

HENRY

Hydraulic Engineering Repository

Ein Service der Bundesanstalt für Wasserbau

Conference Paper, Published Version

Kühne, Elke; Schossig, Reinhard

Geschiebezugabe zur Sohlenstabilisierung der Elbestrecke unterhalb von Dresden

Dresdner Wasserbauliche Mitteilungen

Zur Verfügung gestellt in Kooperation mit/Provided in Cooperation with:
Technische Universität Dresden, Institut für Wasserbau und technische Hydromechanik

Verfügbar unter/Available at: <https://hdl.handle.net/20.500.11970/104010>

Vorgeschlagene Zitierweise/Suggested citation:

Kühne, Elke; Schossig, Reinhard (2000): Geschiebezugabe zur Sohlenstabilisierung der Elbestrecke unterhalb von Dresden. In: Technische Universität Dresden, Institut für Wasserbau und technische Hydromechanik (Hg.): Belastung, Stabilisierung und Befestigung von Sohlen und Böschungen wasserbaulicher Anlagen. Dresdner Wasserbauliche Mitteilungen 18. Dresden: Technische Universität Dresden, Institut für Wasserbau und technische Hydromechanik. S. 57-67.

Standardnutzungsbedingungen/Terms of Use:

Die Dokumente in HENRY stehen unter der Creative Commons Lizenz CC BY 4.0, sofern keine abweichenden Nutzungsbedingungen getroffen wurden. Damit ist sowohl die kommerzielle Nutzung als auch das Teilen, die Weiterbearbeitung und Speicherung erlaubt. Das Verwenden und das Bearbeiten stehen unter der Bedingung der Namensnennung. Im Einzelfall kann eine restriktivere Lizenz gelten; dann gelten abweichend von den obigen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Documents in HENRY are made available under the Creative Commons License CC BY 4.0, if no other license is applicable. Under CC BY 4.0 commercial use and sharing, remixing, transforming, and building upon the material of the work is permitted. In some cases a different, more restrictive license may apply; if applicable the terms of the restrictive license will be binding.



Geschiebezugabe zur Sohlenstabilisierung der Elbestrecke unterhalb von Dresden

Kurzfassung

Seit über 100 Jahren tieft sich die Elbe im Bereich Mühlberg bis Coswig/Anhalt ein. Eine Möglichkeit diese Sohlenerosion einzuschränken, ist die Geschiebezugabe. Sie wird nunmehr seit 1996 als Naturversuch durchgeführt. Hier werden jährlich 30.000 bis 40.000 t Sand/Kies-Gemisch dem Fluß zugegeben.

Abstract

For more than 100 years the bed of the river Elbe degrades between Muehlberg and Coswig/Anhalt (km 120 – 230). Since 1996 experiments are carried out to stabilize the river bottom by artificial bed load feeding. Per year about 30.000 to 40.0000 tons of sand-gravel-mixture are added.

1. Veranlassung

Seit Beginn der Regelungsarbeiten im 18. Jahrhundert führt die Tiefenerosion in weiten Bereichen der Elbe nachweislich zum Absinken der Sohle. Gravierende Ausmaße nimmt diese stetige Eintiefung der Flußsohle für den Untergrund im Übergang von der Ober- zur Mittelbe im Teilbereich der Elbe von km 120 bis 230 (Strecke Mühlberg bis Coswig/Anhalt) an. Diese Strecke wird heute als Erosionsstrecke der Elbe bezeichnet.

Besonders deutlich sind die Auswirkungen der Tiefenerosion im Torgauer Raum zu beobachten, wo sich eine Felsrippe quer durch die Elbsohle zieht. Die Folge der Sohlenerosion zeigte sich im „Herauswachsen“ dieses Felsens aus der kiesigen bzw. sandigen Sohle. Der Torgauer Felsen war in der Vergangenheit ein großes Hindernis für die Schifffahrt. Durch Abmeißelung des Felsens in den 30er, 60er und 90er Jahren wurden die Schifffahrtsbedingungen immer wieder lokal nur für einige Jahre verbessert.

