

Untersuchungen zu alternativen, technisch-biologischen Ufersicherungen an Binnenwasserstraßen

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

1 Veranlassung/ Zielstellung

Zur Verhinderung von Erosionserscheinungen infolge Schifffahrt ist es erforderlich, die Ufer der Bundeswasserstraßen auf weiten Strecken durch geeignete Maßnahmen wie z. B. Deckwerke aus Steinschüttungen zu sichern. Bemessungsbasis sind das Merkblatt für Regelbauweisen /MAR 1993/ und die theoretischen „Grundlagen zur Bemessung von Böschungs- und Sohlsicherungen an Bundeswasserstraßen“ /GBB 2004/. Anhand der darin enthaltenen Richtlinien und Empfehlungen kann die Standsicherheit der Ufer unter den hydraulischen Belastungen in den Wasserstraßen gewährleistet werden. Bei vielen Baumaßnahmen - insbesondere in Gebieten von hohem naturschutzfachlichen Rang - haben neben den technischen Anforderungen auch ökologische Gesichtspunkte einen zunehmend größeren Stellenwert. Das bedeutet, dass bei Unterhaltung, Aus- und Neubau von Wasserstraßen immer häufiger auch alternative, technisch-biologische Ufersicherungsmethoden in Betracht zu ziehen sind.

Zu alternativen Ufersicherungen an Bundeswasserstraßen gibt es bisher nur wenige Erfahrungen. Es existieren im Bereich der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV) zwar bereits verschiedentlich Versuchsstrecken, an denen Vegetationskomponenten eingebaut und beobachtet werden. Jedoch wurden die in einzelnen Strecken gesammelten Erfahrungen bisher nicht gebündelt und zentral ausgewertet. Systematische Untersuchungen zur hydraulischen Belastbarkeit von alternativen Ufersicherungen wurden bislang nicht durchgeführt. Aus diesem Grund wurde von der Bundesanstalt für Wasserbau (BAW) und Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) 2004 ein Forschungsprojekt initiiert, das die Anwendbarkeit alternativer Ufersicherungen an Wasserstraßen unter technischen und naturschutzfachlichen Gesichtspunkten untersucht. Langfristiges Ziel ist es, den planenden Mitarbeitern der WSV fundierte Grundlagen und Empfehlungen zur Belastbarkeit und Anwendung technisch-biologischer Ufersicherungen zur Verfügung zu stellen. Eine besondere Bedeutung erlangen die Ergebnisse dieses Forschungsprojektes auch hinsichtlich der Realisierung von Maßnahmen zur Verbesserung von Gewässerstrukturen im Rahmen der Umsetzung der europäischen Wasserrahmenrichtlinie (EG-WRRL).

Das Forschungsprojekt „Untersuchungen zu alternativen, technisch-biologischen Ufersicherungen an Binnenwasserstraßen“ wird gemeinsam von den Referaten Erdbau und Uferschutz (G4 – federführend) und Schiff/ Wasserstraße, Naturuntersuchungen (W4) der BAW und den Referaten Ökologische Wirkungszusammenhänge (U2), Vegetationskunde, Landschaftspflege (U3) und Tierökologie (U4) der BfG bearbeitet.

2 Vorgehensweise

Zunächst wurden die an den örtlich bereits bestehenden Versuchsstrecken mit alternativen Ufersicherungen gewonnenen Erfahrungen zusammengetragen und - soweit unmittelbar möglich - ausgewertet. Insgesamt existieren im Bereich der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung bereits jetzt über 150 Einzelstrecken, in denen als Alternative zum rein technischen Deckwerk technisch-biologische Ufersicherungen angewendet wurden. Die Ergebnisse dieser Auswertungen wurden 2006 in einem gemeinsamen Bericht von BAW und BfG dargestellt: „Untersuchungen zu alternativen, technisch-biologischen Ufersicherungen an Binnenwasserstraßen, Teil 1: Veranlassung, Umfrage und internationale Recherche“, Mai 2006. Dieser Bericht ist auf der Internetseite der BAW (www.baw.de) unter „Geotechnik - Richtlinien und Empfehlungen“ abrufbar. Ein Auszug der wichtigsten Ergebnisse wurde zusätzlich im BAW-Brief Nr. 2 – April 2006 veröffentlicht.

