

DWA-Regelwerk

Merkblatt DWA-M 519

**Technisch-biologische Ufersicherungen an großen und schiffbaren
Binnengewässern**

März 2016



DWA-Regelwerk

Merkblatt DWA-M 519

Technisch-biologische Ufersicherungen an großen und schiffbaren
Binnengewässern

März 2016



Die Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA) setzt sich intensiv für die Entwicklung einer sicheren und nachhaltigen Wasser- und Abfallwirtschaft ein. Als politisch und wirtschaftlich unabhängige Organisation arbeitet sie fachlich auf den Gebieten Wasserwirtschaft, Abwasser, Abfall und Bodenschutz.

In Europa ist die DWA die mitgliederstärkste Vereinigung auf diesem Gebiet und nimmt durch ihre fachliche Kompetenz bezüglich Regelsetzung, Bildung und Information sowohl der Fachleute als auch der Öffentlichkeit eine besondere Stellung ein. Die rund 14 000 Mitglieder repräsentieren die Fachleute und Führungskräfte aus Kommunen, Hochschulen, Ingenieurbüros, Behörden und Unternehmen.

Impressum

Herausgeber und Vertrieb:

DWA Deutsche Vereinigung für
Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V.
Theodor-Heuss-Allee 17
53773 Hennef, Deutschland
Tel.: +49 2242 872-333
Fax: +49 2242 872-100
E-Mail: info@dwa.de
Internet: www.dwa.de

Satz:

DWA

Druck:

Druckhaus Köthen GmbH & Co KG

ISBN:

978-3-88721-277-3 (Print)
978-3-88721-335-0 (E-Book)

Gedruckt auf 100 % Recyclingpapier

© DWA Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V., Hennef 2016

Alle Rechte, insbesondere die der Übersetzung in andere Sprachen, vorbehalten. Kein Teil dieses Merkblattes darf ohne schriftliche Genehmigung des Herausgebers in irgendeiner Form – durch Fotokopie, Digitalisierung oder irgendein anderes Verfahren – reproduziert oder in eine von Maschinen, insbesondere von Datenverarbeitungsmaschinen, verwendbare Sprache übertragen werden.

Vorwort

Im vorliegenden Merkblatt wird das bestehende Wissen zur Planung und Ausführung technisch-biologischer Ufersicherungen sowie ergänzender Maßnahmen zur ökologischen Aufwertung und zur Reduzierung der Uferbelastungen vermittelt. Ob und an welchen Uferabschnitten solche Maßnahmen unter Beachtung der Sicherheit und Leichtigkeit der Schifffahrt u. a. aus volkswirtschaftlichen oder unterhaltungstechnischen Gründen als Alternative zu konventionellen Ufersicherungen wie Schüttsteindeckwerke infrage kommen, ist im Vorfeld zu klären und nicht Gegenstand dieses Merkblattes.

Letzteres gibt aber konkrete Hinweise darauf, wie eine technisch-biologische Ufersicherung nach dem Stand des heutigen Wissens und der Technik ausgewählt und dimensioniert werden sollte, wenn eine Entscheidung zugunsten einer alternativen Ufersicherung getroffen wurde, damit sich der angestrebte Erfolg auch in der Praxis einstellt. Das Merkblatt enthält weiterhin Angaben zum Herstellungs- und Unterhaltungsaufwand, der die Entscheidung zugunsten oder gegen technisch-

biologische Ufersicherungen unterstützt, wenngleich derzeit nur begrenzte Erfahrungen zum Langzeit-Unterhaltungsaufwand bei großen schiffsinduzierten Belastungen vorliegen.

Die Motivation zur Erstellung dieses Merkblattes resultiert aus den gesetzlichen Vorgaben zur Berücksichtigung der Naturschutzbelange bei Ausbau und Unterhaltung von Gewässern, die ein Umdenken bei der Gestaltung der Ufersicherung erfordern. Dabei stellt sich zunächst die Frage, ob ein Uferschutz zwingend erforderlich ist, oder ob er z. B. am Innenufer von Flusskrümmungen durch „wachsamen“ Unterhaltungsmaßnahmen ersetzt werden kann. Die Darstellung der damit verbundenen komplexen Prozesse, u. a. der morphodynamischen Veränderungen, würde das vorliegende Merkblatt jedoch sprengen. Deshalb werden hier zwar Hinweise gegeben, in welchen Fällen auf eine Ufersicherung verzichtet werden könnte, konkret werden aber nur solche Randbedingungen behandelt, die einen Uferschutz notwendig machen. Im vorliegenden Merkblatt werden Ufersicherungen vorgestellt, die gegenüber konventionellen Maßnahmen eine größere Strukturvielfalt aufweisen, wobei der Schwerpunkt auf Bauweisen unter Verwendung von Pflanzen liegt. Betrachtet werden Ufersicherungen an großen und schiffbaren Gewässern, bei denen Belastungen aus der Schifffahrt und vom Schiffsverkehr unbeeinflussten Strömungen und Wellen kombiniert auftreten können. Hier bestehen derzeit die größten Wissensdefizite hinsichtlich Bemessung, Stabilität, ökologischer Wirksamkeit und Unterhaltungsaufwand. Spezifische Anforderungen an Ufersicherungen unter Tideeinfluss, bei Seeschiffsverkehr oder bei Salzwasser werden im Merkblatt nicht behandelt.