Eine weitere Folge der Eintiefung ist die anhaltende, relative „Erhöhung“ der Strombauwerke und Vorländer. Damit einhergehend kommt es zur Veränderung der Regelungsfunktion von Buhnen und Deckwerken. Durch Auskolkung und Unterspülung beginnen die Gründungen der Uferbauwerke zu rutschen.

Das Absinken des Elbewasserstandes hat Auswirkungen auf den gesamten Naturraum der Elbauen mit ihren wasserführenden Altarmen. In den

Der mittlere Korndurchmesser des vorhandenen Sohlenmaterials ändert sich von $d_m = 25$ mm (Grobkies) bei Mühlberg auf $d_m = 13$ mm (Mittelkies) bei Torgau und bis Wittenberg /Coswig in Anhalt auf 2-5 mm (Grobsand bis Feinkies). Damit nimmt in diesem Bereich auch die kritische Schubspannung von ca. 15 N/m² auf 6-7 N/m² ab.

2.2. Hydrologische Verhältnisse

Das Wasserspiegelgefälle bei Mittelwasser beträgt gegenwärtig zwischen Riesa und Torgau 0,30‰ und zwischen Torgau und Wittenberg 0,20 ‰. Bild 2 zeigt die Sohlen- und Wasserspiegellagen im Umfeld der Erosionstrecke bezogen auf den GIW89* als heutigen Bezugswasserstand. Ein Blick auf den Vergleich der Wasserspiegel von 1888 und 1996 verdeutlicht die Eintiefung der Elbe über 100 Jahre.

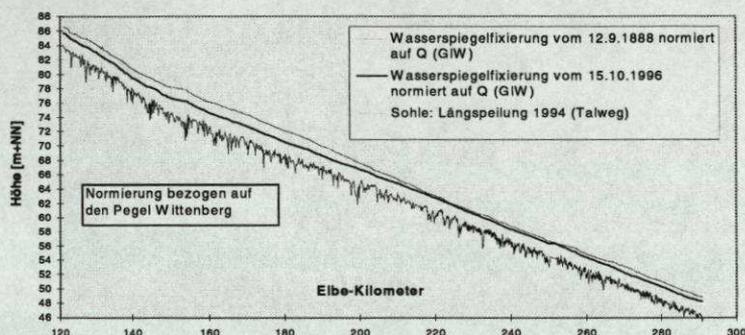


Bild 2: Längsschnitt der Erosionsstrecke

Die Angaben zum Einzugsgebiet der Erosionsstrecke der Elbe sind in der Tabelle 1 dargestellt.

Pegel	Elbe-km	Einzugsgebiet (km ²)	errichtet/beobachtet seit
Mühlberg	128,0	54.785	1818 (Verlegung 1862)
Torgau	154,2	55.211	1817 (Verlegung 1995)
Pretzsch/Mauken	184,4	55.725	1861
Elster	200,2	61.325	1904/1906
Wittenberg	214,1	61.879	1817

Tabelle 1: Übersicht der Pegel mit Einzugsgebietsgröße

Um die Wasserstands- und Abflußverhältnisse der Elbe im Bereich der Erosionsstrecke zu beschreiben seien hier an den Pegeln Torgau und Wittenberg die aktuellen Wasserstandshauptzahlen der Jahresreihe 1986-95 mit den dazugehörigen Abflüssen und mittleren Geschwindigkeiten genannt (Tabelle 2).

		Torgau	Wittenberg
MNW	in cm	88	132
Q bei MNW	in m ³ /s	128	141
v _m bei MNW	in m/s	0,8	0,8
MW	in cm	211	260
Q bei MW	in m ³ /s	306	329
v _m bei MW	in m/s	1,0	1,1
MHW	in cm	558	508
Q bei MHW	in m ³ /s	1.283	1.109*
v _m bei MHW	in m/s	1,8	1,4

Tabelle 2: Wasserstandshauptzahlen für die Pegel Torgau und Wittenberg

(* Angabe ohne Abfluß der Flutbrücken)

