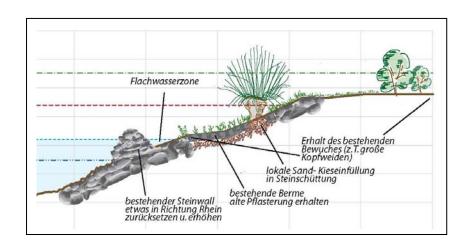




# BUNDESANSTALT FÜR GEWÄSSERKUNDE Koblenz

## BUNDESANSTALT FÜR WASSERBAU Karlsruhe



Einrichtung einer Versuchsstrecke mit technisch-biologischen Ufersicherungen Rhein km 440,6 bis km 441,6, rechtes Ufer

Empfehlungen für die Ausführung der Ufersicherungen

07.05.2010



Empfehlungen für die Ausführung der Ufersicherungen

BfG-Nr.: 1677 BAW-Nr.: 2.04.10151.00



## Zusammenfassung

Im Rahmen der Untersuchungen der Bundesanstalt für Wasserbau und der Bundesanstalt für Gewässerkunde zur hydraulischen Belastbarkeit und ökologischen Wirksamkeit alternativer technisch-biologischer Ufersicherungen an Binnenwasserstraßen wird gegenwärtig am Rhein in der Nähe von Worms eine Versuchsstrecke vorbereitet. Träger der Maßnahme ist die Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes, vertreten durch die Wasser- und Schifffahrtsdirektion Südwest und das Wasser- und Schifffahrtsamt Mannheim. Ziel ist es, verschiedene alternative Ufersicherungsarten unter bekannten Randbedingungen zu testen. Im Ergebnis des Naturversuchs werden wichtige Erkenntnisse zur Anwendung alternativer technisch-biologischer Ufersicherungen am Rhein, aber auch an anderen Wasserstraßenabschnitten erwartet.

Der Rheinabschnitt km 440,6 bis km 441,6 (rechtes Ufer) hat sich bei der Suche nach einem geeigneten Wasserstraßenabschnitt in Abstimmung mit dem WSA Mannheim als gut geeignet erwiesen. Es ist vorgesehen, in neun einzelnen Uferabschnitten unterschiedliche alternative Ufersicherungsmaßnahmen anzuwenden. Die vorhandene Steinschüttung bleibt je nach Maßnahme unterhalb eines mittleren Wasserstandes (AZW bzw. AZW – 0,5 m) generell erhalten. Die Umgestaltung erfolgt ausschließlich im darüber liegenden Böschungsbereich. In fünf Abschnitten wird die Steinschüttung hier entfernt und die Ufersicherung neu technisch-biologisch aufgebaut. In vier Abschnitten bleibt die Steinschüttung erhalten, hier werden Maßnahmen zur ökologischen Aufwertung der losen Steinschüttung getestet. Die Böschungsgeometrie wird in der Regel nicht verändert. Mit den vorgesehenen Maßnahmen soll eine ökologische Aufwertung der Ufer bei gleichbleibender Standsicherheit und Erosionssicherheit erreicht werden. Wesentliche Veränderungen hinsichtlich Schifffahrt, Gewässersystem und Verkehrswasserwirtschaft sind nicht zu erwarten. Die einzelnen Maßnahmen werden im vorliegenden Bericht detailliert beschrieben.

In einem ersten Schritt wurden 2009 die maßgebenden geometrischen, geotechnischen und hydraulischen Randbedingungen in der Versuchsstrecke ermittelt und vegetationskundliche und faunistische Untersuchungen durchgeführt. Die im Mittel 1:2 bis 1:3 geneigten Böschungen am rechten Ufer der Versuchsstrecke sind gegenwärtig mit losen Wasserbausteinen der Klasse LMB<sub>5/40</sub> gesichert, zum Teil ist lokal noch altes Pflaster vorhanden. Insgesamt ist das Ufer eher spärlich mit Vegetation mittlerer Wertigkeit bewachsen. Es konnten keine Vorkommen von besonders oder streng geschützten Pflanzenarten festgestellt werden. Im Böschungsbereich stehen überwiegend kiesige Sande mit geringen bis mittleren Festigkeiten an. Die Rheinwasserstände schwanken zwischen GIW und HSW II um etwa 6 m. Die Ufer werden hydraulisch einerseits durch die Auswirkungen der Schifffahrt und ande-



Empfehlungen für die Ausführung der Ufersicherungen

BfG-Nr.: 1677 BAW-Nr.: 2.04.10151.00



rerseits durch Hochwasser belastet. Alle ermittelten Randbedingungen sind im vorliegenden Bericht im Einzelnen dokumentiert.

Die Detailplanung für die Umgestaltung der Ufer in der Versuchsstrecke wird von einem vom WSA Mannheim zu beauftragenden Ingenieurbüro durchgeführt werden. Die Bauausführung wird voraussichtlich im Frühjahr 2011 sein. Die Maßnahmen werden langfristig mit einem umfangreichen Monitoring begleitet.



Bundesanstalt für Gewässerkunde Bundesanstalt für Wasserbau Einrichtung einer Versuchsstrecke mit technisch-biologischen Ufersicherungen

Rhein km 440,6 bis km 441,6, rechtes Ufer -

Empfehlungen für die Ausführung der Ufersicherungen

BAW-Nr.: 2.04.10151.00 BfG-Nr.: 1677



## An der Erstellung des Berichtes Beteiligte:

Bundesanstalt für Wasserbau Karlsruhe, Referat Erdbau EISENMANN, Jeannine

und Uferschutz

FLEISCHER, Petra Bundesanstalt für Wasserbau Karlsruhe, Referat Erdbau

und Uferschutz (Federführung)

GESING, Carolin Bundesanstalt für Wasserbau Karlsruhe, Referat Naturun-

tersuchungen, Wechselwirkung Schiff-Wasserstraße

Bundesanstalt für Wasserbau Karlsruhe, Referat Erdbau DR. KAYSER, Jan

und Uferschutz

DR. KLEINWÄCHTER, Meike Bundesanstalt für Gewässerkunde Koblenz, Referat Tier-

ökologie

LIEBENSTEIN, Hubert Bundesanstalt für Gewässerkunde Koblenz, Referat Land-

schaftspflege, Vegetationskunde

Bundesanstalt für Gewässerkunde Koblenz, Referat Land-SCHILLING, Katja

schaftspflege, Vegetationskunde

DR. SOYEAUX, Renald Bundesanstalt für Wasserbau Karlsruhe, Referat Erdbau

und Uferschutz

Bundesanstalt für Gewässerkunde Koblenz, Referat Land-DR. SUNDERMEIER, Andreas

schaftspflege, Vegetationskunde

Bundesanstalt für Wasserbau Karlsruhe, Referat Fluss-ZENTGRAF, Rolf

systeme

## Außerdem an den Planungen zur Versuchsstrecke Beteiligte:

Universität für Bodenkultur Wien PROF. DR. FLORINETH, Florin

Bundesanstalt für Gewässerkunde Koblenz, Referat Land-HERZ, Hans-Werner

schaftspflege, Vegetationskunde

DR. KOOP, Jochen Bundesanstalt für Gewässerkunde Koblenz, Referat Tier-

ökologie

DR. SOEHNGEN, Bernhard Bundesanstalt für Wasserbau Karlsruhe, Referat Naturun-

tersuchungen, Wechselwirkung Schiff-Wasserstraße

Bundesanstalt für Gewässerkunde Bundesanstalt für Wasserbau Einrichtung einer Versuchsstrecke mit technisch-biologischen Ufersicherungen

Rhein km 440,6 bis km 441,6, rechtes Ufer -

Empfehlungen für die Ausführung der Ufersicherungen

BfG-Nr.: 1677 BAW-Nr.: 2.04.10151.00



## **Inhaltsverzeichnis**

- 1. Veranlassung/ Zielstellung
- 2. Allgemeine Beschreibung des Rheinabschnittes bei Worms
- 3. Maßgebende Randbedingungen/ Ausgangszustand
  - 3.1 Allgemeines
  - 3.2 Derzeitige Ufersicherung
  - 3.3 Fluss- und Ufergeometrie
  - 3.4 Baugrund
  - 3.5 Vorhandene Vegetation
  - 3.6 Fauna
  - 3.7 Uferbelastungen infolge natürlicher Flussströmung
  - 3.8 Uferbelastungen infolge Schifffahrt Messergebnisse
  - 3.9 Uferbelastungen infolge Schifffahrt Berechnungsergebnisse
- 4. Empfehlungen für die neu auszuführenden Ufersicherungsmaßnahmen
  - 4.1 Grundsätzliches
  - 4.2 Geplante Ufersicherungsvarianten 1 bis 9
  - 4.3 Ausführungshinweise
  - 4.4 Hinweise zu Kosten
  - 4.5 Fachliche Begleitung des Einbaus

- km 440,6 und km 441,6

- 4.6 Entwicklungsprognosen
- 5. Ausblick: Hinweise zu Pflege, Unterhaltung und Monitoring

## <u>Anlagenverzeichnis</u>

Anlage 9:

Anlage 1:	Tabellarische Zusammenstellung der Randbedingungen				
Anlage 2:	Querprofile, 2009 eingemessen				
Anlage 3:	Lageplan der Baugrundaufschlüsse				
Anlage 4:	Bohr- und Sondierergebnisse				
Anlage 5:	Kornverteilungskurven der gestört entnommenen Bodenproben				
Anlage 6:	Ufernahe Strömungsgeschwindigkeiten/ Schubspannungen aus HN-Modell				
	W1 – km 440,6 bis km 441,6				
Anlage 7:	Ufernahe Strömungsgeschwindigkeiten/ Schubspannungen aus HN-Modell				
	W1 – km 440,6, rechtes Ufer				
Anlage 8:	Ersatztrapezprofile für Berechnungen mit GBBSoft				

Strömungsgeschwindigkeiten im Schiffspfad und am Ufer aus HN-Modell W1



Empfehlungen für die Ausführung der Ufersicherungen BAW-Nr.: 2.04.10151.00 BfG-Nr.: 1677



Anlage 10: Ergebnisse der Berechnungen mit GBBSoft – schiffserzeugte Belastungsgrö-

ßen

Tabellarische Übersicht: Neue alternative Ufersicherungsmaßnahmen Anlage 11:

Anlage 12: Grafische Darstellungen der einzelnen Ufersicherungsmaßnahmen

Anlage 13: Übersicht geeigneter Pflanzenarten für die Versuchsstrecke

Anlage 14: Grobe Abschätzung der Kosten zum Bau der Versuchsstrecke

Anlage 15: Biotoptypenkarte

Anlage 16: Ganglinie Pegel Worms

Anlage 17: Lageplan (Luftbild) mit Eigentumsgrenzen der WSV



Empfehlungen für die Ausführung der Ufersicherungen

BfG-Nr.: 1677 BAW-Nr.: 2.04.10151.00



## 1 Veranlassung/ Zielstellung

Um die Ufer von Binnenwasserstraßen dauerhaft vor Erosionen und anderen negativen Auswirkungen infolge hydraulischer Belastungen aus Schifffahrt zu schützen, werden diese in der Regel mit technischen Deckwerken aus Steinschüttungen oder Spundwänden gesichert. Grundlage der Anwendung dieser Ufersicherungen ist ein entsprechendes Regelwerk der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV). Anhand der darin enthaltenen Richtlinien und Empfehlungen kann die Standsicherheit der Ufer unter den hydraulischen Belastungen in den Wasserstraßen gewährleistet werden. Bei Aus- und Neubaumaßnahmen und der Unterhaltung von Bundeswasserstraßen haben ökologische Gesichtspunkte unter anderem aufgrund der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) und der §§ 8 Abs. 1, 12 Abs. 7 Bundeswasserstraßengesetz (WaStrG) zunehmend einen größeren Stellenwert erhalten. Neben technischen sind auch ökologische Aspekte zu berücksichtigen. Das bedeutet, dass beim Aus- und Neubau und der Unterhaltung von Bundeswasserstraßen zunehmend auch die Anwendung naturnaher technisch-biologischer Ufersicherungsmethoden zu prüfen ist. Zielstellungen der Anwendung naturnaher technisch-biologischer Ufersicherungsmethoden sind unter anderem der Schutz, die Verbesserung und die Entwicklung empfindlicher Lebensräume in und am Gewässer, die Sicherung ökologischer Funktionen und die Verbesserung der Gewässergütestruktur bei gleichzeitiger Gewährleistung der Uferstabilität unter hydraulischer Belastung und der Sicherheit des Schiffsverkehrs.

Für den Einsatz technisch-biologischer Ufersicherungen an Wasserstraßen gibt es bisher allerdings nur sehr wenig Erfahrungen und noch keine Regelwerke. Aus diesem Grund werden seit 2004 in einem Gemeinschaftsprojekt der Bundesanstalt für Wasserbau (BAW) und der Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) Untersuchungen zur hydraulischen Belastbarkeit und ökologischen Wirksamkeit alternativer technisch-biologischer Ufersicherungen unter Berücksichtigung der Schifffahrt durchgeführt. Das Ziel besteht darin, Anwendungsempfehlungen und Bemessungsgrundlagen für deren Einsatz an Binnenwasserstraßen zu erarbeiten. Erste Ergebnisse sind bereits unter http://www.baw.de/ufersicherung/index.php abrufbar. Ein Schwerpunkt der Untersuchungen ist dabei die Durchführung von Naturversuchen, in denen auf der Grundlage der bisherigen Erkenntnisse großmaßstäblich neue Ufersicherungsmaßnahmen unter definierten Randbedingungen getestet werden. Eine solche Versuchsstrecke wird gegenwärtig am Rhein in der Nähe von Worms vorbereitet /BMVBS, 2009/. Im Ergebnis des Naturversuchs werden wichtige Erkenntnisse zur Anwendung alternativer naturnaher Ufersicherungen am Rhein, aber auch an anderen Wasserstraßenabschnitten erwartet. Träger dieser Maßnahme ist die Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes, vertreten durch die Wasser- und Schifffahrtsdirektion Südwest und das Wasserund Schifffahrtsamt Mannheim.



Empfehlungen für die Ausführung der Ufersicherungen

BfG-Nr.: 1677 BAW-Nr.: 2.04.10151.00



Der Rheinabschnitt km 440,6 bis km 441,6 (rechtes Ufer) bei Worms hat sich bei der Suche nach einem geeigneten Wasserstraßenabschnitt in Abstimmung mit dem WSA Mannheim aufgrund der Randbedingungen als gut geeignet erwiesen. Wichtige Kriterien für die Auswahl waren, dass dort einerseits relativ hohe hydraulische Belastungen aus der Schifffahrt vorliegen und andererseits die an Wasserstraßen üblichen Uferböschungsneigungen von etwa 1:2 bis 1:3 vorhanden sind. Beide Kriterien erfordern in der Regel eine Ufersicherung, die bisher technisch ausgeführt wird.

In einem ersten Schritt wurden 2009 die maßgebenden Randbedingungen in der Versuchsstrecke ermittelt und auf dieser Grundlage Empfehlungen für die Uferumgestaltung mit technisch-biologischen Sicherungsmaßnahmen erarbeitet. Mit den vorgesehenen Maßnahmen soll eine ökologische Aufwertung der Ufer bei gleichbleibender Standsicherheit und Erosionssicherheit erreicht werden. Wesentliche Veränderungen hinsichtlich Schifffahrt, Gewässersystem und Verkehrswasserwirtschaft sind nicht zu erwarten.

Der vorliegende Bericht dokumentiert im Einzelnen die geometrischen, geotechnischen und hydraulischen Randbedingungen sowie die Ergebnisse der vegetationskundlichen und faunistischen Untersuchungen im Bereich der Versuchsstrecke. Die neu auszuführenden Ufersicherungsvarianten werden beschrieben und zeichnerisch dargestellt. Es werden erste Hinweise zur Bauausführung, zum späteren Monitoring und zur Unterhaltung gegeben.

Die Detailplanung wird von einem vom WSA Mannheim beauftragten Ingenieurbüro durchgeführt werden. Bauausführung wird voraussichtlich Frühjahr 2011 sein.

## 2 Allgemeine Beschreibung

Der aus mehreren möglichen Versuchsstrecken am Rhein gewählte, 1 km lange Abschnitt in der Nähe von Worms erstreckt sich von km 440,6 bis km 441,6 am rechten Ufer. Er beginnt ca. 200 m stromab der Einmündung des Lampertheimer Altarms und liegt somit außerhalb des ausgewiesenen Natur-, FFH- und Vogelschutzgebietes "Lampertheimer Altrhein" am südlichen Rand der hessischen Rheinebene.

Ca. 2,2 km stromab der Versuchsstrecke beginnt das FFH-Gebiet "Maulbeeraue", das sich etwa bis auf Höhe Nordheim zieht und von der Maßnahme ebenfalls nicht betroffen sein wird. Auch das linksrheinisch auf Höhe der Versuchsstrecke gelegene FFH-Gebiet "Rheinniederung Ludwigshafen - Worms" wird von der Uferumgestaltung nicht tangiert werden.



Empfehlungen für die Ausführung der Ufersicherungen

BfG-Nr.: 1677 BAW-Nr.: 2.04.10151.00



Die Versuchsstrecke selbst befindet sich im Bereich des Landschaftsschutzgebietes "Rheinhessisches Rheingebiet" (siehe Bild 1c). In der entsprechenden Verordnung vom 17. März 1977 sind in §3 folgende Schutzzwecke für das Gebiet genannt:

- Erhaltung der Eigenart und Schönheit der den Rhein begleitenden Niederungen mit ihren die Landschaft gliedernden Grünbeständen und den sie begrenzenden, teils sanft ansteigenden, teils herausragenden und die Landschaft beherrschenden Hängen und Höhen;
- Sicherung des Erholungswertes der Landschaft;
- Erhaltung eines ausgewogenen Landschaftshaushaltes durch Bewahrung der natürlichen Lebensgrundlagen wie Boden, Wasser, Luft, Klima, Pflanzen- und Tierwelt.

Bezüglich der genannten Kriterien sind durch die Umgestaltungen in der Versuchsstrecke keine negativen Auswirkungen zu erwarten.

Ca. 2 km stromab liegt Worms auf der linken Rheinseite (siehe Bilder 1a, b und c). Der Verlauf des Rheins ist im Bereich der Versuchsstrecke durch einen Übergang von einer leichten Links- in eine Rechtskrümmung gekennzeichnet. Dadurch ist ein Wechsel vom Prallhang (km 440,6) zum Gleithang (km 441,6) gegeben (siehe Bild 1b).

Die geographische Lage der Strecke ist SO - NW orientiert. Dadurch ist ab Mittag bis Spätabends eine gute Besonnung gegeben. Bild 2 zeigt Fotos von der Versuchsstrecke.



Empfehlungen für die Ausführung der Ufersicherungen

BfG-Nr.: 1677 BAW-Nr.: 2.04.10151.00



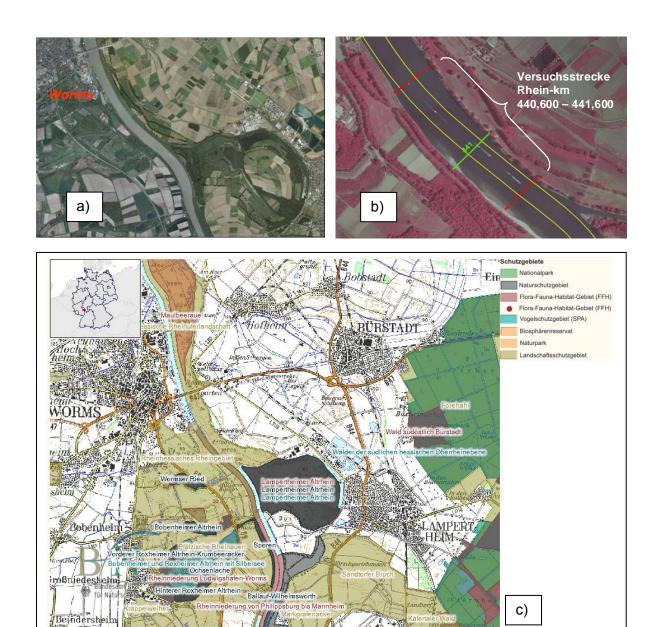


Bild 1: Luftbilder der Versuchsstrecke; a) geographische Situation (Quelle: Digitale Orthofotos der WSV); b) Detail aus Infrarotbefliegung mit Fahrrinne (gelbe Linien) (Quelle: NW-Befliegung der WSV 2003); c) Übersicht über betroffene Schutzgebiete (Quelle: www.bfn.de)



Empfehlungen für die Ausführung der Ufersicherungen

BfG-Nr.: 1677 BAW-Nr.: 2.04.10151.00







Bild 2: Die Versuchsstrecke heute; (links) Steinschüttung mit Gebüschbewuchs; (rechts) Pappeln ab OK Böschung und Betriebsweg

Zur Charakterisierung der Wasserstände im Bereich der Versuchsstrecke kann der nahe gelegene Pegel Worms (km 443,3 am linken Ufer) mit folgenden Daten herangezogen werden (siehe Anlage 16):

GIW: NN + 84,81 m HSW I: NN + 88,56 m HSW II: NN + 90,66 m

Bei HSW I ist die Schifffahrt nur noch eingeschränkt zugelassen. Die Talfahrt muss in Fahrrinnenmitte, die Bergfahrt im mittleren Fahrrinnendrittel erfolgen, um die Belastung der Ufer zu minimieren (§10.01 RhSchPV). Ab Erreichen der Marke HSW II wird die Schifffahrt eingestellt. Da die Versuchsstrecke etwa 2 bis 3 km stromauf liegt, sind die NN-Höhen der Wasserstände hier dementsprechend etwa 20 bis 30 cm höher als am Pegel Worms. Maßgebend für den Einbau der alternativen technisch-biologischen Ufersicherungen ist ein mittlerer Wasserstand, gewählte Bezugsgröße ist der AZW ("Ausbauzentralwasserstand"):

AZW: km 440,6 .... NN + 86,50 m km 441,6 .... NN + 86,36 m

Die Wasserstände "AZW" entsprechen in der Versuchsstrecke etwa den Mittelwasserständen von 1991 bis 2000 (km 440,6: NN + 86,65 m; km 441,6: NN + 86,53 m).

bfg

Bundesanstalt für Gewässerkunde Bundesanstalt für Wasserbau Einrichtung einer Versuchsstrecke mit technisch-biologischen Ufersicherungen - Rhein km 440,6 bis km 441,6, rechtes Ufer -

Empfehlungen für die Ausführung der Ufersicherungen

BfG-Nr.: 1677 BAW-Nr.: 2.04.10151.00



Das Verkehrsaufkommen in Höhe der Versuchsstrecke ist geprägt durch

- die Schifffahrt nach bzw. vom südlichen staugeregelten Oberrhein bis Basel (z.B. Häfen Straßburg und Basel),
- die Schifffahrt (Kiestransporte) zu Tal aus dem Bereich des Oberrheins,
- die Schifffahrt von verschiedenen Landeshäfen am Oberrhein (z.B. Mannheim, Ludwigshafen) und privater Be- und Endladestellen (z.B. BASF),
- die Schifffahrt vom Neckar, dessen Mündung in den Rhein bei ca. km 430 liegt.

Laut statistischen Angaben (Planco-Gutachten 2008) wurden im Bereich der Versuchsstrecke im Jahr 2004 ca. 46,3 Mio t in der Berg- und Talfahrt transportiert, das entspricht ca. 47.000 Frachtschiffen. Im Schnitt passieren somit täglich ca. 125 Schiffe die Versuchsstrecke. Die durchschnittliche Frachtmenge eines beladenen Schiffes beträgt ca. 1300 t. Am freifließenden Rhein ist das Abladevermögen der Schiffe maßgeblich von den Wasserständen abhängig, so dass die durchschnittliche Frachtmenge eine große Varianz besitzt.

Die Flotte setzt sich vor allen Dingen aus Güterschiffen wie Europaschiffen ES, Großmotorgüterschiffen GMS, überlangen GMS (üGMS) und Schubverbänden SV (meist als Spargel-Verband = 1-schiffiger, 2-gliedriger Verband = 2er SV) zusammen. Die größten Fahrzeuge sind Schubverbände, beispielsweise der SV Dynamica (214 m x 11,45 m) - für diesen ist eine Sondergenehmigung erforderlich - und der SV Ursa Montana (193,0 m x 17,30 m) mit ca. 10.400 t Tragfähigkeit und über 5.000 PS Motorleistung. Außerdem sind Schiffstypen wie Schub- und Schleppboote, Sportboote, Fahrgastschiffe, Fahrgastkabinenschiffe sowie Arbeitsboote der WSV vertreten. Fahrzeuge der Freizeitschifffahrt treten häufiger in den Sommermonaten auf.

## 3 Maßgebende Randbedingungen/ Ausgangszustand

## 3.1 Allgemeines

Für die Auswahl und Bemessung der alternativen technisch-biologischen Ufersicherungen war es erforderlich, zunächst die maßgebenden Randbedingungen in der Versuchsstrecke möglichst genau zu ermitteln und zu dokumentieren. Die 2009 durchgeführten Untersuchungen beinhalten folgende Schwerpunkte:

- derzeitige Ufersicherung
- Fluss- und Ufergeometrie
- Baugrund
- vorhandene Vegetation



Empfehlungen für die Ausführung der Ufersicherungen

- 13 -BAW-Nr.: 2.04.10151.00 BfG-Nr.: 1677



- Fauna
- Uferbelastungen infolge Schifffahrt und natürlicher Flussströmung

Alle Ergebnisse dieser Untersuchungen sind in der Anlage 1 tabellarisch zusammengestellt und werden in den folgenden Kapiteln kurz erläutert.

#### 3.2 **Derzeitige Ufersicherung**

Die mit einer Neigung von im Mittel 1:2 bis 1:3 geböschten Ufer sind größtenteils von der Böschungsoberkante bis zur Flusssohle mit einem Deckwerk aus losen Wasserbausteinen gesichert. Das Deckwerk wurde von der BAW im Juli 2009 vor Ort begutachtet. Die derzeitige Ufersicherung ist oberhalb des Wasserspiegels visuell in einem guten Zustand und voll funktionsfähig. Laut WSA besteht kein über das normale Maß hinausgehender Unterhaltungsbedarf.

An jeweils 5 zugänglichen Stellen oberhalb des Wasserspiegels wurden die Größe und das Gewicht der vorhandenen Wasserbausteine an 50 Einzelsteinen ermittelt. Danach besteht die Deckschicht aus losen Wasserbausteinen der Klasse LMB<sub>5/40</sub> /TLW, 2003/ – siehe Bild 3. Die Wasserbausteine bestehen hauptsächlich aus Granit und Basalt, teilweise auch aus Sandstein. Über die vorhandene Schichtdicke der Wasserbausteine lassen sich zum derzeitigen Zeitpunkt keine Aussagen treffen. Im Frühjahr 2010 ist vorgesehen, die Steinschüttung gemeinsam mit dem WSA an mehreren Stellen lokal aufzunehmen, um die Schichtdicke zu ermitteln. Bei dieser Gelegenheit kann auch geprüft werden, ob unter den Deckwerkssteinen eine Filterschicht vorhanden ist.

Ab ca. km 441,375 ist lokal etwa oberhalb der Mittelwasserlinie noch altes, gut erhaltenes Pflaster vorhanden. Als Sicherung gegen fortschreitende Unterspülung ist das untere Ende des Pflasters mit Wasserbausteinen überschüttet. Dadurch ist bereits ein kleiner Steinwall entstanden (siehe Bild 4).



Empfehlungen für die Ausführung der Ufersicherungen

Empreniungen für die Ausführung der Utersicherungen - 14
BfG-Nr.: 1677
BAW-Nr.: 2.04.10151.00



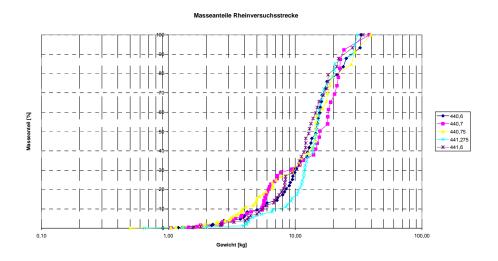


Bild 3: Vor Ort ermittelte Wasserbausteinklasse



Bild 4: Altes Pflaster bei km 441,375 (Aufnahme bei Niedrigwasser)

Das Gelände im Bereich um km 440,950 wird derzeit als Kieslagerfläche genutzt.

## 3.3 Fluss- und Ufergeometrie

Der Rhein hat im Bereich der Versuchsstrecke eine Wasserspiegelbreite (bei GIW) von 230 m (km 440,6) bis 300 m (km 441,6). Bei km 440,6 ist das rechte Ufer als Prallhang ausgebildet, der Flussquerschnitt ist nahezu dreieckförmig mit dem Talweg nahe am rechten Ufer. Aufgrund des Flusslaufes geht der Prallhang stromab allmählich in einen Gleithang über. Bei



Empfehlungen für die Ausführung der Ufersicherungen

BfG-Nr.: 1677 BAW-Nr.: 2.04.10151.00



km 441,6 verläuft der Talweg bereits nahe am gegenüber liegenden linken Ufer (siehe Bild 5).

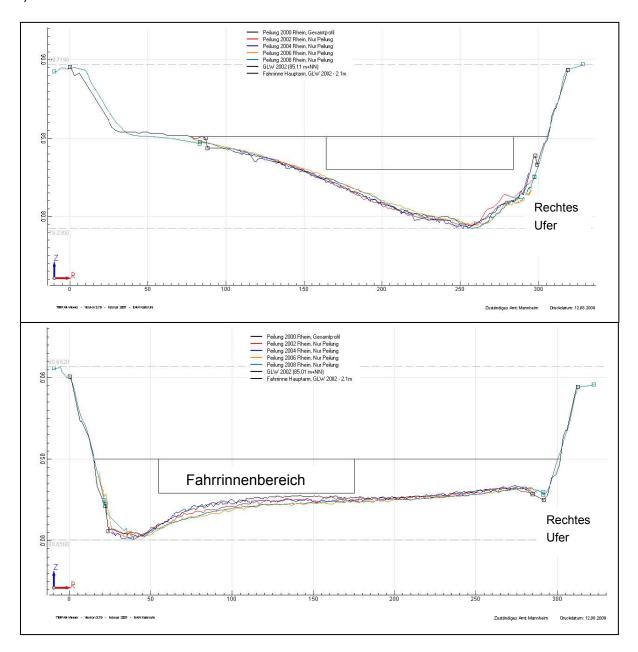


Bild 5: Flussquerschnitte (Peilergebnisse 2000 bis 2008) bei km 440,6 und km 441,6

Aus Bild 5 ist außerdem ersichtlich, dass die Fahrrinne bei km 440,6 sehr nahe (Abstand ca. 23 m) am Ufer verläuft, d.h. hier ist mit ufernahen Schiffsvorbeifahrten und dementsprechend höheren schiffsinduzierten Belastungen zu rechnen. Stromab entfernt sich die Fahrrinne zunehmend weiter vom Ufer, bei km 441,6 ist der rechte Fahrrinnenrand bereits etwa



Empfehlungen für die Ausführung der Ufersicherungen

- 16 -BAW-Nr.: 2.04.10151.00 BfG-Nr.: 1677



140 m vom rechten Ufer entfernt. Dieser zwischen den Ufern pendelnde Verlauf der Fahrrinne ist für den ganzen Oberrhein typisch. Er resultiert aus der Niedrigwasserregulierung Anfang des 20. Jahrhunderts, mit der eine Fixierung der alternierenden Anlandungen am rechten und linken Ufer durch Buhnen einherging.

Zur Ermittlung der gegenwärtigen Geometrie des rechten Ufers wurden im Auftrag und mit Unterstützung des WSA Mannheim Querprofileinmaße im Abstand von 25 m durchgeführt. Dabei wurde die Uferböschung und zusätzlich 5 bis 10 m des luftseitig angrenzenden Geländes und etwa 5 m des Sohlbereiches mit erfasst. Alle Querprofile sind grafisch in der Anlage 2 dargestellt, zur Beurteilung der vorhandenen Böschungsneigungen wurden darin zusätzlich die Neigungen 1:2 und 1:3 als gestrichelte Linien eingezeichnet.

Die Einmaße zeigen, dass die Uferböschungen in der Regel Neigungen von 1:2 bis 1:3 haben. Lokal sind jedoch auch wesentlich steilere oder auch flachere Neigungen vorhanden. Die Böschungshöhe von der Sohle bis zum angrenzenden Gelände beträgt bei km 440,4 fast 10 m, am Ende der Versuchsstrecke bei km 441,6 etwa 7 m. Die Oberkante des angrenzenden Geländes liegt im Mittel bei NN + 90 m.

Der für die neuen Ufersicherungen relevante Böschungsbereich oberhalb des Wasserspiegels geht etwa von NN + 86,00 m (AZW - 0,5 m bei km 440,6) bis NN + 90 m (GOK). Bei einer Höhe von 4 m entspricht das einer zu gestaltenden Böschungsbreite (in Böschungsfallrichtung) von 12 m bei 1:3 und 8 m bei 1:2 geneigten Böschungen.

#### 3.4 Baugrund

Der Bereich der Versuchsstrecke befindet sich geologisch im Bereich des Oberrheingrabens. Der Baugrund im relevanten Bereich besteht aus Lockergesteinen des Quartärs (fluviatile Sedimente), die maßgebend durch Sedimentations- und Erosionstätigkeit des Rheins beeinflusst wurden. Durch Akkumulation haben sich mächtige Kies- und Sandfolgen gebildet mit eingelagerten tonigen und z. T. auch torfigen Lagen.

Zur detaillierten Erkundung des Baugrundes im Uferbereich wurden im September 2009 von der Fa. Striehl Baugrundbohrungen und Brunnenbau GmbH im Auftrag des WSA Mannheim 4 Kernbohrungen und jeweils etwa im Abstand von 3 m neben den einzelnen Bohrungen 4 Sondierungen mit der schweren Rammsonde im Bereich des Betriebsweges bis 15 m unter Geländeoberkante durchgeführt. Dabei wurden gestörte Bodenproben entnommen und im Grundbaulabor der BAW untersucht. Anlage 3 zeigt die einzelnen Aufschlüsse im Lageplan.



Empfehlungen für die Ausführung der Ufersicherungen

BfG-Nr.: 1677 BAW-Nr.: 2.04.10151.00



In Anlage 4 sind die Ergebnisse der einzelnen Bohrungen jeweils mit den dazu gehörigen Sondierergebnissen dargestellt. Aus den Bohrergebnissen können die anstehenden Bodenarten und die detaillierte Baugrundschichtung ermittelt werden. Die Sondierungen geben bei rolligen Böden eine Information zur Festigkeit bzw. Lagerungsdichte.