Die Eignungsprüfung, Auswahl und Bemessung technisch-biologischer Ufersicherungen basiert im vor-

„Die Forderung, am Wasser naturnah zu bauen, stellt sich jeder Generation aufs Neue und muss immer wieder aufs Neue durchdacht und erfüllt werden.“

*Dr.-Ing. Hans-Christoph Seeböhm, Bonn 1964
Bundesminister für Verkehr 1949 bis 1966*

Der „biologische Wasserbau“ wie die alternative Ufersicherung in einer Schrift der Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG 1965) genannt wird, hat an schiffbaren Gewässern so manchen Bedeutungswandel erleben müssen, wie bereits Arnold Hirsch, der Präsident a. D. der BfG, im Jahre 1965 ausführt:

„So alt der biologische Wasserbau auch ist, so neu ist er uns älteren Wasserbauern, die wir während unseres Hochschulstudiums und unserer staatlichen Ausbildung gar nicht oder kaum auf ihn hingewiesen wurden, erschienen, nachdem wir aus praktischen Erfahrungen gelernt und uns im Laufe der Zeit von der vielseitigen Bedeutung des Uferbewuchses an unseren Wasserstraßen überzeugt hatten. Warum dieser naturnahe Wasserbau, der doch noch in der zweiten Hälfte des vorigen [19., Anm. d. Verf.] Jahrhunderts vielfache praktische Anwendung fand, sich auf ein ziemlich bescheidenes Dasein zurückziehen musste, aus dem er erst in den zwanziger und dreißiger Jahren unseres [20., Anm. d. Verf.] Jahrhunderts wieder erlöst werden konnte, ist nicht recht zu verstehen. War es wirklich, wie manche behaupten, die Überschätzung der Dauerhaftigkeit ‚toter‘ Bauweisen, die Gewöhnung an ein Arbeiten nur mit Reißbrett und Rechenschieber, oder war es nicht vielmehr ein im Zuge der damaligen Zeit liegender gestalterischer Schrumpfprozess, der uns den Wert des Lebendigen auch auf vielen anderen Gebieten nicht mehr richtig erkennen ließ?“ Wie dem auch sei, wir haben den Weg zurückgefunden [...].“

liegenden Merkblatt noch überwiegend auf Erfahrungen von nicht-schiffbaren Gewässern. Ergänzend wurde auf derzeit verfügbare Informationen und Erkenntnisse zu ausgeführten technisch-biologischen Ufersicherungen an Bundeswasserstraßen zurückgegriffen, wohl wissend, dass das Fachwissen mit jeder ausgeführten Baumaßnahme wächst, aber zur Empfehlung einer umfassenden Bemessungsvorschrift zurzeit noch nicht ausreicht. Für viele Bemessungsfälle wurden deshalb Analogschlüsse zu ausgeführten Maßnahmen ohne Schifffahrts- oder Windeinfluss vorgenommen, um z. B. die Grenzwerte hinsichtlich der Festigkeit gegenüber Oberflächenerosion einzugrenzen. Mehrfach wurde dazu eine belastbare Fachaussage durch eine plausible Einschätzung ersetzt.

Im Sinne einer konservativen Bemessung werden deshalb nur solche Bauweisen vorgeschlagen, die nach derzeitiger Experteneinschätzung den größten Erfolg versprechen. Zur Minimierung verbleibender Bemessungsrisiken wird zunächst die Stabilität der Uferböschung einschließlich der Ufersicherungsmaßnahme nach technischen Kriterien nachgewiesen und anschließend deren Dauerhaftigkeit betrachtet. Weitere wertvolle Erfahrungswerte sind in den kommenden Jahren zu erwarten, insbesondere nach Abschluss der noch laufenden fachwissenschaftlichen Forschungen der Bundesoberbehörden BAW und BfG zu dieser Thematik, u. a. an einer im Winter 2011/2012 realisierten Versuchsstrecke am Rhein bei Lampertheim/Worms (<http://ufersicherung.baw.de/de/index.html>).

Der Stand des Wissens und der Technik erweitert sich zurzeit schnell, weshalb empfohlen wird, das vorliegende Merkblatt zeitnah fortzuschreiben. Ungeachtet dessen erschien es vor dem Hintergrund der Fortschreibung der zweiten Bewirtschaftungspläne gemäß der EG-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) ab 2014 geboten, den aktuellen Wissensstand zum jetzigen Zeitpunkt zusammenzustellen. Dies soll Planer und Bewirtschafter ermutigen, alternative Ufersicherungen anzuwenden sowie gegebenenfalls über die hier empfohlenen Maßnahmen hinauszugehen oder Kombinationen von Bauweisen zu verwenden, für die es nur wenige Erfahrungen gibt. Ziel ist es, in wenigen Jahren auf möglichst viele neue Erfahrungen zurückgreifen zu können.

Die Arbeitsgruppe, die das Merkblatt verfasst hat, ist durch die Mitglieder u. a. mit der Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG), der Bundesanstalt für Wasserbau (BAW) und damit mit der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung (WSV), der Gesellschaft für Ingenieurbiologie sowie mit den Wasserwirtschaftsverwaltungen von Bundesländern, mit Hochschulen, außeruniversitären Forschungseinrichtungen sowie mit der AG GB-2.12 „Ingenieurbiologische Bauweisen an Fließgewässern“ des DWA-Fachausschusses GB-2 „Ausbau und Unterhaltung von Fließgewässern“ im DWA-Hauptausschuss „Gewässer und Boden“ vernetzt. Im Vorfeld des Gelbdruckverfahrens wurde das Merkblatt mit Vertretern der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung (WSV) abgestimmt.

In diesem Merkblatt wird im Hinblick auf einen gut verständlichen und lesefreundlichen Text für personenbezogene Berufs- und Funktionsbezeichnungen verallgemeinernd die männliche Form verwendet. Alle Informationen beziehen sich in gleicher Weise auf beide Geschlechter.