2.3. Heutiger Ausbauzustand

Der Beginn der Regelungsmaßnahmen an der Elbe reicht bis in das 11. Jahrhundert zurück und diente überwiegend dem Hochwasserschutz. Auch die im 18. Jahrhundert durchgeführten umfangreichen Deichbauten und Durchstiche wie z.B. bei Mockritz 1773, Neu Bleesern 1774 im Bereich Torgau und Bösewig 1774 im Bereich Elster/Wittenberg galten dem Hochwasserschutz oder der Gefahrenabwehr bei Eisversetzungen. Mit den Beschlüssen des Wiener Kongresses 1815 begannen die planmäßigen Ausbaumaßnahmen zur Verbesserung der Schifffahrtsbedingungen für die gesamte Elbe. In knapp 30 Jahren ist der Ausbau der Elbe von der deutsch – böhmischen Grenze bis Hamburg als auf Mittelwasser bezogene Stromregelung vollendet worden. Dabei wurden bis 1900 6.944 Buhnen und 319 km Deck- und Leitwerke errichtet sowie weitere Durchstiche zur Verbesserung der Schifffahrtsbedingungen ausgeführt.

Eine zweite Stromregelung erfuhr die Elbe mit der Niedrigwasserregulierung in den 30 Jahren. Ziel war für den hier betrachteten Elbabschnitt eine Minimaltiefe von 1,10 m unter einem neu ermittelten Regulierungswasserstand RW 29. Ab Elbe – km 121 bestand die Feinregelung im wesentlichen aus dem Einbau von Kopfschwellen bzw. vereinzelt durch Krümmungsabflachung (z.B. in Belgern km 139, Klöden km 189) und Errichtung von Deckwerken in Krümmungsbereichen zur besseren Strömungsführung. Der Zweite Weltkrieg beendete den großräumigen Elbausbau.

Mit der Einigung Deutschlands 1990 wurden auch die Regelungsziele der Elbe überprüft und den neuen Gegebenheiten angeglichen. Von der Bundesanstalt für Wasserbau wurde ein Bezugswasserstand GIW 1989* (20d) ermittelt, auf den sich die neue Fahrrinntiefe von 1,6 m und –breite von 50m beziehen. Die dafür erforderlichen Regulierungsmaßnahmen bestehen hauptsächlich in einer

örtlichen Ergänzung der Strombauwerke durch Rand-, Kopf- oder Grundschwelen oder zusätzlichen Einbau von Leitwerken.

3. Ursachen und Ausmaß der Erosion sowie Gegenmaßnahmen

3.1. Ursachen der Erosion

Die Erosion hat sehr unterschiedliche Ursachen. Hier soll nur ein kurzer Überblick über mögliche, begünstigende Faktoren an der Elbe gegeben werden.

Geologische und hydrologische Situation:

- vorhandene Sohlenstruktur (Korngrößen des Sohlenmaterials)
- Talwegs- und Gefälleentwicklung
- Hochwasser, Eisgang

Großräumige anthropogene Eingriffe

- Laufverkürzung der Elbe im betrachteten Bereich um insgesamt 21 km
- Einschränkung der Seitenerosion durch Uferverbau
- Verringerung des Abflußprofils durch Deichbau, Vorlandauflandungen, Mittel- und Niedrigwasserausbau

Verringerung des Geschiebedargebotes

- Bau von Staustufen und Talsperren in der Tschechischen Republik
- Abpflasterung der Sohle im sächsischen Strombereich

Lokale und sonstige Faktoren

- lokale Unstetigkeiten Steilgefälle (Felsen Torgau), Krümmungen
- Schifffahrt

3.2. Ausmaß der Erosion

Vielfältige Untersuchungen ergeben Eintiefungsraten von bis zu 2cm/Jahr in einzelnen Bereichen der Erosionstrecke. Ein Vergleich der Wasserspiegellagen von 1888, 1934, 1959 und 1996 ist in Bild 3 ausgewählt, um exemplarisch die großräumige Eintiefung der Elbe zu verdeutlichen.

Hier ist der Wasserspiegelverfall von 1888 bis 1996 mit Spitzen von über 160 cm im Bereich der km 150 bis 180 vorhanden. Der aktuelle Erosionsschwerpunkt liegt im Abschnitt Prettin – Mauken – Klöden (Elbe – km 170 bis 200).