Im relevanten Böschungsbereich steht danach unter einer dünnen Mutterbodenschicht zunächst schwachbindiger Auelehm (Schichtdicke: 1,5 bis 2,5 m) an. Darunter folgen kiesige Sande geringer bis mittlerer Festigkeit mit lokalen Schlufflinsen (Schichtdicke: 8 bis 9 m). Diese werden im Bereich der Bohrungen BK 1 und BK 2 von stark kiesigen Sanden großer Festigkeit und im Bereich der Bohrungen BK 3 und BK 4 von Fein- und Mittelsanden unterlagert. Kornverteilungskurven, die an repräsentativen, gestört entnommenen Bodenproben ermittelt wurden, zeigt Anlage 5. Einen geotechnischen Überblick gibt Bild 6.

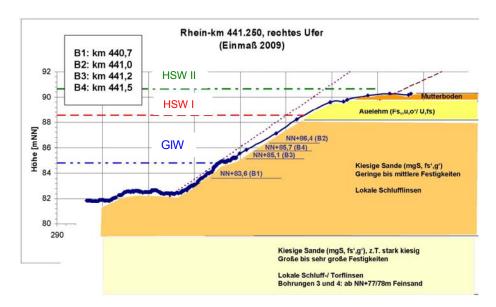


Bild 6: Vereinfachter Baugrundschnitt, beispielhaft dargestellt am Querprofil km 441,250

Für die einzelnen Schichten können für Berechnungen zur Böschungsstandsicherheit und zur Deckwerksbemessung die in Tab. 1 angegebenen Bodenkennwerte verwendet werden. Für die Deckwerksberechnungen nach /GBB, 2004/ mit der Software GBBSoft (siehe Kap. 3.9) können die kiesigen Sande vereinfachend dem Boden B1 nach /MAR, 2008/ zugeordnet werden.

Empfehlungen für die Ausführung der Ufersicherungen

BfG-Nr.: 1677 BAW-Nr.: 2.04.10151.00



Tab. 1: Bodenkennwerte

Bodenschicht	Unterkante der Schicht NN + m	Ф'/с'	γ / γ'
	SCHICILININ + III	[°] / [kPa]	[kN/m3]
Auelehm/ Mutterboden	87,5	27,5/ 2	19/ 10
Kiesige Sande	78,0	32,5 bis 35,0/ 0	18/ 10
Geringe bis mittlere Festig- keit			
Kiesige Sande/ Feinsande	75,0	37,5/ 0	19/ 11
Großer Festigkeit			

## 3.5 Vegetation

## Voruntersuchungsumfang und Zielstellung

Im Juli 2009 wurde eine Ist-Zustandserfassung der Vegetation entlang der Uferstrecke von km 440,6 bis km 441,6 durchgeführt, wobei alle Zonen im Querprofil der Böschung, von der Wasserwechselzone bis zur Böschungsoberkante einschließlich des angrenzenden Geländes bis zum Betriebsweg der WSV, vegetationskundlich kartiert wurden. Zusätzlich wurden zwei Referenzstreckenabschnitte von 100 m Länge, jeweils am unterund oberstromigen Ende der Versuchsstrecke, mit in die Kartierung einbezogen (siehe Biotoptypenkarte in Anlage 15).

Bei der Kartierung wurden folgende Arbeitsschritte durchgeführt:

- Flächige Abgrenzung der verschiedenen Biotoptypen
- Aufnahme der Artenzusammensetzung der Biotoptypen getrennt nach den Zonen, die sich anhand der Abhängigkeit der Arten von der Überstauungsdauer (Feuchtegradient), der schiffsinduzierten Belastung und des Untergrundes (Schüttsteindeckwerk, altes Pflaster) voneinander abgrenzen ließen
- Kennzeichnung dieser Zonen durch Punktmarkierungen an markanten Erkennungsstellen (Bsp. Besiedlungsgrenze des Kratzbeergestrüpps)
- Beurteilung der Pflanzenbesiedlung nach artenschutzrechtlichen Gesichtspunkten
- Naturschutzfachliche Bewertung des aktuellen Zustands

Die Erfassung des Ist-Zustandes der Vegetation ist Voraussetzung dafür, Anwendungskriterien für den Einsatz alternativer technisch-biologischer Ufersicherungsmaßnahmen ableiten zu können. Des Weiteren dient die Erfassung der derzeitigen Vegetation dazu, Aussagen zum Besiedlungspotenzial bestimmter Ufersicherungsvarianten in den Folgejahren nach der



Empfehlungen für die Ausführung der Ufersicherungen

- 19 -BAW-Nr.: 2.04.10151.00 BfG-Nr.: 1677



Umgestaltung der Strecke treffen und den Grad der ökologischen Aufwertung der Uferzonen beurteilen zu können.

## Vorhandene Vegetation

Die derzeitige Vegetationsbesiedlung lässt sich wie folgt für die einzelnen ermittelten Böschungsbereiche beschreiben:

Unterer Böschungsbereich (um AZW→ Wasserwechselzone): Dieser massiv mit Schüttsteinen gesicherte Bereich ist überwiegend frei von Vegetation höherer Pflanzen. Stromabwärts ab km 441,350 folgt ein Uferabschnitt im Gleithangbereich, der aufgrund eines derzeit schon vorgelagerten Steinwalls und einer infolgedessen entstandenen Flachwasserzone über alten Pflastersteinen geringfügig Flutrasenvegetation mit Zusammengedrückter Binse und einzelnen Röhrichtarten (z. B. Rohr-Glanzgras, Blutweiderich, Schilf) aufweist.

Mittlerer Böschungsbereich (AZW bis AZW + 1 m): Auf den Schüttsteinen wächst überwiegend Kratzbeergestrüpp in unterschiedlichen Deckungsgraden (Deckungsklassen: <5%, 5-30%, 30-60%, 60-100% und 100%). Zum Teil sind einzelne Eschen, Hybrid-Pappeln und Eschen-Ahorne eingestreut, wobei Hybrid-Pappel und Eschen-Ahorn Neophyten sind. Im Bereich des alten Pflasters ab etwa km 441,375 werden hohe Deckungsgrade an Kratzbeergestrüpp erreicht. Des Weiteren konnten auch in diesem Bereich die höchsten Artenzahlen ermittelt werden, wobei es sich überwiegend um Arten mittlerer Wertigkeit handelt (verschiedene Gräser, Kräuter und vereinzelte Röhrichtpflanzen). Auffällig sind mehrere große Kopfweiden im Abschnitt von km 441,380 bis km 441,500.

Oberer Böschungsbereich (AZW + 1 m bis zur Böschungsoberkante): Hier treten neben dem typischen Kratzbeergestrüpp z. T. Gebüschelemente der Hartholzaue (z.B. Weißdorn, Holunder, Pfaffenhütchen, Schlehe, Blutroter Hartriegel, Feld-Ulme u. a.) hinzu.

Angrenzendes Gelände bis zum Betriebsweg der WSV: Wasserseitig des Weges sind ca. 50 cm Wiesenstreifen frei geschnitten, ebenso die Bereiche, in denen sich Kilometrierungsschilder befinden. Diese sind bis zur Böschungsoberkante freigeschnitten und gemäht. Ansonsten zeichnet sich dieser Bereich überwiegend durch artenreiches Kratzbeergestrüpp (vermischt mit Wiesen- und Krautarten) aus. In einzelnen Abschnitten dominieren einzelne Arten, wie etwa ein Schilfbestand bei km 441,380. Die in Teilbereichen vorhandenen Gebüschelemente der Hartholzaue ziehen sich von der Böschungsoberkante überwiegend bis zum gemähten Wiesenstreifen. Vereinzelt wurden Eichen gepflanzt. Entlang des Weges stehen zusätzlich große Hybrid-Pappeln, die die Uferbereiche mit ihren Kronen zum Teil weit



Bundesanstalt für Gewässerkunde Bundesanstalt für Wasserbau Einrichtung einer Versuchsstrecke mit technisch-biologischen Ufersicherungen

Rhein km 440,6 bis km 441,6, rechtes Ufer -Empfehlungen für die Ausführung der Ufersicherungen

BAW-Nr.: 2.04.10151.00 BfG-Nr.: 1677



überschirmen. Das Gelände im Bereich um km 440,950 wird derzeit als Kieslagerfläche genutzt. Daneben hat sich ein erhaltenswertes Graupappel-Gebüsch entwickelt. Die landseitig an den Betriebsweg angrenzende Auengrünlandfläche wird intensiv gemäht.

## Naturschutzfachliche Bewertung

Insgesamt wird die Uferstrecke überwiegend von Arten mittlerer Wertigkeit besiedelt. Dem Abschnitt stromabwärts von km 441,350 kommt eine ökologisch etwas hochwertigere Stellung zu, da sich dort zum Teil Röhrichte entwickeln konnten. Durch die massive Steinschüttung ist das Besiedlungspotenzial in weiten Bereichen gering. Zusätzlich sind v. a. die Wasserwechselbereiche durch die hohe schiffsinduzierte Belastungssituation weitgehend unbesiedelt. Eine natürliche Uferzonierung (Laichkrautzone, Röhrichtzone, Weichholzaue, Hartholzaue) fehlt ebenfalls aufgrund der massiven Deckschicht, des Platzmangels und der hohen Belastung weitgehend, weshalb nur eine geringe Strukturvielfalt gegeben ist.

Derzeit vorhandene Gebüschelemente der Hartholzaue (v. a. der Feld-Ulme als Rote Liste Art) konnten sich in bestimmten Zonen (oberer Böschungsbereich und angrenzende Fläche) natürlicherweise etablieren, weshalb sie als standortheimische Gehölze erhalten werden sollten. Neophytische Arten wie Eschen-Ahorn und Hybrid-Pappeljungwuchs, die sich ebenfalls vereinzelt in der Steinschüttung etablieren konnten, sollten zugunsten der heimischen Vegetation entfernt werden.

Es konnten keine Vorkommen von besonders oder streng geschützten Pflanzenarten festgestellt werden. Als gefährdete Art kommt stellenweise Feld-Ulme vor. Die jungen Gebüsche sind teilweise durch Ulmenkrankheit geschwächt. Bei ausreichend guter Vitalität werden die Bestände in die alternative Ufersicherung integriert.

#### 3.6 Fauna

## Voruntersuchungsumfang und Zielstellung

Für die faunistische Beurteilung der neuen Ufersicherungen ist zunächst eine Istzustandserfassung bzw. ein Prämonitoring geplant. Eine möglichst geringe Veränderung an der Versuchsstrecke bis Oktober 2010 ist die Vorrausetzung für eine adäquate und belastbare Datenerfassung. Als Indikatoren werden Vögel (Aves), Laufkäfer (Carabidae), Spinnen (Araneae), Reptilien (Reptilia), Markrozoobenthos und Fische (Pisces) herangezogen. Vögel, Laufkäfer und Spinnen haben sich als Indikatoren für amphibische Lebensräume etabliert.



Empfehlungen für die Ausführung der Ufersicherungen

BfG-Nr.: 1677 BAW-Nr.: 2.04.10151.00



Die Besiedlung von Röhrichten durch Vögel hängt insbesondere von der räumlichen Ausdehnung, der Art ihrer Vertikalstruktur und den sie aufbauenden Pflanzenarten ab. Spinnen und Laufkäfer reagieren kleinräumiger, aber ebenfalls sehr empfindlich auf anthropogene Beeinflussung. Spinnen sind empfindliche Störanzeiger für stoffliche und mechanische Beeinträchtigung und reagieren aufgrund ihres hohen Ausbreitungspotentials sehr schnell auf Veränderungen. Als Räuber sind sie weniger an das Vorkommen von einzelnen Pflanzenarten gebunden, sondern an bestimmte Strukturen. Viele Laufkäferarten sind an bestimmte Bodenparameter (Korngröße, Feuchte) und mikroklimatische Bedingungen angepasst. Neben den Röhrichten bilden insbesondere auch vegetationsarme Ufer Lebensräume für eine Reihe von hoch spezialisierten Arten. Das Vorkommen von Reptilienarten im Untersuchungsgebiet soll vor der Uferumgestaltung geklärt werden. Für die aquatische Fauna wäre vor allem eine Umgestaltung bis auf Niedrigwasserniveau von Bedeutung. Materialien wie Totholz stellen ein natürliches Besiedlungssubstrat für das Makrozoobenthos dar und bilden Unterstände insbesondere für Jungfische. Auch Flachwasserbereiche können sich positiv auf die juvenilen Stadien einiger Fischarten auswirken. Nach der Umgestaltung kann das Potential bestimmter Varianten zur Förderung einzelner Arten ermittelt werden. Insgesamt soll für alle Tiergruppen das Potential von technisch-biologischen Ufersicherungsmaßnahmen zur Erhöhung der Biodiversität untersucht und bewertet werden.

Folgende Erhebungen werden bei der Istzustandserfassung noch durchgeführt:

- Laufkäfer und Spinnen: Erfassung mit Bodenfallen 3 x 2 Wochen im Frühjahr/ Sommer (je nach Witterung im Zeitraum von April bis Juni) und 2 x 2 Wochen im Herbst (September/ Oktober)
- Vögel: Kombination aus Transektlinienerfassung und Revierkartierung bei 5 Begehungen je nach Witterung im Zeitraum von April bis Ende Juni
- Reptilien: Sichtbeobachtungen bei 3 Begehungen, je nach Witterung im Frühjahr (ab April) und im Sommer (August)
- Makrozoobenthos: im Zuge des Langzeitmonitorings am Rhein im Mai/ Juni
- Fische: im Juni und September per Elektrofischerei

## 3.7 Uferbelastungen infolge natürlicher Flussströmung

Die natürliche Strömung des Rheins stellt eine Grundbelastung des Ufers und dementsprechend der Ufersicherung dar. Übliche Größen, mit denen dies beschrieben wird, sind Strömungsgeschwindigkeit  $v_{Str}$  und Schubspannung  $\tau$ . Da die Belastbarkeit von alternativen Ufersicherungen u. a. anhand von Grenzwerten für die verträgliche Strömungsgeschwindigkeit

Empfehlungen für die Ausführung der Ufersicherungen

BfG-Nr.: 1677 BAW-Nr.: 2.04.10151.00



bzw. Schubspannung beurteilt werden kann, wurden diese Größen im Rahmen der Voruntersuchungen mithilfe eines in der BAW vorliegenden hydraulisch-numerischen (HN-) Modells für den Bereich der Versuchsstrecke bestimmt.

Im Referat W1 "Flusssysteme" der BAW wird seit vielen Jahren ein HN-Modell OPDYMO des frei fließenden Rheins zwischen Iffezheim und der Deutsch-Holländischen Grenze betrieben. Es handelt sich um ein 1-dimensionales instationäres Modell, dessen Kalibrierung laufend anhand neuester Peilungen aktualisiert wird. Mit diesem Modell wurden für die vier charakteristischen Wasserstände NNW, GIW, HSW I und HSW II die Strömungsgeschwindigkeiten und Schubspannungen ermittelt. Die Ergebnisse liegen streifenweise tiefengemittelt für jedes Querprofil vor.

Für die Wasserstände GIW, HSW I und HSW II wurden zunächst alle 100 m ufernahe Strömungsgeschwindigkeiten und Schubspannungen ermittelt. Dazu wurde eine Auswertung über die Wassertiefe am rechten Ufer – beginnend an einem fiktiven Böschungsfußpunkt – durchgeführt. Die sich daraus ergebenden Werte für  $v_{Str}$  und  $\tau$  - jeweils die minimalen und maximalen Werte in den angegebenen Böschungsbereichen - sind in der Anlage 6, Seite 1 aufgelistet.

Da die alternativen Ufersicherungen je nach Maßnahme nur oberhalb AZW bzw. AZW - 0,5 m angeordnet werden, sind für diese auch nur die Strömungsgeschwindigkeiten und Schubspannungen maßgebend, die bei Wasserständen im Bereich von AZW - 0,5 m und darüber auftreten - und auch dann nur die im Bereich der neuen Ufersicherung vorherrschenden. Die Belastungen unterhalb AZW-0,5 m sind für die neuen Ufersicherungen nicht relevant. Die dementsprechend maßgebenden Belastungen sind zusätzlich in der Anlage 6, Seiten 2 bis 5, grafisch dargestellt. Bei GIW (Werte für AZW liegen nicht vor) werden die neuen Ufersicherungen nicht belastet. Maßgebend sind dementsprechend bei HSW I und HSW II nur die Werte "über GIW bei HSW I bzw. II". Diese Werte sind erwartungsgemäß kleiner als die unterhalb von GIW ermittelten.

Tendenziell ist festzustellen, dass die Werte bei HSW I und HSW II leicht von km 440,6 bis km 441,6 abnehmen, da hier ein Wechsel von einem leichten Prall- zu einem Gleithang stattfindet. Folgender Überblick über die ufernahen Werte im Bereich der geplanten alternativen Ufersicherungen lässt sich geben (siehe Anlage 6):

HSW I:  $v_{Str} = 0.99 (km \, 440.6) \dots 0.95 \, \text{m/s} (km \, 441.6)$ 

 $\tau = 3.6 (km 440.6) \dots 3.4 \text{ N/m}^2 (km 441.6)$ 

HSW II: v<sub>Str</sub> = 1,5 (km 440,6) ... 1,3 m/s (km 441,6)



Bundesanstalt für Gewässerkunde Bundesanstalt für Wasserbau Einrichtung einer Versuchsstrecke mit technisch-biologischen Ufersicherungen

Rhein km 440,6 bis km 441,6, rechtes Ufer -

Empfehlungen für die Ausführung der Ufersicherungen - 23 -

BAW-Nr.: 2.04.10151.00 BfG-Nr.: 1677



$$\tau = 7.0 (km 440.6) \dots 5.7 \text{ N/m}^2 (km 441.6)$$

Für das Profil km 440,6 ist der Verlauf der Strömungsgeschwindigkeiten und Schubspannungen beispielhaft zusätzlich über die Tiefe für die Wasserstände GIW, HSW I und HSW II in Anlage 7 dargestellt. Die Belastungsgrößen nehmen bei einem bestimmten Wasserstand mit zunehmender Wassertiefe zu. Folgende Werte in Ufernähe sind hier für die alternativen Ufersicherungen maßgebend:

HSW I:  $v_{Str} = 0.1 \text{ m/s}$  (in Höhe HSW I) ... 0,99 m/s (in Höhe GIW)

 $\tau = 0.15 \text{ N/m}^2$  (in Höhe HSW I) ... 3,6 N/m<sup>2</sup> (in Höhe GIW)

HSW II: v<sub>Str</sub> = 0,65 m/s (in Höhe OK Böschung) ... 0,7 m/s (in Höhe HSW I) ...1,5 m/s (in Höhe GIW)

 $\tau = 1.9 \text{ N/m}^2$  (in Höhe OK Böschung) ... 2,3 N/m<sup>2</sup> (in Höhe HSW I) ... 7 N/m<sup>2</sup> (in Höhe

GIW)

Die ermittelten Strömungsgeschwindigkeiten fließen auch in die Berechnung der schiffserzeugten hydraulischen Uferbelastungen ein (siehe Kap. 3.9).

Alle hier angegebenen Werte sind ufernahe Belastungsgrößen. Bei den in der Literatur zu findenden Grenzwerten hinsichtlich Erosionsstabilität von Böden oder verschiedenen Ufersicherungsarten – Grenzgeschwindigkeiten und Grenzschleppspannungen - ist zu beachten, dass sich diese zum Teil auf mittlere Werte im Hauptgerinne, zum Teil auf ufernah ermittelte Werte beziehen. Die Differenzierung ist von entscheidender Bedeutung.

#### 3.8 **Uferbelastungen infolge Schifffahrt – Messergebnisse**

Für die Auswahl geeigneter alternativer technisch-biologischer Ufersicherungen ist eine möglichst genaue Kenntnis der auf das Ufer wirkenden schifffahrtsbedingten hydraulischen Belastungen notwendig. Schiffsinduzierte Belastungen resultieren aus dem Wasserspiegelabsunk, den Wellen und den Strömungen infolge der Interaktion Schiff/ Wasserstraße. Sie treten immer nur lokal und temporär auf. Das Ingenieurbüro Schmid IBS aus Kapsweyer wurde im Rahmen der Voruntersuchungen mit der Durchführung einer Messkampagne (Verkehrsbeobachtung) in der Versuchsstrecke am Rhein bei Worms im "IST-Zustand" beauftragt. Ziel war es, über einen Zeitraum von sieben Tagen alle Schiffspassagen (ausgenommen die von Sportbooten) zu registrieren und die maßgebenden Parameter für die hydraulische Uferbelastung zu ermitteln. Insbesondere wurden die Abmessungen und Tiefgänge der Schiffe, die Schiffsgeschwindigkeiten, die Schiffsabstände zum Ufer erfasst und die jeweils



Bundesanstalt für Gewässerkunde Bundesanstalt für Wasserbau Einrichtung einer Versuchsstrecke mit technisch-biologischen Ufersicherungen

Rhein km 440,6 bis km 441,6, rechtes Ufer -Empfehlungen für die Ausführung der Ufersicherungen

BAW-Nr.: 2.04.10151.00 BfG-Nr.: 1677



vom passierenden Schiff erzeugten Wellenhöhen und Strömungsgeschwindigkeiten am Ufer gemessen.

Die Verkehrsbeobachtung wurde vom 19.08.2009 bis 26.08.2009 täglich von ca. 06:00 Uhr bis 20:00 Uhr an folgenden drei Querprofilen im Bereich der Versuchsstrecke durchgeführt:

- km 440,6 (Erfassung der Schiffsparameter, Wellenhöhen und Strömungsgeschwindigkeiten)
- km 441,1 (Erfassung der Wellenhöhen)
- km 441,6 (Erfassung der Schiffsparameter und Wellenhöhen)

In Bild 7 sind exemplarisch für den Querschnitt bei km 440,6 die Lage der Messsonden sowie der Sohlenverlauf und die Wasserspiegellagen eingezeichnet.

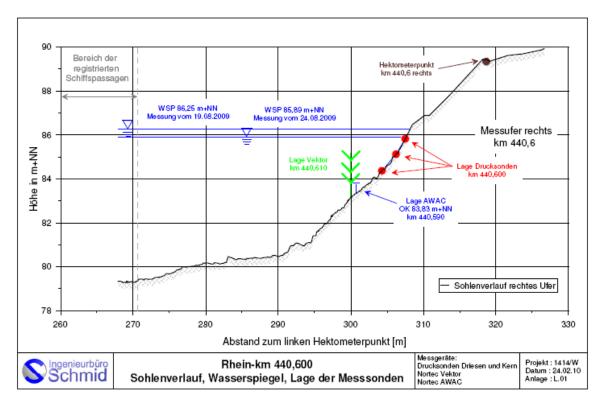


Bild 7: km 440,6 - Sohlenverlauf, Wasserspiegel, Lage der Messsonden ("Vektor" 

ADV-Messsonde, "AWAC" 

Ultraschall-Wellensonde)

Zu Beginn der Messung lag der Pegel Worms (GIW = 65 cm, entspricht NN + 84,81 m) in etwa bei AZW (187 cm, entspricht am Pegel Worms NN + 86,03 m) und fiel im Verlauf der Beobachtungszeit kontinuierlich bis auf 137 cm (NN + 85,53 m), d.h. auf etwa AZW – 0,5 m.

Empfehlungen für die Ausführung der Ufersicherungen

BfG-Nr.: 1677

BAW-Nr.: 2.04.10151.00



Die Vorgehensweise bei der Messkampagne, die Durchführung und Ergebnisse der Auswertungen sind ausführlich in den Berichten des Ingenieurbüros Schmid IBS /IB Schmid, 2010/dargestellt. Die Ergebnisse werden im Folgenden zusammengefasst erläutert.

## <u>Flottenstruktur</u>

Im Messzeitraum vom 19.08.2009 bis 26.08.2009 (7 Tage jeweils von ca. 06:00 Uhr bis 20:00 Uhr) wurden 552 Güterschiffe registriert. Kleinfahrzeuge und nachts fahrende Schiffe wurden nicht berücksichtigt. Die hier erfasste tägliche Anzahl von Schiffen (79) muss dementsprechend unter der im Kapitel 2 insgesamt als Tagesdurchschnittswert angegebenen Anzahl von ca. 125 Schiffen liegen. Die prozentuale Verteilung der im Messzeitraum festgestellten Schiffstypen zeigt Bild 8.

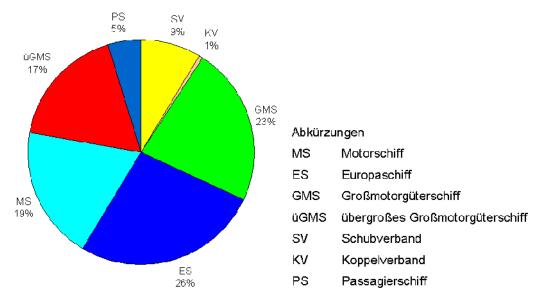


Bild 8: Flottenstruktur der im Messzeitraum registrierten Schiffe am Rhein bei Worms (August 2009)

## <u>Uferabstände</u>

Für alle drei Querprofile wurde eine Auswertung der gemessenen Abstände zwischen Schiffsachse und dem Hektometerpunkt am rechten Ufer vorgenommen. Schon am Fahrrinnenverlauf zeigt sich, dass der Querschnitt bei km 440,6 deutlich größeren Belastungen ausgesetzt ist, da hier die Uferabstände wesentlich geringer sind als bei den anderen zwei Profilen. Dies bestätigen die Ergebnisse aus der Verkehrsbeobachtung.

Bild **9** zeigt den Lageplan des Rheinabschnitts mit der Fahrrinne (dunkelblaues Band) und den beobachteten Schiffsabständen. Das Schiffssymbol unterscheidet Talfahrer (blau) und



Empfehlungen für die Ausführung der Ufersicherungen

Empreniungen für die Ausführung der Utersicherungen - 26 BfG-Nr.: 1677 BAW-Nr.: 2.04.10151.00



Bergfahrer (rot) und markiert den Abstand zum Ufer, den die meisten Schiffe gefahren sind. Die Balken quer zum Schiff geben den Bereich zwischen minimal und maximal beobachtetem Abstand an. Grundsätzlich fahren die Talfahrer näher am rechten Ufer, und es konnte eine geringere Schwankungsbreite der Abstände als bei den Bergfahrern festgestellt werden. In Tab. 2 sind die mittleren, maximalen und minimalen Uferabstände für die drei Querschnitte aufgelistet. Der kleinste beobachtete Abstand zum rechten Hektometerstein tritt im oberen Querschnitt für ein zu Tal fahrendes Schiff mit 48 m auf. Das entspricht einem Abstand zur Uferlinie von etwa 38 m.

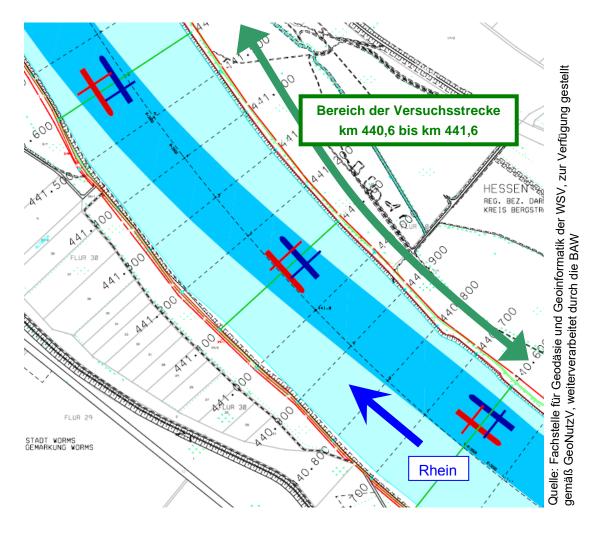


Bild 9: Lageplan der Versuchsstrecke am Rhein bei Worms mit Fahrrinne und Schiffssymbolen zur Kennzeichnung der beobachteten Uferabstände

Rhein km 440,6 bis km 441,6, rechtes Ufer -

Empfehlungen für die Ausführung der Ufersicherungen BfG-Nr.: 1677

BAW-Nr.: 2.04.10151.00



Tab. 2: Minimale, maximale und mittlere beobachtete Uferabstände (rechtes Rheinufer)

		Anzahl	Abstand Schiffsachse - rechter Hektometer [		
		Schiffe	mittlerer	maximaler	minimaler
km 440,6	Talfahrer	272	77	131	48
	Bergfahrer	280	102	179	57
km 441,1	Talfahrer	269	108	146	70
	Bergfahrer	278	140	197	88
km 441,6	Talfahrer	269	178	231	118
	Bergfahrer	277	218	267	112

## Schiffsgeschwindigkeiten

Alle dokumentierten Geschwindigkeiten sind Schiffsgeschwindigkeiten über Grund. Die Auswertung der gemessenen Daten ergab eine typische Geschwindigkeitsverteilung der beobachteten Schiffe. Die Talfahrer fahren generell mit einer höheren Geschwindigkeit über Grund als die Bergfahrer. Mittlere, maximale und minimale Schiffsgeschwindigkeiten über Grund sind in der Tab. 3 angegeben. Im Mittel fahren Talfahrer zwischen 18 km/h und 19 km/h und Bergfahrer rund 11 km/h, wobei die Streuung der Geschwindigkeit bei den Talfahrern merklich größer ist.

Tab. 3: Minimale, maximale und mittlere Schiffsgeschwindigkeiten über Grund (rechtes Rheinufer)

		Anzahl	Schiffsgeschwindigkeit über Grund [km/h]			
		Schiffe	mittlere	maximale	minimale	
km 440,6	Talfahrer	265	19.0	24.4	12.3	
	Bergfahrer	258	11.2	15.2	5.7	
km 441,1	Talfahrer	269	18.9	23.9	9.8	
	Bergfahrer	278	11.2	14.6	7.3	
km 441,6	Talfahrer	252	18.2	23.8	11.6	
	Bergfahrer	261	11.1	14.7	6.8	

## Wellenhöhen

Aus den Messergebnissen wurden Bug-, Heck- und Sekundärwellenhöhen /GBB, 2004/ ausgewertet. Mit zunehmendem Uferabstand verlieren Primärwellen, im Gegensatz zu Sekundärwellen, stark an Höhe. Deshalb liegen hier aufgrund der großen Uferabstände - insbe-



Empfehlungen für die Ausführung der Ufersicherungen

BAW-Nr.: 2.04.10151.00 BfG-Nr.: 1677



sondere bei km 441,6 - die Sekundärwellenhöhen erwartungsgemäß in der Größenordnung der Primärwellen und können damit durchaus bemessungsrelevant werden. Mittlere und maximale Werte der Wellenhöhen sind in Tab. 4 angegeben. Die größten Wellenereignisse wurden bei km 440,6 registriert, da hier die Uferabstände am geringsten sind. Sie sind im Mittel aber insgesamt als vergleichsweise gering einzustufen.

Tab. 4: Maximale und mittlere Wellenhöhen (rechtes Rheinufer)

		km 440,6	km 441,1	km 441,6
	Anzahl Schiffe	494	429	429
Bugwellenhöhe	mittlere	0.11	0.09	0.09
	maximale	0.51	0.43	0.40
Heckwellenhöhe	mittlere	0.11	0.09	0.09
	maximale	0.81	0.37	0.43
Sekundärwellenhöhe	e mittlere	0.12	0.07	0.07
	maximale	0.57	0.29	0.43

## Strömungsgeschwindigkeiten

Die Auswertung der schiffsinduzierten Strömungsgeschwindigkeiten (nur bei km 440,6) stellte sich als sehr schwierig dar. Die Rückströmungsgeschwindigkeit v<sub>Rück</sub> konnte für 302 Schiffe bestimmt werden, die Nachlaufströmung v<sub>Nach</sub> für 70 Schiffe. Beide Strömungen, besonders allerdings die Nachlaufströmung, wurden stark durch die turbulente Grundströmung in Ufernähe beeinflusst. Die Rückströmungsgeschwindigkeit betrug im Mittel 0,45 m/s, der Maximalwert lag bei 0,93 m/s. Allerdings sind die Messwerte der Strömungsgeschwindigkeiten aufgrund der beobachteten starken Verkrautung der Sonden als nicht sehr zuverlässig einzuschätzen. Für die Nachlaufströmung konnte aufgrund der geringen Datengüte keine statistische Auswertung vorgenommen werden.

#### 3.9 Uferbelastungen infolge Schifffahrt – Berechnungsergebnisse

Die hydraulischen Uferbelastungen infolge Schifffahrt können einerseits vor Ort gemessen werden (siehe Kap. 3.8), andererseits ist es auch möglich, die Belastungen theoretisch zu berechnen. Der Stand des Wissens zur Ermittlung der hydraulischen Belastungen infolge Schifffahrt in Binnenwasserstraßen und der darauf basierenden Deckwerksbemessung ist 2004 in den "Grundlagen zur Bemessung von Böschungs- und Sohlensicherungen an Binnenwasserstraßen", Mitteilungsblatt Nr. 87 (GBB, 2004) veröffentlicht worden. Seit DezemBundesanstalt für Gewässerkunde Bundesanstalt für Wasserbau Einrichtung einer Versuchsstrecke mit technisch-biologischen Ufersicherungen

Rhein km 440,6 bis km 441,6, rechtes Ufer -

Empfehlungen für die Ausführung der Ufersicherungen - 29

BfG-Nr.: 1677 BAW-Nr.: 2.04.10151.00



ber 2008 liegt zusätzlich eine Software GBBSoft vor, mit der die umfangreichen Berechnungen nach GBB vereinfacht durchgeführt werden können.

Um für die Versuchsstrecke zusätzlich zu den zeitlich begrenzten Messungen vor Ort die Größenordnungen der schiffserzeugten Belastungen theoretisch zu ermitteln, wurden mit GBBSoft, Version V 1.0.3616 vom November 2009, entsprechende Berechnungen durchgeführt. Außerdem wurde aufgrund der errechneten Belastungsgrößen ein theoretisch erforderliches Deckwerk als Vergleichsgröße zum jetzigen Deckwerk und zu den geplanten alternativen Ufersicherungen berechnet. Wesentliche Eckpunkte wurden dazu im Vorfeld festgelegt.