Stuttgart, im Februar 2016

Silke Wieprecht
(Obfrau des FA WW-1)

Garbsen, im Februar 2016

Ulrich Zanke
(Obmann des FA WW-2)

Karlsruhe, im Februar 2016

Bernhard Söhngen
(Sprecher der AG WW-1.5/2.5)

Frühere Ausgaben

Kein Vorgängerdokument

Verfasser

Das Merkblatt wurde von der DWA-Arbeitsgruppe WW-1.5/2.5 „Alternative Ufersicherungen“ in den DWA-Fachausschüssen WW-1 „Flussbau“ und WW-2 „Morphodynamik der Binnen- und Küstengewässer“ erstellt, denen folgende Mitglieder angehören:

ASCH, Daniela	Dipl.-Ing., Stadt Hamm
FLEISCHER, Petra	Dipl.-Ing., Bundesanstalt für Wasserbau, Karlsruhe
GEITZ, Peter	Dipl.-Ing., Geitz und Partner GbR, Stuttgart
HACKER, Eva	Prof. Dr., Leibniz Universität, Hannover
KRAUSS, Manfred	Dipl.-Biol., Stadt Wald Fluss, Büro für Landschaftsplanung und ökologische Gutachten, Berlin
MÄNNEL, Roland	Dipl.-Ing., Landestalsperrenverwaltung des Freistaates Sachsen, Pirna
SÖHNGEN, Bernhard	Prof. Dr.-Ing., Bundesanstalt für Wasserbau, Karlsruhe (Sprecher)
STOWASSER, Andreas	Dr.-Ing., Geschäftsführer, Stowasserplan GmbH & Co. KG, Radebeul
SUNDERMEIER, Andreas	Dr., Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz
WOLTER, Christian	Dr.-Ing., Leibniz-Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei, Berlin
ZEINIGER, Bernhard	Dipl.-Ing., INTERIVAL ZT GmbH, Wien

Als Gäste haben mitgewirkt:

BEHRENDT, Katja	Dipl.-Biogeogr., Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz
PRÖMPER, Monika	Generaldirektion Wasserstraßen und Schifffahrt, Ast. Südwest, Mainz
WAHL, Detlef	Dipl.-Ing., Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz

Bei der WSV-Abstimmung haben zusätzlich mitgewirkt:

BODE, Jochen	Dipl.-Ing., Wasser- und Schifffahrtsamt Heidelberg
BUCHHOLZ, Helga	Dipl.-Ing., Generaldirektion Wasserstraßen und Schifffahrt, Ast. Mitte, Hannover
HEINZ, Michael	Dipl.-Ing., Generaldirektion Wasserstraßen und Schifffahrt, Hauptverwaltung und Ast. West, Münster
LIEBENSTEIN, Hubert	Dipl.-Ing., Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz
MESSING, Sebastian	Dipl.-Ing., Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, WS 11, Bonn
PESCHKEN, Gabriele	Dipl.-Ing., Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, WS 12, Bonn
RIEMER, Gerrit	Dipl.-Ing., Wasser- und Schifffahrtsamt Brandenburg
SCHAEFER, Kai	Dipl.-Ing., Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, WS 14, Bonn
WICHER, Erich	Dipl.-Ing., Wasser- und Schifffahrtsamt Duisburg-Rhein

Projektbetreuer in der DWA-Bundesgeschäftsstelle:

SCHRENK, Georg	Dipl.-Geogr., Hennef Abteilung Wasser- und Abfallwirtschaft
----------------	--

Inhalt

Vorwort	.....	3
Verfasser	.....	5
Bilderverzeichnis	.....	8
Tabellenverzeichnis	.....	12
Benutzerhinweis	.....	13
Einleitung	.....	13
1 Anwendungsbereich	.....	14
1.1	Geltungsbereich des Merkblattes	14
1.2	Zielsetzung und Zielgruppe	15
1.3	Beitrag des Merkblattes zum Planungsprozess	16
1.4	Vorgehensweise zur Nutzung des Merkblattes	18
2 Begriffe	.....	20
2.1	Definitionen	20
2.2	Symbole und Abkürzungen	27
3 Technisch-biologische Ufersicherungen	.....	30
3.1	Anforderungen	30
3.2	Definition	32
3.3	Bedeutung technisch-biologischer Ufersicherungen	33
4 Rechtliche Grundlagen	.....	35
4.1	Allgemeines	35
4.2	Bundeswasserstraßengesetz	35
4.3	Wasserhaushaltsgesetz	35
4.4	Bundesnaturschutzgesetz	36
5 Hydrologische, technische und planerische Aspekte	.....	37
5.1	Gewässercharakteristik	37
5.2	Uferexposition und Böschungsneigung	39
5.3	Baugrundeigenschaften und gegebenenfalls vorhandene Ufersicherung	40
5.4	Sozio-ökonomische Randbedingungen	41
5.5	Strömungs- und Wellenfeld ohne Schiffseinfluss	41
5.5.1	Strömungsgeschwindigkeiten, Schubspannungen und Morphodynamik	41
5.5.2	Windwellen	45
5.6	Hydraulische Uferbelastung infolge Schifffahrt	46
5.6.1	Allgemeines	46
5.6.2	Fahrdynamik von Binnenschiffen	46
5.6.3	Wechselwirkung Binnenschiff – Binnenwasserstraße	48
5.6.4	Größenordnung bemessungsrelevanter schiffsinduzierter Belastungen	51
5.6.5	Maßnahmen zur Begrenzung schiffsinduzierter Belastungen	54
5.7	Wasserqualität und Trübung	55