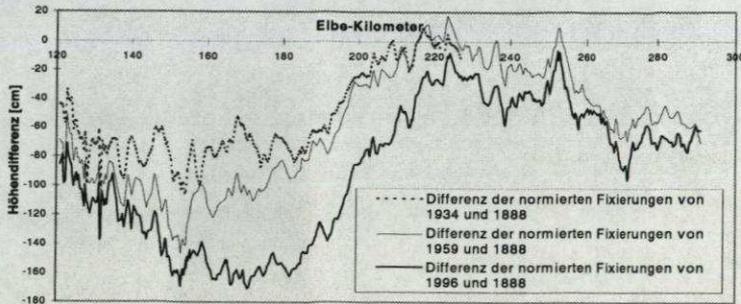


Bild 3: Vergleich der Wasserspiegellagen von 1888, 1934, 1959 und 1996

3.3. Möglichkeiten der Erosionseindämmung

Zur Eindämmung der Tiefenerosion der Elbe gibt es allgemein gesehen sehr unterschiedliche Varianten. Sie sollen nur der Vollständigkeit halber und ohne Wertung genannt sein, so

- die Anpassung zu hoch gelegener Regelbauwerke und Vorländer
- der Gefälleausgleich und die Sohlenstabilisierung durch Grundschwellen, Kolkverbau
- Einbau von Staustufen
- Rückverlegung von Deichen
- Geschiebezugabe.

Die letztgenannte Möglichkeit ist an der Elbe die derzeit praktizierte. Bei einer Geschiebezugabe wird in Abhängigkeit vom Wasserstand eine definierte Menge eines Sand – Kiesgemisches dem Fluß zugeführt. Damit wird das vorhandene Geschiebedefizit der Elbe verringert und das sonst aus der Sohle entnommene Material bleibt im Untergrund erhalten.

Die Geschiebezugabe hat den Vorteil, daß sie ständig an die sich ändernden Randbedingungen durch Änderung der Zugabemenge und Kornzusammensetzung angepaßt werden kann. Es treten keine nachhaltigen Beeinflussungen der Natur und Landschaft auf. Auch bei Wegfall der Notwendigkeit einer Geschiebezugabe sind keine nachteiligen Wirkungen für den Stromraum zu befürchten. Dem gegenüber steht ein hoher, da ständig erforderlicher Aufwand an Personal, Fahrzeugen und Geräten zur Durchführung, Kontrolle und Auswertung der Geschiebezugabe.

4. Konzeption und Durchführung der Geschiebezugabe

Auf Grundlage des bisherigen Erkenntnisstandes zum Geschiebetransportverhalten der Elbe wurde gemeinsam mit BAW und BfG ein Pilotversuch geplant. Mit diesem 1. Versuch sollten folgenden Fragen beantwortet werden:

- Wahl der Zugabestellen
- Art und Größe der Zugabemenge und Zusammensetzung des Materials
- Auswirkungen auf die lokalen Wasserstände
- Feststofftransportverhalten (Transportmenge, -zeiten, -fraktionen)
- Aufwand der meßtechnischen Begleitung
- Zugabetechnologie
- Eignung des eingesetzten Tracers und Möglichkeiten der Verfolgung

4.1. Konzeption des ersten Naturversuches

1996 wurde mit der Geschiebezugabe als Naturversuch begonnen. Folgende Randbedingungen waren gegeben:

- Lage der Zugabestelle am Eingangsbereich der Erosionsstrecke, da hier Geschiebetransport erst bei Abflüssen größer 800 m³/s erfolgt
- Nähe der Zugabestelle zum liefernden Kieswerk (kurze Transportwege) und zum Außenbezirk des WSA Dresden (Betreuung des Versuches)
- keine Einflüsse durch Bau- oder Unterhaltungsmaßnahmen im Zugabebereich
- Versuchsbegleitung durch die BAW mittels bestehender hydronumerischer Wasserspiegellagen- und Feststofftransportmodelle
- Keine Flachgefällestrecke und Tiefenreserve unter der Sollsohle, möglichst keine Krümmungen

Diese Bedingungen erfüllte die Elbestrecke von km 142,5 bis 142,9 mit einer Wassertiefe von durchschnittlich 70 cm unter der Sollsohle.