- Die Berechnung erfolgt für das Anfangs- und Endprofil der Versuchsstrecke, um die Bandbreite der Belastungsgrößen zu ermitteln.
- Es werden typische Regelschiffe der modernen Rheinflotte untersucht.
- Die drei Wasserstände GIW, HSW I und HSW II werden betrachtet.
- Zwei Schiffspositionen in der Mitte der Fahrrinne und an deren rechtem Rand, also möglichst ufernah, werden angesetzt.
- Die Grundströmung des Rheins wird berücksichtigt (siehe Kap. 3.7).
- Die Antriebsleistung der Schiffe stellt eine Obergrenze für deren mögliche Geschwindigkeit durchs Wasser dar (Berücksichtigung nach /BAW, 2008/).

Folgende Annahmen liegen den Berechnungen zugrunde:

## Geometrie

- Querprofile: Ersatztrapezprofile ETP (s. u.)

## Schiffe und Positionen

- Schiffe: ES, GMS, üGMS, 2er SV

- Abladung: leer, voll

- Positionen: mittig in der Fahrrinne (FR) und am rechten Rand der FR (*Hinweise*: FR wird in ihrer Originalposition ins ETP übertragen, Mitte der FR entspricht nicht der Achse im Schwerpunkt der ETP; die FR bleibt in ihrer Position bei allen Wasserständen fix)

- Richtungen: Berg, Tal

## Untergrund

- Boden: nach /MAR, 2008/ Boden-Klasse B1 - Sande, Kiese (siehe

Kap. 3.4)

## Deckwerkskomponenten

- Steine: LMB<sub>5/40</sub>,  $\rho_{St}$  = 2650 kg/m<sup>3</sup> (siehe Kap. 3.2)

- Deckwerk: durchlässig, lose Wasserbausteine

(Hinweis: vermutlich kein Filter vorhanden)



Empfehlungen für die Ausführung der Ufersicherungen

BfG-Nr.: 1677 BAW-Nr.: 2.04.10151.00



- Stützung: Fußvorlage, Einbindetiefe 0,7 m <  $t_{F,Plan}$  < 1,1 m (*Hinweis*: Annahme, da keine genaue Information über Fußausbildung)

Das Deckwerksbemessungsprogramm GBBSoft in seiner gegenwärtigen Form ist streng genommen nur für Kanäle bzw. Gewässer mit kanalähnlicher, über die Länge konstanter Geometrie anwendbar. Im Rhein sind dagegen generell keine konstanten Querschnitte vorhanden. Aufgrund der Lage der Versuchsstrecke in einer leichten Flusskrümmung sind die Querprofile durch Gleit- und Prallufer geprägt (siehe Kap. 3.3). Temporär und lokal ist das Flussbett ständigen Veränderungen unterworfen.

Um GBBSoft trotzdem anwenden zu können, wurden für die unregelmäßigen, natürlichen Querprofile hydraulisch gleichwertige Ersatztrapezprofile (ETP) konstruiert. Damit ist eine grobe Näherung möglich. Folgende Bedingungen waren einzuhalten:

- Die Wassertiefe im ETP muss gleich der mittleren Wassertiefe im Bereich der Fahrrinne sein.
- Die Böschungsneigung des rechten Ufers vom ETP, dem Bemessungsufer in der Software – dort wo auch die Versuchsstrecke liegt –, soll möglichst der des realen Ufers entsprechen, besonders im Wasserwechselbereich.
- Die Böschungsneigung des linken Ufers vom ETP ist vermittelnd, aber nicht flacher als 1:10 zu wählen.
- Die Wasserspiegelbreite des ETP sollte etwa der tatsächlichen entsprechen.
- Der Flächeninhalt der Fließquerschnitte des realen Profils und des ETP sollten annähernd gleich groß sein.

Hieraus ergaben sich sechs ETP für die drei zu untersuchenden Wasserstände an den beiden betrachteten Querschnitten – km 440,6 und km 441,6. Die resultierenden sechs ETP sind in Anlage 8 zusammengestellt.

Außerdem waren für die Anwendung von GBBSoft im Vorfeld die Strömungsgeschwindigkeiten (natürliche Strömung) im Schiffspfad (in der Mitte und am rechten Rand der Fahrrinne) und am Ufer – dort wo die Beanspruchung des Einzelsteins am höchsten ist – zu bestimmen. Dies konnte anhand des in der BAW vorliegenden HN-Modells (siehe Kap. 3.7) geschehen. Die Werte sind in einer Tabelle in Anlage 9 zusammengefasst.

Die wichtigsten Ergebnisse – die berechneten hydraulischen Belastungsgrößen infolge Schifffahrt und die erforderlichen Abmessungen eines Deckwerkes aus losen Wasserbausteinen - sind in einer Tabelle in Anlage 10 zusammengefasst. Erwartungsgemäß liegen die



Empfehlungen für die Ausführung der Ufersicherungen

BfG-Nr.: 1677 BAW-Nr.: 2.04.10151.00



größten Belastungswerte am oberstromigen Anfang der Versuchsstrecke bei km 440,6 (Fahrrinne sehr nah) für den niedrigsten Wasserstand GIW (NN + 84,81 m am Pegel Worms) vor.

Die hydraulischen Belastungen bei GIW sind für die neuen alternativen Ufersicherungen, die sich im Wellenauflaufbereich befinden, nur hinsichtlich der Erosionsstabilität relevant (siehe Kap. 4.1). Die geotechnische Standsicherheit wird durch den Wasserspiegel-Absunk infolge Schifffahrt und dabei speziell durch die Vorgänge unterhalb des abgesenkten Wasserspiegels bestimmt (siehe Kap. 4.1). Das bedeutet, hierfür maßgebend sind höhere Wasserstände als GIW. Diese Wasserstände müssen mindestens so hoch sein, dass sich Teile der neuen Ufersicherung unterhalb des abgesenkten Wasserspiegels bei Schiffsvorbeifahrt befinden. Wenn die Unterkante der neuen Ufersicherung bei AZW – 0,5 m liegt, sind hinsichtlich der Böschungsstandsicherheit erst Wasserstände oberhalb AZW maßgebend.

Die rechnerisch ermittelten hydraulischen Belastungen infolge Schifffahrt bei HSW I und HSW II unterscheiden sich nur geringfügig. Für den km 440,6, rechtes Ufer, ergeben sich folgende Belastungsgrößen für HSW I und HSW II (in Klammern):

Bugwellenhöhe	0,65 (0,63) m
Heckwellenhöhe	0,85 (0,84) m
Rückströmungsgeschwindigkeit	0,33 (0,25) m/s
Geschwindigkeit der Wiederauffüllungsströmung	1,38 (1,38) m/s
Sekundärwellenhöhe	0,22 (0,20) m
Schneller Wasserspiegelabsunk am Bug	0,65 (0,63) m
Schneller Wasserspiegelabsunk am Heck	0,80 (0,80) m

Bei km 441,6 (Ende der Versuchsstrecke) sind alle Belastungsgrößen deutlich geringer als am Anfang, da die Fahrrinne hier mit ca. 140 m wesentlich weiter vom Ufer entfernt ist (km 440,6 nur ca. 23 m).

Ein direkter Vergleich der berechneten und vor Ort gemessenen hydraulischen Uferbelastungen ist nicht möglich, da die Messungen bei Wasserständen zwischen AZW und AZW – 0,5 m erfolgten. Für diese Wasserstände liegen zur Zeit noch keine Berechnungsergebnisse vor. Größenordnungsmäßig sind die Werte jedoch vergleichbar. Den Berechnungen wurden üblicherweise die ungünstigsten, aber praktisch noch möglichen Randbedingungen zugrunde gelegt, z.B. das Fahren der Schiffe mit 97% der kritischen Schiffsgeschwindigkeit und das Fahren am äußersten Fahrrinnenrand. Ein Großteil der Schiffe wird in der Praxis jedoch nicht so extrem fahren.



Empfehlungen für die Ausführung der Ufersicherungen

- 32 -BAW-Nr.: 2.04.10151.00 BfG-Nr.: 1677



Auf der Grundlage der berechneten hydraulischen Einwirkungen wurde in einem zweiten Schritt das Deckwerk aus losen Wasserbausteinen mit GBBSoft bemessen. Daraus ergibt sich die Notwendigkeit einer Steinklasse LMB<sub>5/40</sub> die gegenwärtig auch vor Ort vorhanden ist. Die Steinklasse LMB<sub>5/40</sub> erfordert zur Gewährleistung der Stabilität des Steingerüstes eine Mindestdicke nach /MAR, 2008/ von 60 cm. Es kann davon ausgegangen werden, dass diese Dicke mindestens vor Ort gegeben ist. Die geotechnisch erforderliche Deckwerksdicke wird in erster Linie durch die Größe des Absunks und der Absunkgeschwindigkeit und der Durchlässigkeit und Scherfestigkeit des anstehenden Bodens bestimmt. In der Versuchsstrecke sind die anstehenden kiesigen Sande relativ durchlässig, so dass bei den auftretenden Belastungen nur begrenzt Porenwasserüberdrücke im Boden auftreten. Theoretisch notwendig wären dementsprechend nur Deckwerksdicken von maximal 16 cm. Das vorhandene Deckwerk aus Iosen Wasserbausteinen ist dementsprechend in erster Linie als Erosionsschutz erforderlich.

#### 4 Empfehlungen für die neu auszuführenden Ufersicherungsmaßnahmen

#### 4.1 Grundsätzliches

Die wichtigsten Aufgaben sowohl technischer als auch pflanzlicher Ufersicherungsmaßnahmen an Binnenwasserstraßen sind die Gewährleistung einer ausreichenden Sicherheit gegenüber Oberflächenerosion und einer ausreichenden geotechnischen Standsicherheit des Ufers, das als Böschung ausgebildet ist.

Erosionssicherheit: Die Wellenbelastungen (Heck- und Sekundärwellen) und Strömungsbelastungen (Rück- und Wiederauffüllungsströmung) infolge Schifffahrt und die Strömungsbelastung infolge natürlicher Strömung, insbesondere infolge des Hochwasserabflusses, können zu einer Oberflächenerosion am Ufer führen. Ein Schutz ist immer dann erforderlich, wenn der anstehende Boden selbst nicht erosionsstabil ist. Werden technische Deckwerke aus losen Wasserbausteinen angewendet, wird die erforderliche Einzelsteingröße bzw. das erforderliche Einzelsteingewicht so dimensioniert, dass die Einzelsteine bei allen auftretenden Belastungen lagestabil sind /GBB, 2004/. Ufersicherungen aus lebenden oder toten Pflanzenteilen oder Pflanzen können unter bestimmten Voraussetzungen einen guten Erosionsschutz für Böschungen darstellen. Ist nach Fertigstellung der Ufersicherung eine sofortige hydraulische Belastung - wie in der Wasserstraße - zu erwarten, muss unmittelbar ein flächendeckender Schutz gewährleistet sein. Generell ist bei Verwendung pflanzlicher Ufersicherungen der Anfangszustand der ungünstigste Zustand, die Belastbarkeit nimmt in der



Empfehlungen für die Ausführung der Ufersicherungen

- 33 -BAW-Nr.: 2.04.10151.00 BfG-Nr.: 1677



Regel mit zunehmender Entwicklungszeit der Vegetation zu. Dies ist bei den Planungen zu bedenken.

Böschungsstabilität: Die Standsicherheit der Uferböschungen ist während einer Schiffspassage durch Porenwasserüberdrücke im anstehenden Boden beeinflusst, die durch den Wasserspiegelabsunk hervorgerufen werden können. Die Größe des Porenwasserüberdrucks hängt neben der Größe des Wasserspiegelabsunks und der Absunkgeschwindigkeit maßgeblich vom anstehenden Boden, insbesondere von dessen Durchlässigkeit und Scherfestigkeit ab. Ist die Standsicherheit der vorhandenen ungeschützten Uferböschung nicht gegeben, muss bei Anwendung eines technischen Deckwerks aus Wasserbausteinen als Uferschutz dieses mit einem entsprechenden Flächengewicht bemessen werden, so dass ein böschungsparalleles Abgleiten in einer oberflächennahen Bodenschicht verhindert und auf diese Weise die Standsicherheit der Böschung trotz Porenwasserüberdrücken gewährleistet wird /GBB, 2004/. Diese Versagensmechanismen betreffen jedoch nur den Böschungsbereich unterhalb des infolge Schifffahrt abgesenkten Wasserspiegels, in dem pflanzliche Ufersicherungen in der Regel nicht vorhanden sind. Die beschriebenen Mechanismen spielen jedoch an Flüssen wie dem Rhein eine Rolle, bei denen die alternativen Ufersicherungen längere Zeit durch Hochwasser eingestaut sein können und gleichzeitig noch Schifffahrt stattfindet. Hier muss die Böschungsstabilität bei Porenwasserüberdrücken wenn erforderlich - durch die pflanzliche Ufersicherung gewährleistet werden. Ein entsprechendes Gewicht wie bei den Deckwerken kann mit den biologischen Ufersicherungen nicht erreicht werden. Ein Abgleiten in einer oberflächennahen Gleitfläche im Boden kann durch eine entsprechende Verwurzelung entweder durch Einzelwurzeln im Sinne einer bodenmechanischen Vernagelung oder durch ein dichtes, verzweigtes, feines Wurzelsystem im Sinne einer Bodenkohäsion verhindert werden. Hier gilt allerdings auch, wie für die Erosionsstabilität, dass die Entwicklungszeit der Vegetation entscheidenden Einfluss auf die böschungsstabilisierende Wirkung der pflanzlichen Ufersicherungen hat.

In der Versuchsstrecke sollen 9 Uferabschnitte unterschiedlich mit alternativen Ufersicherungen gesichert werden. Alle Varianten sind in einer tabellarischen Übersicht in der Anlage 11 zusammengestellt. Die vorhandene Steinschüttung bleibt je nach Maßnahme unterhalb AZW bzw. AZW - 0,5 m generell erhalten. Die Umgestaltung erfolgt ausschließlich im darüber liegenden Böschungsbereich. Die einzelnen Abschnitte wurden vor Ort unter Berücksichtigung der lokalen Gegebenheiten festgelegt. In fünf Abschnitten wird die Steinschüttung oberhalb etwa AZW bzw. AZW - 0,5 m entfernt und die Ufersicherung neu technischbiologisch aufgebaut, in einem Abschnitt davon wird die Böschung nicht gesichert. In vier Abschnitten bleibt die Steinschüttung erhalten, hier sollen Maßnahmen zur ökologischen Verbesserung der losen Steinschüttung getestet werden. Die Böschungsgeometrie bleibt in



Bundesanstalt für Gewässerkunde Bundesanstalt für Wasserbau Einrichtung einer Versuchsstrecke mit technisch-biologischen Ufersicherungen

Rhein km 440,6 bis km 441,6, rechtes Ufer -

Empfehlungen für die Ausführung der Ufersicherungen - 34 -

BfG-Nr.: 1677 BAW-Nr.: 2.04.10151.00



der Regel erhalten, lediglich in zwei Bereichen wird eine leichte Abflachung im Bereich der Möglichkeiten angestrebt. Das bedeutet, dass die Veränderungen am Ufer im Vergleich zum Gesamtquerschnitt des Rheines (Wasserspiegelbreite bei GIW: 230 m (km 440,6) bis 300 m (km 441,6)) von untergeordneter Bedeutung sind. Der Gewässerquerschnitt wird dementsprechend nicht wesentlich verändert. Durch die Maßnahmen ist demzufolge keine Beeinflussung der hydraulischen Verhältnisse am Rhein zu erwarten.

## 4.2 Geplante Ufersicherungsvarianten 1 bis 9

Die im Folgenden vorgestellten Ufersicherungsvarianten wurden aufgrund der Voruntersuchungsergebnisse erarbeitet. Dabei wurden Varianten gewählt, die im Hinblick auf die vorhandene Belastungssituation, die derzeitige Vegetationsbesiedlung und faunistische Überlegungen sowohl dem Anspruch der Verkehrssicherheit als auch einer ökologischen Aufwertung der Uferstrecke gerecht werden sollen.

Die Uferabschnitte, die bei der Vorstellung der einzelnen Varianten im Folgenden nicht in der Kilometrierung enthalten sind, sind maßnahmenfrei. Gründe dafür sind lokale Bauwerke (z. B. Auslaufbauwerk, denkmalsgeschützte Treppe) oder derzeit schon vorhandener Strukturreichtum in Teilabschnitten. Insgesamt bleiben nur 85 m der Pilotstrecke maßnahmenfrei. Die graphischen Darstellungen der Varianten 1 bis 9 befinden sich in der Anlage 12 (12.1 bis 12.9), wobei den einzelnen Varianten in den Querschnittsdarstellungen eine Übersicht aller Maßnahmen im Grundriss anhand der hinterlegten Biotoptypenkarte in Anlage 12.0 vorangestellt ist.

# Variante 1 - geplant für Rhein-Abschnitt km 440,630 bis km 440,800 Bepflanzung der vorhandenen Steinschüttung mit Weidensetzstangen

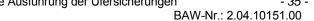
Im gesamten Abschnitt bleibt die Steinschüttung erhalten. Lediglich lokal werden Steine in den Teilbereichen oberhalb AZW aufgenommen, in denen Weidensetzstangen gepflanzt werden. Hierzu sollen u. a. die Teilbereiche genutzt werden, die derzeit von kleineren Hybrid-Pappeln besiedelt sind, aber auch weitere Teilbereiche ohne Pappelbewuchs sollen für die Pflanzung von Setzstangen entsteint werden. Der Hybrid-Pappelaufwuchs wird vom WSA vollständig (mit Wurzelstock) entfernt, so dass sich die entstehenden Gruben für eine Pflanzung der Setzstangen eignen. Die einzelnen Setzstangen werden in Gruppen im Bereich der Weichholzaue (um AZW bis AZW + 1 m) gepflanzt, wobei darauf zu achten ist, dass die Gruppen versetzt zu den derzeitig bestehenden Gebüschelementen der Hartholzaue angeordnet werden, um einer gegenseitigen Beschattung entgegenzuwirken. Die entsteinten Pflanzbereiche werden anschließend, um die Setzstangen herum, mit einem Kies-



Bundesanstalt für Gewässerkunde Bundesanstalt für Wasserbau Einrichtung einer Versuchsstrecke mit technisch-biologischen Ufersicherungen

Rhein km 440,6 bis km 441,6, rechtes Ufer -

Empfehlungen für die Ausführung der Ufersicherungen - 35 -BfG-Nr.: 1677





gemisch aufgefüllt. Im oberen Böschungsbereich (Hartholzaue ab AZW + 1 m) können ggf. weitere heimische Gebüschelemente gepflanzt werden. Die derzeitig bestehenden Gebüschelemente sind zu erhalten und zu integrieren.

Ein Teilabschnitt von 140 m Länge (km 440,630 bis ca. km 440,770) befindet sich in einem Ufereinbuchtungsbereich, weshalb hier zusätzlich durch die Anlage eines Steinwalls ein Flachwasserbereich zur Böschung hin erzeugt werden soll. Der Steinwall soll in einer geringen Entfernung von ca. 3-4 m Abstand zum Ufer, rheinwärts, bis auf etwa AZW-Höhe wellenförmig vertieft und erhöht errichtet werden. Somit soll ein Austausch zwischen dem Wasser der freien Fließstrecke und der beruhigten Flachwasserzone stattfinden. Zusätzlich soll eine ungehinderte Passage von Fischen ermöglicht werden. Die erhöhten Bereiche sind dabei länger zu gestalten als die vertieften. Die dahinterliegende Flachwasserzone wird zur Erhöhung des Besiedlungspotenzials mit einer Sand-Kiesmischung befüllt.

## Variante 2 – geplant für Rhein-Abschnitt km 440,820 bis km 440,860 Weidenspreitlage (längs) nach Entfernung der Steinschüttung

In diesem 40 m langen Abschnitt soll die Steinschüttung von der Böschungsoberkante bis ca. 0,5 m unter AZW auf der gesamten Böschung vollständig entfernt werden. Es ist geplant den Uferböschungsschutz anstelle des Deckwerks durch das flächige Verlegen von Weidenspreitlagen zu gewährleisten. Die Ruten werden dabei längs zur Fließrichtung verlegt, wobei die Äste dicht aneinander gebunden und mit Draht und Holzpflöcken dicht an die Bodenoberfläche gepresst werden. Die unteren Ruten werden bis knapp unter AZW gezogen und in die bestehende Steinschüttung eingebunden. Ebenso werden die seitlichen Grenzlagen in die bestehende Steinschüttung eingebunden. Bestehender Bewuchs der Hartholzaue (Gebüschelemente) könnte auf den Stock gesetzt werden und so erhalten bleiben und ggf. integriert werden (z. B. Eschen). Neophytischer Bewuchs (Hybrid-Pappeljungwuchs und Eschen-Ahorn) sollte möglichst vollständig (mit Wurzel) aus der Böschung entfernt werden. Nach der Bauausführung wird die Weidenspreitlage mit Mutterboden leicht überdeckt.

## Variante 3 – geplant für Rhein-Abschnitt km 440,880 bis km 440,950 Weidenspreitlage (quer) nach Entfernung der Steinschüttung

Ähnlich wie in Variante 2 soll der technische Schutz in dem 70 m langen Abschnitt durch das flächige Verlegen von Weidenspreitlagen ersetzt werden. Dazu werden die Schüttsteine von der Geländeoberkante GOK bis AZW – 0,5 m vollständig entfernt (vgl. Variante 2). Die Verlage der Weidenruten unterscheidet sich zur Variante 2 in der Richtung des Einbaus, da die Ruten hier quer zur Fließrichtung verlegt werden sollen. Die unteren Stammenden der Wei-



Empfehlungen für die Ausführung der Ufersicherungen

- 36 -BAW-Nr.: 2.04.10151.00 BfG-Nr.: 1677



den (Weidenfüße) werden dabei bis unter die Mittelwasserlinie gezogen (ca. 0,5 m) und in die dort vorhandene Steinschüttung eingebunden. Ansonsten wird die Verfahrensweise, wie in Variante 2 beschrieben, durchgeführt.

## Variante 4 – geplant für Rhein-Abschnitt km 440,950 bis km 441,00 Überschüttung der vorhandenen Steinschüttung mit Kies

Die geplante Variante wird auf einer Länge von 50 m umgesetzt. Dabei ist geplant, die Uferböschung ggf. geringfügig abzuflachen. Anschließend soll die bestehende Deckwerksschicht mit einem Sand-/Kiesgemisch, das evt. aus der derzeit dort vorhandenen Kieslagerfläche gewonnen werden kann, überschüttet werden. Hybrid-Pappeln, die sich in der Böschung etabliert haben, werden entfernt. Die Kiesschüttung übernimmt hier keine zusätzliche Uferstabilisierungsfunktion. Vielmehr wird sich durch das Substrat, das mit der Zeit in die Zwischenräume der Steine eingeschwämmt wird, das Besiedlungspotenzial für Pflanzen und Tiere erhöhen, womit eine ökologische Verbesserung der technischen Steinschüttung erwartet wird.

## Variante 5 – geplant für Rhein-Abschnitt km 441,00 bis km 441,110 Kammerdeckwerke und Röhrichtgabionen nach Entfernung der Steinschüttung

Auf einer Länge von 110 m sollen Röhrichtgabionen und Kammerdeckwerke mit zonierter Bepflanzung auf ihre Eignung als technisch-biologischer Uferschutz getestet werden. Hierzu werden die Steinschüttung oberhalb AZW - 0,5 m und bestehender (nicht erhaltenswerter Bewuchs) vollständig entfernt. Die Röhrichtgabionen werden im unteren Bereich der Böschung (Wasserwechselzone, beginnend bei AZW - 0,5 m) verlegt. Dabei werden die Gabionen vor dem Einbau mit Pflanzmaterial vorgezogen. Bei der Pflanzenwahl müssen die Standortbedürfnisse und Toleranzbereiche der Pflanzen einbezogen werden. Somit können die Röhrichtgabionen in zwei Zonen unterteilt werden. In der tiefsten Zone eignen sich Binsen (Zusammengedrückte Binse) und in der darüber liegenden Zone Seggen (Schlank-Segge) für eine Bepflanzung. Im zweiten Abschnitt der Böschung (oberhalb AZW) sollen vorgezogene Kammerdeckwerke flächig bis zur Böschungsoberkante verlegt werden. Auch hier ist beim Einbau des Pflanzmaterials auf die Einhaltung der natürlichen Zonierung zu achten. Im etwas feuchteren unteren Bereich eignet sich die Pflanzung von Rohr-Glanzgras und im darüber liegenden Bereich die Pflanzung von Rohr-Schwingel. Zur Erhöhung der Strukturvielfalt können weitere Röhricht-Arten, Hochstauden und Gräser/Kräuter ergänzend in die einzelnen Zonen eingebracht werden. Eine Auflistung von Pflanzen, die für die Einbringung in die Versuchsstrecke geeignet sind, befindet sich in der Anlage 13.



Bundesanstalt für Gewässerkunde Bundesanstalt für Wasserbau Einrichtung einer Versuchsstrecke mit technisch-biologischen Ufersicherungen - Rhein km 440,6 bis km 441,6, rechtes Ufer -

Empfehlungen für die Ausführung der Ufersicherungen

BfG-Nr.: 1677 BAW-Nr.: 2.04.10151.00



## Variante 6 – geplant für Rhein-Abschnitt km 441,125 bis km 441,200 Begrünung der vorhandenen Steinschüttung mit Gräser- /Kräutermischung, Bepflanzung (Pflanzballen)

Die Steinschüttung wird auf dem 75 m langen Abschnitt belassen und mit einer Gräser-/Kräutermischung (einheitliche Samenmischung) bis zur Oberkante der Böschung begrünt. Dabei wird die Samenmischung mit einem Oberboden-Alginat-Gemisch auf die Böschung aufgetragen bzw. in die Hohlräume der Steinschüttung gepumpt, so dass diese fast vollständig bedeckt ist. Welche Arten dabei zu verwenden sind, ergibt sich aus Anlage 13. Zusätzlich sollen punktuell Pflanzballen im unteren Bereich der Böschung (ab AZW) eingebracht werden, die aus Arten der Röhrichtzone (z. B. Rohr-Glanzgras, Schmalblättriger Rohrkolben, Sumpf-Schwertlilie, Gewöhnliche Teichsimse usw.) bestehen. Pflanzballen werden unter Verwendung des anstehenden Bodens und ggf. Alginat eingebracht. Im mittleren und oberen Böschungsbereich können Pflanzballen auch als Initiale für eine Besiedlung weiterer Arten verpflanzt werden. Der bestehende Gebüschbewuchs auf der angrenzenden Fläche bleibt erhalten, ebenso der erhaltenswerte Bewuchs auf der Böschung. In dem Abschnitt soll geprüft werden, ob die Schichtdicke der derzeitigen Steinschüttung ggf. verringert werden kann.

## Variante 7 – geplant für Rhein-Abschnitt km 441,200 bis km 441,375 Zonierte Bepflanzung von Böschungsschutzmatten nach Entfernung der Steinschüttung

Geplant ist der flächige Einbau von Röhricht- und Böschungsschutzmatten. Dabei wird die Steinschüttung auf einer Länge von 175 m (ab AZW - 0,5 bis Böschungsoberkante) vollständig entfernt. Die Bepflanzung der Böschungsschutzmatten erfolgt in unterschiedlicher Weise. So wird ein Teilabschnitt mit durchgehenden, vorgezogenen Schilfmatten (beginnend bei AZW bzw. bei AZW - 0,5 m bis Böschungsoberkante) gesichert. Die Matte wird auf geeignete Weise im anstehen Boden befestigt. In einem anderen Teilabschnitt werden Matten verlegt, die mit einer zonierten Bepflanzung vorgezogen werden sollen. Die Artenkombination gleicht im Pflanzschema den vorangegangenen Beschreibungen (vgl. Variante 5). In der Wasserwechselzone (um AZW) werden Röhrichte gesetzt. Erst darüber werden die Böschungsschutzmatten verlegt. Im Bereich der Weichholzaue (ab AZW bis AZW + 1 m) werden die Vegetationsmatten, die aus einem Geotextil bestehen, zusätzlich neben der Verwendung von geeigneten technischen Materialien, mit Weidensteckhölzern im Boden befestigt. Dabei wird eine niedrigwüchsige Weidenart (Purpur-Weide) verwendet, um einer Beschattung der Röhrichte entgegen zu wirken. Bereits bestehende Gebüsche der Hartholzaue werden, soweit möglich, erhalten und integriert.



BfG-Nr.: 1677

Bundesanstalt für Gewässerkunde Bundesanstalt für Wasserbau Einrichtung einer Versuchsstrecke mit technisch-biologischen Ufersicherungen - Rhein km 440,6 bis km 441,6, rechtes Ufer -

Empfehlungen für die Ausführung der Ufersicherungen

ührung der Ufersicherungen - 38 -BAW-Nr.: 2.04.10151.00



## Variante 8 – geplant für Rhein-Abschnitt km 441,375 bis km 441,475 Flachwasserzone durch Steinwallerhöhung

Da der Bereich ab km 441,375 auf einer Länge von 100 m bereits derzeit ökologisch etwas hochwertiger einzustufen ist als die übrigen Abschnitte der Versuchsstrecke (siehe Kapitel 3.5), wird das vorhandene Potenzial des Abschnittes genutzt und zusätzlich durch geringe Maßnahmen verstärkt. Geplant ist, den derzeit schon bestehenden Bermenbereich (Flachwasserzone) auszuweiten, indem ein bereits vorhandener Steinwall maximal 2 m in Richtung Rhein versetzt und um ca. 0,5-1 m erhöht wird (vgl. Bauweise Variante 1). Zusätzlich soll das alte Pflaster erhalten bleiben und ggf. die Schüttsteindeckschicht darüber verringert werden. Der derzeitige Bewuchs auf der Böschung soll erhalten bleiben. Hierzu zählen z. B. große Kopfweiden, Röhrichtarten und Hochstauden. Lokal können Sand-/Kieseinfüllungen in die Steinschüttung vorgenommen werden.

### Variante 9 – geplant für Rhein-Abschnitt km 441,475 bis km 441,600 Entfernung der Steinschüttung, ggf. Böschungsabflachung

In Variante 9 wird die Steinschüttung des 125 m langen Abschnittes bei gleichzeitiger geringer Abflachung der Böschung (soweit möglich) ab Höhe AZW zur Böschungsoberkante hin vollständig entfernt. Um vereinzelt Strukturreichtum zu erzeugen, können große Einzelsteine (Kantenlänge ca. 60 bis 80 cm) oder verankerte Totholzelemente auf die Böschung eingebracht werden. Zur Ermöglichung der Böschungsabflachung sollen die großen Hybridpappeln in Absprache mit dem WSA Mannheim auf der angrenzenden Fläche (bis zum Betriebsweg) gefällt werden.

#### 4.3 Ausführungshinweise

Um eine erfolgreiche Bauausführung gewährleisten zu können, müssen folgende wichtige Faktoren berücksichtigt werden:

- 1) Materialien Welche Materialien werden für die Herstellung der einzelnen Varianten benötigt? Herkunft der lebenden Materialien? Wie sollten lebende Pflanzen(-teile) bis zum Einbau gelagert werden?
- 2) Uferzonierung Welche Uferzonierung muss beim Einbau der lebenden Pflanzelemente, im Hinblick auf die Gegebenheiten vor Ort und auf eine naturnahe Zonierung an Fließgewässern, eingehalten werden, um den Erfolg der Maßnahme zu steigern?
- 3) Bau und Ausführung Wie werden die Maßnahmen im Einzelnen im Gelände umgesetzt?



Bundesanstalt für Gewässerkunde Bundesanstalt für Wasserbau Einrichtung einer Versuchsstrecke mit technisch-biologischen Ufersicherungen - Rhein km 440,6 bis km 441,6, rechtes Ufer -

Empfehlungen für die Ausführung der Ufersicherungen

BfG-Nr.: 1677 BAW-Nr.: 2.04.10151.00



4) Einbauzeitpunkt – Was ist der geeignete Einbauzeitpunkt, zu dem die Bauweise ausgeführt werden kann?

Zum derzeitigen Planungsstand können diese Fragen noch nicht lückenlos beantwortet werden (z. B. Menge der einzeln benötigten Materialien, Durchmesser und Länge von Weidensetzstangen, -steckhölzern, Weidenruten für die Spreitlagen, Menge an Samengut, genaue Baubeschreibung der Einzelmaßnahmen usw.), weshalb im Folgenden nur wichtige Hinweise zu grundsätzlich zu beachtenden Parametern im Hinblick auf obige Liste ausgeführt werden.

### Zu 1) Materialien:

Für die Versuchsstrecke sind Varianten unter Verwendung von lebenden Pflanzen und Pflanzenteilen alleine oder in Kombination mit Hilfsstoffen geplant. Grundsätzlich gilt, dass für die lebenden Bauweisen ausschließlich heimisches (autochtones), standortgerechtes Pflanzenmaterial verwendet werden soll, das im günstigsten Fall in der näheren Umgebung und aus dem Einzugsgebiet des Flusses gewonnen wird (z. B. Weidenruten, Weidensteckhölzer und -setzstangen). Um Auskunft über Möglichkeiten einer Gewinnung von Pflanzenmaterial vor Ort zu bekommen, wird durch die BfG eine Kartierung der Weidenarten in der näheren Umgebung der Versuchsstrecke durchgeführt. Weiterhin werden auch vorgezogene Pflanzen benötigt, z. B. in Form von Schilfmatten, Pflanzballen oder in Form von Gehölzjungwuchs. Die Ausschreibung der Pflanzenlieferung sollte Pflanzen mit geeignetem Herkunftsnachweis, beispielsweise mit Gütesiegel der Erzeugergemeinschaft, fordern. Saatgut sollte aus der Beerntung von Naturbeständen kommen. Zur Verbesserung der Keimung und zum Schutz des Saatgutes in der Anfangsphase können zusätzlich organische Mulchstoffe zum Einsatz kommen. Bei der Auswahl des einzubauenden Bodens ist darauf zu achten. dass kein ortsfremdes Bodenmaterial verwendet wird. Dieses kann Samen und Pflanzenteile unerwünschter Arten enthalten, die den Erfolg der Maßnahme beeinträchtigen und zu Mehraufwand in der Unterhaltung führen.

Bei der Gewinnung von Lebendmaterial ist auf die Einschränkungen bei den Erntezeitpunkten aufgrund naturschutzrechtlicher Bestimmungen zu achten. Gehölze dürfen z. B. im Zeitraum zwischen 1. März und 30. September nur mit einer entsprechenden Ausnahmegenehmigung entnommen werden.