Allerdings wurden die konkreten Randbedingungen der einzelnen bereits bestehenden Streckenabschnitte mit alternativen Ufersicherungen oft nicht detailliert erfasst, so dass zwar qualitativ eine erste Auswertung möglich ist, aber quantifizierbare Aussagen ohne vertiefende Untersuchungen in der Regel nicht getroffen werden können. Deshalb wurden aus den bestehenden Versuchsstrecken repräsentative Wasserstraßenabschnitte ausgewählt, in denen die geometrischen, geotechnischen und hydrologischen Randbedingungen, die hydraulischen Uferbelastungen aus der Schifffahrt und der Zustand der Ufersicherung zum gegenwärtigen Zeitpunkt detailliert erfasst werden (siehe Abschnitt 4). Zur naturschutzfachlichen Beurteilung der alternativen Ufersicherungsmaßnahmen werden zusätzlich aktuelle Untersuchungen zur Vegetation und zur Fauna durchgeführt. Hauptziel ist die Quantifizierung der aufnehmbaren hydraulischen Belastung verschiedener technisch-biologischer Ufersicherungsarten an Wasserstraßen, um den planenden Ingenieuren daraus letztendlich Datenkennblätter mit Anwendungshinweisen und –grenzen einzelner alternativer Ufersicherungen zur Verfügung stellen zu können – analog zu den Grundlagen und Richtlinien zur Anwendung rein technischer Ufersicherungen.

3 Theoretische Grundlagen zu schiffserzeugten Uferbelastungen

Am deutlichsten wird das Phänomen der Wechselwirkung zwischen Schiff und Wasserstraße in den im Vergleich zu Flüssen relativ engen Kanälen. Dem fahrenden Schiff eilt eine Wasserspiegelanspannung von wenigen Zentimetern voraus, die ca. eine Schiffslänge lang ist (s. **Bild 3.1**) Das ist der Kolbeneffekt. Direkt vor dem Bug des Schiffes bildet sich ein Aufstau, der ständig voraus geschoben wird. Ab hier ändern sich die Abflussbedingungen stark. Der bisher ungestörte Gewässerquerschnitt wird um den Schiffsquerschnitt reduziert. In diesem verminderten Querschnitt muss nun das durch den Bug verdrängte Wasser als Rückströmung zum Heck des Schiffes fließen. Dies bedingt hydraulisch eine Beschleunigung des Abflusses, die wiederum mit einer Wasserspiegelabsenkung neben dem Schiff verbunden ist. Am Heck des Schiffes findet dann wieder ein Ausgleich der Abflussverhältnisse statt, was mit einer Wasserspiegelanhebung – der Heckwelle – verbunden ist. Diese gesamte Absunkmulde längsseits des Schiffes hat den Charakter einer Welle und wird als Primärwelle bezeichnet. Ihre Wellenlänge entspricht der Schiffslänge. In diese Absunkmulde sinkt das Schiff beständig ab, was als Squat bezeichnet wird. In erster Näherung sind Squat und Absunk gleich.



Bild 3.1: Schiffserzeugte Wellen im Wesel-Datteln-Kanal bei der Versuchskampagne im Oktober 2002; hier die ufernahe Fahrt der MS Main bei voller Abladung und einer Geschwindigkeit nahe der kritischen Schiffsgeschwindigkeit

Am Bug des Schiffes entstehen gleichzeitig regelmäßig kurzperiodische Wellen, die als Sekundärwellen bezeichnet werden. Diese sind zum einen Divergenzwellen, die sich mit einem Winkel zur Schiffsachse ausbreiten, zum anderen Querwellen, die annähernd senkrecht zur Schiffsachse orientiert sind (s. **Bild 3.2**). Die Überlagerung beider Systeme erzeugt eine Interferenzlinie, die abhängig von der Fahrgeschwindigkeit einen charakteristischen Winkel zur Schiffsachse aufweist: bei üblichen Schiffsgeschwindigkeiten beträgt dieser Winkel $19,3^\circ$. Mit Annäherung an die kritische Geschwindigkeit erreicht er maximal 45° .