Auf der Grundlage der vorhandenen Messungen wurde ermittelt, daß jährlich zwischen Mühlberg (km 126) und Wittenberg (km 215) ca. 60.000 bis 70.000 t Material aus der Sohle ausgetragen werden. Diese Kiesmenge müßte theoretisch - verteilt auf verschiedene Bereiche des Flusses - zugegeben werden, um die Erosion bedeutend einzuschränken.

Für den ersten praktischen Zugaberversuch wurden allerdings nur rd. 20.000 t Kies geplant, dessen Körnung -55 % Sand zu 45 % Kies (0 bis 32 mm)- der anstehenden Sohle angepaßt war. Um das Transportverhalten beobachten zu können, wurde zusätzlich ein Tracer (Meißner Granit der Körnung 0 bis 32 mm) zugegeben. Die Geschiebezugabe sollte nur bei Wasserständen über MW erfolgen, um keine Behinderungen für die Schifffahrt zu schaffen.

4.2 Durchführung der Zugabe

Die Arbeiten begannen am 16.04.1996 und mußten am 15.07.96 infolge der NW-Stände der Elbe eingestellt werden. Der Kies - aus dem Kieswerk Mühlberg - wurde mit einer verwaltungseigenen Hydraulik-Klappschute (160 t Tragfähig-

keit) in den Zugabebereich gebracht und dort im Talweg bei der Bergfahrt auf einer Strecke von ca.200 m langsam verklappt. Infolge der relativ großen Transportentfernung und der eintretenden NW-Stände konnten nur 9.120 t Kies und 2.145 t Tracer zugegeben werden.

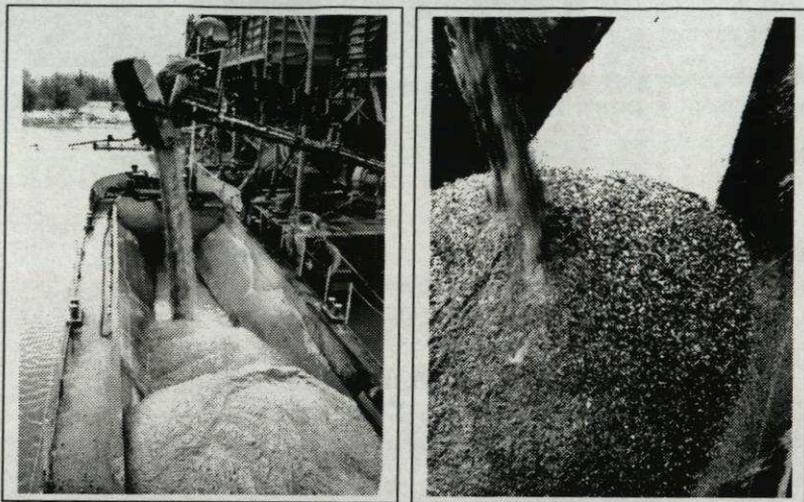


Bild 4 und Bild 5: Verladung des Zugabematerials im Kieswerk Mühlberg

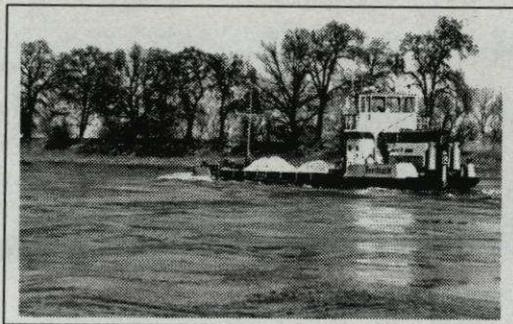


Bild 6:Hydroklappschute Molch beim Transport

5. Erste Ergebnisse von vier Jahren Geschiebezugabe an der Elbe

Vor, während und nach der Zugabe wurden umfangreiche Messungen durchgeführt:

- Wöchentliche Sohlenaufnahme an bis 50 Querschnitten
- Geschiebe-, Schwebstoff- und Abflußmessungen vor, in und unterhalb der Zugabestelle
- zweimalige Fixierung des Wasserspiegels in diesem Bereich

- kontinuierliche Aufnahme des Wasserstandes im direkten Zugabebereich mit Hilfe eines Schreibpegels
- Unterwasser-Videoaufnahmen zum Sichtbarmachen des Geschiebetransportes
- Probenahmen aus dem Zugabematerial und Analyse der Kornzusammensetzung
- Mehrmalige Sohlprobenentnahme innerhalb und unterhalb der Zugabestelle
- Tägliche Peilung der Wassertiefen zur Verkehrssicherung

Die Auswertungen der erhobenen Daten übernehmen die Bundesanstalten für Gewässerkunde und für Wasserbau.