Weiterhin ist die richtige Lagerung des Pflanzmaterials vor Ort zu beachten. Äste oder Pflanzballen dürfen während der Lagerung nicht austrocknen, Frost oder starker Sonnenein-



Bundesanstalt für Gewässerkunde Bundesanstalt für Wasserbau Einrichtung einer Versuchsstrecke mit technisch-biologischen Ufersicherungen Rhein km 440,6 bis km 441,6, rechtes Ufer -

Empfehlungen für die Ausführung der Ufersicherungen

- 40 -BAW-Nr.: 2.04.10151.00 BfG-Nr.: 1677



strahlung ausgesetzt sein. Röhrichtballen sollten möglichst direkt nach der Lieferung eingebaut und nur kurze Zeit auf der Baustelle zwischengelagert werden.

#### Zu 2) Uferzonierung:

Die Pflanzenwahl und das Pflanzschema richten sich nach den Anforderungen (Standortansprüchen) und Eigenschaften (z. B. Überstauungstoleranz, Wuchskraft usw.) der einzusetzenden lebenden Baustoffe. Um einen besseren Erfolg der Pflanzungen zu ermöglichen, müssen die derzeitigen Vegetationsgrenzen als Orientierungshilfe für die Bauausführung möglichst eingehalten werden. Röhrichte sind die geeigneten Arten für einen Einbau in der Wasserwechselzone (um AZW bzw. AZW - 0,5 m). Für eine Pflanzung in der Zone der Weichholzaue (von AZW bis AZW + 1 m, ggf. auch etwas darüber) eignen sich besonders die elastischen und überstauungstoleranten Weidenarten und verschiedene Hochstauden und Gräser (vgl. Anlage 13). Im daran anschließenden oberen und trockeneren Böschungsbereich wachsen derzeit typische Gebüsche der Hartholzaue, die in weitere Pflanzungen in dieser Zone integriert werden sollen. Eine Übersicht über potenziell geeignete Pflanzenarten und die jeweils geeigneten Pflanzzonen befindet sich in Anlage 13.

#### Zu 3) Bau und Ausführung

Für die flächigen (z.B. Spreitlagen, Kammerdeckwerke, Vegetationsmatten, Geotextile) und punktuellen Bauweisen (z.B. Stecklinge, Setzstangen) sind unbedingt ausreichende Befestigungen notwendig, so dass die Maßnahmen auch einer schiffsinduzierten Belastung oder im Falle eines Hochwassers ausreichend standhalten.

Es ist zu beachten, dass Pflanzen in der Anwuchsphase wesentlich empfindlicher auf Belastungen reagieren als voll entwickelte Sprossteile mit einer dichten Durchwurzelung. Demzufolge ist die Uferböschung in der Anwuchsphase gefährdeter, da die Vegetation erst nach einiger Zeit einen wirksamen Erosionsschutz bietet. Je nach Standort können daher Initialsicherungen mit ingenieurbiologischen Bauweisen alleine (z. B. Faschinen) oder mit Hilfsstoffen wie beispielsweise Steinschüttungen, Holz, Geotextilen usw. erforderlich sein, die die jungen Pflanzen so lange schützen, bis diese sich ausreichend stark entwickelt haben.

Neben einer fundierten Ausführungsplanung und Leistungsbeschreibung setzt die Ausführung v. a. entsprechende Erfahrung beim ausführenden Betrieb und beim bauüberwachenden Ingenieur voraus. Ausführungsfehler bei der Verwendung des Lebendmaterials wirken sich unmittelbar auf die Stabilität alternativer technisch-biologischer Ufersicherungen aus. Vor diesem Hintergrund ist beim Planer und Ausführer ein fundiertes Wissen über Leistungs-



Bundesanstalt für Gewässerkunde Bundesanstalt für Wasserbau Einrichtung einer Versuchsstrecke mit technisch-biologischen Ufersicherungen - Rhein km 440,6 bis km 441,6, rechtes Ufer -

Empfehlungen für die Ausführung der Ufersicherungen

Empreniungen für die Ausfuhrung der Utersicherungen - 41 BfG-Nr.: 1677 BAW-Nr.: 2.04.10151.00



fähigkeit, Standortanforderungen, Wirkungsmechanismen und Lebenszyklen des eingesetzten Lebendmaterials (Pflanzen und Pflanzenteile) erforderlich. Besonders wichtig sind die beiden Parameter Licht- und Wasserversorgung. Beide müssen nach dem Einbau der Pflanzen gewährleistet sein.

#### Zu 4) Einbauzeitpunkt

Der geeignete Einbauzeitpunkt wird vom Wachstumsrhythmus der Pflanzen bzw. Pflanzenteile mitbestimmt. Das Einbringen unbewurzelter, ausschlagfähiger Äste und Vegetationsteile (Weidenspreitlagen, -setzstangen, -steckhölzer, Neupflanzungen von Gehölzen, Pflanzungen von Röhricht und Hochstauden) sollte während der Vegetationsruhe von Oktober/November bis März/April an frostfreien Tagen in den ungefrorenen Boden erfolgen. Da im Herbst noch faunistische Untersuchungen anstehen bietet es sich an, die Pflanzungen im zeitigen Frühjahr (März/April) durchzuführen.

In den Sommermonaten sollten lebende Baustoffe nicht eingebaut werden, da Austrocknungsgefahr bzw. das Risiko von sommerlichen Starkniederschlägen besteht. Die geplanten Ansaaten der Gräser und Kräuter sollten ebenso im Frühjahr (Anfang April bis Mitte Mai) durchgeführt werden. Es ist zu beachten, dass keimendes Saatgut sehr empfindlich auf Frost und Hitze reagiert. In der Keimdauer von zwei bis vier Wochen sollte deshalb weder Frost noch Trockenheit vorkommen.

#### 4.4 Hinweise zu den Kosten

Auf der Grundlage des derzeitigen, noch sehr unzureichenden Kenntnisstands zu den Kosten von alternativen technisch-biologischen Ufersicherungsmaßnahmen an Wasserstraßen konnte nur eine sehr grobe Kostenabschätzung auf Grundlage von Literaturangaben erfolgen (siehe Anlage 14). Ausgegangen wurde von einer neu zu gestaltenden mittleren Böschungsbreite (gemessen in Böschungsfallrichtung) von 12 m. Diese grobe Abschätzung führt für alle neun Umgestaltungsbereiche zu Gesamtkosten von 947.710,- €.

#### 4.5 Fachliche Begleitung des Einbaus

Bei der fachlichen Begleitung des Einbaus gilt es vor allem, die im Kap. 4.3 genannten Kriterien auf ihre richtige Umsetzung zu überprüfen:



Bundesanstalt für Gewässerkunde Bundesanstalt für Wasserbau Einrichtung einer Versuchsstrecke mit technisch-biologischen Ufersicherungen Rhein km 440,6 bis km 441,6, rechtes Ufer -

Empfehlungen für die Ausführung der Ufersicherungen

- 42 -BAW-Nr.: 2.04.10151.00 BfG-Nr.: 1677



- Gewinnung des Pflanzgutes (In diesem Zusammenhang wird die Aufnahme der Weidenarten in der näheren Umgebung der Versuchsstrecke von der BfG durchgeführt, um Auskunft über die Möglichkeiten einer Gewinnung von Pflanzmaterial vor Ort zu bekommen).
- Richtige Lagerung des Pflanzenmaterials vor Ort, falls sich ein zeitnaher Einbau nach der Gewinnung nicht umsetzen lässt (Äste oder Pflanzballen dürfen während der Lagerung nicht austrocknen, Frost oder starker Sonnenstrahlung ausgesetzt sein.)
- Überprüfung auf Einhaltung der vorgegebenen Pflanzzonen mit dem dazugehörigen Pflanzenmaterial, die einzelnen Arten müssen in die jeweils für sie vorgesehenen Zonen gesetzt werden (wichtige Fragen: Ist ein ausreichender Wasser- und Bodenkontakt gewährleistet, bekommen die Pflanzen genügend Licht, sind die einzelnen Elemente soweit vor Belastung geschützt, dass sie die Anwachsphase überstehen u. s. w.)
- Richtiger Einbau der Einzelelemente (Weidensetzstangen, ggf. Gebüschjungwuchs, Weidenspreitlagen quer und längs, zoniert bepflanzte Kammerdeckwerke, Röhrichtgabionen, Gräser-/Kräutermischung, vorgezogene Pflanzballen, zoniert bepflanzte Böschungsschutzmatten, Weidensteckhölzer u. a.)
- Besonderes Augenmerk gilt auch den zu gestaltenden Übergängen zwischen den einzelnen Varianten. Große "Stufen" (z. B. zwischen Bereichen ohne Schüttsteine und Bereichen mit Schüttsteinen) müssen vermieden werden. Zum Teil sollten manche Varianten ineinander übergehen, z. B. Weidenspreitlagen müssen auch an den seitlichen Grenzen des Abschnittes in die bestehende Steinschüttung eingebunden werden.

#### 4.6 Entwicklungsprognosen

Bei den zu erwartenden Belastungen ist davon auszugehen, dass die geplanten Maßnahmen einen ausreichenden Uferschutz bieten werden. Da es sich jedoch um einen Naturversuch handelt, kann im Vorfeld nicht mit Sicherheit ausgeschlossen werden, dass lokale Uferinstabilitäten oder Böschungserosionen auftreten. Anzeichen dafür werden jedoch im Rahmen des Monitoringprogramms rechtzeitig erkannt werden. Wesentliche Uferveränderungen - Abbrüche, Rutschungen, Erosionen - werden nicht zugelassen. Lokale Schäden - beispielsweise infolge eines bereits kurz nach Einbau stattfindenden Hochwassers - werden zunächst im Zuge der Unterhaltung (siehe Kap. 5) beseitigt. Hat das keine Aussicht auf dauerhaften Erfolg, werden andere alternative Ufersicherungsmaßnahmen, die sich als stabil



Rhein km 440,6 bis km 441,6, rechtes Ufer -

Empfehlungen für die Ausführung der Ufersicherungen - 43 -

BAW-Nr.: 2.04.10151.00 BfG-Nr.: 1677



erwiesen haben, eingesetzt. Als letzte Möglichkeit wird die technische Ufersicherung – die Steinschüttung – in diesem Bereich wieder hergestellt.

Lediglich bei der Variante 9 (km 441,475 bis km 441,600), bei der in einem 125 m langen Abschnitt die Beseitigung der vorhandenen Steinschüttung oberhalb AZW vorgesehen ist, sind etwas größere Uferveränderungen zu erwarten. Diese dürfen jedoch den im angrenzenden Gelände befindlichen Betriebsweg nicht beeinflussen. Mögliche Böschungsabflachungen werden dementsprechend - ggf. durch entsprechende Instandsetzungsmaßnahmen ähnlich wie in den anderen Abschnitten (s.o.) - in ihrem Ausmaß begrenzt, so dass auch in diesem Abschnitt keine wesentlichen Veränderungen hinsichtlich Schifffahrt, Gewässersystem und Verkehrswasserwirtschaft zu erwarten sind. Außerdem ist dadurch sichergestellt, dass keine Rechte Dritter durch die Maßnahmen berührt werden (siehe Anlage 17).

Erste Vergleichsberechnungen zur globalen Standsicherheit der Uferböschung nach DIN 4084 haben gezeigt, dass die Gesamtstandsicherheit der Böschung ohne Berücksichtigung einer Verkehrslast nach Entfernung der Steinschüttung ausreichend gegeben ist.

#### 5 Ausblick: Hinweise zu Pflege, Unterhaltung und Monitoring

Für die Unterhaltung der neu eingebauten alternativen technisch-biologischen Ufersicherungen wird noch ein gesondertes Konzept mit Empfehlungen für das WSA Mannheim erstellt. Auch für die Durchführung des Langzeitmonitorings werden Inhalte, Beobachtungsintervalle, Grenzwerte, Auswertungen in einem separaten Papier dokumentiert werden. An dieser Stelle sollen jedoch bereits erste wichtige Hinweise dazu gegeben werden.

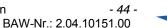
#### Pflege und Unterhaltung

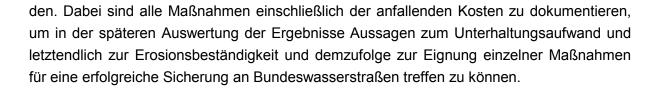
Vor allem in der empfindlichen Anwuchsphase sollten die lebenden Bauelemente im Hinblick auf die vorherrschenden Standortverhältnisse regelmäßig untersucht und begutachtet werden. Maßgebend sind dabei besonders Extreme wie Hochwasserereignisse, heiße Sommertage, Starkregenereignisse usw.. Gegebenenfalls müssen bestimmte Hilfestellungen für das erfolgreiche Anwachsen, wie etwa Bewässerung oder Bedeckung von Pflanzenteilen mit Boden, gegeben werden. Die Entwicklungspflege sollte etwa zwei Jahre andauern. Aus einer regelmäßigen Überwachung des Zustandes der eingebauten Sicherungsvarianten ergibt sich auch die Beurteilung der Notwendigkeit von Pflege bzw. nachfolgenden Unterhaltungsmaßnahmen. Aufgetretene Schäden müssen zum Schutz der Ufer ggf. nachbearbeitet wer-



Rhein km 440,6 bis km 441,6, rechtes Ufer -Empfehlungen für die Ausführung der Ufersicherungen

BfG-Nr.: 1677





Für die Unterhaltung (z. B. Gehölzschnitt) müssen naturschutzfachliche Restriktionen beachtet werden.

#### Monitoring

In den Folgejahren nach der Umgestaltung der Versuchsstrecke werden ein technisches und eine ökologisches Monitoring durchgeführt. Es ist geplant, das Monitoring in den ersten fünf Jahren nach Fertigstellung der Versuchsstrecke sehr intensiv und danach weiterführend in größeren Zeitabständen durchzuführen. Es erfolgt eine laufende Beurteilung durch BAW und BfG, einerseits bezüglich des technischen Zustandes (Standsicherheit der Böschungen, gegebener Erosionsschutz, Wirksamkeit der alternativen Ufersicherungsarten) und andererseits bezüglich ökologischer und naturschutzfachlicher Gesichtspunkte.

#### 6 Literatur/ Quellen

(BMVBS, 2009) Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung

Pilotversuch zur Untersuchung alternativer technisch-biologischer Ufersicherungen

Erlass WS11/52.05.04 vom 07.04.2009

(WSD-SW, 2009) WSD Südwest

Verkehrsbericht der Wasser- und Schifffahrtsdirektion Südwest 2008

Eigenverlag, Mainz 2009

http://www.elwis.de/Verkehrsstatistik/Verkehrsberichte/WSD-Suedwest.pdf

(GBB, 2004) Bundesanstalt für Wasserbau

Grundlagen zur Bemessung von Böschungs- und Sohlensicherungen an Binnenwasserstraßen

Mitt. Nr. 87

Eigenverlag, Karlsruhe 2004

(MAR, 2008) Bundesanstalt für Wasserbau

Merkblatt Anwendung von Regelbauweisen für Böschungs- und Sohlensicherungen an Binnenwasserstraßen

Eigenverlag, Karlsruhe 2008





Rhein km 440,6 bis km 441,6, rechtes Ufer -

Empfehlungen für die Ausführung der Ufersicherungen - 45 - BfG-Nr.: 1677 BAW-Nr.: 2.04.10151.00



(BAW, 2008) Bundesanstalt für Wasserbau

Ausbau der Unteren Havel-Wasserstraße (UHW-km 32,610 - 54,250)

- Schiffs- und winderzeugte Wellenhöhen -

unveröffentlicht, Karlsruhe September 2008

(TLW, 2003) Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung

Technische Lieferbedingungen für Wasserbausteine (TLW)

Ausgabe 2003

(IB Schmid, 2010) Ingenieurbüro Schmid

Bericht zu den Verkehrbeobachtungen am Rhein bei Worms bei Rheinkm 441 – Messungen vom August 2009

Eigenverlag, Kapsweyer 2010

#### Internetquellen:

(BfN, 2010) Bundesamt für Naturschutz, LANIS-BUND: Schutzgebiete in Deutschland: http://www.bfn.de/geoinfo/fachdaten\_lsg/ (Zugriff 29.3.10)

Bezirksregierung Rheinhessen-Pfalz (1977): Verordnung über das Landschaftsschutzgebiet "Rheinhessisches Rheingebiet" vom 17. März 1977:

http://www.mainz.de/WGAPublisher/online/html/default/HTHN-73FFC6.DE.0

Karlsruhe/ Koblenz, 07.05.2010

(Dr.-Ing. Kayser, BAW) (Dipl.-Ing. Liebenstein, BfG) (Dipl.-Ing. Fleischer, BAW)



- Rhein km 440,6 bis km 441,6 -

Empfehlungen für die Ausführung der Ufersicherungen

BfG-Nr.:1579 BAW-Nr.: 2.04.10151.00



# Anlagen



- Rhein km 440,6 bis km 441,6 -

Empfehlungen für die Ausführung der Ufersicherungen

BfG-Nr.:1579 BAW-Nr.: 2.04.10151.00



# **Anlage 1**





- 1 -

## Anlage 1: Tabellarische Zusammenstellung der ermittelten technischen und biologischen Randbedingungen

Vorhandene Randbedingungen	Untersu- chungs- bereich	Zu ermittelnde Kenn- größen	Untersuchungs- methode	Untersuchungs- zeitraum	Ergebnisse	Bewertung/ Hinweise
Geometrie/ Baugrund	Ufergeometrie	Querprofile Böschungsneigungen Böschungshöhe Besonderheiten	Echolotpeilungen unter Wasser  Querprofileinmaße von Hand über Wasser	2009 2009	Böschungsneigungen: Insgesamt etwa zwischen 1:2 und 1:3 Im oberen Böschungsbereich z.T. steiler: i.M. 1:2 (1:1,6 bis 1:2,3) Höhe zwischen GIW und GOK: 5 bis 5,5 m	Zu gestaltender Böschungsbe- reich zwischen AZW-0,5m und GOK im Querprofil: 8 - 12 m
	Flussgeometrie	Querprofile Lage der Fahrrinne Sohlveränderungen	Echolotpeilungen unter Wasser 2000 – 2008 im Vergleich	2000 - 2008	Allmählicher Übergang vom Prallhang (km 440,6) zum Gleithang (km 441,6)  Fahrrinnenabstand vom Ufer:  Min: 23 m (km 440,6)  Max: 140 m (km 441,6)	Fahrrinnenabstand erhöht sich mit steigender Kilometrierung
	Baugrund im Uferbereich	Bodenschichtung Bodenarten Kennwerte	4 Kernbohrungen und 4 Ramm- sondierungen am Ufer (Be- triebsweg) bis 15 m unter GOK	September 2009	Im Böschungsbereich: kiesige Sande geringer bis mittlerer Festigkeiten mit lokalen Schlufflinsen, in den oberen 2 m Auelehm und Mutterboden	Im relevanten Bereich überwie- gend sehr durchlässige Böden
Istzustand Ufer	Deckwerke	Wasserbausteine (Größe, Gewicht, Dich- te) Pflaster Deckwerkszustand	Visuelle Inspektion Bestimmung der Kennwerte im Labor	Juli 2009	Wasserbausteine:  Vorhanden: Klasse LMB <sub>5/40</sub> (nach neuer TLW)  Erforderliche Deckwerke, berechnet mit GBBSoft  Hinsichtlich Erosionsstabilität:  Steingröße: LMB <sub>5/40</sub> – Steindichte 2,65 t/m <sup>3</sup>	Berechnetes Deckwerk ist vor- rangig als Erosionsschutz erfor- derlich.  Ähnliche Ergebnisse für HSW I und HSW II
		Theoretisch erforderli- che Deckwerke	Berechnung mit GBB-Soft	September 2009	Deckschichtdicke: 0,60 m (= Mindestdicke für LMB <sub>5/40</sub> )  Zur Gewährleistung der Böschungsstabilität:  Erforderliche Deckschichtdicke: maximal 16 cm	Aufgrund des durchlässigen Bo- dens werden bei Schiffsvorbei- fahrt nur begrenzt Porenwasser- überdrücke im Boden auftreten.
	Vegetation	Pflanzenarten flächige Abgrenzung der Biotoptypen Pflanzenzonierung Zustand/ Bewertung	Vegetationskartierung, Einmaß bestimmter Punk- te/Bäume durch das WSA	Juli 2009	unterer Böschungsbereich (Wasserwechselbereich): frei von Vegetation höherer Pflanzen  oberer Böschungsbereich: unterschiedliche Deckungsgrade an Kratzbeergestrüpp, z. T. Gebüschelemente und Einzelbäume  angrenzendes Gelände: (artenreiches) verbuschtes Kratzbeergestrüpp, vereinzelt weit überschirmende Hybrid-Pappeln, grasreiche Ruderalflur	überwiegend Arten geringer bis mittlerer Wertigkeit, erhaltenswer- te Gebüschelemente, geringe Strukturvielfalt, natürliche Ufer- zonierung fehlt weitgehend, öko- logisch hochwertigerer Bereich ab km 441,350
	Fauna	Tierarten (Laufkäfer, Spinnen, Vögel, Reptilien, Makrozoobenthos und	Faunistische Kartierung durch Planungsbüro	Laufk. u. Spin- nen: Früh- j./Som./Herbst 2010	Es liegen derzeit noch keine Ergebnisse vor	z. Z. laufen die Vergabevorbereitungen zur Ist-Zustandserfassung bzw. zum Prämonitoring





- 2 -

## Anlage 1: Tabellarische Zusammenstellung der ermittelten technischen und biologischen Randbedingungen

		Fische)		Vögel: April bis Ende Juni 2010 Reptilien: Frühj./ Sommer 2010 Makroszoo- benth.: 05 u. 06/2010 Fische: 06 u. 09/2010		
Uferbelastungen infolge Schifffahrt	Schiffsverkehr	Anzahl/ Art der Schiffe Abladung Geschwindigkeit Uferabstand	Schiffsbeobachtung durch be- auftragte Fa. Schmid (Rheinwasserstände etwas über Mittelwasser) (7 Tage)	August 2009	Anzahl/ Art der Schiffe:  552 Schiffe, ca. die Hälfte ES u. GMS, 17% üGMS, 10% SV  Schiffsgeschwindigkeit (über Grund):	Ca. gleich viele Tal- wie Bergfahrer registriert.  Sportboote wurden nicht mit aufgenommen.  Hier aufgeführte Abstände sind Abstände zu den Hektometerpunkten, nicht zur Uferlinie!  Deutlicher Unterschied im Abstand zwischen Anfang und Ende der Versuchsstrecke
	Wellen	Wellenhöhen	Messung über eingebaute Druckmessdosen (Rheinwasserstände etwas über Mittelwasser)	August 2009	Bugwellenhöhen: km 440,6: MW: 0,11m, max: 0,51m km 441,1: MW: 0,09m, max: 0,43m km 441,6: MW: 0,09m, max: 0,40m  Heckwellenhöhen: km 440,6: MW: 0,11m, max: 0,81m km 441,1: MW: 0,09m, max: 0,37m km 441,6: MW: 0,09m, max: 0,43m  Sekundärwellenhöhen: km 440,6: MW: 0,12m, max: 0,57m km 441,1: MW: 0,07m, max: 0,29m km 441,6: MW: 0,07m, max: 0,43m	Alle Wellenhöhen (Bug, Heck, Sekundär) bewegen sich in ähnlichen Größenordnungen.  Grundsätzlich eher geringe Wellenhöhen zu verzeichnen, wobei tendenziell bei km 440,6 größere Werte als in den anderen Querschnitten gemessen wurden.
	Strömungen	Strömungs- geschwindigkeiten	Messung über eingebaute Strö- mungssonden	August 2009	Rückströmungsgeschwindigkeit: km 440,6: MW: 0,45m/s, max: 0,93m/s	Messwerte der Strömungsge- schwindigkeiten nicht sehr zuver- lässig aufgrund starker Verkrau-





### Anlage 1: Tabellarische Zusammenstellung der ermittelten technischen und biologischen Randbedingungen

- 3 -

						tung der Sonden.
						Rückströmungsgeschwindigkeit ausgewertet für 302 Schiffe, Nachlaufströmung für 70 Schiffe.
						Für Nachlaufströmung keine statistische Auswertung möglich.
	Wellen	Wellenhöhen	Berechnung mit Hilfe GBB-Soft	September 2009	Maximale Heckwellenhöhe für GIW/ HSW I/ HSW II	Ähnliche Werte bei HSW I und HSW II
					km 440,6: 1,10m/ 0,85m/ 0,84m km 441,6: 0,30m/ 0,35m/ 0,36m	Berechnete und gemessene Werte nur größenordnungsmäßig
					Maximale Bugwellenhöhe für GIW/ HSW I/ HSW II	vergleichbar, da jeweils andere Wasserstände berücksichtigt
					km 440,6: 0,75m/ 0,65m/ 0,63m km 441,6: 0,19m/ 0,26m/ 0,26m	bzw. vorherrschend
	Strömungen	Strömungs- geschwindigkeiten	Berechnung mit Hilfe GBB-Soft	September 2009	Max Strömungsgeschw. durch Wiederauffüllungsströmung für GIW/ HSW I/ HSW II	Größte Werte bei GIW, ähnliche Werte bei HSW I und HSW II
					km 440,6: 1,95m/s/ 1,38 m/s/ 1,39m/s km 441,6: 1,14m/s/ 1,38 m/s/ 1,39m/s	
Uferbelastungen infolge natürlicher Strömung	Rheinwasser- stände/	Ganglinie Pegel Worms	Auswertung der Ganglinie Worms	1980 - 2008	regelmäßig zwischen NN+ 85,0 m und NN+ 88,9 m (HSW I), ca. einmal jährlich bis zu GOK und darüber hinaus	Siehe Anlage 16
Stromung	Überflutungs- zeiten					
	Strömungen	Fließgeschwindigkeiten Schubspannungen	Auswertung eines bestehenden HN-Modells der BAW (W1) un-		Relevant für alternative Ufersicherungen:	Signifikant unterschiedliche Be- lastungen bei km 440,6 und
		Schubspannungen	ter Berücksichtigung verschie-		Werte oberhalb GIW	441,6 nur bei HSW II
			dener Wasserstände		Werte (bei HSW I, NN+ 88,56) v <sub>max</sub> = 0,95 (km 441,6)0,99 m/s (km 440,6)	
					$\tau_{\text{max}} = 3,4 \text{ (km 441,6)} \dots 3,6 \text{ N/m}^2 \text{ (km 440,6)}$	
					Werte (bei HSW II, 91,04 NN+m)	Größte Strömungsgeschwindig-
					$v_{max} = 1.3 \text{ (km } 441.6) \dots 1.5 \text{ m/s (km } 440.6)$	keiten und Schubspannungen bei
					$\tau_{\text{max}} = 5.7 \text{ (km 441,6)} \dots 7.0 \text{ N/m}^2 \text{ (km 440,6)}$	HSW II

Abkürzungen:

GIW gleichwertiger Wasserstand

GOK Geländeoberkante

HSW höchster schiffbarer Wasserstand

LMB Wasserbausteine der leichten Gewichtsklasse (Light Mass) der Klasse B (ohne Gewichtsangabe)

TLW Technische Lieferbedingungen Wasserbausteine

OK Oberkante



- Rhein km 440,6 bis km 441,6 -

Empfehlungen für die Ausführung der Ufersicherungen

BfG-Nr.:1579 BAW-Nr.: 2.04.10151.00



## Anlage 2

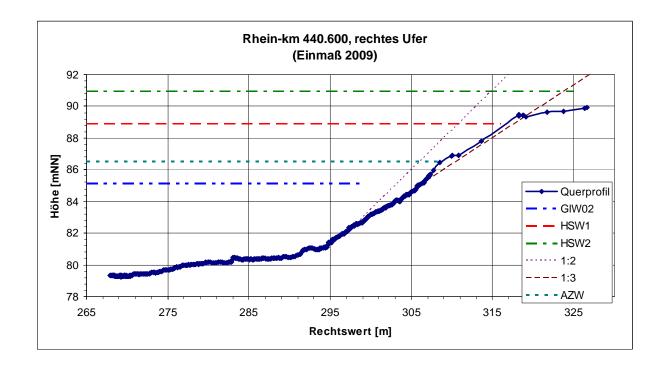


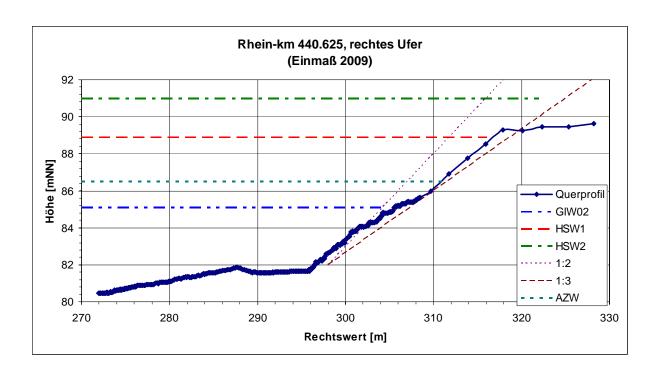
Bundesanstalt für Gewässerkunde Bundesanstalt für Wasserbau Einrichtung einer Versuchsstrecke mit technisch-biologischen Ufersicherungen - Rhein km 440,6 bis km 441,6 -

Empfehlungen für die Ausführung der Ufersicherungen BfG-Nr.:1579

n - 1 -BAW-Nr.: 2.04.10151.00





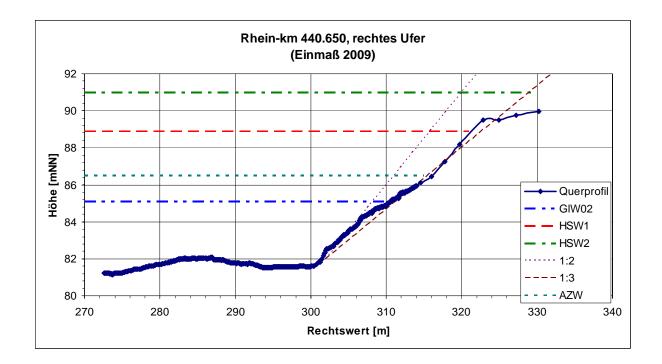


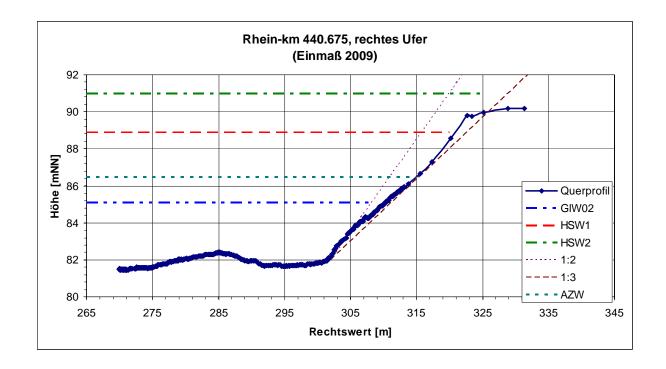
- Rhein km 440,6 bis km 441,6 -

- 2 -

Empfehlungen für die Ausführung der Ufersicherungen BAW-Nr.: 2.04.10151.00 BfG-Nr.:1579

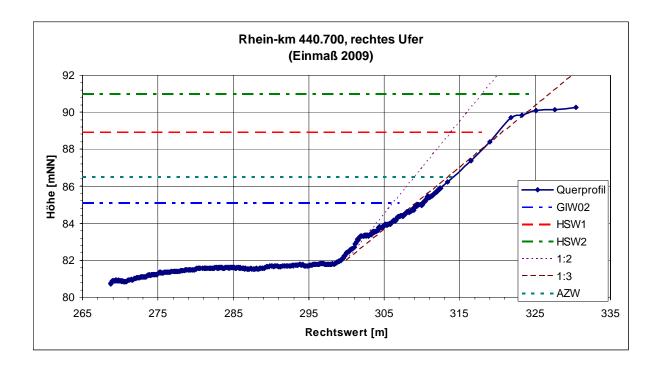


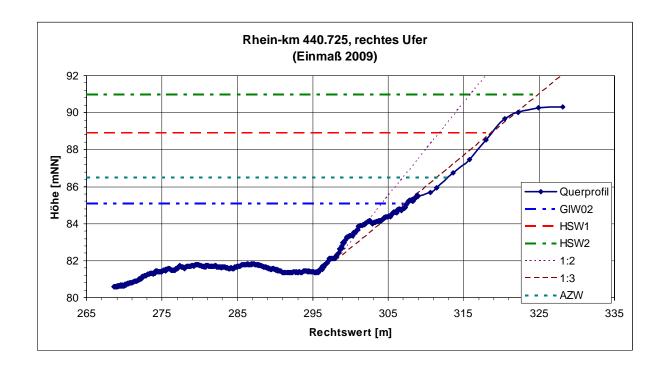




BAW-Nr.: 2.04.10151.00



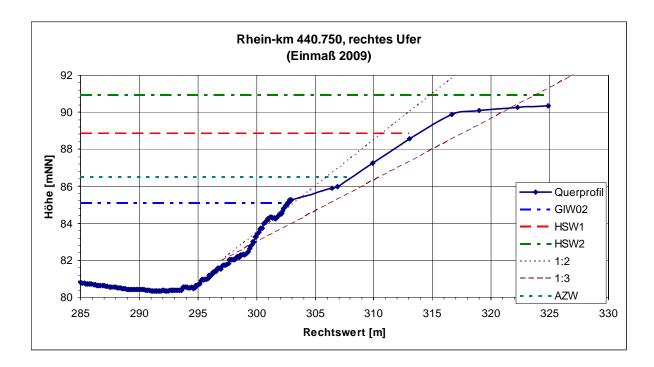


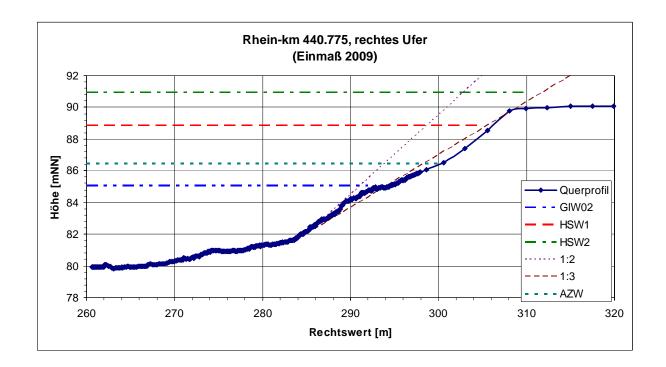


- Rhein km 440,6 bis km 441,6 -Empfehlungen für die Ausführung der Ufersicherungen