Ab dem Heck des Schiffes beeinflusst zusätzlich das Antriebsorgan – Propeller, Jet-Antriebe u.a. – das Wellenbild (vergl. **Bild 3.1** und **Bild 3.2**).

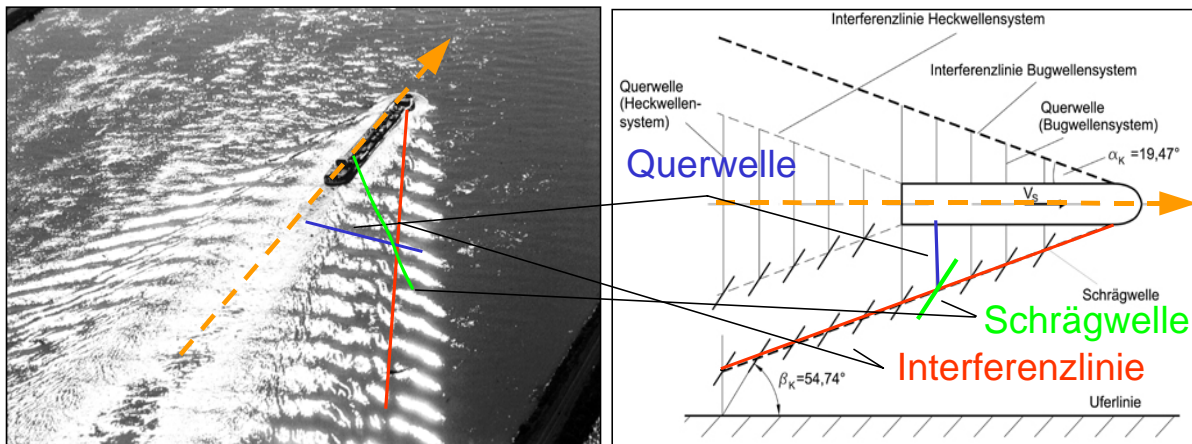


Bild 3.2: Luftbild des Sekundärwellenbildes eines auf dem Rhein fahrenden Binnenschiffes; außerdem ist achtern der Schraubenstrahlbereich zu erkennen

Als Auswirkungen des geschilderten Vorgangs auf die Uferbereiche von Wasserstraßen sind folgende Effekte zu nennen:

- Infolge des Absunks können Porenwasserdruckänderungen im am Ufer anstehenden Boden auftreten. Insbesondere ein gegenüber der Durchlässigkeit des Bodens schneller Wasserspiegelabsenkung kann zu einem Porenwasserüberdruck im anstehenden Boden und infolgedessen zum böschungsparellen Abgleiten einer oberflächennahen Bodenschicht ggf. mit Ufersicherung führen.
- Die Wellen bewirken kurzperiodische Wasserspiegeländerungen und Belastungen am Ufer, die bei Freibordfestlegung, Wellenaufwurf und Fragen zu Fauna und Flora im Uferbereich zu beachten sind.
- Die Rückströmung ruft temporär Sohlschubspannungen an Sohle und Ufer hervor, die bei der Erosionssicherheit von Sohlmaterial und Uferdeckwerk eine Rolle spielen.
- Auch der Propellerstrahl erzeugt an der Sohle temporär eine Sohlschubspannung.

Wichtige Erkenntnisse über die Interaktion Schiff/Wasserstraße sind nur durch Naturmessungen zu erhalten (Datenerfassung bei laufender Schifffahrt oder bei Versuchsfahrten unter definierten Bedingungen). Zum Einen wird dabei das Schiff kontinuierlich in seiner Lage bestimmt, wodurch Position im Gewässer, Einsinken und Geschwindigkeit bekannt sind. Zum Anderen werden z.B. am Ufer die Veränderungen der Wasserspiegellage - möglichst über dem Böschungsfußpunkt - vor, während und nach der Passage registriert, womit Aussagen über Primär- und Sekundärwellen sowie Absenkung und Absenkgeschwindigkeit möglich sind. Eine typische Aufzeichnung von Wasserspiegelveränderungen am Ufer zeigt **Bild 3.3**. Die größte hydraulische Belastung erzeugt die Heckwelle. Deren Größe ist die Differenz zwischen dem Wellental im Heckbereich und dem Maximum der Heckquerwelle und entspricht der Bemessungswellenhöhe.