Von 1997 bis 1999 wurden die in Tabelle 3 aufgeführten Zugabemengen in den Strombereichen El-km 131,5 bis 132,0 und 173,5 bis 178,5 verklappt.

Zugabejahr	Elbe-km		Kies	Tracer
	von	bis	T	T
1997	131,5	132,0	7.000	20.100
	173,5	174,7	4.100	
1998	131,5	132,0	6.700	
	176,9	178,3	35.000	
		142,0	Luminoforen 10	
1999	131,5	132,0	3.000	
	153,5	154,3	23.000	
	174,0	174,5	17.000	

Tabelle 3: Übersicht der Zugabemengen von 1997 bis 1999

Die Zugaben in den Strecken um El-km 154 und 174/178 führten Unternehmer nach einer öffentlichen Ausschreibung aus.

Seit 1998 wird zusätzlich die Zugabemenge den Wasserständen angeglichen, um zum einen besser den natürlichen Geschiebetransport nachzuempfinden und zum anderen die Sicherheit und Leichtigkeit der Schifffahrt zu gewährleisten. Bisher traten nur im Jahr 1997 zwei Beeinträchtigungen der Schifffahrt auf, die sich infolge der verstärkten Kontrolle nicht wiederholten.

Die Kosten für alle bisherigen Zugaben betragen rd. 2,5 Mio DM. Hier sind jedoch keine Angaben über eigene Personal-, Fahrzeuge- und Gerätekosten enthalten.

In einem aufwendigen Verfahren sind 1998 10 t Kies mit fluoreszierenden Farben angefärbt und am El-km 142 eingebracht wurden. Durch spätere Sohlprobeentnahmen, die in 1 bis 2 Monatsabständen wiederholt wurden, konnten diese „Luminoforen“ nach einer Laufzeit von 6 Monaten am El-km 170 nachgewiesen werden. Gegenüber dem eingebrachten Tracermaterial mit einer

Transportgeschwindigkeit von nachgewiesenen 58 m/d wurde hier eine Transportzeit von ca. 150 m/d ermittelt.

Durch Auswertung der Profilaufnahmen konnte eine Sohlenaufhöhung (Bild 7) im direkten Zugabebereich wie auch unterhalb bis ca. 1,5 km nachgewiesen werden. Der Vergleich mit den berechneten Sohlenlagen im Feststofftransportmodell ergab eine gute Übereinstimmung.

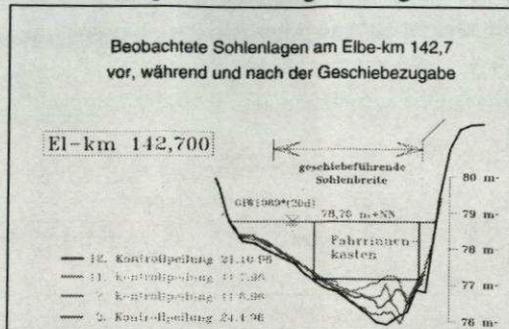


Bild 7: Profilauswertung

Die eingebrachten Tracer und Luminoforen konnten jedoch nur erste Rückschlüsse auf das Geschieberegime geben, statistisch gesicherte Aussagen waren noch nicht möglich.

Diese ersten positiv verlaufenen Naturversuche sind Grundlage für die Zugaben der folgenden Jahre. Um weitere Erkenntnisse über den Geschiebetransport, die Kornverteilungen bei entsprechenden Abflüssen bzw. Wasserständen in den einzelnen Teilbereichen der Elbe zu erhalten, werden künftige Zugabestellen nach neuen Fragestellungen z. B. für eine routinemäßige Zugabe ausgewählt.