BfG-Nr.:1579 BAW-Nr.: 2.04.10151.00





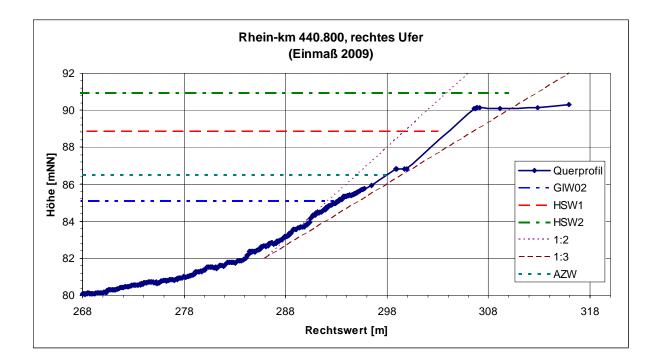


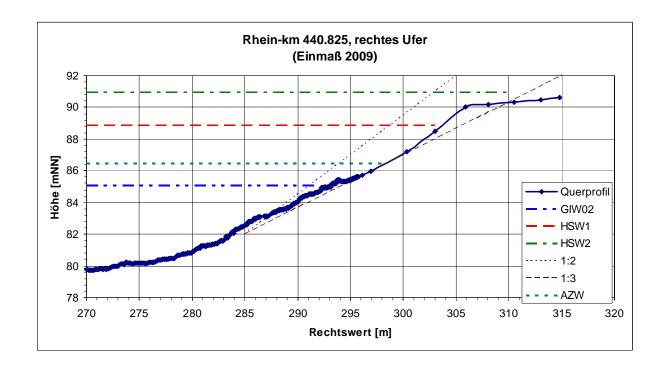
- Rhein km 440,6 bis km 441,6 -

Empfehlungen für die Ausführung der Ufersicherungen BfG-Nr.:1579 BA\

- 5 -BAW-Nr.: 2.04.10151.00

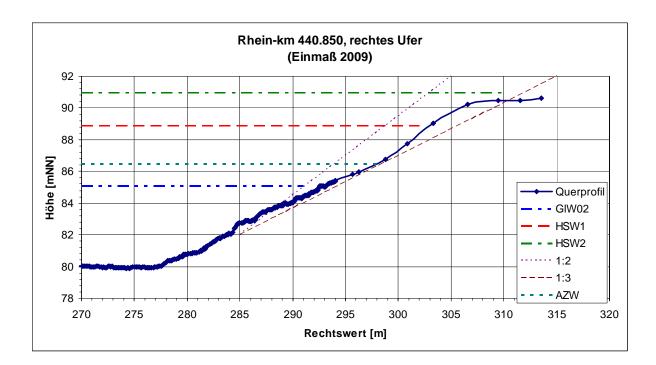


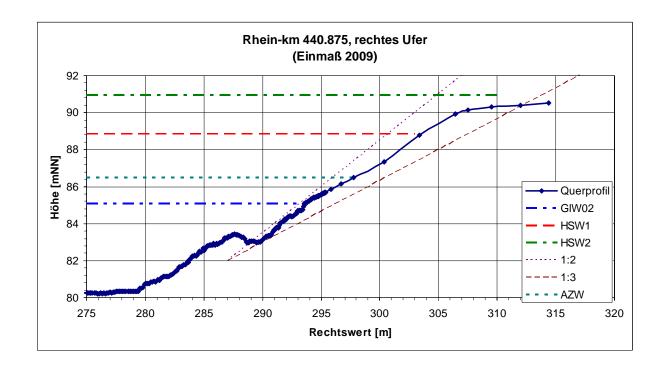




- 6 -BAW-Nr.: 2.04.10151.00

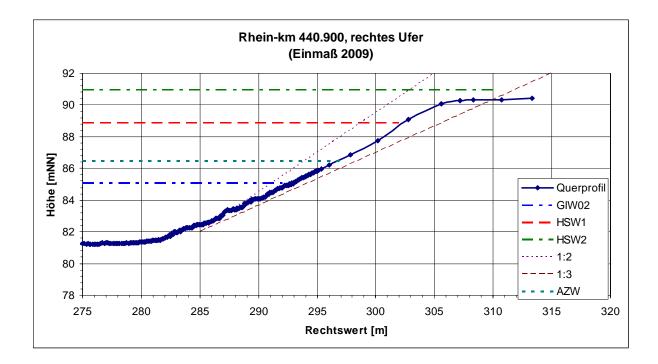


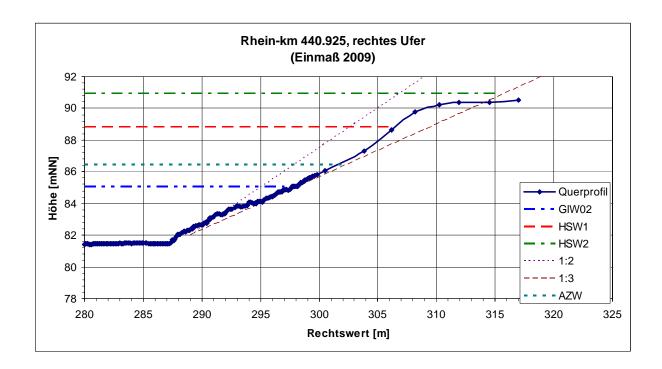




- 7 -BAW-Nr.: 2.04.10151.00





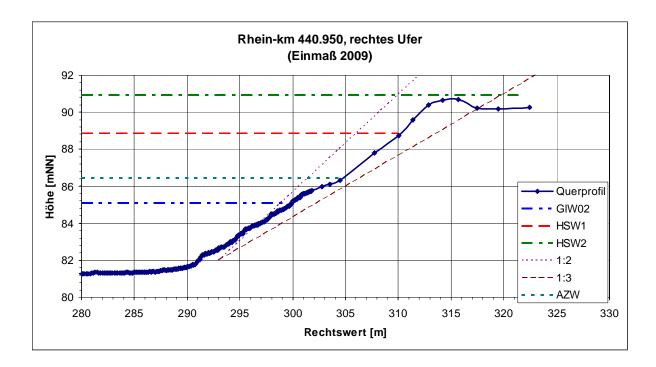


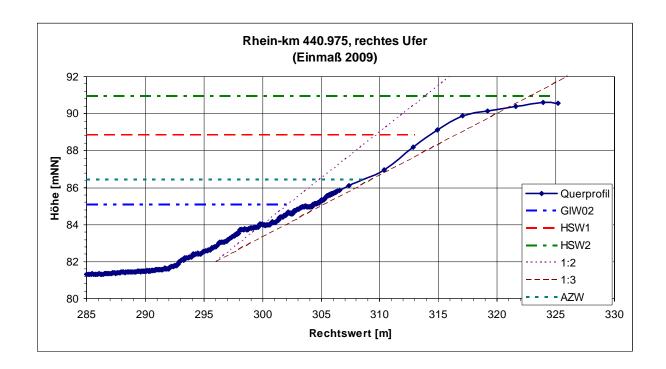
- Rhein km 440,6 bis km 441,6 -

Empfehlungen für die Ausführung der Ufersicherungen BfG-Nr.:1579 BAW-Nr.: 2.04.10151.00



-8-

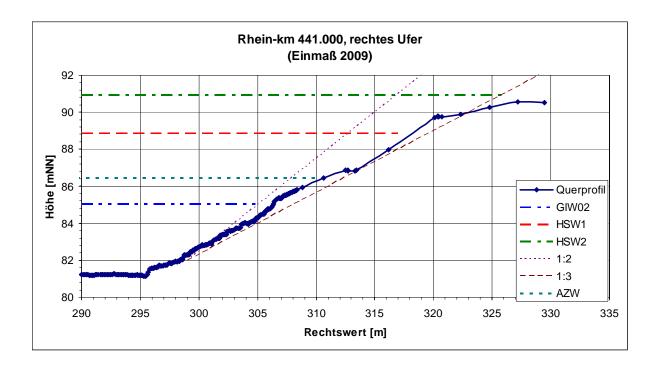


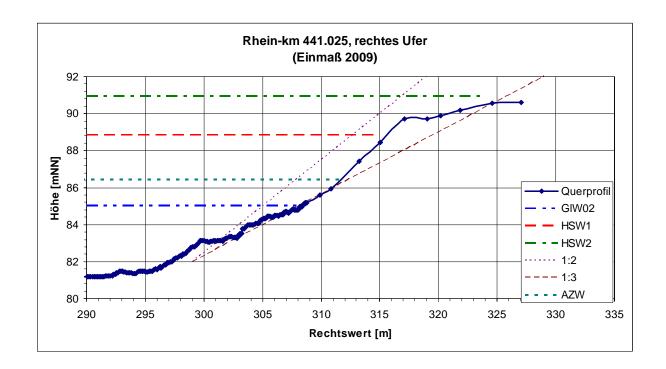


- Rhein km 440,6 bis km 441,6 -Empfehlungen für die Ausführung der Ufersicherungen BfG-Nr.:1579

BAW-Nr.: 2.04.10151.00



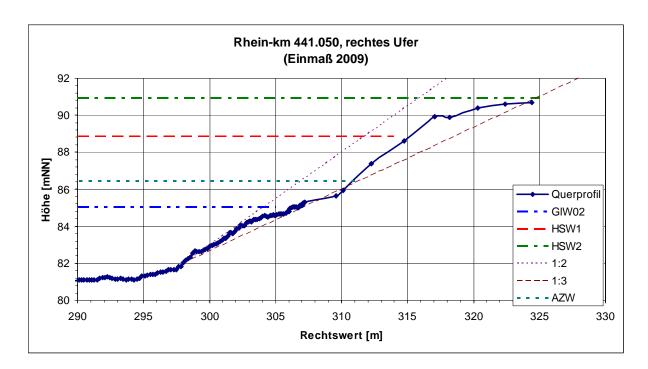


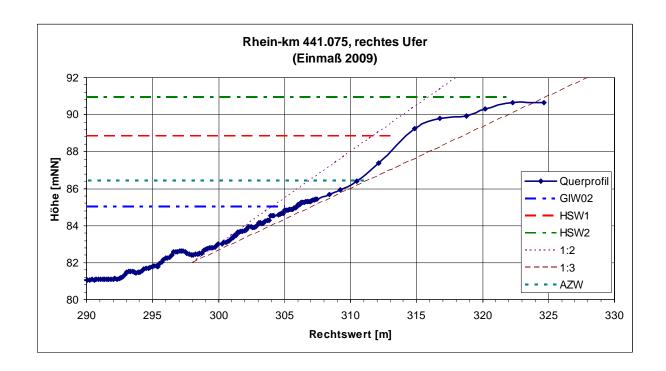


- 10 -BAW-Nr.: 2.04.10151.00

**BAW** 

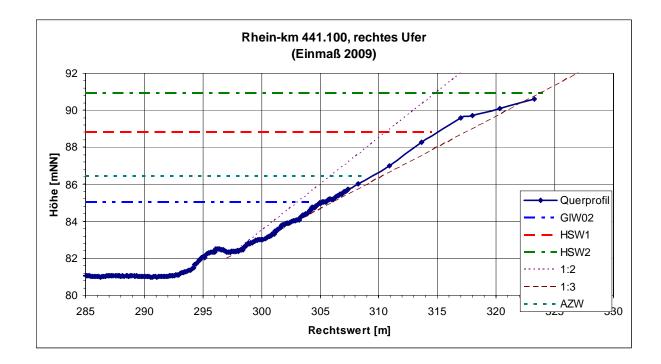


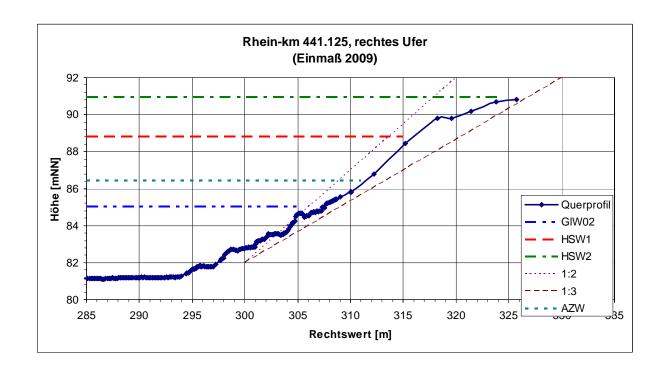




- 11 -BAW-Nr.: 2.04.10151.00







- Rhein km 440,6 bis km 441,6 -Empfehlungen für die Ausführung der Ufersicherungen

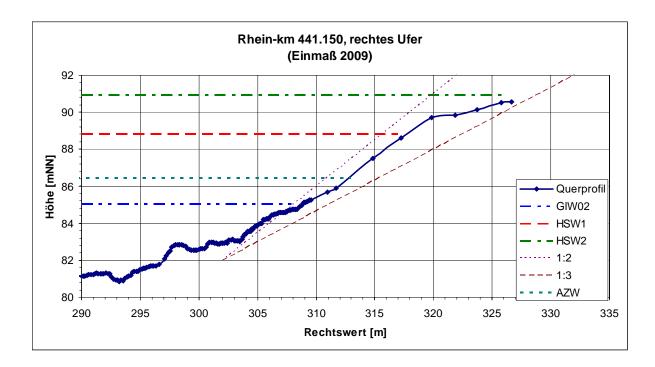
BfG-Nr.:1579

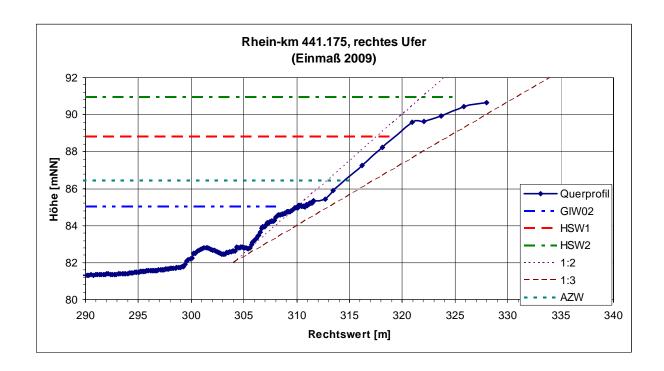
- 12 -BAW-Nr.: 2.04.10151.00

2 -

**BAW** 

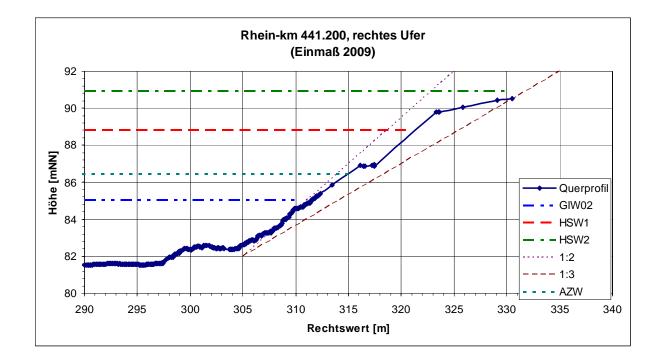


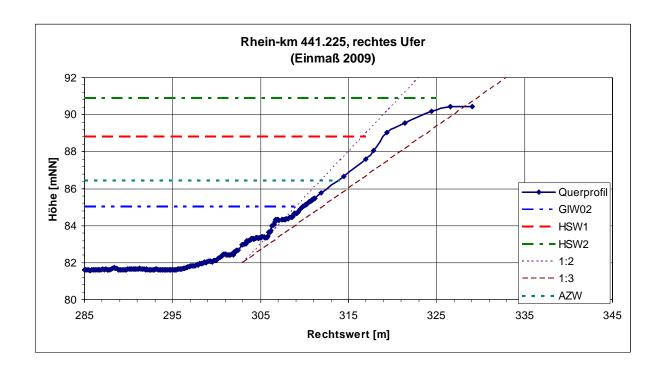




- 13 -BAW-Nr.: 2.04.10151.00

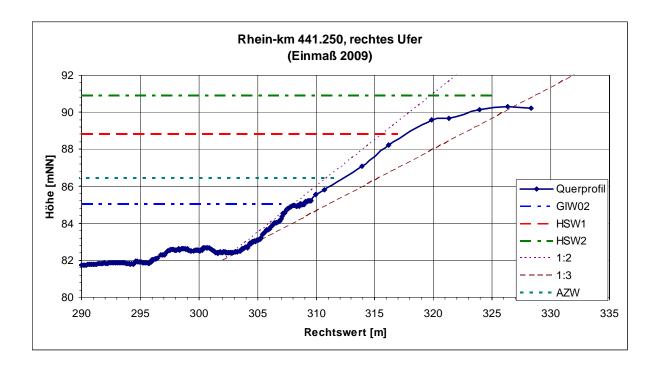


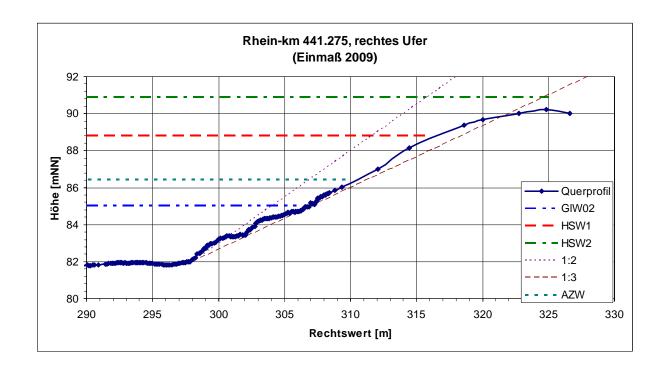




- 14 -BAW-Nr.: 2.04.10151.00

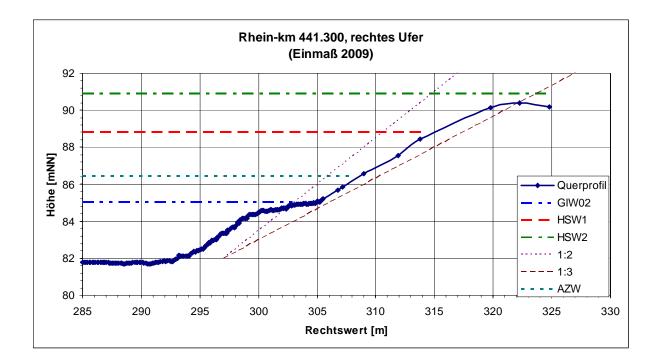


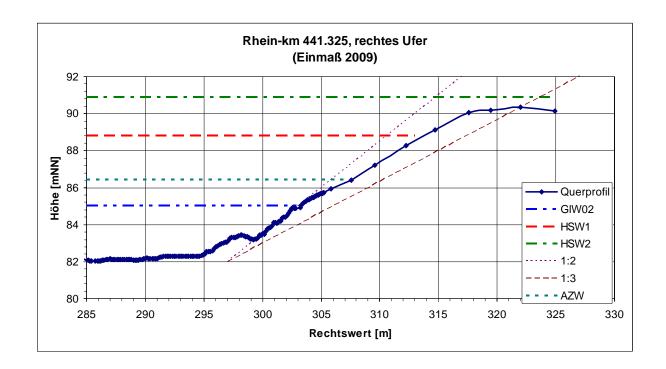




- 15 -BAW-Nr.: 2.04.10151.00

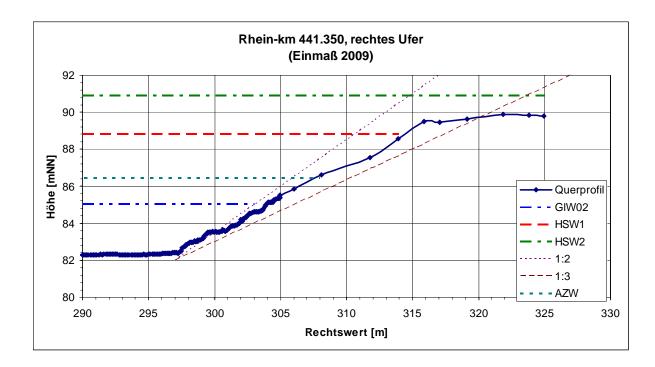


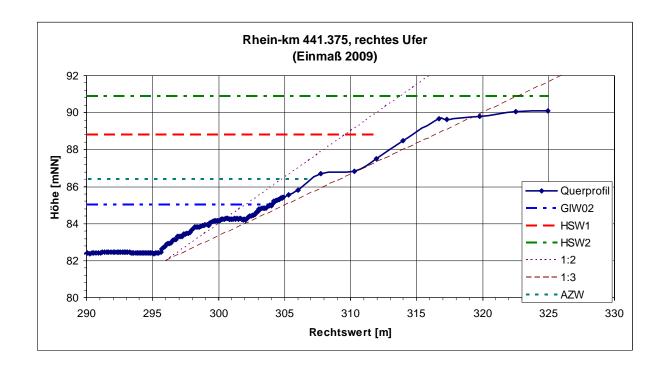




- 16 -BAW-Nr.: 2.04.10151.00

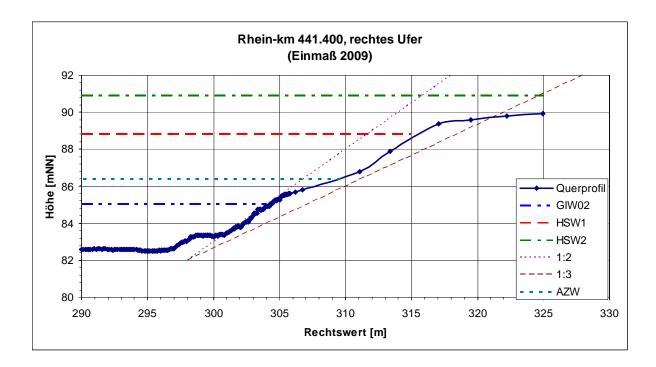


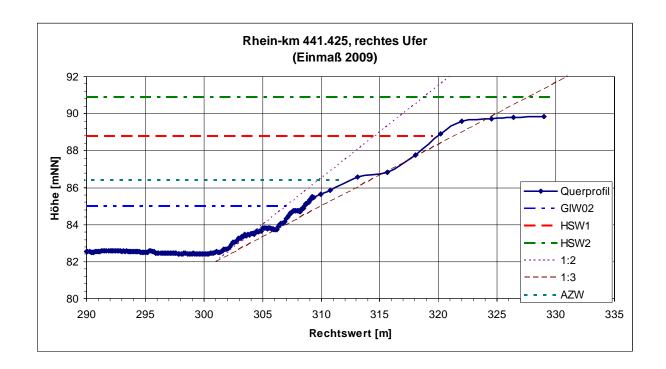




- 17 -BAW-Nr.: 2.04.10151.00

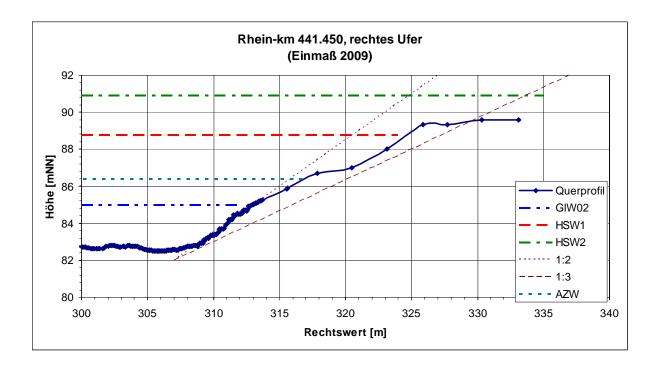


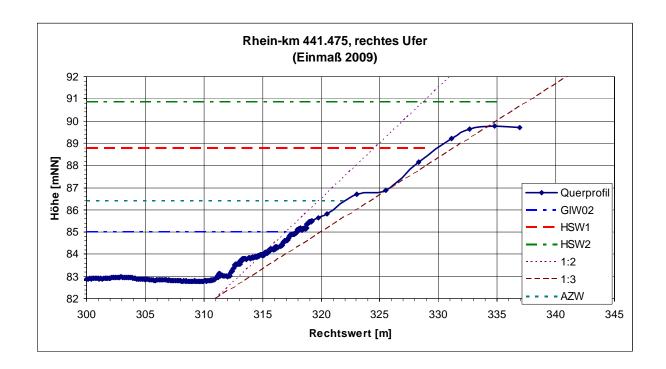




- 18 -BAW-Nr.: 2.04.10151.00

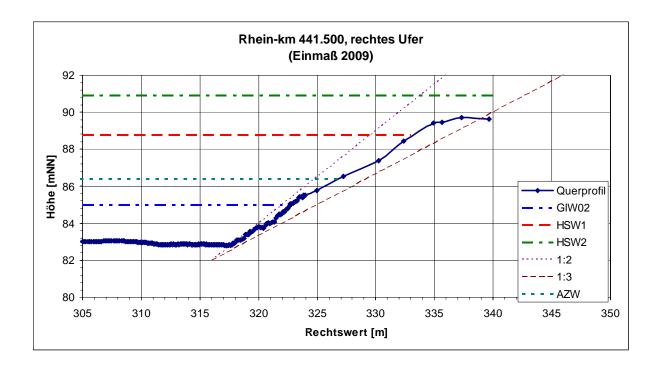


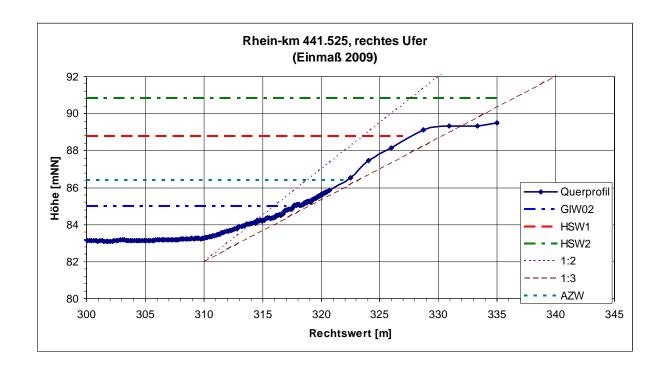




- 19 -BAW-Nr.: 2.04.10151.00

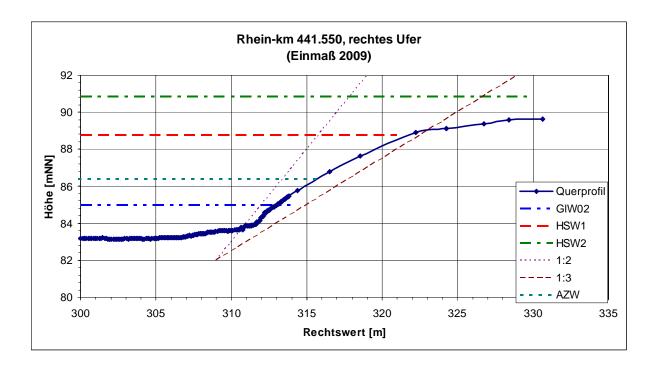


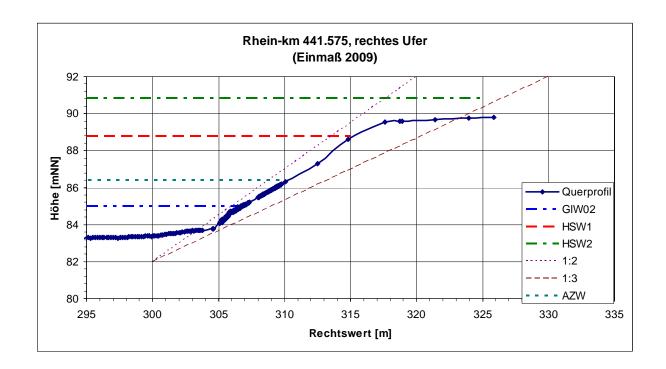




- 20 -BAW-Nr.: 2.04.10151.00







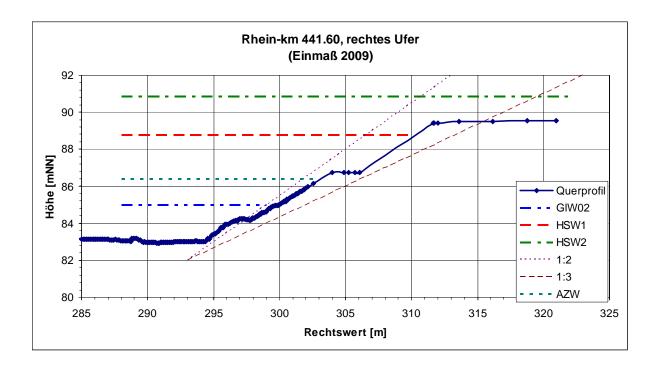


Bundesanstalt für Gewässerkunde Bundesanstalt für Wasserbau Einrichtung einer Versuchsstrecke mit technisch-biologischen Ufersicherungen - Rhein km 440,6 bis km 441,6 -

Empfehlungen für die Ausführung der Ufersicherungen

- 21 -BAW-Nr.: 2.04.10151.00 BfG-Nr.:1579







- Rhein km 440,6 bis km 441,6 -

Empfehlungen für die Ausführung der Ufersicherungen

BfG-Nr.:1579 BAW-Nr.: 2.04.10151.00



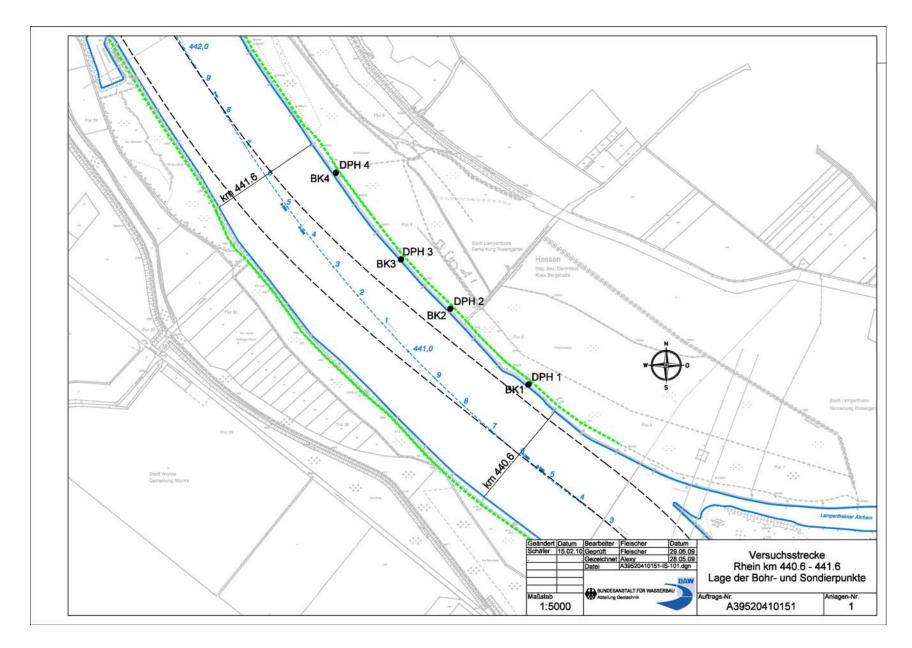


Einrichtung einer Versuchsstrecke mit technisch-biologischen Ufersicherungen - Rhein km 440,6 bis km 441,6 Empfehlungen für die Ausführung der Ufersicherungen

BfG-Nr.:1579 BAW-Nr.: 2.04.10151.00



# Anlage 3: Lageplan der Baugrundaufschlüsse





- Rhein km 440,6 bis km 441,6 -

Empfehlungen für die Ausführung der Ufersicherungen

BfG-Nr.:1579 BAW-Nr.: 2.04.10151.00





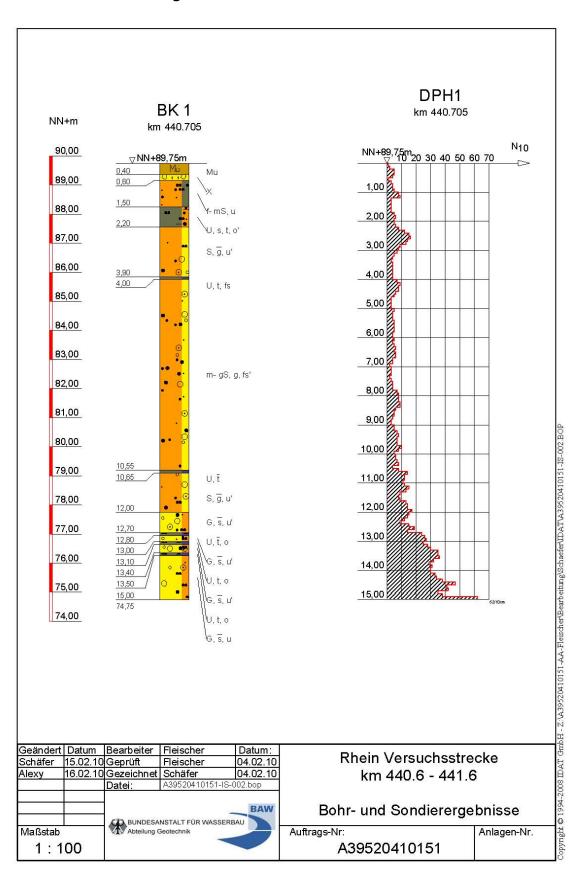
- Rhein km 440,6 bis km 441,6 -Empfehlungen für die Ausführung der Ufersicherungen

en - **1-**BAW-Nr.: 2.04.10151.00



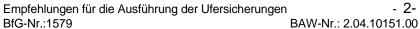
### Anlage 4: Bohr- und Sondierergebnisse

BfG-Nr.:1579



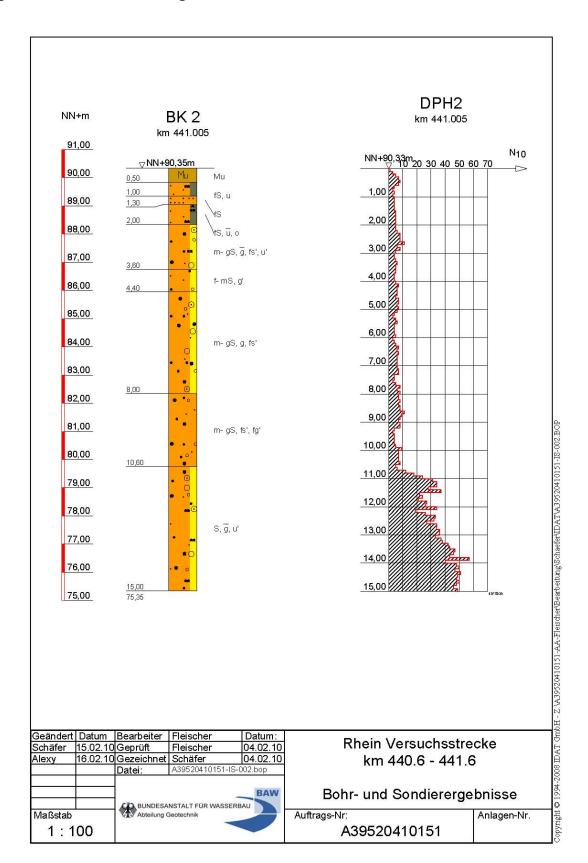


- Rhein km 440,6 bis km 441,6 -





### Anlage 4: Bohr- und Sondierergebnisse





Bundesanstalt für Gewässerkunde Bundesanstalt für Wasserbau Einrichtung einer Versuchsstrecke mit technisch-biologischen Ufersicherungen - Rhein km 440,6 bis km 441,6 -