6	Ökologische Aspekte	55
6.1	Ufer als Lebensraum.....	55
6.2	Biologische Qualitätskriterien.....	61
6.3	Grenzwerte der schiffsinduzierten Belastung für Uferlebensräume.....	62
6.4	Defizit-Ranking und Priorisierung.....	64
6.5	Erfahrungen mit technisch-biologischen Ufersicherungen aus ökologischer Sicht	65
7	Ingenieurbiologische Grundlagen	67
7.1	Allgemeines	67
7.2	Ziel ingenieurbiologischer Ufersicherungen und angestrebte Vegetation	67
7.3	Eigenschaften lebender Baustoffe und Leistungen hinsichtlich Uferschutz an großen und schiffbaren Gewässern	70
7.4	Ingenieurbiologische Bauweisen und Techniken.....	71
7.5	Ökologische Wirksamkeit ingenieurbiologischer Maßnahmen bei technisch-biologischen Ufersicherungen	75
7.6	Dauerhaftigkeit ingenieurbiologischer Bauweisen an Binnenwasserstraßen	76
8	Gewährleistung von Uferstabilität und Erosionsschutz durch technisch-biologische Ufersicherungen	77
8.1	Wirkungsweise verschiedener Sicherungsarten für Uferböschungen.....	77
8.2	Anforderungen an die Uferstabilität.....	78
8.3	Zulässige Belastungen hinsichtlich Oberflächenerosion	81
8.4	Festlegung der Bemessungsstandards	84
8.5	Prüfung der Notwendigkeit und des erforderlichen Umfangs einer Ufersicherung aus technischer Sicht	86
8.6	Nutzung von Erfahrungen von ausgeführten technisch-biologischen Ufersicherungen	89
9	Maßnahmen zur ökologischen Aufwertung und zur Reduzierung der Uferbelastungen	90
9.1	Vorbemerkungen	90
9.2	Erhalt und Entwicklung von Aue und Ufer	90
9.3	Wellenschlagberuhigte Flachwasserzone	91
9.4	Einbringen von Totholz zur ökologischen Aufwertung.....	95
9.5	Buhnen als Strukturelemente.....	96
10	Vorgehensweise und Auswahl der Ufersicherung	98
10.1	Allgemeines	98
10.2	Handlungsrahmen	98
10.3	Dimensionierung einer technisch-biologischen Ufersicherung nach technischen, ingenieurbiologischen und ökologischen Kriterien	101
10.4	Erfolgskontrolle.....	109
11	Forschungs- und Entwicklungsbedarf	109
Anhang A Ausgewählte Ufersicherungsmaßnahmen für große und schiffbare Gewässer (primär basierend auf Erfahrungen an kleineren Fließgewässern)		
A.1	Erläuterungen zu den Steckbriefen ausgewählter Böschungssicherungen	111
A.2	Steckbriefe ausgewählter technisch-biologischer Böschungssicherungsmaßnahmen ...	115

A.2.1	Bauweise 1: Vegetationswalze mit anschließender Röhrichtmatte	116
A.2.2	Bauweise 2: Begrünte Böschungsschutzmatte mit Rasen	120
A.2.3	Bauweise 3: Begrünte Böschungsschutzmatte mit Steckhölzern.....	124
A.2.4	Bauweise 4: Flechtzaun.....	128
A.2.5	Bauweise 5: Faschine auf Lagenbauten (Weidenwippe)	132
A.2.6	Bauweise 6: Begrünter Geotextilkörper mit Buschlagen	136
A.2.7	Bauweise 7: Begrüntes Kammerdeckwerk.....	140
A.2.8	Bauweise 8: Spreitlage mit Steinschüttung als Fußsicherung	144
A.2.9	Bauweise 9: Begrünte Steinschüttung	149
A.2.10	Bauweise 10: Nachträglich begrünte Steinschüttung	154
A.3	Tabellarische Übersicht über geeignete Pflanzenarten und ihre biotechnischen Eigenschaften	159
A.3.1	Erläuterungen zu A.2 – Gehölze für ingenieurbio­logische Arbeiten an Uferstand- orten schiffbarer Binnengewässer gegliedert nach Bauweisen und Standorten	159
A.3.2	Gehölze für ingenieurbio­logische Arbeiten an Uferstandorten schiffbarer Binnengewässer gegliedert nach Bauweisen und Standorten	161
A.3.3	Erläuterungen zu A.3.4 – Bodenfestigende Röhrichte, Hochstauden, Binsen, Kräuter sowie Süß- und Sauergräser für ingenieurbio­logische Arbeiten an Uferstandorten schiffbarer Binnengewässer	163
A.3.4	Bodenfestigende Röhrichte, Hochstauden, Binsen, Kräuter sowie Süß- und Sauergräser für ingenieurbio­logische Arbeiten an Uferstandorten schiffbarer Binnengewässer	164
Anhang B Anwendungsbeispiel.....		166
Anhang C Ergänzende Fachinformationen zu den hydraulischen Uferbelastungen infolge Schifffahrt		184
C.1	Fahrdynamik von Binnenschiffen	184
C.2	Wechselwirkung Binnenschiff – Binnenwasserstraße	188
Quellen und Literaturhinweise		200

Bilderverzeichnis

Bild 1:	Beitrag des Merkblattes DWA-M 519 am Planungsprozess von Ufersicherungen an großen und schiffbaren Gewässern unter besonderer Beachtung von technisch- biologischen Bauweisen (TBUs) für Uferböschungen.....	17
Bild 2:	Grundsätzliche Vorgehensweise bei der Planung von technisch-biologischen Ufersicherungen.....	19
Bild 3:	Uferschutzmaßnahmen an der Uferböschung, vorgelagert innerhalb der Uferzone.....	31
Bild 4:	Technische Ufersicherung aus losen Wasserbausteinen. Das Deckwerk ist mit Brombeere und einzelnen Gehölzen bewachsen.....	32
Bild 5:	Ingenieurbio­logische Ufersicherung im Bau – Weidenspreitlagen mit Weidenwippen auf der Uferböschung und Abweisern am Böschungsfuß. Amper bei München.....	33
Bild 6:	Ufersicherung aus Spundwand und gepflanzten Großseggen, die sich in der wellenberuhigten Flachwasserzone in Richtung Wasser ausbreiten	34
Bild 7:	Isotachen in einem Querprofil am Rhein mit Weidenspreitlagen am rechten Ufer	44
Bild 8:	Wie Bild 7, jedoch keine Ufersicherung oberhalb MW, Rhein-km 441,55.....	44