6. Ausblick

Die Geschiebezugabe hat sich als eine Variante zur Erosionseindämmung erwiesen, die aufwendig in Bezug auf Material- und Personal (-kosten) ist, aber ständig den sich ändernden Bedingungen angepaßt werden kann. In den bisher kurzen Zeiträumen und Zugabestrecken konnte der einsetzende Geschiebetrieb nachgewiesen werden, das Ziel – ein Gleichgewicht zwischen Materialeintrag und -austrag ohne Sohleintiefung – kann jedoch nur in langen Zeitreihen erreicht werden. Deshalb ist als erster Schritt für die nächsten 5 Jahre eine Zugabe als feste Maßnahme an mindestens zwei Stellen mit einer Zugabemenge von etwa 40.000 t geplant. Sicher wird in diesem Zeitraum auch das Problem einer Akkumulation von Teilen dieses Materials auftreten, das dann gelöst werden muß (evtl. Geschiebefang).

Gleichzeitig untersucht die gebildete Projektgruppe weitere Möglichkeiten der Erosionseindämmung, insbesondere Gefälleausgleich über längere Strecken durch Sohlenstabilisierung mit Grundswellen und Kolkverbau, höhenmäßige

Anpassung von Bühnen und Deckwerken sowie Vorländern in bestimmten Bereichen, Anbindung von Altarmen zur Entlastung des Flußschlauches bei HW-Ständen und nicht zuletzt Rückverlegung von Deichen, die sehr nah an der Streichlinie liegen.

Diese Arbeit wird noch eine geraume Zeit in Anspruch nehmen, es gilt dabei auch, die angrenzenden Länder Sachsen, Brandenburg und Sachsen-Anhalt mit ins Boot zu holen.

Literaturverzeichnis

Bundesanstalt für Wasserbau

(BAW) (1996): Vorträge zum BAW-Kolloquium „Flußbauliche Untersuchungen zur Stabilisierung der Erosionsstrecke der Elbe“, Mitteilungsblatt Nr. 74

Bundesanstalt für Gewässerkunde

(BfG) (1994): Gutachten „Kornzusammensetzung der Elbsohle von der tschechischen Grenze bis zur Staustufe Geesthacht“, BfG-0834

BAW & BfG (1996): Bericht „Erosionstrecke der Elbe – Bericht zur wissenschaftlichen Vorbereitung und Begleitung des Naturversuchs Geschiebezugabe“, unveröffentlicht

BAW & BfG (1997): Bericht „Erosionstrecke der Elbe – Ergebnisse des ersten Naturversuchs zur Geschiebezugabe“, BfG-1093

BAW & BfG (1999): Bericht „Erosionstrecke der Elbe – Ergebnisse des zweiten Naturversuchs zur Geschiebezugabe“, BfG-1212

Wasser- und Schiffsamt Dresden

(1995): Entwurf HU „Strombaumaßnahmen an der Elbe, von Elbe – km 0,0 bis 607,5“, unveröffentlicht

Wasser- und Schiffsamt Dresden

(1998): Nachtrag zum Entwurf HU „Strombaumaßnahmen an der Elbe – die Geschiebezugabe in der Erosionsstrecke der Elbe, von km 120 bis 230“, unveröffentlicht

Faulhaber, P.

Schmidt, A. (1998): „Geschiebezugabe in der Erosionsstrecke der Elbe“, Binnenschifffahrt, Nr.23, I. Dezember-Ausgabe 1998

Faulhaber, P. (1998): Entwicklung der Wasserspiegel- und Sohlenhöhen in der deutschen Binnenelbe innerhalb der letzten 100 Jahre – 100 Jahre „Elbstromwerk“-; Gewässerschutz im Einzugsgebiet der Elbe, 8. Magdeburger Gewässerschutzseminar, Teubner Verlag Stuttgart-Leipzig

Dipl.-Ing. E. Kühne, Dipl.-Ing. R. Schoßig

Wasser- und Schiffsamt Dresden

01127 Dresden

e-Mail: WSA.Dresden@t-online.de