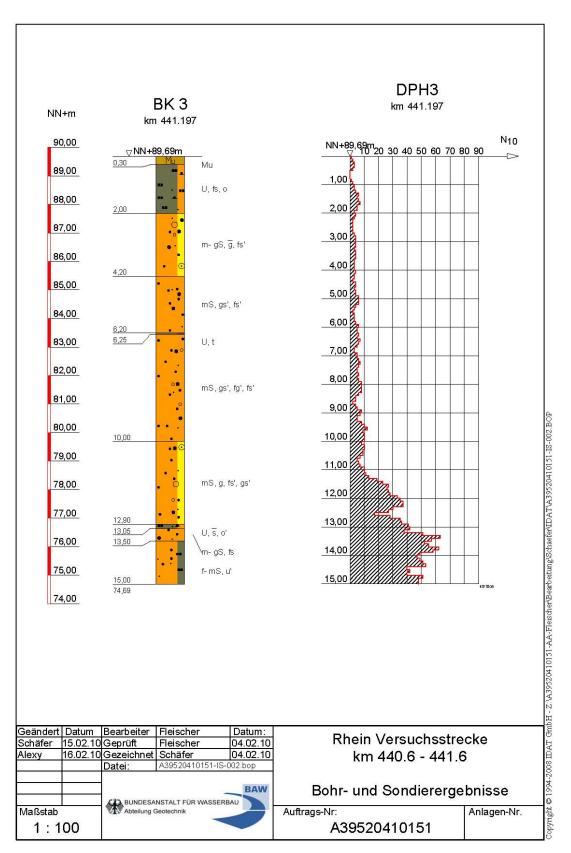
Empfehlungen für die Ausführung der Ufersicherungen

en - **3-**BAW-Nr.: 2.04.10151.00



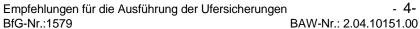
## Anlage 4: Bohr- und Sondierergebnisse

BfG-Nr.:1579



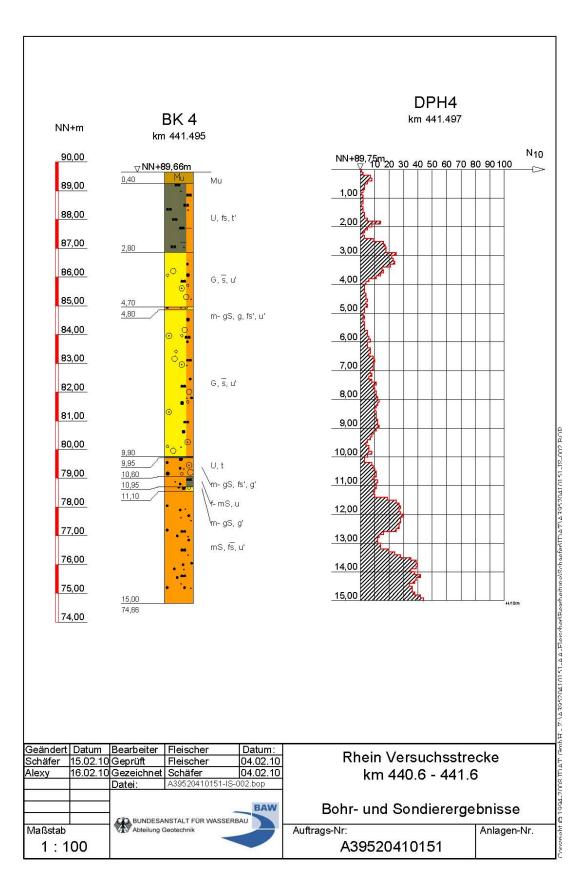


- Rhein km 440,6 bis km 441,6 -





### Anlage 4: Bohr- und Sondierergebnisse





- Rhein km 440,6 bis km 441,6 -

Empfehlungen für die Ausführung der Ufersicherungen

BfG-Nr.:1579 BAW-Nr.: 2.04.10151.00



BfG-Nr.:1579



Einrichtung einer Versuchsstrecke mit technisch-biologischen Ufersicherungen - Rhein km 440,6 bis km 441,6

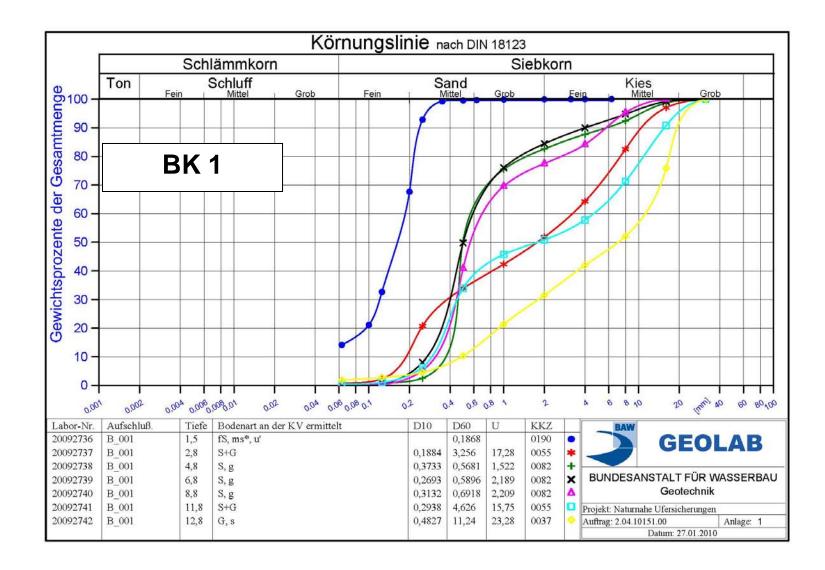


BAW-Nr.: 2.04.10151.00

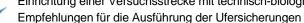


# Anlage 5: Kornverteilungslinien der gestört entnommenen Bodenproben

Empfehlungen für die Ausführung der Ufersicherungen



-2-



BfG-Nr.:1579

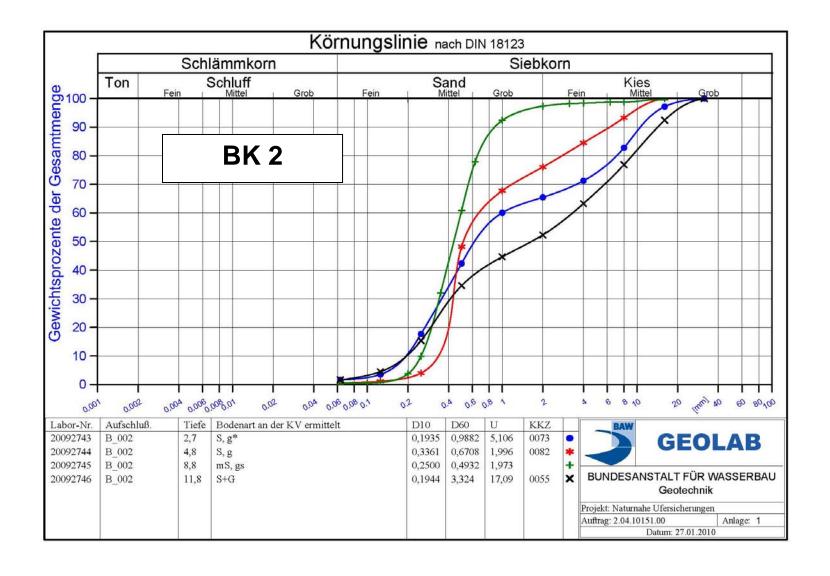
bfg

Einrichtung einer Versuchsstrecke mit technisch-biologischen Ufersicherungen - Rhein km 440,6 bis km 441,6

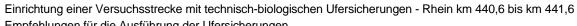
BAW-Nr.: 2.04.10151.00



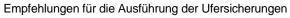
### Anlage 5: Kornverteilungslinien der gestört entnommenen Bodenproben

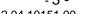


bfg





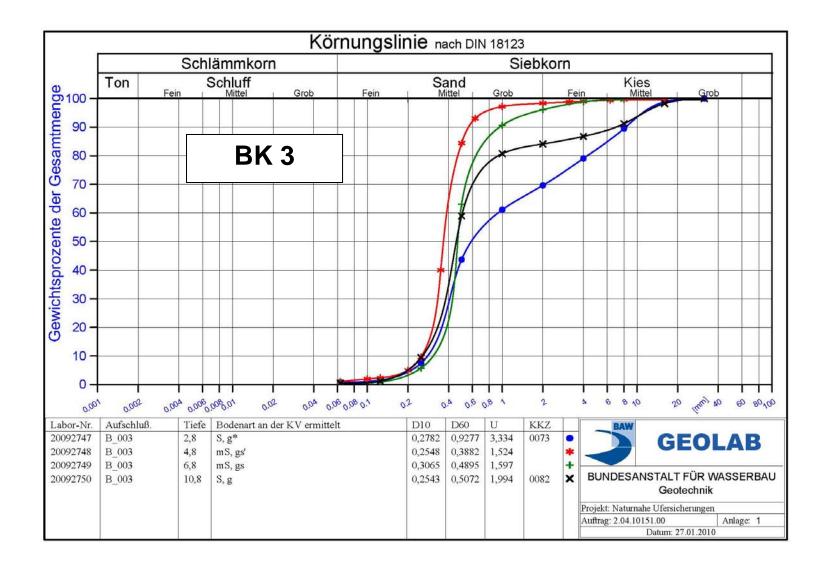




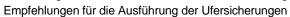


BfG-Nr.:1579 BAW-Nr.: 2.04.10151.00

### Anlage 5: Kornverteilungslinien der gestört entnommenen Bodenproben



bfg

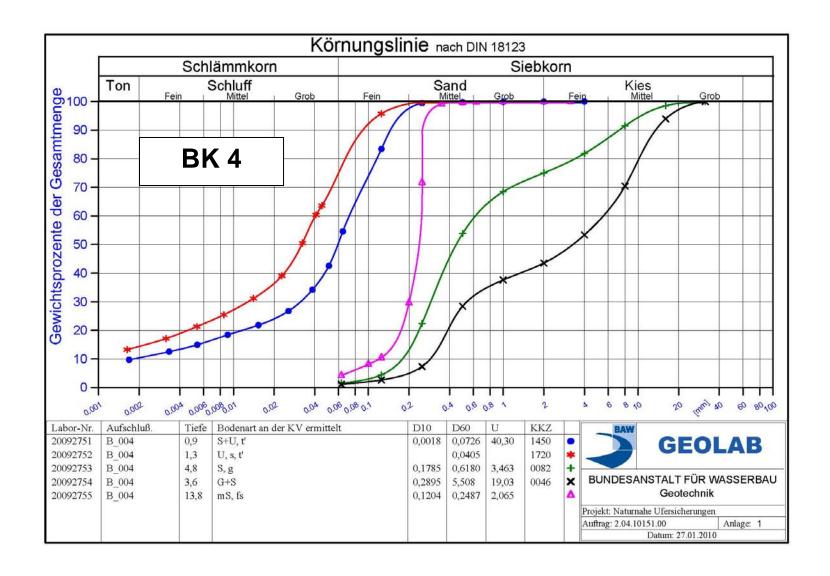


-4-

BfG-Nr.:1579 BAW-Nr.: 2.04.10151.00



### Anlage 5: Kornverteilungslinien der gestört entnommenen Bodenproben





- Rhein km 440,6 bis km 441,6 -

Empfehlungen für die Ausführung der Ufersicherungen

BfG-Nr.:1579 BAW-Nr.: 2.04.10151.00





BfG-Nr.:1579

Bundesanstalt für Gewässerkunde Einrichtung einer Versuchsstrecke mit technisch-biologischen Ufersicherungen - Rhein km 440,6 bis km 441,6 -Empfehlungen für die Ausführung der Ufersicherungen

BAW-Nr.: 2.04.10151.00

BAW

# Anlage 6: Ufernahe Strömungsgeschwindigkeiten/ Schubspannungen aus HN-Modell W1 – km 440,6 bis km 441,6 –

		Gl	_W			HSW1							
		unte	rhalb			unterha	alb GIW			oberha	lb GIW		
Rh-km	Vstr min	Vstr max	Tau min	Tau max	Vstr min	Vstr max	Tau min	Tau max	Vstr min	Vstr max	Tau min	Tau max	
440,6	0,08	0,82	0,07	2,49	0,99	1,59	3,57	7,23	0,12	0,99	0,15	3,57	
440,7	0,08	0,88	0,08	2,83	0,99	1,56	3,58	7,02	0,05	0,99	0,04	3,58	
440,8	0,08	1,13	0,08	4,04	0,95	1,8	3,3	8,63	0,08	0,95	0,09	3,3	
440,9	0,11	0,98	0,13	3,44	1,02	1,63	3,73	7,54	0,14	1,02	0,19	3,73	
441	0,14	1,01	0,18	3,59	1	1,63	3,6	7,5	0	1	0	3,6	
441,1	0,14	1,09	0,19	4,13	1,03	1,66	3,78	7,68	0,1	1,03	0,11	3,78	
441,2	0,18	0,87	0,28	3,01	0,95	1,45	3,32	6,27	0,09	0,95	0,09	3,32	
441,3	0,09	1,07	0,11	4,27	1,01	1,59	3,7	7,33	0,02	1,01	0,01	3,7	
441,4	0,1	0,9	0,12	3,19	0,95	1,47	3,31	6,43	0,11	0,95	0,14	3,31	
441,5	0,14	0,86	0,2	3,04	0,96	1,42	3,37	6,1	0,08	0,96	0,09	3,37	
441,6	0,17	0,83	0,26	2,83	0,95	1,44	3,36	6,27	0,07	0,95	0,06	3,36	

			HSW2						
			unterha	alb GIW			oberha	alb GIW	
Rh-km		Vstr min	Vstr max	Tau min	Tau max	Vstr min	Vstr max	Tau min	Tau max
440,6		1,53	2,08	7,04	11,18	0,64	1,53	1,91	7,04
440,7		1,49	1,99	6,76	10,48	0,50	1,49	1,31	6,76
440,8		1,33	1,80	5,58	8,83	0,46	1,33	1,14	5,58
440,9		1,41	1,98	6,11	10,25	0,46	1,41	1,14	6,11
441		1,35	1,82	5,71	8,95	0,49	1,35	1,24	5,71
441,1		1,34	1,65	5,59	7,69	0,49	1,34	1,25	5,59
441,2		1,27	1,77	5,19	8,52	0,54	1,27	1,42	5,19
441,3		1,38	1,87	5,96	9,43	0,48	1,38	1,22	5,96
441,4		1,38	1,76	5,95	8,56	0,54	1,38	1,47	5,95
441,5		1,32	1,74	5,59	8,43	0,61	1,32	1,73	5,59
441,6		1,32	1,80	5,61	8,95	0,58	1,32	1,63	5,61

BAW-Nr.: 2.04.10151.00

bfg

Einrichtung einer Versuchsstrecke mit technisch-biologischen Ufersicherungen

- Rhein km 440,6 bis km 441,6 -

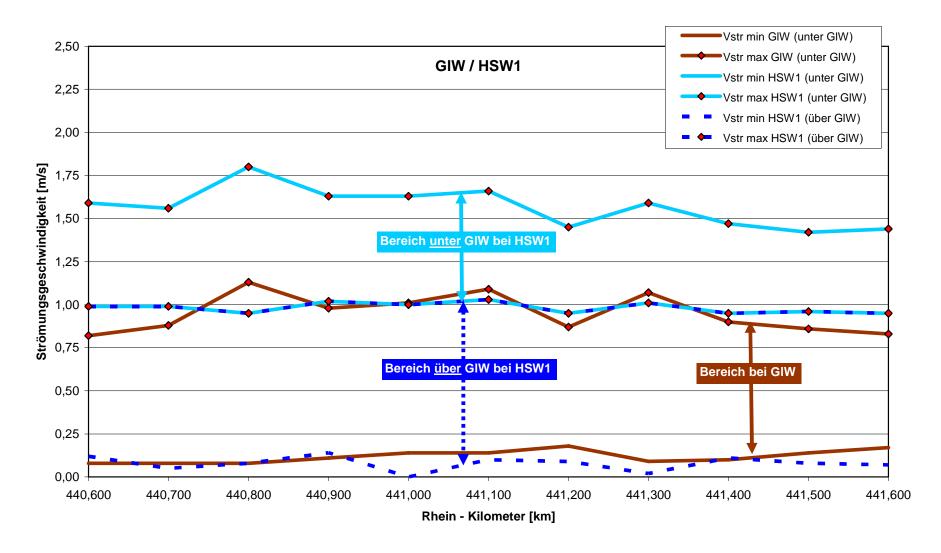
Empfehlungen für die Ausführung der Ufersicherungen

BfG-Nr.:1579



-2-

Anlage 6: Ufernahe Strömungsgeschwindigkeiten/ Schubspannungen aus HN-Modell W1 - km 440,6 bis km 441,6 -





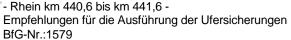
- 3 -

BfG-Nr.:1579 BAW-Nr.: 2.04.10151.00

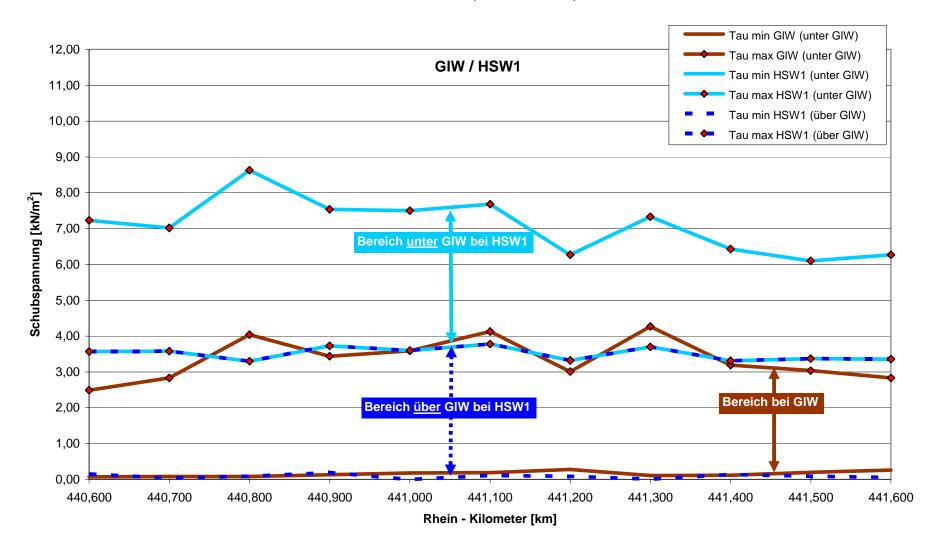
Anlage 6: Ufernahe Strömungsgeschwindigkeiten/ Schubspannungen aus HN-Modell W1 – km 440,6 bis km 441,6 –



- 4 -BAW-Nr.: 2.04.10151.00 **BAW** 



Anlage 6: Ufernahe Strömungsgeschwindigkeiten/ Schubspannungen aus HN-Modell W1 – km 440,6 bis km 441,6 –



BAW-Nr.: 2.04.10151.00

bfg

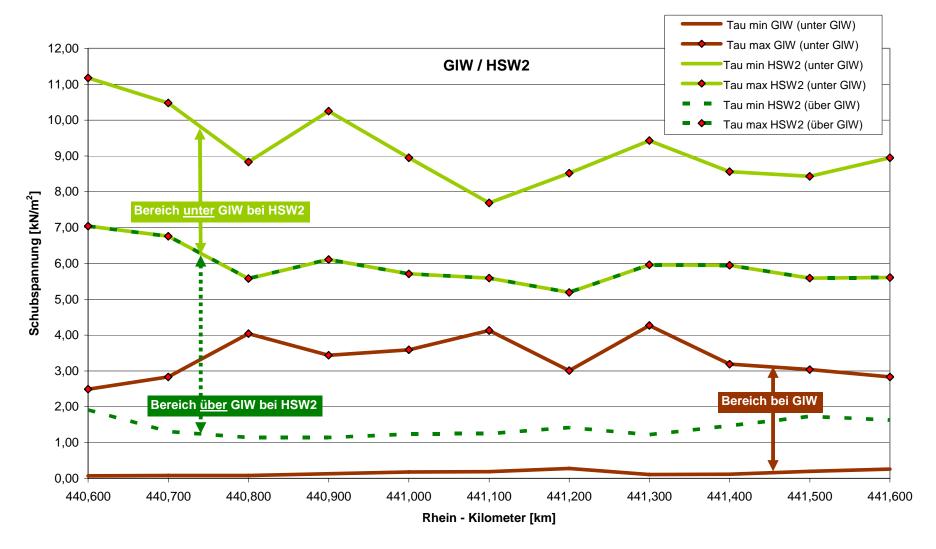
Einrichtung einer Versuchsstrecke mit technisch-biologischen Ufersicherungen - Rhein km 440,6 bis km 441,6 -

Empfehlungen für die Ausführung der Ufersicherungen

BfG-Nr.:1579









- Rhein km 440,6 bis km 441,6 -

Empfehlungen für die Ausführung der Ufersicherungen

BfG-Nr.:1579 BAW-Nr.: 2.04.10151.00

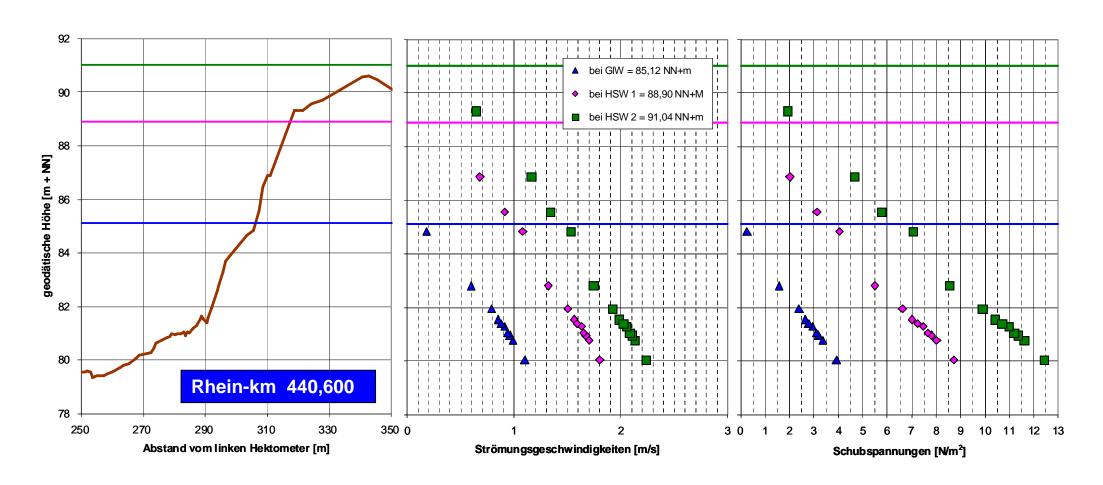


Bundesanstalt für Gewässerkunde Einrichtung einer Versuchsstrecke mit technisch-biologischen Ufersicherungen - Rhein km 440,6 bis km 441,6 -Empfehlungen für die Ausführung der Ufersicherungen BfG-Nr.:1579

BAW

BAW-Nr.: 2.04.10151.00

Anlage 7: Ufernahe Strömungsgeschwindigkeiten/ Schubspannungen aus HN-Modell W1 – km 440,6, rechtes Ufer –





- Rhein km 440,6 bis km 441,6 -

Empfehlungen für die Ausführung der Ufersicherungen

BfG-Nr.:1579 BAW-Nr.: 2.04.10151.00



BAW-Nr.: 2.04.10151.00

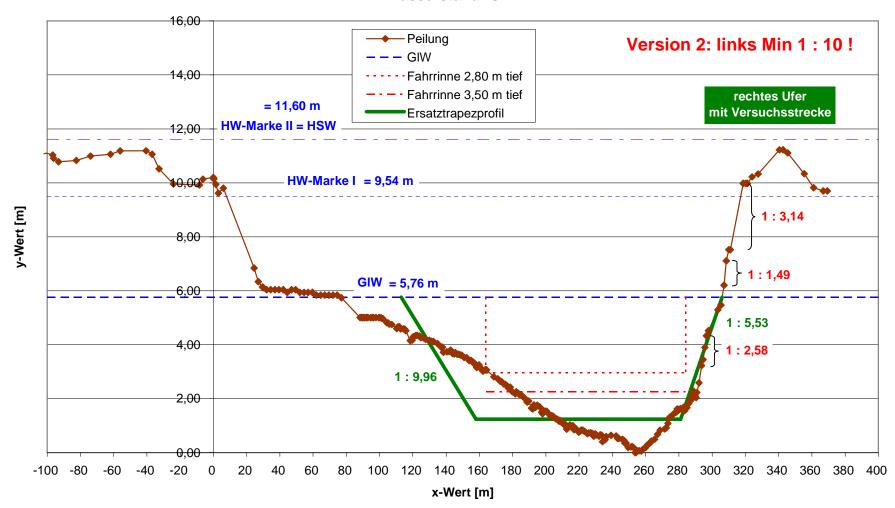
bfg

BfG-Nr.:1579



#### Anlage 8: Ersatztrapezprofile für Berechnungen mit GBBSoft

## Querprofil Rhein-km 440,600 für ETP in GBBSoft Wasserstand: GIW



BAW-Nr.: 2.04.10151.00

bfg

Einrichtung einer Versuchsstrecke mit technisch-biologischen Ufersicherungen

- Rhein km 440,6 bis km 441,6 -

Empfehlungen für die Ausführung der Ufersicherungen

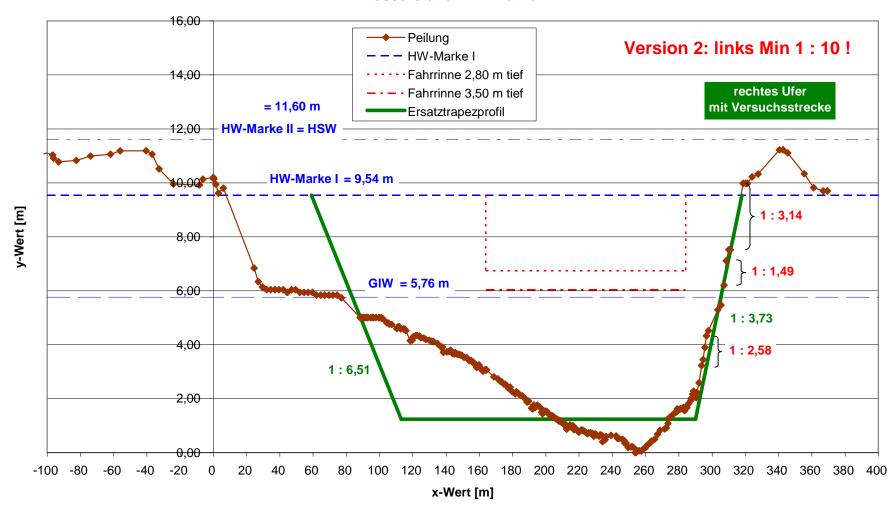
BfG-Nr.:1579



-2-

#### Anlage 8: Ersatztrapezprofile für Berechnungen mit GBBSoft

## Querprofil Rhein-km 440,600 für ETP in GBBSoft Wasserstand: HW-Marke I

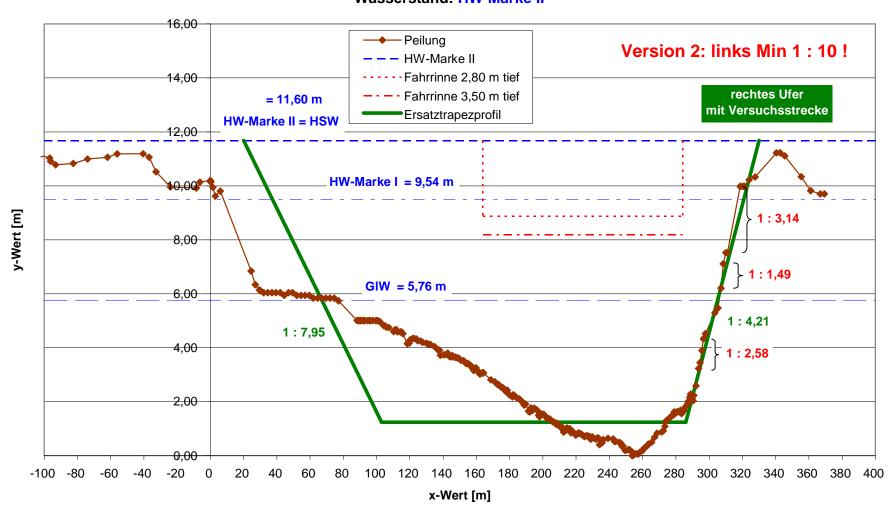


bfg



#### Anlage 8: Ersatztrapezprofile für Berechnungen mit GBBSoft

## Querprofil Rhein-km 440,600 für ETP in GBBSoft Wasserstand: HW-Marke II



bfg

Bundesanstalt für Gewässerkunde Einrichtung einer Versuchsstrecke mit technisch-biologischen Ufersicherungen - Rhein km 440,6 bis km 441,6 -

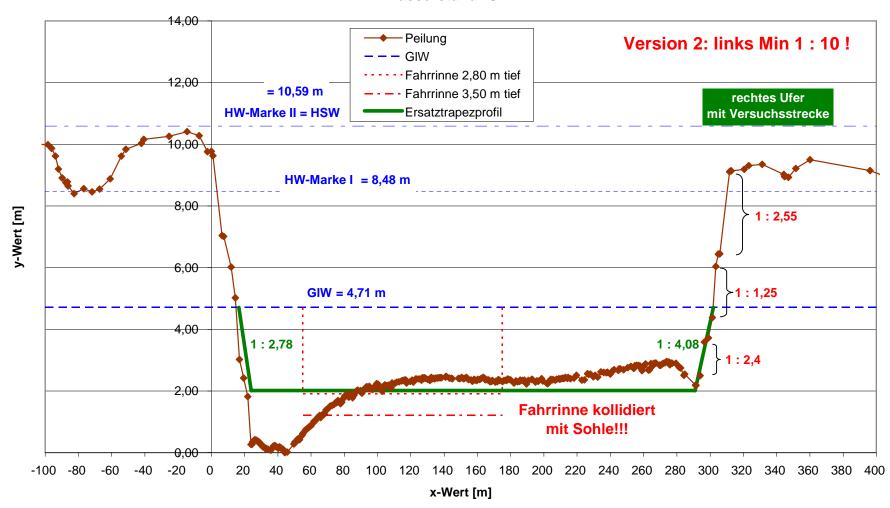
Empfehlungen für die Ausführung der Ufersicherungen

BfG-Nr.:1579 BAW-Nr.: 2.04.10151.00



#### Anlage 8: Ersatztrapezprofile für Berechnungen mit GBBSoft

## Querprofil Rhein-km 441,600 für ETP in GBBSoft Wasserstand: GIW



BAW-Nr.: 2.04.10151.00

- Rhein km 440,6 bis km 441,6 -

bfg

Empfehlungen für die Ausführung der Ufersicherungen

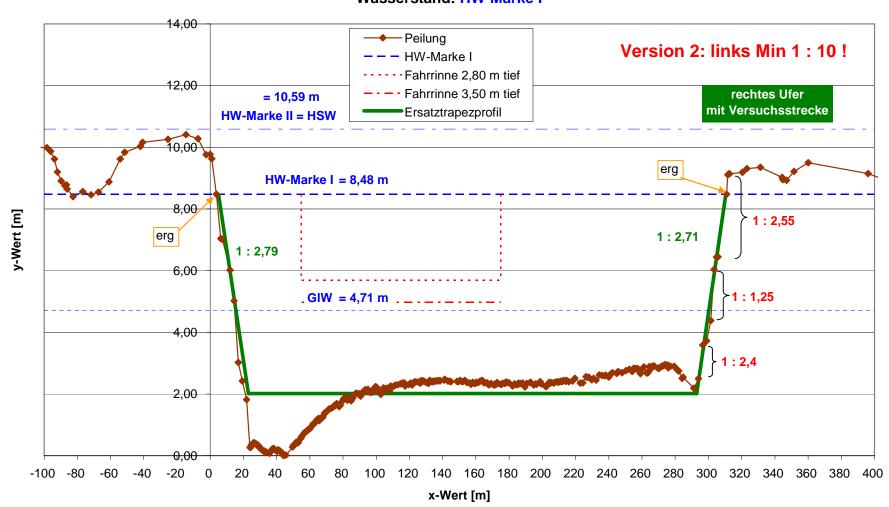
BfG-Nr.:1579



- 5 -

#### Anlage 8: Ersatztrapezprofile für Berechnungen mit GBBSoft

## Querprofil Rhein-km 441,600 für ETP in GBBSoft Wasserstand: HW-Marke I



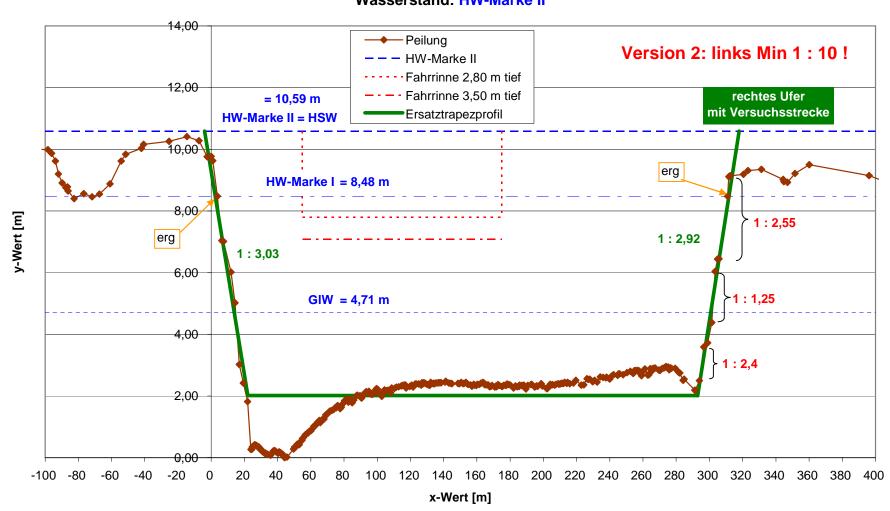
Bundesanstalt für Gewässerkunde Einrichtung einer Versuchsstrecke mit technisch-biologischen Ufersicherungen - Rhein km 440,6 bis km 441,6 -