Bild 9:	Lageplan mit Querprofilen gemäß Bilder 7 und 8 und mittleren Schiffpositionen nebst Schwankungsbereich.....	45
Bild 10:	Windwelle Gr. Steinlanke, Berliner Unterhavel, 1980	45
Bild 11:	Schiffserzeugte Strömungen und Wellen aus dem Primär- und Sekundärwellenfeld bei einer Verdrängungsfahrt im seitlich- und tiefenbegrenzte Fahrwasser	49
Bild 12:	Die Loire als Beispiel für einen weitgehend natürlichen Fluss	56
Bild 13:	Schemaskizze zur Ausdehnung der Wasserwechselzone zwischen niedrigstem Niedrigwasser (NNW) und höchstem Hochwasser (HHW)	56
Bild 14:	Schilfbestand als natürliche Ufersicherung an der Berliner Unterhavel.....	57
Bild 15:	Schematisierte Abfolge der Vegetationszonierung an einem natürlichen Gewässerufer.....	57
Bild 16:	Zonierung am Beispiel einer konventionell gesicherten Uferböschung am Rhein bei Koblenz.....	60
Bild 17:	Ausführungsbeispiele für strömungs- und wellenschlagberuhigte Flachwasserbereiche in breitenbegrenzten Wasserstraßen.....	64
Bild 18:	Durch abgesenkte Spundwände vor Schiffswellen geschützter Bewuchs in Flachwasserzonen am Mittellandkanal	65
Bild 19:	Ufer mit begrüntem Röhrichtgabionen an der Unteren-Havel-Wasserstraße zwölf Jahre nach Einbau.....	66
Bild 20:	Dicht von Makrophyten besiedelte Revitalisierungsstrecke in der innerstädtischen Spree, Berlin, sechs Jahre nach Fertigstellung	67
Bild 21:	Skizzen ausgewählter ingenieurbioologischer Bauweisen	72
Bild 22:	Befestigung von Weidenspreitlagen mit Querriegeln	73
Bild 23:	Artenarmer Dominanzbestand des Japan-Knöterichs auf der technisch-biologischen Ufersicherung des Mittellandkanals in der Stadtstrecke Hannover, 18.10.2005.....	74
Bild 24:	Schematische Darstellung eines Deckwerks aus losen Wasserbausteinen und Foto: Havel-Oder-Wasserstraße 2011, 13 Jahre nach Fertigstellung	77
Bild 25:	Links Weidenspreitlagen, rechts Röhrichtgabionen – jeweils ein Jahr nach Einbau	77
Bild 26:	Ufersicherungsarten im Spannungsfeld „Technik-Ökologie“	78
Bild 27:	Vorgehensweise bei der Prüfung des erforderlichen Umfangs einer Sicherung für die zunächst oberhalb des Wasserspiegels ungesichert betrachtete Uferböschung und Bemessung und Auswahl einer technisch-biologischen Ufersicherungsmaßnahme	88
Bild 28:	Anbindung eines Altarms an der Elbe bei Klieken.....	90
Bild 29:	Rückbau eines geschotterten Ufers am Mittelrhein	91
Bild 30:	Natürliches Nebengerinne an der Loire	91
Bild 31:	Durch einen Wellenbrecher geschützte Flachwasserzone an der Unterhavel in Berlin ...	92
Bild 32:	Doppelreihige Palisade aus Holzstämmen als Wellenbrecher vor einem Schilfbestand am Langen See in Berlin	92
Bild 33:	Parallelwerk Mühlheim/Mosel, Stauhaltung Zettingen, mit Flachwasserzone, weitgehend ungesichertem Ufer und wellengeschützter naturnaher Bachmündung....	93
Bild 34:	Panoramafoto der Flachwasserzone Zugwiesen am Neckar	94
Bild 35:	Flachwasserzone Ludwigsburg Zugwiesen, vom Neckar aus gesehen	94
Bild 36:	Neu angelegtes Nebengerinne am Neckar mit fixiertem Totholz	95
Bild 37:	Am Ufer fest verankerte Raubäume.....	96
Bild 38:	Totholzbühne mit Bühnenkörper aus fixiertem, starken Totholz und geschüttetem Bühnenkopf, Mittelelbe	97
Bild 39:	Möglichkeiten zur ökologischen Optimierung von Bühnen	97
Bild A.1:	Vegetationswalze im Bau, deutlich erkennbar der lückenlose Anschluss der Röhrichtmatte an die Vegetationswalze.....	116

Bild A.2: Verlegung der Röhrichtmatten auf der Böschung	116
Bild A.3: Regelquerschnitt Vegetationswalze mit anschließender Röhrichtmatte	116
Bild A.4: Draufsicht Vegetationswalze mit anschließender Röhrichtmatte	117
Bild A.5: Begrünte Böschungsschutzmatte über Rasenziegeln unmittelbar nach dem Einbau an einem kleinen Fließgewässer. Rasensoden beginnen Böschungsschutzmatte zu durchwachsen	121
Bild A.6: Regelquerschnitt Begrünte Böschungsschutzmatte mit darunter verlegten Rasenziegeln	121
Bild A.7: Draufsicht Begrünte Böschungsschutzmatte mit Rasenziegeln	121
Bild A.8: Beginnender Austrieb lebender Steckhölzer in einer begrünten Böschungsschutzmatte	125
Bild A.9: Querschnitt Begrünte Böschungsschutzmatte mit Steckhölzern	125
Bild A.10: Draufsicht Begrünte Böschungsschutzmatte mit Steckhölzern	126
Bild A.11: Flechtzaun im Bau – Triebspitzen der Weidenruten zeigen in Fließrichtung, gearbeitet wird gegen die Fließrichtung	128
Bild A.12: Schematische Gesamtansicht Flechtzaun	129
Bild A.13: Regelquerschnitt Flechtzaun	129
Bild A.14: Draufsicht Flechtzaun	129
Bild A.15: Faschine auf Lagenbauten unmittelbar nach Baufertigstellung	132
Bild A.16: Detail Faschine auf Lagenbauten: unterste Lage aus Buschlagen, obere aus Heckenlagen	133
Bild A.17: Regelquerschnitt Faschine auf Lagenbauten (Weidenwippe)	133
Bild A.18: Draufsicht Faschine auf Lagenbauten (Weidenwippe)	133
Bild A.19: Systemskizze Lebend- und Totfaschinen mit Heckenbuschlagen im Wechsel versetzt verlegt	134
Bild A.20: Regelquerschnitt Begrünter Geotextilkörper mit Buschlagen	137
Bild A.21: Draufsicht Begrünter Geotextilkörper mit Buschlagen	137
Bild A.22: Begrüntes Kammerdeckwerk im Bau	140
Bild A.23: Begrüntes Kammerdeckwerk im Bau – Einbau der Steinmatratzen auf Filterschicht	141
Bild A.24: Regelquerschnitt Begrüntes Kammerdeckwerk	141
Bild A.25: Draufsicht Kammerdeckwerk und Steckhölzer	141
Bild A.26: Weidenspreitlage im Bau – Auslegen der Weidenäste dicht an dicht auf der Böschung	144
Bild A.27: Weidenspreitlage im Bau – nach Einbau der Weidenäste wird die Steinschüttung über die in den Boden gesteckten Rutenenden der Weiden gezogen und damit der Übergang zwischen Steinschüttung und Weidenlagen hergestellt	145
Bild A.28: Regelquerschnitt Spreitlage mit Steinschüttung als Fußsicherung	145
Bild A.29: Draufsicht Spreitlage mit Steinschüttung als Fußsicherung	145
Bild A.30: Begrünte Steinschüttung im Bau – austriebsfähige Weidenäste und bewurzelte Erlenjungpflanzen werden während der Schüttung eingebaut	149
Bild A.31: Begrünte Steinschüttung mit beginnendem Austrieb der Weidenäste und der Erlenjungpflanzen	150
Bild A.32: Regelquerschnitt Begrünte Steinschüttung	150
Bild A.33: Draufsicht Begrünte Steinschüttung	151
Bild A.34: Regelquerschnitt Nachträglich begrünte Steinschüttung	155
Bild A.35: Draufsicht Nachträglich begrünte Steinschüttung	155
Bild B.1: Skizze – gedachter Uferabschnitt mit Lage der Querprofile	167