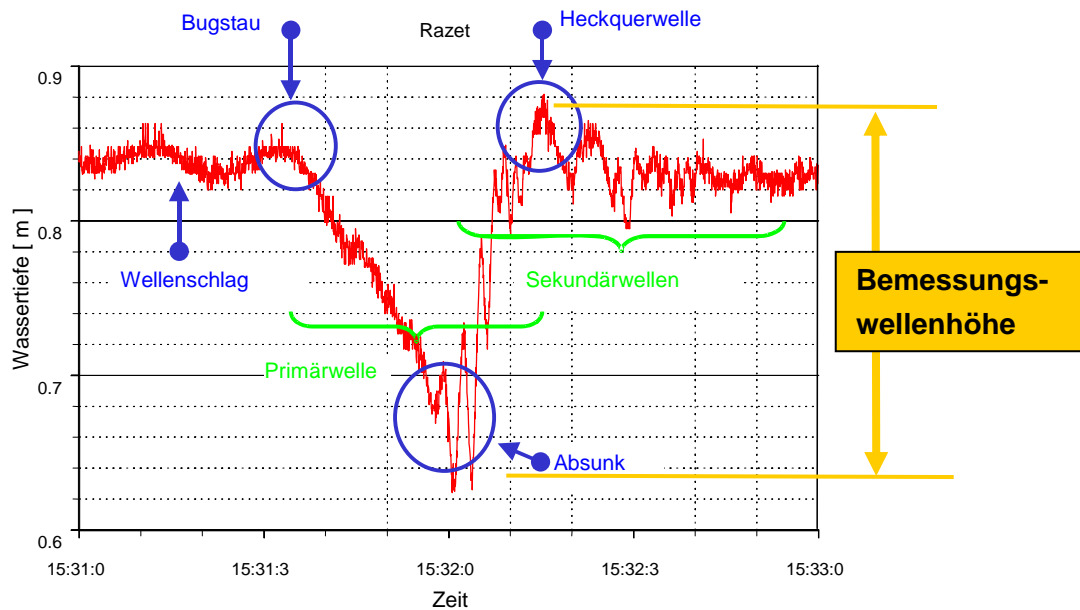


Bild 3.3: Fahrt des RMS Rezat ($L/B/T = 105\text{m}/9,5\text{m}/1,2\text{m} = \text{leer}$) am Neckar-km 78,9 mit einer Geschwindigkeit über Grund von $3,4 \text{ m/s} = 12,24 \text{ km/h}$

Weitere wichtige Einflussgrößen zur Beschreibung der Interaktion zwischen Schiff und Wasserstraße sind geometrische und hydraulische Größen der Wasserstraße (Wasserspiegelbreite, Gewässerquerschnitt, Sohlbreite, Fahrrinnenquerschnitt, mittlere Wassertiefe, Fließgeschwindigkeit, Böschungsneigung) und des Schiffs (Schiffsbreite, eingetauchter Schiffsquerschnitt, Schiffslänge, gefahrene Schiffsgeschwindigkeit, Tiefgang, Schiffsform). Die Kombination aller dieser Größen führt zu weiteren Kennwerten (Querschnittsverhältnis Gewässer/Schiff, kritische Schiffsgeschwindigkeit, Wasserspiegelabsenkung, Rückströmungsgeschwindigkeit, Wellenhöhe, Schiffsposition, Sekundärwellenhöhe), die zur Beurteilung der Interaktion Schiff / Wasserstraße wichtig sind.

4 Für Detailuntersuchungen ausgewählte Wasserstraßenabschnitte mit alternativen Ufersicherungen

4.1 Modifiziertes Rechtecktrapezprofil am Mittellandkanal

Im Bereich der Stadtstrecke Hannover wurde in den neunziger Jahren der Mittellandkanal (km 159,350 bis km 173,465) ausgebaut, d.h. der Wasserstraßenquerschnitt wurde hinsichtlich Breite und Tiefe erweitert. Aufgrund der eng angrenzenden Bebauung wurde ein kombiniertes Rechtecktrapezprofil mit geringem Platzbedarf gewählt – eine Bauvariante, die eine Symbiose aus technischer Notwendigkeit und biologischem Nutzen darstellt. Die Spundwand endet dabei abschnittsweise kurz unter bzw. über dem Wasserspiegel, darüber schließt sich eine Böschung an (**Bilder 4.1** und **4.2**). Die aus Sicherheitsgründen notwendige Konstruktion dient gleichzeitig dem Schutz der Ufervegetation. Um eine möglichst schnelle und zuverlässige Begrünung bzw. Bepflanzung zu erreichen, wurde in die Hohlräume der im Böschungsbereich eingebauten Steinschüttung zusätzlich „Alginat“ verfüllt. Das ist ein in einer Spezialmischanlage aufbereiteter