Empfehlungen für die Ausführung der Ufersicherungen - 6 - BfG-Nr.:1579 BAW-Nr.: 2.04.10151.00



# Anlage 8: Ersatztrapezprofile für Berechnungen mit GBBSoft

# Querprofil Rhein-km 441,600 für ETP in GBBSoft Wasserstand: HW-Marke II





- Rhein km 440,6 bis km 441,6 -

Empfehlungen für die Ausführung der Ufersicherungen

BfG-Nr.:1579 BAW-Nr.: 2.04.10151.00





BfG-Nr.:1579

Bundesanstalt für Gewässerkunde Einrichtung einer Versuchsstrecke mit technisch-biologischen Ufersicherungen - Rhein km 440,6 bis km 441,6 -Empfehlungen für die Ausführung der Ufersicherungen

BAW-Nr.: 2.04.10151.00



# Anlage 9: Strömungsgeschwindigkeiten im Schiffspfad und am Ufer aus HN-Modell W1 – km 440,6 und km 441,6 –

GIW HSW I

Rh-km	Schiff	FRrand	v_Str_Pfad	FRmitte	v_Str_Pfad		FRrand	v_Str_Pfad	FRmitte	v_Str_Pfad	v_Str_Ufer	v_Str_Ufer
		x-orig		x-orig		WWzone	x-orig		x-orig		Höhe GIW	WWzone
		[m]	[m/s]	[m]	[m/s]	[m/s]		[m/s]		[m/s]	[m/s]	[m/s]
440-600	ES	279,25	0,96	224	1,09	0,17	279,25	1,66	224	1,79	1,05	0,24
	GMS, üGMS, SV	278,3	0,98	224	1,09	0,17	278,3	1,69	224	1,79	1,05	0,24
441-600	ES	170,25	0,80	115	0,80	0,29	170,25	1,42	115	1,42	1,07	0,21
	GMS, üGMS, SV	169,3	0,81	115	0,80	0,29	169,3	1,42	115	1,42	1,07	0,21

vom ETP aus HN-Modell W1 Mittel der 3 ufernahen letzten Streifen unter GIW Mittel der 3
letzten
Streifen
unter GIW

Mittel der 3
ufernahen
letzten
Streifen
unter HSW I

Bundesanstalt für Gewässerkunde Einrichtung einer Versuchsstrecke mit technisch-biologischen Ufersicherungen - Rhein km 440,6 bis km 441,6 -Empfehlungen für die Ausführung der Ufersicherungen BfG-Nr.:1579



BAW-Nr.: 2.04.10151.00

-2-

# Anlage 9: Strömungsgeschwindigkeiten im Schiffspfad und am Ufer aus HN-Modell W1 - km 440,6 und km 441,6 -

### HSW II

Rh-km	Schiff	FRrand x-orig	v_Str_Pfad	FRmitte x-orig	v_Str_Pfad	v_Str_Ufer Höhe GW	v_Str_Ufer Höhe HW I	v_Str_Ufer WWzone
			[m/s]		[m/s]	[m/s]	[m/s]	[m/s]
440-600	ES	279,25	2,09	224	2,21	1,5	0,76	0,15
	GMS, üGMS, SV	278,3	2,12	224	2,21	1,5	0,76	0,15
441-600	ES	170,25	1,81	115	1,81	1,19	0,76	0,25
	GMS, üGMS, SV	169,3	1,18	115	1,81	1,19	0,76	0,25

vom ETP aus HN-Modell W1

	Mittel der 3	Mittel der 3
Mittel der 3	ufemahen	ufernahen
letzten	letzten	letzten
Streifen	Streifen	Streifen
unter GIW	unter HSW I	unter HSW II



- Rhein km 440,6 bis km 441,6 -

Empfehlungen für die Ausführung der Ufersicherungen

BfG-Nr.:1579 BAW-Nr.: 2.04.10151.00





Rhein km 440,6 bis km 441,6 -

Empfehlungen für die Ausführung der Ufersicherungen BfG-Nr.:1579 BAW-Nr.: 2.04.10151.00



# Anlage 10: Ergebnisse der Berechnungen mit GBBSoft - schiffserzeugte Belastungsgrößen -

Rhein- km	Wasser- stand	Fahrt- rich- tung	Wasser	neller spiegel- unk	Bug- wellen- höhe	Heck- wellen- höhe	Rück- strömungs- geschwin- digkeit	Geschw. d. Wiederauf- füllungs- strömung	Sekundär- wellen- höhe	Bemes- sungs- stein- durch- messer
			Bug	Heck						
			Max	Max	Max	Max	Max	Max	Max	Max
			Z <sub>a,Bug</sub>	Z <sub>a,Heck</sub>	$H_{u,Bug}$	$H_{u,Heck}$	V <sub>u,Heck</sub>	u <sub>max</sub>	$\{H_{sek}, H_{sek,q}\}$	D <sub>50,bem</sub>
						Sym	bol nach GBB			
			z_a,Bug	z_a,Heck	H_u,Bug	H_u,Heck	vDach_ u,Heck	u_max	{H_sek, H_sek,q}	D_50,bem
						Symb	ol nach GBBSof	t		
[km]	[-]	[-]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m/s]	[m/s]	[m]	[m]
	GIW	Berg	0,75	0,99	0,75	1,10	0,93	1,95	0,39	0,13
		Tal								0,15
440,600	HW I	Berg	0,65	0,79	0,65	0,85	0,33	1,38	0,22	0,10
		Tal	,	0,80	0,00	,,,,,	,		,	0,12
	HW II	Berg	0,63	0,80	0,63	0.84	0,25	1,39	0,20	0,10
		Tal	,	,	,	,	,	1,38	,	0,11
	GIW	Berg	0,19	0,25	0,19	0,30	0,53	1,14	0,14	0,04
		Tal	0,10	0,20	0,10	0,00	0,00	.,	3,11	0,06
441,600	HW I	Berg	0,26	0,32	0,26	0,35	0,28	1,38	0,14	0,06
	1,000 HW I		3,20	5,02	-,-0	2,00	5,20	.,00	5,11	0,08
	HW II	Berg	0,26	0,32	0,26	0,36	0,20	1,39	0,13	0,05
		Tal	-, -	-,-	-, -	-,	-, -	,	-, -	0,08



Werte für hydraulische Berechnungen Werte für geotechnische Berechnungen



- Rhein km 440,6 bis km 441,6 -

Empfehlungen für die Ausführung der Ufersicherungen

BfG-Nr.:1579 BAW-Nr.: 2.04.10151.00







# Anlage 11: Tabellarische Übersicht – Neue alternative Ufersicherungsmaßnahmen

-1-

Rheinabschnitt km – km	Empfohlene Ufersicherung	Beschreibung und Erläuterung	Noch zu klärende oder abzu- stimmende Fragen	Fotografische Aufnahmen am 3.11.2009 (Istzustand)
440,600-440,630 (30 m)	Keine Maßnahme			
440,630-440,800 (170 m)	Bepflanzung der vorhandenen Steinschüttung mit Setzstangen unter Verwendung des anstehenden Bodens und ggf. Alginat  Setzstangen – hier keine Ufersicherungsfunktion, sondern ökologische Verbesserung der technischen Deckwerke  Im Bereich der Einbuchtung (440,630-440,770; 140 m) Errichtung eines vorgelagerten Steinwalls (OK etwa auf MW)	Anordnung der Setzstangen ab MW bis OK Steinschüttung Erhalt der vorhandenen Steinschüttung Integration des bestehenden Bewuchses (außer im Deckwerk vorhandene Pappeln auf Wunsch des WSA, nur Wurzeln bleiben erhalten) Weidensetzstangen mehr im unteren Bereich Pflanzungen der Hartholzaue (ggf. Jungpflanzen aus der näheren Umgebung) im oberen Bereich Bereiche der entfernten Pappeln für Setzstangen nutzen Verfüllung der Zwickel um Setzstangen mit Kies Setzstangen in Gruppen anordnen, versetzt zu derzeit bestehendem Gebüsch der Hartholzaue (HHA) (ggf. zu Beginn Gießen der Setzstangen bei Trockenheit notwendig) Befüllung der erzeugten Flachwasserzone mit Kies/ Sand; Öffnungen im Steinwall für Fischdurchgängigkeit sind gegeben	Wie dick ist die vorhandene Steinschüttung? (Wichtig für erforderliche Länge der Setzstangen)  Prüfen, ob Realisierung eines Steinwalls technisch möglich	
440,800-440,820 (20 m)	Keine Maßnahme	Gestaltung des Übergangsbereichs zwischen verbleibender Steinschüttung und Weidenspreitlagen ab km 440,820 Erhalt der gesunden Ulmen bei km 440,805		
440,820-440,860 (40 m)	Spreitlagen (Weiden), längs zur Fließrichtung verlegt, befestigt mit Holzpflöcken und Draht (Überschüttung mit Boden, wenige cm)	Vollständige Entfernung der Steinschüttung oberhalb des MW-Wasserspiegels, Entfernung des Bewuchses (überwiegend kein erhaltenswerter Bewuchs vorhanden) Eventuell Erhalt der Eschen bei ca. km 440,900 und Silberpappeln bei km 440,925 In jedem Fall Entfernung des Eschenahorns als Neophyt Anordnung der Spreitlagen bis Böschungsoberkante, am unteren Ende und seitlich Einbindung in verbliebene Steinschüttung	Anzustreben ist Materialgewinnung vor Ort (zulässige Zeiten im Land Hessen sind noch zu prüfen)  Können erhaltenswerte Bäume/ Sträucher nach Entfernung der ca. 60 bis 80 cm dicken Steinschüttung überleben? Ggf. auf den Stock setzen.	
440,860-440,880 (20 m)	Keine Maßnahme	Durchlassrohr/ Auslaufbauwerk Steinschüttung bleibt erhalten Übergänge sind zu gestalten		

- 2 -





# Anlage 11: Tabellarische Übersicht – Neue alternative Ufersicherungsmaßnahmen

440,880-440,950 (70 m)	Spreitlagen (Weiden), quer zur Fließ- richtung verlegt, befestigt mit Holzpflö- cken und Draht (Überschüttung mit Boden, wenige cm)	Vollständige Entfernung der Steinschüttung oberhalb des MW-Wasserspiegels, Entfernung des Bewuchses, insbes. Eschenahorn (überwiegend kein erhaltenswerter Bewuchs vorhanden), ggf. Erhalt der Eschen und Silberpappeln Anordnung der Spreitlagen bis Böschungsoberkante, am unteren Ende und seitlich Einbindung in verbliebene Steinschüttung	Anzustreben ist Materialgewinnung vor Ort (zulässige Zeiten im Land Hessen sind noch zu prüfen)	
440,950-441,000 (50 m)	vollständige Überschüttung der vorhanden Steinschüttung mit Kies (ähnlich wie beim Parallelwerk Walsum Stapp) Kies – hier keine Ufersicherungsfunktion, sondern ökologische Verbesserung der technischen Deckwerke	Erhalt der vorhandenen Steinschüttung Derzeit kaum Bewuchs vorhanden (Entfernung der Pappeln im Deckwerk) Keine zusätzliche Gehölzpflanzung z.Zt. ist Böschungsbereich bereits Zwischenlagerfläche für Kies (WSA) ggf. ist eine geringe Abflachung der Böschung möglich Hier könnte ein sog. Ausblick für die Bevölkerung geschaffen werden (mit Infotafel zur Versuchsstrecke)	Dicke der vorhandenen Steinschüt- tung ist noch zu prüfen	
441,000-441,110 (110 m)	2 Abschnitte: - durchgängig Kammerdeckwerke mit zonierter Bepflanzung - separat Röhrichtgabionen (im unteren Böschungsbereich nahe der Mittelwasserlinie)	Vollständige Entfernung der Steinschüttung oberhalb MW-0,5m Kammerdeckwerke bis Böschungsoberkante, Entfernung des Bewuchses (Eichenbüsche erhalten, ggf. auf Stock setzen) Unterschiedliche Bepflanzung der Kammerdeckwerke (Zonierung) Im unteren Bereich Röhrichtgabionen, von MW bis MW-0,5m Röhrichtpflanzung, unterhalb ggf. Sumpfbinsen, oberhalb MW Schlank-Segge/Rohr-Glanzgras/ Rohr-Schwingel-Pflanzung		
441,110-441,125 (15 m)	Keine Maßnahme	Erhalt der alten gepflasterten Treppe aus Sandstein (Denkmalschutz) Bewuchs bleibt erhalten (z.B. Feldulme), nur Pappeln werden entfernt		
441,125-441,200 (75 m)	Abdeckung der vorhandenen Steinschüttung mit Kies (0/32), Begrünung mit Gräser-Kräutermischung/ Bepflanzung (Pflanzenballen) unter Verwendung des anstehenden Bodens und ggf. Alginat, (Pflanzenballen auch Initiale für andere Pflanzen) Begrünung/ Bepflanzung – hier keine Ufersicherungsfunktion, sondern ökologische Verbesserung der technischen Deckwerke	Erhalt der vorhandenen Steinschüttung Erhalt des Bewuchses Verwendung einer einheitlichen Samenmischung für die gesamte Böschung bis zur Oberkante der Steinschüttung	Wie dick ist die vorhandene Steinschüttung?  Prüfen, ob Verringerung der Schichtdicke der Steinschüttung zulässig bzw. möglich?  Welche Kräuter? In der Umgebung gewinnen?	





# Anlage 11: Tabellarische Übersicht – Neue alternative Ufersicherungsmaßnahmen

441,200-441,375 (175 m)	Röhrichte, Einzelpflanzung und Schilfmatten unterschiedlicher Arten in Kombination mit begrünten und bepflanzten Böschungsschutzmatten/ Erosionsschutzmatten (aus Kokos und Kunststoff (Geotextil)), befestigt mit Steckhölzern und/ oder Eisennägeln in einem Teilabschnitt durchgehende Schutzmatte (z.B. aus Kokos) mit Röhrichtbepflanzung, im übrigen Bereich separat Schutzmatte aus Vlies	Vollständige Entfernung der Steinschüttung oberhalb des MW-Wasserspiegels Röhricht im Wasserwechselbereich, darüber Böschungsschutzmatten in diesem Abschnitt verschiedene Varianten im Vergleich: Röhrichtpflanzen und fertige Röhrichtmatten Böschungsschutzmatten aus Kokos und Kunststoff Begrünung und Bepflanzung (im mittleren Bereich Weidensteckhölzer, im oberen Bereich Hartholzaue) Verwendung von wenig wuchskräftigen Weiden (z.B. Purpur-Weide statt Korb- oder Mandel-Weide), um Gefahr einer zu großen Beschattung der Röhrichte entgegen zu wirken Sicherung der unteren Enden der Böschungsschutzmatten zum Röhricht hin durch Wasserbausteine oder Steinblöcke		
441,375-441,475 (100 m)	Erhöhung des bereits vorhandenen Steinwalls wasserseitig des alten Pflas- ters zur Schaffung besserer Randbedin- gungen für bereits vorhandene Röh- richtbestände	Steinwall erhöhen um ca. 0,5 bis 1 m und ggf. etwas in Richtung Rhein zurücksetzen (Flachwasserzone schaffen) Öffnungen im Steinwall für Fischdurchgängigkeit bleiben durch wellenförmige Erhöhung des vorhandenen Steinwalls erhalten Erhalt des vorhandenen Pflasters, Schutz der Pflasterunterkante (vor zunehmender Erosion) durch Steinwall (Überschüttung) Erhalt des Bewuchses (in diesem Abschnitt bereits jetzt besonders artenreich) lokale Sand-Kieseinfüllungen in Steinschüttung (z.B. von km 441,425 bis 441,450 oberhalb der Kopfweiden) für natürliche Sukzession	Prüfen der Möglichkeit, den vor- handenen Steinwall Richtung Rhein zu verschieben	
441,475-441,600 (125 m)	Vollständige Entsteinung ("Nulllösung") Ohne neue Ufersicherungsmaßnahmen	Vollständige Entfernung der Steinschüttung oberhalb des MW-Wasserspiegels Entfernung des Bewuchses, auch der großen Pappeln auf dem angrenzenden Gelände bis zum Weg Große Einzelsteine als Strukturelemente anordnen  Übergangsbereiche rechts und links zu bestehenden Steinschüttungen gestalten Begrenztes Zulassen von Böschungsabflachungen/ Erosion		

- 3 -



- Rhein km 440,6 bis km 441,6 -

Empfehlungen für die Ausführung der Ufersicherungen

BfG-Nr.:1579 BAW-Nr.: 2.04.10151.00



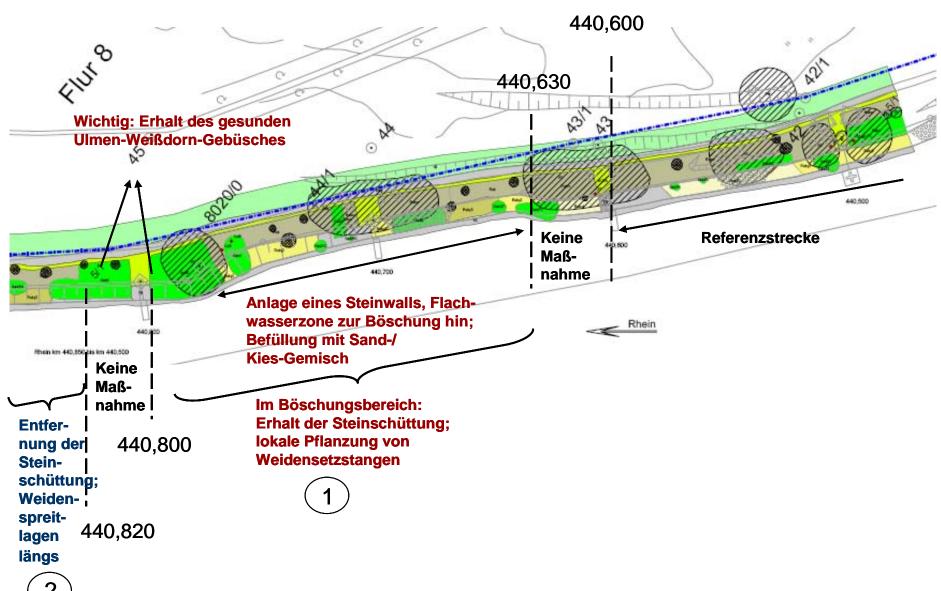


Einrichtung einer Versuchsstrecke mit technisch-biologischen Ufersicherungen - Rhein km 440,6 bis km 441,6 Empfehlungen für die Ausführung der Ufersicherungen



BfG-Nr.:1579 BAW-Nr.: 2.04.10151.00

### Anlage 12.0: Geplante Ufersicherungsmaßnahmen 1 bis 9 in einer Gesamtübersicht (Biotoptypenkarte, siehe Anlage 15)



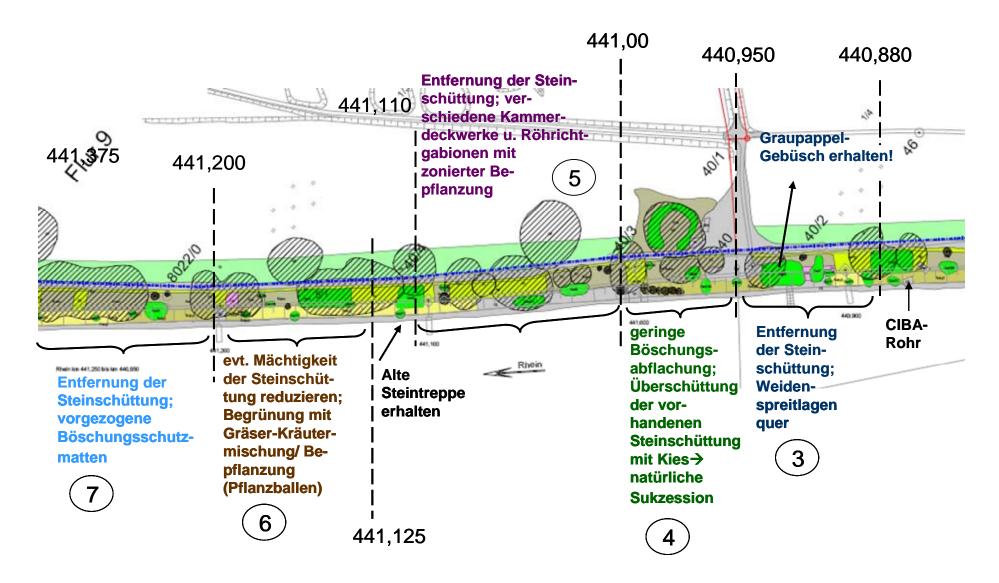
Empfehlungen für die Ausführung der Ufersicherungen

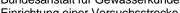
Einrichtung einer Versuchsstrecke mit technisch-biologischen Ufersicherungen - Rhein km 440,6 bis km 441,6

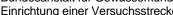


BfG-Nr.:1579 BAW-Nr.: 2.04.10151.00

Anlage 12.0: Geplante Ufersicherungsmaßnahmen 1 bis 9 in einer Gesamtübersicht (Biotoptypenkarte, siehe Anlage 15)







BfG-Nr.:1579

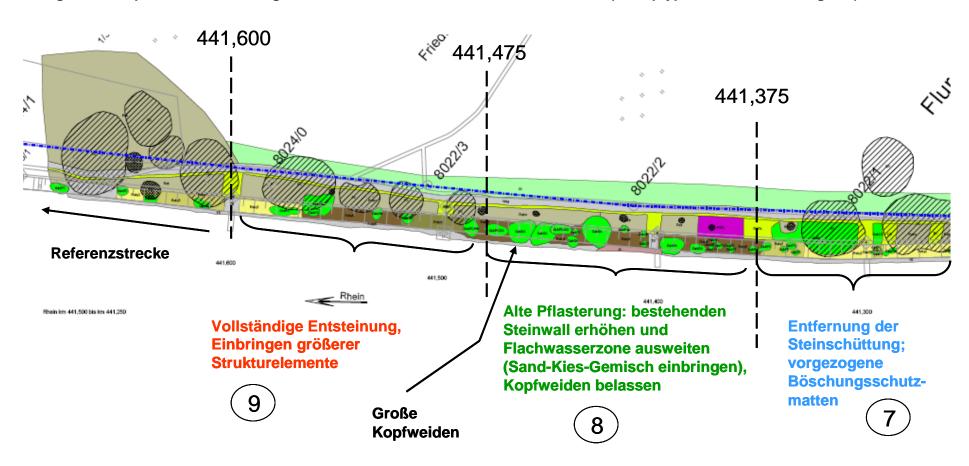
bfg

Einrichtung einer Versuchsstrecke mit technisch-biologischen Ufersicherungen - Rhein km 440,6 bis km 441,6 Empfehlungen für die Ausführung der Ufersicherungen



BAW-Nr.: 2.04.10151.00

### Anlage 12.0: Geplante Ufersicherungsmaßnahmen 1 bis 9 in einer Gesamtübersicht (Biotoptypenkarte, siehe Anlage 15)





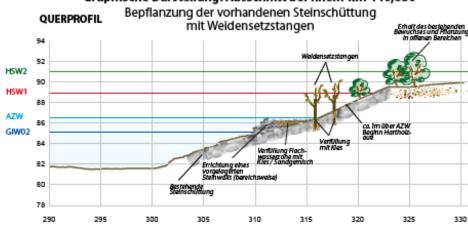
- Rhein km 440,6 bis km 441,6 -

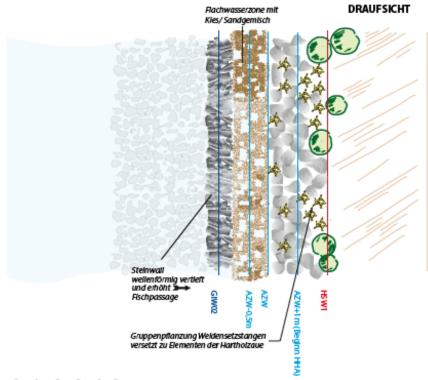
Empfehlungen für die Ausführung der Ufersicherungen BfG-Nr.:1579 BAW-Nr.: 2.04.10151.00



## Geplante Ufersicherungsmaßnahmen 1 bis 9 in Einzelansicht Anlage 12.1

#### Variante 1 geplant für Rhein-km-Abschnitt 440,630 bis 440,800 Graphische Darstellung: Ausschnitt bei Rhein-km 440,650







Maßstab:Querprofil / Darstellung 1:200/1:100 Draufsicht/ Darstellung 1:200/1:200









- Rhein km 440,6 bis km 441,6 -

Empfehlungen für die Ausführung der Ufersicherungen BfG-Nr.:1579

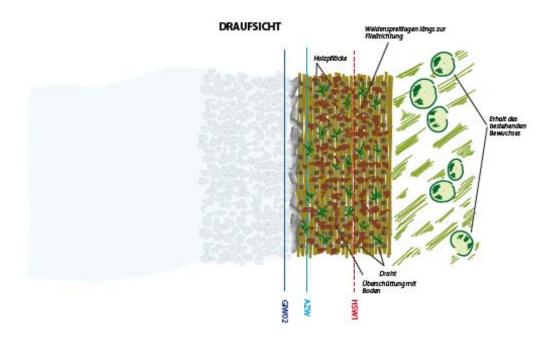


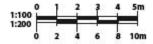


#### Anlage 12.2

#### Variante 2 geplant für Rhein-km-Abschnitt 440,820 bis 440,860 Graphische Darstellung: Ausschnitt bei Rhein-km 440,850

















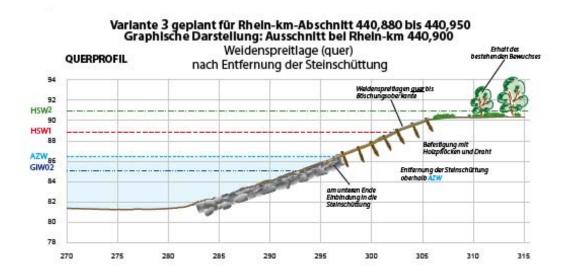
- Rhein km 440,6 bis km 441,6 -

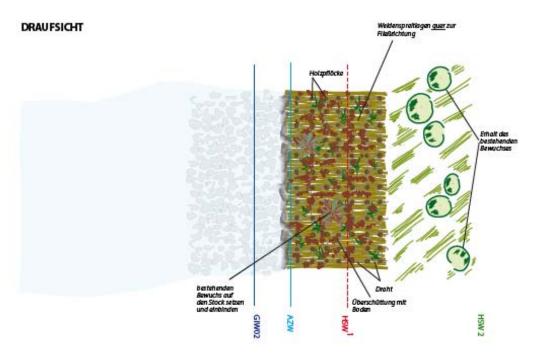
Empfehlungen für die Ausführung der Ufersicherungen

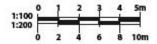




#### Anlage 12.3







Maßstab: Querprofil / Darstellung 1:200/1:100 Draufsicht/ Darstellung 1:200/1:200









Rhein km 440,6 bis km 441,6 -

Empfehlungen für die Ausführung der Ufersicherungen BfG-Nr.:1579



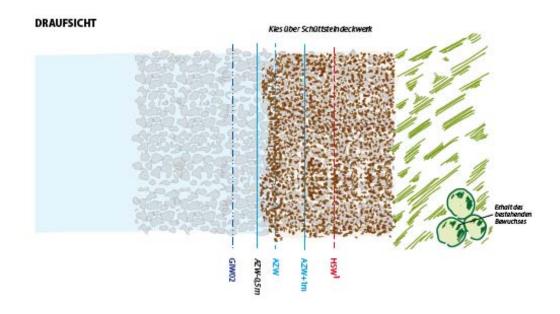
**BAW** 

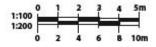
BAW-Nr.: 2.04.10151.00

#### Anlage 12.4

## Variante 4 geplant für Rhein-km-Abschnitt 440,950 bis 441,000 Graphische Darstellung: Ausschnitt bei Rhein-km 440,975







Maßstab: Querprofil / Darstellung 1:200/1:100 Draufsicht/ Darstellung 1:200/1:200







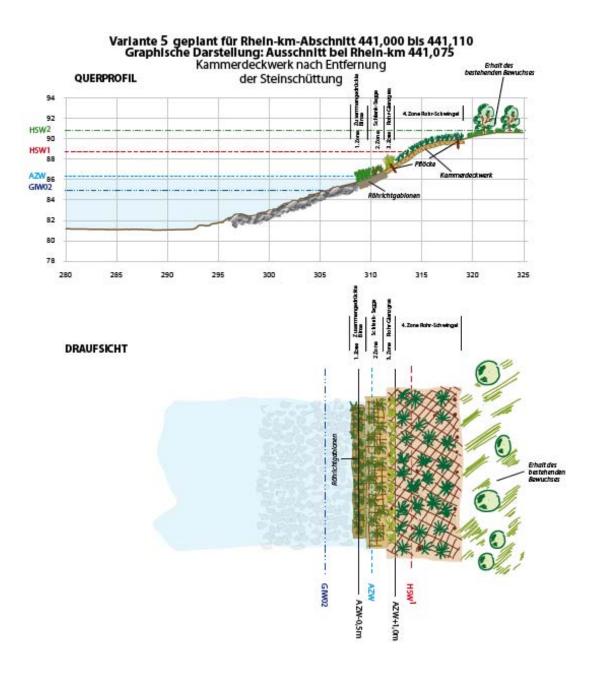


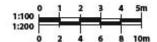
- Rhein km 440,6 bis km 441,6 -

Empfehlungen für die Ausführung der Ufersicherungen BfG-Nr.:1579 BAW-Nr.: 2.04.10151.00



#### Anlage 12.5





Maßstab:Querprofil / Darstellung 1:200/1:100 Draufsicht/ Darstellung 1:200/1:200









- Rhein km 440,6 bis km 441,6 -

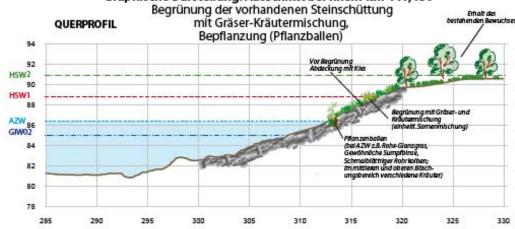
Empfehlungen für die Ausführung der Ufersicherungen BfG-Nr.:1579

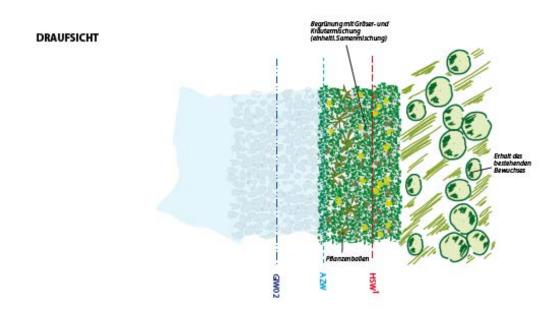


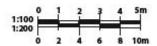
**BAW** 

#### Anlage 12.6

Variante 6 geplant für Rhein-km-Abschnitt 441,125 bis 441,200 Graphische Darstellung: Ausschnitt bei Rhein-km 441,150







Maßstab: Querprofil / Darstellung 1:200/1:100 Draufsicht/ Darstellung 1:200/1:200



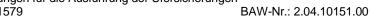






Rhein km 440,6 bis km 441,6 -

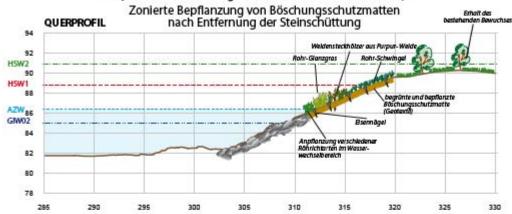
Empfehlungen für die Ausführung der Ufersicherungen BfG-Nr.:1579

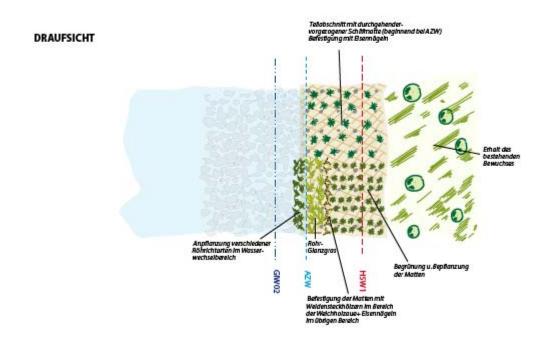


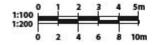


#### Anlage 12.7

### Variante 7 geplant für Rhein-km-Abschnitt 441,200 bis 441,375 Graphische Darstellung: Ausschnitt bei Rhein-km 441,250







Maßstab : Querprofil / Darstellung 1:200/1:100 Draufsicht/ Darstellung 1:200/1:200









- Rhein km 440,6 bis km 441,6 -

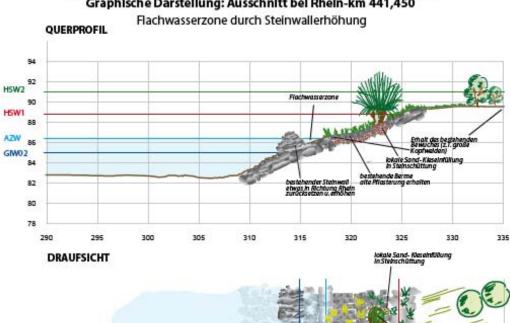
Empfehlungen für die Ausführung der Ufersicherungen

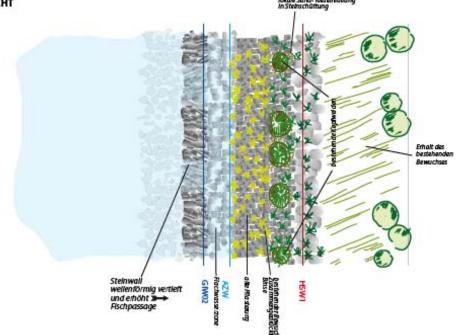


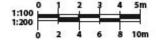


#### Anlage 12.8

#### Variante 8 geplant für Rhein-km-Abschnitt 441,375 bis 441,475 Graphische Darstellung: Ausschnitt bei Rhein-km 441,450







