden. Bei Erfordernis muss das berechnete Flächengewicht auch durch die gewählte technisch-biologische Ufersicherung gewährleistet sein. In diesem Fall sind nur Kombinationen aus Pflanzen und technischen Bestandteilen anwendbar. Rein pflanzliche Ufersicherungen ohne signifikantes Eigengewicht können nur als Schutz vor Oberflächenerosion angewendet werden.

Im Anhang des Merkblattes werden 10 Bauweisen vorgestellt und beschrieben, die aus heutiger Sicht zur Anwendung an großen und schiffbaren Gewässern prinzipiell geeignet erscheinen und ökologische Verbesserungen im Uferbereich erwarten lassen. Für diese ausgewählten Bauweisen werden hinsichtlich der Sicherheit gegenüber Oberflächenerosion zulässige Strömungsgeschwindigkeiten und Wellenhöhen angegeben. Das BMVI hat mit Erlass vom 02.01.2017 auf die Anwendung des Merkblattes bei Planungen an Bundeswasserstraßen hingewiesen und das Merkblatt in das „Technische Regelwerk Wasserstraßen“ (TR-W), Abschnitt 7, aufgenommen. Inzwischen wurde die für technische Deckwerke auf der Grundlage des (GBB, 2010) entwickelte Software „GBBSoft“ 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 bietet regelmäßig Schulungen zu der Software an.

5. Fazit und Ausblick

Die Untersuchungen sind noch nicht abgeschlossen. 2018 wird ein ausführlicher Monitoringbericht zum Naturversuch erstellt, Mitte 2018 ist ein BAW/ BfG - Kolloquium zur Vorstellung der Ergebnisse vorgesehen. Das Monitoring wird langfristig weitergeführt. Die Labor- und Modellversuche der BAW werden ergänzt. 2017 sind erste Ergebnisse zu erwarten, wie die oberflächennahen Wurzeln von Weidenspreitlagen in Abhängigkeit von der Zeit Filterfunktion übernehmen können. Wenn es außerdem gelingt, die erforderlichen biologisch vollständig abbaubaren Filtervliese zu entwickeln, ist das ein weiterer Meilenstein in der Anwendung umweltfreundlicher Ufersicherungen. Parallel werden von der BfG die Untersuchungen zur ökologischen Bewertung der alternativen Ufersicherungen weitergeführt (Schmitt et al., 2016).

Der Naturversuch am Rhein hat gezeigt, dass auch an einem freifließenden Fluss mit hoher Schifffahrtsbelastung prinzipiell technisch-biologische Ufersicherungen anwendbar sind. Die „Knackpunkte“ und Grenzen konnten ermittelt werden. Auf dieser Grundlage bereits erstellte Kennblätter können für die Planung und Ausführung von Uferschutzmaßnahmen an allen Binnenwasserstraßen genutzt werden. Zusätzlich bietet

das zu dieser Thematik eingerichtete Internetportal (<http://ufersicherung.baw.de>) weitere Detailinformationen und darüber hinaus seit 2016 eine Plattform für einen Erfahrungsaustausch innerhalb der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung über bereits ausgeführte Maßnahmen.

Die bisherigen Erfahrungen und Erkenntnisse aus dem Forschungsprojekt der BAW und BfG bilden mit den Erfahrungen aus kleineren Fließgewässern ohne Schifffahrt die Grundlage für das nun vorliegende Dimensionierungskonzept für umweltfreundlichere Ufersicherungen nach dem DWA-Merkblatt M519 und die danach erweiterte Software GBBSOft+.

Damit stehen für die im Rahmen des „Blauen Bandes Deutschland“ vorgesehenen Uferumgestaltungen an Bundeswasserstraßen bereits wichtige Arbeitshilfen für die Planung und Ausführung von alternativen Ufersicherungen zur Verfügung. Diese werden bereits im Rahmen der Renaturierung der Unteren Havelwasserstraße zwischen Brandenburg und Havelberg und für die Planung erster Modellprojekte des „Blauen Bandes“ am Rhein angewendet. Es ist zu hoffen, dass weitere Projekte folgen werden.

Literatur

BAW, BfG, 2008: Untersuchungen zu technisch-biologischen Ufersicherungen an Binnenwasserstraßen, Teil 2: Versuchsstrecke Stolzenau - Weser km 241,550-242,300, Bundesanstalt für Wasserbau Karlsruhe, Bundesanstalt für Gewässerkunde Koblenz, <http://ufersicherung.baw.de/de/publikationen/berichte>

BAW, BfG, 2010: Einrichtung einer Versuchsstrecke mit technisch-biologischen Ufersicherungen, Rhein-km 440,6 bis km 441,6, rechtes Ufer, Empfehlungen für die Ausführung der Ufersicherungen, Bundesanstalt für Wasserbau Karlsruhe, Bundesanstalt für Gewässerkunde Koblenz, <http://ufersicherung.baw.de/de/publikationen/berichte>

BAW, BfG, WSA, 2012: Einrichtung einer Versuchsstrecke mit technisch-biologischen Ufersicherungen, Rhein-km 440,6 bis km 441,6, rechtes Ufer – Erster Zwischenbericht: Randbedingungen, Einbaudokumentation, Monitoring, Bundesanstalt für Wasserbau Karlsruhe, Bundesanstalt für Gewässerkunde Koblenz, Wasser- und Schifffahrtsamt Mannheim, <http://ufersicherung.baw.de/de/publikationen/berichte>

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>

Behrendt, K., Fleischer, P., Koop, J., 2015: Erste Ergebnisse eines Naturversuchs mit technisch-biologischen Ufersicherungen am Rhein bei Worms, Korrespondenz Wasserwirtschaft, Nr. 12

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

Eisenmann, J., Fleischer, P., 2012: Möglichkeiten und Grenzen pflanzlicher Ufersicherungen an Wasserstraßen, BAW Mitteilungen Nr. 95, Karlsruhe

Fleischer, P., Soyeaux, R., 2016: Technisch-biologische Ufersicherungen als ökologische Alternative zum Schüttsteindeckwerk an Binnenwasserstraßen - Forschungsergebnisse zur Belastbarkeit und Bemessung, TU Dresden, Dresdner Wasserbauliche Mitteilungen, Heft 57

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

MAR, 2008: Merkblatt Anwendung von Regelbauweisen für Böschungs- und Sohlsicherung an Wasserstraßen, Bundesanstalt für Wasserbau

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

Servouse, P., 2015: Modelluntersuchungen technisch-biologischer Ufersicherungen in der Versuchsstrecke Worms, Bachelorarbeit, Hochschule für Technik und Wirtschaft Karlsruhe, Bundesanstalt für Wasserbau Karlsruhe, unveröffentlicht

Söhngen, B., Fleischer, P., Liebenstein, H., 2016: German Guidelines for Designing Alternative Bank Protection Measures, International Symposium on River Sedimentation, 19. – 22.09.2015, Stuttgart, Conference Proceedings