fließfähiger Oberboden, dem ein Bodenhilfsstoff, z.B. Bioalgen, zugesetzt wird. In Vorbereitung dieser Ausbaumaßnahmen wurden in einer Versuchsstrecke im MLK-Abschnitt km 189,500 bis km 190,00 im Jahr 1989 Böschungsbereiche mit verschiedenen Sicherungsarten und Neigungen ausgeführt und Initialpflanzen eingesetzt. Der Erfolg der Maßnahme kann als sehr gut eingestuft werden. Trotz des starken Schiffsverkehrs auf dieser Strecke – bis zu 70 Güterschiffe pro Tag - und dadurch beständiger und auch teilweise hoher Wellenbelastung hat sich der Schilf- und Seggenbewuchs sehr schnell und dauerhaft entwickelt (**Bild 4.2**). Aktuelle, fachkundige Ortsbegehungen können dies bis heute bestätigen.



Bild 4.1: Versuchsstrecke MLK-km 189,5 bis 190,0, Nordufer
Spundwand endet kurz über (rot) bzw. unter (blau) dem Wasserspiegel (BW_o)

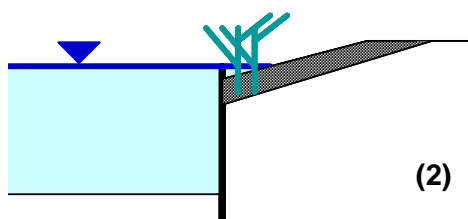


Bild 4.2:
Ansicht Nordufer;
(1) Foto
(2) Prinzipskizze

4.2 Parallelwerk bei Walsum-Stapp am Rhein

In den Jahren 1996/1997 wurde im Naturschutzgebiet „Walsumer Rheinaue“ am rechten Ufer des frei fließenden Rheins bei Walsum-Stapp, Rhein-km 793,500 – 795,000, ein stark moduliertes Parallelwerk in alternativer Bauweise errichtet (**Bild 4.3**), das sich auszeichnet durch

- sieben Hochpunkte, die je nach Wasserstand mehr oder weniger sichtbar sind,
- wechselnde Böschungsneigungen (stromseitig 1:3, landseitig 1:2 bis 1:6),
- Schutz der Böschungen mittels Vegetativer Deckwerke (Vegetationsmatten) und Initialbepflanzung und
- Flutmulden, die eine permanente Durchströmung des Wasserkörpers hinter dem Parallelwerk erlauben.

Das Bauwerk wurde im Rahmen des Sohlstabilisierungsprogramms „Wiederherstellung und Erhaltung eines beständigen Gewässerbettes am Niederrhein“ errichtet. Ziel war insbesondere die nachhaltige Beseitigung von Untiefen und Fehlstellen am Rand der rechten Fahrrinne. Die Erfahrungen zeigen hier allerdings sehr deutlich, dass den alternativen Bauweisen bei großen hydraulischen Belastungen Grenzen gesetzt sind. Details dazu finden sich u.a. in /Schillinger 2001/.