Bild B.2:	Querprofil UQ mit eingezeichnetem Ersatz-Trapezprofil (ETP) und Fahrrinne beim Wasserstand $MW+1,0$ m	172
Bild C.1:	Einfahrt eines voll abgeladenen GMS in die Schleusenanlage Hirschhorn am Neckar beim höchsten schiffbaren Wasserstand (HSW)	184
Bild C.2:	Phasenbilder der Begegnung eines zweispurig-zweigledrigen Containerverbands im Rhein zu Tal bei Oberwesel mit einem in der Bergfahrt befindlichen, geschleppten einspurig eingliedigen Schubverband.....	185
Bild C.3:	Fahrversuch in der Stadtstrecke Lauffen am Neckar, mit dem ein 135 m langes Schiff simuliert wurde	186
Bild C.4:	Begegnungsversuche im Dortmund-Ems-Kanal (DEK) mit zwei Schubverbänden.....	187
Bild C.5:	Fahrt eines leeren Schubverbands bei Starkwind	188
Bild C.6:	Berechneter Verlauf des Wasserspiegels quer zum Schiff im Bugbereich eines GMS ..	189
Bild C.7:	Wasserspiegelverlauf bei Fahrt eines GMS im 200 m breiten Kanal bei ufernaher Fahrt und bei zentrischer Fahrt im engen Kanal bei gleicher Schiffsgeschwindigkeit und gleichem Uferabstand	190
Bild C.8:	Verteilung der schiffsinduzierten Strömungsgeschwindigkeiten eines beladenen GMS relativ zum Kanal	190
Bild C.9:	Visualisierung der Grenzschichten am Schiff und am Gewässerbett.....	191
Bild C.10:	Zur Definition von Absunk und Schiffswellenhöhe.....	192
Bild C.11:	Wasserspiegelverlauf bei Fahrt eines GMS im 200 m breiten Kanal und im engen Kanal bei gleichem, geringen Uferabstand, wobei die Schiffsgeschwindigkeiten so gewählt wurden, dass der Absunk in Schiffsmittle etwa gleich ist	193
Bild C.12:	Häufigkeitsverteilung beobachteter Wellenhöhen am Rheinufer bei Lampertheim, km 440,6.....	194
Bild C.13:	Primär- und Sekundärwellen. Links: Schiff im Flachwasser; rechts: Schiff im seitlich- und tiefenbegrenztem Gewässer	195
Bild C.14:	Berechnete Höhe der divergierenden Sekundärwellen H_{Sek} an Interferenzspitzen, berechnet für ein modernes leeres Gütermotorschiff bei Flachwasserbedingungen, das mit verschiedenen Bootsgeschwindigkeiten relativ zum Wasser v_s und Abständen u des Hauptspants zum Ufer fährt	196
Bild C.15:	Fahrt eines konventionellen Europaschiffs bei Versuchen im Main-Donau-Kanal bei $12 \text{ km/h} \approx v_{\text{krit}}$	196
Bild C.16:	Verlauf der Wellenfronten bei ungünstigster Überlagerung von Sekundär-Schrägwellen mit den Heckquerwellen des Primärwellensystems ($\alpha_k \approx 19^\circ$).....	197
Bild C.17:	Überlagerung von Bug- und Heckquerwellen eines Schleppers, der in Ufernähe fährt.....	197
Bild C.18:	Sekundärwellen von Verdrängern (rechtes Bild, oberstes Fahrzeug) und Gleitern	198
Bild C.19:	Visualisierung der Strömungsgeschwindigkeiten aus dem Bugstrahlruder bei Fahrt eines GMS mit 6 km/h mit 4 m Abstand auf Höhe der Kimmlinie in Fahrt zum Ufer.....	199