Maßstab: Querprofil / Darstellung 1:200/1:100 Draufsicht/ Darstellung 1:200/1:200



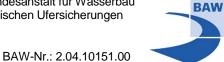




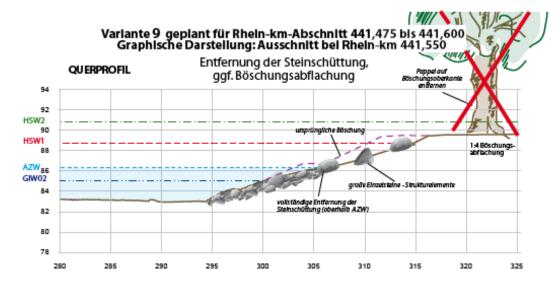


- Rhein km 440,6 bis km 441,6 -

Empfehlungen für die Ausführung der Ufersicherungen BfG-Nr.:1579

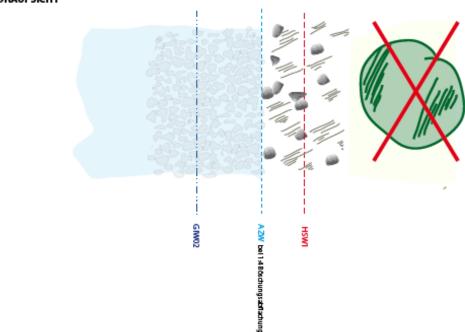


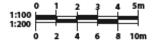
#### Anlage 12.9



### Natürliche Uferentwicklung zulassen

#### DRAUFSICHT





Maßstab: Querprofil / Darstellung 1:200/1:100 Draufsicht/ Darstellung 1:200/1:200









- Rhein km 440,6 bis km 441,6 -

Empfehlungen für die Ausführung der Ufersicherungen

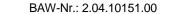
BfG-Nr.:1579 BAW-Nr.: 2.04.10151.00





Einrichtung einer Versuchsstrecke mit technisch-biologischen Ufersicherungen - Rhein km 440,6 bis km 441,6

Empfehlungen für die Ausführung der Ufersicherungen





#### Anlage 13: Übersicht geeigneter Pflanzenarten für die Versuchsstrecke

Auflistung von Pflanzen, die potenziell für ein Einbringen in die Versuchsstrecke geeignet sind (vgl. Tabelle 1). Relevant für folgende Varianten, in denen Pflanzungen geplant sind:

Variante 1: Weidensetzstangen

BfG-Nr.:1579

Variante 2 und 3: Weidenspreitlagen

Variante 5: verschiedene Kammerdeckwerke und Röhrichtgabionen

Variante 6: Begrünung der bestehenden Steinschüttung mit Gräser-/Kräutermischung/Bepflanzung (Pflanzballen)

Variante 7: Begrünte Böschungsschutzmatten

Tabelle 1: Auflistung von Pflanzen, die potenziell für ein Einbringen in die Versuchsstrecke geeignet sind

Wissenschaftl.	Deutscher	Zielvegetation	Zone des	Art des Einbringens	Bemerkungen
Name	Name		Einbringens		
Agrostis stolo-	Weißes Strauß-	Niedrigwüchsi-	unterhalb MW	flächige Bepflanzung von	Auch als Bestandteil von Saatmischungen für mittlere und obere
nifera	gras	ger Flutrasen		Matten und Gabionen	Böschung, geeigneter Röhricht-Unterwuchs
Juncus	Platthalm-Binse	Niedriger Flut-	unterhalb MW	flächige Bepflanzung von	typische Art gepflasterter Ufersicherungen
compressus		rasen		Matten und Gabionen	
Eleocharis	Gewöhnliche	Kleinröhricht	unterhalb MW	flächige Bepflanzung von	unklar, ob lange Überflutungen vertragen werden – andere
palustris	Sumpfsimse			Matten und Gabionen	Eleocharis-Art verwenden?
Schoenoplectus	Gewöhnliche	Röhricht	unterhalb MW	Gruppenpflanzung in Matten	evtl. keine gute Ufersicherungsfunktion, Widerstand gegen
lacustris	Teichsimse			und Gabionen, Bulte	Strömung unklar
Typha angusti-	Schmalblättriger	Röhricht	unterhalb MW	Einzel- und Gruppenpflanzung	
folia	Rohrkolben		bis MW	in Matten und Gabionen	
Phragmites	Schilf	Röhricht	Bereich MW	flächige Bepflanzung von	Toleranz Röhrichtpflanzung v=2,0-2,5 m/s, Schubspannung 55-
australis				Matten und Gabionen	65 N/m²
Iris pseudaco-	Sumpf-	Röhricht	Bereich MW	Bulte, Einzelpflanzung in	nur Einzelpflanzen zur Strukturbereicherung
rus	Schwertlilie			Matten und Gabionen	



Bundesanstalt für Gewässerkunde
Einrichtung einer Versuchsstrecke mit technisch-biologischen Ufersicherungen - Rhein km 440,6 bis km 441,6
Empfehlungen für die Ausführung der Ufersicherungen
BfG-Nr.:1579
BAW-N Bundesanstalt für Wasserbau

BAW-Nr.: 2.04.10151.00



Wissenschaftl.	Deutscher	Zielvegetation	Zone des	Art des Einbringens	Bemerkungen
Name	Name		Einbringens		
Phalaris arun-	Rohr-Glanzgras	Röhricht	oberhalb MW	flächige Bepflanzung von	erträgt 50-150 Tage Überflutung
dinacea			bis mittlere	Matten und Gabionen, Einsaat	
			Böschung		
Carex acuta	Schlank-Segge	Seggenried	oberhalb MW	Gruppenpflanzung Bulte, evtl.	große Bedeutung für Uferschutz bei groben Substraten
			bis mittlere	auch flächige Bepflanzung	
			Böschung	von Matten und Gabionen	
Carex riparia	Ufer-Segge	Seggenried	oberhalb MW	Gruppenpflanzung Bulte, evtl.	Eignung Carex acutiformis und weiterer Sauergräser prüfen
			bis mittlere	auch flächige Bepflanzung	
			Böschung	von Matten und Gabionen	
Festuca arundi-	Rohr-Schwingel	Hochwüchsiger	mittlere und	Bulte, Gruppenpflanzung,	
nacea		Flutrasen	obere Bö-	Einsaat	
			schung		
Elymus repens	Kriech-Quecke	Hochwüchsiger	mittlere und	Einsaat	
		Flutrasen	obere Bö-		
			schung		
Alopecurus	Wiesen-	Hochwüchsiger	mittlere und	Einsaat	
pratensis	Fuchsschwanz	Flutrasen	obere Bö-		
			schung		
Deschampsia	Rasen-Schmiele	Hochwüchsiger	mittlere und	Bulte, Gruppenpflanzung	evtl. gegenüber hochwüchsigen Gräsern nicht konkurrenzkräf-
cespitosa		Flutrasen	obere Bö-		tig, Möglichkeiten der Einsaat prüfen
			schung		
Holcus lanatus	Wolliges Ho-	Hochwüchsiger	mittlere und	Einsaat	
	niggras	Flutrasen	obere Bö-		
			schung		



## Bundesanstalt für Gewässerkunde Einrichtung einer Versuchsstrecke mit technisch-biologischen Ufersicherungen - Rhein km 440,6 bis km 441,6 Empfehlungen für die Ausführung der Ufersicherungen BfG-Nr.:1579 BAW-N Bundesanstalt für Wasserbau



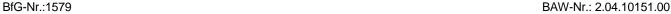


Wissenschaftl.	Deutscher	Zielvegetation	Zone des	Art des Einbringens	Bemerkungen
Name	Name		Einbringens		
Lolium perenne	Lolch	Hochwüchsiger	mittlere und	Einsaat	
		Flutrasen	obere Bö-		
			schung		
Salix viminalis	Korb-Weide	Weidengebüsch	MW bis mitt-	Steckhölzer, Setzstangen,	Spreitlage bis obere Böschung einbauen
			lere (obere)	Spreitlagen, (Faschinen?)	
			Böschung		
Salix triandra	Mandel-Weide	Weidengebüsch	MW bis mitt-	Steckhölzer, Setzstangen,	Spreitlage bis obere Böschung einbauen
			lere (obere)	Spreitlagen, (Faschinen?)	
			Böschung		
Salix purpurea	Purpur-Weide	Weidengebüsch	MW bis mitt-	Steckhölzer, Setzstangen,	Spreitlage bis obere Böschung einbauen
			lere (obere)	Spreitlagen, (Faschinen?)	
			Böschung		
Cornus sangui-	Roter Hartriegel	Gebüsch Hart-	obere Bö-	Gruppenpflanzung	
nea		holzaue	schung		
Acer cam-	Feld-Ahorn	Gebüsch Hart-	obere Bö-	Gruppenpflanzung	
pestris		holzaue	schung		
Euonymus	Gewöhnliches	Gebüsch Hart-	obere Bö-	Gruppenpflanzung	
europaea	Pfaffenhütchen	holzaue	schung		
Viburnum	Gewöhnlicher	Gebüsch Hart-	obere Bö-	Gruppenpflanzung	
opulus	Schneeball	holzaue	schung		
Sambucus	Holunder	Gebüsch Hart-	obere Bö-	Gruppenpflanzung	Verträgt keine lang andauernden Überflutungen, unklar, warum
nigra		holzaue	schung		alte Individuen oben auf der Böschung überleben
Lonicera xy-	Rote Hecken-	Gebüsch Hart-	obere Bö-	Gruppenpflanzung	
losteum	kirsche	holzaue	schung		
Acer cam-	Feld-Ahorn	Gebüsch Hart-	obere Bö-	Gruppenpflanzung	
pestris		holzaue	schung		



Einrichtung einer Versuchsstrecke mit technisch-biologischen Ufersicherungen - Rhein km 440,6 bis km 441,6

Empfehlungen für die Ausführung der Ufersicherungen





Weitere Röhrichtarten/Uferstauden, die zur Schaffung von Strukturvielfalt und zur Bereicherung einzelner Pflanzzonen im Wasserwechselbereich eingebracht werden können (und derzeit z. T. schon natürlicherweise an vereinzelten Stellen im Uferbereich vorkommen):

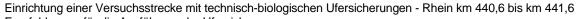
- Lythrum salicaria (Blut-Weiderich)
- Mentha aquatica (Wasser-Minze)
- Lycopus europaeus (Ufer-Wolfstrapp)
- Scutellaria galericulata (Sumpf-Helmkraut)
- Filipendula ulmaria (Echtes Mädesüß)
- Stachys palustris (Sumpf-Ziest)
- Eupatorium cannabinum (Wasserdost)
- Angelica sylvestris (Wald-Engelwurz)
- Cirsium palustre (Sumpf-Distel)
- Achillea ptarmica (Sumpf-Schafgarbe)
- Symphytum officinale (Arznei-Beinwell)

Weitere krautige Arten und Gräser, die für eine Pflanzung im Weichholzauenbereich (MW bis MW+1m) in Betracht kommen:

- Potentilla anserina (Gänse-Fingerkraut)
- Potentilla reptans (Kriechendes Fingerkraut)
- Ranunculus repens (Kriechender Hahnenfuß)
- Trifolium repens (Weiß-Klee)
- Alopecurus geniculatus (Knick-Fuchsschwanzgras)
- Polygonum aviculare (Vogel-Knöterich)
- Rorippa sylvestris (Wilde Sumpfkresse)
- Juncus effusus (Flatter-Binse)
- Lysimachia vulgaris (Gewöhnlicher Gilb-Weiderich)
- Scrophularia nodosa (Knotige Braunwurz)
- Poa palustris (Sumpf-Rispengras)
- Thalictrum flavum (Gelbe Wiesenraute)
- Valeriana officinalis (Echter Arznei-Baldrian)

bfg





Empfehlungen für die Ausführung der Ufersicherungen

BfG-Nr.:1579 BAW-Nr.: 2.04.10151.00



Galium palustre (Sumpf-Labkraut)

Weitere krautige Arten und Gräser, die für eine Pflanzung im Hartholzauenbereich (ab MW+1m) in Betracht kommen:

- Arrhenatherum elatius (Gewöhnlicher Glatthafer)
- Galium mollugo (Wiesen-Labkraut)
- Achillea millefolium (Gewöhnliche Wiesen-Schafgarbe)
- Festuca pratensis (Wiesen-Schwingel)
- Dactylis glomerata (Gewöhnliches Knaulgras)
- Anthriscus sylvestris (Wiesen-Kerbel)
- Centaurea jacea (Wiesen-Flockenblume)
- Crepis biennis (Wiesen-Pippau)
- Knautia arvensis (Wiesen-Witwenblume)
- Phleum pratense (Wiesen-Lieschgras)
- Solanum dulcamara (Bittersüßer Nachtschatten)



Bundesanstalt für Gewässerkunde

Bundesanstalt für Wasserbau Einrichtung einer Versuchsstrecke mit technisch-biologischen Ufersicherungen - Rhein km 440,6 bis km 441,6

Empfehlungen für die Ausführung der Ufersicherungen

BfG-Nr.:1579 BAW-Nr.: 2.04.10151.00



### Ergänzung

Für jedes Substrat existiert eine kritische Grenzschleppspannung bei deren Überschreitung das Substrat von der Strömung aufgenommen und transportiert wird (siehe Tabelle).

Tabelle entnommen aus DUNKER, D., HERMANN, L. & SEIDEL, V. (Zugang 10.11.09): Naturnaher Wasserbau. Naturnah und erfolgssicher http://www.oekon-vegetationstechnik.de/oekon/content/Handbuch.html

Material/Bepflanzung	Grenzschleppspannung in N/m²
Sand bzw. feiner Kies	8-10
Rasen, länger belastet	15-18
Rasen kurz belastet	20-30
Röhricht	30-40
Spreitlage	35-45
Geröll, d- 50-100mm	40-60
Erosionsschutzmatte	80-400
Steinpflaster/Deckwerke je nach Dicke	70-200

Grenzschleppspannung für verschiedene Materialien



- Rhein km 440,6 bis km 441,6 -

Empfehlungen für die Ausführung der Ufersicherungen

BfG-Nr.:1579 BAW-Nr.: 2.04.10151.00





Bundesanstalt für Gewässerkunde

Bundesanstalt für Wasserbau Einrichtung einer Versuchsstrecke mit technisch-biologischen Ufersicherungen - Rhein km 440,6 bis km 441,6

Empfehlungen für die Ausführung der Ufersicherungen

BfG-Nr.:1579 BAW-Nr.: 2.04.10151.00



#### Anlage 14: Grobe Abschätzung der Kosten zum Bau der Versuchsstrecke

auf Grundlage von Literaturangaben, ausgegangen von einer mittleren Böschungshöhe von 12m

Variante Nr.	was	km von - bis	Länge [m]	Breite [m]	Fläche [m²]	Bemerkung	Kosten €pro m²	Kosten insg. Inkl. MwSt
						Integration des bestehenden Bewuchses, Verfüllung		
4	0-11	440,000,440,000	4.70	40	0.040	der Zwickel um Setzstangen mit Kies, Befüllung der		70.50
1	Setzstangen	440,630-440,800	170	12	2.040	erzeugten Flachwasserzone mit Kies	00	79.56
						Verfüllung mit Kies (20% der Fläche) Setzstangen (2-3 Stk./m²)	20 35	
	Spreitlage (Weiden)	I440 000 440 000 I	40	1 40	100	,		70.00
2	Spreitiage (Weiden)	440,820-440,860	40	12	480	Entfernen des Bewuchses (20% der Fläche)	50 60	72.00
						Entfernung Steinschüttung Bau Spreitlage	80	
	Spreitlage (Weiden)	1440 000 440 050 1	70	40	0.40			100.00
3	Spreitiage (weiden)	440,880-440,950	70	12	840	Entfernen des Bewuchses (20% der Fläche)	50	126.000
						Entfernung Steinschüttung	60 80	
	Lucillată adigo. Î la aroca îtt	1		1	ı	Bau Spreitlage	80	
	vollständige Überschüttung	440.050.444.000	50	40	000	Fatfaraus des Dans els		40.00
4	mit Kies	440,950-441,000	50	12	600	Entfernung der Pappeln	50	18.00
						Entfernung Bewuchs (20% der Fläche) Verfüllung mit Kies	50 20	
				1	1	Ü	20	
	Kammerdeckwerke		4.40	4.0	4.000	Vollst. Entfernung der Steinschüttung oberhalb		450.40
5	mit Röhrichtgabione	441,000-441,110	110	12	1.320	MW-0,5m, Entfernung des Bewuchs,		158.400
						Entfernung Bewuchs (20% der Fläche)	50	
						Entfernung Steinschüttung	60	
						Kammerdeckwerk	50	
	Abdeckung Steinschüttung							
6	mit Kies, Begrünung	441,125-441,200	75	12	900			72.000
						Verfüllung mit Kies	20	
						Begrünung	60	
	Röhrichte, Einzelpflanzung					Entfernung Steinschüttung oberhalb MW, Sicherung		
	und Schilfmatten in Kombi.					der unteren Enden der Böschungsschutzmatten		
	mit begrünten und bepflanzten					zum Röhricht hin durch Wasserbausteine oder		
7	Böschungsschutzmatten	441,200-441,375	175	12	2.100	Steinblöcke		252.00
				,	,	Entfernung Bewuchs (20% der Fläche)	50	
						Entfernung Steinschüttung	60	
						Röhrichtmatten/ Böschungsschutzmatten	50	
	Erhöhung des bereits							
8	vorhandenen Steinwalls	441,375-441,475	100	12	1.200	lokale Sand-Kieseinfüllungen in Steinschüttung		64.000
						Verfüllung mit Kies	20	
						Steinwallerhöhung (1m²/ lfm)	400	
						Vollst. Entfernung der Steinschüttung oberhalb MW,		
	Vollständige Entsteinung					Entfernung des Bewuchses (auch Pappeln), große		
9	("Nulllösung")	441,475-441,600	125	12	1.500	Einzelsteine als Strukturelemente anordnen		105.75
						Entfernung Bewuchs (20% der Fläche)	50	
						Entfernung Steinschüttung	60	
						Steine (5% der Fläche)		

Summe €

947.710

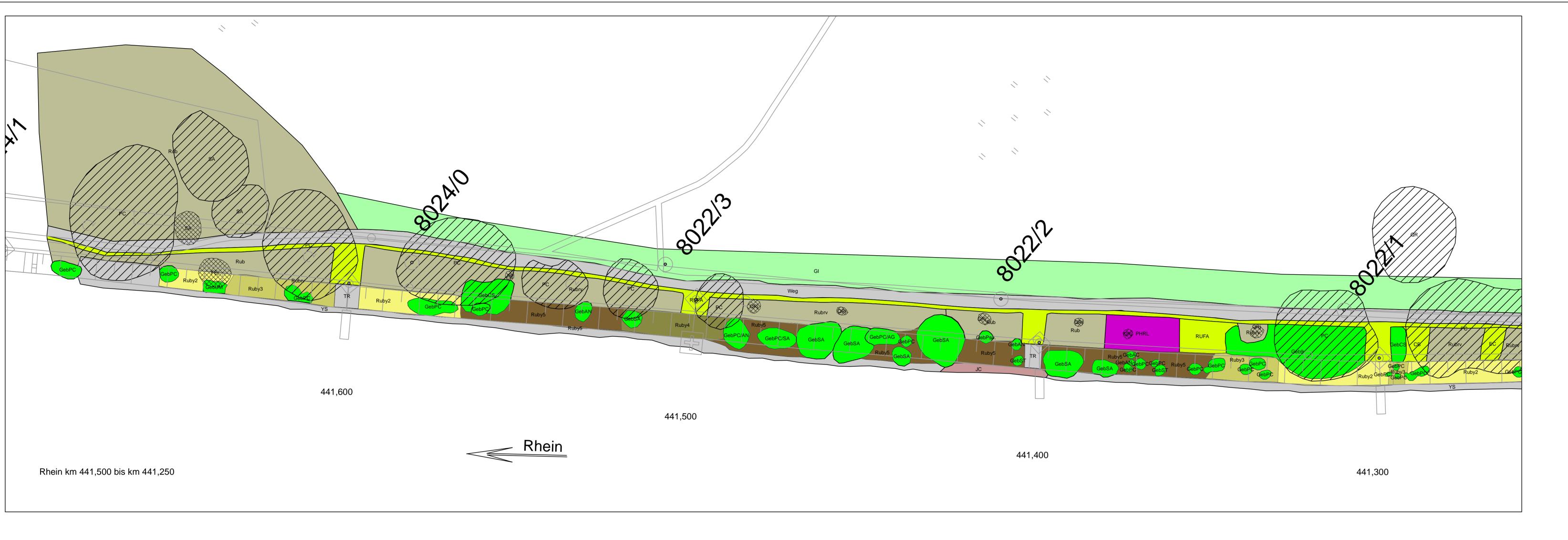


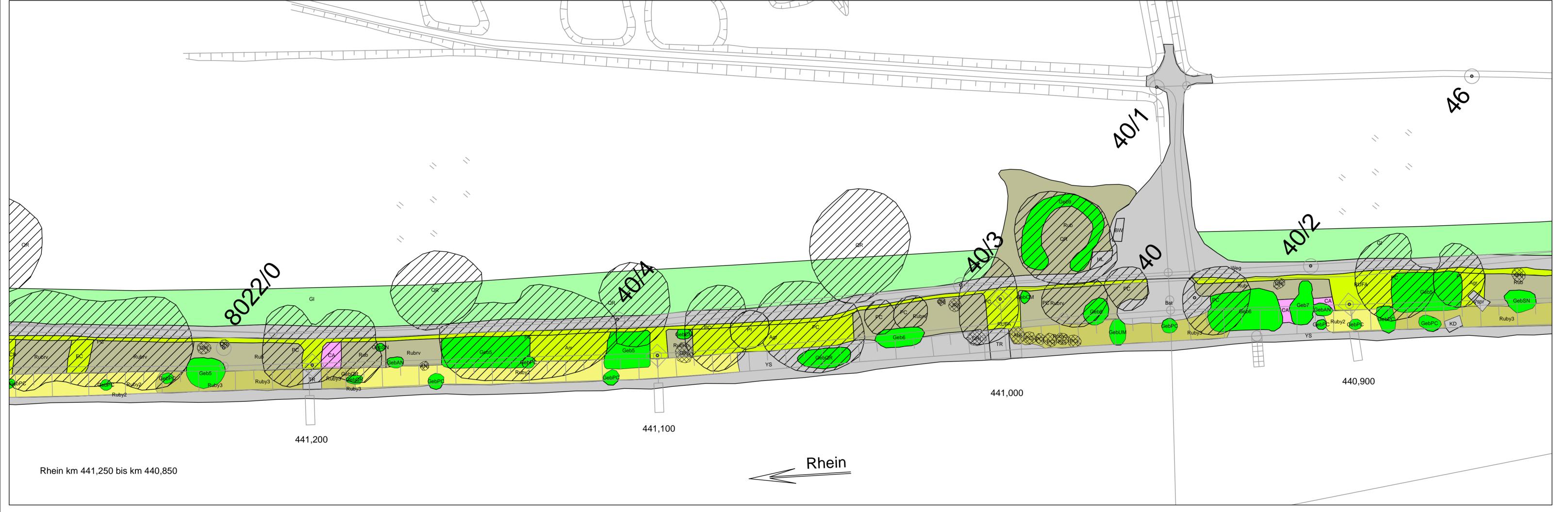
- Rhein km 440,6 bis km 441,6 -

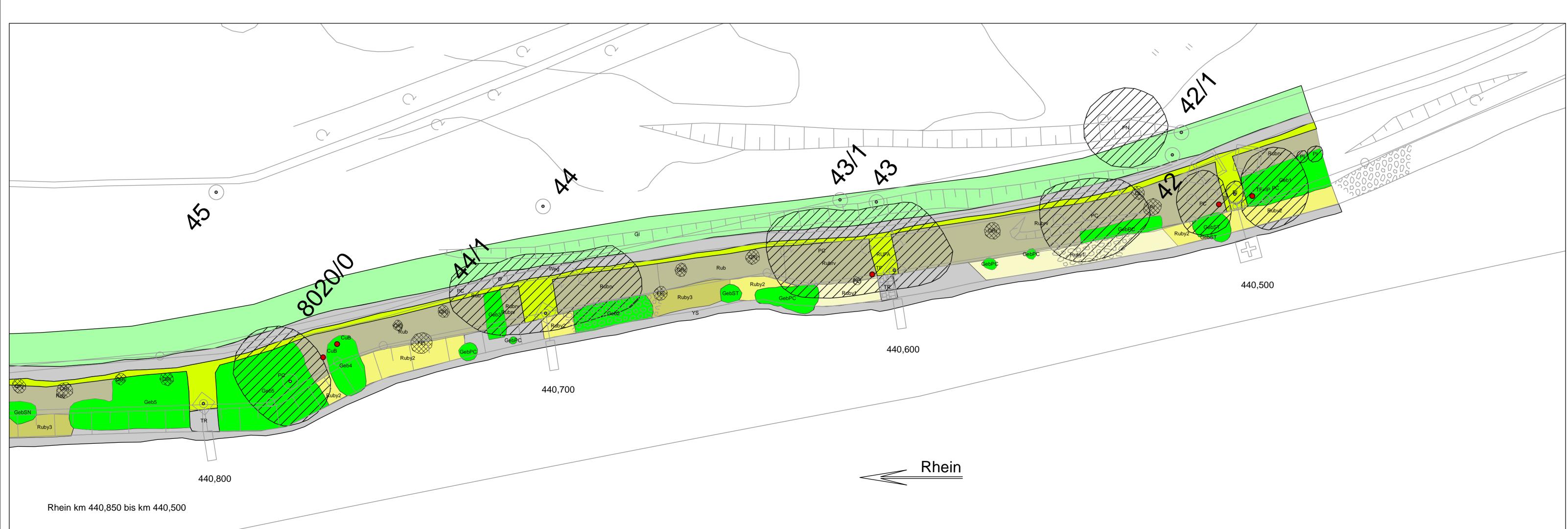
Empfehlungen für die Ausführung der Ufersicherungen

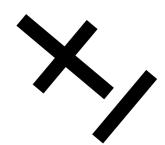
BfG-Nr.:1579 BAW-Nr.: 2.04.10151.00











# Legende

Taubenkropf (Cucubalus baccifer)

Gelbe Wiesenraute (Thalictrum flavum) + Sumpf-Schwertlilie (Iris pseudacorus)

### Einzelbäume mit geringem Überschirmungsgrad

Eschen-Ahorn (Acer negundo) Gewöhnliche Esche (Fraxinus excelsior)

Walnuss (Juglans regia)

Pyramiden-Pappel (Populus italica)

Stiel-Eiche (Quercus robur) Flatter-Ulme (Ulmus laevis)

## Einzelbäume mit hohem Überschirmungsgrad

Bastard-Hybrid-Pappel (Populus x canadensis)

Pyramiden-Pappel (Populus italica)

Schwarz-Pappel (Verdachtsbaum) (Populus cf nigra) Stiel-Eiche (Quercus robur)

Flutrasen mit Zusammengedrückter Binse

Weißdorn-Ulmen-Gebüsch

Gebüsch mit Hybrid-Pappel, Eschen-Ahorn und Stiel-Eiche

Weißdorn-Hartriegel-Gebüsch mit Hopfen

Schlehen-Gebüsch Feld-Ulmen-Gebüsch mit Weißdorn

Grau-Pappel-Gebüsch mit Hybrid-Pappel Eschen-Gebüsch mit Wildobst und Weißdorn

Pfaffenhütchen-Gebüsch mit Weißdorn

Hybrid-Pappel-Ulmen-Gebüsch mit Weißdorn und Hopfen Feld-Ahorn-Gebüsch

Eschen-Ahorn-Gebüsch

Weißdorn-Gebüsch Hartriegel-Gebüsch Hybrid-Pappel-Gebüsch

GebPC/AG Hybrid-Pappel-/Grau-Erlen-Gebüsch GebPC/AN Hybrid-Pappel-/Eschen-Ahorn-Gebüsch

GebPC/SA Hybrid-Pappel-/Grau-Weiden-Gebüsch Wildobst-Gebüsch

Stiel-Eichen-Gebüsch Gebüsch aus Kopfweiden

Holunder-Gebüsch Mandel-Weiden-Gebüsch

Feld-Ulmen-Gebüsch

Kratzbeer-Gestrüpp, artenarm Kratzbeer-Gestrüpp, artenreich, verbuscht

Kratzbeergestrüpp auf Ufersicherung Deckung < 5%

Kratzbeergestrüpp auf Ufersicherung Deckung 5-30%

Kratzbeergestrüpp auf Ufersicherung Deckung 30-60%

Kratzbeergestrüpp auf Ufersicherung Deckung 60-100% Kratzbeergestrüpp auf Ufersicherung Deckung 100%

## <u>Großseggenriede</u>

Schlank-Seggenried mit Kratzbeere

Auengrünland, intensiv genutzt

# Schilf-Landröhricht

Ruderal-, Hochstauden- und Uferfluren Grasreiche Ruderalflur mit Quecken-Dominanz

Grasreiche Ruderalflur mit Glatthafer-Dominanz

Grasreiche Ruderalflur mit Knolligem Kälberkropf und Kratzbeere Grasreiche Ruderalflur mit Zypressen-Wolfsmilch und Kratzbeere Grasreiche Ruderalflur, regelmäßig gemäht

## Wege, vegetationslose Ufersicherungen, Bauflächen

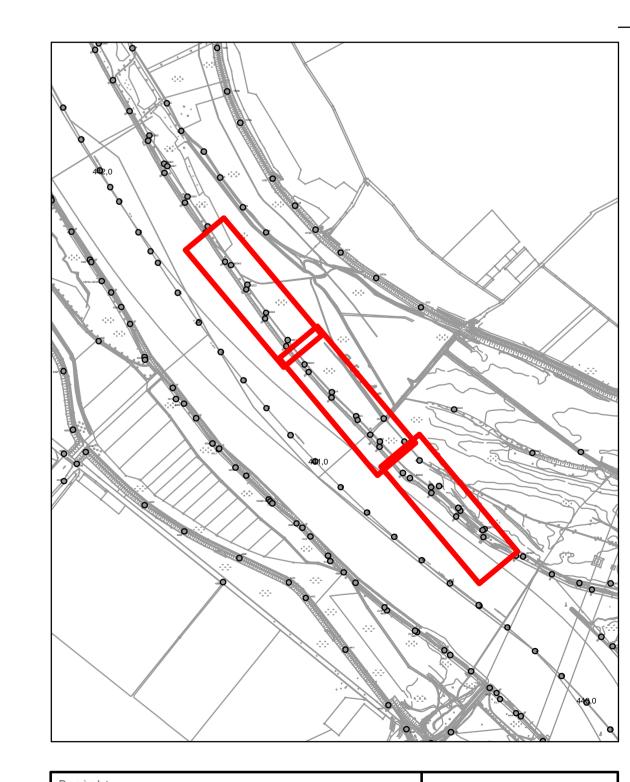
Baustelle (Kieshalde) Bauwagen

Holzlager Kanaldeckel

Treppe

Betonvorsprung

Weg mit wassergebundener Decke Steinschüttung ohne Vegetation höherer Pflanzen



Versuchsstrecke Lampertheim Rhein km 440,6 - 441,6 rechtes Ufer mit alternativer technisch-biologischer Ufersicherung	5
Vegetationskundliche Bestandsaufnahme Biotoptypen Aufnahme Sommer 2009	WSV.de
Aufgestellt:	Maßstab: 1:500
Schilling, Sundermeier	Plan Nr.: 1
Bearbeitet:	
Schilling	
Schilling / Hoppe / Nelle	bfg Bundesansta
Datum: September 2009	
Geändert:	



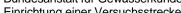
- Rhein km 440,6 bis km 441,6 -

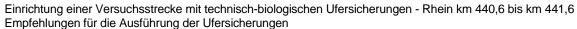
Empfehlungen für die Ausführung der Ufersicherungen

BfG-Nr.:1579 BAW-Nr.: 2.04.10151.00



bfg

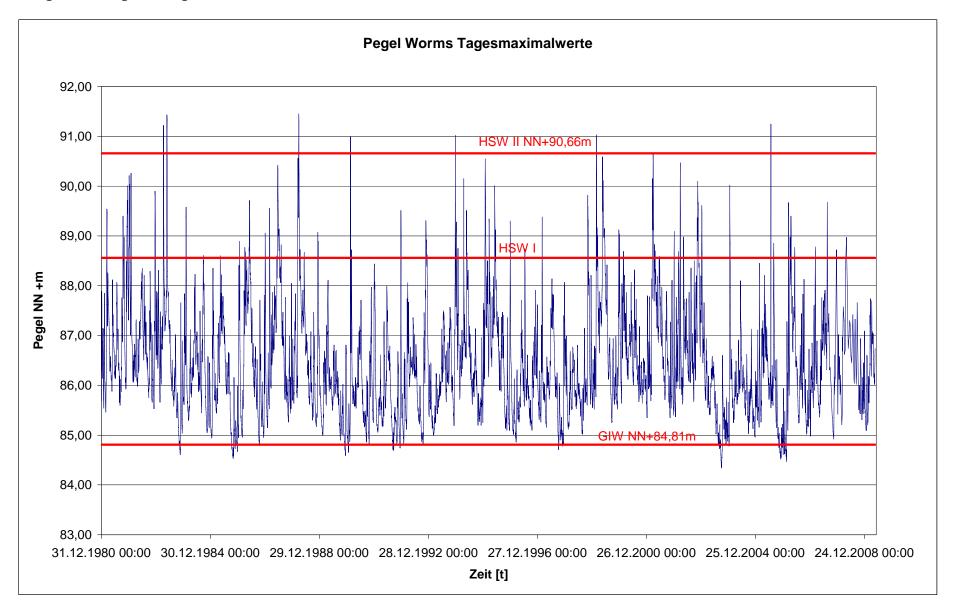








### Anlage 16: Ganglinie Pegel Worms 1980 bis 2008





- Rhein km 440,6 bis km 441,6 -

Empfehlungen für die Ausführung der Ufersicherungen

BfG-Nr.:1579 BAW-Nr.: 2.04.10151.00



Einrichtung einer Versuchsstrecke mit technisch-biologischen Ufersicherungen - Rhein km 440,6 bis km 441,6 Empfehlungen für die Ausführung der Ufersicherungen





### Anlage 17: Lageplan (Luftbild) mit Eigentumsgrenzen