Bild 4.3:

(1) Luftaufnahme des Parallelwerks Walsum-Stapp im Oktober 1997 kurz nach der Fertigstellung

(2) Blick stromauf auf einen Hochpunkt mit vegetativem Deckwerk und das fahrrinnenseitige Deckwerk (Steinklasse III)

4.3 Uferentsteinung bei Ballauf-Wilhelmswörth am Rhein

Im Rahmen des Projektes „Lebendiger Rhein – Fluss der tausend Inseln“ wurde auf Initiative des NABU im Jahr 2005 nördlich von Mannheim bei Rh-km 433,200 – 433,780 in Zusammenarbeit mit dem WSA Mannheim eine Ufer-Entsteinung durchgeführt (**Bild 4.4**). Das heißt, bisher als Schutz der Uferböschungen vorhandene Wasserbausteine wurden entfernt. Es handelt sich um das rechte Ufer, das Gleitufer, das relativ geringen Strömungsbelastungen sowie aufgrund des großen Abstands zur Fahrrinne auch geringen schiffserzeugten Belastungen ausgesetzt ist. Im Hinterland befinden sich Auenwälder, die im Hochwasserfall ggf. planmäßig überströmt wer-

den. Der eigentliche Hochwasserdeich liegt weiter landeinwärts, d.h. auch bei größeren Ufererosionen bestünde keine Gefahr für die Öffentlichkeit im Hinterland.

Das Ufer ist seit der Entsteinung der natürlichen Dynamik des Flusses überlassen. Die bisher relativ steilen Böschungen haben sich nach den ersten Hochwasserereignissen sehr schnell abgeflacht. Im Uferbereich vorhandene Bäume werden dementsprechend zunehmend unterspült, und insbesondere alte Bäume brechen ab. Um zu verhindern, dass sie schwimmend als Hindernis in die Fahrrinne gelangen, müssen diese im Rahmen der Unterhaltung rechtzeitig entfernt werden. Ein langfristiges Monitoring der Topografie soll die Veränderungen über die Zeit dokumentieren.



Bild 4.4:

Entsteinungsmaßnahme Rhein Ballauf-Wilhelmswörth, Rh-km 433,200 – 433,780

- (1) April 2005 direkt nach der Entsteinung
- (2) Juli 2006 nach einem Hochwasser
- (3) Oktober 2006 mit Kiesufer

4.4 Versuchsstrecke mit Vegetationsmatten bei Ketzin an der Unteren Havel-Wasserstraße

Im Rahmen des Verkehrsprojektes Deutsche Einheit / Projekt 17 ist unter anderem der Ausbau der Unteren Havel-Wasserstraße (UHW) als Wasserstraßenklasse Vb geplant. Da diese Strecke durch viele Gebiete von hohem naturschutzfachlichen Rang führt, wurden auch hier sehr früh alternative Ufersicherungen in Betracht gezogen. In Vorbereitung dazu wurde bei UHW-km 35,700 nahe Ketzin bereits im Jahr 1993 auf einer unzugänglichen Insel (**Bild 4.5**) am Nordufer des Fahrbereiches für die Güterschifffahrt eine Versuchsstrecke eingerichtet. Auf einer Länge von 70 m wurden Vegetationsmatten in verschiedenen Ausführungen auf einer Ausgleichsschicht über dem anstehenden Untergrund (**Bild 4.6**) und unterschiedliche Bultenpflanzen eingebaut.

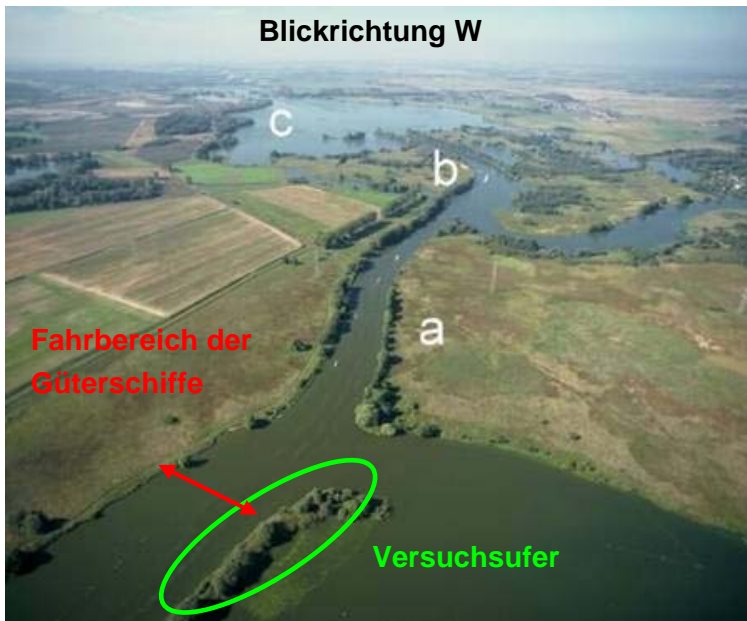


Bild 4.5:

Luftbild der UHW mit Lage der Versuchsstrecke bei Ketzin;

- (a) Dammgraben
- (b) Einfahrtrompete
- (c) Trebelsee



Bild 4.6:

Einbau der Vegetationsmatten vom Schwimmponton aus mit Hilfe eines Krans und Verlegerost im Jahr 1993

Aktuelle Bereisungen im Jahr 2006 haben gezeigt, dass die Vegetation unabhängig vom Aufbau der Matten und unabhängig von der Initialbepflanzung einen guten Zustand aufweist (**Bild 4.7**).



Bild 4.7:

Zustand der Ufervegetation an der UHW im Jahr 2006

4.5 Versuchsstrecke Stolzenau an der Mittelweser

Im Bereich der Versuchsstrecke Stolzenau wurden im Rahmen der Mittelweseranpassung 1988/89 auf Initiative des WSA Verden am rechten Ufer auf einer Strecke von ca. 750 m (We-km 241,550 bis km 242,300) in Zusammenarbeit mit der BfG und BAW alternative, technisch-biologische Ufersicherungen eingebaut. Aus dieser Zeit existieren erste Bestandsaufnahmen zu Vegetation und Fauna.

Vor Ausführung der Umgestaltungsmaßnahme war das Ufer im oberstromigen, ca. 300 m langen Abschnitt durch vier einzelne Bühnen gegliedert, im unterstromigen Abschnitt von einer relativ einheitlichen, mit Wasserbausteinen gesicherten Böschung gekennzeichnet. Das angrenzende Gelände wurde als Weideland genutzt, was starke Uferbeschädigungen infolge Vertritt durch die Tiere, die die Weser als Tränke nutzten, zur Folge hatte.

Im Rahmen der Baumaßnahme wurden die vier alten, stark beschädigten Bühnen wiederhergestellt und unterschiedlich durch Schüttsteine, Pflasterung und Setzsteine gesichert. In den unmittelbaren Uferbereichen wurden in 15 Abschnitten unterschiedliche alternative, technisch-biologische Ufersicherungen mit folgenden Hauptelementen gebaut:

- Abflachung der Uferböschungen (von 1:3 auf 1:7) und Entfernen von altem Steindeckwerk
- Steinwälle und Doppelpfahlreihen zum Schutz der neuen Ufervegetation (**Bild 4.8**)
- Senk-Faschinen aus Totholz
- Vegetationsmatten
- Initialpflanzungen
- Weiden-Steckhölzer und -Setzstangen
- Schilf- und Seggenpflanzungen sowie Schilfmatten
- Spreitlagen aus Weidenästen

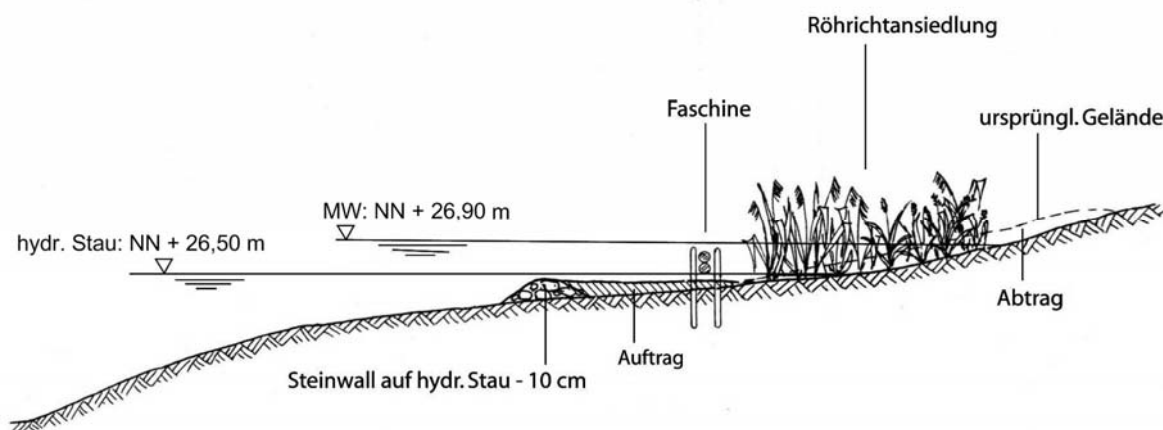


Bild 4.8: Uferneugestaltung durch Anlage eines Steinwalls und Uferabflachung (Abschnitt 1)