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Typische Größtwerte und mit 90 % v_{krit} bzw. bei Manövern mit 42 % der vorhandenen Leistung berechneter ausgewählter schiffsinduzierter Belastungen, hervorgerufen durch Gütermotorschiffe üblicher Größe, einspurige Schubverbände, Fahrgastschiffe und Freizeitboote	52
Tabelle 2:	Typische Ufer- und Vegetationszonierung an Gewässern mit und ohne ausgeprägte Niedrigwasserphasen	59
Tabelle 3:	Erläuterungen zu den Kategorien der Zielvegetation	69
Tabelle 4:	Äquivalente Bauweisen hinsichtlich des Erosionsschutzes	81
Tabelle 5:	Belastungsgrenzwerte der in den Steckbriefen genannten Ufersicherungen gegenüber Oberflächenerosion aus Literaturangaben und Neuinterpretation von GERSTGRASER (2000) zum Vergleich mit Belastungswerten, die, unter Beachtung möglicher Überlagerungen schiffsinduzierter Strömungen mit denen aus dem natürlichen Strömungsfeld, im Uferbereich an und über der Ufersicherung ermittelt wurden	82
Tabelle 6:	Checkliste zum Vergleich relevanter Kriterien zur Übertragbarkeit einer bewährten technisch-biologischen Ufersicherung von einem bekannten Standort auf einen neuen Standort	89
Tabelle 7:	Übersicht der für die Bemessung der Ufersicherung in der Regel erforderlichen Informationen und Daten mit Schwerpunkt auf den technischen Kennwerten	100
Tabelle 8:	Bauweisen ohne bzw. mit maßgeblichem Eigenflächengewicht	103
Tabelle 9:	Kategorien hydraulischer Belastung ingenieurbioologischer Bauweisen an schiffbaren Gewässern	103
Tabelle 10:	Qualitative Bewertung der Bauweisen nach ingenieurbioologischen Kriterien	105
Tabelle 11:	Ökologische Wirksamkeit der verschiedenen technisch-biologischen Bauweisen im Vergleich zu einem losen Schüttsteindeckwerk	108
Tabelle A.1:	Bauweise 1 – Kostenschätzung (2011)	120
Tabelle A.2:	Bauweise 2 – Kostenschätzung (2011)	124
Tabelle A.3:	Bauweise 3 – Kostenschätzung (2011)	128
Tabelle A.4:	Bauweise 4 – Kostenschätzung (2011)	131
Tabelle A.5:	Bauweise 5 – Kostenschätzung (2011)	136
Tabelle A.6:	Bauweise 6 – Kostenschätzung (2011)	139
Tabelle A.7:	Bauweise 7 – Kostenschätzung (2011)	143
Tabelle A.8:	Bauweise 8 – Kostenschätzung (2011)	149
Tabelle A.9:	Bauweise 9 – Kostenschätzung (2011)	153
Tabelle A.10:	Bauweise 10 – Kostenschätzung (2011)	157
Tabelle B.1:	Kenndaten des unteren Querprofils UQ	173
Tabelle B.2:	Kenndaten des oberen Querprofils OQ	174
Tabelle B.3:	Geometrische Schiffsdaten	174
Tabelle B.4:	Maximalwerte aller Berechnungsvarianten beim Bemessungsstandard II im oberen Querprofil OQ	175
Tabelle B.5:	Maximalwerte aller Berechnungsvarianten beim Bemessungsstandard II im unteren Querprofil UQ	176
Tabelle B.6:	Maximalwerte aller Berechnungsvarianten beim Bemessungsstandard III im oberen Querprofil OQ	177
Tabelle B.7:	Maximalwerte aller Berechnungsvarianten beim Bemessungsstandard III im unteren Querprofil UQ	178
Tabelle B.8:	Übersicht – Ergebnisse zur Auswahl und Dimensionierung der Ufersicherungen ..	183

Benutzerhinweis

Dieses Merkblatt ist das Ergebnis ehrenamtlicher, technisch-wissenschaftlicher/wirtschaftlicher Gemeinschaftsarbeit, das nach den hierfür geltenden Grundsätzen (Satzung, Geschäftsordnung der DWA und dem Arbeitsblatt DWA-A 400) zustande gekommen ist. Für dieses besteht nach der Rechtsprechung eine tatsächliche Vermutung, dass es inhaltlich und fachlich richtig ist.

Jedermann steht die Anwendung des Merkblattes frei. Eine Pflicht zur Anwendung kann sich aber aus Rechts- oder Verwaltungsvorschriften, Vertrag oder sonstigem Rechtsgrund ergeben.

Dieses Merkblatt ist eine wichtige, jedoch nicht die einzige Erkenntnisquelle für fachgerechte Lösungen. Durch seine Anwendung entzieht sich niemand der Verantwortung für eigenes Handeln oder für die richtige Anwendung im konkreten Fall; dies gilt insbesondere für den sachgerechten Umgang mit den im Merkblatt aufgezeigten Spielräumen.

Einleitung

Die Planung, Herstellung und Unterhaltung von Ufersicherungen an großen und schiffbaren Gewässern, die gegenüber bewährten, meist rein technischen Bauweisen wie Schüttsteindeckwerken, naturnäher ausgeführt werden sollen, um den heutigen gesetzlichen Anforderungen besser gerecht zu werden, stellen eine besondere Herausforderung dar. Neben den bekannten Schwierigkeiten beim Bauen am und im Gewässer, wo u. a. stark variierende und ortsspezifische hydrologische oder ökologische Bedingungen beachtet werden müssen, kommt die Nutzung durch den Schiffsverkehr hinzu, dessen Anforderungen oft den Belangen anderer Nutzungen des Gewässers widerstreben.

Eine Herausforderung ist aber auch die Bemessung solcher Ufersicherungen, denn es liegen derzeit nur wenige Erfahrungen mit ausgeführten technisch-biologischen Ufersicherungen an Gewässern mit signifikanten schiffsinduzierten Belastungen, vor allem an Bundeswasserstraßen vor. In Anbetracht der zunehmenden Nachfrage nach belastbaren Dimensionierungsgrundlagen für Alternativen zu konventionellen, technischen Ufersicherungen wurde im vorliegenden Merkblatt, wie im Vorwort bereits angemerkt, deshalb pragmatisch auf dem heutigen Wissensstand und auf bestehende Erfahrungen, insbesondere mit ingenieurbioologischen Bauweisen an überwiegend nicht schiffbaren Gewässern, aufgebaut. Dies erscheint gerechtfertigt, weil es vergleichbare Belastungsszenarien von Gewässern mit und ohne Schifffahrt gibt, die hier für die Festlegung von Belastungsgrenzwerten hinsichtlich der Erosionssicherheit genutzt wurden.

Bestehende Bemessungsunsicherheiten resultieren nach Ansicht der Verfasser vornehmlich aus Bemessungssituationen, bei denen die für Wasserstraßen typischen schnellen Wasserspiegeländerungen zu signifikanten Porenwasserüberdrücken im Boden führen. In solchen Fällen können Bauweisen ohne Flächenlast im vorliegenden Merkblatt nur eingeschränkt empfohlen werden. Die laufende Forschung, insbesondere der BAW und BfG, wird es in Zukunft voraussichtlich ermöglichen, die bekannte stabilisierende Wirkung einer Durchwurzelung der Böschung auch quantitativ bei Auftreten von Porenwasserüberdrücken ansetzen zu können, was die Anwendung von Bauweisen ohne flächige Auflast erweitern wird. Da dies nur auf einen Teil möglicher Standorte zutrifft, ist das vorliegende Merkblatt schon auf einen Gutteil von Standorten, auch an Wasserstraßen mit signifikantem Schiffsverkehr, anwendbar. Auch dies rechtfertigt das aus fachwissenschaftlicher Sicht sicher frühe Erscheinen des vorliegenden Merkblattes, um der Nachfrage entsprechen zu können.

Die Anwendung technisch-biologischer Ufersicherungen an Bundeswasserstraßen wird vor allem dort eine Rolle spielen, wo bestehende technische Ufersicherungen wie Schüttsteindeckwerke ihre Funktion nicht mehr optimal erfüllen und aus unterhaltungstechnischen und/oder wirtschaftlichen Gründen die Veranlassung für einen Ersatz besteht. In Bereichen mit großen schiffsinduzierten Belastungen,

wie sie vor allem bei starkem und häufigem Schiffsverkehr, in Kanälen oder generell bei geringen Fahrrinnenabständen zum Ufer sowie in Wasserstraßen mit großen Wasserspiegelschwankungen auftreten, werden technisch-biologische Ufersicherungen nach derzeitigem Kenntnisstand in absehbarer Zeit nur in Ausnahmefällen zur Anwendung kommen können. Aber auch an viel befahrenen Wasserstraßen finden sich häufig Uferabschnitte mit geringeren schiffsinduzierten Belastungen, beispielsweise am Innenufer von Flusskrümmungen, in Bühnenfeldern oder generell bei großen Fahrrinnenabständen zum Ufer. Dort bietet es sich z. B. im Falle ohnehin erforderlicher Ertüchtigungen bestehender Ufersicherungen oder bei Neu- und Ausbaumaßnahmen an, technisch-biologische Ufersicherungen als Alternative zu konventionellen Bauweisen anzuwenden, da hiermit den naturschutzfachlichen Aspekten besser entsprochen werden kann als mit konventionellen Ufersicherungen.

Wichtig ist bei der Planung technisch-biologischer Ufersicherungen an einem ausgewählten Uferabschnitt, dass möglichst auf Erfahrungen mit solchen Bauweisen unter vergleichbaren oder günstigeren Randbedingungen zurückgegriffen wird. Wenn diese positiv, insbesondere hinsichtlich Stabilität, Unterhaltungsaufwand und naturschutzfachlichem Effekt sind, kann auf eine detaillierte Dimensionierung der neuen Ufersicherung, wie sie das vorliegende Merkblatt beschreibt, verzichtet und die bewährten technisch-biologischen Bauweisen können angewendet werden.

Das Merkblatt zielt deshalb auf die Dimensionierung von Ufersicherungen an Gewässerabschnitten, bei denen entweder keine verwertbaren Erfahrungen von ausgeführten Ufersicherungen an vergleichbaren Standorten im Umfeld der geplanten Maßnahme vorliegen oder die eigentlich übertragbaren Erfahrungen nicht genutzt werden können. Dies kann z. B. dann der Fall sein, wenn sich die Randbedingungen künftig ändern, etwa wenn eine Zunahme der schiffsinduzierten Belastungen in Zukunft (bei Zulassung größerer Fahrzeuge) zu erwarten ist.

Das im vorliegenden Merkblatt zusammengetragene Wissen bildet aus Sicht der Verfasser hierfür eine belastbare Basis. Das im Merkblatt aufgezeigte konservative Bemessungskonzept fängt hierzu bestehende Wissenslücken durch Analogschlüsse zu bekannten Belastungsszenarien und im Zweifelsfall durch abgeminderte zulässige Belastungsgrenzwerte auf, wobei sich dies auf die Bemessung nicht so stark auswirken wird, wie man vermuten würde. Dies liegt u. a. daran, dass für die hier betrachteten technisch-biologischen Ufersicherungen im Regelfall nur der Uferbereich oberhalb der Mittelwasserlinie infrage kommt und deshalb schiffsinduzierte Belastungen nur bei höheren Wasserständen zu betrachten sind, die aber im Regelfall deutlich geringer sind als bei Niedrigwasser.

Unbenommen der begrenzten Anwendbarkeit technisch-biologischer Ufersicherungsmaßnahmen bei hohen schiffsinduzierten Belastungen wird ausdrücklich auf die Möglichkeit einer Kombination von biologischen und konventionellen Bauweisen zur ökologischen Aufwertung und Strukturverbesserung der Ufer hingewiesen. Beispiele hierfür sind der Einbau von Strömunglenkern, vorgelagerten Maßnahmen zur Ufersicherung, Einbau von Totholz o. Ä.

1 Anwendungsbereich

1.1 Geltungsbereich des Merkblattes

Das vorliegende Merkblatt gibt Empfehlungen für die Planung und die Umsetzung einer naturnäheren und ökologisch verträglicheren Sicherung und Gestaltung von Uferböschungen an großen und schiffbaren Binnengewässern (in der Regel Bundes- und Landeswasserstraßen). Es werden Alternativen zu klassischen Bauweisen aufgezeigt, und es wird generell angeregt, Uferbefestigungen nur dort anzuwenden, wo sie unbedingt erforderlich sind und auch nur im dafür notwendigem Umfang und den zugehörigen Dimensionen.

Im Fokus des Merkblatts stehen solche Gewässerabschnitte, in denen aufgrund der Rahmenbedingungen eine Ufersicherung generell erforderlich erscheint. Es wird eine Prüfung angeboten, ob dies aus der Sicht der Uferbelastungen notwendig ist.