In diesem Wasserstraßenabschnitt erfolgten bereits die ersten Detailuntersuchungen im Rahmen des Forschungsprojektes. Die Ergebnisse einschließlich der Auswertungen werden in einem schriftlichen Bericht /BAW-BfG 2008/ zusammengestellt. Die Alternativen Ufersicherungsmaßnahmen in diesem Abschnitt können unter den gegebenen, aufgenommenen und doku-

mentierten Randbedingungen als erfolgreiche Lösung mit zukunftsweisendem Charakter angesehen werden (**Bild 4.9**).



Bild 4.9: Zustand der Ufervegetation in der Versuchsstrecke Stolzenau im Jahr 2006

5 Zusammenfassung und Ausblick

Im Ergebnis der Untersuchungen in den einzelnen Versuchsstrecken werden für die jeweils vorhandenen technisch-biologischen Ufersicherungsarten so genannte Kennblätter angelegt, in denen Randbedingungen und Grenzen für deren Anwendung hinsichtlich Baugrund, Geometrie und insbesondere hydraulischer Belastbarkeit definiert, aber auch Pflege- und Unterhaltungshinweise gegeben werden. Mit zunehmendem Untersuchungsfortschritt werden diese ergänzt, gegebenenfalls überarbeitet und für weitere Ufersicherungsarten zur Verfügung gestellt. Somit wird sukzessiv eine sichere Grundlage für die Anwendung alternativer Ufersicherungen an Binnenwasserstraßen im Rahmen von Neu- und Ausbautvorhaben, aber auch bei Unterhaltungsmaßnahmen und bei der Umsetzung der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie zur Verfügung stehen. Es ist vorgesehen, alle Ergebnisse, Hinweise und Empfehlungen aus diesem Forschungsprojekt auf einer speziellen Internetseite, auf die von den Internetseiten der BAW (www.baw.de) und der BfG (www.bafg.de) zugegriffen werden kann, zu veröffentlichen.

6 Literatur

- /BAW-BfG 2006/ Bundesanstalt für Wasserbau, Bundesanstalt für Gewässerkunde
Untersuchungen zu alternativen, technisch-biologischen Ufersicherungen an Binnenwasserstraßen (F&E-Projekt)
Teil 1: Veranlassung, Umfrage und internationale Recherche
BfG-Nr.: 1484 / BAW-Nr.: 2.04.10151.00
Eigenverlag, Karlsruhe / Koblenz Mai 2006
- /BAW-BfG 2008/ Bundesanstalt für Wasserbau, Bundesanstalt für Gewässerkunde
Untersuchungen zu alternativen, technisch-biologischen

**Ufersicherungen an Binnenwasserstraßen (F&E-Projekt)
Teil 2: Versuchsstrecke Stolzenau / Weser We-km 241,550 –
242,300**

BfG-Nr.: n.n. / BAW-Nr.: 2.04.10151.00

Eigenverlag, Karlsruhe / Koblenz 2008

/Schillinger 2001/

Schillinger, H.

**Ingenieurbiologische Ufersicherungen an Bundeswasserstraßen
- Methoden, Versuche, Ideen und ein Konzept für die Untere
Havel-Wasserstraße zwischen Ketzin und Brandenburg**

Diplomarbeit

Eigenverlag, Karlsruhe 2001

/GBB 2004/

Bundesanstalt für Wasserbau

**Grundlagen zur Bemessung von Böschungs- und Sohlen-
sicherungen an Binnenwasserstraßen**

Mitt. Nr. 87

Eigenverlag, Karlsruhe 2004

/MAR 1993/

Bundesanstalt für Wasserbau

**Merkblatt Anwendung von Regelbauweisen für Böschungs- und
Sohlensicherungen an Wasserstraßen**

Eigenverlag, Karlsruhe 1993